

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

ANALYSE ÉVOLUTIVE DE L'OFFRE ET DE LA DEMANDE DE
L'AUTOPARTAGE À MONTRÉAL

VINCENT GRASSET

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 2009



Library and
Archives Canada

Bibliothèque et
Archives Canada

Published Heritage
Branch

Direction du
Patrimoine de l'édition

395 Wellington Street
Ottawa ON K1A 0N4
Canada

395, rue Wellington
Ottawa ON K1A 0N4
Canada

Your file Votre référence

ISBN: 978-0-494-49436-3

Our file Notre référence

ISBN: 978-0-494-49436-3

NOTICE:

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

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

AVIS:

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

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

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

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

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

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

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL
ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

Ce mémoire est intitulé :

ANALYSE ÉVOLUTIVE DE L'OFFRE ET DE LA DEMANDE DE
L'AUTOPARTAGE À MONTRÉAL

présenté par : GRASSET Vincent

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

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

M. AGARD Bruno, Ph.D., président

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

M. ROBERT Benoît, M.ATDR., membre

REMERCIEMENTS

Je souhaite remercier tout particulièrement le professeur Catherine Morency pour son soutien, sa patience et pour les conseils techniques et méthodologiques qu'elle m'a apportés pendant cette maîtrise. De plus, je remercie la section transport du département, particulièrement son corps professoral, qui m'a permis d'acquérir des compétences et des connaissances fondamentales dans ce domaine. Mes remerciements vont également aux étudiants du laboratoire et amis de l'école pour leur aide et l'ambiance de travail plus qu'appréciable. Je remercie aussi l'École Polytechnique ainsi que l'École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers pour leurs ressources et pour m'avoir permis d'effectuer ce cursus.

Finalement je remercie Communauto, et particulièrement son directeur Benoît Robert, et son conseiller pour le développement stratégique et les relations publiques Marco Viviani. Les nombreuses données qu'ils ont fournies et l'intérêt qu'ils portent aux recherches sur l'autopartage ont permis la réalisation de ce mémoire.

RÉSUMÉ

Alors que les modes de transports en commun offrent des solutions adaptées aux déplacements sur les corridors fortement achalandés pendant les heures de pointe, l'autopartage fournit un service de mobilité mieux adapté au besoin grandissant de flexibilité. En effet, les usagers de ce mode profitent de la flexibilité inhérente à l'utilisation d'un véhicule particulier, sans la charge financière qui l'accompagne en temps normal. Par ailleurs, la conjoncture pétrolière actuelle incite les personnes à mieux contrôler leurs dépenses énergétiques. Dans ce contexte, les mesures visant à réduire l'utilisation des véhicules personnels au profit de modes de transports alternatifs prospèrent. Grâce à ses particularités, l'autopartage est aujourd'hui l'un des modes de transport durable innovants qui possèdent le potentiel d'augmenter rapidement leurs parts de marché dans les milieux urbains. Il est vrai que depuis ses débuts, l'autopartage a connu une croissance importante. Malgré tout, son rôle en tant qu'acteur dans le secteur des transports et son potentiel dans le domaine du développement durable sont souvent mal reconnus par les politiques.

De nombreuses recherches ont été menées pour évaluer les particularités de ce nouveau mode de transport. Généralement basées sur des enquêtes auprès des opérateurs et de leurs usagers, elles se sont principalement intéressées aux composantes économiques (viabilité, choix stratégiques...) et à la croissance du marché. Aujourd'hui, le marché de l'autopartage gagne en maturité, surtout dans les villes qui l'ont adopté dès ses débuts. En effet, le nombre d'utilisateurs continue d'augmenter et les systèmes s'étalent dans les tissus urbains afin d'accroître les aires de marché et de proposer le service à des populations de plus en plus diversifiées. Ces évolutions font apparaître de nouveaux défis et de nouvelles opportunités quant à la manière dont sont gérés les systèmes. Il s'agit maintenant de mieux adapter le service pour répondre aux besoins d'une demande grandissante et plus variée.

Dans certains milieux urbains, la compétition croissante entre opérateurs stimule la recherche de futures niches de développement du marché. Dans ce contexte, les questions d'accessibilité au système, d'expansion ou de densification du service sont stratégiques pour les opérateurs et les planificateurs. L'autopartage consiste en un réseau de véhicules en libre service, distribués dans un certain nombre d'emplacements sur un territoire donné. Les membres accèdent aux automobiles sur réservation préalable. La prise du véhicule est

réalisée de manière autonome, l'abonné allant par ses propres moyens à la station (marche ou autre mode de transport).

Par conséquent, tout comme pour les transports en commun, les questions d'accessibilité au service deviennent cruciales et l'amélioration des connaissances concernant l'attractivité du mode en fonction de son environnement et des propriétés des objets qui le composent est nécessaire. Cette recherche porte sur ces questions. Elle s'appuie sur l'analyse de données opérationnelles complètes, disponibles sur quarante mois consécutifs. Alors que d'autres études peuvent avoir décrit les zones favorables à l'autopartage, pour le moment, la relation entre les propriétés sociodémographiques des objets qui composent les systèmes et leur utilisation reste mal définie.

Après une définition et un historique de l'autopartage, ce rapport rappelle les différents objets, la formalisation des données disponibles et précise les indicateurs utilisés. Ce travail a été réalisé pour permettre la comparaison et la validation des résultats avec d'autres analyses. Par la suite, ce document dresse le portrait des objets du système montréalais dans leur contexte démographique et géographique. Grâce aux données sur la population disponibles dans l'enquête Origine – Destination de 2003 et dans le recensement de 2006, les usagers et les quartiers favorables à ce mode sont confrontés au reste de la ville. Une comparaison avec la littérature montre les ressemblances et les particularités de l'offre et de la demande de l'autopartage à Montréal.

L'analyse évolutive du système permet de suivre sa croissance entre 2005 et 2008. Les choix réalisés par l'opérateur quant à l'expansion de l'offre, le développement de la demande et les conséquences sur l'utilisation du système sont présentés. L'analyse des tendances observées, en fonction des propriétés des objets définies auparavant, révèle des comportements spécifiques d'utilisation en fonction des stations.

Ce mémoire expose ensuite une étude plus précise de la part de marché du mode dans les quartiers où l'offre existe. Là encore, les processus d'expansion de la demande sont étudiés en fonction des propriétés de ces voisinages. Ces analyses révèlent des mécanismes d'expansion en accord avec les habitudes d'utilisation observées précédemment. Une première modélisation de la croissance des parts de marché dans ces quartiers est proposée.

Enfin, ce document s'intéresse à l'attractivité et à la dynamique de croissance de l'autopartage grâce à une étude sur la persistance d'activité des membres dans le système. Les taux de survie des usagers, ventilés en fonction de leurs propriétés sociodémographiques et de celles du voisinage des ménages utilisateurs, sont présentés. L'influence de l'offre sur ce taux est également abordée. Le mémoire fait alors référence à un projet parallèle, basé sur les mêmes données, concernant la modélisation de ces taux de survie.

Les données opérationnelles de l'autopartage ont montré un fort potentiel d'analyse. Ce mémoire met en avant quelques pistes afin de mieux comprendre les mécanismes régissant l'évolution de ce mode. Ainsi, les objets du système montréalais ont été définis et leurs propriétés ont permis de mieux appréhender les tendances d'utilisation observées. L'offre a été caractérisée de manière plus précise et les résultats obtenus permettront d'orienter les analyses futures sur des points plus spécifiques afin d'améliorer la compréhension globale du mode. Si on considère la richesse de ce type de données, la demande a été relativement peu analysée durant cette recherche. En réutilisant les indicateurs présentés, le même genre d'analyse pourrait être effectué de manière spécifique pour les abonnés. La survie des membres présente un fort potentiel d'étude. Afin que les opérateurs soient en mesure de planifier leur évolution et de faire valoir leur place parmi les acteurs du transport, il est primordial de continuer à étudier l'autopartage.

ABSTRACT

While public transportation provides an interesting travel solution during peak periods, carsharing answers to other travel needs that require more flexibility. In fact, carsharing offers the flexibility of a private car when required without the total financial burden that usually comes with it. Due to the recent volatility of the energy market, individuals are looking for transportation alternatives that can reduce their financial burden but still allow them to travel with ease. With its particular characteristics, carsharing stands as an innovative transportation alternative that has the potential to rapidly increase its market share in dense areas. Since its beginning, it has had a continuous growth. Even in this context, it is often still unrecognized by politicians as a real actor in the urban transportation system and one which can help to attain more sustainable behaviors.

Until now, most of the studies have aimed to assess the special features of this new transportation mode. Existing studies are usually based on stated preference surveys of carsharing companies and their members, and frequently consist in economical analyses (viability and strategies adopted by companies) or market growth characterization. Today, carsharing market turns out to be more and more mature in cities which first adopted it. Indeed, the number of members becomes more and more significant and the area covered by systems tends to spread throughout cities. Consequently, carsharing is becoming available to a more diversified population. This evolution forwards some new challenges and opportunities of improving the way systems are managed in order to better adapt the service and its quality to the growing and diversified demand.

In some areas, the increasing competition between operators also emphasizes the exploration of new niches for future market growth. In such context, questions about accessibility to the system, deployment of new stations or upsizing of existing stations are critical for operators and planners. Members are allowed to use vehicles from a fleet on an hourly basis. Cars are dispatched in a network of parking lots (stations) and users need to travel to one of those to borrow a car. This access will usually be by foot since users will select the nearest available car but they may have to use another access mode if no car is available in their neighborhood. As a consequence, like in public transportation, accessibility to the service is a very important question.

This study, based on a dataset gathering forty months of continuous data (day to day operations) from the Montreal carsharing operator (Communauto inc.), specifically addresses these issues. While some researches may have characterized the most viable areas for carsharing using demographic attributes of neighborhoods, the relation between carsharing supply, members' attributes, neighborhoods' attributes and the ways the system is used is still not well assessed.

The document first proposes a literature review of the studies on carsharing. Then, carsharing objects, data formalization and indicators are exposed in order to allow some comparisons with other studies. Based on demographic and geographic properties, a precise description of Montreal's system is presented. Thanks to data available from the 2003 Origin – Destination survey and the 2006 census, members and favorable neighborhoods are studied regarding the city context. Then, this research forwards the specificities of Montreal's system and the similarities with the literature.

After that, the demand and supply development oriented analysis details system's evolution between 2005 and 2008. Supply and demand growths are used to highlight stations' utilization. Depending on objects properties, the paper draws the attention to some specific behaviors and patterns concerning stations' use.

The study next proposes to look at the market share evolution. Neighborhoods around supply spots are considered and the demand's growth is exposed regarding properties of these areas. It reveals some specific expansion mechanisms. Moreover, a modeling of market shares confirms observed trends.

This master thesis finally examines the attractiveness of carsharing by dealing with members' "life expectancy" in the carsharing system. Survival rates are used in order to define one of the growing processes of demand. Different classifications are considered so as to assess the influence of demographic and geographic factors. Furthermore, the effect of supply is highlighted by using the notion of level of service in these areas. In addition, another project based on the same data, and dealing with modeling the survival rate, is then quoted.

The scale and nature of such operational dataset actually offer some numerous possibilities for carsharing systems analysis. This research forwards some promising avenues in order to

improve our comprehension of carsharing systems. At this point, Montreal's objects are defined and the influences of their properties are highlighted. Supply is better characterized and some ideas for future researches are presented. Studies presented in this document have only exploited a part of the dataset's potential. Especially, the demand analysis could be improved. Methods and indicators exposed could be used to highlight some specific behaviors through members and enhance their characterization. Improving our comprehension of this new mode will help operators to plan their development, and contribute to the recognition of carsharing as a relevant actor in the urban transportation system.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS	iv
RÉSUMÉ	v
ABSTRACT	viii
TABLE DES MATIÈRES	xi
LISTE DES FIGURES	xiv
LISTE DES TABLEAUX	xxi
LISTE DES ANNEXES	xxiii
CHAPITRE 1 : INTRODUCTION	1
1.1. Généralités	1
1.2. Orientations et contributions de cette recherche	2
CHAPITRE 2 : L'AUTOPARTAGE AUJOURD'HUI : ÉTAT DE L'ART	5
2.1. Définition de l'autopartage	5
2.2. Historique de l'autopartage	6
2.3. Un marché en pleine croissance	6
2.4. Les différents types d'organisations	10
2.4.1. Les statuts juridiques	11
2.4.2. Les modèles opérationnels	11
2.5. La place de l'autopartage dans les transports	13
2.6. Des partenariats importants	15
2.6.1. Les partenariats	15
2.6.2. Le concept de mobilité combinée.....	17
2.6.3. Un secteur dynamique.....	18
2.7. Profil des utilisateurs de l'autopartage.....	18
2.8. Profil des quartiers favorables à l'autopartage.....	20
2.9. L'impact de l'autopartage	22
2.10.Communauto de nos jours.....	26
2.10.1. Contexte général.....	26
2.10.2. Tarification	27
2.10.3. Principe d'utilisation	28
2.11.Résumé.....	29

CHAPITRE 3 : L'UNIVERS DE L'ÉTUDE	30
3.1. Le système d'information	30
3.1.1. Le système d'information de Communauto	31
3.1.2. Le système d'information de l'étude	32
3.1.3. Les ensembles du système	35
3.2. Schéma synoptique	36
3.3. Résumé	38
CHAPITRE 4 : CARACTÉRISATION DU SYSTÈME MONTRÉLAIS	39
4.1. Le contexte Montréalais	39
4.2. Les utilisateurs de l'autopartage à Montréal	40
4.2.1. Caractérisation et comparaison avec la population de l'île de Montréal	41
4.3. Les voisinages favorables à l'autopartage à Montréal	45
4.3.1. Estimation des propriétés des voisinages des ménages utilisateurs	45
4.3.2. Définition des voisinages de stations	50
4.3.3. Étude de la connexion entre les transports en commun et l'autopartage	56
4.3.4. Caractérisation des stations et segmentation	59
4.4. Résumé	63
CHAPITRE 5 : ANALYSE ÉVOLUTIVE DU SYSTÈME ENTRE 2005 ET 2008	64
5.1. L'offre	64
5.1.1. Évolution globale des stations	64
5.1.2. Répartition de la flotte	65
5.1.3. Analyse spatiale de l'offre	67
5.1.4. Les niches de développement	70
5.1.5. Segmentation selon le type de voisinage	70
5.2. La demande	72
5.2.1. Évolution globale de la demande	72
5.3. Utilisation du système	74
5.3.1. Activité des membres	75
5.4. Résumé	87
CHAPITRE 6 : PARTS DE MARCHÉ DES VOISINAGES DE STATIONS	89
6.1. Évolution de la part de marché	89
6.2. Étude des variables temporelles	92

6.3. Étude des paramètres géographiques	95
6.4. Modélisation : régression linéaire.....	97
6.4.1. Choix des variables	97
6.4.2. Modélisation des parts de marché du système en janvier.....	98
6.5. Résumé.....	102
CHAPITRE 7 : ÉTUDE DE LA SURVIE DES MEMBRES DANS LE SYSTÈME.....	103
7.1. Présentation et comportements observés	103
7.1.1. Les concepts.....	103
7.1.2. Comportement global.....	104
7.1.3. Étude par attributs démographiques des membres.....	108
7.1.4. Les propriétés de l'offre dans les voisinages des ménages membres.....	114
7.1.5. Propriétés démographiques du voisinage des ménages membres.....	116
7.1.6. Bilan des segmentations	123
7.2. Vers une modélisation	123
7.2.1. Cadre	124
7.2.2. Processus décisionnel	124
7.2.3. Résultats	126
7.3. Résumé.....	130
CHAPITRE 8 : CONCLUSION	132
8.1. Contributions	132
8.2. Limitations.....	133
8.3. Perspectives	133
BIBLIOGRAPHIE.....	136
ANNEXES.....	141

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Schéma conceptuel de la recherche	3
Figure 2: Pays possédant au moins un service d'autopartage en 2006 (Shaheen & Cohen, 2008)	7
Figure 3 : Croissance mondiale de l'autopartage depuis 1998 (Shaheen & Cohen, 2008)	8
Figure 4 : Croissance de l'autopartage en Amérique du Nord jusqu'en 2005 (Millard-Ball, Murray, Ter Schure, Fox, & Consulting, 2005)	9
Figure 5 : Classification des modèles opérationnels utilisant des véhicules partagés (May, Ross, Grebert, & Segarra, 2008)	11
Figure 6 : « Station cars », modèle de stations couplées avec des infrastructures de transport (Shaheen et al., 2004)	12
Figure 7 : Schéma de principe du « station cars », modèle à stations multiples (Barth, Han, & Todd, 2001)	13
Figure 8 : Positionnement du marché de l'autopartage dans les transports urbains (Britton, 1999) ..	14
Figure 9 : Exemple d'une chaîne de déplacement en autopartage, (Communauto, 2008)	15
Figure 10 : Hiérarchie des partenariats pour un opérateur d'autopartage (Faghri, et al., 2008)	17
Figure 11 : Provenance des utilisateurs des systèmes d'autopartage Nord Américains (CSO = Carsharing Organisation) (Filosa, 2006)	20
Figure 12 : Classement des principaux impacts de l'autopartage (Shaheen, Cohen, & Roberts, 2005)	23
Figure 13 : Cercle vertueux engendré par l'autopartage, par l'amélioration du transport en commun et par la présence d'un nombre croissant de services de proximité (Tecsult Inc., experts-conseils, 2007)	24
Figure 14 : Comparaison économique entre la possession d'un véhicule particulier et l'adhésion à un service d'autopartage (City CarShare, 2006)	24
Figure 15 : Historique de l'évolution de Communauto (Communauto, 2008)	27
Figure 16 : Description des liens entre les bases de données temporelles et spatiales	32

Figure 17 : Système d'information de l'étude	33
Figure 18 : Description du système d'information en chiffre	33
Figure 19 : Modèle orienté objets d'un système d'autopartage, mise à jour de (Morency, Trépanier, & Martin, 2008) données 2008	35
Figure 20 : Schéma conceptuel de l'étude	37
Figure 21 : Montréal en fonction de la densité de population des secteurs de recensement (Statistiques Canada, 2006)	40
Figure 22 : Marché de l'autopartage à Montréal selon le type d'utilisateurs	41
Figure 23 : Age moyen des membres actifs année après année	44
Figure 24 : Motorisation moyenne des personnes dans les voisinages des ménages membres	47
Figure 25 : Taille moyenne des ménages dans les voisinages de ménages membres	47
Figure 26 : Pourcentage des ménages du voisinage gagnant moins de 40000\$/année	47
Figure 27 : Pourcentage des ménages du voisinage gagnant plus de 80000\$/année	48
Figure 28 : Coefficient de variation pour l'estimation de la taille moyenne des ménages	48
Figure 29 : Coefficients de variation pour l'estimation de la motorisation moyenne des personnes dans les ménages	48
Figure 30 : Taille moyenne des ménages	50
Figure 31 : Motorisation moyenne des personnes dans les ménages	50
Figure 32 : Proportion des ménages gagnant moins de 40000\$/année dans les voisinages des ménages membres	50
Figure 33 : Proportion des ménages gagnant plus de 80000\$/année dans les voisinages des ménages membres	50
Figure 34 : Distribution des données pour l'étude des voisinages, revenu	52
Figure 35 : Distribution des données pour l'étude des voisinages, langue	52
Figure 36 : Distribution des données pour l'étude des voisinages, emploi	53

Figure 37 : Distribution des données pour l'étude des voisinages, genre	53
Figure 38 : Distribution des données pour l'étude des voisinages, caractérisation de la taille des ménages.....	53
Figure 39 : Réseau de stations d'autopartage de l'étude et principales lignes de transport en commun en 2008	58
Figure 40 : Localisation des stations d'autopartage et connectivité aux transports en commun	59
Figure 41 : Proportion de français (langue maternelle).....	60
Figure 42 : Proportion d'anglais (langue maternelle)	60
Figure 43 : Proportion de la population de plus de 15 ans sans diplôme.....	60
Figure 44 : Proportion de la population avec un diplôme universitaire	60
Figure 45 : Densité de population.....	60
Figure 46 : Taille moyenne des ménage	60
Figure 47 : Taux d'emploi (% des 15ans et plus avec un emploi)	61
Figure 48 : Revenu moyen des ménages	61
Figure 49 : Âge moyen de la population	61
Figure 50 : Proportion d'hommes.....	61
Figure 51 : Répartition géographique des voisinages de stations	63
Figure 52 : Évolution des variables associées aux stations et à leur capacité	65
Figure 53 : Évolution de la flotte et répartition dans le réseau de stations.....	66
Figure 54 : Répartition des capacités des stations (en pourcentage), mois de janvier sur quatre ans	66
Figure 55 : Suivi de l'évolution de la capacité des stations, mois de janvier sur quatre ans	67
Figure 56 : Dispersion des stations et de la flotte de véhicule sur le territoire montréalais en janvier 2005	69

Figure 57 : Dispersion des stations et de la flotte de véhicules sur le territoire montréalais en janvier 2008	69
Figure 58 : Évolution des variables stations dans les segments – nombre de stations	71
Figure 59 : Évolution des variables stations dans les segments – capacités moyennes	71
Figure 60 : Évolution de la demande entre 2005 et 2008.....	72
Figure 61 : Comparaison de la répartition des abonnés sur le territoire, janvier 2005 – mai 2008	74
Figure 62 : Évolution du nombre de réservations.....	75
Figure 63: Évolution du taux moyen mensuel d'utilisation du système	76
Figure 64 : Évolution de l'activité des membres en termes de km parcourus et réservations effectuées	77
Figure 65 : Répercussions de l'activité des membres sur l'utilisation des véhicules.....	77
Figure 66 : Évolution d'un indicateur d'accessibilité, distance ménage – station	78
Figure 67 : Taux d'utilisation des stations en janvier 2007	79
Figure 68 : Taux d'utilisation des stations en juillet 2007.....	80
Figure 69 : Taux d'utilisation des segments de stations	81
Figure 70 : Évolution du nombre moyen de membres par véhicule sur les segments de stations	82
Figure 71 : Distance moyenne ménage – stations, moyenne par segments de stations.....	83
Figure 72 : Évolution, des moyennes sur les segments de stations, du nombre moyen d'utilisation par membre	84
Figure 73 : Évolution de la fidélité des membres aux stations	84
Figure 74 : Évolution de la moyenne de la proportion des membres n'utilisant qu'une station pendant un mois.....	85
Figure 75 : Évolution du kilométrage moyen par utilisation sur une station, moyennes sur les segments de stations	86
Figure 76 : Étude de l'effet de la proximité sur la part de marché de l'autopartage.....	90

Figure 77 : Évolution de la part de marché pour des voisinages de rayon 800m	91
Figure 78 : Présentation de la dispersion spatiale des parts de marché sur le territoire, janvier 2005 et avril 2008	92
Figure 79 : Évolution des parts de marché par cohorte de stations	93
Figure 80 : Influence de l'âge des stations sur la croissance des parts de marché	94
Figure 81 : Évolution de la part de marché moyenne en fonction du type de voisinage	96
Figure 82 : Graphique des résidus en fonction des valeurs estimées	100
Figure 83 : Représentation géographique et temporelle des résidus	101
Figure 84 : Illustration du taux de survie d'une cohorte	104
Figure 85 : Phénomènes saisonniers et nombre de membres par cohorte	105
Figure 86 : Persistance d'activité des membres sur la période, découpage en cohortes mensuelles	106
Figure 87 : Evolution des taux de survie des membres par cohortes	107
Figure 88 : Taux de survie des cohortes, âge 2 mois et 12 mois	108
Figure 89 : Comparaison des taux de survie en fonction des tranches d'âges	110
Figure 90 : Comparaison de la survie des hommes et des femmes	111
Figure 91 : Taux de survie des hommes par cohorte	112
Figure 92 : Taux de survie des femmes par cohorte	112
Figure 93 : Comparaison de la survie en fonction de la langue du ménage	113
Figure 94 : Répartition de la population des membres selon le segment de niveau de service	114
Figure 95 : Taux de survie selon le niveau de service dans le voisinage des ménages utilisateurs (rayon 800m)	116
Figure 96 : Taux de survie selon la motorisation moyenne des personnes par ménage (véhicules / personne)	118
Figure 97 : Taux de survie selon la taille moyenne des ménages dans le voisinage	120

Figure 98 : Taux de survie selon la proportion des ménages gagnant moins de 40000\$/an dans les voisinages.....	121
Figure 99 : Taux de survie selon la proportion des ménages gagnant plus de 80000\$/an dans les voisinages.....	123
Figure 100 : Ensemble des membres actifs par attributs démographiques	129
Figure 101 : Comparaison estimé – observé, nombre de membres (Morency, Habib, Grasset, & Islam, 2009)	130
Figure 102 : Comparaison estimé – observé, fréquence de réservation (seulement de une à trois réservations par mois) (Morency, Habib, Grasset, & Islam, 2009)	130
Figure 103 : Villes d'Amérique de Nord possédant un service d'autopartage en 2005 (Shaheen, Cohen, & Roberts, 2005)	142
Figure 104 : Grande Région de Montréal et les abonnés de l'autopartage recensés dans l'étude	143
Figure 105 : GRM et les principaux axes autoroutiers (autoroute 40 en rouge)	146
Figure 106 : Système d'information	147
Figure 107 : Répartition temporelle des enregistrements suivent le mois	147
Figure 108 : Répartition temporelle des enregistrements suivant les jours de la semaine.....	148
Figure 109 : Répartition journalière moyenne des observations par tranche de 15min.....	149
Figure 110 : Temps de parcours moyen (toutes observations confondues entre octobre 2007 et mars 2008)	149
Figure 111 : Situation géographique des tronçons de la Figure 110	150
Figure 112 : Distribution cumulée des temps de parcours, tronçon 30, jours de semaine, de 7h30 à 19h30	151
Figure 113 : TRI mensuel, jours de semaine, plage horaire de 7h30 à 19h30	151
Figure 114 : Distribution cumulée des temps de parcours, tronçon 30 (toutes données mensuelles confondues).....	152

Figure 115 : TRI pour les données de semaine, tous mois confondus

entre octobre 2007 et mars 2008.....152

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Les différentes définitions de l'autopartage (Millard-Ball, Murray, Ter Schure, Fox, & Consulting, 2005)	5
Tableau 2 : Répartition mondiale de l'autopartage en 2006 (Shaheen & Cohen, 2008)	7
Tableau 3 : Organismes d'autopartage en Amérique du Nord (Millard-Ball, Murray, Ter Schure, Fox, & Consulting, 2005)	10
Tableau 4 : Le potentiel de développement des partenariats pour un opérateur d'autopartage (City CarShare, 2006)	16
Tableau 5 : Caractérisation des voisinages favorables à l'autopartage (Celsor, Millard-Ball, & Nelson\Nygaard, 2008)	22
Tableau 6 : Bénéfices attribués à l'autopartage par région (Shaheen & Cohen, 2008)	26
Tableau 7 : Grille tarifaire 2006, (Communauto, 2008)	28
Tableau 8 : Comparaison des utilisateurs de l'autopartage avec la population montréalaise, sur l'île de Montréal	43
Tableau 9 : Comparaison des utilisateurs de l'autopartage avec la population montréalaise dans les voisinages de stations	54
Tableau 10: Comparaison des utilisateurs de l'autopartage avec la population montréalaise dans les voisinages de stations, moyennes pondérées par le nombre d'abonnés dans les voisinages	55
Tableau 11 : Valeurs moyennes des variables normalisées sur les quatre segments des voisinages ..	63
Tableau 12 : Évolution de la dispersion de l'offre entre 2005 et 2008	68
Tableau 13 : Caractérisation des cohortes de stations	93
Tableau 14 : Résultat de l'analyse de corrélation entre les variables, modèle des parts de marché ...	97
Tableau 15 : Résultat de la régression linéaire, parts de marché des stations	99
Tableau 16 : Population des cohortes	105
Tableau 17 : Population des cohortes, par âge	109

Tableau 18 : Population des cohortes, par genre	111
Tableau 19 : Population des cohortes, par langue	113
Tableau 20 : Population des cohortes, par niveau de service dans le voisinage au mois de sortie du système.....	115
Tableau 21 : Population des cohortes, par motorisation moyenne dans le voisinage	117
Tableau 22 : Population des cohortes, par taille moyenne des ménages du voisinage	119
Tableau 23 : Population des cohortes, pourcentage des ménages du voisinage gagnant moins de 40000 \$/an	120
Tableau 24 : Population des cohortes, pourcentage des ménages du voisinage gagnant plus de 80000 \$/an	122
Tableau 25 : Paramètres estimés du modèle (Morency, Habib, Grasset, & Islam, 2009)	127
Tableau 26 : Paramètres estimés du modèle (suite), (Morency, Habib, Grasset, & Islam, 2009)	128

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 – Villes l'autopartage en Amérique du nord.....	138
Annexe 2 – Présentation du système montréalais.....	139
Annexe 3 - Congestion et fiabilité des temps de parcours estimées par données GPS, cas de l'autoroute 40 ouest.....	140

CHAPITRE 1 : INTRODUCTION

1.1. Généralités

Pour des raisons autant économiques que sociales, les besoins en mobilité ne cessent de croître dans la société moderne. Ceci se traduit par une motorisation croissante de la population. La ville de Montréal est une illustration parfaite de cette tendance puisque le parc automobile progresse plus rapidement que la population montréalaise. En effet cette dernière a augmenté de 3 % entre 1998 et 2003, alors que le parc automobile a gagné 10 % pour atteindre 1 839 000 véhicules en 2003 (AMT, Comité technique (2003), 2004). De manière générale ce phénomène entraîne toute une myriade de problèmes comme une saturation des réseaux de transport, l'augmentation de la pollution ou encore une diminution de la qualité de vie dans les milieux urbains. De plus, la dépendance envers l'automobile engendre également des difficultés sociales, les tranches de population les plus défavorisées ayant un accès limité au véhicule particulier en raison de son coût élevé (KATZEV, 2003) (Kay, 1997). Par ailleurs, la conjoncture pétrolière actuelle et les objectifs fixés par le protocole de Kyoto, incitent les gouvernements à mieux contrôler leurs dépenses énergétiques. Dans ce contexte les mesures visant à réduire l'utilisation des véhicules personnels au profit de modes de transports alternatifs se développent.

Les modes de transports en commun offrent des solutions adaptées aux déplacements pendant les heures de pointe sur les corridors fortement achalandés. Mais ils répondent mal au besoin grandissant de flexibilité qui pousse l'utilisateur à opter pour l'automobile. C'est le phénomène observé depuis quelques années, un achalandage du transport en commun stable ou croissant mais une répartition modale en baisse par rapport aux véhicules particuliers. C'est dans cette frontière que la « voiture en libre service », également appelée autopartage se situe, offrant à l'utilisateur la flexibilité temporelle et spatiale de l'automobile sans les contraintes économiques liées à la possession et à l'entretien d'un véhicule privé. Ce mode alternatif permet de faire la jonction entre l'automobile et le transport en commun, deux modes jusqu'à présent considérés comme opposés puisque la possession d'un véhicule particulier encourage son utilisation au dépend des autres modes. Libéré de cette contrainte, l'utilisateur peut alors effectuer le choix modal le mieux adapté à ses sensibilités (prix, temps, flexibilité, environnement...).

Des recherches ont été menées pour évaluer les particularités de ce mode de transport. Généralement basées sur des enquêtes auprès des opérateurs et de leurs usagers, elles se sont principalement intéressées aux composantes économiques (viabilité, choix stratégiques...) et à la croissance du marché (nombre d'abonnés). Par contre, l'influence des propriétés et caractéristiques inhérentes à l'offre, aux membres et aux milieux d'implantation d'un réseau d'autopartage reste peu connue. Ce projet de recherche se base sur l'analyse des données opérationnelles complètes fournies par Communauto, l'un des principaux acteurs d'autopartage en Amérique du nord. Ainsi certains biais inhérents aux sondages statistiques (échantillonnage, précision des déclarations...) seront évités. Il fait suite à la l'étude réalisée par Martin en 2007. Ce dernier a mis en place une méthodologie d'analyse sur laquelle ce mémoire s'appuie pour améliorer la compréhension des mécanismes de l'autopartage et tendre vers une meilleure analyse et connaissance de ce mode. Il participe au développement et à l'enrichissement de cette méthodologie.

Aujourd'hui le marché de l'autopartage gagne en maturité, surtout dans les villes qui l'ont adopté dès ses débuts. En effet le nombre d'utilisateurs continue de croître et les systèmes s'étalent dans les tissus urbains afin d'accroître les aires de marché et de proposer le service à des populations de plus en plus diversifiées. Ces évolutions font apparaître de nouveaux défis et de nouvelles opportunités quant à la manière dont sont gérés les systèmes. Il s'agit maintenant de mieux adapter le service pour répondre aux besoins d'une demande grandissante et plus variée. Par ailleurs l'augmentation de la compétition entre opérateurs dans certaines villes renforce la nécessité liée à l'exploration de nouvelles niches potentielles pour le développement futur du service. Par conséquent, tout comme dans le domaine des transports en commun, les questions d'accessibilité au service deviennent cruciales et l'amélioration des connaissances concernant l'attractivité du mode en fonction de son environnement et des propriétés des objets qui le composent est nécessaire.

1.2. Orientations et contributions de cette recherche

Cette recherche se penche sur ces questions. Après une revue de littérature des études sur l'autopartage, ce document rappelle les différents objets et présente la formalisation des données disponibles pour ce travail. Il précise également les indicateurs utilisés pour l'étude. La Figure 1 présente les grands axes de développement de cette recherche. Les

sources, les outils utilisés ainsi que les grandes étapes qui ont mené aux résultats présentés dans ce mémoire y sont détaillés.

• **Objectif des recherches sur l'autopartage :**

Mieux appréhender les variables régissant l'évolution d'un système d'autopartage afin de mieux comprendre les impacts de ce dernier.

• **Cadre & méthodologie de cette recherche:**

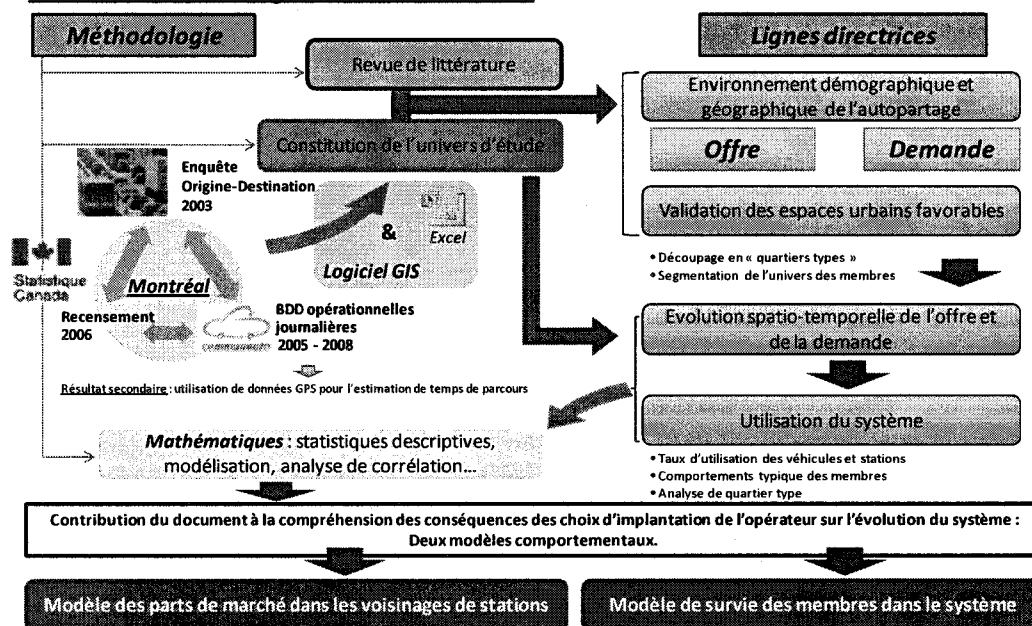


Figure 1 : Schéma conceptuel de la recherche

À partir de données opérationnelles actualisées, le suivi continu sur plusieurs années de l'entreprise est réalisé. Ceci permet de retracer l'évolution de l'offre sur le territoire, la croissance de la demande résultante et le comportement spatio-temporel des usagers sur le réseau. En vue d'une compréhension précise et fidèle, nous avons cherché à mettre en lumière des comportements typiques concernant l'utilisation du système par ces usagers, ventilés en fonction de critères démographiques et géographiques.

Deux principaux axes d'analyse ont été considérés. Pour les questions d'accessibilité au réseau, nous nous sommes intéressés à l'objet station et à ses propriétés dans le contexte montréalais. Nous avons cherché à mettre en lumière des variables explicatives concernant l'évolution du système et son utilisation en nous intéressant aux propriétés du voisinage des stations et des membres (localisation, connexions aux transports en commun, population environnante...). Ensuite nous nous sommes intéressés plus particulièrement aux membres. Nous avons essayé d'établir un lien entre la survie des membres dans le

système et leurs propriétés démographiques ainsi que celles de leur quartier. Sur chacun de ces axes d'étude, une première modélisation des tendances observées est proposée.

Pour résumé, cette recherche dresse le portrait des zones favorables à l'autopartage à Montréal, détaille l'utilisation du système dans ces quartiers, estime la proportion de membres potentiels en fonction des propriétés des quartiers et met en lumière des phénomènes régissant l'évolution des abonnés. Ceci permettra de mieux appréhender les conséquences des choix d'implantation réalisés par l'opérateur.

CHAPITRE 2 : L'AUTOPARTAGE AUJOURD'HUI : ÉTAT DE L'ART

2.1. Définition de l'autopartage

L'autopartage a été introduit comme un mode de transport alternatif à l'automobile particulière, situé à mi-chemin entre cette dernière et le transport en commun. Il existe à ce jour de nombreuses définitions mises en place par différents organismes. Le Tableau 1 reprend celles qui ont été répertoriées dans l'étude du TCRP de 2005 (Millard-Ball, Murray, Ter Schure, Fox, & Consulting, 2005). Pour n'en citer qu'une, nous choisirons ici celle de l'état de Washington qui nous paraît être la plus explicite. D'après cette dernière, l'autopartage est « *un programme d'adhésion visant à offrir une alternative à la possession automobile et par lequel des personnes ou entités qui deviennent membres ont la possibilité d'utiliser sur une base horaire les véhicules d'une flotte* ».

Tableau 1 : Les différentes définitions de l'autopartage (Millard-Ball, Murray, Ter Schure, Fox, & Consulting, 2005)

Organization	Definition	Source
North American		
City of Toronto	Carsharing is the practice where a number of people share the use of one or more cars that are owned by a profit or non-profit carsharing organization. To use a vehicle a person must meet the membership requirements of the carsharing organization, including the payment of a membership fee that may or may not be refundable. Cars are reserved in advance and fees for use are normally based on time and miles driven. Carsharing organizations are typically residentially based with cars parked for convenient access within the area of the membership served by the organization.	City of Toronto, 2000
State of Washington	A membership program intended to offer an alternative to car ownership under which persons or entities that become members are permitted to use vehicles from a fleet on an hourly basis.	Revised Code of Washington § 82.70.010 (5)
State of Oregon	A program in which drivers pay to become members in order to have joint access to a fleet of cars from a common parking area on an hourly basis. It does not include operations conducted by a car rental agency.	Oregon Administrative Rules 330-090-0110 (7) (Business Energy Tax Credit)
District of Columbia	Car-sharing vehicle – any vehicle available to multiple users who are required to join a membership organization in order to reserve and use such vehicle, for which they are charged based on actual use as determined by time and/or mileage.	District of Columbia Municipal Regulations, § 9901
State of Minnesota (Pending Legislation). Note that this only includes 501(c) nonprofit operators.	A "carsharing organization" means an organization that: (1) is described in section 501(c) of the Internal Revenue Code; (2) is comprised of members who purchase the use of a motor vehicle from the organization; (3) owns or leases a fleet of motor vehicles that are available to members of the organization to pay for the use of a vehicle on an hourly or per trip basis; and (4) does not assign exclusive rights of use of specific vehicles to individual members or allow individual members to keep a vehicle in the member's sole possession.	Senate Bill SF1229 (Dibble), as introduced 84 th Legislative Session (2005-2006)
European		
Belgium (Draft)	Car vehicles put at the disposal of members against payment for a limited duration of use according to contractual conditions determined by [the car-sharing organization], to the exclusion of car rental and leasing.	Ryden and Morin (2004)
Swedish National Road Administration (Draft)	Car-sharing means that a number of persons share the use of one or more cars. Use of a car is booked beforehand, the user paying a fee based on the distance driven and the length of time the car was made use of. Although this is similar in some ways to traditional car rental, it differs in the possibility it provides of booking a car for short periods of time and in the rental agreement being made for an extended period of time, rather than each time a car is used. In addition, each household has its own set of keys, and cars are placed in the vicinity of where members live. In the case of company car-sharing, the keys and the cars are being readily available at the place of work. "Key" is here equal to smartcard or similarities.	Vägarverket, 2003

Notons qu'il faut bien différencier l'autopartage du covoiturage. Ce dernier implique la possession d'une voiture qui sera partagée le temps d'un trajet commun à des heures précises. L'autopartage se rapproche plus d'un système de location traditionnel. Plus précisément, il consiste en un réseau de véhicules en libre service, distribués dans un

certain nombre d'emplacements sur un territoire donné. L'accès aux automobiles, par les membres, se réalise sur réservation préalable, via téléphone ou internet, les véhicules » partagés » pouvant être réservés à l'heure ou à la journée. La prise du véhicule se fait de manière autonome, généralement grâce à une carte à puce ou à une clé de membre permettant de débloquent un boîtier à clés et/ou un ordinateur de bord embarqué.

2.2. Historique de l'autopartage

La première apparition du principe d'autopartage date de 1948. En Suisse, à Zurich plus particulièrement, des particuliers n'ayant pas les capacités financières de soutenir la possession d'une automobile ont créé la coopérative « Sefage » (Selbstfahrgemeinschaft), pour acheter des véhicules et en partager l'utilisation (un bien de luxe pour l'époque). Cette dernière est restée en activité jusqu'en 1998. SEFAGE était en fait un club qui n'a jamais compté beaucoup d'adhérents et qui n'avait pas de vocation commerciale (Robert, 2004).

Cette première tentative a ensuite été suivie d'un certain nombre d'expériences similaires en Europe sans qu'aucune ne connaisse de grand succès. Parmi ces dernières on retrouve : "Procotip" (France, de 1971 à 1973); "Witkar" (Amsterdam, de 1974 à 1988); "Green Cars" (Angleterre, de 1977 à 1984); en Suède "Bilpoolen" (Lund, de 1976 à 1979), "Vivallabil" (Orebro, de 1983 à 1998), et "bilkoooperativ" (Gothenburg, 1985 to 1990) (Shaheen & Cohen, 2008). Tous ces échecs sont principalement dus à une adaptation plus ou moins réussie de ces compagnies au marché et aux besoins des consommateurs. Par conséquent, la rentabilité n'était pas souvent présente.

2.3. Un marché en pleine croissance

C'est à partir des années 1990 que l'autopartage, sous sa forme actuelle, a connu une croissance importante. Mais elle ne s'est pas réalisée de manière homogène dans les différents pays. L'autopartage s'implante d'abord en Europe, principalement en Suisse et en Allemagne ; il arrive ensuite vers 1994 sur le continent américain avec l'implantation de deux sociétés canadiennes. En 1997, deux sociétés québécoises (Auto-Com et Communauto) fusionnent. En 2000, Auto-Com adopte elle aussi le nom de Communauto pour former l'entreprise actuelle. Fin des années 90 l'autopartage se développe en Asie et aux Etats-Unis. L'Australie s'est dotée de trois acteurs en 2003. En 2008, bien que les USA

comptent plus d'abonnés (l'adhésion aux systèmes étant généralement gratuite il ne s'agit pas forcément d'utilisateurs), l'Europe reste le principal foyer. Cependant, ce service existe dans de nombreux pays et des projets similaires sont planifiés ou envisagés ailleurs dans le monde. En 2008, approximativement 150 opérateurs dans le monde proposaient un service d'autopartage dans environ 1000 villes (voir Figure 2 pour les chiffres en 2006) (The World Carshare Consortium, 2009). La population mondiale d'abonnés en 2006 était estimée à environ 348 000 membres (Shaheen & Cohen, 2008).

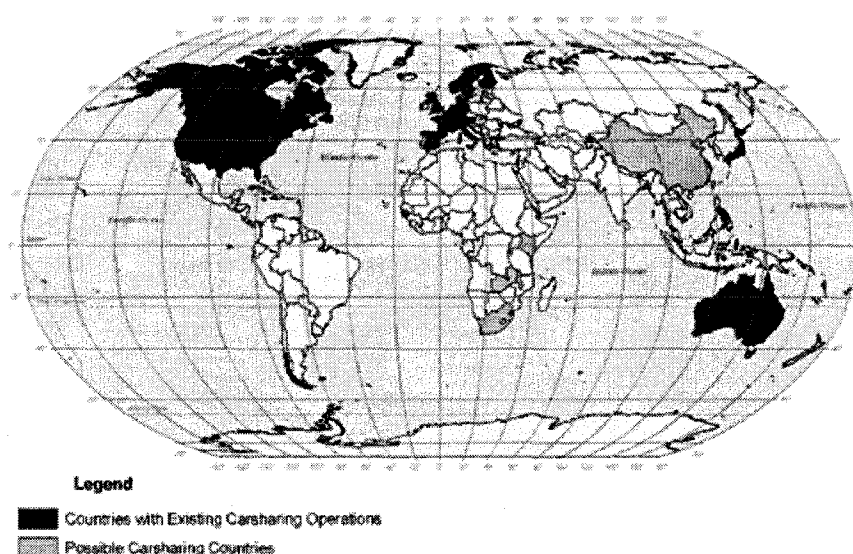


Figure 2: Pays possédant au moins un service d'autopartage en 2006 (Shaheen & Cohen, 2008)

Tableau 2 : Répartition mondiale de l'autopartage en 2006 (Shaheen & Cohen, 2008)

Continent	Estimated Membership	Estimated # of Vehicles
Europe	213,424	7,686
North America	117,656	3,337
Asia	15,700	608
Australia	1,130	65
Worldwide	347,910	11,696

Forte d'une image environnementale plutôt positive, le marché connaît une croissance importante. En effet, la voiture partagée devient financièrement de plus en plus intéressante car elle autorise et encourage les usagers à profiter d'une plus grande variété de modes de transport. Ils n'ont plus la contrainte de rentabiliser leur véhicule personnel et auront plus tendance à envisager des modes plus économiques comme le vélo ou la marche. L'autopartage est un concept relativement jeune ; ainsi le nombre d'utilisateurs

reste assez faible comparativement aux autres modes de transport, mais la croissance qu'il connaît depuis quelques années est très significative. En effet, entre 2000 et 2005, le nombre d'utilisateurs de l'autopartage dans le monde a été multiplié par 35. En 2006 on prévoyait encore une augmentation annuelle de 20% à 30% de la population mondiale d'abonnés (Millard-Ball, Murray, Ter Schure, Fox, & Consulting, 2005). On peut donc s'attendre à ce qu'il devienne un acteur de plus en plus dynamique dans le paysage du transport urbain.

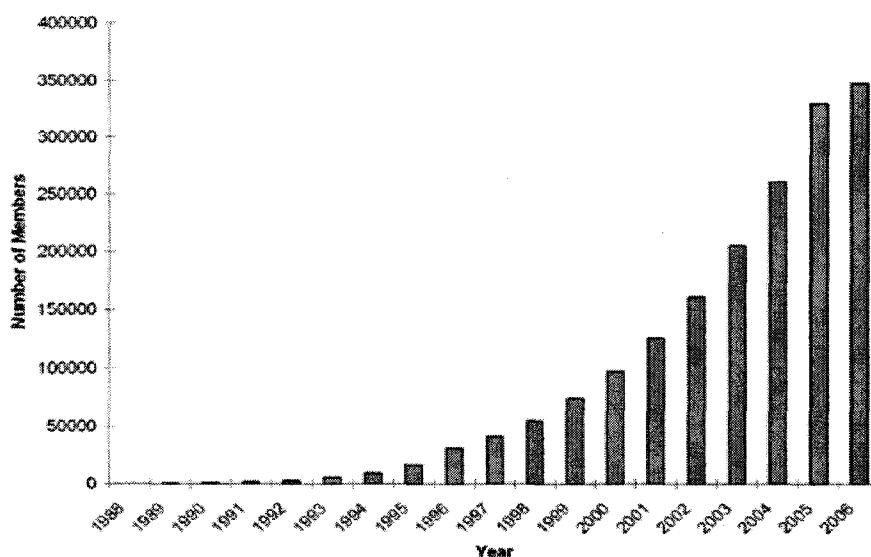


Figure 3 : Croissance mondiale de l'autopartage depuis 1998 (Shaheen & Cohen, 2008)

La tendance globale jusqu'en 2005 a été une forte augmentation du nombre d'utilisateurs par véhicule dans les pays où l'autopartage existait depuis quelques années (Allemagne, Suisse, Etats-Unis...). Ceci est lié à l'augmentation des comptes sociétaires, à la meilleure diffusion de l'information à propos de l'autopartage parmi la population et à l'augmentation des membres inactifs. Cette tendance fut encore plus marquée aux Etats-Unis. Il faut préciser que le nombre d'utilisateurs aux Etats-Unis peut être surestimé car il arrive qu'un utilisateur Américain soit compté plusieurs fois. En effet, dans certaines villes américaines, plusieurs opérateurs se partagent le même secteur d'activité. Dès lors certains usagers s'inscrivent chez plusieurs compagnies pour avoir un maximum de flexibilité dans le réseau de véhicules à leur disposition. Il est vrai que l'adhésion au service d'autopartage est souvent gratuite et moins restrictive aux Etats-Unis. Enfin les utilisateurs peuvent posséder un compte personnel et professionnel. Ces différentes raisons expliquent en partie le fait que le nombre de membres par compagnie et le ratio abonnés par véhicule soient plus importants

que dans les autres pays. De plus, les utilisateurs américains de l'autopartage se démarquent un peu des autres car ils sont plus nombreux à posséder un véhicule personnel. L'adhésion au service répond alors à la nécessité d'être en mesure de se déplacer en cas de panne. Le nombre d'abonnés par véhicule est élevé mais le taux d'utilisation des véhicules est moindre (Shaheen & Cohen, 2008). Pour comparaison, en 2005, l'Allemagne avait un ratio abonnés/véhicule de 33 :1, la Suisse de 36 :1 et les Etats-Unis de 64 membres par véhicule. Depuis 2005, ce dernier a diminué jusque 40 abonnés pour un véhicule. En effet on observe une augmentation de l'utilisation des véhicules qui peut être liée à une meilleure accessibilité au service, une prise de conscience environnementale ou encore le prix croissant de l'essence.... Des tendances similaires mais moins marquées peuvent être observées dans d'autres pays.

En 2005, l'Amérique du Nord regroupe environ 35% des utilisateurs d'autopartage dans le monde répartis entre 28 opérateurs (Tableau 3) (Millard-Ball, Murray, Ter Schure, Fox, & Consulting, 2005). La flotte de véhicules a été multipliée par 11 entre 2000 et 2005. On peut comparer la croissance du Canada et celle des Etats-Unis dans la Figure 4. Comme explicité précédemment, le ratio usagers/véhicule est plus important aux Etats-Unis.

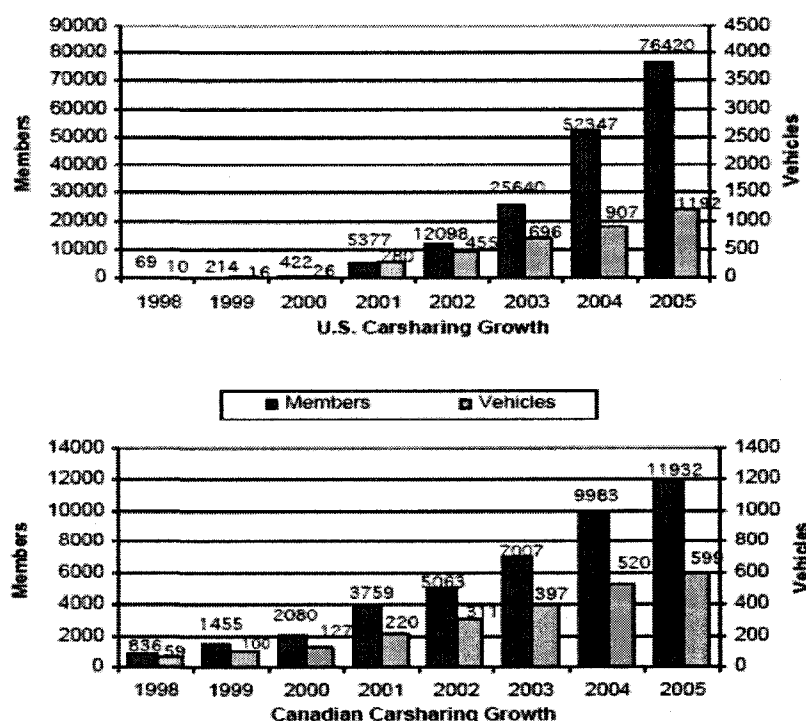


Figure 4 : Croissance de l'autopartage en Amérique du Nord jusqu'en 2005 (Millard-Ball, Murray, Ter Schure, Fox, & Consulting, 2005)

Tableau 3 : Organismes d'autopartage en Amérique du Nord (Millard-Ball, Murray, Ter Schure, Fox, & Consulting, 2005)

RÉGION	ORGANISME
ÉTATS-UNIS	
Ann Arbor, MI	Ann Arbor Community Car Coop
Aspen, CO	Roaring Ford Valley Vehicles
Boston, MA	Zipcar
Boulder, CO	Boulder CarShare
Chapel Hill, NC	Zipcar
Chicago, IL	I-GO
Detroit, MI	Viacar
Eugene, OR	Eugene BioCarShare
Irvine, CA (University of California)	ZevNet
Los Angeles, CA	Flexcar
Madison, WI	Community Car
Minneapolis-St Paul, MN	hOurCar
New-York, NY	Zipcar
Philadelphia, PA	PhillyCarShare
Portland, OR	Flexcar
Riverside, CA (University of California)	Intellishare
Rutledge, MO	Dancing Rabbit vehicle cooperative
San Diego, CA	Flexcar
San Francisco, CA	City CarShare
Santa Barbara, CA	Flexcar
Seattle, WA	Flexcar
Washington, DC	Flexcar, Zipcar
CANADA	
Calgary, AB	Calgary Alternative Transportation Coop
Edmonton, AB	Carsharing Co-op of Edmonton
Gatineau, QC	Communauto
Guelph, ON	Guelph Community Car Co-op
Kingston, ON	Kingston Carshare Cooperative
Kitchener, ON	People's Car
Montréal, QC	Communauto
Nelson, CB	Nelson CarShare Cooperative
Ottawa, ON	VrtuCar
Québec, QC	Communauto
Sherbrooke, QC	Communauto
Toronto, ON	AutoShare
Vancouver, CB	Cooperative Auto Network
Victoria, CB	Victoria Car Share Cooperative

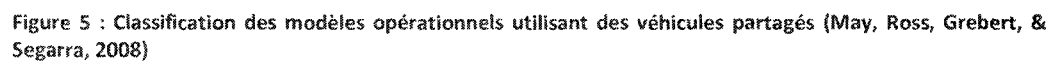
2.4. Les différents types d'organisations

Les services d'autopartage ne sont pas tous gérés de la même manière. Les différences se situent au niveau du modèle opérationnel et du statut juridique des opérateurs. En fonction du contexte d'implantation (rural ou urbain) et de l'organisme qui gère le service d'autopartage (collectivité locale ou entreprise) on recense trois différents statuts juridiques et deux principaux modèles opérationnels déclinables selon quelques variantes.

- Le « TRPC report 108 » (Millard-Ball, Murray, Ter Schure, Fox, & Consulting, 2005) donne la liste complète des opérateurs et leurs statuts juridiques.

2.4.2. Les modèles opérationnels

En se basant sur (Barth & Shaheen, 2002), May propose un schéma résumant les différents types d'organisations offrant des services à partir de véhicules partagés (May, Ross, Grebert, & Segarra, 2008). Ainsi on distingue les modèles opérationnels selon les types d'utilisations autorisées (avec ou sans retour du véhicule à la station où il a été emprunté) et selon le type d'infrastructure sur laquelle la compagnie se développe (stations dispersées dans le milieu urbain ou stations rattachées à une infrastructure de transport lourde).



- Le modèle « classique » des opérateurs d'autopartage

C'est celui qui à été présenté précédemment. Des stationnements réservés sont dispersés dans le milieu urbain et l'utilisateur doit se rendre dans ces stations pour emprunter un véhicule qu'il devra ramener à ce même endroit avant l'heure de fin de réservation. Il est ensuite facturé mensuellement en fonction de son utilisation du service.

Le fait d'être dans l'obligation de ramener le véhicule au point de départ peut dans certain cas être une contrainte pour l'utilisateur. Ainsi il existe un autre système opérationnel répondant à ce besoin : les « station cars ».

- Les « station cars »

Il existe deux modèles de services associés à ce type de fonctionnement :

- Le modèle à stations simples est généralement associé à une infrastructure de transport lourde. Dans ce cas, l'utilisateur réalise des trajets simples domicile – gare – lieu de travail (voir Figure 6).

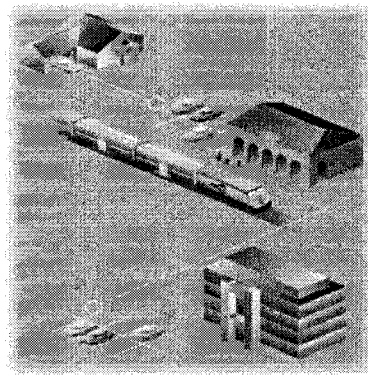


Figure 6 : « Station cars », modèle de stations couplées avec des infrastructures de transport (Shaheen et al., 2004)

- Le modèle à stations multiples est une extension du principe à différents pôles d'activité. Les trajets simples sont réalisés entre les différentes stations associées aux pôles.

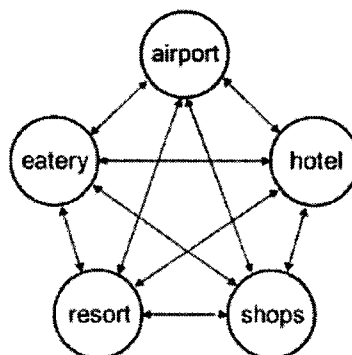


Figure 7 : Schéma de principe du « station cars », modèle à stations multiples (Barth, Han, & Todd, 2001)

A la fin des années 1990, la majorité des opérateurs d'autopartage en Amérique du nord fonctionnaient sur ce dernier modèle. Cependant il entraîne pour l'opérateur des difficultés opérationnelles importantes (surtout dans le type à stations multiples) puisque, en fonction de l'utilisation du service, le nombre de véhicules par station n'est pas constant. Le système de réservation se retrouve largement complexifié et des employés doivent rééquilibrer la flotte sur le réseau de stations, ce qui amène des problèmes logistiques et génère des coûts supplémentaires (Shaheen et al., 2004). Pour ces raisons ce principe opérationnel a décliné au fil des ans. Fin 2003, il restait aux Etats-Unis deux opérateurs « station cars » (Shaheen, Schwartz, & Wiprywski, 2004). Aujourd'hui les opérateurs fonctionnent majoritairement en aller-retour avec quelques offres spéciales de service en aller simple chez certaines compagnies. Moins problématique dans sa mise en œuvre, ce dernier est plus facilement rentable économiquement parlant (Shaheen & Wright, 2001).

2.5. La place de l'autopartage dans les transports

Le taxi, le vélo, la marche à pied et les transports en commun sont les principaux modes de transport alternatifs à l'automobile particulière que l'on retrouve dans toutes les agglomérations importantes. Chacun de ces modes autorise une certaine flexibilité à l'utilisateur et répond à des besoins et des contraintes particulières (budget, santé, environnement, plan d'urbanisme adopté par la ville, etc.). L'automobile est aujourd'hui considérée comme le moyen de transport le plus pratique et le plus rapide par de nombreuses personnes (Jemelin & Louvet, 2007). En effet, pour certains trajets, comme par exemple les courses ou les sorties en dehors de la ville, l'utilisation d'une voiture paraît être le meilleur choix. Or l'achat d'une automobile modifie le schéma des transports car l'utilisateur est alors incité à amortir son investissement. L'autopartage répond aux mêmes

besoins sans la contrainte de possession du véhicule. Il prend donc place au milieu du panel des transports urbains comme le présente la Figure 8.

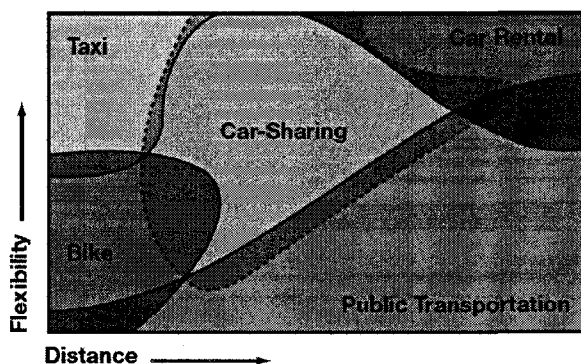


Figure 8 : Positionnement du marché de l'autopartage dans les transports urbains (Britton, 1999)

L'autopartage peut donc, grâce à ses caractéristiques, jouer un rôle central dans le panel des transports urbains. On remarque que l'utilisation de ce service, basé sur l'automobile, permet une grande flexibilité. Un critère déterminant pour l'utilisateur est la distance parcourue pendant le trajet. Le prix est évidemment la conséquence directe de cette distance d'utilisation. Ainsi, aux extrêmes, on aura tendance à favoriser le taxi pour son faible coût sur de courtes distances et la location pour des déplacements de longues durées si les infrastructures de transport en commun sont inadéquates. On peut voir que le service d'autopartage possède des zones d'activités communes avec tous les modes. Afin de bien distinguer la location de voiture et l'autopartage, Millard et son équipe ont mis en avant trois différences importantes entre ces deux services (Millard-Ball, Murray, Ter Schure, Fox, & Consulting, 2005). D'abord, l'autopartage propose de son côté des véhicules pour de courtes durées. Ensuite l'organisation est décentralisée, les usagers accèdent à leur véhicule par eux-mêmes, sans voir de représentant de l'organisation. La Figure 9 donne un exemple de principe pour l'utilisation d'un véhicule partagé. Pour finir, les deux services diffèrent par leur facturation, les frais liés aux pleins d'essence et à l'assurance sont inclus dans la tarification des services d'autopartage. Par ailleurs ce mode est souvent adopté par des résidents, un abonnement est nécessaire et les utilisations se concentrent en grande partie dans la zone urbaine couverte par l'opérateur (voir Figure 61). De leur côté, les loueurs sont plutôt utilisés par des visiteurs, bien que certains modèles d'autopartage tentent actuellement de spécialiser leur marché sur une population touristique, ou visiteurs occasionnels, en facilitant l'accès au système pour ce type de clientèle (May, Ross, Grebert, & Segarra, 2008).

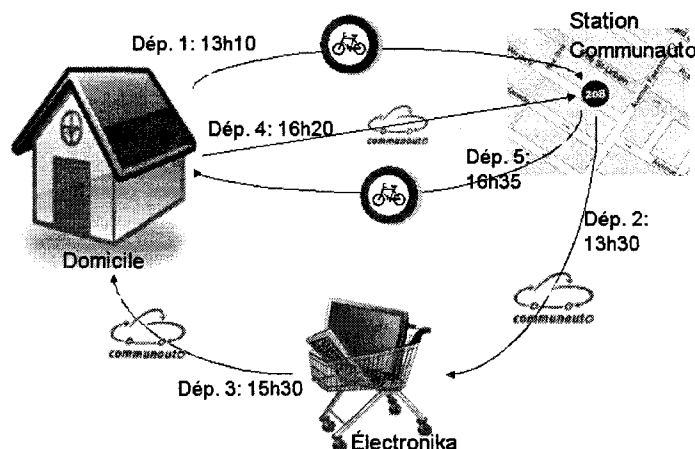


Figure 9 : Exemple d'une chaîne de déplacement en autopartage, (Communauto, 2008)

2.6. Des partenariats importants

2.6.1. Les partenariats

Loueurs et opérateurs d'autopartage ne répondent donc pas tout à fait aux mêmes besoins. Ainsi certains opérateurs mettent en place des partenariats afin de permettre à leurs utilisateurs d'accéder à des services auxiliaires, comme l'accès à des véhicules de loueurs via des tarifs préférentiels pour des locations de longue durée (vacances). En Amérique du Nord c'est le cas par exemple de *City Carshare* à San Francisco ou encore de *Communauto* à Montréal. Ces partenariats permettent d'encourager la croissance de l'activité d'autopartage en atténuant la difficulté d'adoption du service. En effet l'utilisateur qui opte pour l'autopartage, et renonce à son véhicule personnel, doit être en mesure d'accéder facilement à une offre de transport plus diversifiée qu'auparavant afin de remplacer l'automobile dans tous ses déplacements. Il s'agit alors de faciliter cette étape d'adoption en apportant de la valeur ajoutée au service. Dès lors, ces partenariats permettent à l'opérateur d'autopartage de niveler la demande en orientant les déplacements longue durée vers des services annexes et ainsi garantir la disponibilité de véhicules pour un usage local. De plus, ces partenariats sont également un moyen pour se faire connaître et améliorer la visibilité du mode au sein du panel de transport.

Les principaux partenariats pour l'autopartage se retrouvent dans les autorités ou gouvernements locaux (Shaheen, Schwartz, & Wiprywski, 2004), les acteurs du transport, les compagnies et sociétés privées, les universités et les investisseurs privés (Enoch, 2002) (Enoch & Taylor, 2006). Le Tableau 4 en annexe et la Figure 10 présentent, en fonction des

partenaires, le type d'aide que les compagnies d'autopartage peuvent obtenir. Il s'agit généralement d'aide à l'investissement, de réduction des taxes, de la mise à disposition d'espaces de stationnement, de marketing et d'accords avec d'autres opérateurs de transport pour des tarifs préférentiels. Dans les pays où ce mode est implanté depuis quelques années des propositions de lois sont mises en place afin de promouvoir l'activité d'autopartage, comme c'est le cas en France par exemple (Clavel, Mariotto, & Arsac, 2008). Ainsi les opérateurs sont reconnus comme des acteurs des transports et le terme « autopartage » devient un label protégé, facilitant ainsi le développement d'une image de marque.

Tableau 4 : Le potentiel de développement des partenariats pour un opérateur d'autopartage (City CarShare, 2006)

Partner Organization	What Can They Provide?
LOCAL/REGIONAL PUBLIC AGENCIES	
Local jurisdictions (cities, counties, etc.)	• Funding • Incentives/requirements for car-sharing in new development (e.g. reduced parking requirements for developers) • Publicity • Planning and other technical assistance • Help securing parking • Giving car-sharing legitimacy, through the "official" stamp of approval • Support when developing partnerships with other organizations
Parking authorities (usually part of local government)	• Funding • Parking – ideally free or discounted
Transit agencies	• Funding • Parking at transit stations – ideally free or discounted • Publicity, marketing and promotion to transit riders (e.g. on transit vehicles, in stations and on the website) • Integrated ticketing (e.g. providing a car-sharing 'add on' to a transit pass)
Rideshare/Transportation Demand Management Agencies	• Promoting car-sharing to their member organizations or clients • Publicity and marketing
Social service providers	• Providing or subsidizing car-sharing to their clients
Other public sector agencies (e.g. public utilities, air quality regulation agencies)	• Funding • Marketing

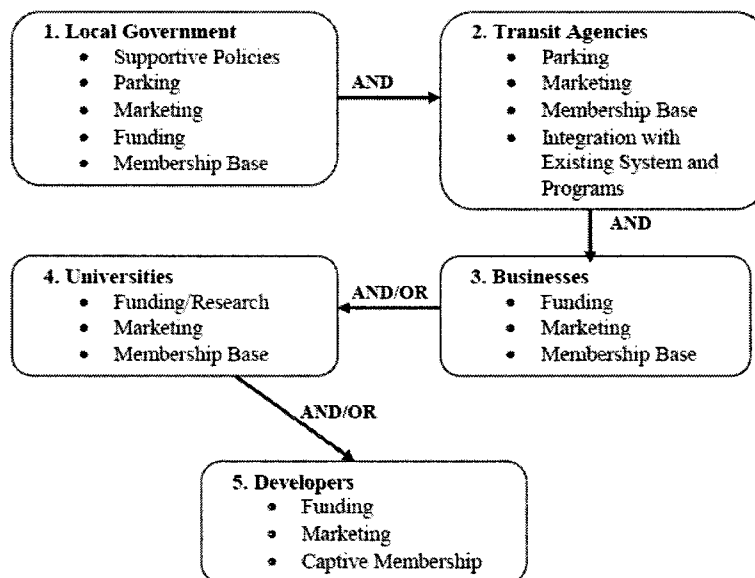


Figure 10 : Hiérarchie des partenariats pour un opérateur d'autopartage (Faghri, et al., 2008)

2.6.2. Le concept de mobilité combinée

Récemment, l'augmentation du marché de l'autopartage se concrétise par la multiplication d'initiatives visant à développer le concept de « mobilité combinée » (Tecsult Inc., experts-conseils, 2007), à savoir la combinaison de l'autopartage et du transport en commun. Cette dernière permet de proposer à la population une offre de transport de plus en plus flexible. Ainsi les partenariats récents entre les compagnies d'autopartage et celles de transports en commun ou ferroviaires témoignent d'un intérêt grandissant de la communauté envers l'autopartage. C'est le cas de Communauto qui possède des partenariats ou des ententes avec les principales sociétés de transport Québécoises comme la Société de Transport de Montréal, la Société de Transport de Laval, la Société de Transport de Sherbrooke, le Réseau de Transport de la Capitale, la Société de Transport de l'Outaouais et une compagnie de taxi : TaxiCoop Québec (Communauto, 2008). Il y a plusieurs raisons à ces partenariats entre opérateurs d'autopartage et compagnies de transport. Comme expliqué précédemment, l'amélioration du service proposé à tarifs préférentiels apporte une valeur ajoutée au service d'autopartage en lui-même et facilite l'abandon du véhicule particulier en faveur de ce mode. De même, l'image de l'autopartage profite de ces partenariats avec les compagnies de transports en commun. Par ailleurs, si à une station tous les véhicules sont réservés, certains membres peuvent vouloir utiliser un autre mode de transport pour accéder à une station plus éloignée. Il en va de même pour les utilisateurs qui sont trop

éloignés pour marcher jusqu'à une station. Enfin certains usagers peuvent vouloir effectuer une partie de leur trajet en transport en commun puis transiter vers l'autopartage (City CarShare, 2006). Si on reprend la Figure 5, on s'oriente donc vers un modèle opérationnel hybride, soit un schéma d'opérateur d'aller-retour sur la même station avec des connections possibles sur les infrastructures de transport qui sont comprises dans la facturation de l'entreprise d'autopartage.

2.6.3. Un secteur dynamique

L'augmentation du marché entraîne une augmentation de la compétition puisque dans certaines villes plusieurs opérateurs se partagent le marché. C'est le cas notamment à Paris (Jemelin & Louvet, 2007) avec *Okigo*, *Mobizen* et *Caisse Commune* mais aussi à Washington (Millard-Ball, Murray, Ter Schure, Fox, & Consulting, 2005) avec *Zipcar*, ou encore Chicago avec *I-Go Car-Sharing* et *Zipcar*. Par conséquent, certains opérateurs mettent en place des partenariats entre eux pour permettre aux membres d'avoir accès à une flotte de véhicules plus importante (surtout dans d'autres villes). Ceci s'applique dans le cas où plusieurs opérateurs se trouvent dans une même ville mais aussi pour des déplacements à l'extérieur de leur secteur d'activité. C'est le cas de *Zipcar* et *Flexcar* ou encore *Communauto* et *VrtuCar* (*Communauto*, 2008) (*Zipcar*, 2008).

Afin de toujours améliorer la visibilité de ce nouveau mode et augmenter sa part de marché, les opérateurs multiplient leurs ouvertures sur le marché des autres modes et améliorent le service proposé. Il reste aujourd'hui encore un fort potentiel de développement pour ce mode (Shaheen & Cohen, 2008), que se soit dans des pays encore peu couverts (ex : l'Australie) ou dans des pays émergeant d'Asie. Même dans les marchés plus matures, comme en Europe ou en Amérique du Nord, les villes de plus petites tailles peuvent offrir des solutions pour une expansion future du service (Faghri, et al., 2008).

2.7. Profil des utilisateurs de l'autopartage

La partie suivante a pour but de rappeler et de mettre à jour le profil des usagers de l'autopartage présenté par Martin (Martin, 2007). Les chiffres donnés ci-dessous sont tirés de l'étude menée par le TCRP en Amérique du Nord (Millard-Ball, Murray, Ter Schure, Fox, & Consulting, 2005). Il s'agit d'une enquête par sondage internet menée auprès de tous les usagers de ce mode. Les questionnaires valides ont permis d'obtenir un échantillon

représentatif d'environ 5% des usagers. En fonction des ressources disponibles, d'autres statistiques ont été ajoutées de manière à compléter ce portrait.

- *Age* : L'âge moyen des usagers de l'autopartage est de 37.7 ans. Ils sont donc plus jeunes que la majorité des conducteurs. La cohorte la plus importante (39%) est celle des personnes âgées entre 25 et 34 ans ; elle est suivie par les 35 – 44 ans (27.4%). Selon la littérature, l'utilisateur moyen est âgé entre 35 et 45 ans. On retrouve aussi des valeurs telles que 30 à 40 ans pour les usagers allemands ou hollandais (Harms & Truffer, 1998) et 35 – 44 ans pour les usagers en France (Jemelin & Louvet, 2007). En Amérique du Nord, l'âge moyen varie en fonction du type de structure ; on peut cependant parler sur ce marché d'une moyenne de 35 ans (Brooks, 2004).
- *Revenu moyen* : La moitié des répondants ont déclaré faire partie d'un ménage avec un revenu d'au moins 60 000\$ US alors que 13% des usagers font partie d'un ménage gagnant moins de 30 000\$ US et 18% disposent de plus de 100 000\$ US. Les différentes études estiment que les usagers de l'autopartage font en majorité partie des classes moyennes ou élevées. Brooks (Brooks, 2004) estimait que les usagers de l'autopartage étaient une bonne représentation de la population nationale des Etats-Unis sur le plan des revenus. En Allemagne 20% des abonnés étaient dans des ménages à faible revenu et 18% dans des ménages à très haut revenu (Harms & Truffer, 1998).
- *Niveau d'éducation* : Les usagers de l'autopartage ont un niveau d'étude élevé. 35% des répondants ont un baccalauréat et 48% sont post-gradués alors que seuls 2% d'entre eux n'ont aucun diplôme. A Paris, 77% des usagers possèdent au moins un diplôme universitaire (Jemelin & Louvet, 2007). Selon certains, un fort niveau d'éducation semble être le facteur le plus important dans la probabilité de devenir adhérent à l'autopartage (Lane, 2005) (Steininger, Vogl, & Zettl, 1996).
- *Genre* : Concernant le sexe des répondants, on note qu'il y a plus de femmes que d'hommes. Par contre les hommes sont majoritaires parmi les membres parisiens ou encore en Allemagne, Norvège ou Suisse (Jemelin & Louvet, 2007) (Berge, 1999)

(Klintman, 1998). Certaines études estiment qu'il n'y a pas de véritable règle quant à la prédominance d'un sexe sur l'autre (Brooks, 2004).

- *Taille des ménages* : Les usagers du service d'autopartage sont généralement dans des ménages d'au moins deux personnes (64% des répondants). Là encore, d'autres études montrent que dans certaines villes ce n'est pas le cas (Harms & Truffer, 1998).
- *Motorisation* : Parmi les répondant au sondage du TCRP, 87% des canadiens adhérant vivent dans des ménages qui n'ont pas de véhicule contre 67% des américains. A Paris 90% des membres interrogés déclarent ne pas posséder de voiture.

2.8. Profil des quartiers favorables à l'autopartage

Si on s'intéresse aux marchés ciblés par les opérateurs on s'aperçoit que le marché de l'autopartage est très lié aux quartiers dans lesquels les systèmes sont implantés. La Figure 11 présente les marchés exploités par les opérateurs en Amérique du Nord (chiffres moyens). Les données sont fournies dans le rapport du TCRP (Millard-Ball, Murray, Ter Schure, Fox, & Consulting, 2005). On note déjà une orientation plus forte vers les marchés des entreprises et les campus universitaires aux Etats-Unis. Par contre, dans les deux cas le « marché de proximité » engendré par la présence des stations d'autopartage prédomine.

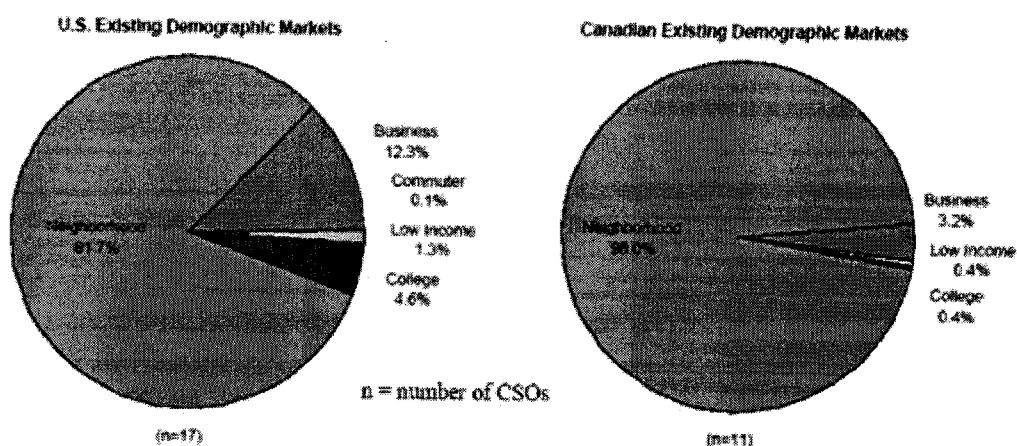


Figure 11 : Provenance des utilisateurs des systèmes d'autopartage Nord Américains (CSO = Carsharing Organisation) (Filosa, 2006)

En effet, les zones où l'autopartage semble fonctionner et où sa part de marché augmente régulièrement ont des caractéristiques particulières. Différentes études (Klintman, 1998)

(Brooks, 2004) (Meaton & Low, 2003) (Meaton & Low, 2003) (Bonsall, 2002) s'accordent pour mettre en avant certaines propriétés déterminantes pour l'existence et la croissance d'un service. Parmi les plus fréquemment identifiées on retrouve : une forte pression pour le stationnement (l'automobile particulière devient alors une contrainte), la possibilité de vivre sans véhicule dans le quartier (panier de service important et emplois ou transports disponibles) et une forte densité de population (augmentant le nombre de clients potentiels et favorisant les facteurs précédents). De plus une combinaison de secteurs résidentiels et d'entreprises offre des ouvertures sur les deux types de marchés (Figure 11).

Celsor (Celsor, Millard-Ball, & Nelson\Nygaard, 2008) présente une caractérisation plus précise des quartiers favorables à l'autopartage dans le contexte des 13 grandes villes américaines possédant un système prospère. Les voisinages de stations sont considérés comme des zones circulaires de rayon de 800 mètres autour des stations. Le Tableau 5 présente les résultats de cette étude. Les données sont comparées aux valeurs moyennes des agglomérations considérées. On remarque que le revenu n'est pas une composante spécifique aux voisinages de l'autopartage. On trouve aussi les caractéristiques suivantes :

- un niveau d'éducation élevé ;
- une forte proportion de logements en location ;
- une forte densité de logements ;
- une forte densité de ménages dits célibataires (1 personne/ménage) ou des ménages sans enfant ;
- un faible taux de motorisation ;
- des quartiers favorables aux modes actifs et transports en commun.

Cette étude introduit également le niveau de service dans un voisinage de station, défini comme le nombre de véhicules stationnés dans le voisinage de la station. Il s'avère, sauf dans quelques cas, être peu corrélé avec les propriétés démographiques des voisinages. Parallèlement, les habitudes de mobilité de la population et l'offre de transport sont fortement corrélées avec ce dernier.

Jusqu'à présent, l'existence de membres dans le voisinage des stations n'est pas documentée. Seules les caractéristiques des quartiers ont été utilisées, mais les usagers

peuvent très bien résider en dehors des voisinages directs et transiter afin d'utiliser le système. Ainsi la question d'accessibilité au système est peu documentée.

Dans la suite de l'étude nous nous intéresserons au cas de Montréal. Nous analyserons les voisinages des stations à la lumière des données sur les quartiers mais également en fonction des habitants membres du système d'autopartage. Ceci afin de mettre en avant d'éventuelles nuances dans le rôle des voisinages. Ensuite nous chercherons à éclairer l'influence des critères d'accessibilité au service sur sa croissance, son utilisation et la survie des membres dans le système.

Tableau 5 : Caractérisation des voisinages favorables à l'autopartage (Celsor, Millard-Ball, & Nelson\Nygaard, 2008)

	Car-sharing Neighborhood Averages		Regional Average***	Difference
	<i>Vehicles Weighted Evenly*</i>	<i>Regions Weighted Evenly**</i>		
	1	2	3	= 1 - 3
Demographics				
% 1-person households	51.8%	51.0%	27.2%	24.6%
% households with children	12.5%	12.5%	32.4%	-19.9%
% of rental households	71.5%	70.5%	39.6%	31.8%
% households earning > \$100,000	18.2%	16.7%	17.9%	0.3%
% with Bachelor's degree or higher	54.6%	52.4%	34.0%	20.6%
Commute Mode Share				
% drive alone to work	33.0%	39.3%	69.4%	-36.4%
% carpool to work	6.6%	6.7%	11.6%	-5.0%
% take transit to work	30.8%	23.7%	8.8%	22.0%
% bike to work	2.1%	3.1%	0.8%	1.3%
% walk to work	21.9%	21.1%	4.4%	17.5%
Vehicle Ownership				
% households with no vehicle	40.0%	34.7%	11.3%	28.7%
% households with 0 or 1 vehicle	82.0%	76.9%	46.0%	36.0%
Average vehicles per household	0.84	0.97	1.66	-0.83
Neighborhood Characteristics				
Housing units per acre	21.7	17.1	N/A	
Intersections per acre	0.37	0.34	N/A	
% units built before 1940	43.6%	34.9%	16.9%	26.7%

* Mean of data for all individual vehicles, meaning that car-sharing neighborhoods with more vehicles will be weighted more strongly.

** Mean of means for each car-sharing neighborhood

*** Mean of means for each region

2.9. L'impact de l'autopartage

Nous l'avons déjà abordé en introduction, l'autopartage profite d'une bonne image sociale et environnementale (Barth, Han, & Todd, 2001) qui participe dans le contexte pro-

environnemental actuel à son essor. Classé dans la catégorie du développement durable (Steininger, Vogl, & Zettl, 1996), de plus en plus d'études empiriques sur des systèmes existants mettent en avant son potentiel. Goldman et Gorham (Goldman & Gorham, 2006) identifient l'autopartage comme l'un des modes innovants pour le transport durable en milieu urbain.

Plusieurs études ont été réalisées afin de déterminer les impacts ou bénéfices qui peuvent être associés à l'utilisation de l'autopartage. Il s'agit généralement d'analyses basées sur des sondages d'opinions (ou déclarations d'activité) conduits auprès des opérateurs d'autopartage et de leurs membres. Par conséquent les résultats quantitatifs peuvent varier, mais il est possible de regrouper les impacts en différentes catégories qui sont présentées dans la Figure 12, soit : les bénéfices pour l'utilisateur, pour le système de transport et pour la société.

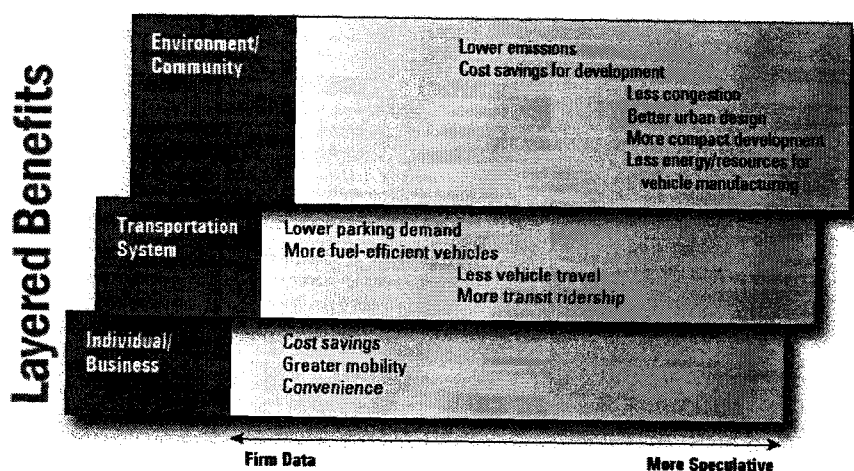


Figure 12 : Classement des principaux impacts de l'autopartage (Shaheen, Cohen, & Roberts, 2005)

La première catégorie de bénéfices pour l'utilisateur est directement liée à l'abandon du véhicule particulier. Les niveaux suivants sont des conséquences de ce choix. La Figure 13 présente le « cercle vertueux » qui permet de passer d'un niveau à l'autre. « The World Carshare Consortium » (The World Carshare Consortium, 2009) énumère seize bénéfices différents.

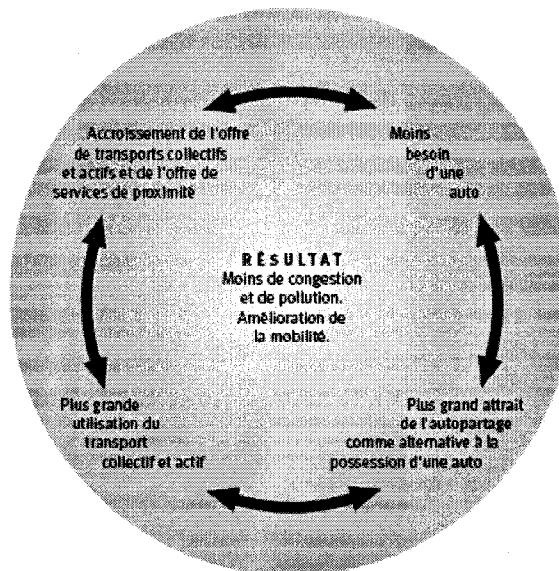
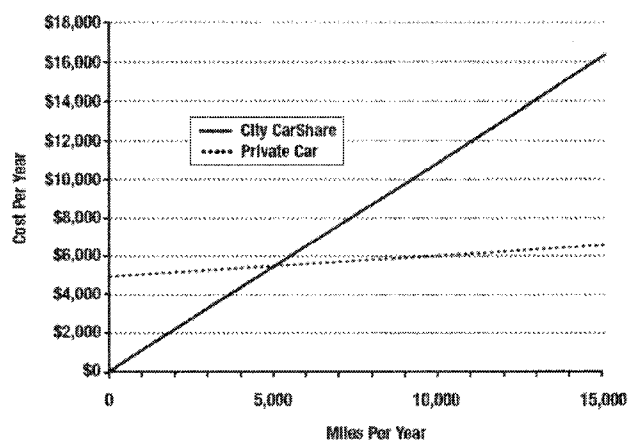


Figure 13 : Cercle vertueux engendré par l'autopartage, par l'amélioration du transport en commun et par la présence d'un nombre croissant de services de proximité (Tecsult Inc., experts-conseils, 2007)

Si on reconnaît l'existence de ces bénéfices, il n'est pas aisé de tous les quantifier. Certains, comme l'impact économique pour l'utilisateur, peuvent être estimés assez facilement (voir par exemple la Figure 14 ; notons que le point mort diffère selon les tarifs de chaque opérateur).



Assumes average of 5.5 miles per hour of CCS usage. Private automobile costs from AAA (2003).
Based on January 2005 rates, assuming hourly average cost of \$3.50.

Figure 14 : Comparaison économique entre la possession d'un véhicule particulier et l'adhésion à un service d'autopartage (City CarShare, 2006)

D'autres, sont sujet à plus de discussions. Ainsi Cervero et al (Cervero, Creedman, Pai, & Pohan, 2002) font état d'une augmentation du taux de motorisation chez les membres du service d'autopartage dans la région de San Francisco (en effet plus de 70% des membres

sont originaires de foyers n'ayant auparavant pas d'accès à l'automobile). Inversement, certains auteurs indiquent que l'autopartage participe à la réduction du taux de motorisation grâce aux membres qui abandonnent leur véhicule personnel (Millard-Ball, Murray, Ter Schure, Fox, & Consulting, 2005) (Shaheen & Cohen, 2008). Par ailleurs Fellows et Pittfield mettent en avant les bénéfices de l'autopartage sur la demande en transport et sur les Gaz à Effet de Serre (GES) (Fellows & Pitfield, 2000).

Plusieurs études ont été conduites afin d'estimer les changements comportementaux liés à l'adhésion à un système d'autopartage (Shaheen S. A., 2001) (Chin & Lee, 1998) (Cervero, Creedman, Pai, & Pohan, 2002) (Jemelin & Louvet, 2007) (Steininger, Vogl, & Zettl, 1996) (Morency, Trépanier, Agard, Martin, & Quashiee, 2007). Mais les méthodologies d'analyse, les processus de collecte des données, la taille des échantillons jugés représentatifs varient. De nombreux paramètres peuvent influencer la mesure des impacts de l'autopartage comme par exemple le statut et la structure opérationnelle du système, l'expérience de l'opérateur, la stratégie de la compagnie, le contexte dans lequel elle évolue (taille de la ville, culture du pays). Ainsi les résultats sont relativement variables d'une étude à l'autre. Nous allons donner quelques chiffres afin d'illustrer ces propos.

D'après différentes études sur la question, un véhicule partagé remplacerait entre 4 et 10 véhicules particuliers en Europe, de 6 à 23 en Amérique du Nord et 7 à 10 en Australie. Par ailleurs ces mêmes études estiment entre 21% et 34% le ratio d'utilisateurs européens (Belgique, Allemagne, France) qui abandonnent leur voiture après adhésion au système (Jemelin & Louvet, 2007). Ce même ratio est estimé entre 15% et 34% d'après Shaheen (voir Tableau 6, l'étude de Shaheen synthétisant les résultats de différentes analyses). Ce chiffre varie entre 11% et 29% d'après d'autres études sur l'autopartage en Amérique du Nord. Ces dernières annoncent qu'entre 12% et 68% des utilisateurs en Amérique du Nord ont renoncé à l'achat d'un véhicule après leur entrée dans le système (Price & Hamilton, 2005); (Millard-Ball, Murray, Ter Schure, Fox, & Consulting, 2005); (Tecsult Inc., experts-conseils, 2007), ce chiffre étant de 36% à Paris en 2006 (Jemelin & Louvet, 2007). Ces chiffres varient donc beaucoup selon les études et les villes. Par conséquent, la transparence et la représentativité des processus d'analyse est une question primordiale.

Aujourd'hui, les impacts de l'autopartage sont définis ; cependant il faut mettre en place des méthodologies d'analyse qui soient suffisamment flexibles pour s'adapter à tous les

systèmes tout en incluant la rigueur nécessaire pour permettre des comparaisons valides. Des études mettent en avant l'intérêt des systèmes de mesure de performance appliqués à la gestion d'un système d'autopartage à stations multiples (Barth, Han, & Todd, 2001) (Barth & Todd, 2000). Enfin l'analyse des bases de données opérationnelles renferme beaucoup de possibilité quant à la compréhension des comportements des membres (Morency, Trépanier, Agard, Martin, & Quashiee, 2007) (Martin, 2007).

Tableau 6 : Bénéfices attribués à l'autopartage par région (Shaheen & Cohen, 2008)

Region	Number of Vehicles Replaced Due to One Carsharing Vehicle	Percent of Participants Who Sold Private Vehicle After Joining Carsharing	Percent of Participants Who Postponed or Avoided Vehicle Purchase Due to Carsharing	Percent of Vehicle Kilometers Reduced Due to Carsharing
Europe	4 to 10	15.6 to 34%	23 to 26.2%	28 to 45%
North America	6 to 23	11 to 29%	12 to 68%	7.6 to 80% (Avg. of 44% across studies)

Si à Montréal on reconnaît que « l'autopartage recèle le potentiel de devenir un important outil pour favoriser l'atteinte des objectifs du Plan de transport » (Division du développement des transports, Direction des transports, Service des infrastructures, transport et environnement, 2008), ceci peut être valide dans d'autres villes et illustre bien le rôle important que pourrait jouer ce mode dans les années à venir. Cependant, l'évaluation des retombées de l'autopartage permettrait de mieux adapter les politiques de transport aux nouvelles politiques environnementales et urbaines. A l'heure actuelle, le manque de connaissances sur l'utilisation et les comportements des membres à l'intérieur d'un système d'autopartage limite les analyses. Mieux appréhender les variables régissant l'évolution d'un système d'autopartage permettrait d'élaborer des méthodes de collecte de données spécifiquement adaptées à ce mode et serait le premier pas vers des méthodes d'analyses rigoureuses. Ainsi ce mémoire tentera d'éclairer certains mécanismes de ce mode en s'appuyant sur une méthode scientifique adaptable dans d'autres contextes urbains.

2.10. Communauto de nos jours

2.10.1. Contexte général

Depuis quelques années l'autopartage, avec Communauto, est de plus en plus présent dans le centre de la région montréalaise. Initialement créée en 1995 dans la ville de Québec,

Communauto offre aujourd'hui l'autopartage dans quatre agglomérations de la province: Montréal, Québec, Gatineau et Sherbrooke. C'est cependant à Montréal qu'est située la majeure partie des usagers, des stations et des véhicules. Communauto est une entreprise commerciale privée. Elle offre un service classique d'autopartage (voir 2.4). En avril 2009, le système se compose de 18000 usagers (voir Figure 15), d'environ 900 véhicules et de près de 270 stations. Montréal étant le principal marché de l'opérateur, on y retrouve environ 14400 membres et près de 850 véhicules répartis sur approximativement 200 stations. À cette date, Communauto compte environ 3100 abonnés à Québec, 300 à Gatineau et 200 à Sherbrooke.

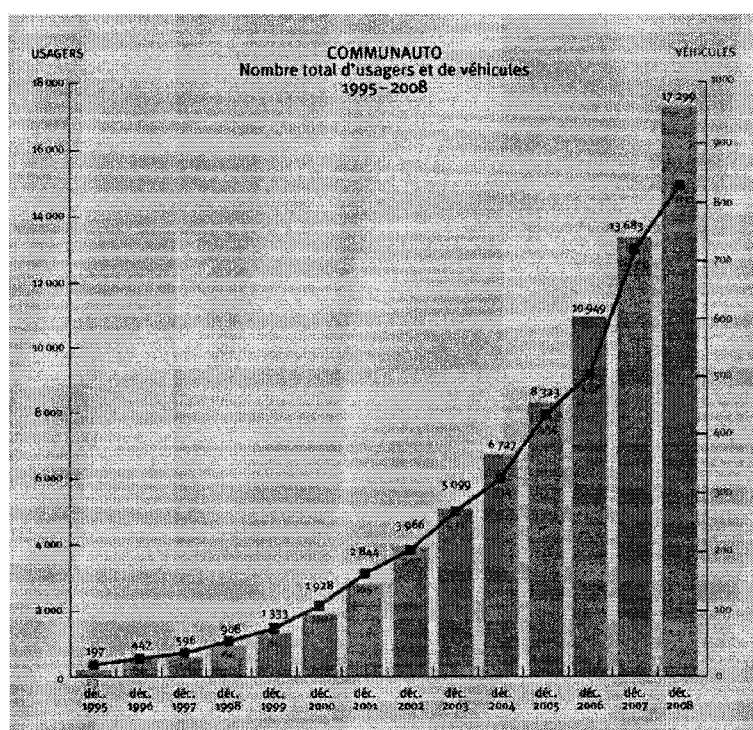


Figure 15 : Historique de l'évolution de Communauto (Communauto, 2008)

2.10.2. Tarification

Les utilisateurs, moyennant d'être âgés de plus de 21 ans, peuvent accéder au service selon deux principes de tarification différents. D'une part l'utilisateur peut devenir membre du service en payant un droit d'adhésion de 500\$, servant à faciliter la trésorerie de l'entreprise et remboursable quand le membre décide de quitter le service. D'autre part l'un des forfaits est désormais accessible pour des utilisateurs ne souhaitant pas payer ce droit d'adhésion (forfait « Le Lièvre »). Chaque année, les usagers doivent souscrire un

abonnement parmi 4 proposés (de 39\$ à 360\$). Ce choix influence le coût kilométrique et horaire de chaque utilisation (entre 0.11\$/km et 0.34\$/km et entre 1.60\$/h et 4.95\$/h) (tarifs en avril 2009). De plus un tarif spécial « longues distances » propose aux membres des tarifs kilométriques et journaliers / hebdomadaires avantageux pour les trajets plus longs avec les voitures du système d'autopartage. Le Tableau 7 résume les différents abonnements et les tarifs correspondant.

Tableau 7 : Grille tarifaire 2006, (Communauto, 2008)

	FORFAIT A	FORFAIT B	FORFAIT C	FORFAIT Le Lièvre
Cotisation annuelle	360 \$	140 \$	36 \$	36 \$
Tarif kilométrique	20¢	27 ¢ (20 ¢) * 34 ¢ (24 ¢) *		12 ¢
Période hors pointe	1,66 \$ / h (du lundi au vendredi)	18,50 \$ / jr (du lundi au vendredi)		4,95 \$ / h ou 49,50 \$ / jr (du lundi au vendredi)
Période de pointe	2,06 \$ / h (du lundi au vendredi)	24,60 \$ / jr (du lundi au dimanche)		5,95 \$ / h ou 59,50 \$ / jr (samedi et dimanche)
Accès aux tarifs Longue distance	OUI	OUI	OUI	NON

2.10.3. Principe d'utilisation

L'utilisation du service est réservée à l'usage exclusif des abonnés. Pour chaque utilisation, l'abonné doit réserver à l'avance par internet ou par téléphone, le véhicule qu'il désire. Il doit à cette étape, faire le choix du type de tarif qu'il souhaite (local ou longue distance) et indiquer la plage horaire durant laquelle il aimerait disposer du véhicule. L'abonné peut annuler toute réservation sans frais, pourvu qu'il le fasse moins de deux heures avant le début de celle-ci. Lorsqu'il a complété sa réservation, l'abonné bénéficie du véhicule durant la période. S'il souhaite l'utiliser, il doit se rendre à la station où le véhicule se trouve. Il y récupère les clés qui sont situées dans un boîtier à proximité de la station. Dès lors, la seule contrainte que l'abonné doit respecter est de ramener le véhicule avant la fin de la plage de réservation dans la même station où il l'a empruntée. En effet, chaque véhicule est exclusivement attribué à une station. Si l'abonné restitue le véhicule en retard, des frais supplémentaires lui seront appliqués. Chaque abonné est ainsi facturé en fonction du nombre, de la durée et de la distance parcourue lors de toutes ses utilisations du mois.

2.11. Résumé

A partir de la littérature existante nous avons défini le principe d'autopartage et résumé l'historique de ce mode (son apparition, sa croissance et son évolution globale, l'état actuel du marché et les tendances observées). Par ailleurs les différentes variantes opérationnelles et stratégiques adoptées par les opérateurs ont été présentées. Nous avons également regardé le profil global des usagers et des zones favorables à l'autopartage en s'appuyant sur différentes recherches. Les impacts aujourd'hui attribuables à ce mode ainsi que l'état actuel des connaissances sur leur quantification ont été abordés. Certaines des problématiques propres à ce mode ont été soulevées et nous avons abordé les grandes lignes directrices qui seront exposées au fil de ce mémoire. Enfin, nous avons présenté l'opérateur montréalais sur laquelle cette recherche s'appuie.

CHAPITRE 3 : L'UNIVERS DE L'ÉTUDE

Afin d'étudier l'opérateur montréalais nous allons commencer par présenter la structure des bases de données opérationnelles de l'opérateur ainsi que le système d'information créé à partir de ces dernières pour faciliter le travail de recherche et d'analyse. Par la suite nous présenterons le schéma synoptique qui définit le cadre de l'étude, présente les principales entités qui composent un système d'autopartage et situe les différents indicateurs qui seront utilisés dans l'analyse.

3.1. Le système d'information

Les bases de données utilisées pour l'étude ont été constituées à partir des données opérationnelles de Communauto. Ces données présentent un apport considérable pour cette analyse dans la mesure où il s'agit de tout l'univers des données et transactions de l'opérateur entre les mois de janvier 2005 et avril 2008. Nous sommes donc en mesure de dresser un portrait complet et précis (temporellement et spatialement) du système et de son évolution. Les données disponibles se présentent sous la forme suivante :

- La base de données transactionnelle est celle à laquelle nous prêterons le plus d'attention. En effet les données enregistrées dans cette dernière sont utilisées à des fins de facturation par l'entreprise. Elles sont donc suivies et enregistrées de manière rigoureuse. Les autres tables apportent chacune des informations précieuses aux analyses qui suivront, mais nous chercherons toujours à croiser ces informations avec la table transactionnelle pour en vérifier la cohérence. Cette table est temporellement référencée et a donc servi à positionner d'autres bases de données qui ne l'étaient pas (voir Figure 16).
- La base de données stations présente les stations, leur date de création et leur localisation.
- La base de données membres énumère les membres, les coordonnées du ménage, certaines données démographiques ainsi que la date d'inscription au système (et de sortie, le cas échéant).
- La base de données véhicules référence les véhicules, leur date d'introduction sur le système montréalais, leurs caractéristiques (marque, modèle...) et leur date de sortie.

3.1.1. Le système d'information de Communauto

Un système d'autopartage consiste en une flotte de véhicules dispatchée sur un réseau de stations dans le milieu urbain. Chaque membre peut avoir accès à chacun des véhicules via un processus de réservation d'une plage horaire d'utilisation. La base de données de transactions attribue un numéro unique de transaction à un membre et un véhicule. Par contre l'emplacement du véhicule dans le réseau de stations au moment de la transaction n'est pas indiqué dans cette base. L'affectation véhicules sur stations est enregistrée dans la base de données stations. Or cette table ne permet pas d'obtenir un historique des affectations. Pourtant les véhicules peuvent être déplacés sur le réseau, en fonction de l'évolution de la demande (certaines stations étant plus achalandées) et de l'offre (ouverture ou fermeture de stations, pannes de véhicules, etc.).

La Figure 16 présente les relations entre les bases de données fournies par l'opérateur ainsi que les références qu'elles contiennent. Notées 1 sur la figure, on retrouve les relations entre les bases qui comportent des références temporelles (permettent de réaliser une analyse évolutive). Notées 2 on retrouve les relations entre les tables qui incluent des références spatiales à un instant T donné. Il s'agit de « photographies » du système disponibles pour deux dates différentes (mai 2007 et avril 2008).

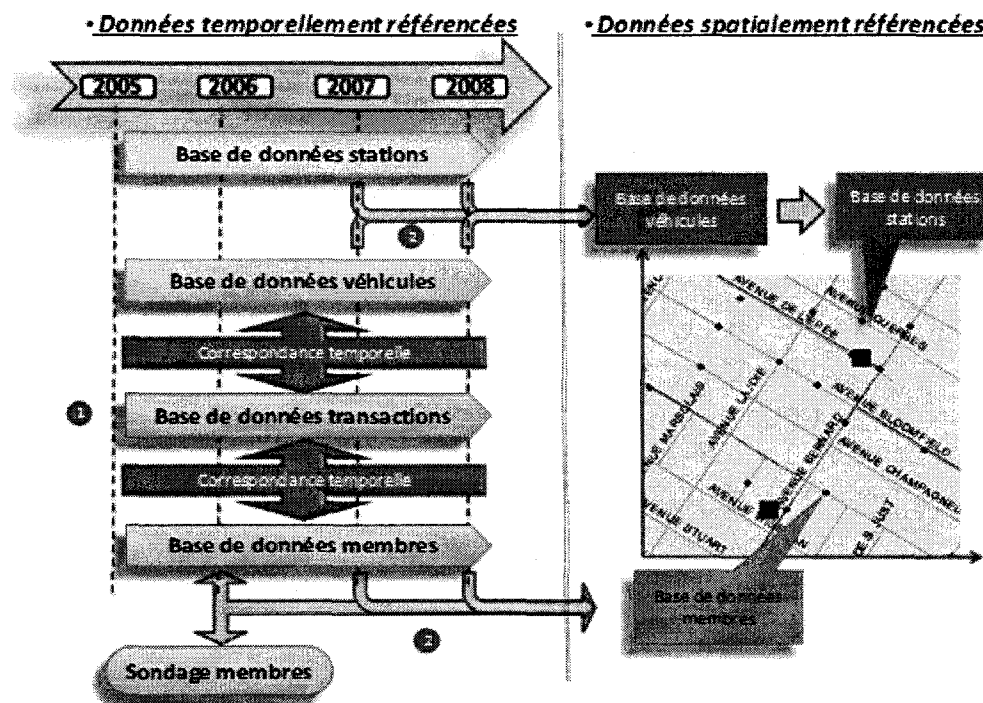


Figure 16 : Description des liens entre les bases de données temporelles et spatiales

3.1.2. Le système d'information de l'étude

Afin d'analyser le système, il était nécessaire d'obtenir des objets (stations, véhicules et membres) référencés de manière continue sur la plage temporelle étudiée. Les références spatiales et temporelles (historique complet du système) ont donc été déduites en se basant principalement sur la base de données transactions et à partir de certains indicateurs (comme les lieux de résidence des utilisateurs) afin de dresser un portrait global et complet qui servira de base pour la suite (voir Figure 17). On note que le sondage 2006 a été incorporé à la base de données membres. Ce dernier fournit des informations supplémentaires sur un échantillon de membres en mars 2006. La Figure 18 présente les chiffres du système d'information en fonction des correspondances entre les tables. On remarque que seulement 78% des membres administratifs sont actifs. Un membre administratif (membre du système entre janvier 2005 et avril 2008) est considéré comme actif s'il a effectué au minimum une réservation pendant la plage temporelle étudiée.

• *Données temporellement & spatialement référencées*

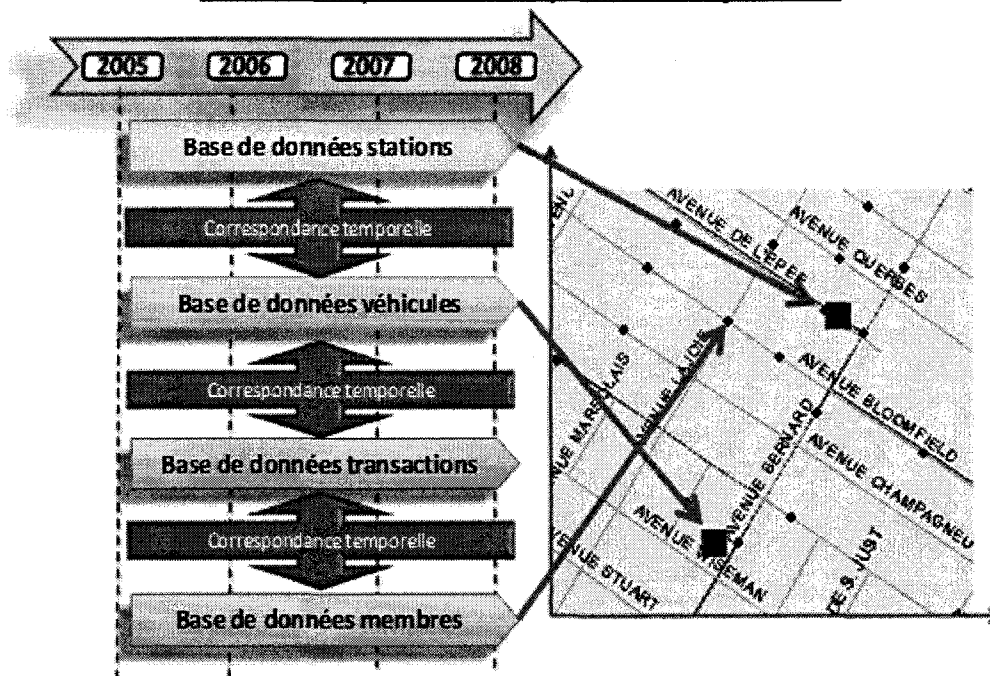


Figure 17 : Système d'information de l'étude

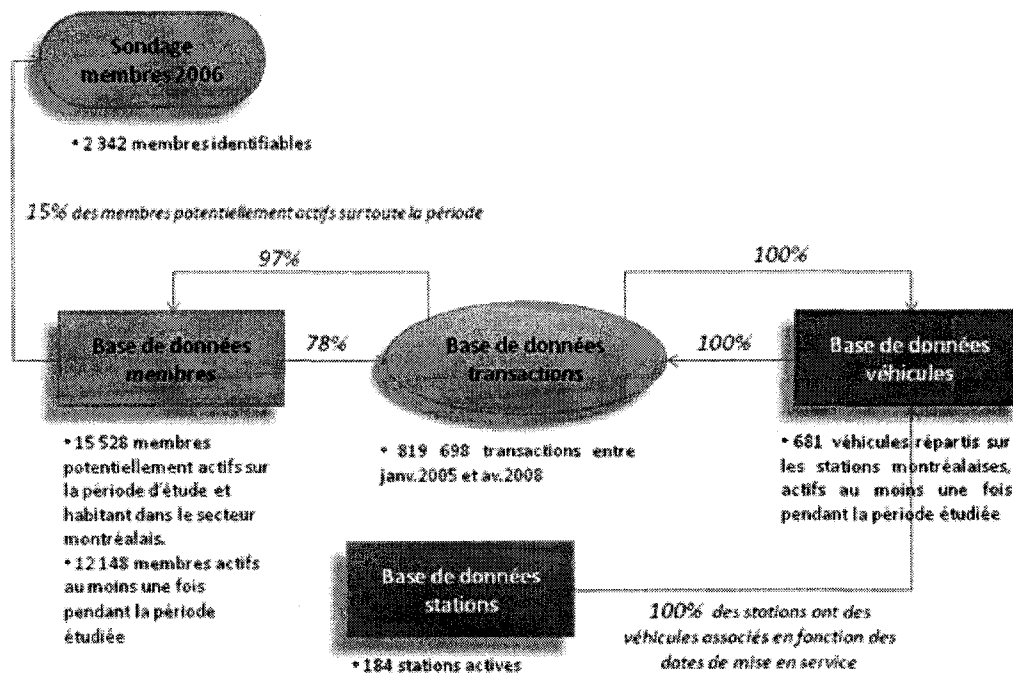


Figure 18 : Description du système d'information en chiffre

Précisions sur les chiffres de la Figure 18 :

- Sondage : le sondage réalisé en 2006 (Communauto, 2006) touchait près de 39% des membres (environ 25% des membres sont identifiables). Une fois que l'on rajoute les nouveaux membres créés entre 2006 et 2008 on arrive à une représentation de 15% des membres administratifs. Ce sondage se base sur 2342 membres répondants identifiables. En effet les sondés avaient le choix de révéler ou non leur identifiants et quelques identifiants ne correspondent pas à des membres montréalais (différentes explications possibles : erreurs de frappe, abonnés extérieurs ou changement de ville depuis 2006).
- Base de données membres : cette base de données répertorie l'ensemble des usagers qui possèdent un abonnement sur la période 2005-2008. La localisation géographique des ménages de ces membres a été réalisée en croisant les données de codes postaux servant à la facturation avec les données géoréférencées utilisées dans l'enquête Origine – Destination montréalaise (voir §4.1).
- 3% des transactions enregistrées ont été effectuées par des membres externes au réseau montréalais (habitants de Québec utilisant le réseau montréalais de manière exceptionnelle ou lieu de résidence principale hors de la Grande Région de Montréal comme les étudiants donnant l'adresse parentale). De même, l'opérateur propose ses services aux entreprises. Ces transactions ont été conservées pour dresser un portrait précis de l'utilisation du système mais ne sont pas utilisables dans d'autres analyses. Par exemple pour une analyse spatiale utilisant les coordonnées du ménage des membres. On précisera les ensembles utilisés pour chaque analyse.

Les véhicules sont affectés de manière mensuelle sur les stations en fonction du nombre de jours d'activité observés. Par exemple considérons un véhicule v_i précédemment affecté sur une station S_k changeant d'affectation pendant le mois m pour la station S_q . Si pendant m le nombre de jours d'activité en S_k est supérieur au nombre de jour d'activité en S_q , il sera considéré comme affecté sur la station S_k pendant m et sur la station S_q seulement à partir de $m + 1$. Il est certain que ce découpage engendre des biais dans la capacité observée des stations.

Finalement la Figure 19 présente le modèle orienté objets d'un système d'autopartage (Morency, Trépanier, & Martin, 2008) avec les données sur lesquelles s'appuie cette étude.

Les trois principaux objets qui composent un système d'autopartage sont l'utilisateur (le membre), le véhicule partagé et la station où ce dernier est stationné.

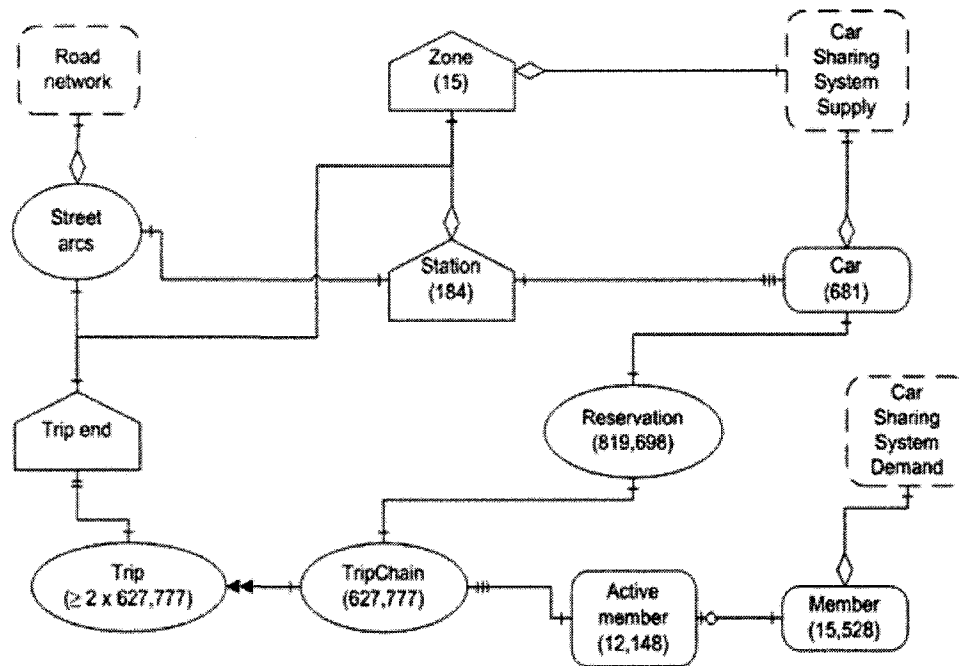


Figure 19 : Modèle orienté objets d'un système d'autopartage, mise à jour de (Morency, Trépanier, & Martin, 2008) données 2008

3.1.3. Les ensembles du système

Afin d'étudier le système de manière rigoureuse, on rappelle ici les grands ensembles correspondant aux principaux objets de la Figure 19. Une partie d'entre eux ont été définis dans l'étude de Martin (Martin, 2007) et mis à jour pendant cette étude.

Les principaux ensembles :

Soit $\mathbb{R} = \{u\}$ l'ensemble des réservations enregistrées sur la période considérée.

Soit $\mathbb{U} = \{u | du > 0\}$ l'ensemble des utilisations faites sur la période considérée, on note que $\mathbb{U} \subset \mathbb{R}$. De plus, $card(\mathbb{U})$ est le nombre d'utilisations faites sur cette période.

Soit $\mathbb{V} = \{v | \exists u_v \in \mathbb{U}\}$ l'ensemble des véhicules ayant été utilisés sur la période observée.

Soit $\mathbb{S} = \{s | \exists u_s \in \mathbb{U}\}$ l'ensemble des stations ayant été utilisées.

Soit $\mathbb{A}a = \{a\}$ l'ensemble des abonnés administratifs existants sur la période observée. Il s'agit de personnes qui ont déjà payé leur frais d'entrée dans le système mais qui ne possèdent pas forcément d'abonnement pendant la période considérée. Ils existent tant qu'ils ne réclament pas le remboursement des frais d'adhésion ($Card(\mathbb{A}a) = 15528$).

Soit $\mathbb{Z} = \{z\}$ l'ensemble des zones d'influence des stations. Une zone d'influence est considérée comme une surface circulaire centrée sur une station et de rayon x . $Card(\mathbb{Z})$ est donc égal au nombre de stations actives à la période considérée.

Soit $\mathbb{A}z = \bigcup_{i=1}^{i=Card(\mathbb{Z})} z$ ($z \in \mathbb{Z}$) l'aire formée par l'union des zones d'influence. On peut la considérer comme étant la zone urbaine dans laquelle un service est offert.

Sous-ensembles d'utilisations permettant d'étudier des objets particuliers :

Soit $\mathbb{U}a = \{u_a\}$ l'ensemble des utilisations faites par l'abonné a .

Soit $\mathbb{U}v = \{u_v\}$ l'ensemble des utilisations faites avec le véhicule v .

Soit $\mathbb{U}s = \{u_s\}$ l'ensemble des utilisations faites à partir de la station s .

Soit $\mathbb{A}r = \{a | \exists u_a \in \mathbb{R}\}$ l'ensemble des abonnés ayant fait au moins une réservation sur la période observée. Dans le système d'information de cette étude, $Card(\mathbb{A}r) = 12148$.

Ce document s'appuyant sur un découpage mensuel de la période étudiée, on note $X(m)$ le sous ensemble d'un des espaces précédents sur le mois m . Exemple : $\mathbb{A}r(m) = \{a | \exists u_a (m) \in \mathbb{R}\}$ le sous ensemble des membres administratifs ayant fait au moins une réservation pendant le mois m .

Pour plus de précisions sur les indicateurs utilisés dans cette étude nous invitons le lecteur à consulter l'ouvrage de Martin (Martin, 2007). Avant chaque utilisation les ensembles utilisés.

3.2. Schéma synoptique

Afin d'améliorer la clarté de l'étude, on propose un schéma synthétisant la dynamique de l'autopartage en se basant sur les trois objets définis précédemment. Ils sont ici positionnés dans le paysage urbain (Figure 20). Ainsi les interactions avec le milieu urbain et les variables régissant l'évolution du système sont illustrées. Chacun des points numérotés est

une grandeur mesurable dont on peut suivre l'évolution sur la plage temporelle. Ces interactions permettent la mise en place d'indicateurs pour suivre les mécanismes propres au système d'autopartage.

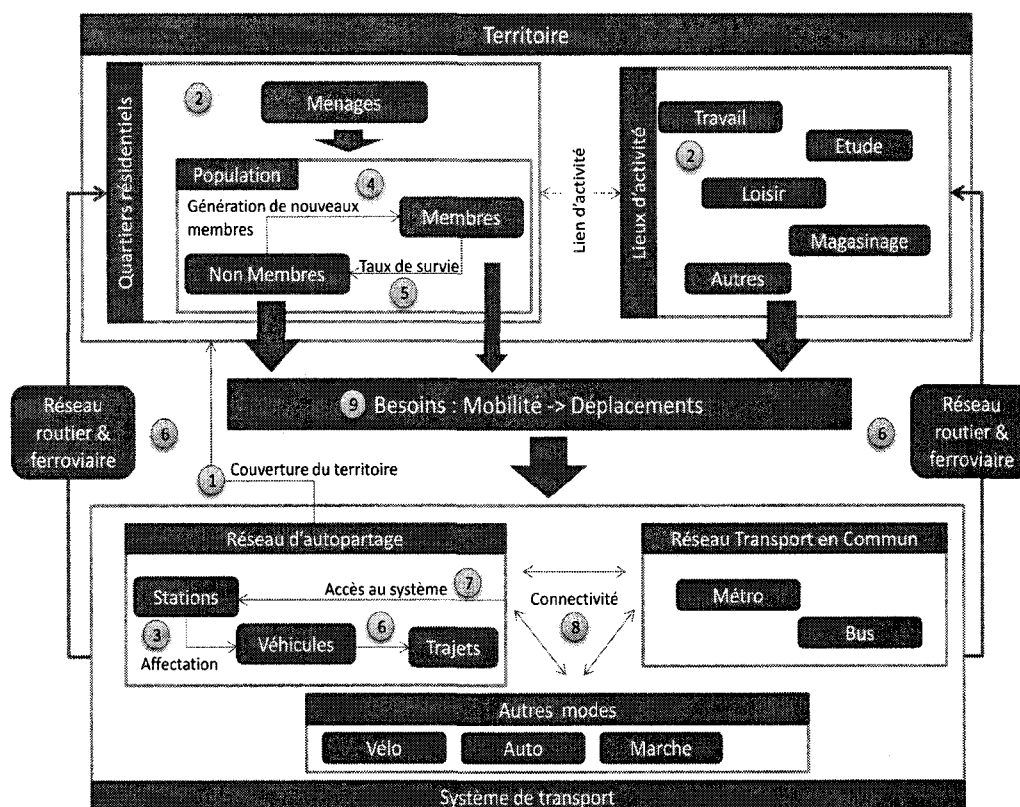


Figure 20 : Schéma conceptuel de l'étude

Voici, dans l'ordre où ils seront utilisés dans l'étude, les indicateurs présentés dans ce cadre ainsi que les sources qui ont permis de les obtenir :

1. Le nombre de stations et leur localisation spatiale (Base de données stations)
2. Les propriétés démographiques des quartiers (Statistiques Canada, 2006) (AMT, Comité technique (2003), 2004)
3. La capacité des stations et le nombre de véhicules affectés (Base de données stations)
4. La croissance du nombre de membres du système d'autopartage (Base de données membres)
5. La période d'activité des membres actifs avant sortie du système (Base de données membres et transactions)

6. Le type d'utilisation : durée, kilométrage parcouru, routes utilisées (Base de données transactions)
7. La distance entre le ménage et le point d'accès au système d'autopartage (Base de données transactions et membres)
8. (*) Les choix modaux des utilisateurs pour l'accès aux stations et autres déplacements (Sondage Communauto 2006)
9. (*) Le motif d'utilisation (Données GPS et sondage Communauto 2006)

() ces indicateurs ne seront pas utilisés dans cette étude*

3.3. Résumé

Nous avons présenté ici le système d'information utilisé par l'opérateur ainsi que celui qui a été construit, à partir de ce dernier, pour cette étude longitudinale. Les relations entre les bases de données ainsi que le nombre d'enregistrements ont été détaillés. Le schéma orienté objets a été mis à jour et nous avons proposé un schéma synoptique pour mieux définir le cadre dans lequel évolue l'autopartage. Ce dernier met en avant les principales variables mesurables utilisées dans cette étude. Dans un souci méthodologique les ensembles théoriques utilisés par la suite ont également été définis de manière rigoureuse.

CHAPITRE 4 : CARACTÉRISATION DU SYSTÈME MONTRÉALAIS

Une fois les bases théoriques et le cadre d'étude posés nous allons maintenant pouvoir définir l'autopartage dans le contexte montréalais. Il s'agit de fixer le cadre synoptique précédant dans le contexte urbain de Montréal. On rappelle que nous avons introduit l'opérateur montréalais et donné quelques chiffres au §2.10. Après une présentation de la ville, l'univers des membres sera analysé ainsi que les quartiers où le système est implanté. Les résultats seront comparés à la littérature et des segmentations des ensembles seront créées. Elles serviront pour la suite de l'étude, dans laquelle les questions d'évolution, d'utilisation et de modélisation du système seront abordées.

4.1. Le contexte Montréalais

La Grande Région de Montréal (GRM) couvre un territoire de 5400 km². Sa population est de 3,6 millions de personnes. Il s'agit de la plus grosse ville au Québec par sa taille et de la deuxième agglomération canadienne. Les zones les plus denses en termes de population sont situées dans le centre-ville de Montréal. La Figure 21 illustre la répartition de la population et la géographie de la zone métropolitaine. Les données sur la population de l'île de Montréal sont obtenues à partir du recensement de la population 2006 (Statistiques Canada, 2006).

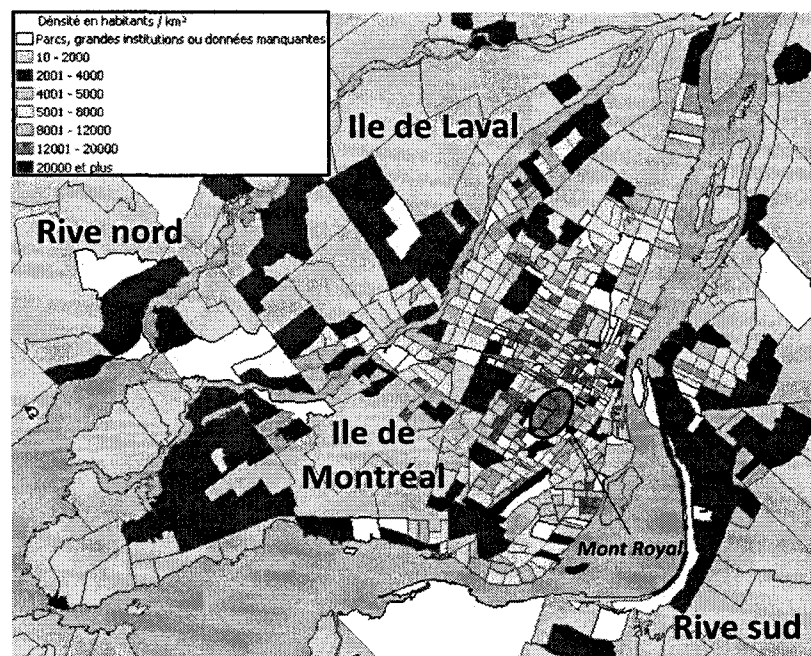


Figure 21 : Montréal en fonction de la densité de population des secteurs de recensement (Statistiques Canada, 2006)

La ville possède le seul aéroport international de la province, le deuxième port maritime au pays en importance et un réseau routier complet. La Société de Transport de Montréal gère les infrastructures de transports en commun sur l'île de Montréal (4 lignes de métro pour 68 stations et 192 lignes d'autobus). Enfin l'agglomération possède également un réseau de train de banlieue.

Pour obtenir l'information nécessaire à la planification et à l'exploitation des infrastructures de transport, une enquête Origine-Destination (O-D) est réalisée à Montréal tous les 5 ans. Il s'agit d'un sondage par entretiens téléphoniques qui permet de « tracer un portrait fidèle de l'ensemble des déplacements faits par les résidents de la région durant un jour moyen de semaine, peu importe le moyen de transport utilisé » (AMT, Comité technique (2003), 2004). La dernière en date dont les données sont disponibles, a été réalisée en automne 2003 sur un territoire de 5 500 km² couvrant la Grande Région de Montréal. Elle se base sur 58 000 ménages, soit environ 4.7% de la population (AMT, Comité technique (2003), 2004).

4.2. Les utilisateurs de l'autopartage à Montréal

En s'appuyant sur la littérature, le profil type des utilisateurs de ce mode a été présenté (voir §2.7). L'activité d'autopartage dans la métropole a également été décrite (voir §2.10

et Figure 19). Nous allons maintenant mettre à jour le profil des utilisateurs du système montréalais. Dans un premier temps, on s'intéresse aux marchés couverts par l'opérateur. On considère l'ensemble des membres administratifs potentiellement actifs sur la période de l'étude, la Figure 22 montre la composition du marché d'autopartage (entreprises ou particuliers) et le type d'utilisateurs particuliers en fonction des choix d'abonnements.

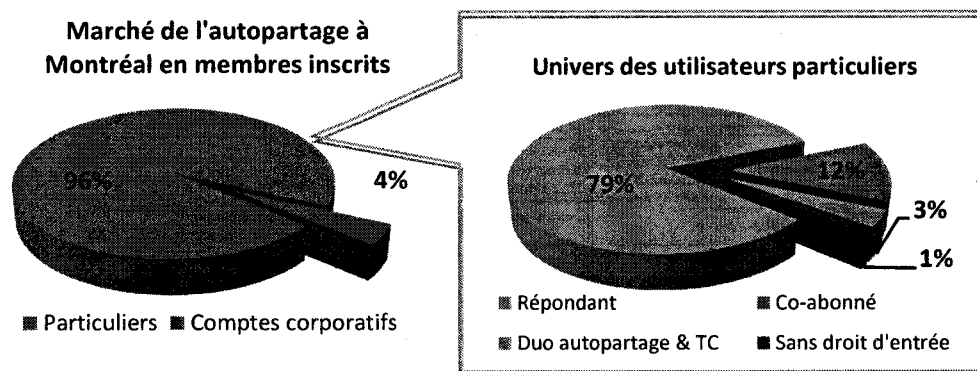


Figure 22 : Marché de l'autopartage à Montréal selon le type d'utilisateurs

La majorité des utilisateurs sont des particuliers. Comme plusieurs personnes peuvent se servir du système à partir du même compte corporatif, ces derniers ne seront pas pris en compte dans les analyses des comportements à venir. De plus, on constate que la majorité des ménages accèdent au système en payant leur frais d'entrée. La notion « d'utilisateurs co-abonnés », implique plusieurs utilisateurs de l'autopartage dans un même ménage. Les deux autres types d'utilisateurs (sans frais d'entrée et en partenariat avec la société de transport en commun) sont beaucoup plus récents. Par conséquent, en avril 2008, ils représentent peu de membres par rapport aux usagers réguliers. Ces chiffres témoignent tout de même d'un intérêt important de la population envers ces abonnements disponibles depuis janvier 2008 seulement.

4.2.1. Caractérisation et comparaison avec la population de l'île de Montréal

L'île de Montréal (Figure 21) concentre environ 50% de la population de la GRM. La majeure partie de l'activité (cueillette et retour des voitures) d'autopartage se déroule sur l'île (95% des stations se trouvent sur l'île). Enfin 90% des membres administratifs () habitent sur cette île (voir Figure 104 en annexe). Par conséquent, seule la population de l'île a été considérée pour réaliser la comparaison entre les utilisateurs de l'autopartage et les habitants de Montréal. Les données sur la population de l'île sont obtenues à partir du

recensement de la population 2006 (Statistiques Canada, 2006) et celles des membres à partir de la base de données membres. Les résultats sont des moyennes sur l'ensemble des informations disponibles. Les hypothèses suivantes ont été utilisées afin de comparer les propriétés démographiques des abonnés à celles des habitants de l'île de Montréal.

- On considère l'ensemble A_r des abonnés ayant fait au moins une réservation entre 2005 et 2008. En effet, l'existence d'une réservation implique que l'abonné possède un abonnement pendant une période de l'étude et donc une facturation. Ainsi, les données lui correspondant sont validées.
- Les propriétés des membres sont celles disponibles en mai 2008 pour ceux qui existent à cette date et en mai 2006 pour les autres.
- Dans cette étude, nous considérons que la population de Montréal varie peu et que les informations issues du recensement et de l'enquête O-D restent significatives.
- De même, on pose l'hypothèse que les propriétés démographiques des membres (salaire, taille de ménage...) varient peu.

Le recensement 2006 donne les valeurs pour différentes variables sur chacun des secteurs de recensement de l'île de Montréal (voir le découpage sur la Figure 21). Pour chaque variable, les données ont été agrégées sur le territoire au complet afin de déterminer une valeur moyenne. Pour le calcul des variables parmi les membres, toutes les données disponibles sont utilisées. Cependant, certaines données proviennent du sondage 2006 et ne sont pas disponibles pour l'ensemble des membres. En fonction des variables, seul un certain pourcentage de A_r est renseigné. Le nombre de données disponibles est indiqué en pourcentage de A_r . Le Tableau 8 présente les résultats obtenus.

Tableau 8 : Comparaison des utilisateurs de l'autopartage avec la population montréalaise, sur l'île de Montréal

	Analyse globale de l'île de Montréal		
	Recensement 2006 (moyenne territoire)	Membres Communauto Moyenne membres	Echantillon (% membres actifs)
Densité (hab/km ²)	3 870.5	-	-
Homme (%)	48.1	45.56	91%
Femme (%)	51.9	54.44	
Densité de ménages privés	1 734	-	-
Nombre moyen de personnes par ménage	2.19	2.26	16%
Nombre moyen d'enfants par ménage	0.62	0.42	
Taux de motorisation (veh/ménage) (2)	0.93	0.14	21%
Langue maternelle anglais (%)	16.8	-	-
Langue maternelle français (%)	50.7	-	-
Langue du ménage anglais (%)	-	10.05	92%
Langue du ménage français (%)	-	89.95	
Taux d'emploi moy. pers. 15 ans et plus (%)	68.8	78.50	22%
Revenu moyen par personne (\$)	32 878	-	-
Revenu moyen par personne (homme) (\$)	38 855	-	-
Revenu moyen par personne (femme) (\$)	27 289	-	-
Revenu moyen par ménage (\$) (1)	57 691	50 051	19%
Âge moyen - Population	39.6	36.47	90%
Âge moyen - homme	38.0	36.08	
Âge moyen - femme	41.0	36.80	
Âge 15-65 avec un diplôme du CEGEP (%)	48.9	24.79	22%
Âge 15-65 avec un diplôme universitaire (%)	34.8	75.02	
Âge 15-65 sans diplôme (%)	16.3	0.19	

(1) Les données pour cette variable étaient disponibles par tranche de salaire. Ces intervalles n'étant pas les mêmes on observe une différence. Le résultat lié aux membres a été sous estimé.

(2) Le taux de motorisation moyen pour la population de l'île vient de l'enquête O-D 2003 (AMT, Comité technique (2003), 2004).

Dès lors, on peut mettre en évidence certaines tendances et réaliser des parallèles avec la bibliographie.

- Genre : Les femmes sont majoritaires parmi les membres. Comme l'avait présenté Martin (Martin, 2007), la différence homme - femme est encore plus marquée parmi les abonnés que dans la population.
- Age (en 2006) : L'âge moyen des usagers de l'autopartage recensés entre 2005 et 2008 est de 36.47 ans en 2006, alors qu'à cette date l'âge moyen pour les habitants de l'île de Montréal est de 39.6 ans. Comme présenté dans la littérature, l'utilisateur moyen est âgé entre 35 et 45 ans. Notons que l'on calcule ici l'âge pour tous les usagers appartenant à Ar. Or, tous les utilisateurs apparus dans le système après 2006 ont en fait adhéré à l'autopartage à un âge plus élevé que celui calculé ici. De la même manière des usagers sortent du système. La plage temporelle de l'étude étant composée de quatre années, le calcul est peu précis. Malgré tout, l'écart

entre les deux valeurs est important ; de fait les utilisateurs sont globalement plus jeunes que le reste de la population. Pour plus de précision sur cette variable la Figure 23 montre l'âge moyen des membres actifs pour chaque année de l'étude. L'année 2008 de l'étude se terminant en avril, l'ensemble des membres actifs est moins important car les usagers occasionnels sont moins représentés. On peut penser que ces usagers sont plus jeunes que la moyenne des utilisateurs.

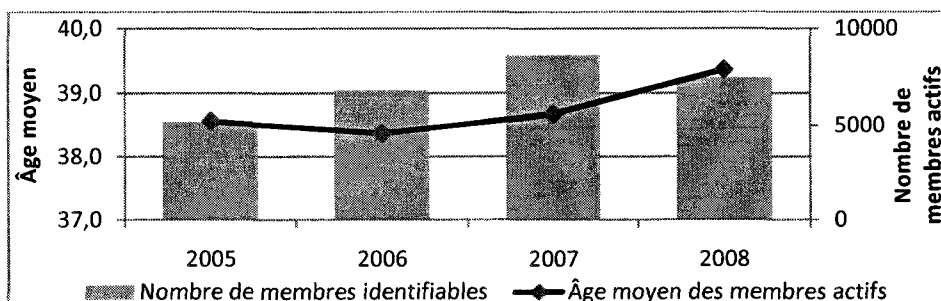


Figure 23 : Âge moyen des membres actifs année après année

- Revenu moyen : Les tranches de salaires ne sont pas considérées de la même manière dans les deux sources. Aussi, le résultat obtenu est biaisé et présente une différence importante. Le salaire moyen a été calculé en considérant le salaire médian des tranches, pondéré par la fréquence d'observations des membres. Dans notre cas, le revenu moyen des abonnés est sous estimé par rapport à celui de la population. On peut penser que ces chiffres sont en réalité relativement voisins et que, comme dans d'autres études (voir §2.7 et §2.8), à Montréal, le revenu du ménage ne semble pas être un critère déterminant pour l'adhésion au service.
- Niveau d'éducation : Les abonnés au service sont très majoritairement des personnes avec un haut niveau d'éducation puisque plus de 75% des membres ont un diplôme supérieur au CEGEP et très peu n'ont pas de diplôme.
- Taille des ménages : À Montréal, les ménages sensibles à l'autopartage semblent être des ménages plus nombreux que la moyenne sur l'île. Pour autant le nombre moyen d'enfant est sensiblement plus faible. Les ménages correspondant à des collocations ou des familles avec des enfants plus vieux peuvent en être la cause.
- Taux de motorisation : Tout comme dans la littérature, on constate que les usagers montréalais possèdent des habitudes de mobilité bien distinctes de la population

moyenne. En effet le taux de motorisation est bien plus faible pour les usagers, ce qui implique l'utilisation d'autres modes de transport.

Nous avons dressé un portrait global des utilisateurs de l'autopartage en les comparant à la population de la ville. Déjà, on remarque des différences notoires quant aux habitudes de vie des membres. Les résultats obtenus sont en accord avec la bibliographie.

4.3. Les voisinages favorables à l'autopartage à Montréal

Afin d'améliorer la compréhension des mécanismes d'un système d'autopartage, il est important de mieux appréhender les propriétés des zones urbaines les plus enclines à favoriser l'expansion de ce mode. Dans un premier temps, ces quartiers vont être étudiés en considérant les ménages d'utilisateurs et leur voisinage proche. En s'appuyant sur la partie précédente, nous allons estimer des variables qui pourraient être significatives pour l'adoption de ce mode. Ensuite nous nous intéresserons à l'offre en étudiant les stations et leur voisinage. Nous mettrons en avant des propriétés propres à chacune d'elles. Elles seront utilisées par la suite pour étudier la croissance du système.

4.3.1. Estimation des propriétés des voisinages des ménages utilisateurs

Afin de pouvoir prendre en compte différents découpages de l'univers des membres dans les analyses du système, on s'intéresse aux quartiers favorables à l'autopartage en considérant le voisinage direct de chacun des membres administratifs (Aa). Les propriétés démographiques de voisinage pour l'ensemble des ménages membres sont estimées à partir des données de l'enquête O-D 2003. Dans cette partie le sous-ensemble de Aa dont les coordonnées du ménage sont identifiables (14451 abonnés) est considéré. Les coefficients de pondération disponibles dans l'enquête O-D permettent d'obtenir une estimation représentative de la population des quartiers (prise en compte des densités de population, de la temporalité de l'enregistrement par rapport à la durée de l'enquête et d'autres paramètres influençant la représentativité de l'enquête). Les caractéristiques de chaque voisinage de ménage utilisateur sont estimées en considérant la moyenne pondérée des propriétés démographiques des logis localisés à proximité de ces derniers et répertoriés dans l'enquête O-D. Nous avons tenté de prendre une résolution spatiale suffisante pour éviter l'agrégation des données. Ainsi seuls les trente enregistrements O-D les plus proches spatialement du ménage sont considérés pour le calcul des ses propriétés.

Ce chiffre a été choisi arbitrairement pour s'assurer que le coefficient de variation des variables soit acceptable. Pour chaque voisinage de ménage utilisateur, les variables sont donc calculées de la manière suivante :

$$X_{u.moy} = \frac{\sum_{n=1}^{30} X_n \times C_n}{\sum_{n=1}^{30} C_n}$$

Avec :

- $X_{u.moy}$ la valeur moyenne de la variable estimée pour le voisinage du ménage de l'utilisateur u .
- X_n la valeur de la variable pour le ménage n ($n \in [1,30]$), situé dans le voisinage u et enregistré dans l'enquête O-D.
- C_n la valeur du coefficient de pondération associé au ménage n dans l'enquête O-D.

Deux variables ont été reconstruites par cette méthode :

- La taille des ménages.
- La motorisation des personnes, calculée à partir de la motorisation des ménages et du nombre de personnes âgées de 16 ans et plus par ménage. Cet indicateur ne possède pas vraiment de réalité physique puisque son unité est en [véhicule/personne]. Néanmoins, il permet d'appréhender le niveau d'accessibilité au véhicule particulier pour une personne.

L'enquête O-D classe les ménages par tranche de revenus. Pour chaque voisinage u , le revenu moyen des ménages est évalué grâce à deux variables : le pourcentage des ménages gagnant moins de 40000\$ CAD par année et le pourcentage des ménages gagnant plus de 80000\$ CAD par année (bornes choisies pour permettre une comparaison avec les données des membres). Elles sont calculées par :

$$R_{u.1} = \frac{\sum_{n=1}^i C_n}{\sum_{n=1}^{30} C_n} \quad \text{et} \quad R_{u.2} = \frac{\sum_{n=1}^j C_n}{\sum_{n=1}^{30} C_n}$$

Avec :

- $R_{u.1}$ le pourcentage des ménages gagnant moins de 40000\$ CAD et $R_{u.2}$ le pourcentage des ménages gagnant plus de 80000\$ CAD.
- i le nombre de ménages situés dans le voisinage du ménage membre, enregistrés dans l'enquête et qui gagnent moins de 40000\$ CAD/année.

- j le nombre de ménages situés dans le voisinage du ménage membre, enregistrés dans l'enquête et qui gagnent plus de 80000\$ CAD/année.

Les Figure 24, Figure 25, Figure 26 et Figure 27 montrent les distributions des ménages membres pour les variables ci-dessus.

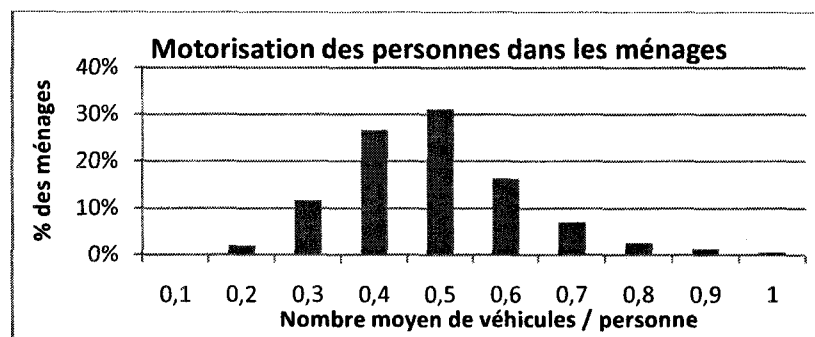


Figure 24 : Motorisation moyenne des personnes dans les voisinages des ménages membres

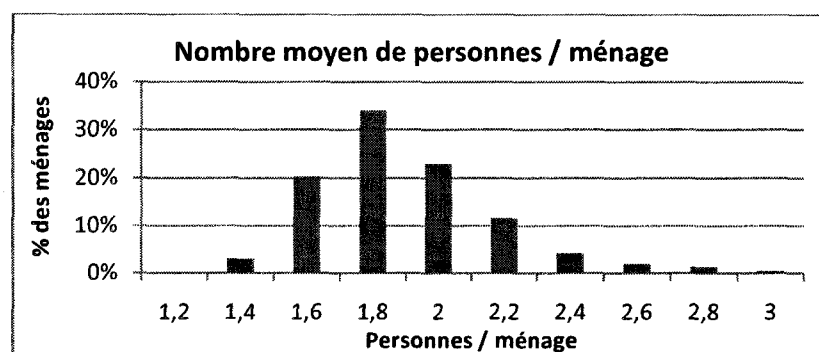


Figure 25 : Taille moyenne des ménages dans les voisinages de ménages membres

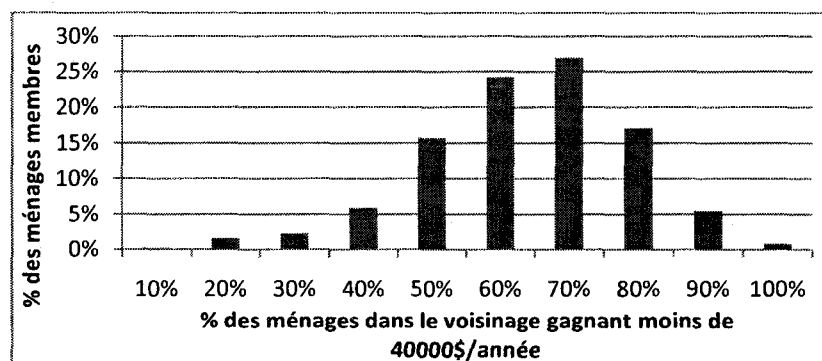


Figure 26 : Pourcentage des ménages du voisinage gagnant moins de 40000\$/année

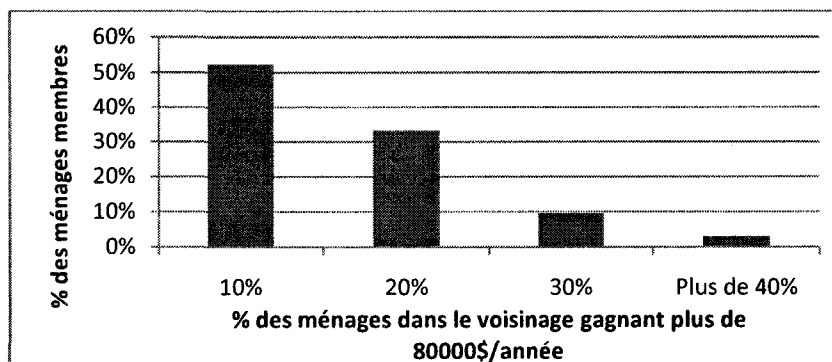


Figure 27 : Pourcentage des ménages du voisinage gagnant plus de 80000\$/année

Les Figure 28 et Figure 29 donnent les coefficients de variation pour les variables continues estimées, en fonction de leurs valeurs.

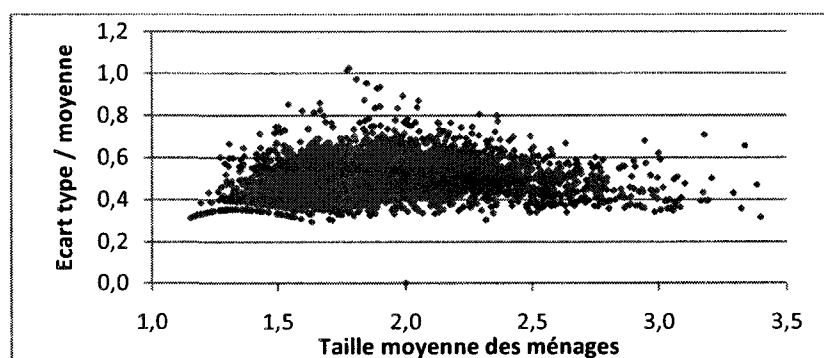


Figure 28 : Coefficient de variation pour l'estimation de la taille moyenne des ménages

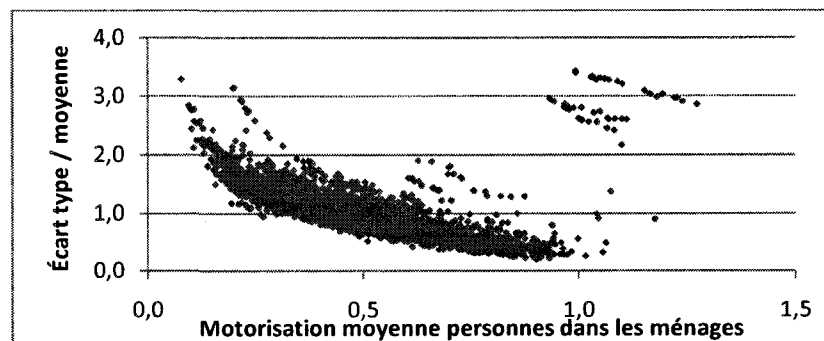


Figure 29 : Coefficients de variation pour l'estimation de la motorisation moyenne des personnes dans les ménages

Pour l'estimation de la variable motorisation, le coefficient de variation de l'échantillon, formé par les 30 ménages de l'enquête, est plus important lorsque la motorisation est faible (coefficient de corrélation -0.47). Cette tendance s'explique par des concentrations spatiales locales de ménages faiblement motorisés (voir Figure 31), sachant qu'il existe toujours des ménages motorisés aux alentours. Par ailleurs, on trouve un coefficient de

corrélation de -0.48 entre la proportion de ménages gagnant moins de 40000\$/année et l'accessibilité au véhicule particulier. Ce qui peut s'expliquer simplement par le coût de ce mode de transport, mais nous incite d'ores et déjà à ne considérer que la variable motorisation des personnes.

L'enquête O-D comporte des ménages ayant refusé de répondre à la question sur le revenu. Pour avoir une bonne image de la réalité nous avons considéré les 30 ménages les plus proches et ayant un champ exploitable pour l'estimation du revenu. La taille et la motorisation du ménage étant toujours complétées, il y a plus de données disponibles. Chaque voisinage u est donc construit à partir de deux échantillons de ménages I_u^a (pour la variable revenu) et I_u^b (pour les autres variables), théoriquement identiques si tous les enregistrements O-D sont complets pour toutes les questions.

Soit $D_{u.moy}^a$ et $D_{u.moy}^b$ les distances moyennes pondérées des 30 ménages de I_u^a et I_u^b permettant l'estimation des variables pour le ménage utilisateur u . Les moyennes sur l'ensemble u , $\overline{D_{moy}^a} = 170 \text{ mètres}$ ($\sigma^a = 75 \text{ mètres}$) et $\overline{D_{moy}^b} = 153 \text{ mètres}$ ($\sigma^b = 57 \text{ mètres}$), sont calculées. La résolution spatiale est relativement fine puisque la majorité des voisinages sont décrits par des disques de rayon inférieur à 300 mètres. Ceci permet d'obtenir des segmentations précises de l'univers des membres en fonction des propriétés de leur quartier.

Les Figure 30 à Figure 33 illustrent les dispersions spatiales des variables énoncées précédemment. Chaque point représente un ménage membre et les figures illustrent les valeurs des variables calculées pour leur voisinage respectif. Ces données seront réutilisées dans la suite du mémoire.

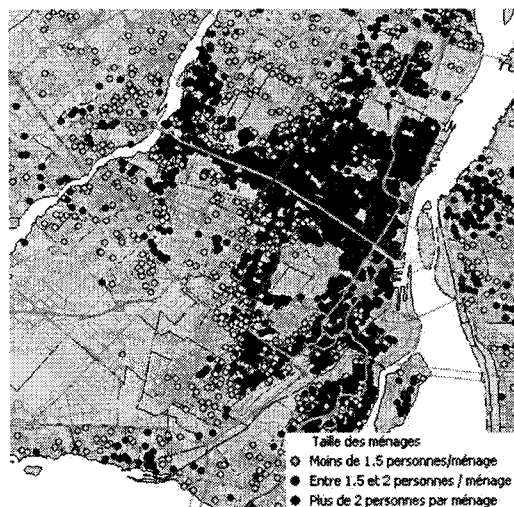


Figure 30 : Taille moyenne des ménages

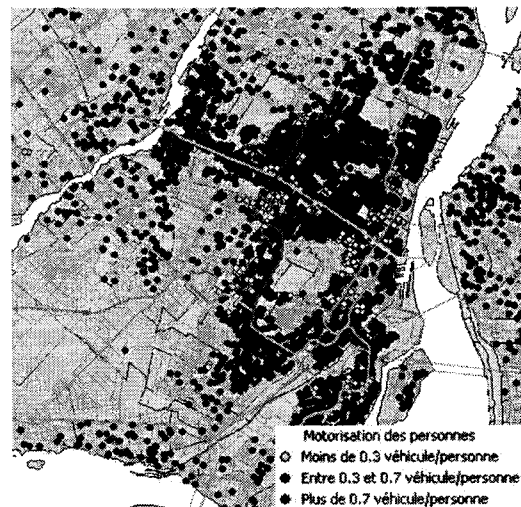


Figure 31 : Motorisation moyenne des personnes dans les ménages

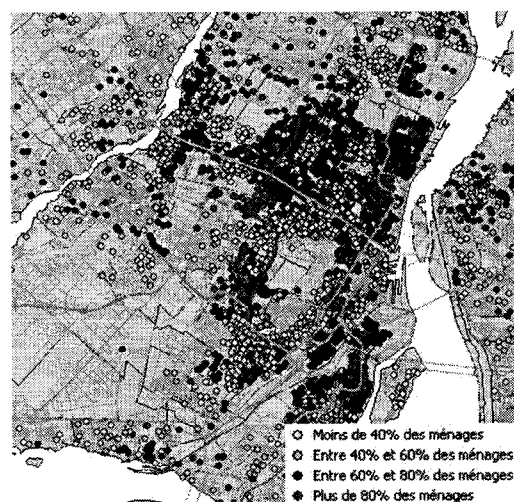


Figure 32 : Proportion des ménages gagnant moins de 40000\$/année dans les voisinages des ménages membres

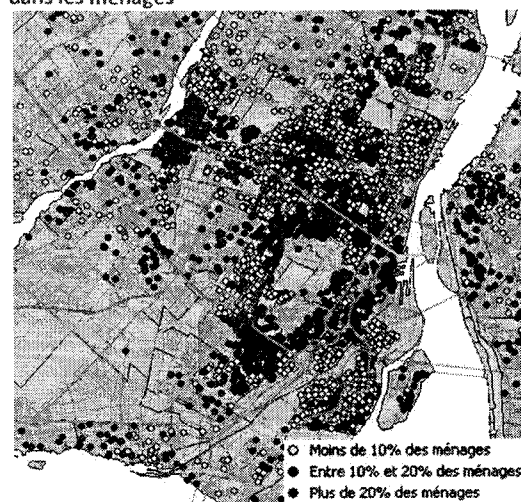


Figure 33 : Proportion des ménages gagnant plus de 80000\$/année dans les voisinages des ménages membres

Certaines études ont remise en question l'hypothèse selon laquelle les ménages utilisateurs possèdent des propriétés démographiques similaires à celles de leur voisinage (Celsor, Millard-Ball, & Nelson\Nygaard, 2008). Aussi nous éviterons tout amalgame avant d'en vérifier la cohérence.

4.3.2. Définition des voisinages de stations

Afin d'étudier les comportements dans le système ainsi que les conséquences des choix d'implantation de l'offre, il est nécessaire de mieux décrire les stations. La définition du voisinage des stations permet de prendre en compte la zone d'influence de ces dernières.

Un parallèle peut être tracé entre les stations d'autopartage et les arrêts de transports en commun. Selon le TCRP report 100 (KITTELSON & ASSOCIATES, KFH GROUP, PARSONS BRINCKERHOFF QUADE & DOUGLASS, & HUNTER-ZAWORSKI, 2003) la zone d'influence d'un point de service est liée à la distance que les utilisateurs sont prêts à parcourir pour accéder au service. Elle dépend donc de la qualité du service proposé. Ainsi, pour un arrêt de bus, la distance standard d'accès à pied est d'environ 500m alors que pour des stations de métro, celle-ci atteint 1,5 km. Notons que les utilisateurs de l'autopartage sont des personnes très attentives à leurs choix de déplacements. En effet, parmi les membres du système, plusieurs ont les moyens financiers pour soutenir la possession d'un véhicule particulier mais décident de s'abonner au système d'autopartage (§4.2.1). Par ailleurs on observe que les abonnés sont très concernés par ce choix, comme le démontre le fort taux de participation au sondage 2006 (Communauto, 2006) (voir §3.1.2). Par conséquent, on considère que les utilisateurs sont des personnes motivées par ce mode. Dès lors, une distance d'accès par la marche de 800m est sélectionnée pour établir la zone d'influence des stations. Le voisinage de la station sera une zone circulaire de 800m de rayon autour de cette dernière. Ceci autorisera la comparaison de nos résultats avec d'autres études (Celsor, Millard-Ball, & Nelson\Nygaard, 2008). L'ensemble $\mathbb{Z}$ est donc l'ensemble des disques de rayon 800 m autour de l'ensemble $\mathbb{S}$ des stations.

Pour définir les variables propres aux stations les propriétés de ce voisinage sont analysées. Pour ce faire, nous utilisons le recensement canadien de 2006 et les informations sur les membres disponibles. Ces informations sont attribuées aux stations via une analyse spatiale sur un logiciel GIS. Les voisinages sont caractérisés selon deux points de vue : la population ainsi que les membres qui résident à l'intérieur de cette zone.

Il faut préciser que la population, les abonnés et les stations sont des objets dynamiques. Leurs propriétés (salaire, nombre de personnes dans le ménage, population des secteurs...) ainsi que leur nombre (ouverture, fermeture de stations, abonnements, désabonnements des membres...) peuvent changer sur la période temporelle analysée. Des hypothèses supplémentaires sont formulées pour cette analyse :

- On considère une répartition uniforme des données de recensement sur la superficie de chacun des secteurs de recensement.
- Le sous-ensemble $\mathbb{A}_r$ est étudié.

On obtient les caractéristiques moyennes de la zone couverte par le voisinage de la station en considérant les propriétés de chacun des secteurs de recensement qui la composent, pondérées par la surface impliquée dans le voisinage de la station. Les propriétés moyennes de l'ensemble des membres de l'autopartage résidant directement dans les voisinages sont évaluées. Dès lors, un portrait comparatif entre les utilisateurs et le reste de la population, est possible pour chacun des voisinages.

Le Tableau 9 montre les résultats. Les chiffres présentés ici sont des moyennes sur l'ensemble des voisinages $\mathbb{Z}$. Les Figure 34 à Figure 38 illustrent les observations disponibles pour cette étude sur chacune des stations analysées. Certaines stations possèdent très peu de membres résidant dans leur voisinage.

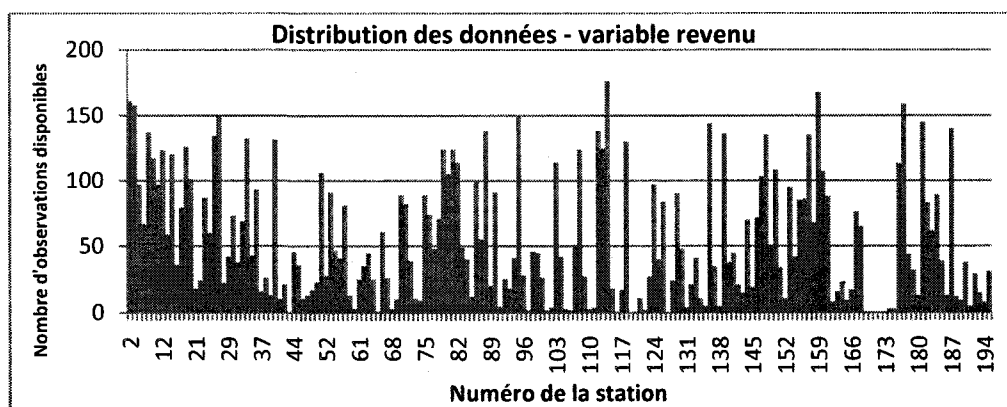


Figure 34 : Distribution des données pour l'étude des voisinages, revenu

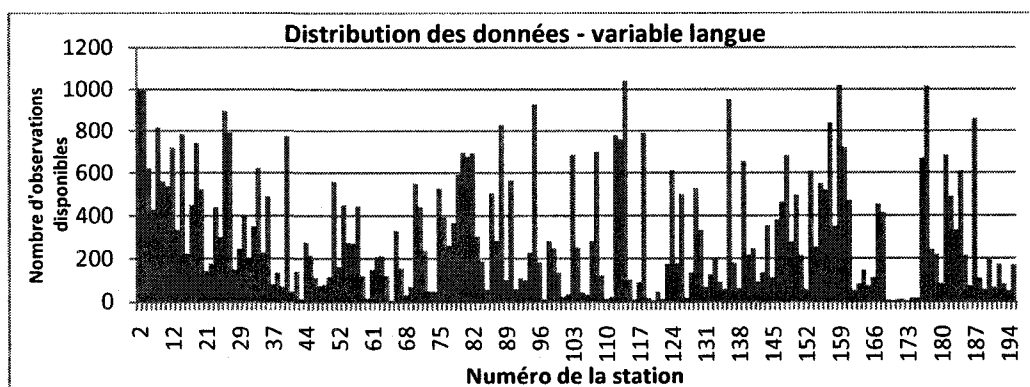


Figure 35 : Distribution des données pour l'étude des voisinages, langue

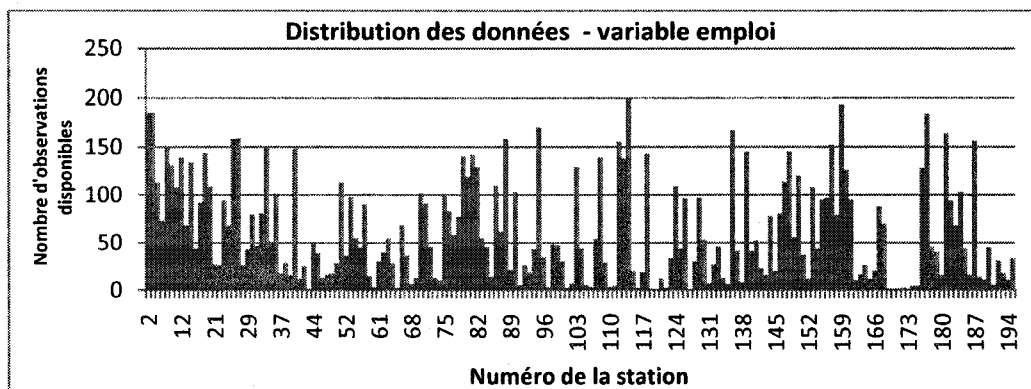


Figure 36 : Distribution des données pour l'étude des voisinages, emploi

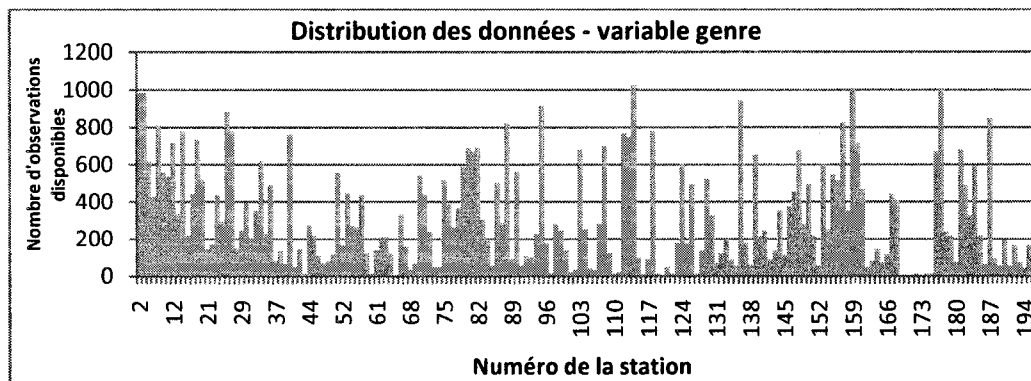


Figure 37 : Distribution des données pour l'étude des voisinages, genre

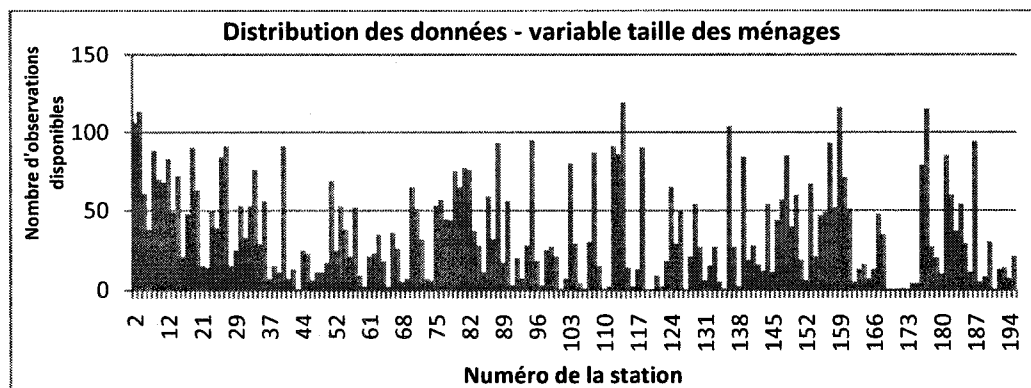


Figure 38 : Distribution des données pour l'étude des voisinages, caractérisation de la taille des ménages

Tableau 9 : Comparaison des utilisateurs de l'autopartage avec la population montréalaise dans les voisinages de stations

	Voisinages non pondérés			
	Recensement 2006		Membres Communauto	
	Moyenne des stations	Ecart type	Moyenne des stations	Ecart type
Densité (hab/km ²)	8 709.3	2 915.4	-	-
Homme (%)	49.7	3.3	44.97	8.49
Femme (%)	50.3		55.03	
Densité de ménages privés	4 512	1 673	-	-
Nombre moyen de personnes par ménage	1.9	0.2	2.60	0.25
Nombre moyen d'enfants par ménage	0.4	0.1	0.55	0.26
Langue maternelle anglais (%)	6.4	5.9	-	-
Langue maternelle français (%)	41.4	20.2	-	-
Langue du ménage anglais (%)	-	-	11.10	12.70
Langue du ménage français (%)	-	-	88.90	
Taux d'emploi moy. pers. 15 ans et plus (%)	60.8	6.5	78.95	12.12
Revenu moyen par personne (\$)	31 641	8 366	-	-
Revenu moyen par personne (homme) (\$)	35 947	11 473	-	-
Revenu moyen par personne (femme) (\$)	27 500	5 882	-	-
Revenu moyen par ménage (\$) (1)	62 549	19 432	51 172	9 316
Âge moyen - Population	37.5	2.8	36.75	2.75
Âge moyen - homme	37.0	2.2	35.96	4.11
Âge moyen - femme	38.0	3.5	36.98	3.00
Âge 15-65 avec un diplôme du CEGEP (%)	52.4	0.8	26.32	17.12
Âge 15-65 avec un diplôme universitaire (%)	43.9	1.9	73.62	17.11
Âge 15-65 sans diplôme (%)	3.7	1.9	0.06	0.20

(1) Les intervalles n'étant pas les mêmes on observe une forte différence. Cependant le résultat lié aux membres a été sous estimé.

De manière à peindre un portrait représentatif des quartiers favorables à l'autopartage, la moyenne précédente a été pondérée par le nombre de membres résidant dans les secteurs concernés. Ainsi, plus de poids est accordé aux stations qui ont vraiment de l'influence sur leur environnement proche. Le Tableau 10 montre les résultats des moyennes pondérées.

Tout comme dans la littérature, les quartiers qui semblent favorables à l'autopartage sont densément peuplés. Effectivement, la densité de population est deux fois plus importante dans le voisinage des stations que globalement sur l'île. Naturellement, ce phénomène s'accroît lorsqu'on considère les stations qui possèdent beaucoup d'abonnés dans leur zone d'influence.

Pour toutes les variables, on remarque que l'écart type diminue lors la pondération. Les stations possédant peu d'abonnés dans leur zone d'influence se distinguent par rapport à la majorité du système existant. À moins que ces stations ne soient une tentative d'expansion du système de la part de l'opérateur, elles semblent répondre à des besoins ou à une classe d'utilisateurs spécifiques.

Tableau 10: Comparaison des utilisateurs de l'autopartage avec la population montréalaise dans les voisinages de stations, moyennes pondérées par le nombre d'abonnés dans les voisinages

	Voisinages pondérés par nombre de membres			
	Recensement 2006		Membres Communauto	
	Moyenne des stations	Ecart type	Moyenne des stations	Ecart type
Densité (hab/km ²)	10 711.2	1 897.4	-	-
Homme (%)	50.3	2.9	46.40	4.62
Femme (%)	49.7		53.60	
Densité de ménages privés	5 746	1 172	-	-
Nombre moyen de personnes par ménage	1.8	0.1	2.62	0.20
Nombre moyen d'enfants par ménage	0.4	0.1	0.60	0.16
Langue maternelle anglais (%)	8.6	4.9	-	-
Langue maternelle français (%)	56.0	16.5	-	-
Langue du ménage anglais (%)	-	-	8.74	8.46
Langue du ménage français (%)	-	-	91.26	
Taux d'emploi moy. pers. 15 ans et plus (%)	64.9	6.0	79.71	4.90
Revenu moyen par personne (\$)	30 720	5 540	-	-
Revenu moyen par personne (homme) (\$)	34 155	7 302	-	-
Revenu moyen par personne (femme) (\$)	27 290	4 158	-	-
Revenu moyen par ménage (\$) (1)	57 876	12 745	49 896	4 997
Âge moyen - Population	35.9	1.6	35.91	1.56
Âge moyen - homme	35.7	1.3	35.57	1.60
Âge moyen - femme	36.1	2.0	36.00	1.83
Âge 15-65 avec un diplôme du CEGEP (%)	52.5	0.6	22.46	7.11
Âge 15-65 avec un diplôme universitaire (%)	44.8	1.2	77.41	7.36
Âge 15-65 sans diplôme (%)	2.7	1.1	0.13	0.28

(1) Les intervalles n'étant pas les mêmes on observe une forte différence. Cependant le résultat lié aux membres a été sous-estimé.

La répartition hommes – femmes dans les environnements où sont implantées les stations d'autopartage semble équilibrée et similaire sur l'ensemble des stations. Pourtant, on observe toujours une forte représentation des femmes parmi les membres. Ceci se vérifie encore plus pour les stations avec peu d'abonnés résidant dans leur voisinage. Si on se place dans l'hypothèse d'une expansion, il est possible que les femmes soient les premières abonnées dans un nouveau marché. Les quartiers où l'autopartage est implanté sont généralement composés d'une population plus jeune que la moyenne de l'île de Montréal. L'âge moyen des abonnés est proche de l'âge moyen de la population des voisinages. Si l'on compare avec les valeurs moyennes obtenues pour l'île de Montréal, les quartiers favorables semblent être constitués de ménages comportant peu de personnes. Pourtant, la taille moyenne des ménages abonnés à l'autopartage est proche de 2,6 personnes/ménage pour 0,6 enfants/ménage, ce qui est supérieur à la moyenne de l'île et laisse donc penser que les familles sont les principaux clients de ce mode. Cette information est issue du sondage 2006, il faut donc émettre quelques nuances liées à l'échantillon considéré. En effet, les ménages nombreux peuvent être mieux représentés dans cette

enquête par rapport à l'univers des abonnés. En ce qui concerne les langues, les données de l'opérateur portent sur la langue du ménage alors que le recensement traite les langues maternelles de la population. Néanmoins, le français domine les deux indicateurs car les quartiers denses dans lesquels est implanté majoritairement l'autopartage sont plutôt francophones (voir Figure 41 et Figure 45).

Le système est bien implanté dans des quartiers où le revenu des ménages est globalement supérieur ou proche de la moyenne de l'île. Les zones comportant de nombreux membres semblent être des quartiers où le revenu moyen des ménages est proche de sa valeur moyenne sur l'île, et dans lesquels le taux d'emploi est un peu plus faible que la moyenne. Le taux d'emploi est fort parmi les abonnés. Si les quartiers en question sont eux-mêmes des zones où la population est fortement éduquée, avec une proportion importante de personnes qui possèdent un diplôme de niveau universitaire, cette tendance est très marquée parmi les membres (voir §4.2.1). Ainsi, l'autopartage attire surtout des ménages éduqués. Tel qu'observé dans la littérature, le revenu ne semble pas être le facteur le plus important.

4.3.3. Étude de la connexion entre les transports en commun et l'autopartage

Un usager désirant utiliser le système doit se rendre aux stations par lui-même afin d'y prendre le véhicule. L'accès au système se fait par un autre mode. On peut penser que le voisinage de 800m autour des stations, qui représente le bassin d'attraction privilégié d'utilisateurs de proximité pour une station, permet de prendre en compte l'accès via les modes actifs (au moins la marche). Parmi les autres modes d'accès, il est possible d'étudier les transports en commun. Pour chacune des stations d'autopartage, nous allons regarder l'offre de transport en commun dans le voisinage. Cette dernière étant importante et diversifiée dans une ville de la taille de Montréal, nous ne considérerons que les lignes offrant un service fréquent durant une journée de semaine normale. Le choix des lignes a été réalisé à partir de données de la Société de Transport de Montréal datant de 2008.

Pour chacune des stations d'autopartage, nous nous intéressons au nombre de lignes qui possèdent au minimum un point de service (arrêt) dans le voisinage de la station. Une distinction entre le mode de transport, bus ou métro est également réalisée. Il est certain qu'entre 2005 et 2008, les points et les niveaux de service proposés par l'opérateur de

transport peuvent avoir subi des changements. Néanmoins, en considérant seulement le réseau de transport en commun supérieur, l'erreur commise est limitée.

Les quatre lignes de métro appartiennent à ce réseau. Leur intervalle de service moyen est de 6 minutes. Afin de sélectionner des lignes de bus pouvant être considérées comme appartenant à ce réseau supérieur, le service est analysé. Dans un premier temps, seules les lignes avec une durée d'activité supérieure à douze heures par jour sont prises en compte. Le service de bus s'opère en surface, donc sa mise en œuvre implique des facteurs sur lesquels l'opérateur de transport en commun a peu de contrôle (circulation, réseau routier...). Par conséquent, les lignes de bus qui possèdent un intervalle journalier moyen inférieur au double de celui du métro, soit 12 minutes, sont sélectionnées pour constituer le réseau de transport en commun supérieur. Finalement, 13 lignes de bus et les 4 lignes de métro, soit 1118 points de service principalement concentrés dans la partie centrale de l'île de Montréal, composent le réseau de transport en commun supérieur pour cette étude.

Chaque voisinage de stations d'autopartage sera caractérisé en utilisant cette photo du service de transport en commun montréalais. La Figure 39 montre la localisation des lignes sélectionnées et leur position par rapport aux voisinages des stations d'autopartage.



Figure 39 : Réseau de stations d'autopartage de l'étude et principales lignes de transport en commun en 2008

Dans un premier temps, on remarque une forte correspondance entre les lignes sélectionnées et le développement du système d'autopartage. En effet, 80% des stations d'autopartage étudiées possèdent au moins une connexion avec le réseau de transport sélectionné. De plus, l'autopartage et le métro semblent intimement liés puisque 68% des voisinages de stations possèdent au moins un arrêt de métro.

Afin d'utiliser ces données sur le réseau de transport dans les analyses à suivre, un indicateur normalisé a été défini. Nous l'appellerons « indicateur de connexion au système de transport ». Pour chaque station, il est calculé par la formule suivante :

$$C_s = N_{bus} + 2 \times N_{métro}$$

Avec :

- C_s l'indicateur de connexion au système de transport pour la zone d'influence z , de la station s .
- N_{bus} et $N_{métro}$ pour ces deux modes, le nombre de lignes desservant z .

Un coefficient de pondération de deux a été choisi pour prendre en compte la différence de service, explicitée ci-dessus, entre le métro et le bus.

4.3.4. Caractérisation des stations et segmentation

A partir des différentes variables calculées précédemment, il est désormais possible de mieux caractériser le réseau de stations dans son environnement. La Figure 40 présente les stations dans leur contexte. La hauteur de l'extrusion est proportionnelle à l'indicateur de connexion au système de transport en commun supérieur des voisinages, tandis que sa couleur indique le(s) mode(s) de transport(s) concerné(s).

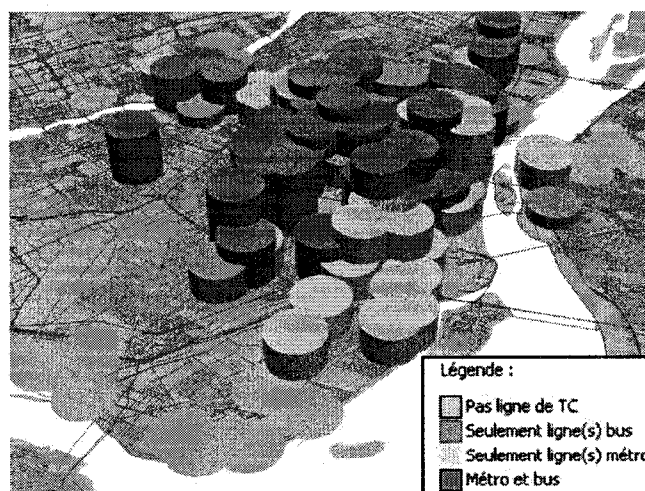


Figure 40 : Localisation des stations d'autopartage et connectivité aux transports en commun

Les Figure 41 à Figure 50 illustrent l'ensemble $\mathbb{Z}$ des voisinages de stations de l'étude dans leur contexte géographique. Pour chacune d'elles, on précise les valeurs des indicateurs démographiques calculés à partir du recensement 2006 au §4.3.2 (Tableau 9).

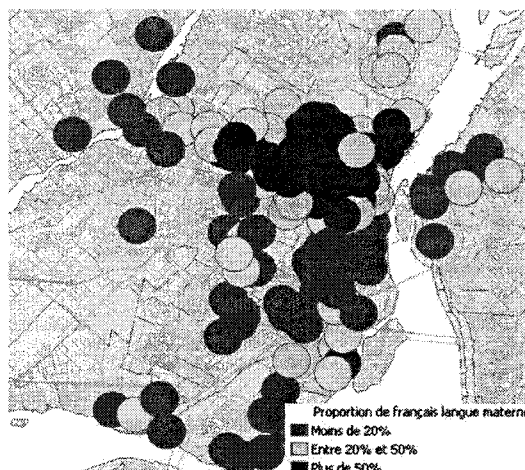


Figure 41 : Proportion de français (langue maternelle)

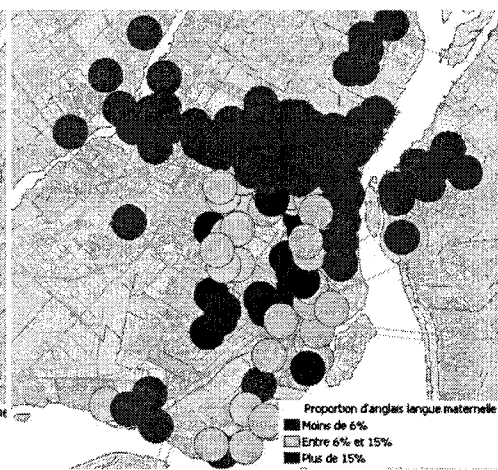


Figure 42 : Proportion d'anglais (langue maternelle)

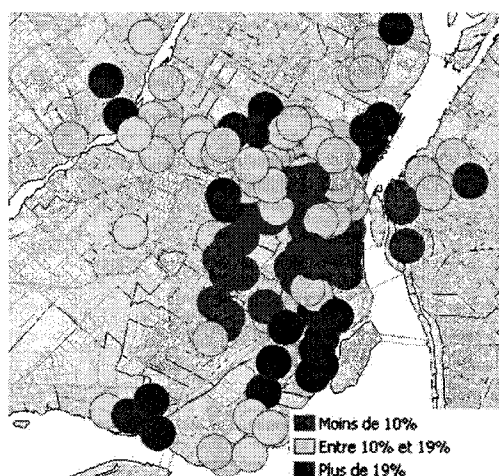


Figure 43 : Proportion de la population de plus de 15 ans sans diplôme

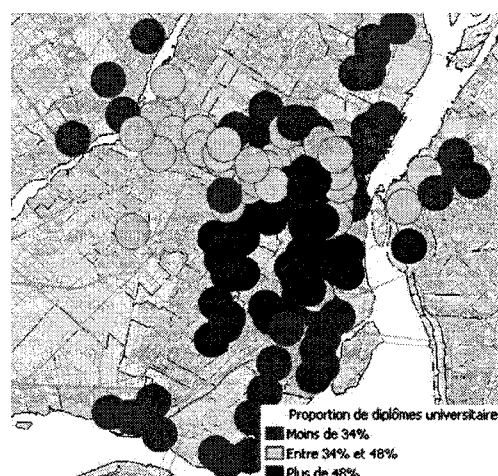


Figure 44 : Proportion de la population avec un diplôme universitaire

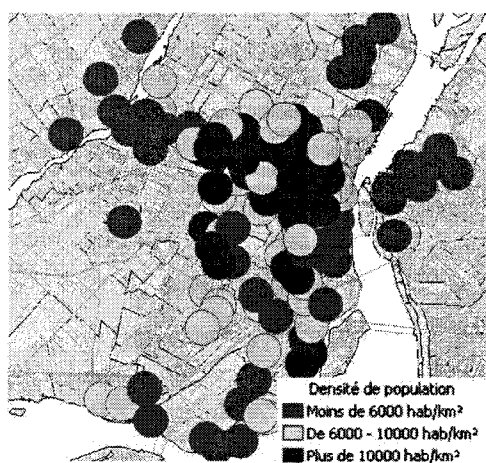


Figure 45 : Densité de population

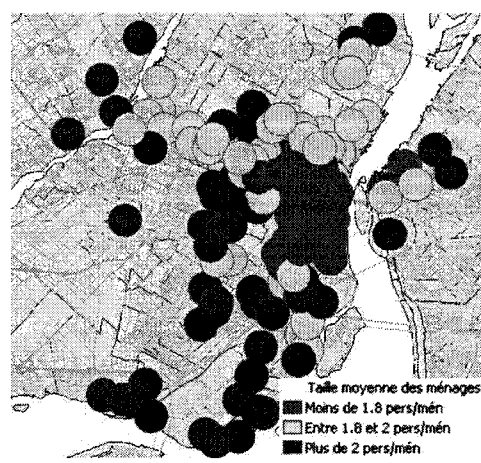


Figure 46 : Taille moyenne des ménages

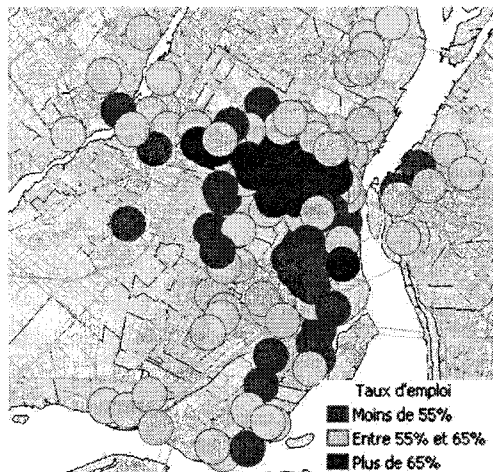


Figure 47 : Taux d'emploi (% des 15ans et plus avec un emploi)

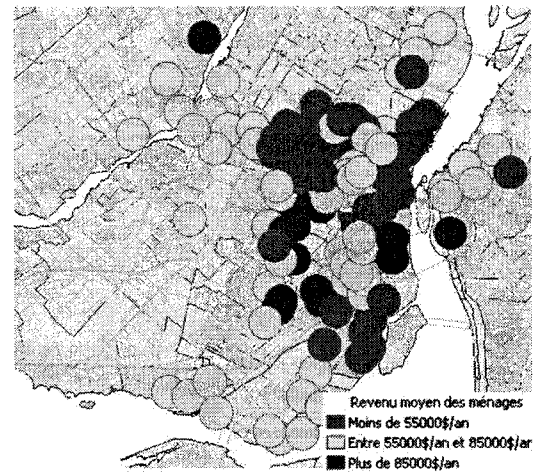


Figure 48 : Revenu moyen des ménages

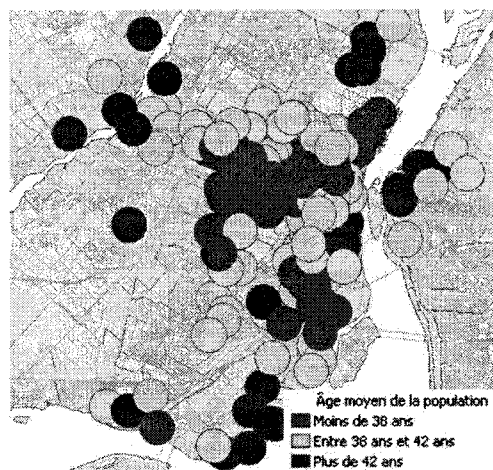


Figure 49 : Âge moyen de la population

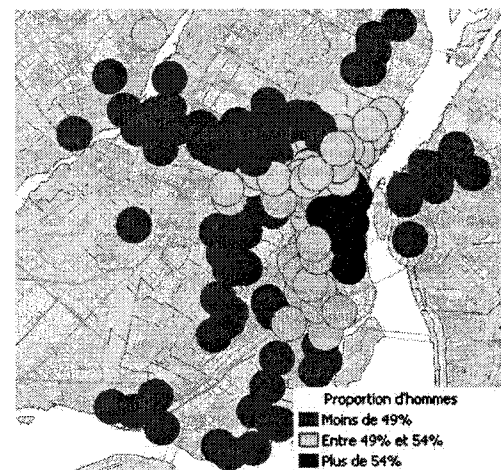


Figure 50 : Proportion d'hommes

Comme précisé précédemment, certaines stations se démarquent dans le réseau par l'absence de connexion au réseau de transport en commun supérieur, ou encore par des propriétés démographique particulières. Une segmentation des stations selon le type quartier a été réalisée afin voir l'influence des propriétés du voisinage sur l'utilisation du système. Après une analyse de corrélation, six propriétés démographiques ainsi que l'indicateur de connexion au système de transport en commun supérieur ont été considérés pour réaliser une segmentation des voisinages. Une méthode de *Hierarchical Agglomerative Clustering* (HAC) a été utilisée pour la réalisation de trois segments différents. La similarité entre deux voisinages est mesurée par l'intermédiaire de la distance euclidienne (Jain & Dubes, 1998).

Les valeurs moyennes des variables sur chacun des segments sont données dans le Tableau 11. Elles ont été normalisées. Ainsi, plus la valeur est proche de un, plus elle se rapproche du maximum observé sur $\mathbb{Z}$. D'après la littérature, la densité de population est l'un des principaux facteurs influençant le développement de l'autopartage. Aussi, le premier segment a été subdivisé suivant cette variable pour améliorer les analyses à venir. Un nom a été donné à chacun des segments pour faciliter leur utilisation dans la suite de l'étude.

- Le segment n°1 sera dénommé quartiers « résidentiels dynamiques ». En effet la population de ces voisinages est plus jeune que dans les autres. Ils sont densément peuplés, bien desservis par les transports en commun, avec des ménages de petite taille où le taux d'emploi des personnes est élevé pour un niveau d'éducation haut et un revenu par ménage relativement faible. Ce dernier peut s'expliquer par une présence importante de ménages célibataires. Comme précisé ci-dessus, ce segment est découpé en deux sous-ensembles (1a et 1b). La subdivision 1a se compose des stations possédant un voisinage avec plus de 10000 hab. / km², tandis que 1b comporte des stations dont la densité de population du voisinage est moindre.
- Le segment n°2 est constitué de quartiers moins densément peuplés, un âge moyen plus vieux, et des ménages de plus grande taille (probablement familiaux). Le taux d'emploi des personnes est plus faible que dans les autres segments mais les revenus relativement élevés. Spatialement (voir Figure 51), ce segment représente les quartiers résidentiels plus éloignés du centre-ville, les transports en commun étudiés sont peu présents. Nous l'appellerons « quartiers éloignés ».
- Le segment n°3 se compose de quartiers dans lesquels le taux d'emploi des personnes, la taille et les revenus des ménages sont importants. Le niveau de scolarité y est très élevé et la densité moins forte que dans le segment n°1. Pour autant, le service de transport en commun supérieur est bien développé. Il s'agit de quartiers un peu plus aisés ou de quartiers situés dans le centre des affaires de la ville. Ce segment sera nommé « Mont Royal et Centre Ville » car ses stations sont principalement situées dans ces zones (voir Figure 51 et Figure 21).

Tableau 11 : Valeurs moyennes des variables normalisées sur les quatre segments des voisinages

	Segment n°1a		Segment n°1b		Segment n°2		Segment n°3	
	moy	Ecart type	moy	Ecart type	moy	Ecart type	moy	Ecart type
Densité de population moy.	0.85	0.07	0.63	0.10	0.40	0.12	0.48	0.24
Taille moy. des ménages	0.69	0.05	0.69	0.06	0.77	0.06	0.77	0.09
Taux moy. d'emploi des pers.	0.88	0.09	0.79	0.09	0.78	0.05	0.86	0.06
Revenu moy. des ménages	0.30	0.03	0.31	0.05	0.35	0.05	0.59	0.13
Âge moy. de la population	0.81	0.02	0.82	0.03	0.90	0.05	0.85	0.06
Âge 15 - 65 ans avec un diplôme universitaire	0.66	0.13	0.56	0.14	0.44	0.12	0.87	0.07
Cs	0.38	0.25	0.45	0.21	0.18	0.23	0.38	0.19
Nom	Résidentiel dynamique dense		Résidentiel dynamique		Résidentiel éloigné		Mont Royal et Centre Ville	

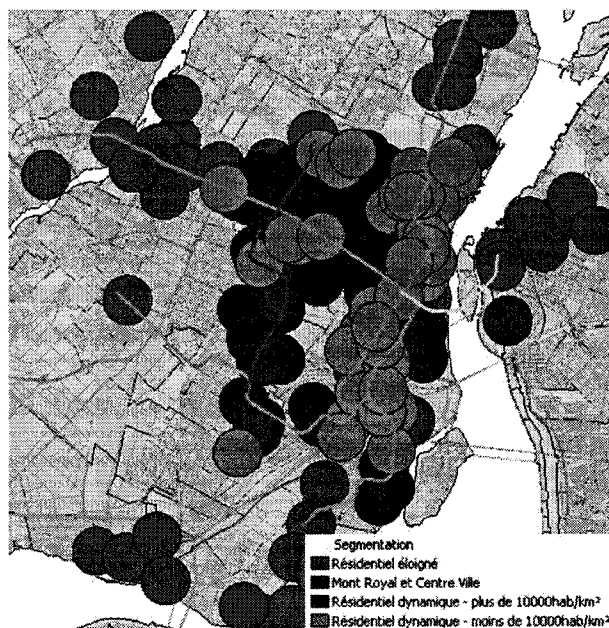


Figure 51 : Répartition géographique des voisinages de stations

4.4. Résumé

Le contexte montréalais ainsi que les caractéristiques propres aux utilisateurs de l'autopartage ont été définis. Nous avons positionné le marché de l'autopartage par rapport à la population de la ville et dressé le portrait des zones favorables en se basant sur l'objet membre puis sur l'objet station. Cette partie nous a permis de valider la majeure partie des hypothèses relatives aux populations favorables à ce mode qui ont été citées précédemment dans la revue de littérature. De plus, elle met en place les segmentations de l'ensemble des membres (A_r) et des voisinages de stations (Z) qui vont nous permettre de mettre en lumière des comportements typiques.

CHAPITRE 5 : ANALYSE ÉVOLUTIVE DU SYSTÈME ENTRE 2005 ET 2008

En se basant sur le système d'information, il est possible de retracer l'évolution du système sur toute la plage temporelle de l'étude. L'offre proposée, la demande existante ainsi que l'utilisation du système résultant de l'activité des membres vont être étudiées en prenant en compte leur évolution dans le temps. L'étude évolutive du système s'appuie sur 40 mois consécutifs d'observation.

5.1. L'offre

Comme le rappelle la Figure 19, l'offre d'autopartage se compose de deux objets : les véhicules, qui sont utilisés par les abonnés, et les stations dans lesquelles les véhicules sont répartis. On rappelle que les membres ont accès en tout temps à l'ensemble de la flotte disponible, pour peu qu'ils aient effectué une réservation au préalable. L'utilisateur récupère la voiture dans une station, l'utilise pendant une durée t_u et sur une distance d_u , pour finalement déposer de nouveau le véhicule à la station de départ une fois la transaction terminée. La distribution spatiale des stations sur le territoire et la répartition des voitures à un instant T sur l'ensemble de ces stations définissent le service proposé par l'opérateur à ce moment.

Un véhicule v est considéré comme actif pendant un mois m ($m \in [1, 40]$) s'il existe une transaction qui lui est associée pendant ce mois. Les transactions sont affectées temporellement à leur date de début. De même, une station est active pendant un mois, dès qu'il existe au moins une transaction associée à un véhicule, affecté dans cette station pendant le mois considéré.

5.1.1. Évolution globale des stations

L'évolution de la flotte de véhicules gérée par l'opérateur permet d'illustrer la croissance du service. Le nombre total de voitures est passé de 235 en 2005, à 572 en 2008. Dans le même temps, le nombre de stations a lui aussi plus que doublé. La répartition des véhicules sur les stations est relativement hétérogène. La Figure 52 présente l'évolution du nombre de stations et de leur capacité mois après mois. Le système possède un taux de croissance moyen du nombre de stations de 2,4 stations par mois. De plus, la capacité maximale des stations augmente. De son côté la capacité moyenne de l'ensemble des stations augmente

légèrement de 2,9 véhicules par station en janvier 2005 à 3,4 véhicules par station en avril 2008, soit une augmentation globale du nombre moyen de véhicules par station.

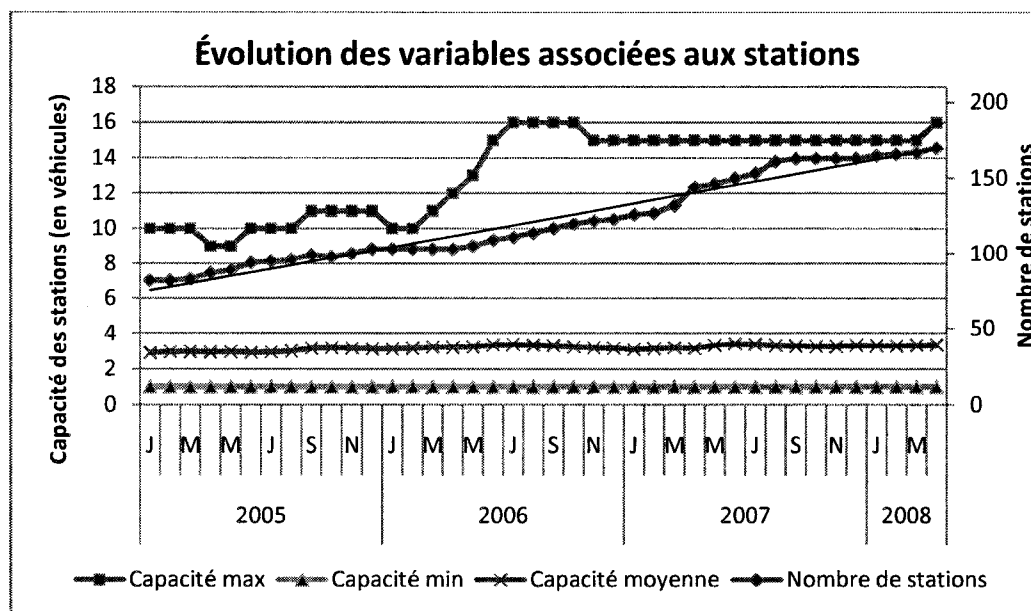


Figure 52 : Évolution des variables associées aux stations et à leur capacité

5.1.2. Répartition de la flotte

Dans la pratique, la capacité des stations est fortement conditionnée par le nombre de stationnements disponibles pour l'opérateur. Précédemment, nous avons montré (voir Tableau 9 et Tableau 10) que la densité moyenne des quartiers où le service existe est élevée (environ 10000 habitants par km²). Par conséquent, en fonction des quartiers, la capacité des stations peut être limitée par l'espace. Ainsi la capacité maximum présentée dans la Figure 52 est liée à l'évolution d'une seule station qui reste la plus importante en nombre de véhicules sur toute la plage temporelle étudiée (station n°2).

La Figure 53 présente l'évolution, mois après mois, de la flotte et sa répartition sur le réseau de stations. Si le nombre de véhicules est en constante augmentation, une forte croissance s'est déroulée en 2007. Les stations ont été classées selon trois tailles, en fonction du nombre de véhicules qui leur est affecté. La Figure 54 illustre pour les quatre mois de janvier consécutifs la proportion de stations appartenant aux différentes classes de taille. En janvier 2005, les petites stations représentaient plus de 70% du réseau. Au fur et à mesure la proportion de stations de petite taille diminue (elles ne représentent plus que 63% du réseau en janvier 2008). Même si leur nombre continue d'augmenter, le système se

compose de plus en plus de stations à grande capacité. Les stations de capacité moyenne représente 30% du réseau en janvier 2008 contre seulement 26% en janvier 2005. Les stations de grande capacité ont principalement augmenté en 2007 (lors de la forte augmentation de la flotte) puisqu'elles représentaient auparavant moins de 5% du réseau.

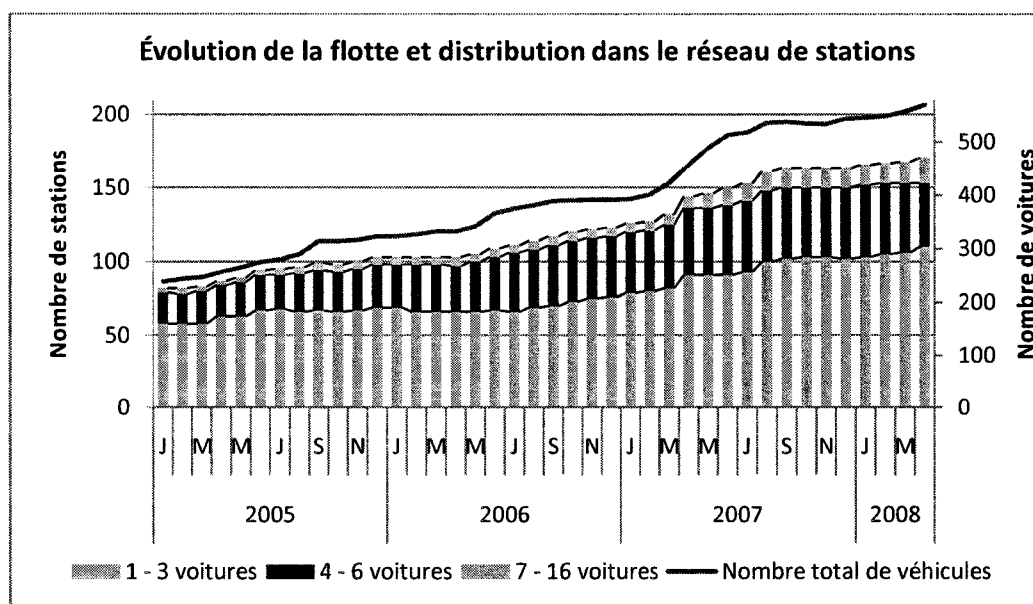


Figure 53 : Évolution de la flotte et répartition dans le réseau de stations

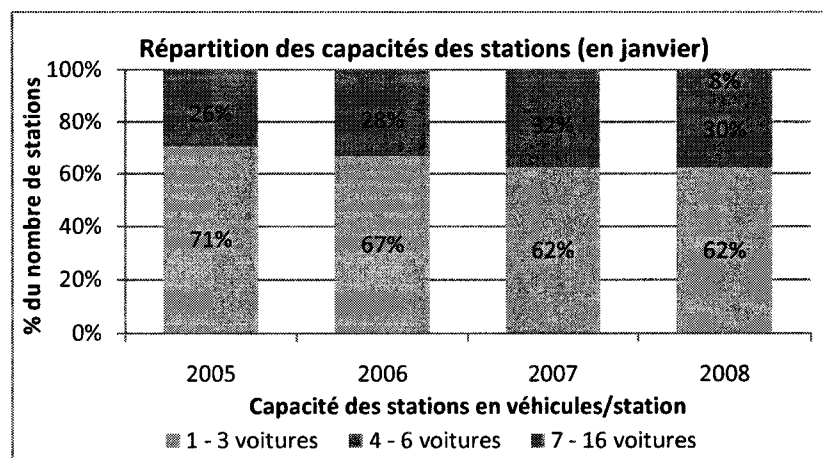


Figure 54 : Répartition des capacités des stations (en pourcentage), mois de janvier sur quatre ans

La Figure 55 permet de suivre l'évolution de l'offre. Le type d'investissement est présenté en fonction des classes de stations, à savoir, si l'investissement est réalisé en augmentant la capacité de stations existantes ou s'il s'agit de nouvelles stations. Jusqu'en 2007, on note que la majorité des nouvelles stations sont implantées avec des capacités faibles. Aussi, l'augmentation de la capacité moyenne des stations est clairement liée à une densification

de l'offre sur certaines stations existantes. En 2007, ce phénomène s'accroît. Il s'accompagne également d'un investissement dans des nouvelles stations à forte capacité.

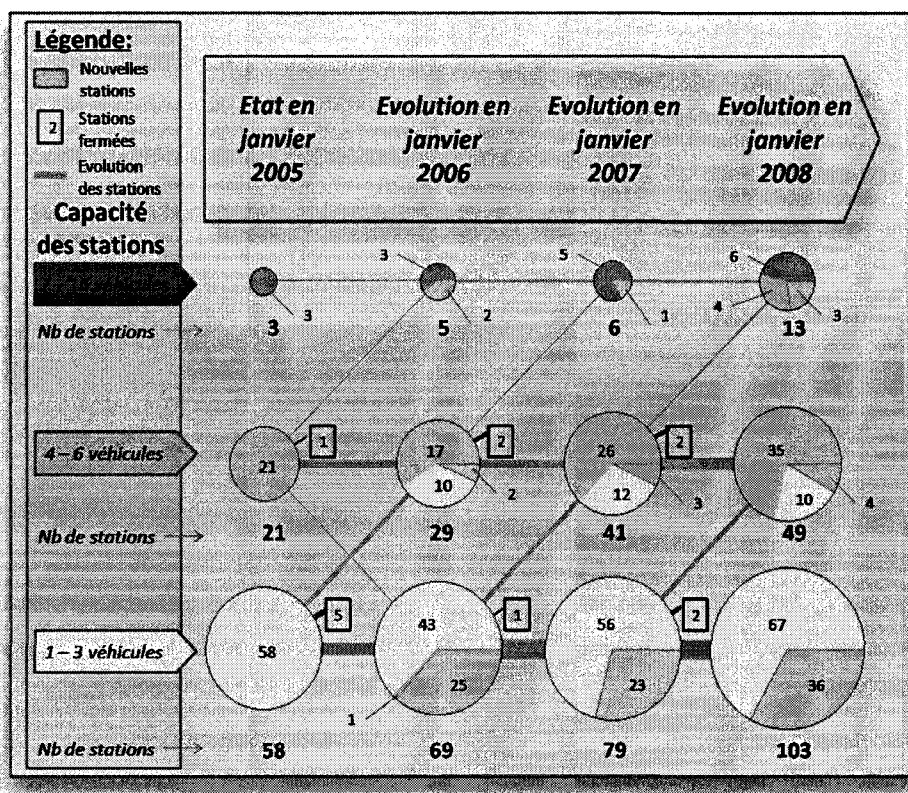


Figure 55 : Suivi de l'évolution de la capacité des stations, mois de janvier sur quatre ans

5.1.3. Analyse spatiale de l'offre

Nous allons maintenant analyser les propriétés du système dans le contexte géographique. Dans un premier temps, des mesures de dispersion et de centralité sont réalisées sur le réseau de stations pour chaque année. Pour ceci, le réseau de stations est considéré comme un nuage de points sur lesquels sont affectés des poids, définis par les capacités des stations en termes de véhicules. Les indicateurs suivants sont utilisés :

- Le centre moyen du réseau de stations. C'est l'équivalent de la moyenne en deux dimensions. Il s'écrit : $x_{cm} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$; $y_{cm} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}$ avec $n = \text{Card}(\mathbb{S})$ pour le mois considéré.

- Le centre de gravité de la flotte. C'est le centre moyen, pondéré par la capacité des stations. Il s'écrit : $x_{cgf} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i w_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$; $y_{cgf} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i w_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$ avec w_i la capacité de la station i , au mois considéré.
- L'ellipse de dispersion. Cet indicateur illustre la dispersion spatiale en permettant la mise en lumière de certaines tendances. Notamment, il permet de prendre en compte l'anisotropie des distributions spatiales. On considère une ellipse dont la norme des axes est liée aux écarts types de la distribution dans deux directions orthogonales. La longueur des axes correspond à deux fois l'écart type dans la direction. De plus, les axes sont pivotés dans le repère principal de manière à minimiser la somme des distances quadratiques entre les points et les axes. Ainsi l'ellipse indique les directions maximales et minimales de dispersion. et environ 68% des observations sont situées à l'intérieur celle-ci.
- L'ellipse de dispersion de la flotte. C'est l'ellipse de dispersion, pondérée par la capacité des stations. Elle fournit les mêmes informations, mais cette fois pour la répartition des véhicules sur le territoire.

Le Tableau 12 présente les valeurs de ces indicateurs pour les quatre années consécutives de l'étude. Les calculs sont réalisés sur le système à chaque fin de mois de janvier. Les Figure 56 et Figure 57 illustrent, en janvier 2005 et en janvier 2008, la dispersion des stations dans le contexte montréalais ainsi que leurs capacités.

Tableau 12 : Évolution de la dispersion de l'offre entre 2005 et 2008

	Stations				Flotte de véhicules			
	Centre Moyen		Ellipse de dispersion		Centre Moyen		Ellipse de dispersion	
	X	Y	Aire (km ²)	Axe Long / Court	X	Y	Aire (km ²)	Axe Long / Court
Janvier 2005	297613	5042232	57.71	1.39	297730	5042594	47.55	1.24
Janvier 2006	297794	5042661	73.04	1.20	297735	5042787	55.44	1.18
Janvier 2007	297828	5042637	74.84	1.12	297763	5042817	55.62	1.15
Janvier 2008	297873	5042234	78.31	1.32	297718	5042636	57.25	1.25

L'évolution du réseau de stations et de la distribution des véhicules sur ces stations montrent que le système s'étend dans le milieu urbain. Pour autant, il reste centralisé et son développement est plus accentué dans les zones proches du centre moyen. Les deux centres moyens (stations et flotte) sont très proches (500 mètres) et varient relativement peu dans le temps.

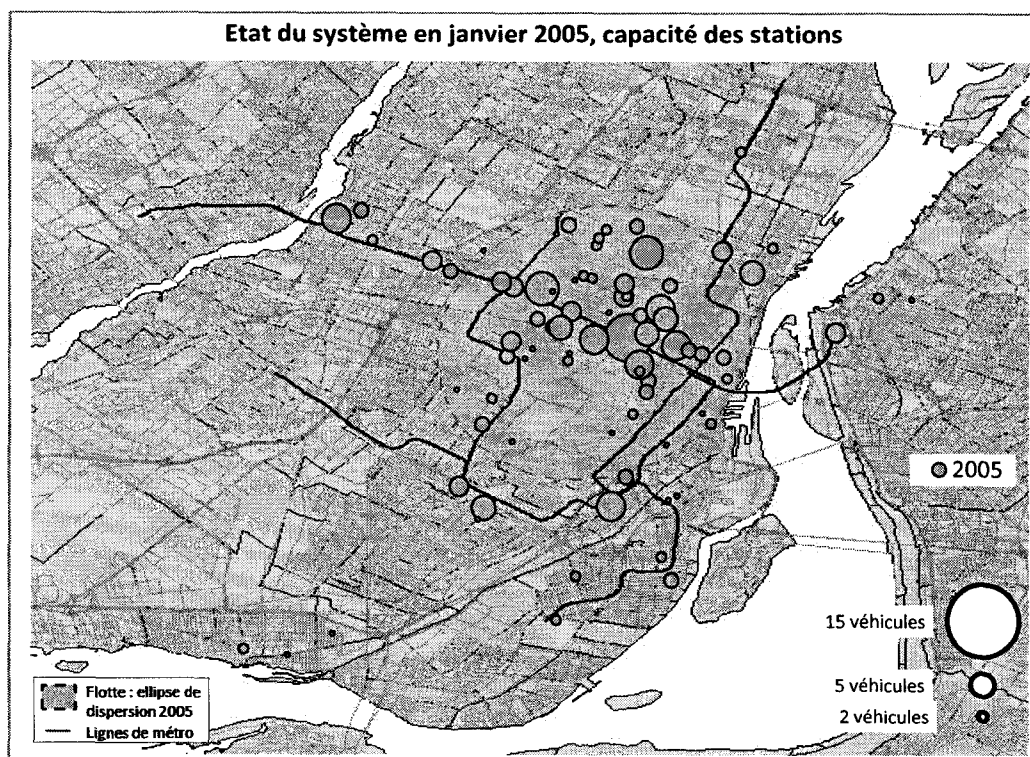


Figure 56 : Dispersion des stations et de la flotte de véhicule sur le territoire montréalais en janvier 2005

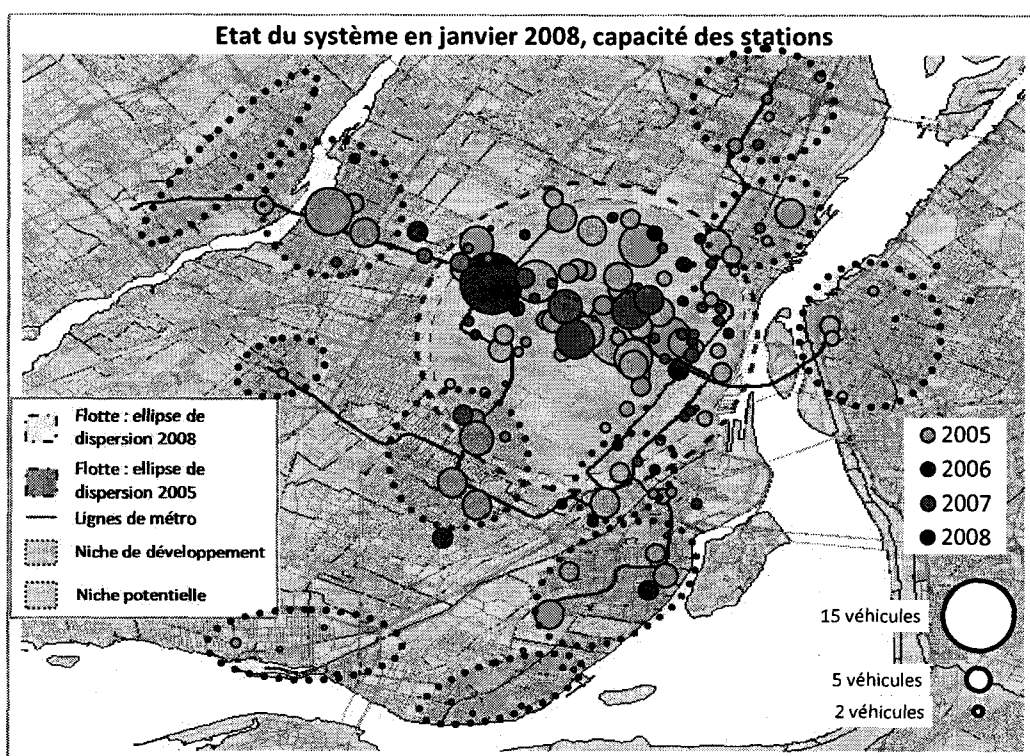


Figure 57 : Dispersion des stations et de la flotte de véhicules sur le territoire montréalais en janvier 2008

De nouvelles stations sont implantées en périphérie du système. Celles à capacité moyenne, sont principalement implantées en bout de ligne de métro. D'autres, à capacité relativement faible sont créées dans des zones plus éloignées du métro. La zone fortement couverte par le service en 2005 (zone dans l'ellipse de dispersion de la flotte) connaît une très forte augmentation de son nombre de véhicules et de stations. Par conséquent, l'aire de l'ellipse dispersion de la flotte croît moins rapidement que celle des stations. En 2008, l'orientation cette dernière montre un développement plus accentué selon la ligne de métro qui traverse l'île suivant sa largeur.

5.1.4. Les niches de développement

La comparaison des deux graphiques précédents met en avant l'existence de nouvelles niches d'activité pour l'autopartage à Montréal. Deux variantes de niches semblent se distinguer. D'un côté, celles liées aux propriétés démographiques du quartier et de l'autre, celles liées à la connexion en bout de ligne sur le système de transport en commun supérieur. Les zones liées aux propriétés démographiques du quartier possédaient au moins une station de capacité moyenne ou grande en 2005. De plus, elles sont toutes connectées au métro. Enfin elles se situent à la périphérie de l'ellipse de dispersion de la flotte. Les autres niches semblent beaucoup plus récentes, du moins si certaines existaient en 2005 et ont gagnées de nouvelles stations, elles comportent toujours peu de véhicules en 2008. Globalement toutes ces zones ont vu leur capacité augmenter avec les années. On peut se poser la question du temps de maturation du marché dans ces zones. En effet les niches les plus importantes, en terme d'offre en 2008, sont situées dans des quartiers de type « résidentiel dynamique » ou « Mont Royal et Centre Ville ». Les autres sont situées dans des quartiers de type « résidentiels éloignés ». Nous verrons plus tard que le développement du marché de proximité est très différent entre ces quartiers, ce qui pourrait expliquer les différences entre ces niches. Finalement le système semble s'étendre principalement de manière concentrique en étendant au fur et à mesure le service aux quartiers limitrophes.

5.1.5. Segmentation selon le type de voisinage

Il est important de prendre en compte le contexte sociogéographique et d'étudier son influence sur le développement du système. Par exemple, l'évolution de l'offre peut être distinguée suivant le type de quartiers. La Figure 58 et la Figure 59 montrent la croissance

du nombre de stations et l'évolution de la capacité moyenne pour chacun des segments de voisinages mis en place dans le §4.3.4.

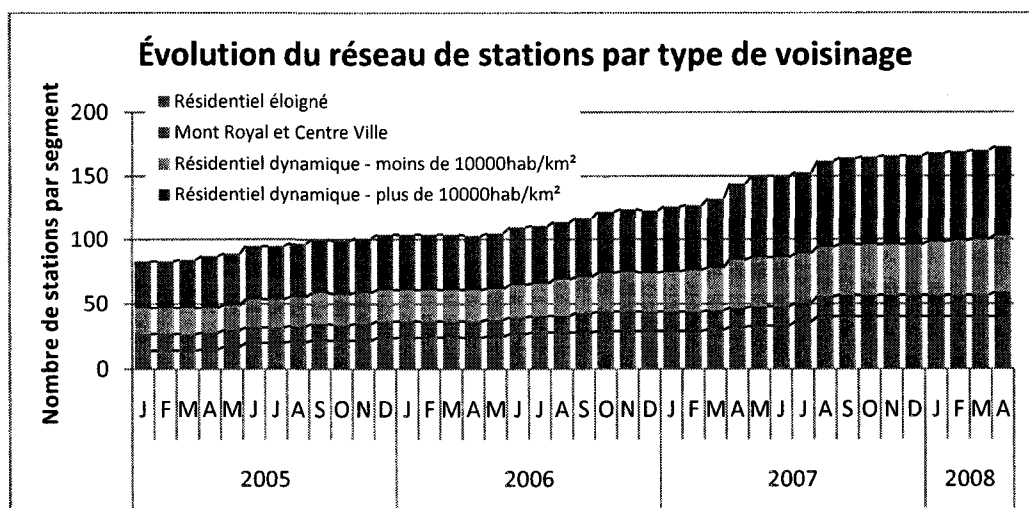


Figure 58 : Évolution des variables stations dans les segments – nombre de stations

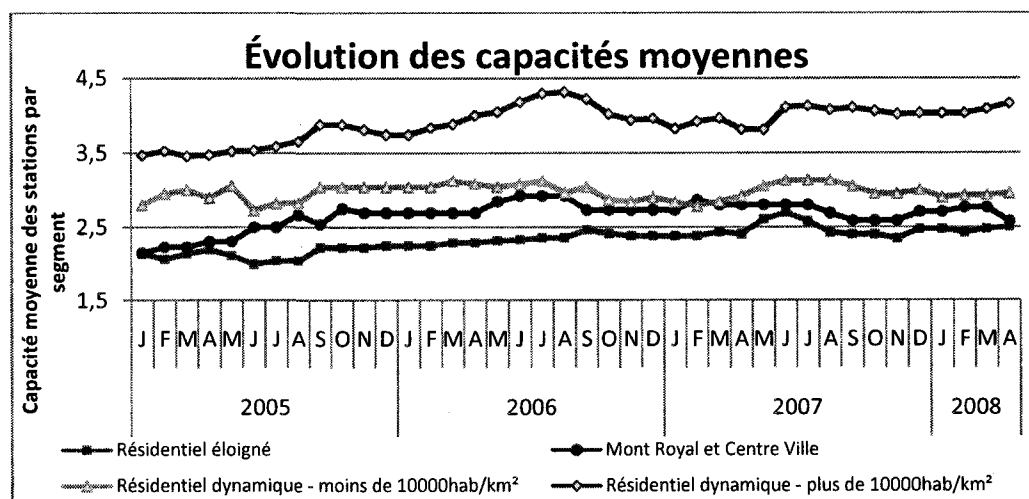


Figure 59 : Évolution des variables stations dans les segments – capacités moyennes

On retrouve les tendances observées précédemment : la croissance la plus importante en termes de stations et de capacité moyenne est concentrée dans les stations des quartiers proches du centre moyen du système (segment des « quartiers dynamique »). Cette tendance est encore plus marquée pour les quartiers denses. Si le nombre de stations du segment « Mont Royal et Centre Ville » varie peu, la capacité de ces stations augmente. Enfin les stations des voisinages « résidentiels éloignés » connaissent une forte

augmentation de leur nombre et seules celles situées en bout de ligne de métro possèdent une capacité plus importante.

5.2. La demande

Une fois l'évolution de l'offre définie sur la plage temporelle, il s'agit de s'intéresser à la réponse de la demande sur cette même période. Le présent document est volontairement orienté vers l'analyse de l'offre. Les tendances et les mécanismes inhérents à la demande sont donc décrits moins précisément que ce qui a pu être réalisé précédemment avec l'offre, la présente étude n'exploitant pas totalement le fort potentiel d'analyse des données disponibles. Cependant, ces deux composants étant intimement liés, certains de ces mécanismes seront abordés au §CHAPITRE 7 : Cette partie présente l'évolution globale de la demande pour faciliter la compréhension de la suite du document.

5.2.1. Évolution globale de la demande

Globalement, le système gagne de nouveaux membres tous les mois. La Figure 60 met en avant la croissance de la clientèle montréalaise mois après mois. Pour chaque mois, elle donne l'évolution du nombre d'abonnés et celle du nombre d'abonnés actifs. On définit r , la proportion des membres administratifs actifs au mois m :

$$r = \frac{\text{Card}(\text{Aa}(m))}{\text{Card}(\text{Ar}(m))}$$

Ce chiffre est approximativement constant sur l'ensemble de l'étude. Chaque mois, environ 49% (écart type = 0,017) des membres administratifs sont actifs.

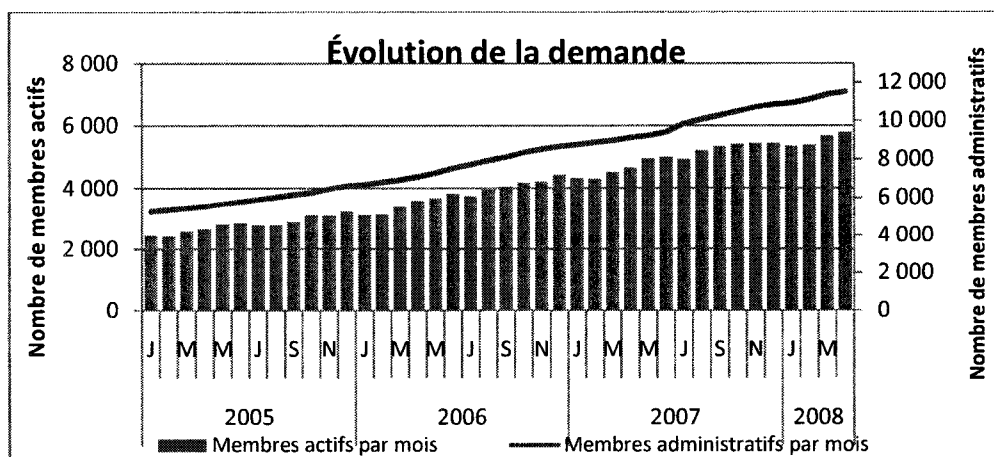


Figure 60 : Évolution de la demande entre 2005 et 2008

La Figure 104 en annexe montre la répartition des membres du système d'autopartage sur le territoire de la GRM. Tous les abonnés administratifs référencés dans la base de données client sur la période étudiée, et possédant un ménage localisable, sont présents. Cette figure montre que les utilisateurs de l'autopartage résident principalement sur l'île de Montréal. Nous avons constaté précédemment que le service était lui aussi concentré en grande partie sur l'île. Par conséquent la Figure 61 est donc recentrée sur cette zone de manière à faciliter la lisibilité. On perd donc la lecture des autres membres plus éloignés.

Cette figure présente l'évolution des membres administratifs et des stations, entre janvier 2005 et avril 2008, en localisant les ménages et les points de service. Ici seul le sous-ensemble des membres administratifs encore dans le système au mois étudié est présenté. Dès 2005, on remarque un grand nombre de ménages utilisateurs de l'autopartage dans les zones où une offre existe. De plus, on observe en 2008 une forte densification des ménages utilisateurs dans les zones où le service existait déjà et proche des nouvelles stations. A priori, on pourrait penser que la croissance de ce mode s'effectue à proximité des points de service.



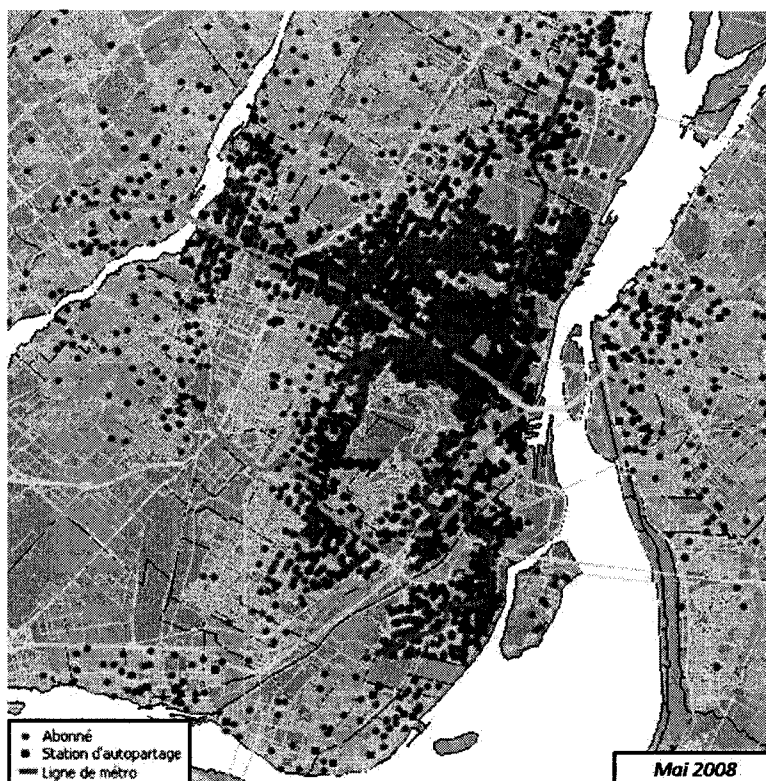


Figure 61 : Comparaison de la répartition des abonnés sur le territoire, janvier 2005 – mai 2008

5.3. Utilisation du système

Maintenant que l'évolution des deux principaux objets du système d'autopartage est décrite, l'évolution de l'utilisation du système va être analysée. Les hypothèses suivantes sont utilisées :

- Les transactions sont affectées temporellement à la date de début de l'utilisation. La résolution adoptée est toujours le mois.
- Pour l'analyse des taux d'utilisation, le taux moyen mensuel d'utilisation des véhicules est utilisé pour la détermination des taux des autres objets (agrégation pour les stations puis pour le système). Le taux mensuel pour les véhicules est calculé, pour un mois m , par la formule suivante :

$$\text{Taux d'utilisation} = \frac{\text{Nombre d'heures d'utilisation}}{\text{Nombre d'heures de disponibilité}}$$

Connaissant les jours de mise en service et de retrait des véhicules, le nombre d'heures de disponibilité est le produit du nombre de jours de disponibilité dans le mois et de 24 heures

par jour. Un biais est introduit dans ce calcul car les périodes de mise en indisponibilité pour réparation des véhicules ne sont pas considérées.

5.3.1. Activité des membres

Le nombre de membres par véhicule disponible permet de se faire une idée de la pression qu'exerce la demande sur le système. En effet, plus cet indicateur est grand, moins les véhicules seront disponibles puisque de nombreux utilisateurs en partagent leur utilisation. L'univers des réservations se décline en deux sous-ensembles : les transactions annulées par l'abonné et les utilisations effectives facturées avec soit, utilisation du service (tarifs kilométrique et horaire) soit non utilisation du service (tarif horaire seulement).

La Figure 62 montre l'évolution de ces deux sous-ensembles ainsi que l'indicateur défini précédemment. Le nombre moyen de membres par véhicule oscille autour de 10 membres/véhicule. En 2007, l'augmentation de la flotte se répercute sur ce dernier et on observe une diminution de sa valeur. De son côté, le nombre de réservations croît de manière constante. Le nombre d'annulations augmente lui aussi avec le temps. Ces tendances révèlent une utilisation non homogène du système en fonction des stations considérées. Moins les véhicules sont disponibles, plus les membres ont tendance à faire des réservations histoire de s'assurer d'avoir un véhicule pour une utilisation potentielle, quitte à les annuler pas la suite.

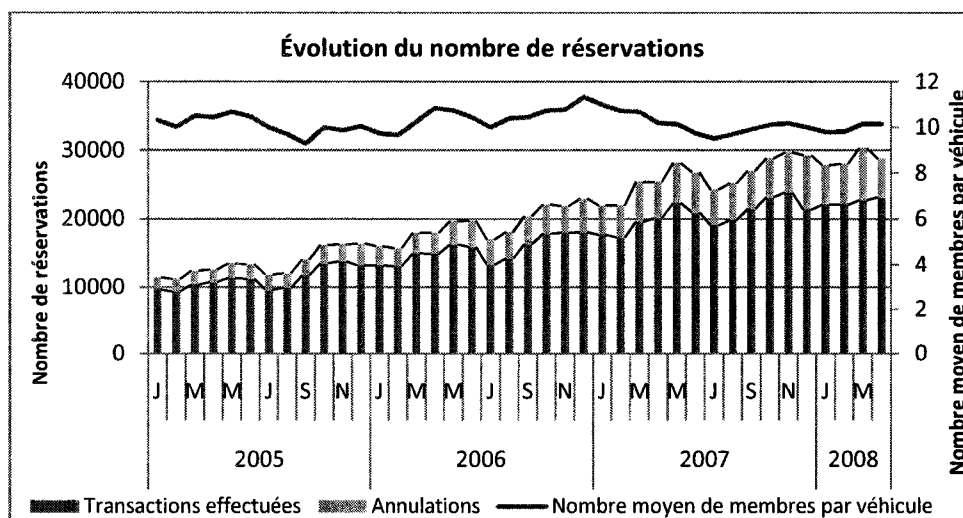


Figure 62 : Évolution du nombre de réservations

Ainsi, même si le nombre de réservations augmente, le taux d'utilisation global du système varie peu. La Figure 63 montre l'existence de variations saisonnières mais pas de tendance globale. On note que les variations saisonnières des Figure 62 et Figure 63 sont différentes. En effet le nombre total de réservations ne semble pas être le facteur le plus déterminant pour l'utilisation du système puisque les pics ne se trouvent pas aux mêmes mois.

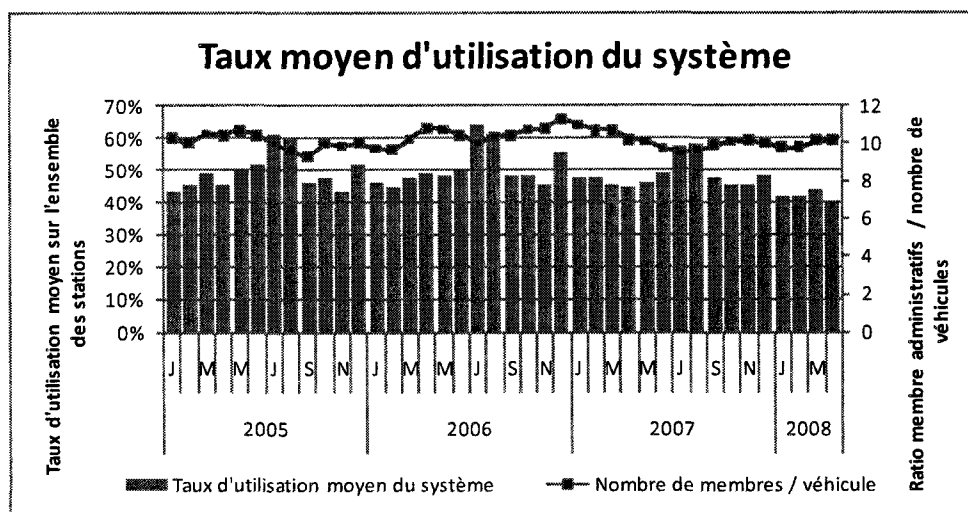


Figure 63: Évolution du taux moyen mensuel d'utilisation du système

Les pics saisonniers d'utilisation se situent en été. Il s'agit donc d'un changement dans la manière d'utiliser le système. La Figure 64 présente l'activité observée des membres mois après mois. Ce graphique illustre l'évolution mensuelle du nombre moyen de réservations par membre actif ainsi que le kilométrage moyen parcouru par membre actif pendant le mois considéré. Comme l'avait déjà présenté Martin (Martin, 2007) les kilomètres parcourus augmentent fortement pendant la période estivale et, dans le même temps, le nombre de réservations par membre diminue à cause de l'indisponibilité des véhicules (durée des réservations plus grande).

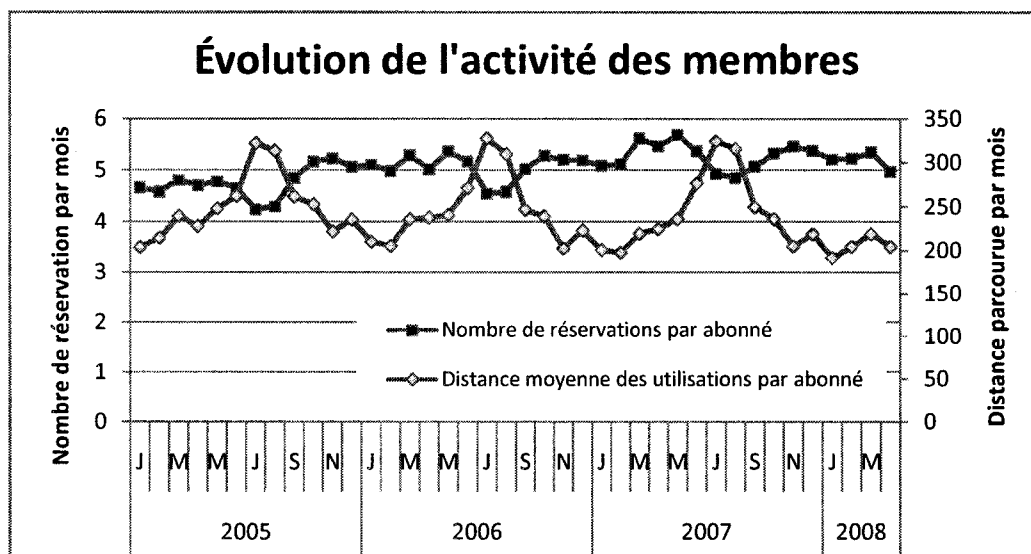


Figure 64 : Évolution de l'activité des membres en termes de km parcourus et réservations effectuées

La Figure 65 montre l'évolution de l'utilisation des véhicules par les membres. On retrouve les tendances des graphiques précédents. Le nombre moyen de kilomètres parcourus par véhicule fluctue de manière saisonnière, avec des pics en été. Le nombre moyen de réservations par véhicule baisse pendant les mois de forte utilisation. De plus on remarque que le nombre moyen de réservations par véhicule présente une croissance sur la période considérée, ce qui correspond à l'augmentation des annulations présentée à la Figure 62.

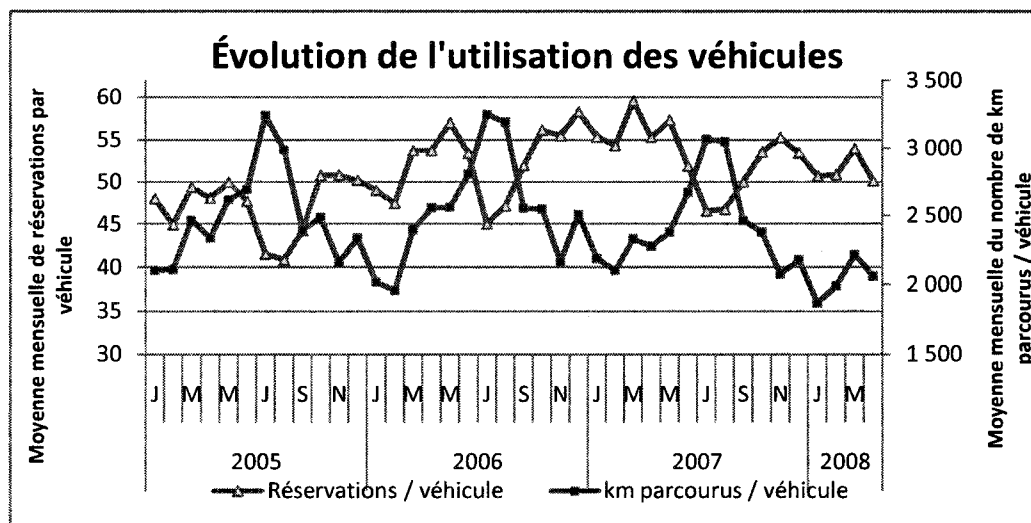


Figure 65 : Répercussions de l'activité des membres sur l'utilisation des véhicules

Maintenant que l'évolution du déplacement moyen a été caractérisée, on peut s'intéresser au choix de la station par l'utilisateur. Ne connaissant pas l'origine de la chaîne de déplacements (voir le concept à la Figure 9) liée à l'utilisation d'un véhicule d'autopartage, on pose comme première hypothèse que le déplacement commence au domicile de l'utilisateur. Il est maintenant possible de calculer des distances d'« accès au système » (distance entre le ménage et la station utilisée). Ne pouvant vérifier cette hypothèse, on gardera à l'esprit qu'il s'agit ici de résultats à démontrer. La Figure 66 montre l'évolution de la distance d'accès moyenne au système. Il s'agit de la moyenne des distances « ménage utilisateur » – « station d'autopartage » pour toutes les utilisations d'un mois m (les comptes corporatifs ne sont pas considérés). Avec le temps, cet indicateur décroît : les membres utilisent des stations plus proches de chez eux. Cette tendance peut être liée à une meilleure couverture de l'offre ainsi qu'à une intensification de l'activité des membres dans les zones fortement couvertes. A priori, aucune variation saisonnière n'est observée. L'hypothèse faite sur le point de départ de la chaîne de déplacement peut en être la cause, il est possible que des utilisations ne soient pas réalisées à partir du ménage. Dans ce cas cette variable ne serait pas significative. Une autre explication peut être liée à une agrégation trop importante des données. En effet, tous les membres sont considérés dans ce graphique. Or, en distinguant les membres en fonction de leurs comportements des phénomènes saisonniers, spécifiques à certains modes d'utilisation, pourraient apparaître. Morency, et al. ont mis en lumière certains de ces comportements chez les utilisateurs (Morency, Trépanier, Agard, Martin, & Quashiee, 2007).

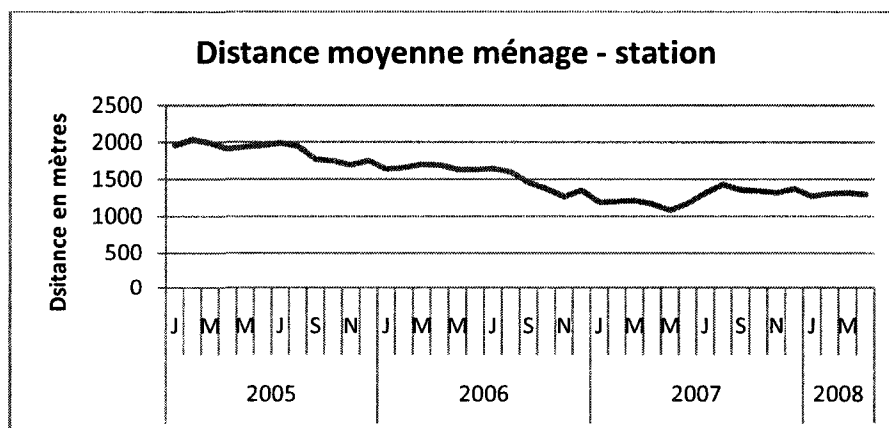


Figure 66 : Évolution d'un indicateur d'accessibilité, distance ménage – station

Dans cette recherche, volontairement orientée vers l'étude du système d'un point de vue de l'offre, la priorité est donnée à « l'objet station ». Aussi le comportement des membres ne sera pas détaillé. Pour aller plus loin dans l'étude de l'utilisation du système, l'offre va être considérée de manière plus fine.

5.3.2. Étude géographique

Tout d'abord, des facteurs géographiques vont être pris en compte. L'évolution des variables va être reprise en considérant le contexte géographique.

Une activité liée aux types de quartiers

Les Figure 67 et Figure 68 illustrent les taux d'utilisation pour chaque station. La hauteur d'extrusion ainsi que la couleur de remplissage sont proportionnelles au taux mensuel moyens d'utilisation des stations. En été, les taux d'utilisation des stations augmentent de manière significative. En fonction de la localisation des stations, les taux d'utilisation sont différents. Si la différence est moins forte en basse saison, elle s'accroît pendant les mois de forte utilisation.

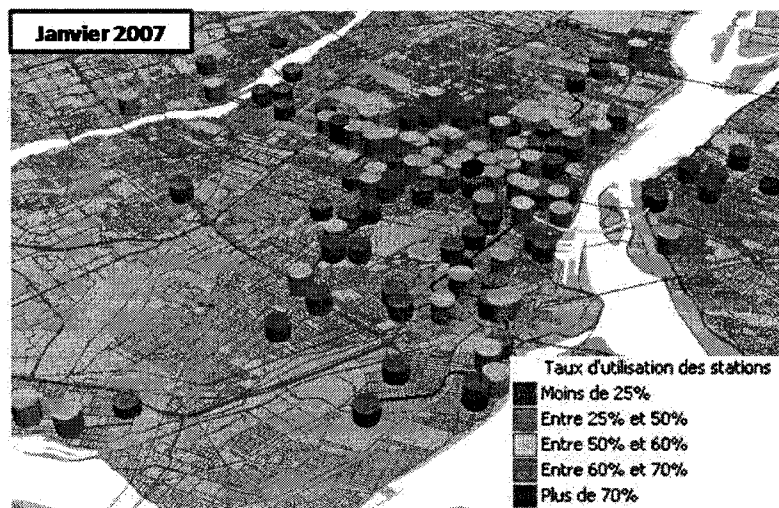


Figure 67 : Taux d'utilisation des stations en janvier 2007

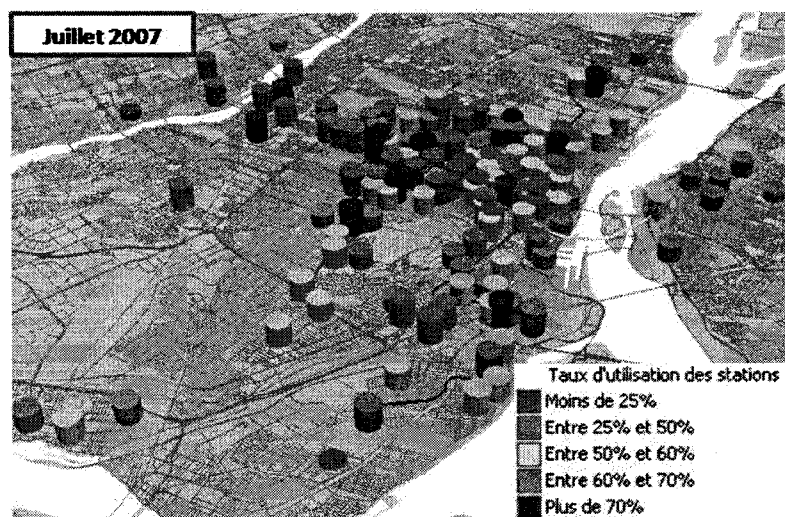


Figure 68 : Taux d'utilisation des stations en juillet 2007

On étudie maintenant le taux d'occupation moyen des segments proposés au §4.3.4. Il apparaît que les stations les plus utilisées sont celles des quartiers résidentiels densément peuplés. La densité semble jouer un rôle clé pour l'utilisation des stations. En effet même si les voisinages possèdent des caractéristiques très proches, les stations situées dans un milieu moins dense sont moins utilisées (subdivision du segment n°1). Comparativement les stations des quartiers résidentiels éloignés sont les moins utilisées. Précisons que le taux d'utilisation des véhicules est calculé sur une base de disponibilité 24h/24h. Or l'activité d'autopartage se déroule principalement de jour (Martin, 2007). Ainsi, avec ces chiffres, le système peut être saturé en journée et peu utilisé la nuit. Un découpage temporel plus fin permettrait d'étudier cette question.

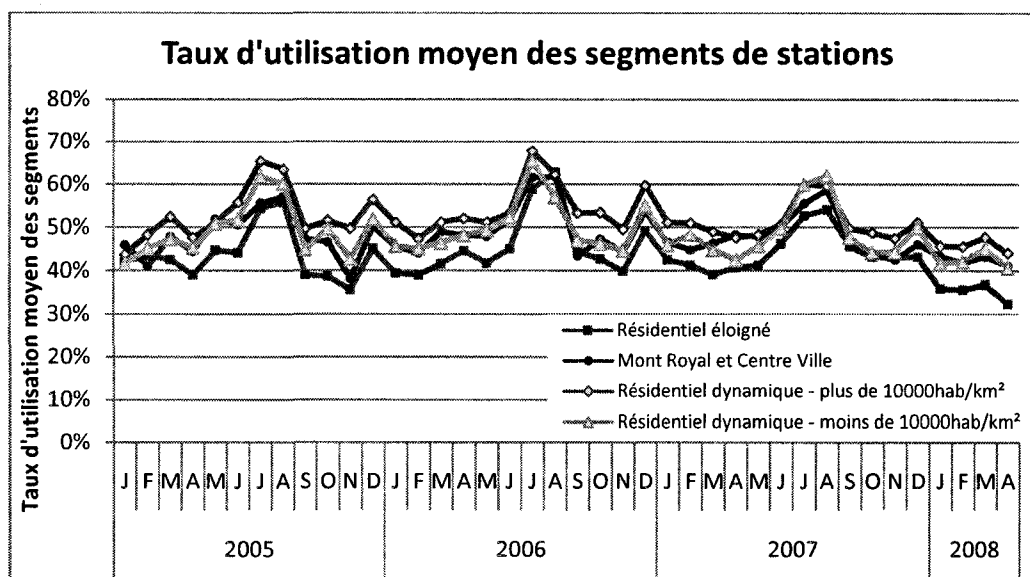


Figure 69 : Taux d'utilisation des segments de stations

Pression sur le système

Analysons l'évolution du nombre de membres par véhicule sur chacun des segments de stations. Pour chaque station, on considère le sous-ensemble des membres utilisateurs de la station pendant le mois m . Là encore, la densité de population des quartiers où sont implantées les stations joue un rôle majeur dans l'évolution de cette variable. Si on remarque une forte diminution de cet indicateur en été sur les stations implantées dans des quartiers denses, cette tendance est moins marquée pour les stations des quartiers plus éloignés.

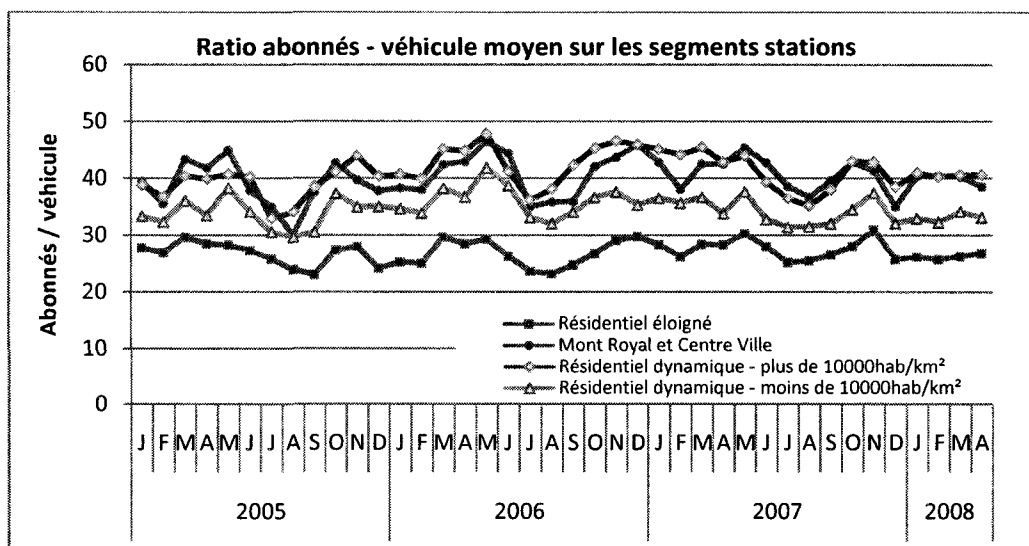


Figure 70 : Évolution du nombre moyen de membres par véhicule sur les segments de stations

La Figure 71 montre l'évolution, par segment de stations, de la distance moyenne entre les ménages des membres qui utilisent chaque mois les différentes stations. Les stations situées dans des quartiers moins denses attirent des membres plus dispersés spatialement. On note également que les stations des quartiers plus éloignés attirent en été des membres résidant plus loin et qui, le reste du temps, n'utilisent pas ces stations pour accéder au système. On peut attribuer ce phénomène au manque de disponibilité des véhicules dans les autres stations pendant ces périodes. Cette tendance peut expliquer la différence observée dans le graphique précédent, en été les stations éloignées attirent des « utilisateurs exceptionnels ».

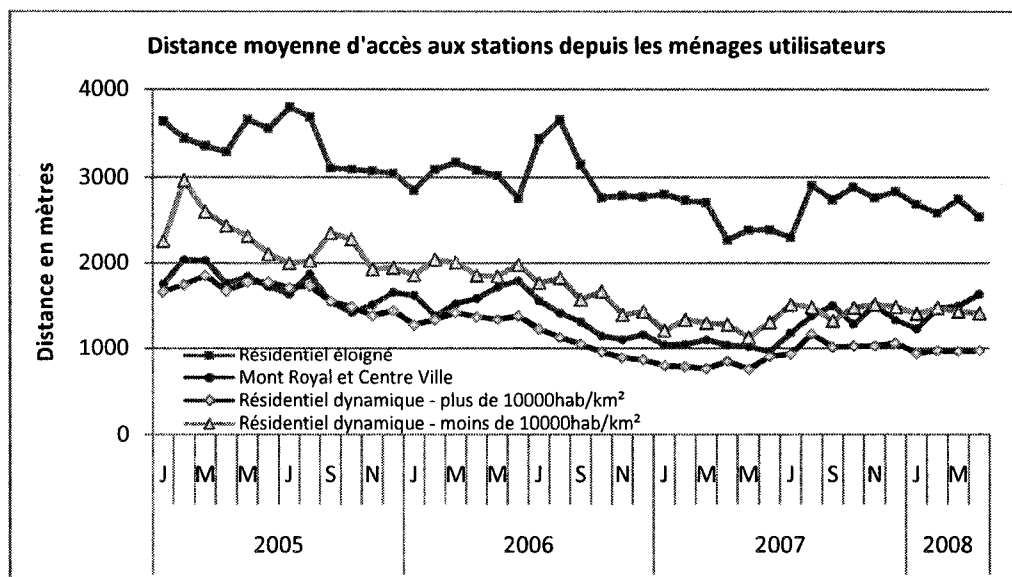


Figure 71 : Distance moyenne ménage – stations, moyenne par segments de stations

Des comportements différents selon le quartier d'implantation

La Figure 72 et la Figure 73 montrent des comportements différents en fonction des voisinages de stations. Ainsi, la moyenne sur chaque segment de stations, du nombre moyen d'utilisations par membre est présentée dans le graphique suivant. Ce chiffre est calculé en divisant le nombre de membres différents, utilisant une station, par le nombre d'utilisations du système, réalisées à partir de la station. Il représente un taux d'activité moyen des membres utilisateurs sur cette station. De son côté, la Figure 73 présente la fidélité des membres utilisateurs. Pour un utilisateur, la fidélité à une station est calculée comme par le ratio entre le nombre d'utilisations effectuées à cette station et le nombre total d'utilisations réalisées par ce membre pendant le mois. En agrégeant cette donnée pour tous les abonnés de la station s , on obtient la fidélité moyenne de la station s . Les chiffres présentés sont des moyennes sur les segments de stations.

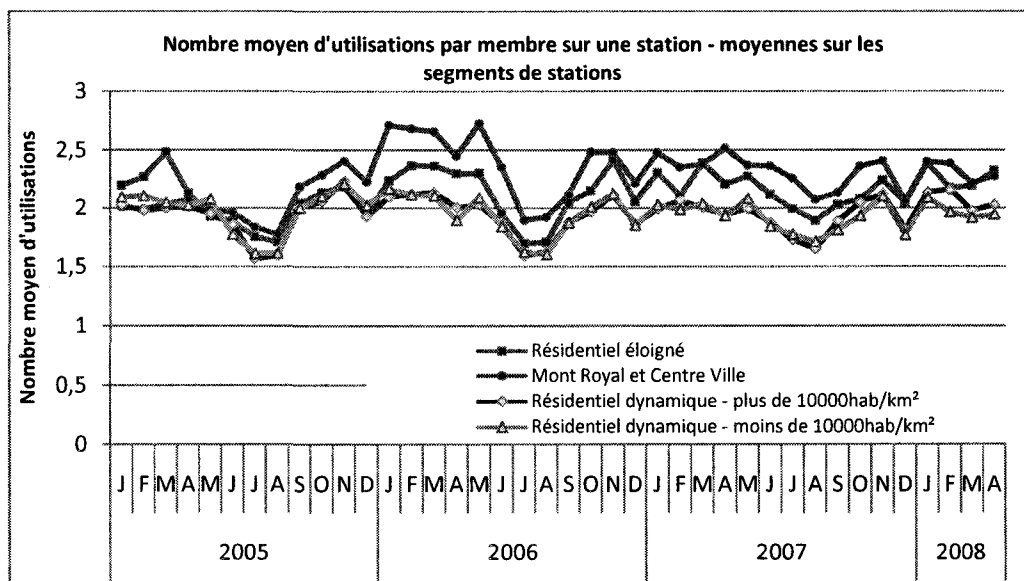


Figure 72 : Évolution, des moyennes sur les segments de stations, du nombre moyen d'utilisation par membre

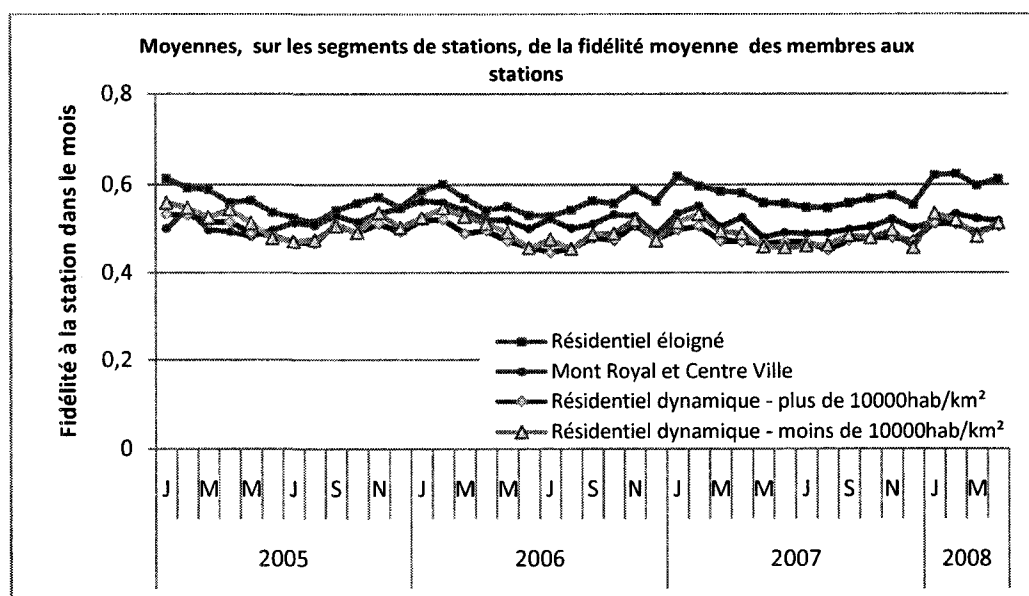


Figure 73 : Évolution de la fidélité des membres aux stations

Si, pour chaque station, on étudie la part des usagers actifs dont s est la seule station d'utilisation pendant le mois m (Martin, 2007), alors on obtient la Figure 74. On note, à partir de décembre 2005, une différence croissante entre les stations du segment « quartiers éloignés » et les autres. Cette tendance peut être liée à l'apparition, dans les zones plus excentrées, de nouveaux membres au comportement différent des autres utilisateurs. Le développement de nouvelles niches de marché peut en être la cause. En été, les utilisateurs des stations de ce segment viennent de plus loin pour accéder au système

(voir Figure 71), ce qui justifie qu'à cette période de l'année les taux des différents segments convergent. Il reste qu'à partir de 2006, cette tendance disparaît alors que les distances d'accès conservent les mêmes comportements. La Figure 75 montre que la distance moyenne parcourue était elle aussi proche pour les différents segments en été 2005, alors que le segment résidentiels éloignés se démarque les étés suivants. On peut donc penser que l'été 2005 était une période de transition ou d'expansion du système. Dès 2006 le système est utilisé différemment, peut être par de nouveaux membres.

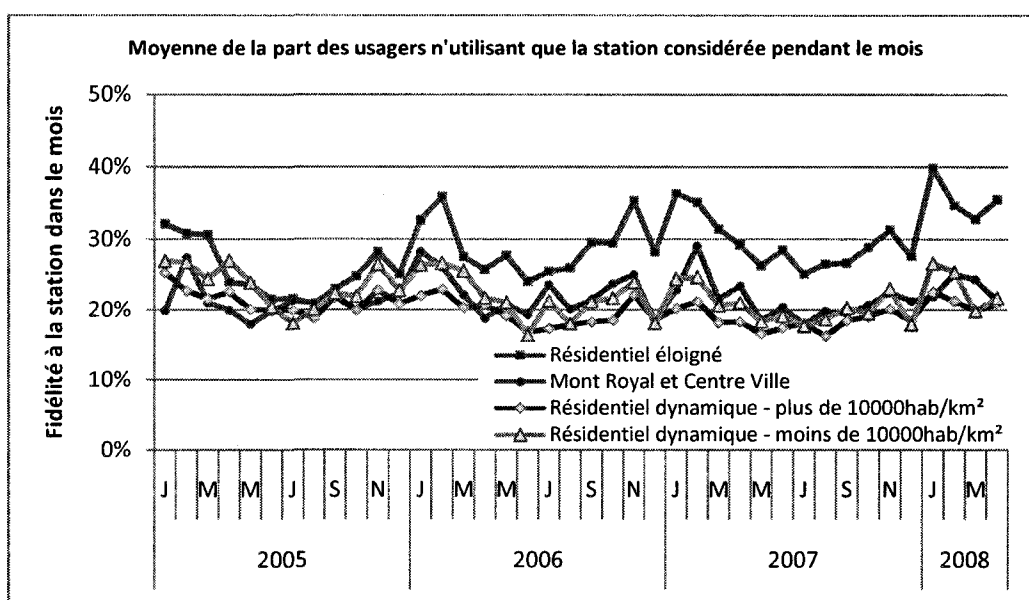


Figure 74 : Évolution de la moyenne de la proportion des membres n'utilisant qu'une station pendant un mois

Des stations pour des besoins spécifiques

Les stations des « quartiers résidentiels dynamiques » montrent un faible taux d'activité de leurs membres utilisateurs, ainsi qu'un faible taux de fidélité des membres. Ces chiffres sont liés à un fort taux de rotation des membres parmi ces stations. En effet, le service est plus dense, donc les abonnés utilisent rarement la même station. Les utilisateurs des stations des quartiers « Mont Royal et Centre Ville » semblent particuliers. En effet, ils possèdent un fort taux d'activité, accompagné d'un taux de fidélité un peu plus important que celui des stations des quartiers « résidentiels dynamiques ». Les quartiers « Mont Royal et Centre Ville » possèdent relativement peu de stations (voir Figure 58 et Figure 59), avec des capacités importantes (en véhicules). Par conséquent, les membres sont plus fidèles à leur point de service. Ils se distinguent donc des utilisateurs des autres quartiers. Finalement, les stations des quartiers plus éloignés possèdent des taux de fidélité

relativement élevés. La proportion des membres n'utilisant qu'une seule station est beaucoup plus importante dans ce type de quartiers. On note également que les membres utilisant ces stations semblent moins actifs que leurs homologues du centre-ville.

L'utilisation que ces derniers font de l'autopartage semble différente. En effet si on compare le kilométrage moyen par utilisation en fonction des stations (Figure 75), on trouve que les membres utilisant les stations plus éloignées, donc moins denses, parcourent de plus grandes distances. À l'inverse, plus la transaction est réalisée à partir d'une station située dans un quartier dense, plus la distance parcourue est faible.

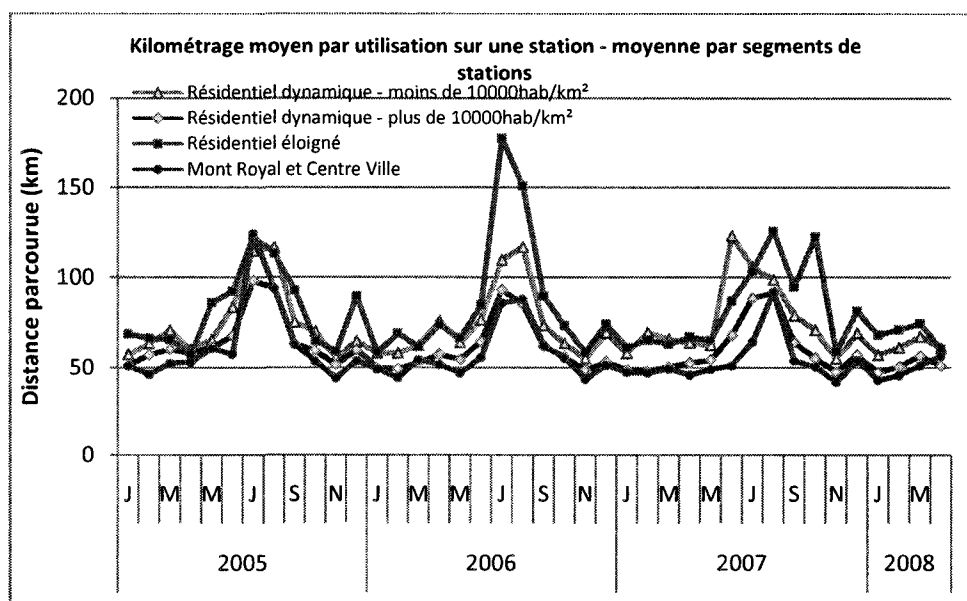


Figure 75 : Évolution du kilométrage moyen par utilisation sur une station, moyennes sur les segments de stations

Ainsi, on peut avancer certaines hypothèses. Les stations implantées dans les quartiers denses semblent répondre à des besoins plus locaux (commissions...). De leur côté, les stations plus éloignées du centre-ville répondent à des besoins plus variés. Les quartiers étant moins denses, les paniers de service sont plus éloignés et il est normal que les distances parcourues soient plus importantes. Néanmoins, ces utilisateurs sont apparemment moins actifs et plus fidèles. Dans les deux cas, l'été s'accompagne d'utilisations plus longues pour ces périodes de congés. Il se peut que la première catégorie de stations corresponde à des particuliers utilisant régulièrement l'autopartage dans des déplacements hebdomadaires pour un usage type « commission », alors que les stations plus éloignées répondraient à des utilisateurs plus occasionnels, n'utilisant pas

l'autopartage pour les commissions hebdomadaires mais plutôt pour des déplacements type « rendez-vous » ou encore pour des déplacements de loisir. Ces utilisateurs peuvent très bien résider dans des quartiers déjà couverts par le service mais dans lesquels la demande est plus forte. Ils accèdent à ces stations éloignées car elles sont moins achalandées elles autorisent des utilisations plus longues. Ceci explique clairement la forte différence entre les segments de stations au niveau de la distance parcourue en été. Une autre possibilité est que l'accès à ces stations ne se réalise pas dans le contexte du ménage, mais plutôt en fonction des activités journalières des personnes.

5.4. Résumé

Dans cette partie plusieurs points ont été abordés. Dans un premier temps l'analyse évolutive de l'offre et de la demande a permis de retracer l'évolution de ces objets entre 2005 et 2008. Le développement de l'offre a été détaillé en suivant l'évolution du réseau de stations et de la flotte de véhicules. Si on observe une augmentation globale de l'offre, certaines nuances liées aux politiques de développement de l'entreprise, ont pu être éclaircies et un processus d'expansion concentrique du marché de l'autopartage a été mis en avant. Ainsi, pendant ces trois années, les zones déjà couvertes ont connues une forte densification de l'offre. En parallèle, de nouvelles zones de marché situées principalement en bout de ligne de transport en commun lourd sont apparues. Conséquence d'une augmentation de l'offre, la croissance de la demande a été exposée. Le nombre de membres a été multiplié par quatre en trois ans et, à chaque mois, environ 50% des abonnés administratifs sont actifs. Ces abonnés sont principalement localisés dans des zones où un service est proposé.

Dans un deuxième temps, l'activité des membres a été suivie de manière à retracer l'utilisation du système. Des variations saisonnières, déjà abordées dans d'autres études, ont été présentées. Des tendances à plus long terme, résultantes de l'augmentation du nombre d'utilisateurs ont été mises en avant. Par exemple l'augmentation du nombre moyen de réservations ou encore la diminution de la distance ménages – stations. L'étude détaillée de l'utilisation des stations en fonction de leur localisation donne un aperçu des conséquences du processus d'expansion du système sur son utilisation. Les changements d'habitudes des membres, suite à l'augmentation du service proposé, ainsi que les comportements spécifiques aux stations sont abordés. Il ressort que les stations éloignées

du centre moyen du réseau attirent soit des usagers particuliers soit des utilisations spéciales (longues distances). Afin d'appréhender un peu plus ces tendances, la suite du document se penche sur les parts de marché des stations d'autopartage, soit l'influence de la station sur son environnement.

CHAPITRE 6 : PARTS DE MARCHÉ DES VOISINAGES DE STATIONS

La connaissance des potentiels de part de marché, en fonction des propriétés démographiques des quartiers et des caractéristiques de l'offre, renferme une forte valeur ajoutée pour la compréhension globale de ce mode et pour les opérateurs désireux de mieux planifier leur développement.

Au §5.2, nous avons constaté que les ménages des membres se situaient principalement dans les zones où un service est proposé. De plus, nous avons vu au §5.3 que dans un certain nombre de voisinages, les membres utilisaient le système à partir de stations proches. Aussi, nous allons nous intéresser à la part de marché dans les voisinages des stations elles-mêmes.

Grâce à une association spatiale, on estime le nombre de résidents et on chiffre le nombre de membres habitant dans chaque zone. Là encore, l'estimation de la population est réalisée à partir du recensement de la population (Statistiques Canada, 2006). Ici on considère la population totale. Cette mesure est donc statique et sous estime la part de marché réelle puisque seules les personnes de plus de 21 ans sont potentiellement des utilisateurs de l'autopartage (règlement de l'opérateur montréalais). Par contre, on considère l'univers des membres administratifs spécifiques à chacun des mois étudiés.

6.1. Évolution de la part de marché

La part de marché, PM_z , dans chaque zone est alors considérée comme le rapport suivant :

$$PM_z = \frac{\text{Nombre d'abonnés résidant dans le voisinage de la station } z}{\text{Population résidant dans le voisinage de la station } z} = \frac{\text{card}(\{a | a \subset z\})}{\text{pop}(z)}$$

Dans un premier temps on considère la part de marché moyenne du système d'autopartage comme la moyenne des parts de marché observées dans les voisinages des stations existantes pendant le mois étudié. Soit :

$$PM_m = \frac{\sum_{z=1}^{z=\text{card}(\mathbb{Z})} PM_z}{\text{card}(\mathbb{Z})}$$

La Figure 76 illustre l'évolution de cette variable. Le mois numéroté 1 est janvier 2005 et 40 est mai 2008. On considère ici différentes valeurs pour le rayon des voisinages autour des

stations. On remarque déjà une forte augmentation avec le temps de la part de marché moyenne de l'autopartage dans les voisinages de stations. De manière globale, la part de marché moyenne a doublé sur la période de l'étude. Par ailleurs, plus on prend en compte une zone proche des stations, plus la part de marché acquise par l'autopartage est importante. Par conséquent on peut penser que la proximité du service favorise son adoption. Pour la suite de l'étude, on fixe le rayon des voisinages pour l'analyse des parts de marchés à 800 mètres de manière à faciliter les comparaisons avec les résultats obtenus précédemment.

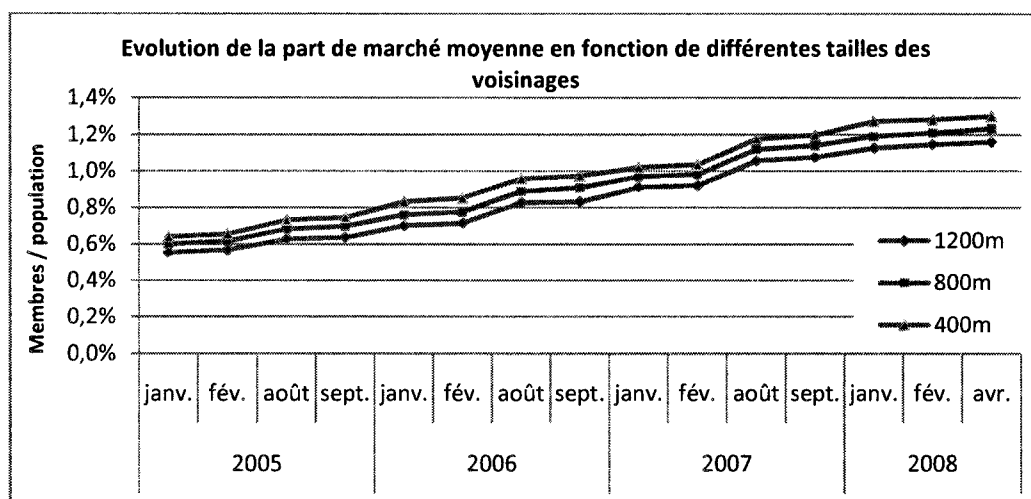


Figure 76 : Étude de l'effet de la proximité sur la part de marché de l'autopartage

Notons que l'indicateur de part de marché ci-dessus est établi localement puisqu'il prend en compte séparément chacune des stations. Il comporte donc certain biais car les stations proches possèdent des voisinages qui se superposent. Par conséquent les membres administratifs peuvent appartenir à plusieurs voisinages de stations. PM_m est une moyenne sur l'ensemble du réseau.

On introduit une nouvelle variable, la part de marché globale, qui caractérise l'implantation du service de manière générale sur l'aire urbaine, A_z , où le service est proposé. Le but est de considérer de manière plus globale l'implantation de l'autopartage dans le paysage urbain. Soit :

$$\begin{aligned}
 PM_g &= \frac{\text{Nombre d'abonnés résidant dans un voisinage de station}}{\text{Population résidant dans l'aire couverte par l'ensemble des voisinages}} \\
 &= \frac{\text{card}(\{a | a \subset \mathbb{Z}\})}{\text{pop}(\mathbb{Z})}
 \end{aligned}$$

La Figure 77 montre l'évolution des deux indicateurs précédents. La part de marché moyenne est accompagnée de barres d'erreur présentant, pour chacun des mois étudiés, l'intervalle $[PMm - \sigma; PMm + \sigma]$, avec σ l'écart type de la distribution sur l'ensemble des voisinages.

On remarque que la croissance du réseau de stations entraîne une plus grande disparité de la pénétration de marché autour des points de service. Tout en gardant à l'esprit que ces chiffres sont obtenus avec une estimation de la population fixe, estimée à partir du recensement 2006, cette figure révèle que d'une manière globale dans la GRM, la part de marché croît. De plus elle augmente plus rapidement dans les zones où le service est mieux implanté (+1% entre janvier 2005 et avril 2008).

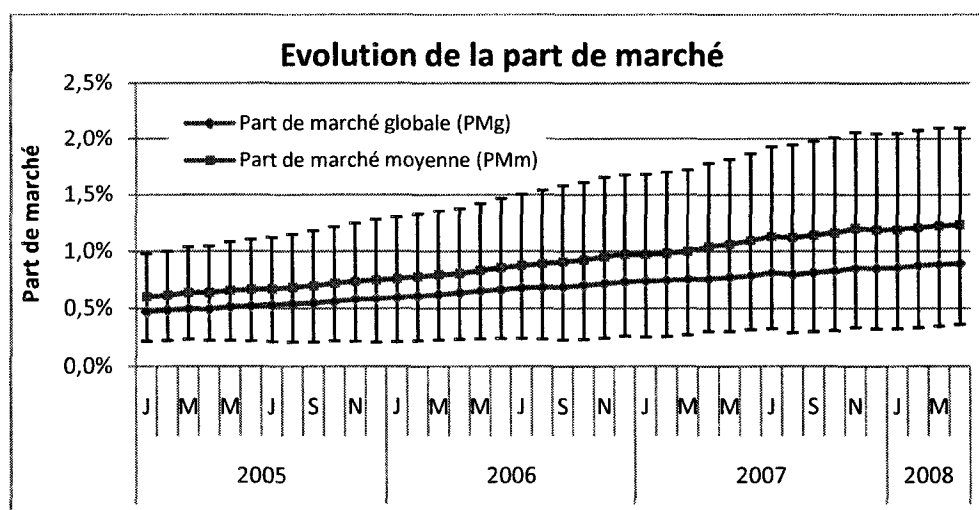


Figure 77 : Évolution de la part de marché pour des voisinages de rayon 800m

La Figure 78 présente le réseau, dans son contexte géographique, au début et à la fin de la période étudiée. Pour chacun des voisinages existant, la part de marché est illustrée. La part de marché moyenne étudiée précédemment est la moyenne de ces valeurs. Selon la localisation des stations dans le milieu urbain, on remarque une forte hétérogénéité de la croissance des parts de marché, ce qui explique l'accroissement de l'écart type présenté dans la Figure 77. Les voisinages présentant une forte croissance sont situés vers le centre moyen de dispersion des stations (voir Figure 56 et Figure 57). Ceci explique la différence entre la PMg et la PMm (Figure 77) puisque cette zone est fortement couverte par le service, les membres sont comptés plusieurs fois lors de l'estimation de PMm.

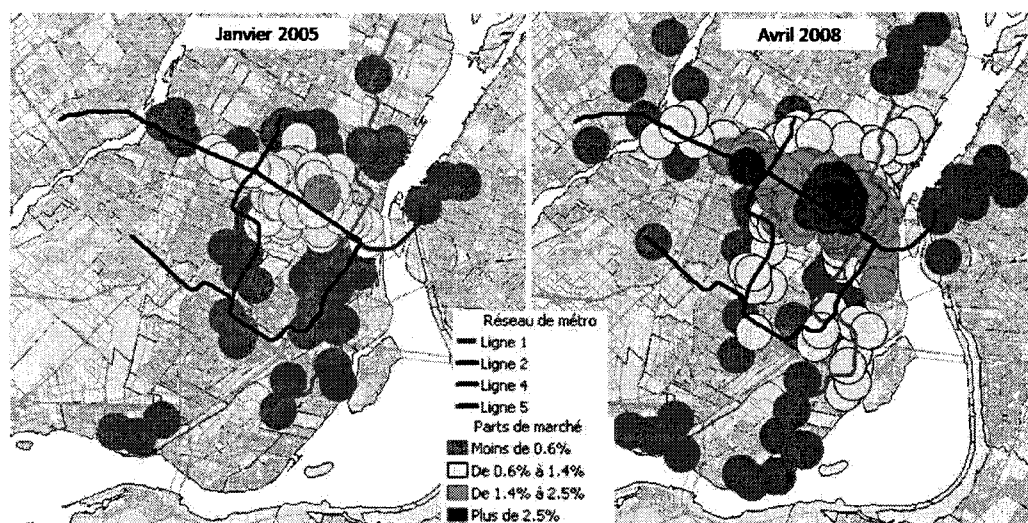


Figure 78 : Présentation de la dispersion spatiale des parts de marché sur le territoire, janvier 2005 et avril 2008

Nous allons maintenant regarder les différents paramètres qui influencent la part de marché des voisinages de stations dans le but de proposer un début de modélisation pour cette variable.

6.2. Étude des variables temporelles

Afin de se rendre compte de l'influence des variables temporelles sur cet indicateur, on étudie l'évolution de la part de marché sur chaque station. Pour faciliter la lecture des résultats mais aussi pour prendre en compte d'éventuels phénomènes liés au temps de maturation du marché et à la saisonnalité (exemple : croissance plus forte après un certain temps d'existence), on introduit un découpage en cohortes de l'ensemble des stations. Ainsi les stations sont toutes associées à leur mois de création. L'ensemble des stations créées pendant un même mois forment alors une cohorte. On suit alors la valeur moyenne de la part de marché de chaque cohorte mois après mois. Évidemment, en fonction du mois considéré et de l'historique des ouvertures de stations, le nombre de stations par sous-ensemble n'est pas identique et leurs positions géographiques différent. Le Tableau 13 présente toutes les cohortes et le nombre de stations qu'elles comportaient au premier mois d'activité. Les points de service pouvant être amenés à disparaître, le nombre de stations dans les cohortes en avril 2008 est aussi fourni.

Tableau 13 : Caractérisation des cohortes de stations

Nombre de stations par cohorte			Nombre de stations par cohorte		
Cohortes	Mois de création	Avril 2008	Cohortes	Mois de création	Avril 2008
janv-05	82	71	nov-06	2	2
mars-05	1	1	déc-06	2	2
avr-05	5	5	janv-07	3	3
mai-05	3	2	févr-07	1	1
juin-05	5	5	mars-07	5	5
juil-05	2	2	avr-07	10	10
août-05	1	1	mai-07	5	4
sept-05	4	4	juin-07	4	4
oct-05	1	1	juil-07	1	1
nov-05	2	2	août-07	11	10
déc-05	3	1	sept-07	2	2
avr-06	1	1	oct-07	1	1
mai-06	3	3	nov-07	1	1
juin-06	5	5	janv-08	2	2
juil-06	1	1	févr-08	1	1
août-06	2	2	mars-08	2	2
sept-06	4	4	avr-08	3	3
oct-06	3	3			

Dans cette division en cohortes, janvier 2005 est un peu spécial puisqu'il ne correspond pas vraiment aux stations créées pendant ce mois, mais plutôt aux stations existantes au premier mois d'observation de l'étude. Ainsi il comporte un grand nombre de stations alors que les autres cohortes peuvent n'être associées qu'à une seule station. Il ne sera donc pas pris en compte dans la suite. De manière générale, les 34 cohortes restantes (certains mois n'ont pas de stations associées) ont un nombre moyen de 3 stations / cohorte.

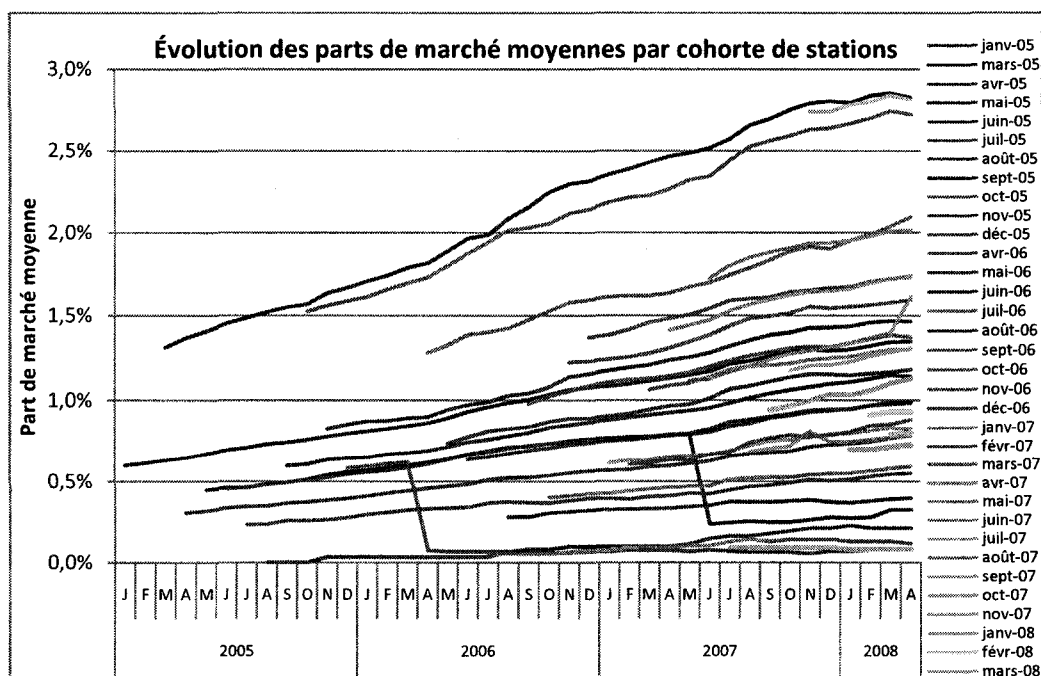


Figure 79 : Évolution des parts de marché par cohorte de stations

La Figure 79 montre l'évolution temporelle de la part de marché moyenne de chacune des cohortes, ceci entre son premier mois d'existence et jusqu'en avril 2008. On remarque une grande dispersion de la valeur de la part de marché moyenne. Cependant, quelle que soit la cohorte considérée on observe une croissance dans le temps. Certaines courbes présentent des variations importantes d'un mois à l'autre, liées à la fermeture d'une station dans une cohorte où les parts de marché observées étaient très hétérogènes. De manière générale, ce graphique ne met pas en évidence l'existence de phénomènes saisonniers dans la croissance des parts de marché. Il est donc possible de classer les cohortes en fonction de leur âge sans pour autant masquer de phénomène lié à la référence temporelle.

On normalise l'axe temporel afin de regarder l'influence de l'âge des points de service sur la part de marché. La Figure 80 se base sur des données uniformisées ; on considère maintenant l'âge (en mois) des cohortes comme variable temporelle et la croissance de la part de marché moyenne des cohortes. La valeur de la part de marché lors du mois de création de la station sert de valeur initiale pour le calcul de sa croissance. Les chiffres présentés sont des croissances moyennes sur les cohortes.

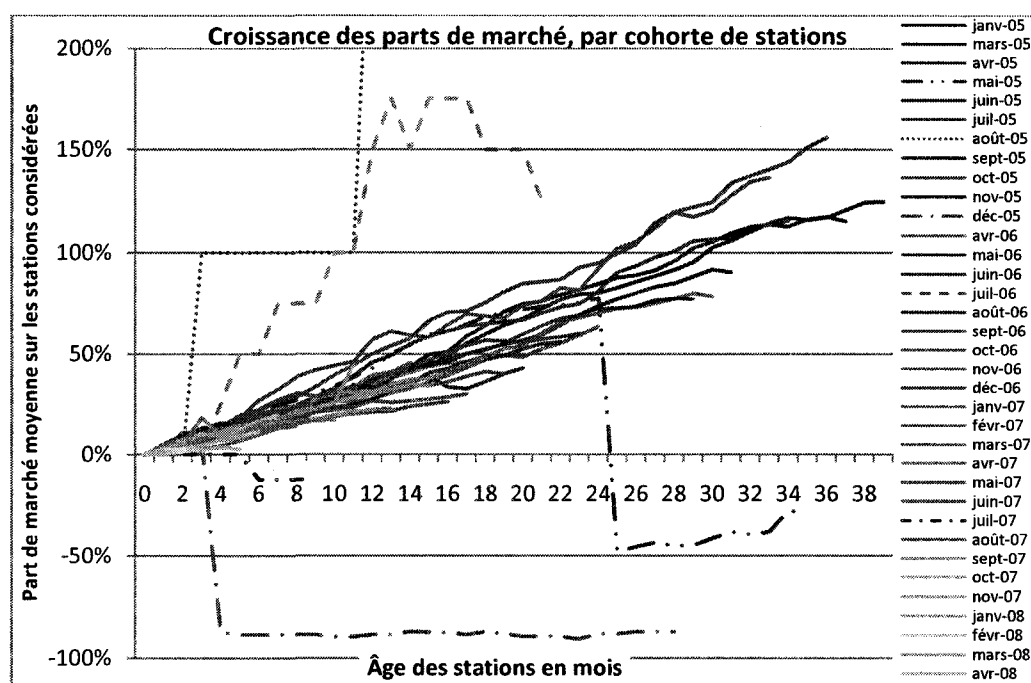


Figure 80 : Influence de l'âge des stations sur la croissance des parts de marché

Limites de cette représentation

Les courbes correspondant à une seule station affichent plus de variabilité : les mois de juillet 2006 et août 2005 correspondent chacun à une seule station située à Laval (voir Figure 21). Ces dernières connaissent une très forte croissance puisque le secteur comportait très peu de membres avant l'installation du service (voir Figure 61). Les valeurs négatives sont des mois où des stations ont été créées sur la rive sud de Montréal. Cette zone, hors de l'île de Montréal, comptait quelques membres en début de période (Figure 61). Comme certains disparaissent on observe une décroissance. Par la suite, de nouveaux abonnés apparaissent. D'où l'allure de ces courbes. Le cas particulier de mai 2005 s'explique par la fermeture d'une station, les autres stations du sous ensemble sont également situées sur la rive sud d'où un nombre d'abonnés bien plus faible et la chute de la part de marché moyenne sur cette cohorte.

Intérêt de cette représentation

L'intérêt de la Figure 80 apparaît lorsque l'on considère la tendance globale des courbes. En effet, hormis quelques échelons, elles mettent toutes en avant une importante croissance du marché. En fonction des cohortes, on observe différentes valeurs pour les pentes des courbes. Si dans les premiers mois les croissances observées sont voisines, on remarque une différenciation avec le temps. La localisation des stations et les propriétés des voisinages où elles sont implantées semblent conditionner leur développement.

6.3. Étude des paramètres géographiques

Les différents types de voisinages définis précédemment sont analysés afin de constater l'influence des propriétés des voisinages sur la part de marché. La Figure 81 montre l'évolution mois après mois de la part de marché moyenne, calculée sur chacun des segments précédents.

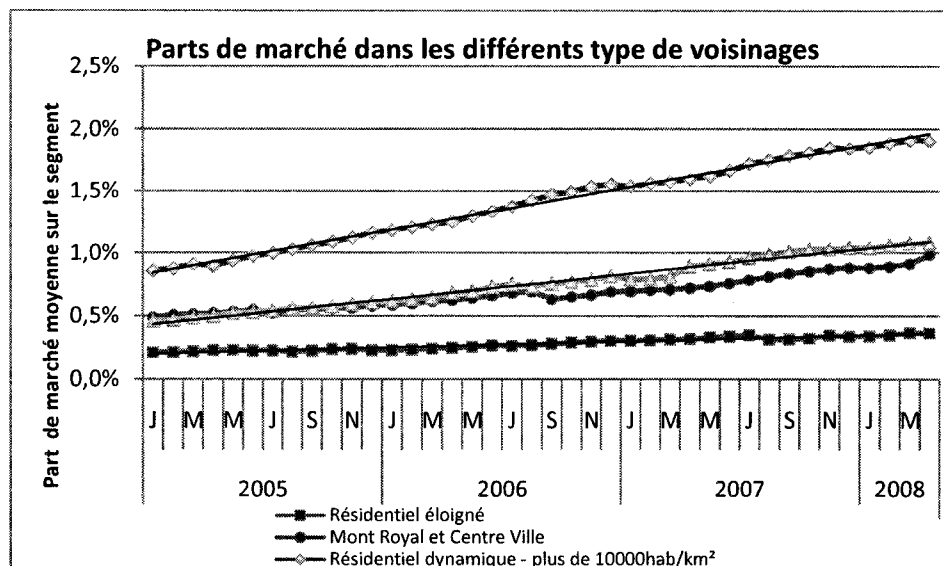


Figure 81 : Évolution de la part de marché moyenne en fonction du type de voisinage

Il existe une différence significative entre les types de voisinages. En effet, plus la densité est élevée, plus la part de marché est importante et croît de manière prononcée avec le temps. Si on considère la relation suivante, définissant l'effet brut du temps sur la part de marché :

$$PM_{s(m+1)} = PM_{s(m)} \times K_{segment}$$

Avec :

- $PM_{s(m)}$, la part de marché dans le voisinage de la station s , pendant le mois m .
- $K_{segment}$, le coefficient de croissance de la part de marché. En fonction du type de quartiers considéré, il prend les valeurs suivantes :

Quartiers	K segment
Résidentiels éloignés	1.06
Mont Royal et Centre-ville	1.08
Résidentiels dynamiques – moins de 10000 hab. / km²	1.10
Résidentiels dynamiques – plus de 10000 hab. / km²	1.11

Le coefficient de croissance de la part de marché est le plus élevé pour les quartiers les plus denses. Il est suivi par ceux des quartiers « résidentiels dynamiques – moins de 10000 hab. / km² » et « Mont Royal et Centre-ville ». L'introduction de deux nouvelles stations dans une niche de développement (voir Figure 57) explique la baisse observée en septembre 2006 pour les quartiers de type « Mont Royal et Centre Ville ». Si les utilisateurs de ces deux types de quartiers ont des comportements différents (voir §5.3.2), ils possèdent des

parts de marché voisines et un développement semblable. Enfin, les quartiers « résidentiels éloignés » possèdent le coefficient de croissance de la part de marché le plus faible. Finalement, quelque soit le type de quartiers, les parts de marché augmentent et comme stipulé dans la littérature, l'autopartage s'implante mieux dans les quartiers denses.

6.4. Modélisation : régression linéaire

A partir des données estimées sur les stations dans le §4.3.4, une régression linéaire est effectuée afin de proposer une première modélisation de l'évolution de la part de marché d'une station d'autopartage. L'âge et les propriétés du quartier dans lequel est implantée la station sont utilisés comme variables.

6.4.1. Choix des variables

Une analyse de la corrélation entre les variables disponibles est présentée dans le Tableau 14. La distance séparant la station du centre moyen du réseau de station en 2008 est fortement corrélée avec deux propriétés du voisinage de la station : le pourcentage de personnes possédant un diplôme universitaire (-0.63) et la densité de population (-0.65). Aussi ces deux dernières variables ne seront pas utilisées dans les modèles. Les quatre propriétés de la station restantes sont donc retenues, en plus de son âge, pour être utilisées comme variables dans la modélisation.

Tableau 14 : Résultat de l'analyse de corrélation entre les variables, modèle des parts de marché

	<i>Densité de population</i>	<i>Indicateur de connexion au système de transport</i>	<i>Distance du centre moyen du réseau de stations</i>	<i>Taux emploi moyen</i>	<i>Taille moyenne des ménages</i>
<i>Densité de population</i>	1				
<i>Indicateur de connexion au système de transport</i>	0.25	1			
<i>Distance du centre moyen du réseau de stations</i>	-0.65	-0.45	1		
<i>Taux emploi moyen des ménages du voisinage</i>	0.45	-0.21	-0.38	1	
<i>Taille moyenne des ménages</i>	-0.34	-0.26	0.52	-0.19	1
<i>Taux de personne avec un diplôme universitaire</i>	0.27	0.33	-0.63	0.31	-0.23

6.4.2. Modélisation des parts de marché du système en janvier

En considérant tous les mois de l'étude dans la modélisation, un biais important serait introduit. En effet, plus les stations sont anciennes, plus le nombre d'observations associées est important. Les stations les plus vieilles se situent principalement vers le centre moyen du système. Par conséquent, au détriment des autres stations, on donnerait plus d'importance à ce type de voisinages dans le modèle. Pour cette raison, la modélisation de la part de marché dans les voisinages des stations est réalisée à partir des données des trois mois de janvier consécutifs : 2006, 2007 et 2008. Janvier 2005 n'est pas utilisé puisque l'âge des stations ne peut être considéré à cause de la troncature des données. Cette modélisation se base alors sur 394 observations. Pour prendre en compte la provenance des données, deux variables d'états « années » sont introduites. Elles prennent la valeur « 0 » ou « 1 » en fonction de l'année d'observation, « 1 » validant l'année correspondante. Pour une observation donnée, si l'une de ces variables prend la valeur « 1 » alors l'autre est forcée à zéro. L'observation date de janvier 2008 si les deux variables précédentes sont à zéro. Trois variables temporelles sont maintenant présentes dans ce modèle, bien que légèrement corrélées elles sont toutes conservées (coefficient de corrélation maximum entre deux d'entre elles : -0.46). Pour la modélisation, les variables suivantes ont été normalisées (entre 0 et 1) : la taille moyenne des ménages, l'âge des stations, la distance du centre moyen du réseau de stations. La part de marché étant toujours positive ou nulle, on utilise la transformation logarithmique de la variable dépendante ; le modèle suivant est étudié :

$$\ln(\text{Part de marché}) = \varphi(C_s, D_{cm}, T_{emploi}, T_{ménage}, \text{âge}, \text{année}_{2006}, \text{année}_{2007})$$

Avec :

- *Part de marché*, la part de marché (%).
- C_s , l'indicateur de connectivité au système de transport en commun.
- D_{cm} , la distance, en mètres, entre le centre moyen des stations en janvier 2008 et la station considérée.
- T_{emploi} , le taux d'emploi moyen des personnes dans le voisinage de la station considérée.
- $T_{ménage}$, la taille moyenne des ménages dans le voisinage de la station considérée.
- *âge*, l'âge de la station en mois.

- $année_{2006}$ et $année_{2007}$, le coefficient de pondération pour l'année d'observation, par rapport à janvier 2008.

Le coefficient de détermination obtenu avec ce modèle est $R^2 = 0.85$ et toutes les variables sont significatives à 99%. Le Tableau 15 présente les résultats de l'estimation des coefficients et la Figure 82 montre la distribution des résidus en fonction des valeurs estimées. L'effet moyen donné ci-dessous est calculé en multipliant le coefficient par la moyenne des valeurs des observations pour chaque variable indépendante. Il permet d'appréhender l'influence des variables.

Tableau 15 : Résultat de la régression linéaire, parts de marché des stations

	Coefficient	Erreur Std	t-stat	p-value	Effet moyen
Constante	1.6474	0.36	4.62	0.000	1.647
Cs	0.3794	0.10	3.69	0.000	0.138
Distance du centre moyen	-2.5519	0.13	-19.40	0.000	-0.868
Taux moyen d'emploi des ménages	5.3703	0.39	13.89	0.000	3.255
Taille moyenne des personnes	-3.0868	0.32	-9.70	0.000	-2.221
Âge de la station	0.2314	0.08	2.94	0.003	0.125
Année 2006	-0.3916	0.06	-6.77	0.000	-0.282
Année 2007	-0.1570	0.05	-3.26	0.001	-0.113

D'après la distribution des résidus, les observations présentent un problème de variance. Ce dernier est probablement lié aux stations les plus anciennes, situé vers le centre moyen, qui possèdent plus d'observations associées.

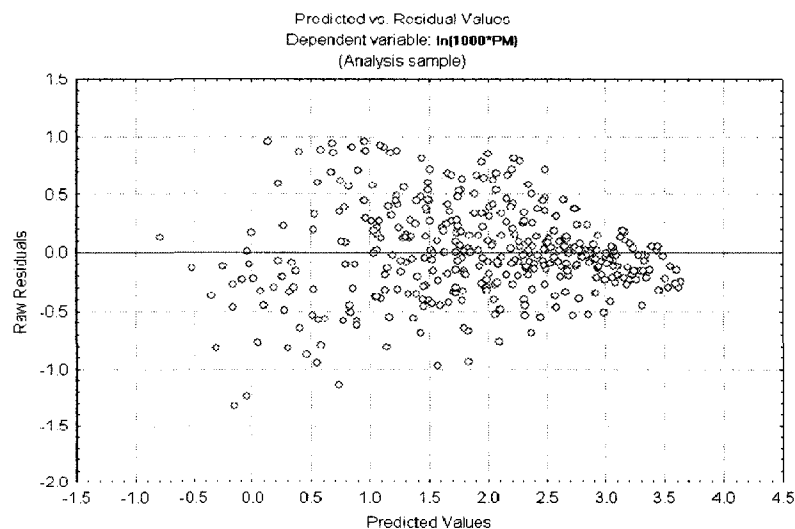


Figure 82 : Graphique des résidus en fonction des valeurs estimées

Ainsi, les variables les plus influentes sont le taux d'emploi moyen des personnes et la taille moyenne des ménages. Cette dernière jouant un rôle fortement défavorable. La distance entre la station et le centre moyen du réseau favorise elle aussi l'existence de membres dans le voisinage des stations. Cette dernière est corrélée avec la densité de population et le pourcentage de personnes avec un diplôme universitaire. Encore une fois, ces deux propriétés des voisinages de stations semblent jouer un rôle majeur dans le développement de l'autopartage. L'existence d'un réseau de transport en commun apparaît moins importante pour la part de marché dans le voisinage des stations. En effet il a été mis en avant que dans de nombreux quartiers les membres accédaient au système via des stations proches de leur domicile.

Comme attendu, la part de marché dans les voisinages de stations augmente avec l'âge de la station. Pourtant cette analyse révèle que l'âge du système possède une plus grande influence que celui des stations. En effet, ce mode est relativement nouveau. Aussi, il semble toujours gagner à se faire connaître. Ce modèle met en avant une forte hausse de la part de marché entre 2006 et 2007. Ceci peut être lié la densification du réseau de stations vers le centre moyen. En effet, cette tendance peut influencer le modèle vers une légère surestimation de la demande, le poids des stations à part de marché élevée augmentant alors que les membres peuvent être comptés dans plusieurs voisinages de stations.

La Figure 83 présente l'erreur d'estimation en pourcentage de la valeur observée en fonction de l'année et de la localisation géographique des stations : une erreur négative signifie que le modèle sous-estime la valeur observée de la part de marché.

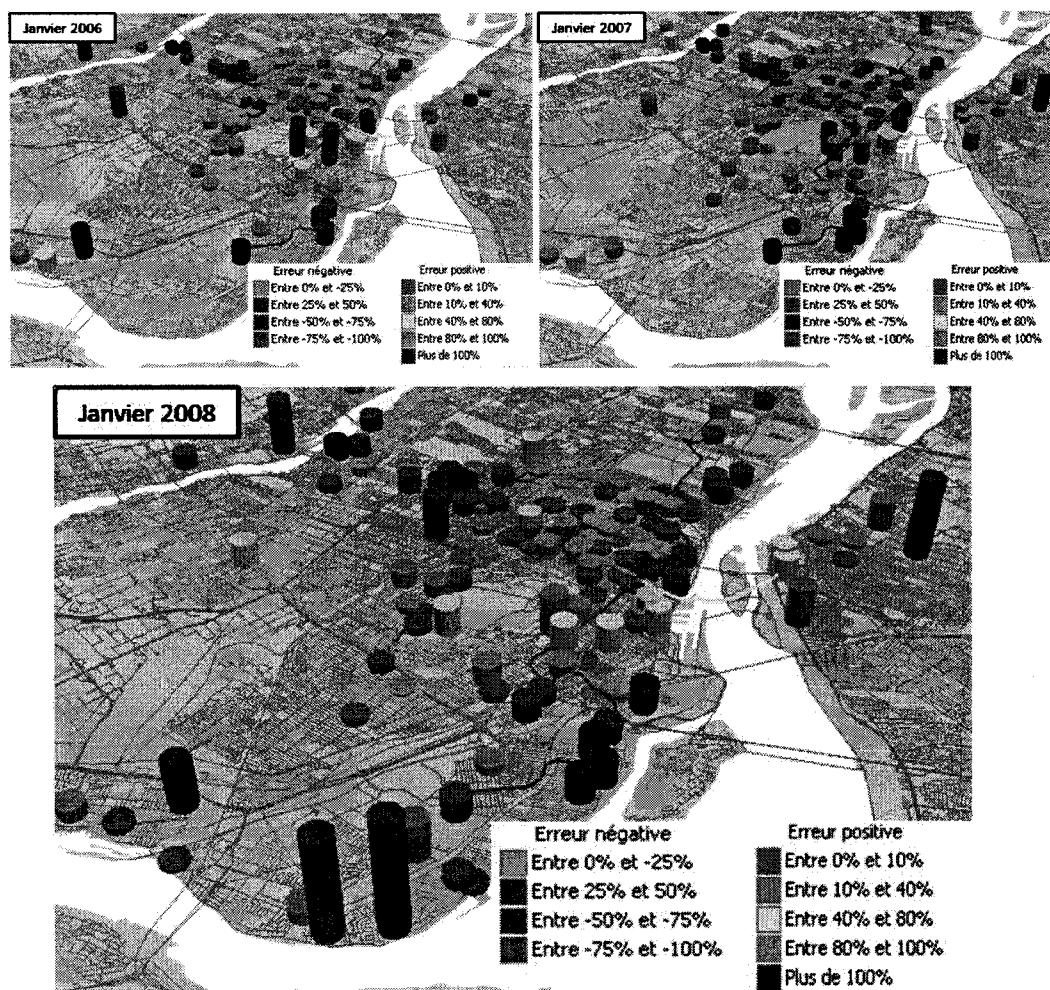


Figure 83 : Représentation géographique et temporelle des résidus

Les stations proches du centre moyen du réseau sont modélisées de manière plus précise que celles en périphérie. Les stations concentrant les erreurs les plus grandes semblent être les nouvelles stations créées pendant l'année, et éloignées du centre moyen. Dès qu'une station est implantée dans un secteur déjà couvert, l'évolution de la part de marché semble moins influencée par l'âge de la station elle-même que par l'historique d'implantation du service dans le secteur. C'est le phénomène mis en avant dans la Figure 79. Des variables de voisinage axés sur l'offre comme le niveau de service (voir définition au §2.8) mériteraient d'être testées dans le modèle.

6.5. Résumé

Conséquence directe de l'augmentation du nombre d'abonnés, la part de marché de l'autopartage croît également. L'évolution de cette part de marché dans le voisinage des stations permet de dire que l'autopartage semble être favorisé par la proximité entre les utilisateurs et le service. Cette étude a permis de constater qu'en fonction de leur localisation, les stations profitent de cette croissance de manière hétérogène. Encore une fois, se sont les secteurs fortement couverts par le service et les quartiers densément peuplés, qui comptent les parts de marché les plus significatives. La modélisation réalisée a permis de chiffrer l'influence moyenne des propriétés du voisinage de la station. Ainsi, le taux moyen d'emploi des personnes semble aussi être un facteur clé pour une implantation réussie du système. D'autres critères, comme la taille des ménages influencent aussi le développement du système. L'évolution des parts de marché semble corrélée avec l'historique de service dans le quartier.

Pour aller plus loin, nous allons maintenant nous intéresser à l'un des mécanismes qui régit l'évolution de cette part de marché : la persistance d'activité des abonnés du système d'autopartage.

CHAPITRE 7 : ÉTUDE DE LA SURVIE DES MEMBRES DANS LE SYSTÈME

Morency et al. (Morency, Trépanier, Agard, Martin, & Quashiee, 2007) ont mis en avant les possibilités d'analyse de la survie des membres, dans un système d'autopartage, à partir de bases de données transactionnelles. La connaissance de l'univers des transactions sur une aussi grande plage temporelle (40 mois) offre un cadre idéal afin d'améliorer la compréhension des comportements des utilisateurs. Cette partie se base sur le sous-ensemble des membres qui ont effectué au moins une réservation sur toute la période considérée. En effet, même si la réservation est annulée par la suite, cette variable traduit une volonté d'utilisation de la part du membre. Les comptes corporatifs ne sont pas pris en compte, soit un sous ensemble de 11776 membres (environ 97% de Ar).

7.1. Présentation et comportements observés

7.1.1. Les concepts

La caractérisation de la persistance d'activité des membres est réalisée en considérant un découpage temporel de l'ensemble des utilisateurs. Comme précédemment avec les stations, un découpage en cohortes est utilisé. Une cohorte se compose de tous les membres dont la première utilisation du système se situe dans un même mois m . Quarante cohortes, dont la population maximale est fixe, sont constituées. Un membre appartenant à une cohorte peut rester inactif pendant plusieurs mois avant d'effectuer un certain nombre d'utilisations pendant un mois donné. Par exemple, il peut utiliser quatre fois le système pendant un mois, ne pas l'utiliser pendant les trois prochains mois, pour ensuite redevenir actif. Le taux de survie de la cohorte, qui définit le pourcentage de membres encore actifs après i mois, se calcule comme le ratio des membres appartenant à la cohorte sur le nombre de membres appartenant à la cohorte et actifs au mois $m + i$ ($i \in [1 ; 40 - m]$) considéré.

$$T = \frac{Card(cohorte)}{membres\ actifs\ de\ la\ cohorte}$$

Encore une fois, un membre est considéré actif au mois m s'il effectue au moins une réservation pendant ce mois. La Figure 84 illustre le principe du taux de survie d'une cohorte de membres apparus en décembre 2005.

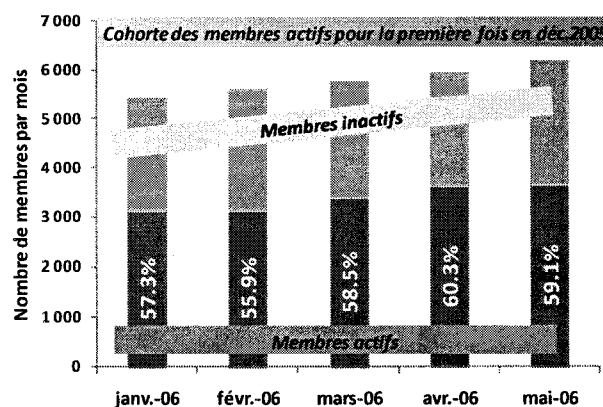


Figure 84 : Illustration du taux de survie d'une cohorte

7.1.2. Comportement global

Les populations, soit le nombre de membres actifs recensés, maximales (premier mois d'existence de la cohorte) et minimales (dernier mois de l'étude) pour les quarante cohortes sont présentées dans le Tableau 16. La Figure 85 montre en ordonnée le nombre de membres existant dans chaque cohorte lors de sa création (janvier 2005 est tronquée).

Ces graphiques mettent en avant des phénomènes saisonniers concernant l'apparition de nouveaux membres. Pour les années 2006 et 2007, entre les mois de juin et d'octobre, une augmentation des inscriptions est visible. De plus, hormis en janvier 2007 où le nombre de nouveaux membres est plus important, les premiers mois de chaque année sont des périodes avec moins de nouveaux membres. Par conséquent, il est clair que les populations des premières cohortes sont liées à l'initialisation de la période d'étude et pas seulement aux nouveaux abonnés entrant dans le système. De manière à limiter le biais dans le calcul de certains indicateurs, les cohortes avant mai 2005 ne seront pas considérées dans les calculs ni dans les analyses car elles comptent beaucoup plus de membres que les cohortes voisines et ne correspondent pas aux tendances saisonnières observées sur le reste de la plage temporelle.

Tableau 16 : Population des cohortes

Nombre de membres par cohorte					
Cohorte	Premier mois	Avril 2008	Cohorte	Premier mois	Avril 2008
janv.-05	2389	971	sept.-06	200	85
févr.-05	474	168	oct.-06	260	124
mars-05	355	118	nov.-06	232	118
avr.-05	264	93	déc.-06	219	114
mai-05	248	82	janv.-07	331	186
juin-05	256	87	févr.-07	182	97
juil.-05	217	77	mars-07	173	85
août-05	213	69	avr.-07	184	112
sept.-05	169	57	mai-07	214	117
oct.-05	197	68	juin-07	279	161
nov.-05	232	77	juil.-07	315	178
déc.-05	178	65	août-07	351	210
janv.-06	151	58	sept.-07	286	178
févr.-06	167	70	oct.-07	281	188
mars-06	172	62	nov.-07	244	167
avr.-06	181	69	déc.-07	214	145
mai-06	204	72	janv.-08	191	135
juin-06	264	116	févr.-08	242	173
juil.-06	256	118	mars-08	262	205
août-06	265	147	avr.-08	264	264

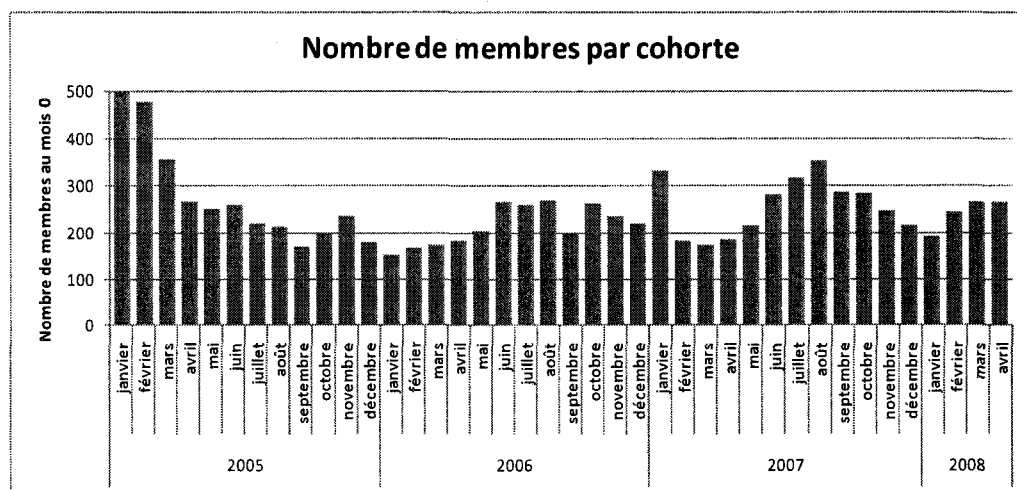


Figure 85 : Phénomènes saisonniers et nombre de membres par cohorte

Le suivi, mois après mois, des membres dans le système a été réalisé. La Figure 86 montre le nombre de membres actifs pour chacun des mois étudiés. Les membres sont répartis dans leur cohorte. Pour chaque cohorte, cette figure illustre l'existence d'un phénomène de « mort virtuelle des membres ». En effet, le nombre de membres actifs par cohorte diminue avec le temps. Soit ces utilisateurs décident de ne pas utiliser temporairement le système, soit ils ne font plus partie du système d'autopartage.

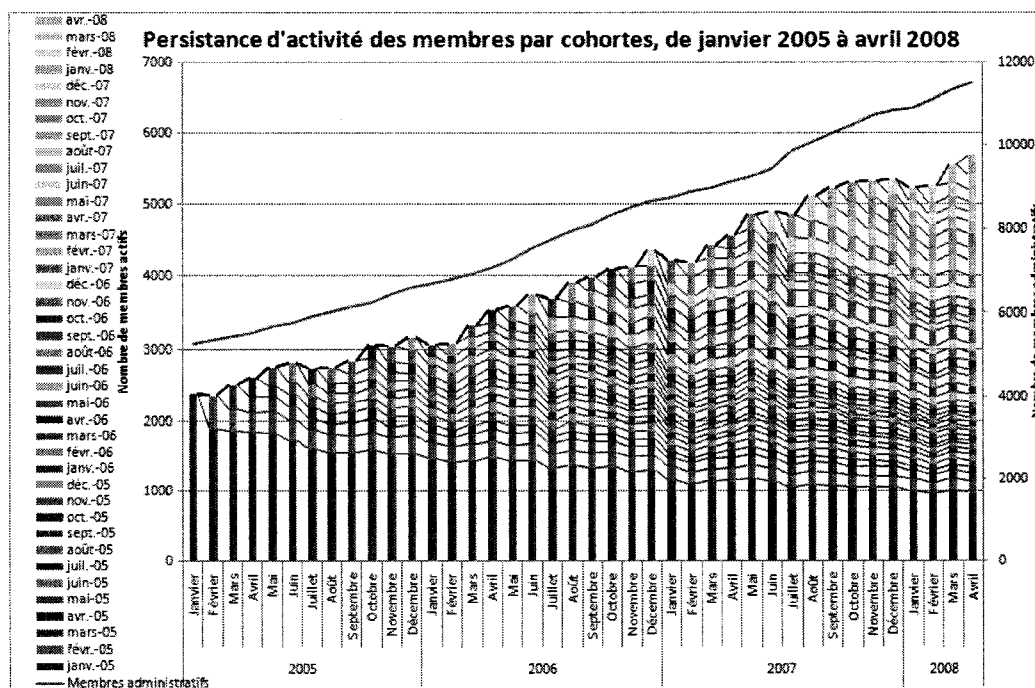


Figure 86 : Persistence d'activité des membres sur la période, découpage en cohortes mensuelles

La Figure 87 présente l'évolution de l'ensemble des courbes des taux de survie pour les 36 cohortes considérées. L'axe des abscisses correspond au temps d'existence des cohortes. La structure des données disponibles fait que plus on considère une durée d'existence dans le système longue, moins le nombre de données disponibles est important (troncature des observations en avril 2008). Néanmoins, il semble que plus le temps d'existence est grand moins le taux de survie décroît rapidement. De plus, l'amplitude des oscillations mensuelles diminue avec le temps puisque l'on voit apparaître un noyau dur d'utilisateurs stables.

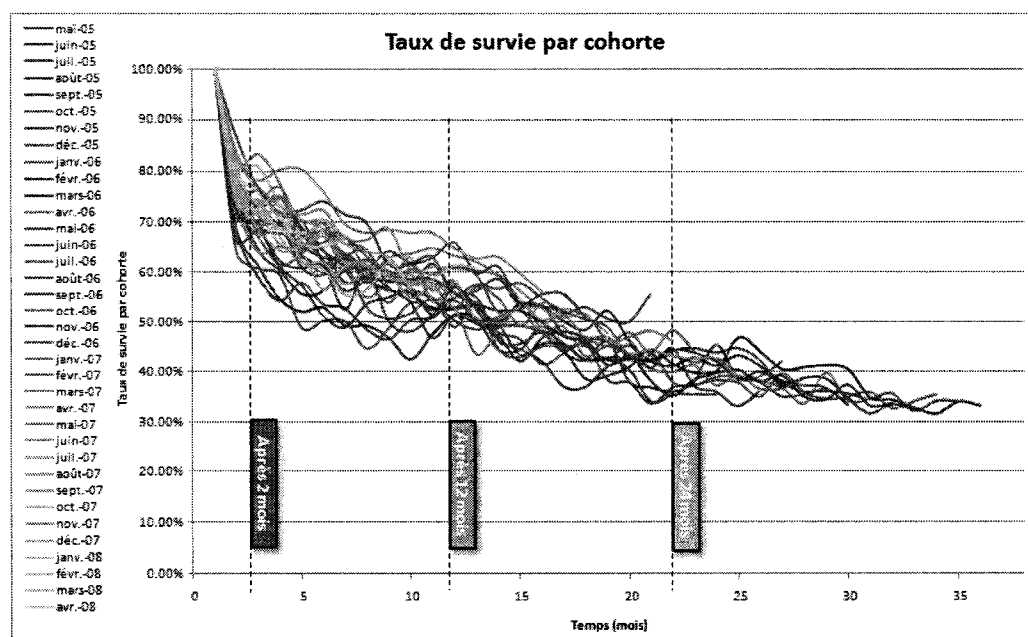


Figure 87 : Evolution des taux de survie des membres par cohortes

Pour l'ensemble des cohortes, la Figure 88 présente les taux de survie observés après 2, 12 puis 24 mois d'existence dans le système. L'axe des abscisses présente les cohortes dans leur ordre d'apparition. On remarque, pour 2 et 12 mois d'existence dans le système, une légère croissance du taux de survie avec le temps. Ceci correspond à une augmentation du taux de survie dans les cohortes les plus récentes et peut être lié à un phénomène de maturation du marché de l'autopartage. En effet, comme présenté précédemment, l'offre croît à Montréal. Il est donc possible que les nouveaux utilisateurs soient des utilisateurs plus stables, car le service proposé est mieux adapté à la demande. Une autre justification de cette tendance peut venir de la troncature réalisée en janvier 2005. Bien que les quatre premières cohortes ne soient pas prises en compte dans les calculs ; il est possible que certains membres plus anciens se trouvent catégorisés dans une cohorte de 2005 (usagers occasionnels). Ces derniers peuvent être amenés à disparaître plus rapidement que leur homologue de la cohorte et ainsi biaisent légèrement le taux de survie moyen des premières cohortes.

L'autre phénomène observé est une stabilisation de la décroissance du taux de survie. Entre 2 mois et 12 mois d'existence, les cohortes perdent en moyenne 19% de leurs membres alors qu'entre 12 et 24 mois d'existence, elles perdent en moyenne 13% de leurs membres. Les membres adoptant le système semblent survivre mieux au fur et à mesure de leur

ancienneté. Ceci pourrait correspondre à une formation d'habitudes sur le long terme. Après 24 mois, les taux de survie des cohortes sont tous voisins de 40%.

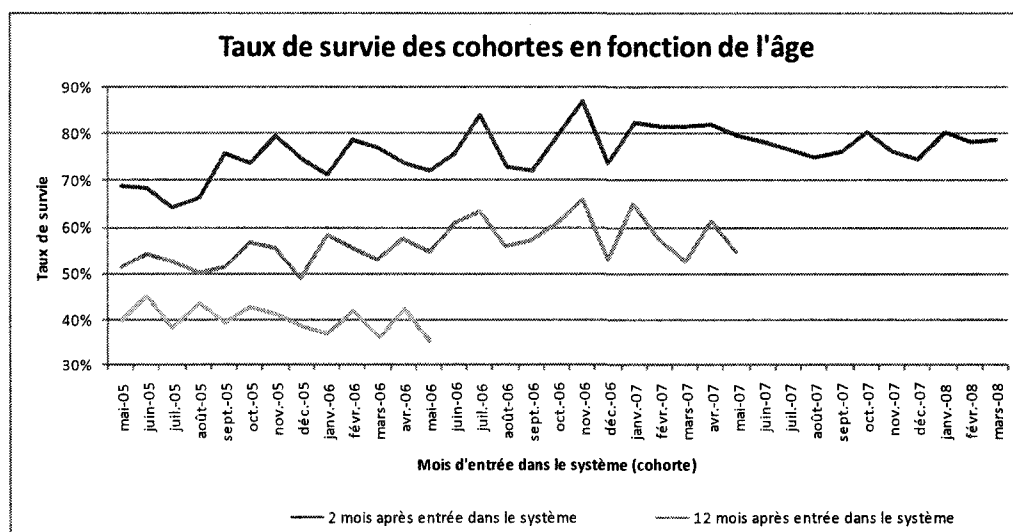


Figure 88 : Taux de survie des cohortes, âge 2 mois et 12 mois

7.1.3. Étude par attributs démographiques des membres

En plus du découpage en cohortes, la taille de l'univers étudié autorise l'analyse de taux de survie spécifiques, en fonction des attributs démographiques des membres. Chacune des cohortes précédemment présentées est subdivisée en fonction des attributs des membres. Des sous-ensembles de membres possédant les mêmes caractéristiques sont suivis dans le temps. À chaque pas de l'étude de survie, les utilisateurs sont identifiés par cohorte et par sous-ensemble démographique. Pour être en mesure de comparer les comportements, le taux moyen de survie des sous-ensembles (noté T_s pour le sous-ensemble s) est calculé. Soit la moyenne, sur chaque sous-ensemble, des taux de survie obtenus pour toutes les cohortes disponibles, étant donné une durée d'existence en mois.

$$T_s = \bar{T} = \frac{\sum T}{\text{Nombre de cohortes actives}}$$

Certains découpages entraînent des sous-ensembles de taille relativement petite. Ainsi, plus le taux de survie est considéré sur une durée d'existence longue, plus il y aura de variabilité dans les calculs. Pour chaque sous-ensemble étudié, les échantillons considérés seront explicités ; les populations maximales et minimales observées seront données. L'évolution du taux de survie est étudiée en fonction des attributs démographiques disponibles pour l'ensemble des membres.

L'âge des membres

Les tranches d'âges présentées à la Figure 100 sont utilisées dans cette étude. Le Tableau 17 donne les populations des cohortes pour les différents segments. Les « 55 ans et plus » étant moins nombreux, le taux de survie présente plus de variabilité.

Tableau 17 : Population des cohortes, par âge

Membres par cohorte - Moins de 35 ans						Membres par cohorte - Entre 35 ans et 44 ans					
Cohorte	1er mois	avr-08	Cohorte	1er mois	avr-08	Cohorte	1er mois	avr-08	Cohorte	1er mois	avr-08
janv.-05	692	198	sept.-06	101	38	janv.-05	824	317	sept.-06	46	23
févr.-05	149	49	oct.-06	131	61	févr.-05	145	42	oct.-06	69	36
mars-05	117	30	nov.-06	120	60	mars-05	94	34	nov.-06	56	28
avr.-05	82	28	déc.-06	111	50	avr.-05	74	21	déc.-06	54	32
mai-05	71	27	janv.-07	156	79	mai-05	78	25	janv.-07	108	62
juin-05	113	29	févr.-07	89	47	juin-05	61	27	févr.-07	53	30
juil.-05	78	27	mars-07	89	41	juil.-05	60	23	mars-07	47	28
août-05	93	26	avr.-07	77	40	août-05	54	20	avr.-07	48	33
sept.-05	62	22	mai-07	108	60	sept.-05	54	14	mai-07	50	34
oct.-05	80	22	juin-07	140	77	oct.-05	66	25	juin-07	70	46
nov.-05	113	32	juil.-07	150	85	nov.-05	62	23	juil.-07	83	47
déc.-05	86	35	août-07	176	112	déc.-05	53	12	août-07	83	50
janv.-06	71	27	sept.-07	146	95	janv.-06	41	16	sept.-07	68	41
févr.-06	84	33	oct.-07	148	101	févr.-06	44	23	oct.-07	76	55
mars-06	92	29	nov.-07	129	88	mars-06	40	15	nov.-07	65	47
avr.-06	77	29	déc.-07	124	86	avr.-06	54	21	déc.-07	46	30
mai-06	99	33	janv.-08	102	73	mai-06	53	20	janv.-08	49	34
juin-06	138	57	févr.-08	133	99	juin-06	75	33	févr.-08	67	53
juil.-06	135	60	mars-08	154	120	juil.-06	61	29	mars-08	61	51
août-06	126	70	avr.-08	129	129	août-06	82	44	avr.-08	66	66

Membres par cohorte - Entre 45 ans et 54 ans						Membres par cohorte - Plus de 55 ans					
Cohorte	1er mois	avr-08	Cohorte	1er mois	avr-08	Cohorte	1er mois	avr-08	Cohorte	1er mois	avr-08
janv.-05	524	281	sept.-06	33	15	janv.-05	349	175	sept.-06	20	9
févr.-05	104	39	oct.-06	31	12	févr.-05	76	38	oct.-06	29	15
mars-05	91	36	nov.-06	34	20	mars-05	53	18	nov.-06	22	10
avr.-05	55	20	déc.-06	36	22	avr.-05	53	24	déc.-06	18	10
mai-05	55	19	janv.-07	42	29	mai-05	44	11	janv.-07	25	16
juin-05	49	21	févr.-07	23	12	juin-05	33	10	févr.-07	17	8
juil.-05	40	16	mars-07	23	8	juil.-05	39	11	mars-07	14	8
août-05	37	14	avr.-07	26	19	août-05	29	9	avr.-07	33	20
sept.-05	30	15	mai-07	32	14	sept.-05	23	6	mai-07	24	9
oct.-05	26	12	juin-07	37	21	oct.-05	25	9	juin-07	32	17
nov.-05	33	17	juil.-07	42	25	nov.-05	24	5	juil.-07	40	21
déc.-05	24	11	août-07	57	33	déc.-05	15	7	août-07	35	15
janv.-06	27	10	sept.-07	41	26	janv.-06	12	5	sept.-07	31	16
févr.-06	25	9	oct.-07	35	20	févr.-06	14	5	oct.-07	22	12
mars-06	26	11	nov.-07	28	21	mars-06	14	7	nov.-07	22	11
avr.-06	26	13	déc.-07	28	18	avr.-06	24	6	déc.-07	16	11
mai-06	26	12	janv.-08	25	21	mai-06	26	7	janv.-08	15	7
juin-06	23	12	févr.-08	24	12	juin-06	28	14	févr.-08	18	9
juil.-06	36	17	mars-08	33	27	juil.-06	24	12	mars-08	14	7
août-06	31	19	avr.-08	38	38	août-06	26	14	avr.-08	31	31

La Figure 89 montre les taux de survie moyens. Certaines tendances liées à l'âge des membres sont mises en valeur. Dans un premier temps, pour une durée d'existence inférieure à 12 mois dans le système, les membres âgés de moins de 35 ans en 2006 semblent être plus actifs et plus persistants. Les membres de plus de 45 ans disparaissent

beaucoup plus rapidement dans les 6 premiers mois d'activité ; mais par la suite la pente de la courbe est moins prononcée que pour les autres catégories. La tendance s'inverse donc passé 12 mois dans le système. Les membres plus jeunes disparaissent plus rapidement. Ainsi, vers 25 mois d'existence dans le système, le taux de survie est plus important de près de 10% pour les membres âgés de plus de 45 ans.

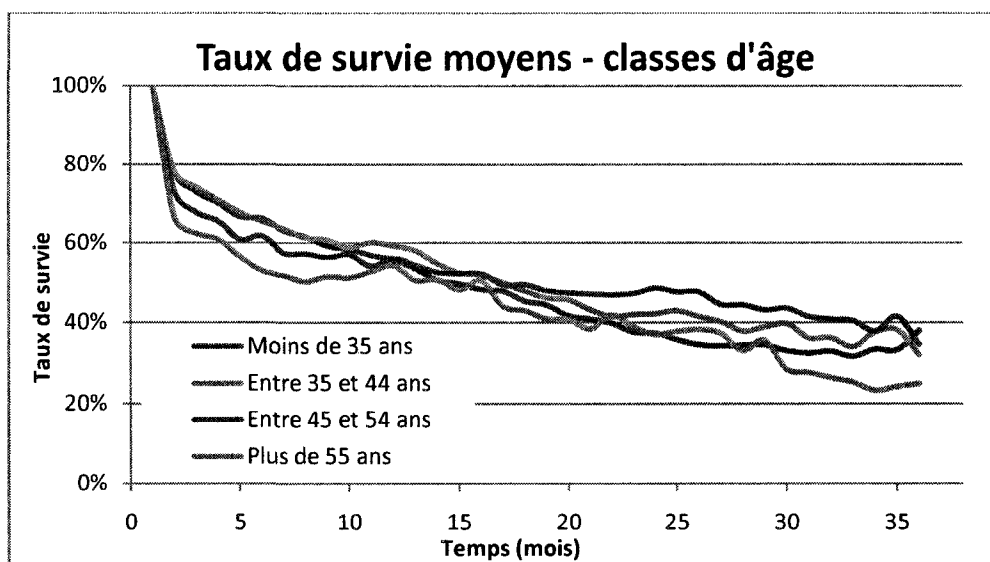


Figure 89 : Comparaison des taux de survie en fonction des tranches d'âges

Quelques hypothèses permettraient d'expliciter ces tendances. Déjà, il est possible que les jeunes se tournent vers l'autopartage dans le but d'obtenir un accès à l'automobile particulière, ce dernier offrant une solution provisoire, à moindre coût, précédant l'achat d'un véhicule particulier. Une autre explication pourrait être la naissance d'un enfant. En effet les ménages n'utilisant pas de voiture particulière auparavant, peuvent se tourner vers ce mode pour faciliter les déplacements de la famille agrandie. Une fois les enfants plus grands, un retour aux anciennes habitudes de déplacement est possible. Ces phénomènes pourraient en partie expliquer que le taux de disparition des jeunes utilisateurs reste à peu près constant.

D'un autre côté, l'adhésion au système chez les personnes plus âgées peut relever d'un choix de mobilité peu influencé par la contrainte monétaire. Dès lors, les six premiers mois pourraient correspondre à une sorte de période d'essai, durant laquelle les abonnés testent la commodité de l'autopartage. Après 6 mois dans le système, les utilisateurs « survivant » sont ceux qui ont réellement adopté le système.

Genre

La répartition des membres en fonction du sexe est donnée à la Figure 100. Le Tableau 18 donne les populations des cohortes suivant le genre.

Tableau 18 : Population des cohortes, par genre

Nombre de membres par cohorte - hommes						Nombre de membres par cohorte - femmes					
Cohorte	1er mois	avr-08	Cohorte	1er mois	avr-08	Cohorte	1er mois	avr-08	Cohorte	1er mois	avr-08
janv.-05	1134	481	sept.-06	92	39	janv.-05	1255	490	sept.-06	108	46
févr.-05	218	67	oct.-06	108	49	févr.-05	256	101	oct.-06	152	75
mars.-05	140	48	nov.-06	114	62	mars.-05	215	70	nov.-06	118	56
avr.-05	115	36	déc.-06	109	51	avr.-05	149	57	déc.-06	110	63
mai.-05	106	33	janv.-07	157	95	mai.-05	142	49	janv.-07	174	91
juin.-05	110	43	févr.-07	84	49	juin.-05	146	44	févr.-07	98	48
juil.-05	87	33	mars.-07	77	38	juil.-05	130	44	mars.-07	96	47
août.-05	90	26	avr.-07	81	46	août.-05	123	43	avr.-07	103	66
sept.-05	74	25	mai.-07	90	50	sept.-05	95	32	mai.-07	124	67
oct.-05	84	19	juin.-07	115	71	oct.-05	113	49	juin.-07	164	90
nov.-05	104	34	juil.-07	140	80	nov.-05	128	43	juil.-07	175	98
déc.-05	83	34	août.-07	152	88	déc.-05	95	31	août.-07	199	122
janv.-06	73	26	sept.-07	133	90	janv.-06	78	32	sept.-07	153	88
févr.-06	81	38	oct.-07	140	100	févr.-06	86	32	oct.-07	141	88
mars.-06	74	32	nov.-07	115	87	mars.-06	98	30	nov.-07	129	80
avr.-06	78	32	déc.-07	111	81	avr.-06	103	37	déc.-07	103	64
mai.-06	83	28	janv.-08	86	64	mai.-06	121	44	janv.-08	105	71
juin.-06	115	50	févr.-08	124	87	juin.-06	149	66	févr.-08	118	86
juil.-06	117	50	mars.-08	129	101	juil.-06	139	68	mars.-08	133	104
août.-06	120	71	avr.-08	120	120	août.-06	145	76	avr.-08	144	144

La Figure 90 présente les taux moyens de survie moyens correspondants. En fonction du genre on ne remarque que peu de différence au niveau de la survie des utilisateurs.

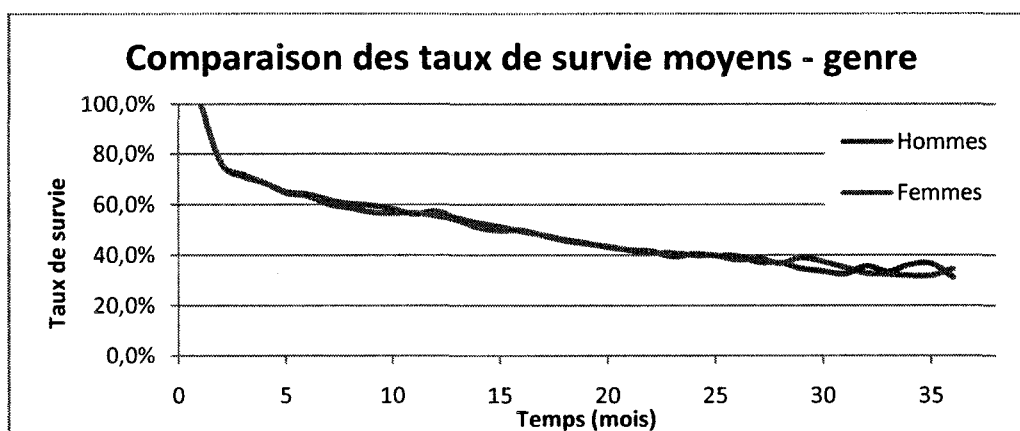


Figure 90 : Comparaison de la survie des hommes et des femmes

Les Figure 91 et Figure 92 montrent ces taux de survie avec plus de détails. Ici, chaque cohorte est présente. D'après ces graphiques, les hommes semblent être des utilisateurs plus « volages », puisque les courbes sont moins concentrées que celles des femmes. En effet, la Figure 92 se rapproche plus de la tendance globale observée à la Figure 87. Malgré tout, l'évolution des taux de survie moyens reste très similaire.

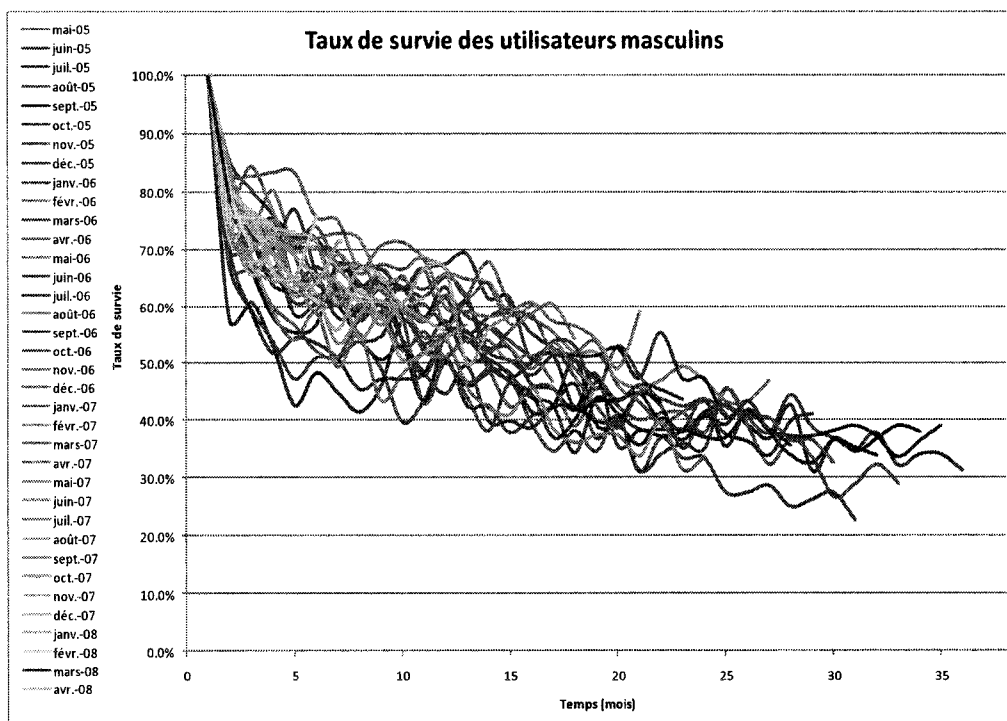


Figure 91 : Taux de survie des hommes par cohorte

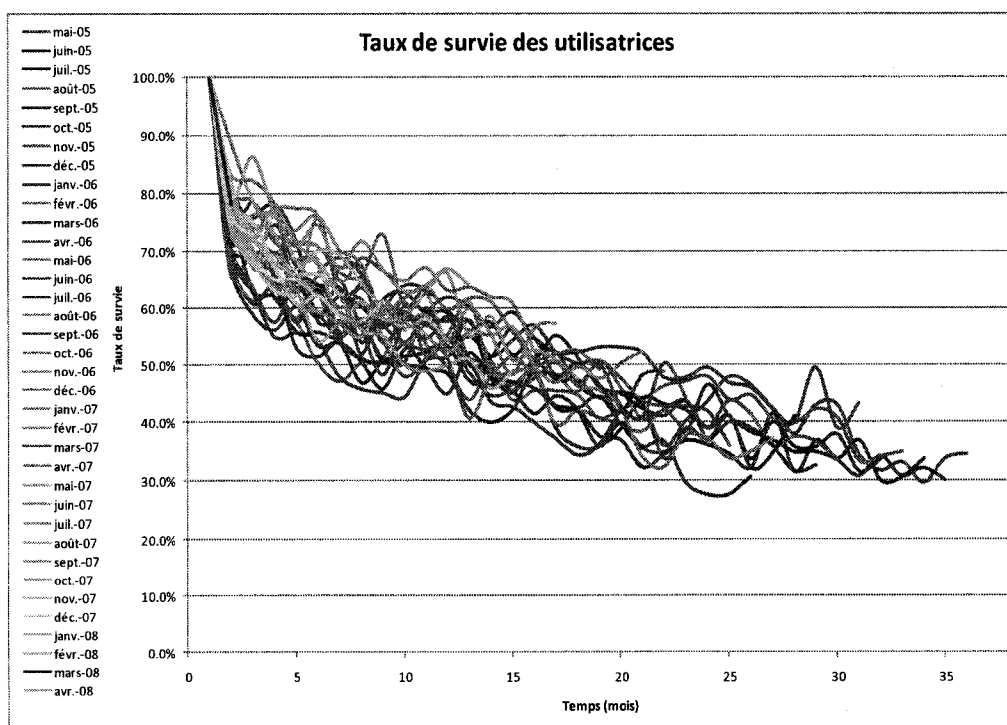


Figure 92 : Taux de survie des femmes par cohorte

Langue du ménage

La répartition des membres en fonction de la langue du ménage est donnée à la Figure 100.

Le Tableau 19 donne les populations des cohortes suivant ce paramètre.

Tableau 19 : Population des cohortes, par langue

Membres par cohorte - Anglais						Membres par cohorte - Français					
Cohorte	1er mois	avr-08	Cohorte	1er mois	avr-08	Cohorte	1er mois	avr-08	Cohorte	1er mois	avr-08
janv-05	201	78	sept-06	16	6	janv-05	2188	893	sept-06	184	79
févr-05	43	15	oct-06	35	19	févr-05	431	153	oct-06	225	105
mars-05	30	12	nov-06	31	14	mars-05	325	106	nov-06	201	104
avr-05	22	8	déc-06	32	20	avr-05	242	85	déc-06	187	94
mai-05	15	5	janv-07	28	11	mai-05	233	77	janv-07	303	175
juin-05	16	5	févr-07	22	6	juin-05	240	82	févr-07	160	91
juil-05	16	7	mars-07	19	12	juil-05	201	70	mars-07	154	73
août-05	21	10	avr-07	15	10	août-05	192	59	avr-07	169	102
sept-05	19	6	mai-07	24	15	sept-05	150	51	mai-07	190	102
oct-05	15	4	juin-07	29	18	oct-05	182	64	juin-07	250	143
nov-05	28	10	juil-07	28	17	nov-05	204	67	juil-07	287	161
déc-05	24	4	août-07	44	29	déc-05	154	61	août-07	307	181
janv-06	17	10	sept-07	32	20	janv-06	134	48	sept-07	254	158
févr-06	23	8	oct-07	40	26	févr-06	144	62	oct-07	241	162
mars-06	14	5	nov-07	33	24	mars-06	158	57	nov-07	211	143
avr-06	22	8	déc-07	29	22	avr-06	159	61	déc-07	185	123
mai-06	26	4	janv-08	29	22	mai-06	178	68	janv-08	162	113
juin-06	25	11	févr-08	24	18	juin-06	239	105	févr-08	218	155
juil-06	26	12	mars-08	37	28	juil-06	230	106	mars-08	225	177
août-06	22	11	avr-08	35	35	août-06	243	136	avr-08	229	229

La Figure 93 présente les taux moyens de survie moyens correspondants. Là encore, l'évolution des taux de survie moyens reste très similaire.

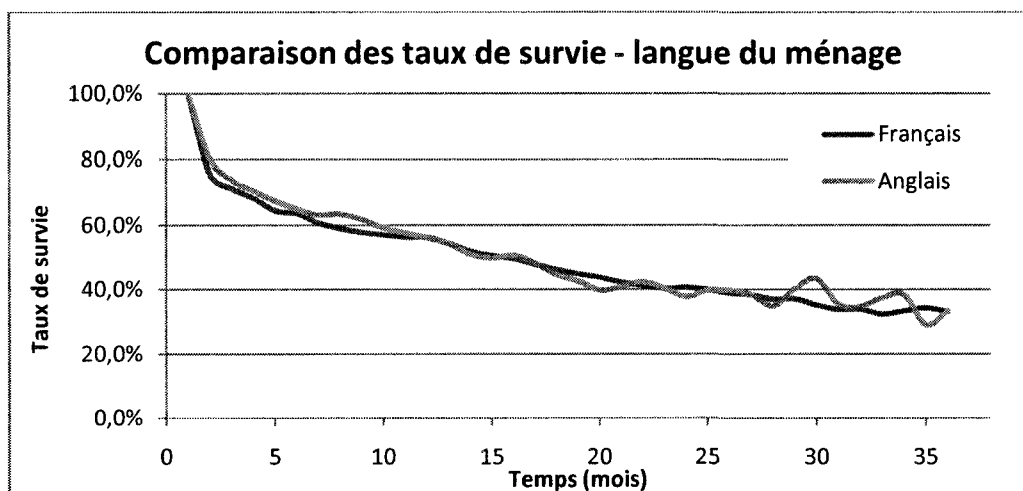


Figure 93 : Comparaison de la survie en fonction de la langue du ménage

Pour conclure, la langue du ménage et le sexe des utilisateurs ne semblent pas être des facteurs influençant la persistance d'activité des utilisateurs. L'âge au contraire paraît conditionner leur taux de survie.

7.1.4. Les propriétés de l'offre dans les voisinages des ménages membres

À partir de l'analyse évolutive de l'offre réalisée précédemment, chaque ménage utilisateur peut, pour chacun des mois étudiés, être défini par un niveau de service. Ceci permet de prendre en compte l'offre proposée pendant un mois m dans le voisinage du ménage. Là encore, les voisinages des ménages sont considérés comme des zones circulaires de rayon de 800m. En réutilisant la définition de Celsor et al. (Celsor, Millard-Ball, & Nelson\Nygaard, 2008), le niveau de service aux alentours du ménage est estimé par le nombre de véhicules stationnés dans cette aire (pendant un mois m). Cette variable évolue mois après mois, en fonction du réseau de stations et de l'affectation des véhicules. Afin de prendre en compte une valeur constante de cette variable qui pourrait affecter la survie des membres dans le système, le niveau de service lors du dernier mois d'observation des membres dans le système est retenu. Chaque ménage utilisateur se voit affecté une valeur de niveau de service dans son voisinage qui est celle de son dernier mois d'existence dans le système.

Cinq segments de la population des membres, correspondant à cinq intervalles de service sont constitués. Ils vont de l'absence de service (pas de véhicule) jusqu'à une couverture très importante (maximum 67 véhicules). La Figure 94 montre la répartition de la population des membres dans cette segmentation.

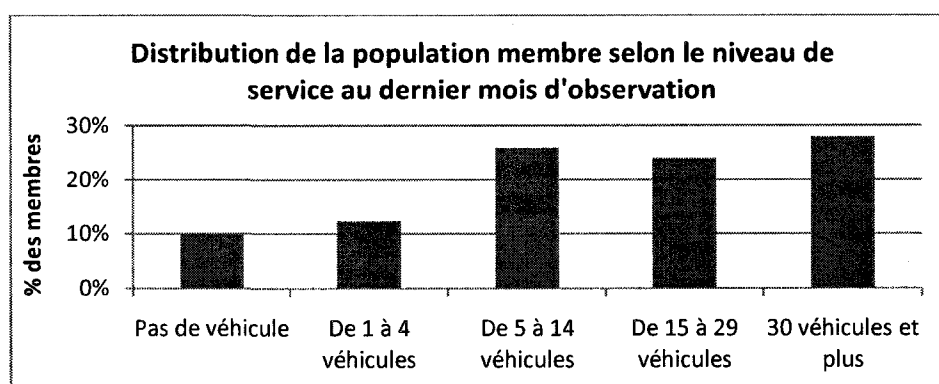


Figure 94 : Répartition de la population des membres selon le segment de niveau de service

Le Tableau 20 fournit les populations des cohortes résultant de cette segmentation. La Figure 95 présente l'évolution temporelle du taux de survie des membres selon le niveau de service proposé dans leur voisinage lors de leur disparition.

Tableau 20 : Population des cohortes, par niveau de service dans le voisinage au mois de sortie du système

Membres par cohorte - Pas de service						Membres par cohorte - De 1 à 4 véhicules					
Cohorte	1er mois	avr-08	Cohorte	1er mois	avr-08	Cohorte	1er mois	avr-08	Cohorte	1er mois	avr-08
janv.-05	223	49	sept.-06	22	4	janv.-05	286	81	sept.-06	22	7
févr.-05	53	9	oct.-06	26	10	févr.-05	51	12	oct.-06	18	10
mars-05	35	9	nov.-06	22	8	mars-05	49	10	nov.-06	31	15
avr.-05	33	6	déc.-06	24	11	avr.-05	29	8	déc.-06	39	20
mai-05	33	5	janv.-07	23	9	mai-05	30	11	janv.-07	25	16
juin-05	25	7	févr.-07	22	11	juin-05	38	11	févr.-07	26	8
juil.-05	21	4	mars-07	20	8	juil.-05	29	9	mars-07	19	6
août-05	21	3	avr.-07	22	9	août-05	24	9	avr.-07	21	10
sept.-05	13	3	mai-07	17	6	sept.-05	17	4	mai-07	33	16
oct.-05	22	3	juin-07	23	8	oct.-05	30	7	juin-07	23	12
nov.-05	25	1	juil.-07	41	21	nov.-05	34	7	juil.-07	56	25
déc.-05	16	2	août-07	42	21	déc.-05	22	8	août-07	46	24
janv.-06	19	7	sept.-07	29	16	janv.-06	19	6	sept.-07	31	21
févr.-06	19	4	oct.-07	20	10	févr.-06	15	6	oct.-07	37	24
mars-06	17	3	nov.-07	21	15	mars-06	27	7	nov.-07	31	23
avr.-06	16	2	déc.-07	18	16	avr.-06	22	8	déc.-07	27	18
mai-06	24	4	janv.-08	27	18	mai-06	29	8	janv.-08	20	13
juin-06	27	11	févr.-08	21	13	juin-06	28	13	févr.-08	26	20
juil.-06	18	5	mars-08	23	17	juil.-06	28	10	mars-08	40	33
août-06	22	10	avr.-08	26	26	août-06	30	17	avr.-08	42	42

Membres par cohorte - De 5 à 14 véhicules						Membres par cohorte - De 15 à 29 véhicules					
Cohorte	1er mois	avr-08	Cohorte	1er mois	avr-08	Cohorte	1er mois	avr-08	Cohorte	1er mois	avr-08
janv.-05	613	254	sept.-06	61	28	janv.-05	626	267	sept.-06	47	21
févr.-05	118	42	oct.-06	72	34	févr.-05	123	41	oct.-06	66	37
mars-05	81	23	nov.-06	48	22	mars-05	94	33	nov.-06	57	26
avr.-05	69	22	déc.-06	53	30	avr.-05	72	25	déc.-06	46	22
mai-05	54	13	janv.-07	87	49	mai-05	63	26	janv.-07	83	47
juin-05	67	17	févr.-07	37	23	juin-05	67	20	févr.-07	40	20
juil.-05	69	24	mars-07	46	31	juil.-05	39	12	mars-07	36	16
août-05	53	12	avr.-07	47	33	août-05	59	24	avr.-07	51	34
sept.-05	53	13	mai-07	55	33	sept.-05	43	19	mai-07	57	29
oct.-05	53	19	juin-07	66	38	oct.-05	36	12	juin-07	76	40
nov.-05	59	28	juil.-07	79	53	nov.-05	40	15	juil.-07	56	32
déc.-05	41	13	août-07	85	57	déc.-05	48	17	août-07	74	42
janv.-06	34	14	sept.-07	75	47	janv.-06	35	16	sept.-07	55	31
févr.-06	47	25	oct.-07	83	52	févr.-06	43	15	oct.-07	61	41
mars-06	39	16	nov.-07	69	50	mars-06	37	16	nov.-07	47	32
avr.-06	45	15	déc.-07	63	41	avr.-06	50	23	déc.-07	50	33
mai-06	53	19	janv.-08	63	46	mai-06	39	16	janv.-08	40	29
juin-06	61	26	févr.-08	59	41	juin-06	62	27	févr.-08	67	46
juil.-06	65	36	mars-08	81	66	juil.-06	75	28	mars-08	47	35
août-06	68	31	avr.-08	74	74	août-06	57	32	avr.-08	58	58

Membres par cohorte - 30 véhicules et plus					
Cohorte	1er mois	avr-08	Cohorte	1er mois	avr-08
janv.-05	461	275	sept.-06	39	22
févr.-05	94	60	oct.-06	60	25
mars-05	69	40	nov.-06	66	43
avr.-05	41	24	déc.-06	44	25
mai-05	51	25	janv.-07	96	57
juin-05	40	25	févr.-07	45	28
juil.-05	41	24	mars-07	41	18
août-05	43	17	avr.-07	39	22
sept.-05	26	12	mai-07	42	26
oct.-05	36	23	juin-07	71	52
nov.-05	53	24	juil.-07	64	36
déc.-05	31	19	août-07	82	58
janv.-06	34	11	sept.-07	80	51
févr.-06	30	18	oct.-07	67	51
mars-06	35	16	nov.-07	64	39
avr.-06	33	19	déc.-07	44	30
mai-06	48	23	janv.-08	32	23
juin-06	70	35	févr.-08	60	48
juil.-06	52	31	mars-08	56	42
août-06	64	46	avr.-08	52	52

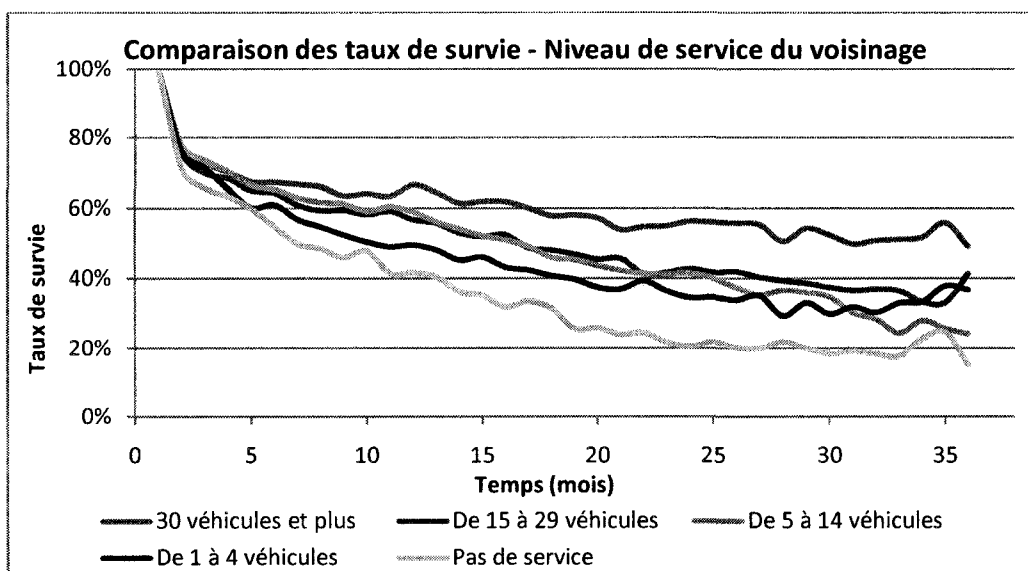


Figure 95 : Taux de survie selon le niveau de service dans le voisinage des ménages utilisateurs (rayon 800m)

Plus le niveau de service proposé dans les voisinages des ménages est important, plus les taux de survie des membres semblent élevés. Les membres ayant un accès de proximité au système semblent mieux survivre. Cependant, il faut noter que l'accès au système ne se fait pas forcément via les stations les plus près du domicile (voir Figure 66 et Figure 71).

7.1.5. Propriétés démographiques du voisinage des ménages membres

Pour améliorer la description des ménages, des variables définissant leur voisinage sont estimées (voir §4.3.1). Ainsi, chaque ménage membre est défini par les caractéristiques de

son quartier. On considère ici l'ensemble des membres actifs dont on connaît toutes les caractéristiques démographiques ainsi que les coordonnées du ménage (comme précisé au §3.1.2, certains membres ne résident pas dans la GRM), soit 10984 membres ou environ 90% de Ar.

Des segmentations de l'ensemble des membres sont réalisées. Pour chacune d'elles, des tableaux présentent les populations des cohortes obtenues et des graphiques illustrent les résultats des taux de survie moyens. Suivant le taux de motorisation moyen des personnes dans les ménages et la taille moyenne des ménages du voisinage, des comportements différents semblent exister. Dans les quartiers fortement motorisés, ainsi que dans les zones où les ménages sont de grande taille, le taux de survie moyen des utilisateurs de l'autopartage est plus faible.

Tableau 21 : Population des cohortes, par motorisation moyenne dans le voisinage

Membres par cohorte - Moins de 0.3 véh. / pers.						Membres par cohorte - Entre 0.3 et 0.7 véh. / pers.					
Cohorte	1er mois	avr-08	Cohorte	1er mois	avr-08	Cohorte	1er mois	avr-08	Cohorte	1er mois	avr-08
janv.-05	296	128	sept.-06	37	20	janv.-05	1828	776	sept.-06	150	61
févr.-05	59	22	oct.-06	35	16	févr.-05	363	137	oct.-06	189	92
mars-05	61	23	nov.-06	36	20	mars-05	256	86	nov.-06	175	88
avr.-05	33	10	déc.-06	26	9	avr.-05	202	73	déc.-06	163	88
mai-05	27	11	janv.-07	42	23	mai-05	184	68	janv.-07	259	149
juin-05	32	15	févr.-07	31	21	juin-05	198	64	févr.-07	129	66
juil.-05	30	12	mars-07	22	9	juil.-05	159	58	mars-07	134	68
août-05	32	8	avr.-07	29	20	août-05	160	55	avr.-07	140	85
sept.-05	14	4	mai-07	27	15	sept.-05	132	47	mai-07	171	94
oct.-05	15	7	juin-07	48	29	oct.-05	150	56	juin-07	200	116
nov.-05	27	13	juil.-07	37	21	nov.-05	171	60	juil.-07	242	142
déc.-05	19	9	août-07	38	25	déc.-05	129	49	août-07	269	169
janv.-06	15	8	sept.-07	32	20	janv.-06	120	45	sept.-07	231	144
févr.-06	21	8	oct.-07	52	36	févr.-06	125	56	oct.-07	203	133
mars-06	20	8	nov.-07	44	30	mars-06	124	46	nov.-07	181	122
avr.-06	16	11	déc.-07	28	18	avr.-06	138	55	déc.-07	165	113
mai-06	25	7	janv.-08	28	18	mai-06	159	59	janv.-08	144	106
juin-06	31	17	févr.-08	29	21	juin-06	206	93	févr.-08	194	144
juil.-06	33	15	mars-08	34	26	juil.-06	199	93	mars-08	202	157
août-06	33	21	avr.-08	42	42	août-06	197	108	avr.-08	203	203

Membres par cohorte - Plus de 0.7 véh. / pers.					
Cohorte	1er mois	avr-08	Cohorte	1er mois	avr-08
janv.-05	85	22	sept.-06	4	1
févr.-05	17	5	oct.-06	18	8
mars-05	11	6	nov.-06	13	6
avr.-05	9	2	déc.-06	17	11
mai-05	20	1	janv.-07	13	6
juin-05	7	1	févr.-07	10	3
juil.-05	10	3	mars-07	6	2
août-05	8	2	avr.-07	11	3
sept.-05	6		mai-07	6	1
oct.-05	12	1	juin-07	11	5
nov.-05	13	2	juil.-07	17	4
déc.-05	10	1	août-07	22	8
janv.-06	6	1	sept.-07	7	2
févr.-06	8	4	oct.-07	13	9
mars-06	11	4	nov.-07	7	7
avr.-06	12	1	déc.-07	9	7
mai-06	9	4	janv.-08	10	5
juin-06	11	2	févr.-08	10	3
juil.-06	6	2	mars-08	11	10
août-06	11	7	avr.-08	7	7

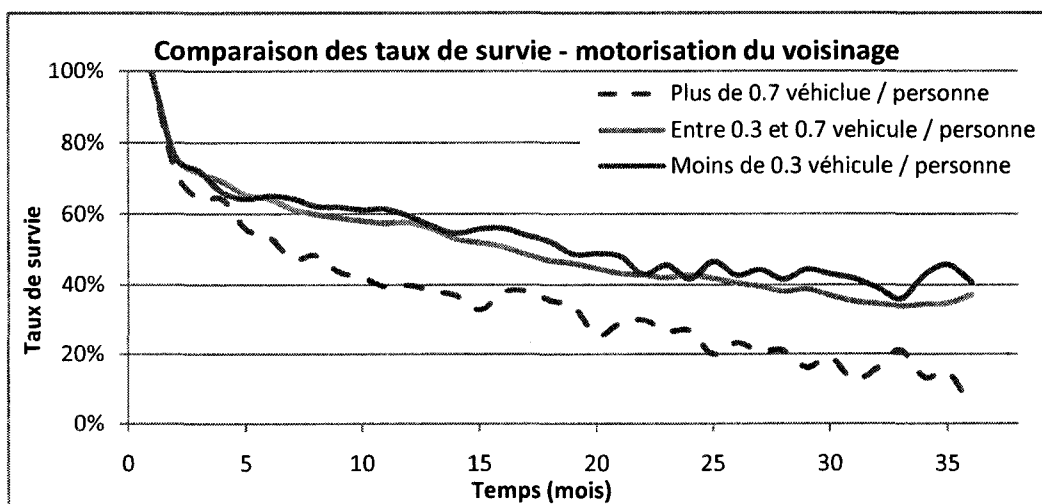


Figure 96 : Taux de survie selon la motorisation moyenne des personnes par ménage (véhicules / personne)

Tableau 22 : Population des cohortes, par taille moyenne des ménages du voisinage

Membres par cohorte - Moins de 1.5 pers. / mén.					
Cohorte	1er mois	avr-08	Cohorte	1er mois	avr-08
janv.-05	227	108	sept.-06	24	11
févr.-05	47	18	oct.-06	30	14
mars-05	41	16	nov.-06	28	14
avr.-05	29	11	déc.-06	23	11
mai-05	17	8	janv.-07	39	22
juin-05	26	11	févr.-07	19	10
juil.-05	26	9	mars-07	17	9
août-05	23	12	avr.-07	17	12
sept.-05	15	5	mai-07	16	8
oct.-05	14	5	juin-07	29	17
nov.-05	18	9	juil.-07	19	11
déc.-05	19	8	août-07	26	14
janv.-06	10	5	sept.-07	29	14
févr.-06	15	5	oct.-07	32	23
mars-06	18	4	nov.-07	27	20
avr.-06	10	5	déc.-07	24	14
mai-06	21	12	janv.-08	20	11
juin-06	28	12	févr.-08	26	16
juil.-06	26	12	mars-08	30	19
août-06	32	21	avr.-08	26	26

Membres par cohorte - Entre 1.5 et 2 pers. / mén.					
Cohorte	1er mois	avr-08	Cohorte	1er mois	avr-08
janv.-05	1568	665	sept.-06	128	59
févr.-05	324	129	oct.-06	167	80
mars-05	240	84	nov.-06	151	80
avr.-05	181	68	déc.-06	140	73
mai-05	159	47	janv.-07	217	125
juin-05	168	59	févr.-07	120	70
juil.-05	133	54	mars-07	113	53
août-05	124	39	avr.-07	129	75
sept.-05	97	37	mai-07	139	79
oct.-05	128	47	juin-07	185	110
nov.-05	150	55	juil.-07	212	123
déc.-05	101	39	août-07	222	137
janv.-06	104	42	sept.-07	193	121
févr.-06	109	53	oct.-07	191	127
mars-06	103	45	nov.-07	166	111
avr.-06	126	56	déc.-07	145	100
mai-06	133	49	janv.-08	121	89
juin-06	180	88	févr.-08	164	125
juil.-06	166	76	mars-08	175	140
août-06	161	93	avr.-08	171	171

Membres par cohorte - Plus de 2 pers. / mén.					
Cohorte	1er mois	avr-08	Cohorte	1er mois	avr-08
janv.-05	414	153	sept.-06	39	12
févr.-05	68	17	oct.-06	45	22
mars-05	47	15	nov.-06	45	20
avr.-05	34	6	déc.-06	43	24
mai-05	55	25	janv.-07	58	31
juin-05	43	10	févr.-07	31	10
juil.-05	40	10	mars-07	32	17
août-05	53	14	avr.-07	34	21
sept.-05	40	9	mai-07	49	23
oct.-05	35	12	juin-07	45	23
nov.-05	43	11	juil.-07	65	33
déc.-05	38	12	août-07	81	51
janv.-06	27	7	sept.-07	48	31
févr.-06	30	10	oct.-07	45	28
mars-06	34	9	nov.-07	39	28
avr.-06	30	6	déc.-07	33	24
mai-06	39	9	janv.-08	41	29
juin-06	40	12	févr.-08	43	27
juil.-06	46	22	mars-08	42	34
août-06	48	22	avr.-08	55	55

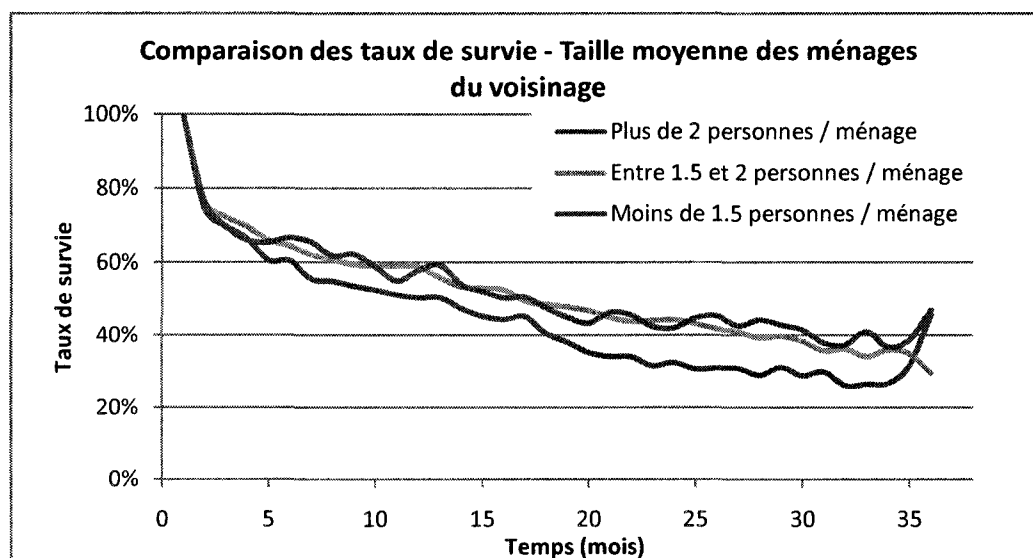


Figure 97 : Taux de survie selon la taille moyenne des ménages dans le voisinage

Le revenu des ménages dans un quartier semble moins affecter les taux de survie. D'après les Figure 98 et Figure 99, les quartiers avec un revenu annuel des ménages élevé sont légèrement moins propices à la survie des utilisateurs de l'autopartage. Néanmoins cette tendance apparaît être relativement mitigée.

Tableau 23 : Population des cohortes, pourcentage des ménages du voisinage gagnant moins de 40000 \$/an

Membres par cohorte - Moins de 50%						Membres par cohorte - Entre 50% et 70%					
Cohorte	1er mois	avr-08	Cohorte	1er mois	avr-08	Cohorte	1er mois	avr-08	Cohorte	1er mois	avr-08
janv.-05	608	236	sept.-06	39	18	janv.-05	1142	498	sept.-06	99	40
févr.-05	114	42	oct.-06	65	30	févr.-05	221	77	oct.-06	124	63
mars-05	72	20	nov.-06	59	30	mars-05	164	66	nov.-06	108	52
avr.-05	53	21	déc.-06	52	25	avr.-05	125	36	déc.-06	110	62
mai-05	64	23	janv.-07	93	52	mai-05	115	37	janv.-07	150	87
juin-05	54	13	févr.-07	36	15	juin-05	122	49	févr.-07	100	56
juil.-05	52	18	mars-07	35	17	juil.-05	92	34	mars-07	90	41
août-05	53	13	avr.-07	49	28	août-05	99	32	avr.-07	91	53
sept.-05	42	15	mai-07	45	22	sept.-05	76	25	mai-07	98	57
oct.-05	57	20	juin-07	57	33	oct.-05	87	29	juin-07	141	82
nov.-05	57	16	juil.-07	73	37	nov.-05	111	39	juil.-07	146	85
déc.-05	41	9	août-07	88	60	déc.-05	77	35	août-07	157	94
janv.-06	34	8	sept.-07	63	43	janv.-06	74	35	sept.-07	149	88
févr.-06	32	16	oct.-07	60	42	févr.-06	80	31	oct.-07	141	94
mars-06	45	18	nov.-07	49	30	mars-06	71	26	nov.-07	124	84
avr.-06	46	13	déc.-07	44	27	avr.-06	91	37	déc.-07	110	80
mai-06	47	15	janv.-08	37	24	mai-06	105	42	janv.-08	100	71
juin-06	58	27	févr.-08	42	29	juin-06	140	65	févr.-08	133	98
juil.-06	52	22	mars-08	60	48	juil.-06	121	67	mars-08	128	96
août-06	57	29	avr.-08	57	57	août-06	128	74	avr.-08	118	118

Membres par cohorte - Plus de 70%					
Cohorte	1er mois	avr-08	Cohorte	1er mois	avr-08
janv.-05	459	192	sept.-06	53	24
févr.-05	104	45	oct.-06	53	23
mars-05	92	29	nov.-06	57	32
avr.-05	66	28	déc.-06	44	21
mai-05	52	20	janv.-07	71	39
juin-05	61	18	févr.-07	34	19
juil.-05	55	21	mars-07	37	21
août-05	48	20	avr.-07	40	27
sept.-05	34	11	mai-07	61	31
oct.-05	33	15	juin-07	61	35
nov.-05	43	20	juil.-07	77	45
déc.-05	40	15	août-07	84	48
janv.-06	33	11	sept.-07	58	35
févr.-06	42	21	oct.-07	67	42
mars-06	39	14	nov.-07	59	45
avr.-06	29	17	déc.-07	48	31
mai-06	41	13	janv.-08	45	34
juin-06	50	20	févr.-08	58	41
juil.-06	65	21	mars-08	59	49
août-06	56	33	avr.-08	77	77

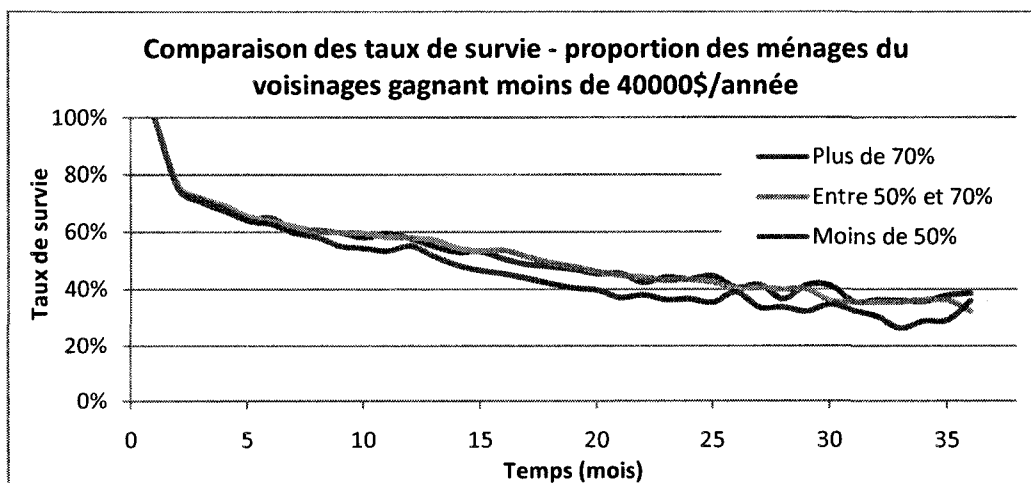


Figure 98 : Taux de survie selon la proportion des ménages gagnant moins de 40000\$/an dans les voisinages

Tableau 24 : Population des cohortes, pourcentage des ménages du voisinage gagnant plus de 80000 \$/an

Membres par cohorte - Moins de 10%						Membres par cohorte - Entre 10% et 20%					
Cohorte	1er mois	avr-08	Cohorte	1er mois	avr-08	Cohorte	1er mois	avr-08	Cohorte	1er mois	avr-08
janv.-05	1122	485	sept.-06	104	44	janv.-05	788	327	sept.-06	65	28
févr.-05	234	90	oct.-06	129	61	févr.-05	143	56	oct.-06	73	31
mars-05	191	67	nov.-06	112	61	mars-05	100	36	nov.-06	82	39
avr.-05	132	45	déc.-06	102	51	avr.-05	89	32	déc.-06	70	38
mai-05	124	42	janv.-07	150	91	mai-05	83	29	janv.-07	105	56
juin-05	136	51	févr.-07	97	52	juin-05	73	23	févr.-07	51	28
juil.-05	107	39	mars-07	94	46	juil.-05	67	27	mars-07	44	21
août-05	98	37	avr.-07	100	65	août-05	74	21	avr.-07	59	32
sept.-05	77	23	mai-07	124	64	sept.-05	47	18	mai-07	49	24
oct.-05	82	32	juin-07	144	86	oct.-05	67	25	juin-07	79	43
nov.-05	103	37	juil.-07	157	89	nov.-05	81	29	juil.-07	97	56
déc.-05	89	37	août-07	168	103	déc.-05	48	18	août-07	109	62
janv.-06	69	28	sept.-07	148	88	janv.-06	52	19	sept.-07	89	58
févr.-06	85	37	oct.-07	146	101	févr.-06	46	23	oct.-07	80	50
mars-06	77	29	nov.-07	120	85	mars-06	50	17	nov.-07	74	51
avr.-06	87	39	déc.-07	112	80	avr.-06	50	20	déc.-07	65	41
mai-06	106	40	janv.-08	98	72	mai-06	61	25	janv.-08	51	35
juin-06	127	59	févr.-08	123	91	juin-06	94	42	févr.-08	86	59
juil.-06	136	62	mars-08	132	107	juil.-06	77	37	mars-08	78	58
août-06	131	73	avr.-08	157	157	août-06	84	47	avr.-08	58	58

Membres par cohorte - Plus de 20%					
Cohorte	1er mois	avr-08	Cohorte	1er mois	avr-08
janv.-05	299	114	sept.-06	22	10
févr.-05	62	18	oct.-06	40	24
mars-05	37	12	nov.-06	30	14
avr.-05	23	8	déc.-06	34	19
mai-05	24	9	janv.-07	59	31
juin-05	28	6	févr.-07	22	10
juil.-05	25	7	mars-07	24	12
août-05	28	7	avr.-07	21	11
sept.-05	28	10	mai-07	31	22
oct.-05	28	7	juin-07	36	21
nov.-05	27	9	juil.-07	42	22
déc.-05	21	4	août-07	52	37
janv.-06	20	7	sept.-07	33	20
févr.-06	23	8	oct.-07	42	27
mars-06	28	12	nov.-07	38	23
avr.-06	29	8	déc.-07	25	17
mai-06	26	5	janv.-08	33	22
juin-06	27	11	févr.-08	24	18
juil.-06	25	11	mars-08	37	28
août-06	26	16	avr.-08	37	37

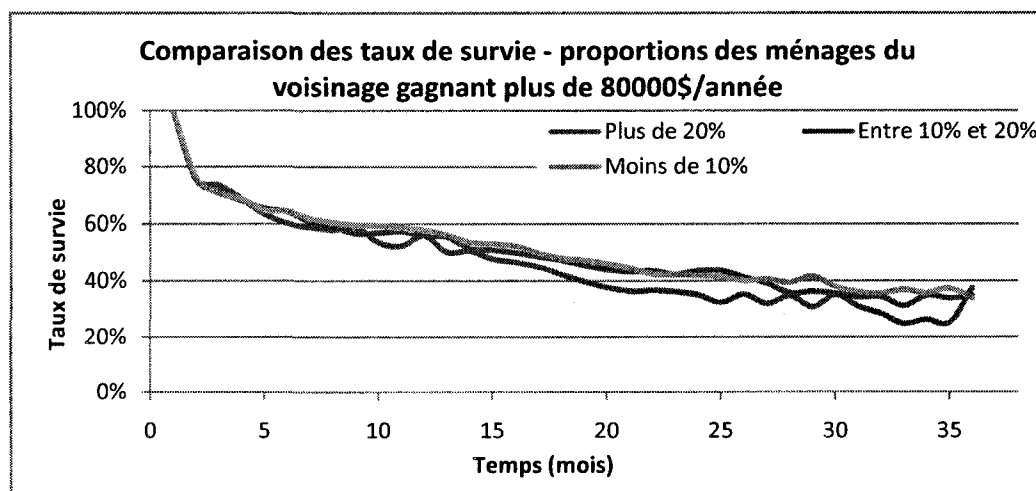


Figure 99 : Taux de survie selon la proportion des ménages gagnant plus de 80000\$/an dans les voisinages

7.1.6. Bilan des segmentations

Dans cette analyse exploratoire, certaines variables comme l'âge des membres, la motorisation et la taille moyenne des ménages du voisinage ou encore le niveau de service dans le voisinage du membre au mois de sa disparition influencent les taux de survie moyens observés. D'autres, comme le genre, la langue du ménage ou encore le revenu moyen des ménages du quartier semblent être moins déterminantes. Ces variables vont maintenant être utilisées afin de modéliser la survie des utilisateurs de l'autopartage. Cette démarche permettra de confirmer les tendances observées à l'aide des graphiques précédents et participera à l'amélioration des connaissances sur les comportements des utilisateurs de ce mode.

7.2. Vers une modélisation

Dans le cadre du « Transportation Research Board » 2009, un premier modèle a été proposé dans le but d'estimer dans le même temps la probabilité que les membres soient actifs et leur nombre de réservations pendant un mois donné (Morency, Habib, Grasset, & Islam, 2009). Il s'appuie sur le système d'information de cette recherche. Le sous-ensemble des membres présenté au §CHAPITRE 7 : est également utilisé ici. Pour le moment, seules les propriétés démographiques des membres sont utilisées. Les grandes lignes et les résultats, exposés pendant cette conférence, vont être résumés dans cette partie.

7.2.1. Cadre

Jusqu'à présent, aucune étude ne s'est intéressée à l'influence de l'entrée dans le système, ainsi que des choix passés d'utilisation, sur la persistance et le niveau d'activité des membres. Cette recherche tente d'explicitier la formation d'habitudes d'utilisation chez les abonnés de l'autopartage.

En posant comme hypothèse de départ que la décision d'un utilisateur est influencée par ses décisions passées, et que la formation d'une habitude d'utilisation est possible, une approche basée sur des modèles dynamiques paraît appropriée pour estimer la survie des membres dans le système.

7.2.2. Processus décisionnel

Le phénomène d'« habitude » a été décomposé en deux temps, correspondant à deux niveaux temporels. Pour chaque membre, une micro-simulation de la probabilité que ce dernier soit actif pour un mois m a été réalisée à l'aide d'un modèle probit binaire. Ce dernier permet de prendre en compte la formation d'habitude d'utilisation mois après mois. Puis, si le membre est actif dans le mois, la probabilité d'utiliser plusieurs fois le système est estimée à partir d'un modèle aléatoire. A ce niveau, les utilisations sont considérées uniformément réparties dans le mois. La formulation des modèles est reprise ; cependant, pour plus de détails sur cette partie ainsi que sur l'estimation des paramètres, le lecteur pourra se reporter à l'article (Morency, Habib, Grasset, & Islam, 2009).

Utilisation du système et formation d'habitude

Soit la variable aléatoire y_{im} qui définit le nombre de réservations que le membre i effectue dans le système pendant le mois m . Soit la variable d'état S_{it} qui détermine la condition d'un processus dynamique à deux états, avec $S_{im} = 1$ si $y_{im} > 0$ et $S_{im} = 0$ si $y_{im} = 0$. Cette variable suit un modèle probit binaire. La probabilité de transition d'un état à l'autre pour deux mois consécutifs s'écrit :

$$Pr(S_{im} = 0 | S_{im-1} = 0), Pr(S_{im} = 1 | S_{im-1} = 0), Pr(S_{im} = 0 | S_{im-1} = 1) \\ , et Pr(S_{im} = 1 | S_{im-1} = 1)$$

Les probabilités de transition du modèle probit binaire sont:

$$Pr(S_{im-1} = 1) = \Phi(b_1 + \lambda_{m-2}D_{m-2} + \lambda_{m-3}D_{m-3} + \dots + \lambda_1D_1)$$

$$Pr(S_{im-1} = 0) = 1 - \Phi(b_1 + \lambda_{m-2}D_{m-2} + \lambda_{m-3}D_{m-3} + \dots + \lambda_1 D_1)$$

$$Pr(S_{im} = 1 | S_{im-1} = 1) = \Phi(b_2) * \Phi(b_1 + \lambda_{m-2}D_{m-2} + \lambda_{m-3}D_{m-3} + \dots + \lambda_1 D_1)$$

$$Pr(S_{im} = 0 | S_{im-1} = 1) = (1 - \Phi(b_2)) * \Phi(b_1 + \lambda_{m-2}D_{m-2} + \lambda_{m-3}D_{m-3} + \dots + \lambda_1 D_1)$$

$$Pr(S_{im} = 1 | S_{im-1} = 0) = \Phi(b_2) * (1 - \Phi(b_1 + \lambda_{m-2}D_{m-2} + \lambda_{m-3}D_{m-3} + \dots + \lambda_1 D_1))$$

$$Pr(S_{im} = 0 | S_{im-1} = 0) = (1 - \Phi(b_2)) * (1 - \Phi(b_1 + \lambda_{m-2}D_{m-2} + \lambda_{m-3}D_{m-3} + \dots + \lambda_1 D_1))$$

Avec :

- b_1 et b_2 des constantes
- D_{m-j} la variable d'état binaire (oui ou non) définissant l'utilisation du système au mois $m - j$, avec $j = 2, 3, \dots$
- λ_{m-j} le coefficient correspondant à D_{m-j}
- $\Phi()$ la fonction de distribution cumulée normale standard

Fréquence d'utilisation

Si le membre est défini comme actif lors de la première partie du modèle, la fréquence de réservation peut être estimée en utilisant un modèle d'utilité aléatoire. Soit :

$$U = \beta x + \varepsilon$$

Avec :

- U l'utilité totale
- x le vecteur des variables explicatives (l'âge, le genre, la langue, etc.)
- β le vecteur des coefficients correspondants
- ε l'erreur non expliquée

En considérant la fréquence de réservation pour chaque mois comme une décision ordonnée, elle s'écrit alors :

$$\begin{aligned} y_{it} &= 1 \quad \text{si} \quad U \leq 0 \\ &= 2 \quad \text{si} \quad 0 < U \leq \mu_1 \\ &= 3 \quad \text{si} \quad \mu_1 < U \leq \mu_2 \\ &= n \quad \text{si} \quad \mu_{n-1} \leq U \end{aligned}$$

Les paramètres μ , définissent les seuils d'utilité. Ils sont estimés en même temps que β . Si l'erreur ε est considérée comme une loi normale centrée réduite, alors les fonctions de probabilité suivantes sont utilisées :

$$\Pr(y_{im} = 1|x) = \Phi(-\beta x)$$

$$\Pr(y_{im} = 2|x) = \Phi(\mu_1 - \beta x) - \Phi(-\beta x)$$

$$\Pr(y_{im} = 3|x) = \Phi(\mu_2 - \beta x) - \Phi(\mu_1 - \beta x)$$

$$\Pr(y_{im} = n|x) = 1 - \Phi(\mu_{n-2} - \beta x)$$

Finalement, ce modèle prend en compte deux mécanismes qui régissent l'évolution de la demande d'autopartage : premièrement, la dynamique entre les différents mois d'activité, et deuxièmement, dans un mois, la fréquence d'activité ou de réservation d'un membre actif. Cette formulation est équivalente à un modèle à paramètres aléatoires, proportionnels et flexibles (Morency, Habib, Grasset, & Islam, 2009).

7.2.3. Résultats

Les Tableau 25 et Tableau 26 donnent les paramètres estimés pour ce modèle. Toutes les variables sont significatives à 99%. Malgré la complexité du modèle, la qualité d'ajustement est supérieure à 0.7. La constante correspondante à la probabilité d'être actif au mois m est positive tandis que celle correspondant aux mois précédents est négative.

Cette valeur peut s'expliquer de différentes manières. Déjà, les données disponibles sont tronquées en janvier 2005. Ainsi, les observations comportent des faux premiers mois d'activité liés à cette troncature. Par ailleurs, tous les membres sont considérés sur l'ensemble des 40 mois pour l'estimation de ce modèle ; ce qui génère des faux mois d'inactivité pendant lesquels le membre n'existait pas en réalité. Par exemple, pour un membre apparu en mars 2005 cette méthode engendre deux mois de fausse inactivité pendant lesquels il n'était pas encore dans le système. Enfin la valeur négative de cette constante peut s'expliquer par une véritable relation entre « être actif à un mois donné » et « ne pas être actif pour les mois à venir ».

Parmi les observations, l'analyse des paires de deux mois consécutifs pour chaque membre révèle qu'environ un tiers de ces paires sont du type « actif / actif », moins de 7% sont du type « inactif / actif » et environ 6% sont du type « actif / inactif ». Le reste étant du type

« inactif / inactif », principalement à cause du nombre de faux mois d'inactivité, observés avant l'entrée du membre dans le système.

Les paramètres λ donnent une information sur les effets liés à la formation d'habitude. Dans le modèle estimé par cette recherche, les valeurs de λ sont toutes inférieures à un et vont en diminuant avec le temps. De plus, seuls les paramètres des quatre derniers mois sont significatifs, ce qui indique que le fait d'être actif il y a plus de quatre mois n'influence pas la probabilité de l'être au mois m . Les observations confirment que la probabilité d'être actif pendant les mois précédents est plus forte si l'utilisateur était actif il y a plus de quatre mois. Cette tendance démontre l'existence d'habitudes d'utilisation parmi les membres.

Tableau 25 : Paramètres estimés du modèle (Morency, Habib, Grasset, & Islam, 2009)

<i>Covariates of Ordered Probit Component</i>					
Variables	Param	St. Err	t'-Stat	p-Value	
<i>Binomial Participation Decision</i>					
Probability of using this month, t. (Binomial Probit Model)					
Constant	0.368	0.006	60.339	0.000	
Probability of using in previous month, t-1. (Binomial Probit Model)					
Constant	-1.758	0.008	-235.954	0.000	
Using in t-2 month	0.788	0.021	37.247	0.000	
Using in t-3 month	0.588	0.023	25.300	0.000	
Using in t-4 month	0.428	0.023	18.575	0.000	
<i>Covariates of Ordered Probability of Frequency of monthly Participation</i>					
					No of cases % of universe
Gender: Male	0.049	0.005	9.411	0.000	5 363 45.5%
Home language: French	-0.105	0.009	-11.958	0.000	10 569 89.8%
Age:					
< 35 yrs	0.767	0.009	82.205	0.000	5 071 43.1%
35-44	0.857	0.010	84.729	0.000	3 068 26.1%
45-54	0.730	0.011	65.757	0.000	2 078 17.6%
55-64	0.597	0.014	42.178	0.000	1 202 10.2%
65-74	0.602	0.031	19.244	0.000	301 2.6%

Tableau 26 : Paramètres estimés du modèle (suite), (Morency, Habib, Grasset, & Islam, 2009)

		Param	St. Err	t'-Stat	p-Value	No of cases	% of universe
Threshold Parameters for Per Month Activity							
One time	μ_1	0.476	0.003	177.343	0.000	38 266	24.2%
Two times	μ_2	0.784	0.003	243.430	0.000	26 713	16.9%
Three times	μ_3	1.028	0.004	289.166	0.000	19 276	12.2%
Four times	μ_4	1.230	0.004	322.787	0.000	14 922	9.5%
Five times	μ_5	1.400	0.004	347.338	0.000	11 589	7.3%
Six times	μ_6	1.548	0.004	365.541	0.000	8 835	5.6%
Seven times	μ_7	1.679	0.004	378.755	0.000	6 902	4.4%
Eight times	μ_8	1.797	0.005	388.125	0.000	5 415	3.4%
Nine times	μ_9	1.904	0.005	394.377	0.000	4 332	2.7%
Ten times	μ_{10}	2.004	0.005	398.008	0.000	3 507	2.2%
Eleven times	μ_{11}	2.097	0.005	399.474	0.000	2 848	1.8%
Twelve times	μ_{12}	2.179	0.006	399.113	0.000	2 376	1.5%
Thirteen times	μ_{13}	2.257	0.006	397.314	0.000	1 830	1.2%
Fourteen times	μ_{14}	2.333	0.006	394.194	0.000	1 564	1.0%
Fifteen times	μ_{15}	2.403	0.006	390.105	0.000	1 346	0.9%
Sixteen times	μ_{16}	2.476	0.006	384.678	0.000	1 101	0.7%
Seventeen times	μ_{17}	2.544	0.007	378.431	0.000	1 012	0.6%
Eighteen times	μ_{18}	2.604	0.007	372.100	0.000	844	0.5%
Nineteen times	μ_{19}	2.668	0.007	364.458	0.000	653	0.4%
Twenty times	μ_{20}	2.730	0.008	356.313	0.000	626	0.4%
Twentyone times or more	μ_{21}	2.796	0.008	346.855	0.000	532	2.5%
Summary Statistics				Average no of reserv / month			
No of Cases		11 776		Age:			
Mean LL(Null Model)		-112.878		< 35 yrs		4.74	
Mean LL(Full Model)		-36.6031		35-44		5.59	
No of Parameters (Null Model)		0		45-54		5.15	
No of Parameters (Full Model)		34		55-64		4.54	
Rho-Square Value		0.675728		> 65		4.01	
Adjusted Rho-Square Value		0.675702		Gender:			
				Male		5.18	
				Female		4.92	
				Home language:			
				French		4.98	
				English		5.55	

Concernant la fréquence de réservation mensuelle, les hommes semblent plus enclins à utiliser le système que les femmes. Alors que le système compte beaucoup plus de personnes francophones (voir Figure 100), les personnes anglophones sont également susceptibles d'utiliser plus souvent l'autopartage. L'opérateur montréalais possède le plus grand nombre de membres dans la tranche d'âge des moins de 35 ans (voir Figure 100). Pourtant, au niveau des tranches d'âge, les personnes de 35 ans à 44 ans semblent être de meilleurs utilisateurs, suivent les individus de moins de 35 ans, puis les personnes entre 45 ans et 54 ans et les gens âgés de plus de 65 ans, qui ont un comportement voisin de ceux âgés de 55 ans à 64 ans.

Ces tendances apportent une nuance aux résultats précédents (§7.1.3). En effet la langue du ménage ainsi que le genre des utilisateurs n'étaient pas apparus comme des variables significatives dans les graphiques. Seulement, ces graphiques concernaient seulement la persistance d'activité. En considérant le niveau d'utilisation, ces deux variables s'avèrent déterminantes pour la compréhension des comportements.

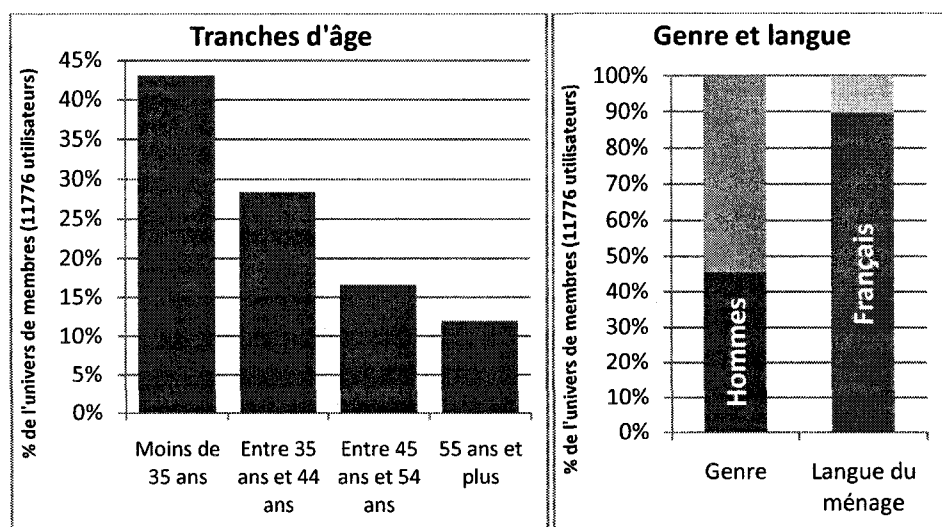


Figure 100 : Ensemble des membres actifs par attributs démographiques

Morency et al. (Morency, Habib, Grasset, & Islam, 2009) proposent des applications du modèle pour la prévision de la demande. Cette dernière peut être réalisée à deux échelons : soit au niveau de l'individu pour appréhender l'effet des politiques de l'entreprise, soit au niveau du système en agrégeant les données afin d'estimer l'évolution globale de la demande. Ce modèle étant de nature stochastique, la modélisation des comportements individuels nécessite l'utilisation de techniques de simulation de Monte Carlo. Pour le comportement du système, un modèle probit binaire et un modèle probit ordonné peuvent être utilisés pour estimer les probabilités de chacune des étapes détaillées plus haut. Le niveau de prédiction agrégé sera obtenu en sommant les probabilités pour chaque individu.

Les Figure 101 et Figure 102 comparent les résultats obtenus avec les observations. Le modèle malgré sa complexité, fournit de très bons résultats, car les estimations sont relativement précises. Les estimations sont toujours légèrement inférieures aux observations. En effet, le nombre de variables considérées dans ce premier modèle est limité, ce qui en réduit la précision d'estimation.

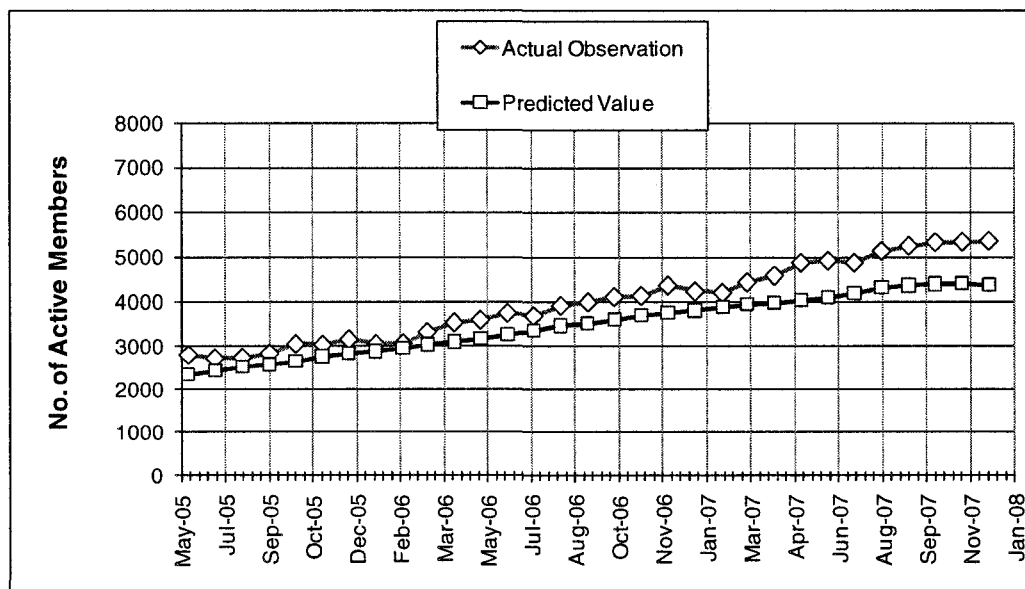


Figure 101 : Comparaison estimé – observé, nombre de membres (Morency, Habib, Grasset, & Islam, 2009)

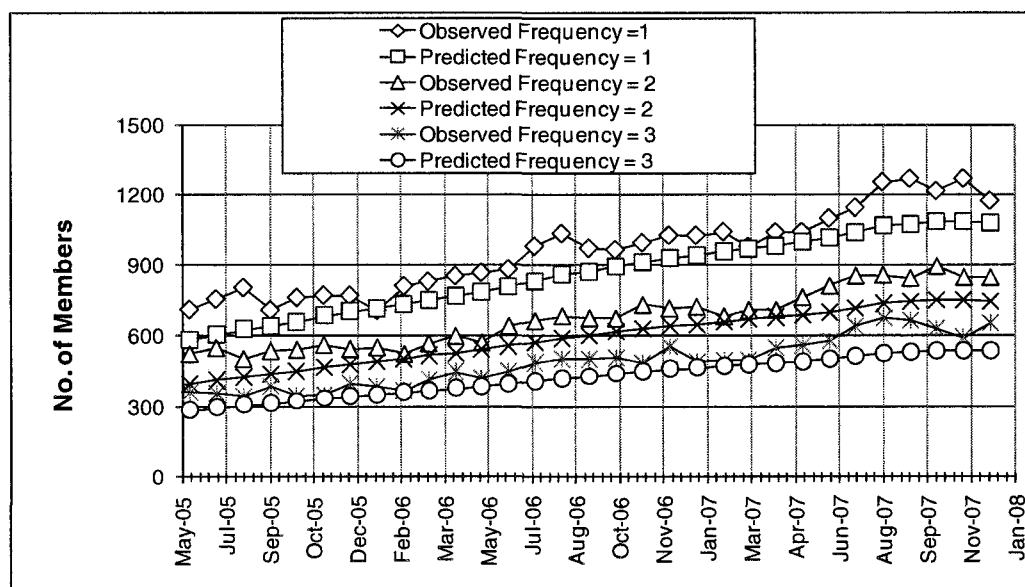


Figure 102 : Comparaison estimé – observé, fréquence de réservation (seulement de une à trois réservations par mois) (Morency, Habib, Grasset, & Islam, 2009)

7.3. Résumé

En étudiant les propriétés démographiques des membres et celles de leur voisinage, nous avons présenté quelques uns des facteurs influençant l'attractivité de ce mode. La modélisation de la survie des membres et du phénomène de formation d'habitudes d'utilisation mène à des outils relativement complexes mais permet d'obtenir des résultats

encourageants. Ainsi le modèle proposé (Morency, Habib, Grasset, & Islam, 2009) permet déjà de conclure sur les facteurs influençant le taux de survie. Il ouvre la voie à des modèles plus spécifiques en montrant des perspectives d'utilisation intéressantes pour les opérateurs. En effet, le taux de survie des abonnés permet de réaliser une estimation de la demande d'un système d'autopartage.

CHAPITRE 8 : CONCLUSION

8.1. Contributions

Cette recherche fait partie des rares études sur l'autopartage réalisées exclusivement à partir de données observées témoignant de l'utilisation réelle du service. De plus, c'est jusqu'à présent la première analyse qui porte sur un système complet suivi pendant une aussi longue plage temporelle. Au regard du nombre et de la diversité des données, ce document met en avant un schéma synoptique permettant de définir le cadre d'étude de ce mode. Il résume les propriétés intrinsèques à l'autopartage dans son contexte géographique, ainsi que les variables quantifiables et mesurables permettant son analyse.

Ce travail fait suite à l'étude de Martin (Martin, 2007). La méthode initiée par ce dernier a été adaptée au système d'information et de nouveaux indicateurs permettant une analyse plus fine de certains objets ont été exposés. Ce travail avait pour but de contribuer à l'amélioration des connaissances en donnant un aperçu des possibilités d'analyses disponibles à partir de ce type de données et des résultats escomptés. Notamment, le contexte urbain dans lequel évolue l'autopartage, et son influence sur le développement du marché, constituait l'une des principales pistes d'exploration.

Les analyses présentées dans ce mémoire ont permis de dresser un portrait détaillé de l'offre et de son évolution au regard des quartiers dans lesquels le système est implanté. Dans le même temps, les quartiers comportant des ménages utilisateurs du mode ont été définis à l'aide de quelques variables démographiques. Les habitudes d'accès au mode ont aussi été abordées.

Jusqu'à présent, peu d'analyses exposent les relations entre l'offre, le milieu urbain, les caractéristiques des membres, le marché de l'autopartage existant et les utilisations enregistrées dans le système. Les modélisations exposées dans ce document permettent de valider certaines tendances observées quant à l'expansion du système dans le milieu urbain. Par ailleurs, ce mémoire aborde la notion de survie des abonnés en les considérant eux aussi dans leur contexte géographique et démographique. Les travaux de modélisation réalisés en parallèle à partir de ces données présentent des résultats très prometteurs pour la compréhension des mécanismes de l'autopartage et pour l'estimation de son évolution.

8.2. Limitations

Le potentiel d'analyse offert par ce genre de données est vraiment très important. Malheureusement, par choix ou par omission involontaire, de nombreux aspects n'ont pas été abordés.

D'autre part, toutes ces analyses dépendent de la rigueur du système d'information. Si les transactions sont fiables, d'autres renseignements comme la localisation des véhicules ou des ménages, sont reconstituées à partir de différentes photos du système. Par ailleurs certaines données opérationnelles relatives à l'entretien des véhicules sont absentes de ce système d'information.

Afin d'étudier les interactions de l'autopartage avec son milieu, des choix ont été faits dans le but d'estimer des ensembles (réseau de transport en commun supérieur) et des variables (ex : motorisation moyenne des ménages, taille moyenne des ménages, etc.), jugés significatifs pour cette analyse. Il est possible que certains de ces choix n'ait qu'une pertinence limitée. Enfin, la résolution temporelle mensuelle choisie pour cette recherche met en place des agrégations de données. Autant de sources qui peuvent perturber la justesse des résultats obtenus en insérant des biais non estimés.

De plus, certaines propriétés des membres sont estimées à partir d'autres bases de données disponibles à Montréal. Ces variables sont généralement renseignées pour un échantillon représentatif des membres. Il arrive que la représentativité des variables estimées soit perturbée par des différences dans les formats d'enregistrement des données. Malgré tout, rappelons que très peu d'analyses possèdent des bases de si bonnes qualités qui autorisent un niveau de résolution si haut.

8.3. Perspectives

Ce mémoire présente les premiers résultats obtenus à partir d'une étude longitudinale aussi étendue. Ils dévoilent des comportements peu définis jusqu'à présent ; pourtant, les analyses pourraient être poursuivies afin d'améliorer la compréhension des phénomènes. Ainsi, une résolution temporelle plus fine, à la semaine par exemple, permettrait une analyse minutieuse des comportements et des variations saisonnières. D'autre part, les niches de développement présentées dans ce mémoire pourraient faire l'objet d'une étude

un peu plus poussée. L'évolution de l'utilisation de ces stations après leur création et la réaction de la demande environnante (part de marché dans les niches) pourraient être considérées afin de dresser un portrait plus précis de l'expansion de l'autopartage dans le milieu urbain.

Durant cette recherche, les membres ont volontairement été moins examinés, au profit de l'offre. Or, l'analyse de la demande à partir des données transactionnelles renferme un fort potentiel. L'examen de l'activité des membres en fonction de leurs propriétés démographiques et géographiques, mais également en fonction de l'abonnement souscrit et du temps passé dans le système permettrait de mieux appréhender les réactions de la demande. Une piste de développement importante réside dans la caractérisation des habitudes d'utilisation des usagers. En comparant ces dernières avec la population non utilisatrice de ce mode, il sera alors possible de dresser un portrait chiffré et réaliste des impacts de ce mode dans le milieu urbain. De plus, considérer de nouvelles variables caractérisant les membres permettrait d'améliorer les modèles de survie présentés (Morency, Habib, Grasset, & Islam, 2009).

L'accès au système reste une grande inconnue. Dresser un portrait de l'accès au système en s'appuyant sur l'origine de la chaîne de déplacement des usagers de l'autopartage permettrait de mieux adapter le service en fonction des quartiers et de la clientèle.

La mise en place de l'abonnement en partenariat avec la Société de Transport de Montréal apporte de nouvelles perspectives d'étude. En effet, les membres choisissant cet abonnement seront des grands usagers du transport en commun. Aussi, la comparaison de l'utilisation qu'ils feront de l'autopartage par rapport aux autres abonnés peut apporter de nouvelles contributions à la compréhension globale du mode.

L'autopartage possède également d'autres ressources non abordées dans ce mémoire. Notamment, une partie de la flotte est maintenant équipée de systèmes GPS. L'exploitation de telles données est une opportunité ouvrant des pistes d'études pour l'estimation des motifs de déplacement en autopartage. Ces derniers, encore peu connus, sont pour le moment appréciés sur des échantillons d'abonnés, à partir de comportements déclarés. Dans un tout autre registre, les données GPS des opérateurs pourraient être utilisées à des fins de planification ou d'étude du réseau routier. L'Annexe 3, réalisée à partir des données

GPS de la flotte de Communauto, illustre quelques possibilités d'analyses concernant l'estimation de temps de parcours et leur variabilité sur le réseau autoroutier montréalais.

Pour conclure, l'autopartage est maintenant un mode de transport à part entière. Si de nombreux utilisateurs l'ont d'ores et déjà adopté, il renferme encore un fort potentiel. Sa part de marché conserve un fort taux de croissance et il continue de s'étendre dans les milieux urbains. Son rôle dans le milieu des transports, bien qu'encore mal défini, ne cesse de gagner en l'importance au fur et à mesure que le mode se fait connaître. Pour cette raison, il est primordial de continuer à l'étudier, afin que les opérateurs soient en mesure de planifier leur développement et de faire valoir leur place parmi les acteurs du transport.

BIBLIOGRAPHIE

AMT, Comité technique (2003). (2004). *Enquête Origine-Destination 2003, Faits Saillants*. Consulté le 19 mai 2008, sur <http://www.cimtu.qc.ca/enqOD/2003/Resultats/>

Barth, M., & Shaheen, S. (2002). Shared-use vehicle systems: framework for classifying carsharing, station cars, and combined approaches. *Transportation Research Record*. Washington, D.C.

Barth, M., & Todd, M. (2000). *Intelligent transportation system architecture for a multi-station shared vehicle system*. IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, Proceedings – ITSC, 2000, pp. 240-245.

Barth, M., Han, J., & Todd, M. (2001). Performance evaluation of a multi-station shared vehicle system. *IEEE Intelligent Transportation Systems*. Oakland, CA.

Berge, G. (1999). *Bilkollektivet i Oslo*. Oslo: Transportøkonomisk Institutt.

Bonsall, P. (2002). Car Share and Car Clubs: Potential Impacts. Institute for Transport Studies. *DTLR and Motorists' Forum*. University of Leeds.

Britton. (1999). Carsharing 2000 – Hammer for sustainable development, Executive summary. 5 (3) , 9. World Transport Policy and Practice.

Brooks, D. (2004). Carsharing – Start Up Issues and New Operational Models. *Transportation Research Board 83rd Annual Meeting*. Washington, DC.

Cambridge Systematics, Inc. (2005). *Traffic Congestion and Reliability, Trends and Advanced Strategies for Congestion*. Federal Highway Administration.

Celsor, C., Millard-Ball, A., & Nelson\Nygaard. (2008). Where does carsharing works? Using GIS to Assess Market Potential. *Transportation Research Board 2007*. Washington, D.C.

Cervero, R., Creedman, N., Pai, M., & Pohan, M. (2002). *San Francisco City CarShare: Assessment of Short- Term Travel-Behavior Impacts*. Berkeley: Institute of Urban & Regional Development IURD Working Paper Series (University of California).

Chin, A. T., & Lee, D. S. (1998). Impact of the Car Sharing Scheme on mode choice. *1998 Conference on Traffic and Transportation Studies - ICTTS, ASCE Reston VA USA*, (pp. 508-517). Beijing, China.

City CarShare. (2006). *Bringing car sharing to your community*. Consulté le 7 novembre 2008, sur Citycarshare: http://www.citycarshare.org/download/CCS_BCCtYC_Long.pdf

Clavel, R., Mariotto, M., & Arsac, B. (2008). *L'autopartage en France et en Europe en 2008 – État des Lieux et perspectives*. Certu.

Communauto. (2008). Consulté le 11 juillet 2008, sur Communauto: <http://www.communauto.com>

Communauto. (2008). *Le Duo Auto+Bus*. Consulté le 10 novembre 2008, sur <http://www.communauto.com/auto+bus.html>

Communauto. (2006). *Sondage 2006*. Montréal, Québec, Canada.

Communauto. (2008). *Sondage 2008, document d'aide*. Montréal.

Division du développement des transports, Direction des transports, Service des infrastructures, transport et environnement. (2008). *Réinventer Montréal, Plan de Transport*. Montréal.

Enoch, M. (2002). *How public and private organizations support city car share clubs: A worldwide review. Integration into Urban Planning Work Package*. MOSES (Mobility Services for Urban Sustainability) Project European Commission, DG TREN. Energy and Environmental Research Unit. The Open University., Milton Keynes, U.K.

Enoch, M., & Taylor, J. (2006). A worldwide review of support mechanisms for car clubs. *Transport Policy* (13), 434–443.

Faghri, Ardeshir, Adam, Trick, Fortunato III, Bernard, R., et al. (2008). Application of Carsharing in Small Cities in the United States: A Framework for Implementation and Analysis. *Transportation Research Board Annual Meeting 2007*. Washington, D.C.

Fellows, N. T., & Pitfield, D. E. (2000). Economic and operational evaluation of urban car-sharing. 5, 1-10. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*.

Filosa, G. (2006). *CARSHARING: Establishing its Role in the Parking Demand Management Toolbox*. A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Arts in Urban and Environmental Policy and Planning, TUFTS UNIVERSITY.

Goldman, T., & Gorham, R. (2006). Sustainable urban transport: Four innovative directions. *Technology in Society* (28) , 261–273.

Harms, S., & Truffer, B. (1998). *The Emergence of a Nationwide Carsharing Cooperative in Switzerland*. European Union: Joint Research Centre.

Jain, A., & Dubes, R. (1998). *Algorithms for Clustering Data*. Prentice Hall: New Jersey.

Jemelin, C., & Louvet, N. (2007). *Etude sur l'autopartage à Paris : Analyse des comportements et des représentations qui lui sont associés*. Consulté le 25 janvier 2008, sur Mairie de Paris: <http://www.paris.fr/portail/viewmultimediadocument?multimediadocument-id=35970>

KATZEV, R. (2003). *Car sharing: a new approach to urban transportation problems*. Anal. Soc. Issues Public Policy.

Kay, J. (1997). *Asphalt Nation: How the Automobile Took Over America, and How We Can Take It Back*. New York: Crown Publishers.

Klintman, M. (1998). *Between the Private and the Public. Formal Car Sharingas part of a Sustainable Traffic System. An Exploratory Study*. KFB Meddelande. Stockholm: Kommunikationsforskningsberedning.

Lane, C. (2005). PhillyCarShare: First-year social and mobility impacts of carsharing in Philadelphia, Pennsylvania. *Transportation Research Record*, 1927, pp. 158-166.

Martin, B. (2007). Caractérisation du système d'autopartage dans l'agglomération Montréalaise et analyse spatio-temporelle de ses différents objets : usagers, stationnements, véhicules. 154. Mémoire de maîtrise inédit, École Polytechnique de Montréal, Québec, Canada.

May, A., Ross, T., Grebert, J., & Segarra, G. (2008). User reaction to car share and lift share within a transport 'marketplace'. *The Institution of Engineering and Technology, IET Intell. Transp. Syst.* , 2 (1).

Meaton, J., & Low, C. (2003). Car Club Development: The Role of Local Champions. *World Transport Policy & Practice* , 9 (4), pp. 32-40.

Millard-Ball, A., Murray, G., Ter Schure, J., Fox, C., & Consulting, N. (2005). Car-sharing: Where and How it Succeeds. *Transit Cooperative Research Program TCRP (Report 108), Research Sponsored by the Federal Transit Administration in Cooperation with the Transit Development Corporation* , 264. Washington, D.C.: Transportation Research Board.

Morency, C., Habib, K. M., Grasset, V., & Islam, M. T. (2009). Application of a Dynamic Ordered Probit Model for Predicting Activity Persistency of Carsharing Members. *Transportation Research Board 2008*. Washington, D.C.

Morency, C., Trépanier, M., & Martin, B. (2008). Object-oriented analysis of a car sharing system. *Transportation Research Board 2007*. Washington, D.C.

Morency, C., Trépanier, M., Agard, B., Martin, B., & Quashiee, J. (2007). Car sharing system: what transaction datasets reveal on users' behaviors. *IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems*, (p. 6). Seattle, Washington.

Price, J., & Hamilton, C. (2005). *Arlington Pilot Carshare Program. First-Year Report*. Arlington, VA: Arlington County Commuter Services, Division of Transportation. Department of Environmental Services.

Robert, B. (2004). *Histoire de l'auto-partage. Communauto*. Consulté le 16 décembre 2008, sur Communauto: <http://www.communauto.com>

Shaheen, S. A. (2001). Commuter-based carsharing: Market niche potential. *Transportation Research Record*, 1760, pp. 178-183. Washington, D.C.

Shaheen, S. A., & Cohen, A. P. (2008). *Worldwide Carsharing Growth: An International Comparison*. Consulté le 23 juin 2008, sur <http://repositories.cdlib.org/itsdavis/UCD-ITS-RR-08-10>

Shaheen, S. A., & Wright, J. (2001). The Carlink II pilot program: Testing A commuter-based carsharing model. *2001 IEEE Intelligent Transportation Systems Proceedings*, 1067-1072. Oakland, CA.

Shaheen, S., Cohen, A., & Roberts, J. (2005). Carsharing in North America: Market growth, current developments, and future potential. *Transportation Research Board*. Washington D.C.

Shaheen, S., Schwartz, A., & Wiprywski, K. (2004). Policy considerations for carsharing and station cars: Monitoring growth, trends, and overall impacts. *Transportation Research Record*, 1887. Washington, D.C.

Shaheen, S., Wiprywski, K., Rodier, C., Novick, L., Meyn, M. A., & Wright, J. (2004). Carlink II: a Commuter Carsharing Pilot Program Final Report, Chapter three. *California PATH Research Report*.

Statistiques Canada. (2006). *Produit du Recensement de 2006, Zones de Recensement Métropolitaine*. Consulté le 16 août 2008, sur <http://ivt.crepuq.qc.ca/>

Steininger, K., Vogl, C., & Zettl, R. (1996). *Car-sharing organizations -- The size of the market segment and revealed change in mobility behavior*. *Transport Policy*, 3, pp. 177-185.

Tecslut Inc., experts-conseils. (2007). *Des fleurs pour le Plan de transport de la Ville de Montréal*. Montréal.

Tecslut Inc., experts-conseils. (2007). *Le projet auto+bus: Évaluation d'initiatives de mobilité combine dans les villes canadiennes*. Montréal.

The World Carshare Consortium. (2009). Consulté le 3 février 2009, sur <http://ecoplan.org/carshare/>

KITTELSON & ASSOCIATES, KFH GROUP, PARSONS BRINCKERHOFF QUADE & DOUGLASS, & HUNTER-ZAWORSKI (2003). *Transit Cooperative Research Program, Report 100, part 3, Transit Capacity and Quality of Service Manual*. Washington, D.C.

Zipcar. (2008). Consulté le 22 juillet 2008, sur Zipcar: <http://www.zipcar.com>

ANNEXES

Annexe 2 – Présentation du système montréalais

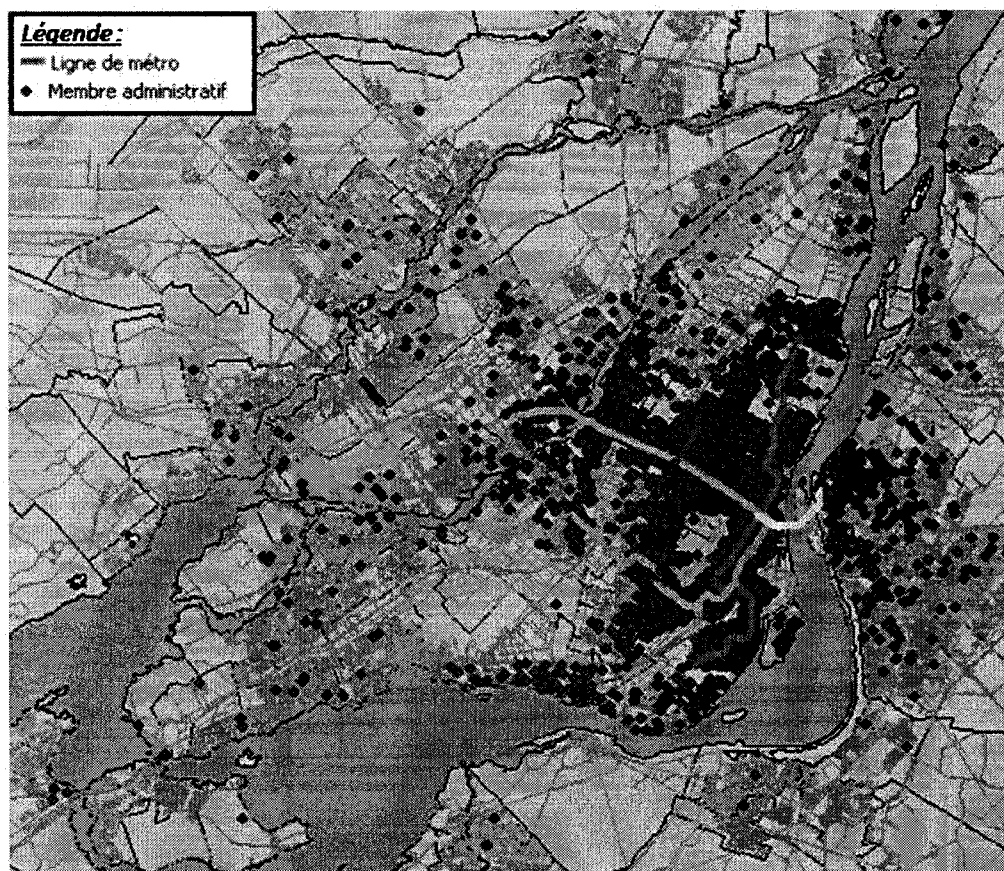


Figure 104 : Grande Région de Montréal et les abonnés de l'autopartage recensés dans l'étude

Annexe 3 - Congestion et fiabilité des temps de parcours estimées par données GPS, cas de l'autoroute 40 ouest

L'annexe 1 présente une première approche des possibilités d'utilisation de données GPS, issues d'un service d'autopartage, pour mesurer et comprendre les phénomènes de congestion sur les autoroutes. Les données GPS sont fournies par Communauto. Dans un premier temps nous allons revenir sur une définition rapide de la congestion et des moyens de mesure de cette dernière, pour ensuite continuer sur le cas de l'autoroute 40, direction ouest, et présenter quelques résultats obtenus à partir des données.

La congestion

Généralités

La congestion est un phénomène assez facilement reconnaissable puisqu'il correspond à un état de saturation du réseau (ou de la route). Dans la pratique on observe très rapidement une accumulation de véhicules sur la voie de circulation. De telles situations sont présentes dans la mémoire de chacun. Plus rigoureusement, la congestion est définie comme un débit excessif de véhicules sur une portion de voie de circulation par rapport à la capacité « libre » ou théorique de cette dernière.

Ces vingt dernières années la congestion a globalement augmenté. En effet, le taux de motorisation des ménages et le phénomène d'étalement urbain sont de plus en plus importants. La demande en transport est croissante donc la congestion résultante augmente (Cambridge Systematics, Inc., 2005). En plus de devenir de plus en plus présente, la congestion est également devenue de plus en plus volatile. Les taux de congestion observés sont rarement identiques d'un jour à l'autre car la diversité du trafic et des causes amenant à la congestion entraînent une variabilité importante sur le résultat. Or, c'est ce temps de retard imprévu qui coûte cher aux personnes et à la société.

Mesure de la congestion

Le temps de parcours moyen, calculé comme la moyenne des temps de parcours observés pendant un intervalle de temps T , permet d'obtenir une image globale de l'état de congestion d'une route sur cet intervalle.

La variabilité du temps de parcours définit la fluctuation de ce dernier pendant l'intervalle de temps T (heures, jours...). Pour chaque intervalle, des indicateurs permettent de mesurer la dispersion des temps de parcours. Le *Travel Ratio Index* est l'un d'entre eux :

$$TRI = \frac{T_{95} - T_{50}}{T_{50}}$$

Avec :

- T_{95} le temps du 95^{ième} percentile de la distribution observée
- T_{50} le temps médian de la distribution observée

Plus le TRI est élevé, plus les utilisateurs de la route ont une chance d'être confrontés à un phénomène de congestion.

Données GPS des utilisateurs de Communauto

Présentation

Cette recherche se penche sur le phénomène de congestion dans la Grande Région de Montréal. Il est intéressant de regarder les axes majeurs puisque, en raison du nombre important d'utilisateurs journaliers, ils concernent une plus grande partie de la population. De plus les autoroutes simplifient ce type d'études car les intersections, compliquant les analyses, y sont limitées. Le comportement d'un utilisateur sur un réseau et en particulier aux intersections n'est pas simple à estimer ni même à suivre ou encore à modéliser. Les principaux axes de transport peuvent être étudiés à l'aide de systèmes de comptages statiques, adaptés sur les routes elles mêmes, comme des boucles magnétiques ou par des systèmes dynamiques de comptage à bord d'un véhicule. Néanmoins les temps de parcours ne sont pas facilement interprétables à partir de ces comptages. De leur côté, les données GPS sont intéressantes car elles comportent un historique des déplacements du véhicule et autorisent généralement de bonnes précisions de mesure.

Certains véhicules de la flotte de l'opérateur d'autopartage (56) sont équipés de GPS. Ainsi, les trajets effectués peuvent être suivis dans le temps sur le territoire. À partir de ces données, et à l'aide d'un logiciel GIS, les véhicules qui ont emprunté les principaux axes routiers entre mars 2006 et mars 2008 fournissent des enregistrements exploitables pour l'estimation de temps de parcours et leur fiabilité. La Figure 105 présente le cadre géographique de Montréal et de son réseau routier supérieur. Cette recherche se limite à l'analyse qu'il est possible de faire à partir de ces données GPS et cherche à démontrer

l'intérêt de telles données pour des fins de planification. Aussi, afin d'illustrer le potentiel d'analyse, quelques résultats obtenus sur l'autoroute 40, direction ouest, sont présentés.

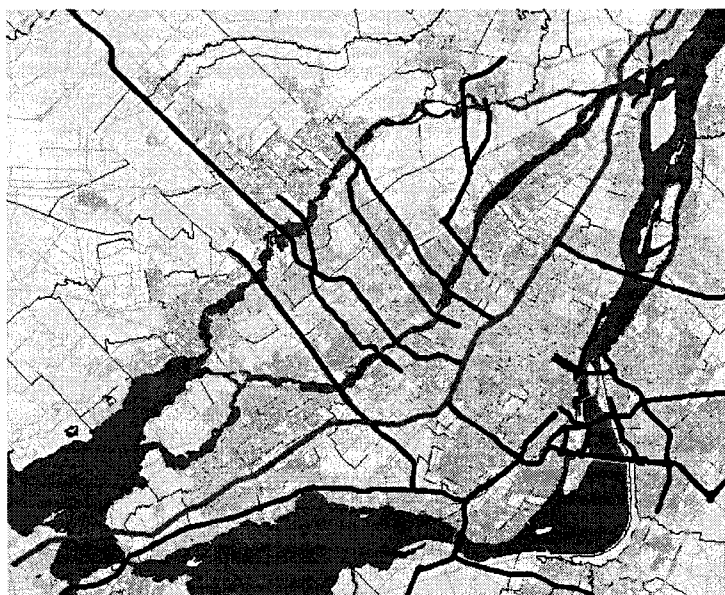


Figure 105 : GRM et les principaux axes autoroutiers (autoroute 40 en rouge)

La Figure 106 synthétise l'organisation du système d'information disponible pour cette étude. La distribution temporelle de ces données est relativement grande. En effet, une fois les données erronées (erreur de localisation, bug des GPS...) et les événements spéciaux retirés (accidents bloquant complètement la circulation), un système basé sur 2300 observations, liées à 1230 trajets, effectués sur l'autoroute 40 direction ouest est obtenu. Soit environ 13 000 véh.km pour 600 véh.h répartis entre mars 2006 et mars 2008.

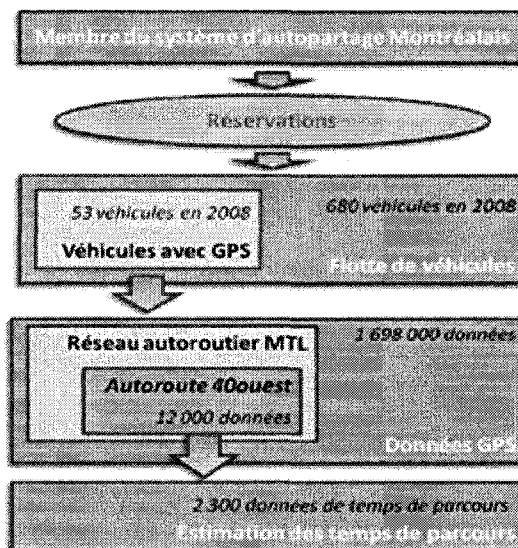


Figure 106 : Système d'information

Les Figure 107 et Figure 108 illustrent la distribution des données sur la plage d'étude. L'implantation de GPS sur la flotte de véhicules partagés est réalisée progressivement. Les observations sont surtout concentrées après le mois d'octobre 2008. Avant cette date les données ne peuvent pas être considérées comme représentatives pour l'étude de phénomènes saisonniers.

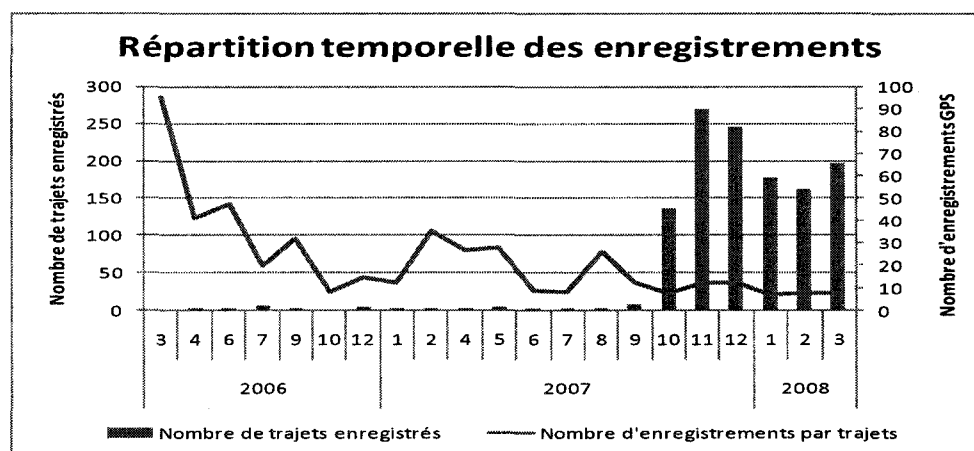


Figure 107 : Répartition temporelle des enregistrements suivent le mois

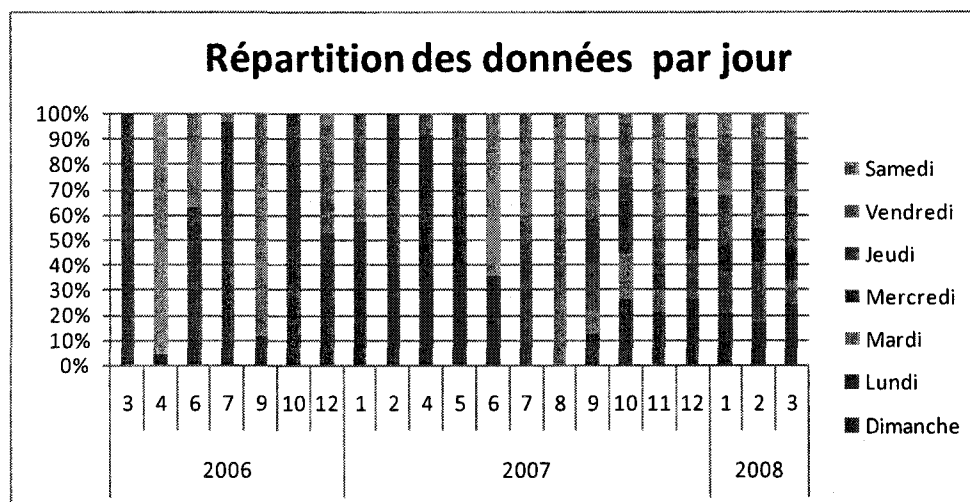


Figure 108 : Répartition temporelle des enregistrements suivant les jours de la semaine

Temps de parcours sur l'autoroute 40 direction ouest

Les données GPS des véhicules ont été utilisées pour déterminer des temps de parcours. Une fois l'autoroute découpée en tronçons de 1km, on remarque que la distribution des données n'est pas homogène sur les différents tronçons. En effet, certains tronçons, plus achalandés, sont beaucoup plus représentés. Or, la capacité de l'autoroute est la même sur toute sa longueur, ainsi les tronçons les plus achalandés présenteront plus de variabilité et plus de congestion mais ils seront aussi plus observés. Les temps de passage des véhicules sont estimés pour chaque début de tronçon et servent à calculer la vitesse de parcours, considérée uniforme sur les tronçons. Ainsi ces données pourront être utilisées à des fins de comparaison. Pour cette estimation, nous avons considéré une vitesse uniforme entre deux intervalles de mesure du GPS.

La Figure 109 présente la distribution journalière moyenne des données, par tranche de 15min, en fonction du découpage de l'autoroute en tronçons de 1km. Ici, tous les jours observés entre octobre 2007 et mars 2008 sont considérés. On remarque que la période de pointe peut être mieux étudiée que les autres périodes. En posant comme hypothèse une faible variation journalière sur les mois observés, il est alors possible d'obtenir suffisamment de données pour étudier la congestion.

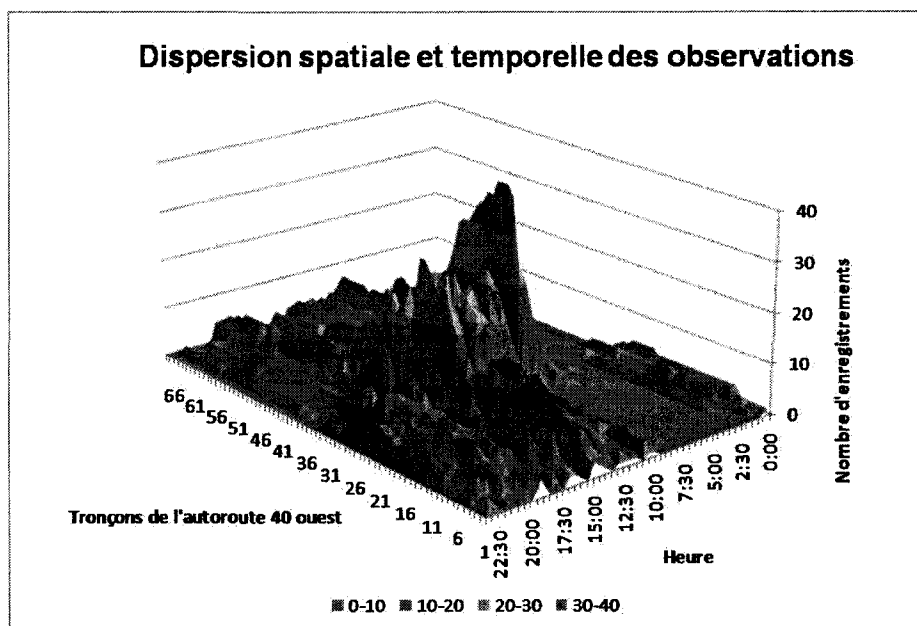


Figure 109 : Répartition journalière moyenne des observations par tranche de 15min

À partir de ces données, la Figure 110 présente les temps de parcours moyens sur chaque tronçon de l'autoroute, pour une journée moyenne entre octobre 2007 et mars 2008. Une des définitions les plus simples de la congestion consiste à considérer que le phénomène existe dès que les véhicules roulent à moins de 50km/h (la vitesse libre sur l'autoroute 40 étant de 100km/h). Pour des tronçons de 1km de longueur ceci correspond à un temps de parcours de 72s. Dès lors on remarque les tronçons 25 à 34 sont sujet à des phénomènes de congestion.

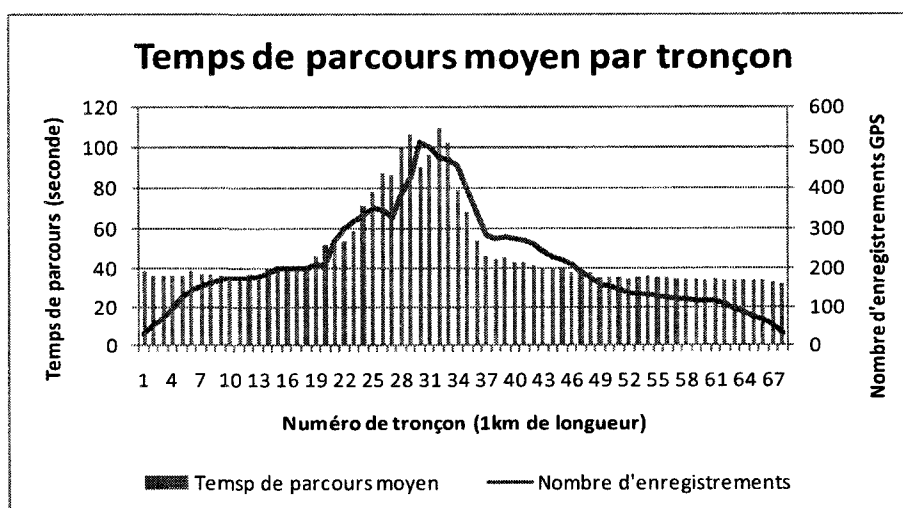


Figure 110 : Temps de parcours moyen (toutes observations confondues entre octobre 2007 et mars 2008)

La Figure 111 montre la position géographique des tronçons. Ceux qui possèdent les temps de parcours moyens les plus grands se situent au niveau des connections avec les autres autoroutes (ici l'autoroute 15). La hauteur des histogrammes est proportionnelle au temps de parcours moyen observé.

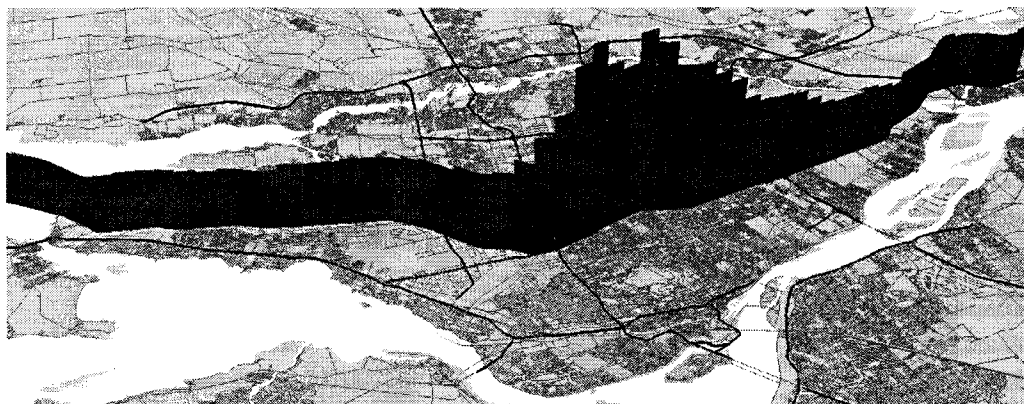


Figure 111 : Situation géographique des tronçons de la Figure 110

Variabilité des temps de parcours : TRI

D'après la distribution des données présentée à la Figure 109, seule la période de 7h30 à 19h30 sera étudiée ; en début de période certains tronçons ne possédant pas d'enregistrements. Ceci est lié à la nature même de l'autopartage. En effet les membres n'utilisent généralement pas ou peu le système dans le cadre d'un déplacement lié au travail. Par conséquent, la plage de données représente peu les phénomènes du matin.

Pour certains tronçons le nombre d'enregistrements disponibles est relativement limité et un problème de représentativité des données se pose. Du coup, pour ces tronçons, les seules mesures possibles se limitent à un calcul de temps de parcours moyen. Or pour caractériser la congestion, il est nécessaire de décrire la variabilité observée sur des découpages temporels assez fins. Par exemple en triant les données selon le jour de la semaine et la période d'observation (phénomènes saisonniers).

Les tronçons les plus achalandés peuvent à priori être utilisés pour de tels calculs. Nous allons voir différents résultats obtenus à partir de différents découpages temporels, sur tronçon fortement représenté et pour la plage horaire journalière de 7h30 à 19h30.

Découpage mensuel

La Figure 112 montre les distributions cumulées de temps de parcours selon le mois. Ici seuls les enregistrements correspondant à un jour de semaine dans la plage horaire de journée sont considérés.

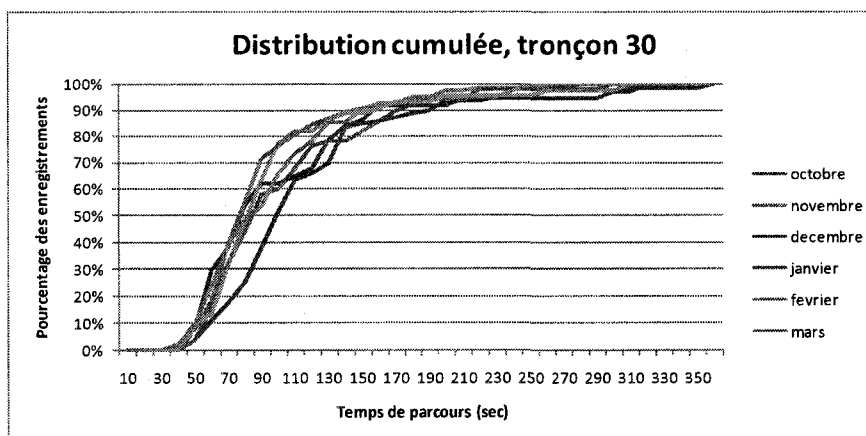


Figure 112 : Distribution cumulée des temps de parcours, tronçon 30, jours de semaine, de 7h30 à 19h30

La Figure 113 présente les TRI mensuels calculés à partir des temps de parcours précédents. Le tronçon considéré est toujours sujet à des phénomènes de congestion. Il s'agit en effet d'un tronçon proche de l'autoroute 15 et le trafic est très souvent perturbé à cet endroit. On remarque tout de même une diminution du TRI au cours de l'automne, phénomène lié à la rentrée scolaire et au temps d'adaptation des automobilistes à la nouvelle distribution des déplacements sur le réseau, ainsi qu'une légère augmentation en hivers (météo).

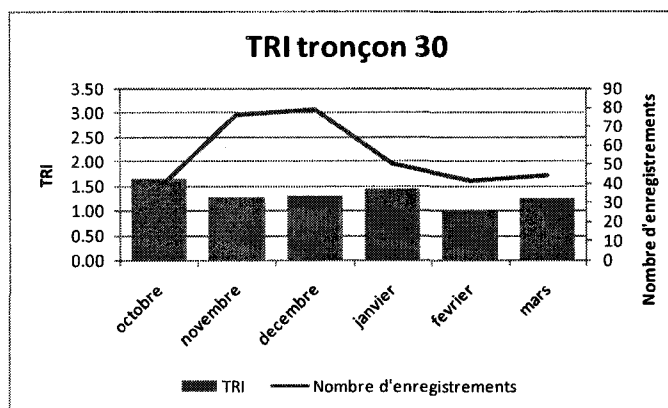


Figure 113 : TRI mensuel, jours de semaine, plage horaire de 7h30 à 19h30

Découpage horaire

La Figure 114 montre les distributions obtenues pour le tronçon 30 seul. Ici toutes les données disponibles sur les plages horaires ont été utilisées.

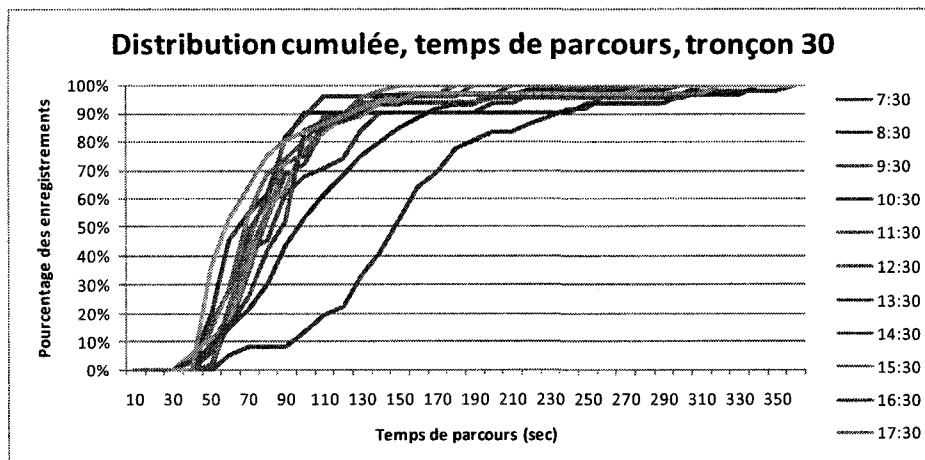


Figure 114 : Distribution cumulée des temps de parcours, tronçon 30 (toutes données mensuelles confondues)

La Figure 115 montre les TRI obtenus sur les différentes plages horaires de la journée. On remarque une pointe matinale, une augmentation globale l'après midi et une pointe le soir.

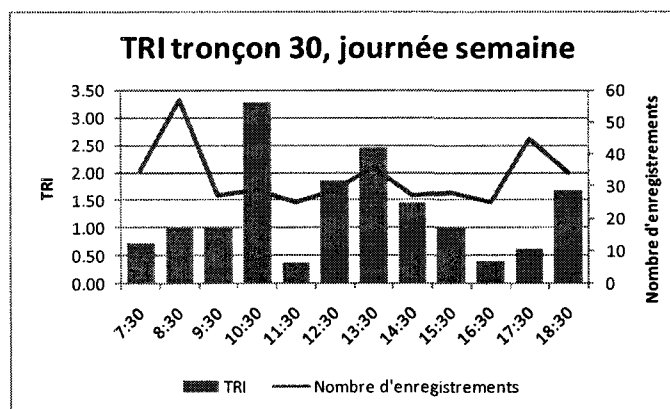


Figure 115 : TRI pour les données de semaine, tous mois confondus entre octobre 2007 et mars 2008

Conclusion

Ainsi les données GPS récupérées chez un opérateur de location de véhicules (ici l'autopartage), concernant des trajets effectués par des véhicules particuliers à des fins privées, peuvent servir de base de données pour la détermination de temps de parcours et l'étude de la circulation sur un réseau. Dans notre cas, la base permet déjà l'étude de certains tronçons fortement achalandés et donne les comportements globaux sur les principaux axes. Pour valider les résultats de l'exemple, il faudrait étudier l'autre direction de l'autoroute 40 ainsi que les autoroutes connexes comme la 15. Des comparaisons devraient être réalisées avec d'autres systèmes de mesure pour valider les comportements

observés. Les données actuelles peuvent présenter quelques problèmes de représentativité pour des découpages temporels plus fins, aussi il pourrait être intéressant de changer le découpage spatial des autoroutes. En prenant des tronçons plus grands ou en adaptant le découpage aux sorties existantes, on perdra en précision mais les échantillons seront plus significatifs.

Finalement l'utilisation des données paraît être une piste intéressante pour l'analyse des comportements des automobilistes, ainsi que pour l'étude du réseau. Le développement d'une flotte mieux équipée pourrait permettre aux autorités d'obtenir de précieuses données. L'opérateur d'autopartage, mais aussi les autorités locales, trouveraient un avantage dans un projet commun.