



**Titre:** Analyse de l'implantation de l'autopartage en libre-service intégral  
Title: à Montréal

**Auteur:** Grzegorz Wielinski  
Author:

**Date:** 2014

**Type:** Mémoire ou thèse / Dissertation or Thesis

**Référence:** Wielinski, G. (2014). Analyse de l'implantation de l'autopartage en libre-service  
Citation: intégral à Montréal [Mémoire de maîtrise, École Polytechnique de Montréal].  
PolyPublie. <https://publications.polymtl.ca/1664/>

 **Document en libre accès dans PolyPublie**  
Open Access document in PolyPublie

**URL de PolyPublie:** <https://publications.polymtl.ca/1664/>  
PolyPublie URL:

**Directeurs de  
recherche:** Martin Trépanier, & Catherine Morency  
Advisors:

**Programme:** Génie industriel  
Program:

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

ANALYSE DE L'IMPLANTATION DE L'AUTOPARTAGE EN LIBRE-  
SERVICE INTÉGRAL À MONTRÉAL

GRZEGORZ WIELINSKI

DÉPARTEMENT DE MATHÉMATIQUES ET DE GÉNIE INDUSTRIEL  
ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

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

DÉCEMBRE 2014

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

Ce mémoire intitulé :

ÉVALUATION DE L'IMPLANTATION DE L'AUTOPARTAGE EN LIBRE-SERVICE  
INTÉGRAL À MONTRÉAL

présenté par : WIELINSKI Grzegorz

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

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

M. MARGNI Manuele, Doctorat, président

M. TRÉPANIÉ Martin, Ph. D., membre et directeur de recherche

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

M. ROBERT Benoît, M. ATDR, membre

## REMERCIEMENTS

J'aimerais remercier tout spécialement mon directeur Martin Trépanier ainsi que ma co-directrice Catherine Morency, qui ont su m'aider tout au long de ce processus, mais surtout qui m'ont fait partager leur passion pour la recherche ainsi que pour le domaine du transport.

Également, j'aimerais souligner l'apport de Communauto à cette étude, tant au niveau du partage des données que de leur soutien financier. Leur confiance et leur soutien à la recherche supérieure est tout à leur honneur.

## RÉSUMÉ

L'autopartage est de plus en plus connu et populaire au sein des communautés urbaines à travers le monde. Pratique, économique et écologique, ce mode de transport durable amène plusieurs bénéfices tant à l'environnement, à notre système de transport collectif et aux utilisateurs directement. Depuis quelques années, une nouvelle forme d'autopartage a vu le jour, le libre-service intégral (LSI). Ce service d'autopartage a l'avantage de ne plus reposer sur un système de stations pour la récupération et l'utilisation de véhicules, mais bien sur des zones de service où les usagers peuvent y emprunter un véhicule. Ils peuvent ensuite effectuer leurs déplacements à l'intérieur et à l'extérieur de cette zone, pour finalement remettre le véhicule libre d'utilisation n'importe où à l'intérieur de la zone de service (la voiture doit être stationnée dans la rue de façon légale). Ce nouveau mode amène donc une multitude d'opportunités aux usagers, qui ne sont plus autant restreints au niveau de leur point de retour ainsi que de la structure de leur chaîne de déplacements.

La littérature à ce jour recense plusieurs travaux au niveau de l'autopartage et quelques uns pour le LSI. Au niveau de l'autopartage traditionnel, on présente les usagers comme étant des hommes et des femmes assez jeunes (25 à 45 ans), ayant une bonne éducation, provenant d'un ménage assez restreint et ayant un revenu plus élevé que la moyenne (Millard-Ball, 2005). Également, ce même auteur démontre que les motifs reliés à l'utilisation de ce mode de transport sont habituellement consacrés aux activités de plaisances ainsi qu'aux courses/magasinage et non pas aux déplacements liés au travail. Certains travaux ont été réalisés au sujet du traitement des traces GPS pour en évaluer le comportement des usagers (Leclerc, Trépanier, & Morency, 2013). On a démontré qu'en plus de faire des déplacements plus courts, les usagers effectuaient davantage de déplacements dans leurs chaînes de déplacements que des usagers d'automobile traditionnels, afin de maximiser l'utilisation de la voiture durant la période de location. De ces usagers, deux groupes sont ressortis, soit les usagers à haute fréquence (qui représente une bonne partie des déplacements effectués globalement) et les usagers à basse fréquence (qui représentent plus d'usagers, mais avec des habitudes de consommation de l'autopartage plus faible). L'autopartage traditionnel a également soulevé plusieurs bienfaits au niveau économique, social et environnemental. Pour les usagers, on rapporte des économies d'argent, pour l'environnement on rapporte une diminution quant au parc automobile ainsi qu'une diminution des émissions de gaz à

effet de serre, ce qui impact directement la société (E. W. Martin & Shaheen, 2011). Du côté du libre-service intégral, les recherches se font plus rares bien entendu, mais tout de même présentes. Une étude fort intéressante a été effectuée en Allemagne sur le comportement des usagers dans un système de LSI. On y rapporte que l'utilisation des véhicules est plus élevée les vendredis et samedis, indiquant une prépondérance pour des motifs davantage reliés aux activités de plaisance et au magasinage. On y traite également de la distance entre les points de départ et d'arrivée, ainsi que l'impact de la météo sur l'utilisation du service. Finalement, une étude par le biais d'un système d'information géographique a été effectuée pour montrer la distribution spatiale de la localisation des départs de déplacements. D'autres auteurs participent également à la littérature du LSI comme (Ciari, Balmer, Axhausen, 2008) qui ont effectué des simulations orientée-agent et (Schaefer, 2013) qui explore les motivations des usagers quant à leur adhésion au service.

Cette recherche propose trois objectifs principaux. Tout d'abord, on vise à découvrir en profondeur les caractéristiques des usagers ainsi que leur comportement lors de l'emploi de véhicule de LSI. Également, un exercice de comparaison est effectué pour comparer le service traditionnel au nouveau service LSI. Finalement, l'étude aborde la complémentarité du service face aux autres modes de transport. Pour y arriver, une entente avec l'opérateur d'autopartage Communauto et l'École Polytechnique de Montréal a été conclue afin d'accéder aux données transactionnelles du service LSI et du service traditionnel, en plus d'accéder aux résultats d'un sondage sur les motifs d'utilisation du LSI.

Afin de dresser un portrait des données mises à disposition, un système d'information a été créé pour intégrer et croiser les différentes sources de données, pour ultimement présenter les résultats sous différentes dimensions et comparer l'utilisation des usagers participants aux deux services. Également, un système d'information géographique est mis à profit afin de notamment représenter géographiquement les différents arrêts des usagers tout au long de leurs déplacements. Au total, c'est 22 993 transactions pour le LSI et 1 572 076 réservations pour le service régulier qui ont été mises à disposition. De plus, 1 175 réponses d'un sondage ont été collectées permettant d'identifier le motif d'utilisation ainsi que les modes de transport remplacés par le LSI.

Au final, on remarque une prépondérance au niveau du nombre d'usagers du sexe féminin (63%) par rapport aux hommes (37%). Également, les usagers sont légèrement plus jeunes que leurs homologues du service traditionnel et résident en majorité (83%) dans la zone de couverture.

Un déplacement moyen pour le LSI est en moyenne à  $8,0 \pm 12,2$  km avec une valeur médiane de 3,8 km, ce qui est nettement plus faible que les distances recensées pour le service régulier. Le traitement du sondage montre que les principaux motifs d'usage sont le magasinage (34%), les activités de plaisance (18%) et le retour au domicile (18%). Une différence est remarquée au niveau des usagers qui ont déjà utilisé l'autopartage traditionnel a priori. En effet, les distances parcourues, les temps d'utilisation ainsi que les temps d'arrêt sont statistiquement plus faibles que les usagers introduit à l'autopartage par le LSI. Aussi, à la suite de cette étude, il est devenu impératif d'étudier dans le futur le LSI et l'autopartage traditionnel comme deux entités distinctes dû aux nombreuses différences quant aux métriques d'utilisation. Finalement, il y a chevauchement entre le LSI et les autres modes de transport de la ville, mais on préfère parler tout de même d'un service complémentaire qui vient bonifier l'offre de choix modal des montréalais. D'autres études devront être effectuées pour réellement répondre à cette question.

Le mémoire se termine sur une ouverture quant aux perspectives futures intéressantes à explorer en passant par les contributions de l'étude ainsi que des limitations de cette dernière. Des études au niveau des impacts environnementaux, tant pour les émissions de GES que de la possession automobile, ainsi que de la complémentarité du LSI avec le cocktail de mobilité urbain des grandes villes sont à prévoir pour le futur, afin de catégoriser le LSI comme étant un mode de transport durable ou pas.

## ABSTRACT

Carsharing is increasing in popularity worldwide. It is a practical, environmentally friendly and economical method of transportation with many benefits. In recent years, a new form of carsharing has hit the market: free-floating carsharing . This service allows users to borrow a car and return it anywhere in the service's particular zone. Thus, users will not be dependant of a fixed station to return the vehicle to. However, the borrowed vehicle has to be parked back legally on the streets. For instance, it cannot be parked in a driveway or go against parking sign rules. All in all, this service bring many traveling opportunities to users mainly in which they will not be obligated to return the borrowed vehicle to a predetermined location.

Recent literature contains many studies on carsharing. Nevertheless, information on free-floating carsharing is not abundant. According to Millard-Ball (2005), users of traditional carsharing are relatively young (between ages of 25 to 45), well educated, from a small family and have an income that is higher than the average. The same author demonstrates how carsharing members use this service to make leisure related trips such as shopping, activities and is rarely used for work related trips. Leclerc, Trépanier and Morency conducted an experiment in 2013 in which they evaluated the users behaviors with the service by treating the GPS traces. They discovered that users maximize their time more with the vehicle that they have borrowed versus regular car owners. Amongst these members, two main groups were discovered: first, users of low frequency (that are not frequent users of the service) that are abundant and second, users of high frequency (frequent users of the service) that are less abundant. As previously mentioned, this service brings many benefits. Economically, users get to save money. Ecologically, there is a reduction in car ownership, which results in reduction of emission of greenhouse gases (E. E. Martin & Shaheen, 2011).

Even though studies are scarce for free floating carsharing, there are still some interesting papers. In fact, an interesting study was conducted in Germany on the travel behaviors of the users of a free floating carsharing service. Results indicated higher usage of the service Friday to Saturday, indicating the service is mostly used for recreational activities and shopping. The study also analyzes the distances between start and finish locations as well as the impact of weather on the use of the service. With the help of a geographical information system, researchers were able to

demonstrate all the spatial distribution of the driver's starting locations. Other authors have also contributed to the study: Ciari, Balmer & Axhausen (2008) have conducted agent-based simulations and Schaefer (2013) has analyzed the usage motives of carsharing members.

This research proposes three main objectives. Firstly, we aim to study in detail the characteristics of users and their travel behavior while they are at use of the service. Secondly, we are going to compare the principal aspects between station based carsharing and free floating carsharing. Finally, our study will look at how free floating carsharing complements other modes of transport. To accomplish this research, an agreement was set with one of the largest carsharing providers in North America, Communauto and École Polytechnique de Montréal. They provided transactional data for free floating and traditional carsharing. In addition, they offered the results of a survey regarding the motives of the users of the free floating service. Results show that amongst all users, female users (63%) are more predominant than male users (37%). Also, free-floating users are slightly younger than traditional users and the majority of them live inside the service area (83%). The average distance of a trip is  $8.0 \pm 12.2$  km with a median value of 3.8 km, which is substantially smaller than the distance of a traditional carshare trip. The results of the survey show that the main purposes of travel are shopping (34%), leisure activities (18%) and returning back home with the car (18%). A difference is noticed between regular users of general carsharing and free-floating users. In fact, the average trip distance is shorter for the regular users. We realized that it's imperative that in the future we study station based carsharing and free-floating as two distinct services due to the differences between usage patterns. Finally, there's some overlapping between free-floating and the other transportation services offered, but we prefer to talk about a complementary service that adds value to the existing options offered to Montrealers. Further studies shall be done to fully answer the question.

This paper ends on the future perspectives that will be interesting to explore, especially on the impact of free-floating on the environment and how this service complements other existing modes of transport. After studying those aspects, we'll be able to label free-floating carsharing as a sustainable mode of transport or not.

## TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS .....	III
RÉSUMÉ.....	IV
ABSTRACT .....	VII
TABLE DES MATIÈRES .....	IX
LISTE DES TABLEAUX.....	XII
LISTE DES FIGURES.....	XIII
LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS .....	XVIII
LISTE DES ANNEXES.....	XIX
CHAPITRE 1 INTRODUCTION.....	1
1.1 Mise en contexte.....	1
1.2 Objectifs du travail .....	2
1.3 Structure du mémoire .....	2
CHAPITRE 2 REVUE DE LA LITTÉRATURE.....	4
2.1 Définitions de l'autopartage et ses dérivés.....	4
2.1.1 L'autopartage .....	4
2.1.2 Différents types d'autopartage .....	5
2.2 Typologie et comportement des usagers .....	7
2.3 Bénéfices de l'autopartage .....	11
2.4 Libre-service intégral .....	15
2.4.1 Impacts environnementaux et possession automobile .....	15
2.4.2 Comportement des usagers.....	17
CHAPITRE 3 MÉTHODOLOGIE ET DÉFINITION DES CONCEPTS CLÉS.....	20
3.1 Méthodologie générale.....	20

3.2	Offre de service de Communauto.....	22
3.2.1	Service régulier avec réservation de Communauto.....	22
3.2.2	Autopartage en libre-service sans réservation de Communauto .....	23
3.3	Définitions de concepts clés.....	25
3.3.1	Objets utilisés .....	25
3.3.2	Les composantes de l'utilisation d'un véhicule .....	27
CHAPITRE 4	SYSTÈME D'INFORMATION .....	31
4.1	Cueillette des données.....	31
4.1.1	Données transactionnelles et GPS.....	32
4.1.2	Données sondage.....	36
4.1.3	Données Communauto régulier.....	38
4.2	Intégration des données.....	40
4.3	Traitements particuliers des données .....	41
4.3.1	Clients.....	41
4.3.2	Dates de référence et FCCP .....	43
4.3.3	Sondage .....	44
4.3.4	Transactions et traces GPS Auto-mobile .....	45
4.3.5	Transactions Communauto régulier .....	46
4.4	Analyse des traces GPS.....	46
4.4.1	Distances et durées .....	47
4.4.2	Déplacements et arrêts .....	48
4.5	Classification des clients .....	51
4.6	Résumé du traitement du système d'information.....	53
CHAPITRE 5	ANALYSE DES RÉSULTATS.....	54

5.1	Statistiques de base sur les services de Communauto .....	54
5.1.1	Caractéristiques des usagers .....	54
5.1.2	Utilisation .....	60
5.2	Caractéristiques des déplacements Auto-mobile.....	61
5.2.1	Statistiques du service Auto-mobile.....	61
5.2.2	Distances et durées des déplacements .....	65
5.2.3	Moments d'utilisation .....	72
5.2.4	Lieux et temps d'activités .....	77
5.2.5	Transactions en boucles fermées et ouvertes .....	88
5.3	Comparaison des deux services (AM et REG).....	92
5.3.1	Distances/durées des transactions AM et réservations REG.....	92
5.3.2	Nombre de déplacements par transaction/réservation.....	98
5.3.3	Moments d'utilisation AM et REG .....	101
5.4	Résultats du sondage .....	103
5.4.1	Analyse des répondants .....	103
5.4.2	Résultats sondage Auto-mobile.....	106
5.4.3	Intégration du LSI dans le cocktail de mobilité urbaine actuel .....	116
CHAPITRE 6	CONCLUSION ET PERSPECTIVES .....	120
6.1	Contributions .....	120
6.2	Limitations .....	121
6.3	Perspectives futures.....	122
BIBLIOGRAPHIE	.....	124
ANNEXES	.....	128

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2.1 : Définitions administratives de l'autopartage (Millard-Ball, 2005).....	5
Tableau 2.2 : Prévisions des changements au niveau de l'émission des GES selon les usagers du LSI (Firnkorner & Müller, 2011) .....	16
Tableau 2.3 : Prévision au niveau de la possession automobile pour les usagers du LSI (Firnkorner & Müller, 2011).....	17
Tableau 4.1 : Représentation de la table Choix_Sondage .....	37
Tableau 5.1 : Moyenne et médiane selon la période d'étude de différents ratios AM.....	64
Tableau 5.2 : Utilisation journalière selon le type de véhicule AM.....	65
Tableau 5.3 : Nombre de transactions normalisées à Munich lors de diverses conditions climatiques d'un système de LSI (Schmöller et al., 2013).....	76
Tableau 5.4 : Distance à vol d'oiseau entre la position de début et de fin d'une transaction AM.....	88
Tableau 5.5: Distance à vol d'oiseau entre la position de début et de fin d'un déplacement AM.....	88
Tableau 5.6 : Distance à vol d'oiseau entre la position de début et de fin d'une transaction AM chez les femmes .....	90
Tableau 5.7 : Distance à vol d'oiseau entre la position de début et de fin d'une transaction AM chez les hommes.....	90
Tableau 5.8 : Distance à vol d'oiseau entre la position de début et de fin d'une transaction AM chez les utilisateurs de type « AM » .....	91
Tableau 5.9 : Distance à vol d'oiseau entre la position de début et de fin d'une transaction AM chez les utilisateurs de type « REG ».....	91
Tableau 5.10: Répartition de la distance parcourue selon le nombre de déplacements par transaction AM.....	100
Tableau 5.11 : Répartition de la distance parcourue selon le nombre de déplacements par chaîne de déplacements REG, (Leclerc et al., 2013).....	100
Tableau 5.12: Proportion des transactions et réservations selon l'heure et le jour de début .....	102

## LISTE DES FIGURES

Figure 2.1 : Évolution du nombre de transactions par semaine selon les deux types d'utilisateurs (LF=Base Fréquence, HF=Haute Fréquence) (Morency et al. 2011) .....	8
Figure 2.2 : Motif d'utilisation de l'autopartage traditionnel selon (Millard-Ball, 2005) .....	10
Figure 2.3 : Motifs de déplacements selon l'étude de Millard-Ball (2005) .....	11
Figure 2.4 : Bénéfices de l'autopartage répertoriés (Millard-Ball, 2005) .....	12
Figure 2.5: Distribution du changement annuel des GES des usagers de l'autopartage (E. W. Martin & Shaheen, 2011) .....	13
Figure 2.6 : Changement net de la possession automobile des ménages en Amérique du Nord (E. Martin, Shaheen, & Lidicker, 2010) .....	14
Figure 2.7 : Répartition modale selon l'utilisation et la possession automobile à Montréal (Sioui et al., 2013).....	15
Figure 2.8 : Intensité d'utilisation selon le moment de la journée, de la semaine et du lieu (Schmöller et al., 2013) .....	18
Figure 3.1 : Représentation graphique de la méthodologie utilisée .....	21
Figure 3.2 : Zone de desserte du service Auto-Mobile .....	25
Figure 3.3 : Exemple de chaîne simple (Valiquette, 2010) .....	28
Figure 3.4 : Exemple de chaîne complexe (Valiquette, 2010) .....	29
Figure 3.5 : Représentation d'une transaction et ses composantes (Trépanier et al. 2014) .....	29
Figure 4.1 : Sources de données composant le mémoire .....	31
Figure 4.2 : Vue des trajets de l'interface de Vulog .....	32
Figure 4.3 : Information détaillée des trajets de l'interface de Vulog.....	32
Figure 4.4 : Détail au niveau des coordonnées GPS .....	34
Figure 4.5 : Détail au niveau des statuts du véhicule .....	34
Figure 4.6 : Extrait de la table <i>Sondage_Automobile</i> .....	36

Figure 4.7a : Extrait de la table <i>dbo_tblabonne</i> .....	38
Figure 4.8 : Extrait de la table <i>dbo_tblVehicule</i> .....	39
Figure 4.9 : Extrait de la table <i>dbo_tblStation</i> .....	40
Figure 4.10 : Extrait de la table <i>dbo_tblReservaution-requete</i> .....	40
Figure 4.11 : Extrait de la table <i>Client_Info_Detaille</i> .....	43
Figure 4.12 : Extrait de la table <i>Date_Reference</i> .....	43
Figure 4.13 : Extrait de la table <i>Table_Export_Analyse_Automobile</i> .....	49
Figure 4.14 : Modèle de l'arbre de classification des clients Communauto .....	52
Figure 4.15 : Synthèse des étapes effectuées pour la conception des données permettant l'analyse du chapitre 5 .....	53
Figure 5.1 : Carte de la région métropolitaine de Montréal, Domicile des abonnés.....	55
Figure 5.2 : Domicile des abonnés actifs d'Auto-mobile.....	56
Figure 5.3 : Distribution de l'âge et du sexe des usagers des services Communauto.....	57
Figure 5.4 : Distribution de l'âge et du sexe des populations de la ville de Montréal et des arrondissements du Le Plateau Mont-Royal, Rosemont-La Petite-Patrie et Côte-des Neiges-Notre-Dame-de-Grâces (2011, Statistique Canada) .....	58
Figure 5.5: Arbre de classification des types d'usagers de Communauto .....	59
Figure 5.6 : Représentation temporelle des demandes d'utilisation complétées pour chacun des services .....	60
Figure 5.7 : Parc automobile mise à la disposition des usagers LSI ainsi que la distance parcourue au total par type de véhicule.....	62
Figure 5.8 : Rapports entre le nombre d'utilisateurs, d'usagers et de déplacements pour le service Auto-mobile .....	63
Figure 5.9 : Distance (km) moyenne parcourue selon le type d'usager Auto-mobile .....	66
Figure 5.10 : Distribution des distances des déplacements AM selon le type de client.....	67

Figure 5.11: Distance (km) moyenne parcourue selon le sexe de l'utilisateur .....	68
Figure 5.12 : Distribution des distances des déplacements AM .....	68
Figure 5.13: Durée (min) moyenne des déplacements selon le type d'utilisateur Auto-mobile.....	69
Figure 5.14: Distribution des déplacements AM selon la durée d'utilisation .....	70
Figure 5.15 : Durée (min) moyenne des déplacements selon le sexe des individus .....	71
Figure 5.16 : Distribut. des déplacements AM selon la durée d'utilisation par genre de l'abonné	71
Figure 5.17 : Carte thermique de la distribution des déplacements AM selon le jour de la semaine et l'heure au moment de l'utilisation.....	73
Figure 5.18 : Cycle diurne des déplacements moyens journaliers du service AM .....	74
Figure 5.19 : Figure tirée d'une étude similaire portant sur deux villes importantes d'Allemagne (Schmöller et al., 2013) .....	75
Figure 5.20 : Carte de densité de l'origine des déplacements AM .....	77
Figure 5.21 : Représentation spatiale des arrêts effectués – Auto-mobile .....	78
Figure 5.22 : Représentation des principaux points d'intérêts – Auto-mobile.....	79
Figure 5.23 : Durée des temps d'arrêts selon le moment de la journée .....	80
Figure 5.24 : Distribution des temps d'arrêt AM entre 7h00 et 21h00 .....	81
Figure 5.25 : Distribution des temps d'arrêt AM selon le sexe de l'utilisateur .....	82
Figure 5.26 : Distribution des temps d'arrêt AM selon le type de client .....	83
Figure 5.27 : Distribution du nombre d'arrêts par transaction AM .....	84
Figure 5.28 : Distribution du nombre d'arrêts par transaction AM selon le sexe .....	85
Figure 5.29 : Distribution du nombre d'arrêts par transaction AM selon le type d'utilisateur .....	85
Figure 5.30 : Représentation géographique de la localisation des arrêts AM selon leur durée .....	86
Figure 5.31 : Distribution des distances des transactions AM .....	93
Figure 5.32: Distribution des distances des réservations REG .....	93

Figure 5.33: Distribution des distances des transactions AM selon le sexe.....	94
Figure 5.34 : Distribution des distances des réservations REG selon le sexe.....	95
Figure 5.35 : Distribution des durées des transactions AM .....	96
Figure 5.36 : Distribution des durées des réservations REG.....	96
Figure 5.37 : Distribution des durées des transactions AM selon le sexe .....	97
Figure 5.38 : Distribution des durées des réservations REG selon le sexe .....	98
Figure 5.39 : Distribution des transactions AM selon le nombre de déplacements effectués.....	99
Figure 5.40 : Moments d'utilisation des services AM et REG selon l'heure de la journée et le jour de la semaine .....	101
Figure 5.41 : Répartition du sexe et du type des participants au sondage Auto-mobile .....	104
Figure 5.42 : Répartition de l'arrondissement des participants au sondage Auto-mobile .....	105
Figure 5.43 : Distribution des classes d'âge entre les répondants du sondage et des utilisateurs du service Auto-mobile .....	105
Figure 5.44 : Résultat du sondage Auto-mobile Q2 (N. = 1174 réponses) .....	106
Figure 5.45 : Nombre de transactions consolidées par classe d'arrêt – Auto-mobile.....	107
Figure 5.46 : Résultat du sondage Auto-mobile Q4 (N. = 1174 réponses) .....	108
Figure 5.47 : Résultat Q4 selon la distance (moyenne et médiane) des déplacements ainsi que de durée du temps d'arrêt.....	109
Figure 5.48: Résultat du sondage Auto-mobile Q5 avec Bixi (N. = 451 réponses).....	111
Figure 5.49 : Résultat du sondage Auto-mobile Q5 sans Bixi (N. = 723 réponses) .....	112
Figure 5.50 : Résultat Q5 selon la distance (moyenne et médiane) des déplacements .....	113
Figure 5.51 : Résultat du sondage Auto-mobile Q2 (N. = 1174 réponses) .....	114
Figure 5.52 : Résultat du sondage Auto-mobile Q9 (N. = 683 réponses) .....	115
Figure 5.53 : Déplacements selon le mode remplacé (Q5) et selon l'heure de la journée .....	116

Figure 5.54: Mode de transport remplacé lorsque l'utilisateur a effectué des courses.....	117
Figure 5.55 : Plage d'utilisation des déplacements fait par taxi à Montréal selon une étude de (Pelé & Morency, 2014).....	118

## **LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS**

LSI	Autopartage en libre-service intégral
SGBD	Système de gestion de base de données
SIG	Système d'information géographique
VBA	Visual Basic for Applications
SAAQ	Société de l'assurance automobile du Québec
AM	Auto-mobile
REG	Service régulier/traditionnel/en stations de Communauto

## **LISTE DES ANNEXES**

ANNEXE A – PROCESSUS D’UTILISATION DU SERVICE AUTO-MOBILE.....	128
ANNEXE B – CODE VBA CONSOLIDATION DE PLUSIEURS TRANSACTIONS.....	129
ANNEXE C – CALCUL DISTANCE ENTRE DEUX COORDONNES GPS .....	131
ANNEXE D – CODE VBA SEPARATION DES TRANSACTIONS EN DEPLACEMENTS	133
ANNEXE E – RESULTAT IMPACT MÉTÉO TEST T COMPARAISON DE DEUX MOYENNES.....	136

## CHAPITRE 1 INTRODUCTION

### 1.1 Mise en contexte

Depuis plusieurs années maintenant, l'autopartage est devenu un moyen de transport de plus en plus utilisé, dû à ses avantages au niveau de son coût, de son empreinte environnementale et de son accessibilité. De plus en plus de villes à travers le monde se dotent de services d'autopartage et le nombre d'utilisateurs grimpe sans cesse. Ce mode de transport durable réussit à générer plusieurs bénéfices, tant du côté de l'environnement, de la société où chez l'individu. Au niveau environnemental, on observe une réduction de 1,2 tonne d'émissions de CO<sub>2</sub> annuellement pour chaque usager en plus de substituer 8 véhicules privés pour chaque véhicule mis en circulation<sup>1</sup>. Également, les usagers, après adhésion au service, réduisent leur distance motorisée parcourue de l'ordre de 30 à 40%<sup>1</sup>. Ces bénéfices amènent une diminution du nombre de véhicules en circulation sur nos routes et réduisent les besoins en stationnement. Du côté de l'abonné, celui-ci réalise des économies substantielles au niveau de ces frais de déplacements. Depuis peu, différents types d'autopartage ont vu le jour. Un de ces types est le libre-service intégral. Offrant une alternative à la possession automobile traditionnelle, les possibilités de l'autopartage en stations se veulent limitées par la réservation obligatoire a priori et à la contrainte du réseau de stations dont il est composé. Le libre-service intégral ou LSI, se veut une solution à cette limitation en enlevant les contraintes d'un réseau de stations en limitant les usagers non plus à des stations, mais bien à des zones de couverture et ce sans réservation au préalable. D'autres variantes de l'autopartage en stations sont apparues, comme celles en trace directe d'Autolib à Paris en France. Cette variante permet à l'utilisateur de ne plus avoir besoin de revenir à son origine pour terminer son trajet, mais doit remettre le véhicule à une station (selon la capacité), permettant des trajets en boucle ouverte. Le LSI quant à lui propose à l'utilisateur de récupérer un véhicule à l'intérieur d'une zone définie par l'opérateur pour ensuite donner la possibilité à l'utilisateur de remettre le véhicule n'importe où à l'intérieur de cette zone, tant que la zone permet un stationnement légal. L'utilisateur peut en tout temps quitter la zone, mais ne peut mettre un frein à la transaction dans

---

<sup>1</sup> Tecsult Inc., 2006. Le projet auto + bus : évaluation d'initiatives de mobilité combinée dans les villes canadiennes, 247 p.

ce cas. Cette nouvelle approche donne aux usagers un éventail de possibilités d'utilisation plus vaste que le service traditionnel. Le LSI, étant donnée sa nouveauté, n'est pas autant répertorié dans la littérature que l'autopartage traditionnel. De ce fait, le comportement des usagers, les impacts environnementaux, la possession automobile, la complémentarité de ce mode face aux autres options de transport urbain sont des pistes de recherches qui sont à ce jour encore sous-exploitées et auxquelles ce mémoire tentera d'apporter des réponses.

## **1.2 Objectifs du travail**

Grâce à un partenariat entre l'École Polytechnique de Montréal et l'opérateur d'autopartage Communauto, l'accès aux données transactionnelles du nouveau service d'autopartage en libre-service intégral a été rendu possible. Les objectifs principaux de ce mémoire sont multiples. Tout d'abord, on cherche à étudier les caractéristiques des usagers du LSI ainsi que leur comportement lors de l'utilisation du service. En plus, la comparaison du LSI avec l'autopartage traditionnel, également présent dans la métropole montréalaise, sera effectuée pour évaluer les différences et similitudes entre les deux services. Finalement, la distribution et la collecte d'un sondage sur les trajets Auto-mobile (service de LSI) effectués par les usagers permettront d'apporter un degré d'information supplémentaire aux analyses effectuées. Pour ce faire, un traitement complet des données transactionnelles du service Auto-mobile ainsi que du service régulier (traitement partiel) sera effectué, en plus de coupler les résultats du sondage aux déplacements correspondants. Au final, un système d'information sera créé afin de traiter tous les indicateurs nécessaires à la complétion de cette étude.

## **1.3 Structure du mémoire**

Le présent mémoire est composé de six chapitres. Outre le chapitre initial d'introduction, il sera question, au chapitre 2, de la revue de la littérature actuelle sur l'autopartage et ses différents types. Cette section permettra d'établir les bases de comparaison possibles ainsi que des créneaux de recherches à exploiter. Le troisième chapitre traitera de la méthodologie employée afin d'effectuer l'étude. C'est également dans ce chapitre que les principaux concepts clés utilisés tout au long du présent mémoire seront définis. Au chapitre 4, le système d'information sera décrit ainsi que les manipulations nécessaires au niveau des différentes sources de données pour la conception

de ce dernier. Chacune des sources de données sera présentée et son traitement sera expliqué. Les différents résultats recueillis seront présentés au chapitre 5 et finalement, le chapitre 6 présentera les contributions et les limitations du présent mémoire ainsi que des perspectives de recherche futures.

## **CHAPITRE 2     REVUE DE LA LITTÉRATURE**

Ce prochain chapitre propose une revue de la littérature effectuée sous trois principaux angles. Premièrement, les recherches et définitions menées sur les différents types d'autopartage seront exposées. Ensuite, un portrait des études portant sur les caractéristiques et comportements des usagers de l'autopartage sera dressé pour finalement évaluer l'avancé des recherches actuelles sur le libre-service intégral. Cette pratique permettra de comparer nos résultats avec ceux de la littérature en plus de proposer une recherche qui est originale face aux travaux déjà effectués.

### **2.1 Définitions de l'autopartage et ses dérivés**

#### **2.1.1 L'autopartage**

Les définitions de l'autopartage et de ces dérivés ne font pas consensus dans la littérature. (Millard-Ball, 2005) présente quelques définitions administratives provenant d'organisations multiples. Quoique différentes, ces définitions présentent l'autopartage comme une pratique où plusieurs personnes, qui sont devenues des membres, se partagent l'utilisation de plusieurs véhicules à l'intérieur d'une organisation (avec ou sans but lucratif ou en coopérative) en échange de certains frais. Ces frais peuvent être multiples, comme des frais d'adhésion (remboursables ou pas), un coût variable et/ou fixe selon l'utilisation. Les organisations peuvent développer plusieurs types d'autopartage, ayant tous un but commun, soit d'offrir une alternative à la possession d'une voiture traditionnelle. Le tableau 2.1 présente quelques définitions regroupées par (Millard-Ball, 2005).

Tableau 2.1 : Définitions administratives de l'autopartage (Millard-Ball, 2005) (Traduction libre)

Organisation	Définition	Source
<b>Amérique du Nord</b>		
Ville de Toronto	L'autopartage est une pratique où plusieurs personnes se partagent l'utilisation d'une ou plusieurs voitures, qui sont régies par une organisation à but non-lucrative ou à but lucratif. Pour utiliser le véhicule, la personne doit avoir remplie les exigences d'adhésion de l'organisation et doit régler les frais encourus par l'adhésion à l'organisation, qui peuvent être ou non remboursables. Les voitures sont réservées à l'avance et des frais d'utilisation basés sur le temps et la distance parcourue sont facturés. Les organisations d'autopartage positionnent habituellement leurs voitures (stations) à l'intérieur de zones résidentielles pour faciliter l'accès au service.	Ville de Toronto, 2000
État de Washington	Un programme avec abonnement où l'on offre une alternative à la voiture personnelle et où les abonnés peuvent avoir accès à une flotte de véhicules selon une utilisation à l'heure.	Code révisé de Washington §
État de l'Oregon	Un programme où les abonnés doivent déboursier certains frais pour s'affilier et avoir accès à une flotte de véhicules (selon des stations/unités de stationnement) selon une utilisation à l'heure. Les opérations administratives d'une agence de location d'automobile ne sont pas incluses.	Règlement administratif de l'Oregon 330-090-0110
District de Columbia	Véhicule d'autopartage : Tout véhicule disponible à plusieurs personnes, qui doivent au préalable s'abonner à une organisation, et qui sont facturées selon le temps et la distance parcourue.	Règle municipale du District de Columbia, §
État du Minnesota	Une organisation d'autopartage signifie une organisation qui :  (1) est décrite à la section 501 (c) du "Internal Revenue Code" (2) est composée de membres qui déboursent un certain montant d'argent pour utiliser un véhicule de l'organisation (3) possède (ou loue) une flotte de véhicules qui sont à la disposition des membres de l'organisation et dont on facture selon l'utilisation (temps et kilométrage) (4) qui ne permettent pas d'assigner à un usager l'utilisation exclusive d'un véhicule pour son utilisation personnelle (hors facturation reliée à l'utilisation propre du véhicule).	Lois du Sénat SF1229 (Dibble), introduit à la 84e session législative (2005-2006)
<b>Europe</b>		
Belgique (non finale)	Véhicules mis à la disposition des membres en échange d'un paiement selon l'utilisation effectuée du véhicule par le membre. Les frais encourus sont régis selon les conditions du contrat de l'opérateur/organisation d'autopartage. On y exclut les locations automobiles.	Ryden & Morin (2004)
Swedish National Road Administration (non finale)	L'autopartage est définie par le partage d'un ou plusieurs véhicules par plusieurs personnes. L'utilisation du véhicule doit subir un processus de réservation à priori et l'usager doit affranchir des frais selon la distance parcourue et le temps d'utilisation.  Même si cette définition s'apparente à celle d'une organisation de location automobile traditionnelle, elle diffère par la possibilité d'employer un véhicule pour une période de temps plus courte que la location traditionnelle. De plus, chaque ménage abonné possède les clés des véhicules et les véhicules sont disposés dans les zones où les abonnés se retrouvent. Une clé peut être soit une clé traditionnelle ou une smart card.	Vägverket, 2003

## 2.1.2 Différents types d'autopartage

Pour ce qui est des différents types d'autopartage, cette section en recense cinq différents basés sur des définitions trouvées dans la littérature.

### L'autopartage en station

Ce type d'autopartage est également défini comme autopartage traditionnel, régulier, ou en boucle. Les usagers ont accès à un parc de véhicules distribués à travers les différentes stations du réseau. L'utilisateur doit au préalable effectuer une réservation et lorsqu'il termine ses déplacements, il doit retourner le véhicule à sa station d'origine (Jorge, Correia, & Barnhart, 2012). Cette pratique permet à l'abonné d'effectuer des trajets seulement en boucles, puisqu'il doit ramener le véhicule à son origine. Un exemple de ce service est l'autopartage en stations de

Communauto, à Montréal. C'est le type d'autopartage le plus répandu et le plus étudié dans la littérature.

### **L'autopartage en trace directe et le libre-service intégral (LSI)**

La principale particularité de ces deux types d'autopartage est qu'ils donnent la possibilité à l'utilisateur de ramener son véhicule à une destination qui diffère de son origine (Shaheen, Mallery, & Kingsley, 2012), donnant une flexibilité accrue à l'abonné en comparaison avec le service en stations. Par contre, quelques distinctions entre les deux services sont observées. (Firnkorn, 2012) définit le LSI comme étant un système où aucune station fixe n'est présente sur le réseau et aucune réservation a priori n'est imposée (Firnkorn, 2012). Également, (Schaefers, 2013) indique que l'utilisateur n'a pas à retourner le véhicule à une station en particulier, mais qu'il a seulement besoin de stationner le véhicule dans un espace public à l'intérieur de la zone de service. Pour ce qui est de l'autopartage en trace directe, (Jorge et al., 2012) indique que l'utilisateur prend possession d'un véhicule à une station, mais qu'il peut rapporter le véhicule à la station de son choix par la suite, donnant la possibilité de faire des déplacements en aller simple (sans retour à l'origine). Bref, les deux services permettent des déplacements en aller simple, mais le LSI est soumis à une contrainte de zone de service tandis que le service en trace directe est contraint aux stations disponibles sur le réseau. Un exemple de service en trace directe est Autolib en France, tandis qu'un exemple de service en LSI est Auto-mobile de Communauto ou Car2Go à Montréal. Ces deux services augmentent en popularité depuis quelques années.

### **Prêt entre personne (PEP)**

Le PEP, comme défini par (Hampshire & Gaites, 2011), est une pratique qui complète l'autopartage régulier dans la mesure où des propriétaires d'automobiles privés peuvent louer leur véhicule, pour une courte durée, à d'autres en retour d'une compensation monétaire. Cette pratique permet d'offrir un service de partage de véhicules dans des régions moins densément peuplées et actuellement desservies par les organisations d'autopartage, car elle permet d'enlever l'important coût d'acquisition de nouveaux véhicules. Ce service est intéressant pour les propriétaires de voitures, car en moyenne un véhicule reste immobile pour plus de 90% de la journée (Shoup, 2006).

Communauto supporte ce genre d'initiative avec son programme de PEP<sup>2</sup>. On indique sur le site de Communauto qu'un propriétaire de voiture pourrait recevoir jusqu'à 20,04\$ par jour en plus des compensations reliées au kilométrage parcouru.

### **Covoiturage**

Le covoiturage est défini dans le dictionnaire comme étant : « Utilisation d'une même voiture particulière par plusieurs personnes effectuant le même trajet, afin d'alléger le trafic routier et de partager les frais de transport<sup>3</sup>. » De plus, (Chan & Shaheen, 2012) indiquent que les personnes qui emploient le covoiturage le font pour profiter de voies réservées sur les routes afin d'éviter la congestion routière. Plusieurs initiatives se sont développées pour faciliter les opportunités de covoiturage; on peut nommer AmigoExpress.com<sup>4</sup> et covoiturage.ca<sup>5</sup> qui sont des plateformes web qui relient conducteurs et passagers.

## **2.2 Typologie et comportement des usagers**

En ce qui a trait aux caractéristiques des usagers de l'autopartage, différentes études démontrent des caractéristiques similaires. (Millard-Ball, 2005) les présentent comme des hommes et des femmes jeunes (25 à 45 ans), ayant une bonne éducation, provenant d'un ménage assez petit et ayant un revenu plus élevé que la moyenne. Grasset et Morency présentent les usagers également comme étant jeunes (35-45 ans), ayant un nombre d'enfant par ménage faible et ayant une éducation bien plus élevée que la moyenne. Par contre, ils accordent une prédominance quant au nombre de femmes présentes (54%) tout comme (Morency, Trépanier, & Martin, 2008). De plus, le revenu ne semblait pas être un facteur déterminant dans leur cas.

Les usagers de l'autopartage, ainsi que leur utilisation du système, ont fait l'objet de plusieurs études au fil des années (Cervero, Creedman, Pai, & Pohan, 2002; Katsev, Brook, & Nice,

---

<sup>2</sup> <http://communauto.com/pep/comment.html>

<sup>3</sup> <http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/covoiturage/20088>

<sup>4</sup> <http://www.amigoexpress.com/>

<sup>5</sup> <http://www.covoiturage.ca/>

2001; Sioui, Morency, & Trépanier, 2013). Entre autres, (Morency, Trépanier, Agard, Martin, & Quashie, 2007) ont créé une typologie basée sur la fréquence d'utilisation (nombre de transactions) et la distance parcourue, à l'aide de technique d'exploitations de données (technique de segmentation). Basé sur la fréquence d'utilisation, deux groupes d'utilisateurs ont été découverts, soit les utilisateurs à haute fréquence (HF) (14%) et ceux à base fréquence (BF) (86%). Les usagers HF effectuent 5,5 fois plus de transactions que les usagers BF (figure 2.2).

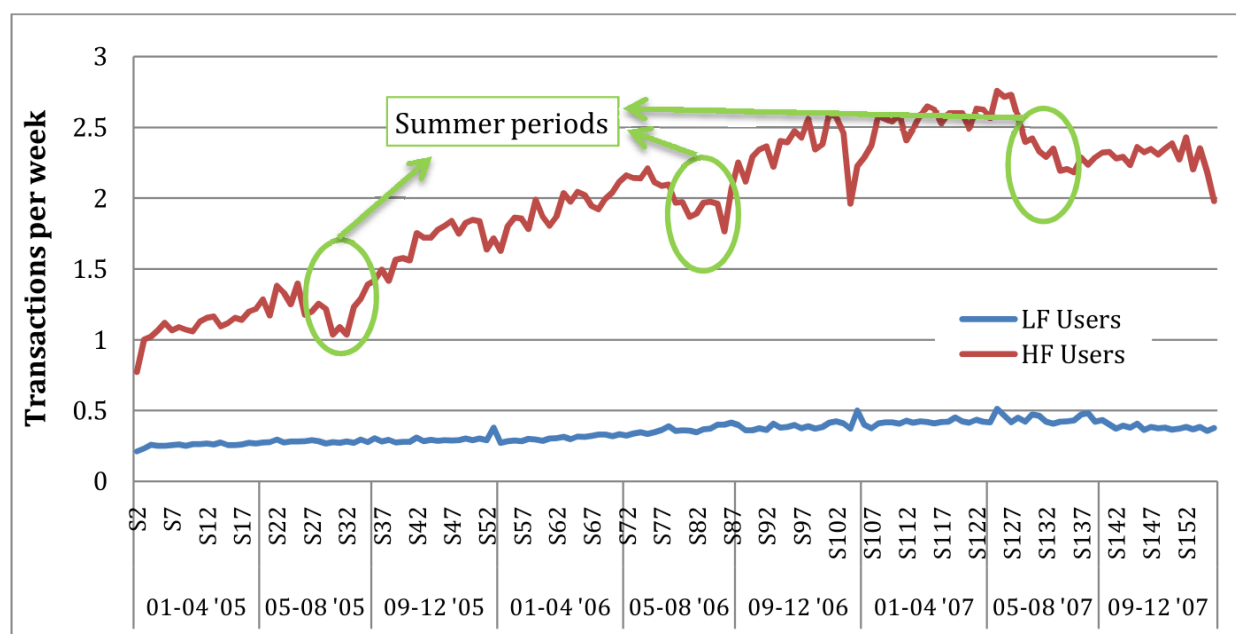


Figure 2.1 : Évolution du nombre de transactions par semaine selon les deux types d'utilisateurs (LF=Base Fréquence, HF=Haute Fréquence) (Morency et al. 2011)

Également, basé sur la distance parcourue, ils ont conclu que presque la moitié des usagers ont un comportement variable au fil des semaines, mais que l'autre moitié fait un usage assez régulier, que ce soit pour les usagers de longues distances (17%) ou pour de courtes distances (33%). La création d'une notion d'utilisateur-semaine a été utilisée pour analyser les données.

De plus, Leclerc a travaillé sur des données de positionnement GPS d'un service d'autopartage en stations (Leclerc et al., 2013). En effet, du traitement d'un ensemble de coordonnées GPS, il a pu déterminer les lieux d'activités (arrêts) et croiser les caractéristiques du client avec les déplacements effectués. Il a ainsi déterminé que les usagers de l'autopartage, en plus de faire des déplacements plus courts, effectuaient davantage de déplacements dans leurs chaînes

de déplacements que des usagers de l'auto traditionnelle, afin de maximiser l'utilisation de la voiture durant la période de location.

(Costain et al., 2012) ont également étudié les habitudes de déplacement des membres d'autopartage, mais se sont surtout intéressés à plusieurs dimensions plus larges. On peut notamment nommer l'utilisateur face à l'environnement, la sécurité, l'utilisation, tout cela avec des données d'AutoShare, une organisation d'autopartage en stations située à Toronto. Plusieurs modèles ont été créés afin de comprendre les paramètres affectant la durée d'adhésion au service, la fréquence d'utilisation mensuelle et le choix du véhicule. Aussi, l'auteur évalue les paramètres qui influencent les usagers à payer pour compenser leur empreinte carbone, une majorité d'entre eux ont choisi de le faire, prouvant que les usagers de l'autopartage sont consciencieux envers l'environnement.

Les motifs d'utilisation de l'autopartage ont également fait l'objet d'études, surtout par sondage. Pour une étude donnée basé sur un sondage (Millard-Ball, 2005), on montre que les aspects social et récréationnel (sorties/visite d'ami) jumelés au magasinage sont les raisons prédominantes d'emploi de véhicules d'autopartage (Figure 2.2 et Figure 2.3).

## Utilisation de l'autopartage

Les membres utilisent l'autopartage pour une multitude de raisons, mais rarement pour leurs déplacements reliés au travail. L'autopartage est utilisé judicieusement, car le service est souvent employé lorsque le membre a des biens physiques à transporter, a besoin d'une voiture pour se rendre à destination, ou doit effectuer plusieurs arrêts. Le nombre de déplacements médian par mois est de 2.

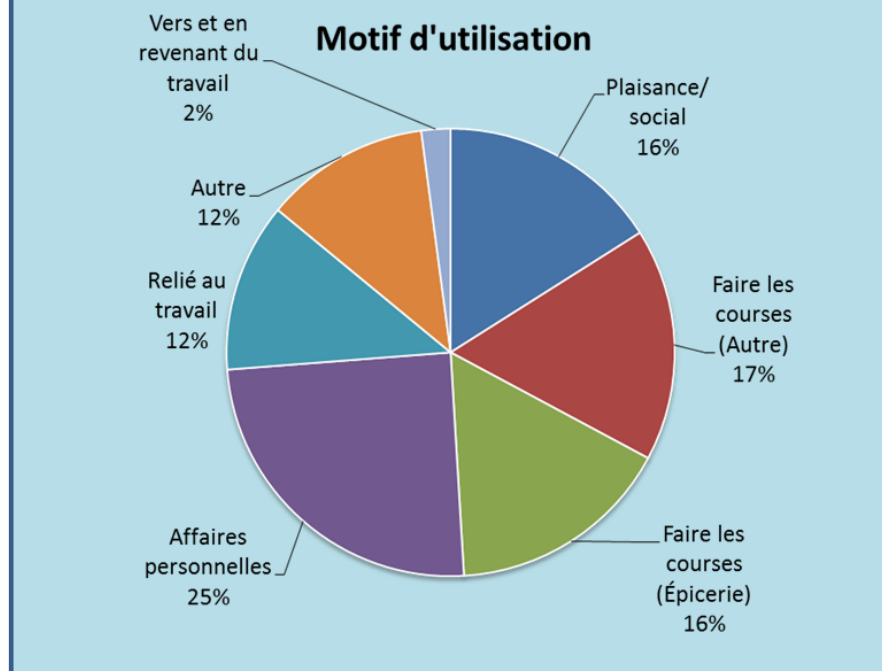


Figure 2.2 : Motif d'utilisation de l'autopartage traditionnel selon (Millard-Ball, 2005)  
(Traduction libre)

Motif	% d'utilisation de l'autopartage pour ce motif		Fréquence d'utilisation (Déplacements par mois)**
	Pour un déplacement quelconque*	Sur le dernier déplacement	
Plaisance/social	55.4%	16.0%	1.7
Faire les courses (Autre)	50.9%	16.8%	1.3
Faire les courses (Épicerie)	49.4%	16.2%	1.7
Affaires personnelles	44.5%	24.7%	1.6
Relié au travail	21.2%	12.2%	2.2
Non-spécifié/autre***	9.5%	11.9%	2.2
Vers et en revenant du travail	5.5%	2.1%	3.1

\*Plusieurs réponses permettent, alors la somme des résultats est supérieure à 100%

\*\* La fréquence est en fonction du motif et non de l'usage général de l'utilisateur

\*\*\* Autre: Le transport de la famille et amis (2,5%), le déplacement de biens (1,7%), rendez-vous médicaux (1,1%), visites d'amis et famille (1,0%)

Figure 2.3 : Motifs de déplacements selon l'étude de Millard-Ball (2005) (Traduction libre)

D'un autre côté, les motifs liés au travail ne sont pas des facteurs très populaires. Mêmes résultats pour l'analyse de Leclerc (étude de traces GPS), où les motifs de déplacement ne sont pas liés au travail, mais davantage aux activités personnelles et au magasinage.

## 2.3 Bénéfices de l'autopartage

L'autopartage traditionnel amène plusieurs bénéfices qui peuvent être catégorisés selon trois composantes, soit au niveau de l'individu/affaires, au niveau du système de transport ou au niveau environnemental selon (Millard-Ball, 2005).

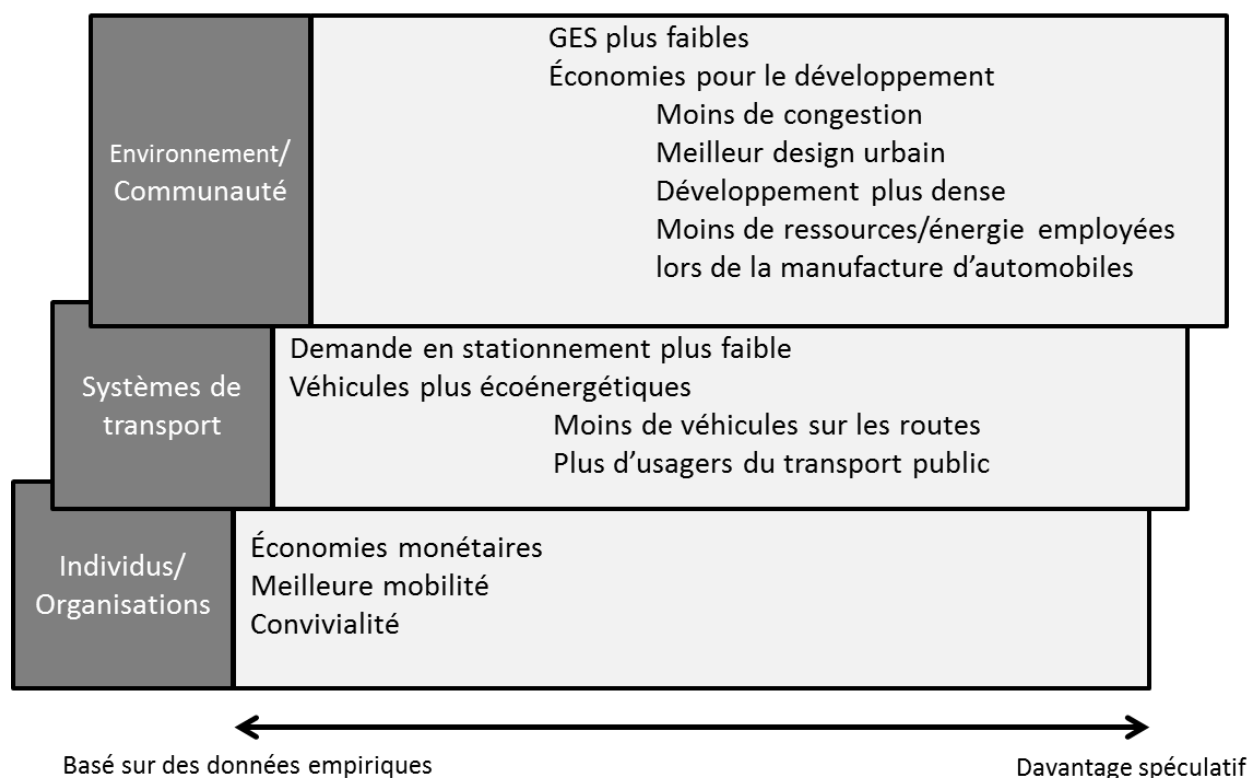


Figure 2.4 : Bénéfices de l'autopartage répertoriés (Millard-Ball, 2005) (Traduction libre)

On parle généralement d'une réduction au niveau des émissions de gaz à effet de serre et d'une réduction de la possession automobile auprès des ménages. Ceci entraîne notamment une réduction de la congestion et une augmentation de la disponibilité du stationnement en ville à un niveau plus large, mais pour les usagers, on parle d'économies sur les dépenses de déplacements. Au niveau de l'environnement, Martin et Shaheen (2011) ont procédé à l'évaluation du changement du niveau d'émissions de gaz à effet de serre (GES) pour les usagers qui ont joint une organisation d'autopartage. Basée sur un sondage, cette étude a démontré une augmentation des GES pour les ménages qui se sont dotés d'une voiture avec l'autopartage, mais cette augmentation a été largement compensée par la réduction des GES des ménages qui possédaient déjà une voiture a priori et qui s'en sont débarrassée. La figure 2.5 présente la distribution des résultats.

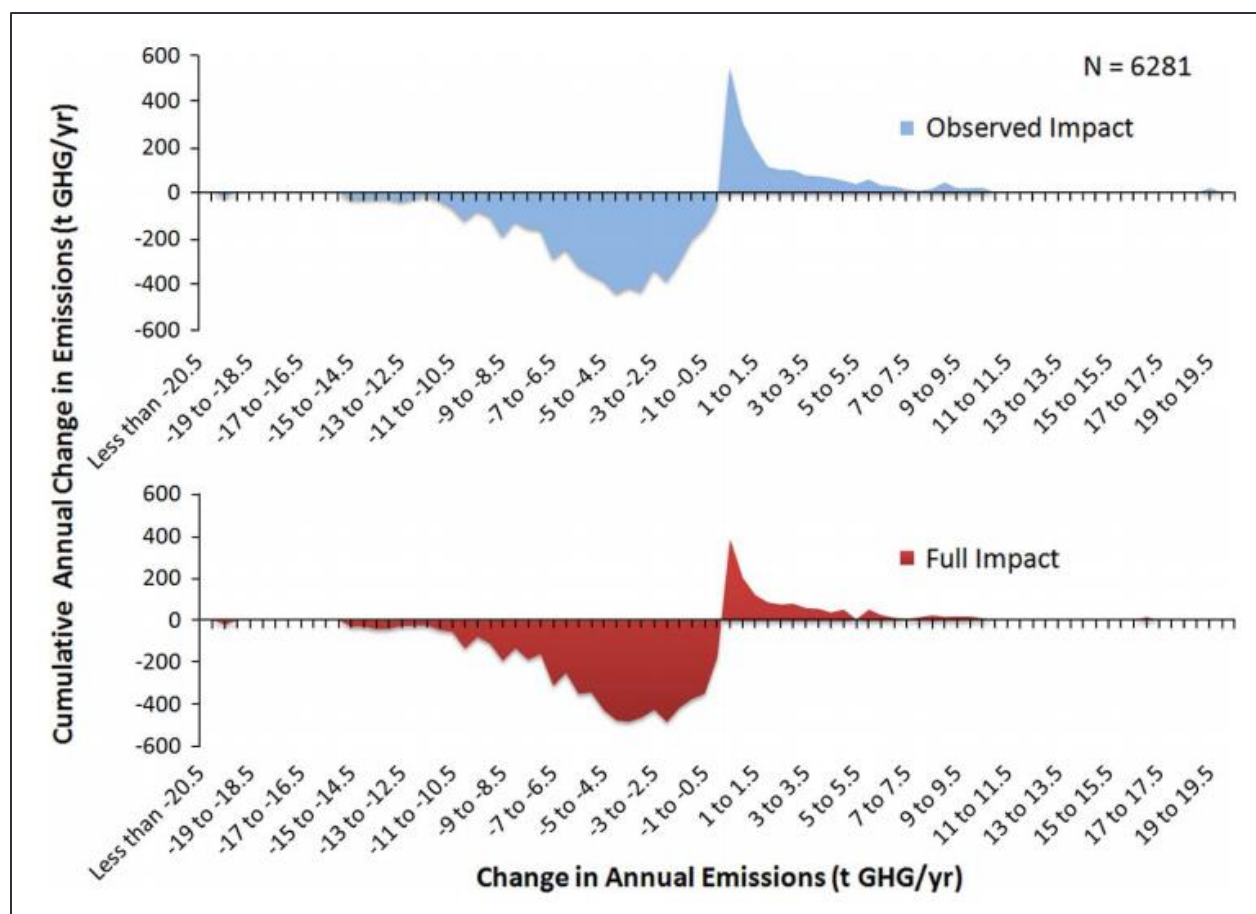


Figure 2.5 : Distribution du changement annuel des GES des usagers de l'autopartage (E. W. Martin & Shaheen, 2011)

Comme mentionné, on observe une augmentation au niveau de l'impact en termes de GES, mais cette augmentation est compensée par une forte réduction des autres utilisateurs qui n'ont plus de véhicule personnel. En moyenne sur tous les sujets, les auteurs ont observé une réduction moyenne globale atteignant -0,84 tonne de GES par année. De plus, une analyse au niveau de la distance parcourue en véhicule annuellement a été effectuée. En moyenne, c'est une diminution de 27% en termes de distance parcourue par les usagers annuellement qui est constatée, pour ceux ayant troqué la voiture personnelle à l'autopartage.

Pour ce qui est de la possession automobile, la littérature recense une diminution du nombre de véhicules pour les ménages qui ont joint une organisation d'autopartage. Martin, Elliot et Shaheen ont repris les résultats du sondage de l'étude de la figure 2.5 pour s'attarder à la possession automobile avant et après la participation à l'autopartage. Ils ont effectivement évalué le nombre

de véhicules abandonnés, ajoutés ou remplacés selon le nombre de véhicules présents à l'origine. La figure 2.6 présente un résumé des résultats observés.

Catégories	Nombres de véhicules par ménage						
	Aucun	Un	Deux	Trois	Quatre	Cinq ou plus	Total
Véhicules enlevés	0	1437	486	70	37	16	2046
Véhicules gardés	0	480	340	68	15	19	921
Véhicules ajoutés	219	21	5	1	0	0	246
Véhicules remplacés	0	187	122	19	10	1	340
Changement Net (Ajouté + Remplacé - Enlevé)	219	-1229	-359	-50	-27	-15	-1461

Figure 2.6 : Changement net de la possession automobile des ménages en Amérique du Nord (E. Martin, Shaheen, & Lidicker, 2010) (Traduction Libre)

Au final, on observe une réduction de 1461 véhicules (pour les membres d'autopartage nord américain) ce qui représente un changement d'environ 50% par rapport à la situation initiale. C'est surtout au niveau des ménages où on possédait au préalable un seul véhicule où le changement a été le plus important. C'est 1229 ménages qui sont devenus des ménages sans véhicule par la suite. De plus, les véhicules remplacés présentent un rapport énergétique au niveau de la consommation de carburants plus intéressants que les anciens véhicules. Jumelé avec un parc automobile composé principalement de véhicules à haut rendement éco énergétique pour les organisations d'autopartage, ces changements apportent des bénéfices significatifs quant à la consommation d'essence et donc au niveau des GES.

Finalement, Sioui, Morency & Trépanier ont analysé le comportement des usagers selon une étude portée sur l'opérateur montréalais Commaunto. Ils ont notamment comparé la répartition modale des déplacements effectués au sein des ménages utilisant les services de Commaunto par rapport aux ménages avec et sans voiture. Les résultats sont démontrés à la figure 2.7.

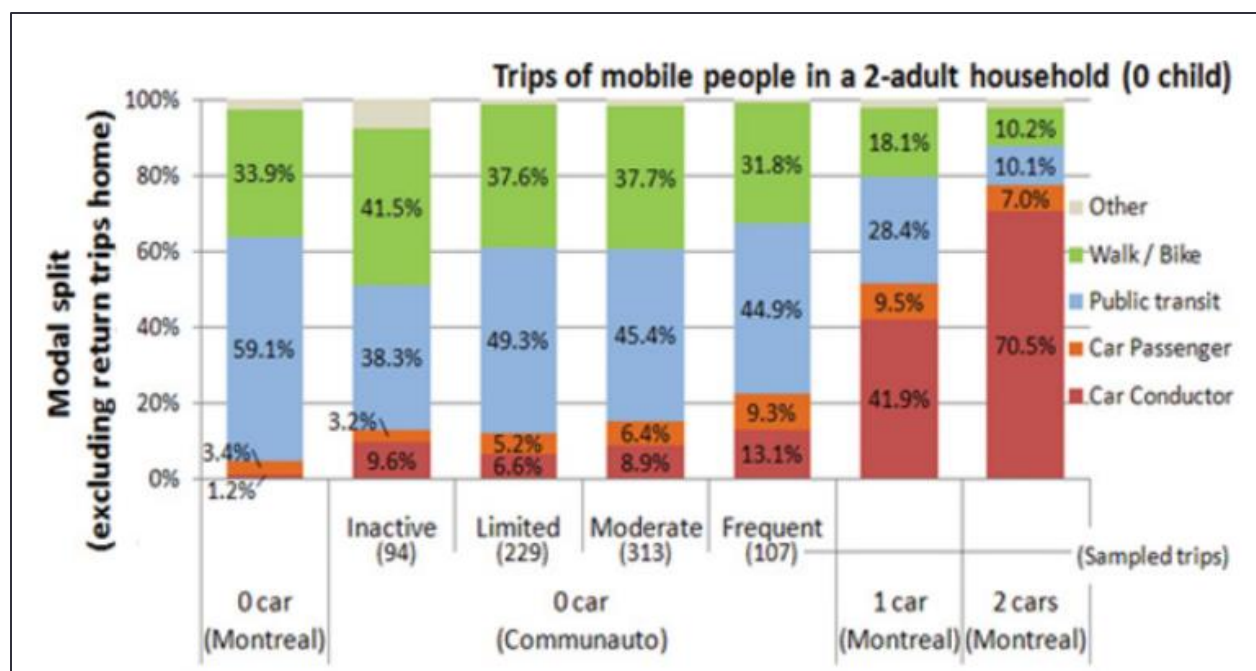


Figure 2.7 : Répartition modale selon l'utilisation et la possession automobile à Montréal (Sioui et al., 2013)

On observe que les usagers d'autopartage présentent une utilisation qui s'apparente davantage aux ménages sans véhicules que ceux ayant un ou deux véhicules. L'utilisation des modes actifs (marche, vélo) est beaucoup plus présente ainsi que l'emploi du transport en commun. Les résultats observés se sont avérés significatifs et démontrent bien l'impact de l'autopartage sur l'utilisation de moyens de transport durables auprès des ménages, apportant des bienfaits au niveau du transport en commun et de l'environnement.

## 2.4 Libre-service intégral

La littérature recense, comparé au service traditionnel, très peu de recherches sur le LSI. Cette section effectue un survol des travaux effectués jusqu'à présent.

### 2.4.1 Impacts environnementaux et possession automobile

Du côté de l'environnement, l'autopartage en station a déjà fait l'objet de nombreuses études (Dallaire et al., 2006; E. W. Martin & Shaheen, 2011; Meijkamp, 1998). Pour ce qui est du LSI, (Firnkorn & Müller, 2011) ont évalué les impacts environnementaux de l'implantation d'un

système de LSI, en Allemagne, basés sur les résultats d'un sondage d'utilisateurs de Car2Go. En effet, ils ont interrogé 383 personnes sur leurs habitudes de mobilité actuelles et leurs habitudes de mobilité futures dans le cas où ils utiliseraient le service de Car2Go. Les impacts au niveau des émissions de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) ainsi que de la possession automobile ont été évalués. Du côté des émissions de gaz à effet de serre, trois situations hypothétiques sont évaluées, soit d'un scénario pessimiste jusqu'à un scénario optimiste. Dans les trois cas, au niveau global, on remarque une réduction des émissions de CO<sub>2</sub>, malgré une augmentation de l'activité engendrée par les voitures de Car2Go.

Tableau 2.2 : Prévisions des changements au niveau de l'émission des GES selon les usagers du LSI (Firnkorner & Müller, 2011) (Traduction libre)

Prévisions des effets sur le changement des émissions par usager de car2go [kg CO <sub>2</sub> /année] (N=256)			
	Scénario optimiste	Scénario réaliste	Scénario pessimiste
Émissions totales en 2009	2786	2787	2790
CO <sub>2</sub> car2go	+318	+392	+484
CO <sub>2</sub> transport en commun	-16	-16	-16
CO <sub>2</sub> automobiles empruntées	-149	-149	-149
CO <sub>2</sub> voitures personnelles	-466	-466	-466
Émissions totales en 2014	2474	2549	2644
Changement net	-312	-238	-146

Pour ce qui est de la possession automobile, les chercheurs ont conclu, dans une éventualité où Car2Go réussissait à s'implanter adéquatement dans les 5 prochaines années à Ulm, qu'une réduction du parc automobile était envisageable.

Tableau 2.3 : Préviation au niveau de la possession automobile pour les usagers du LSI (Firnkorn & Müller, 2011) (Traduction Libre)

	S'applique fortement				Ne s'applique pas du tout
	1	2	3	4	5
Si car2go prouve son service dans les 5 prochaines années, je me vois repousser l'acquisition d'un véhicule dans le futur. (n=307)	14%	15%	14%	11%	46%
Si car2go prouve son service dans les 5 prochaines années, je me vois me débarrasser d'un véhicule que je possède/loue actuellement. (n=294)	8%	11%	14%	12%	55%

Par contre, il est clair que d'avantage de recherches avec des données détaillées sur la possession automobile devront être faites pour arriver à une conclusion sur l'impact du LSI. L'autopartage en station ayant déjà plusieurs études pour montrer ses bienfaits (Cervero, Golub, & Nee, 2007; Cervero & Tsai, 2004; Douma & Gaug, 2009; E. Martin et al., 2010), on voudra prouver ou non que le LSI apporte autant de bénéfices que le service traditionnel. Basé sur le même principe d'utilisation de données de sondage pour analyser des situations hypothétiques, (Firnkorn, 2012) répète une autre étude sur Car2Go pour tester deux méthodes d'évaluation des impacts du LSI sur les autres modes de transport de la ville.

## 2.4.2 Comportement des usagers

De plus, les simulations orientée-agent pour prédire le comportement des usagers sont très populaires dans la littérature (Arentze, Hofman, van Mourik, & Timmermans, 2000; Ciari et al., 2008; Vovsha, Petersen, & Donnelly, 2002) pour l'autopartage en station. (Ciari, Bock, & Balmer, 2014) ont tenté de comparer le LSI avec l'autopartage traditionnel avec ces techniques. Utilisant MATSim, ils ont modélisé trois scénarios. Un où seul l'autopartage en stations était présent, l'autre avec les mêmes paramètres que la situation antérieure, mais avec des stations ayant une capacité de véhicule plus élevée et finalement un scénario où l'autopartage en station et le LSI cohabitaient. L'introduction du LSI dans l'écosystème de la ville semblait agir de manière complémentaire à l'autopartage en station. Dans les faits, les déplacements étaient plus courts et effectués sur des moments de la journée différents de l'autopartage en station. Par contre, le LSI semblait générer

des déplacements qui, dans un cas où le LSI n'avait pas été présent, étaient effectués par d'autres modes de transport. Des recherches additionnelles doivent par contre être effectuées pour confirmer cette hypothèse.

Également, il y a une étude de (Schmöller, Weigl, Müller, & Bogenberger, 2013) basée en Allemagne sur deux villes importantes, soit Berlin et Munich, où le libre-service intégral est implanté. Cette étude analyse les données transactionnelles des déplacements des usagers ainsi que leur positionnement en début et fin de déplacement. Il a été observé que l'utilisation des véhicules est plus élevée les vendredis et samedis, indiquant une prépondérance pour des motifs davantage reliés aux activités récréationnelles et au magasinage. Aussi, l'utilisation selon le moment de la journée varie fortement entre les deux villes. À Munich, on observe deux pointes d'utilisation, soit entre 9h00 et midi et entre 18h00 et 21h00, indépendamment si on se retrouve en semaine ou en fin de semaine. Pour Berlin, on observe une utilisation davantage sous forme d'une courbe normale, affichant le plus grand nombre de déplacements entre midi et 21h00.

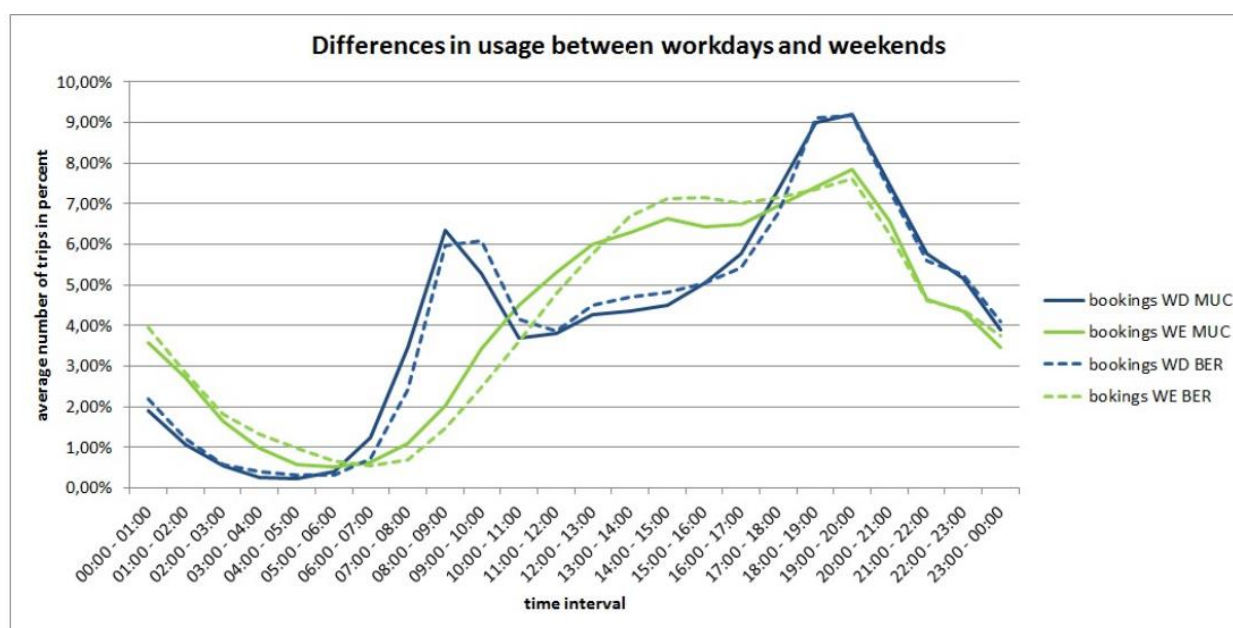


Figure 2.8 : Intensité d'utilisation selon le moment de la journée, de la semaine et du lieu (Schmöller et al., 2013)

Également, la distance entre le lieu de départ et d'arrivée est analysée pour comprendre si les abonnés utilisent le service pour effectuer des trajets simples sans retour, ou bien pour effectuer des trajets en boucle avec retour au point d'origine. Basé sur une distance seuil de 800 m, le taux de retour à l'origine est entre 15% et 18%. De plus, l'influence de la météo sur le comportement des usagers a été étudiée, montrant un changement quant au taux d'utilisation du service lors de journées affichant des précipitations. Finalement, une étude par le biais d'un système d'information géographique a été effectuée pour montrer la distribution spatiale des débuts de déplacement.

Finalement, (Schaefers, 2013) explore les motivations des usagers quant à leur adhésion au service du LSI et leur utilisation. Des motifs reliés aux attributs des voitures (design, nombre de véhicules, etc.), du service (prix, concept, etc.), des conséquences fonctionnelles (flexibilité, aisance à trouver une place de stationnement, fiabilité, etc.), des conséquences psychologiques (plaisir, temps sauvé, impact environnemental, etc) et des valeurs (confort, sécurité, qualité de vie, etc.) sont prises en compte.

## **CHAPITRE 3      MÉTHODOLOGIE ET DÉFINITION DES CONCEPTS CLÉS**

Ce présent chapitre traitera de la méthodologie employée pour la réalisation de l'étude. En plus de la méthodologie, les deux services de Communauto seront exposés, en plus d'aborder et de définir les définitions des concepts clés ainsi que des objets utilisés tout au long de ce mémoire.

### **3.1 Méthodologie générale**

Étant donné que les données provenant de l'opérateur Communauto sont sous format brut (section 4.1 de ce mémoire), plusieurs étapes de transformation et de traitement des données ont été nécessaires. Après le nettoyage et l'intégration des sources de données (4.2, 4.3), l'étape critique est l'exécution de divers algorithmes afin d'effectuer le découpage des traces GPS (4.4.2). Ce découpage permet de scinder les transactions en déplacements et d'identifier les moments d'arrêts. De ces transformations, plusieurs données ont pu être extraites afin d'effectuer une classification des usagers (4.5) pour finalement être en mesure de produire des analyses plus poussées, tant à l'aide d'un système de gestion de base de données (5.1, 5.2, 5.3) que par l'aide d'un système d'information géographique (5.2.4). La figure 3.1 présente un résumé des étapes menant à la conception du mémoire, qui seront expliquées dans les sections correspondantes.

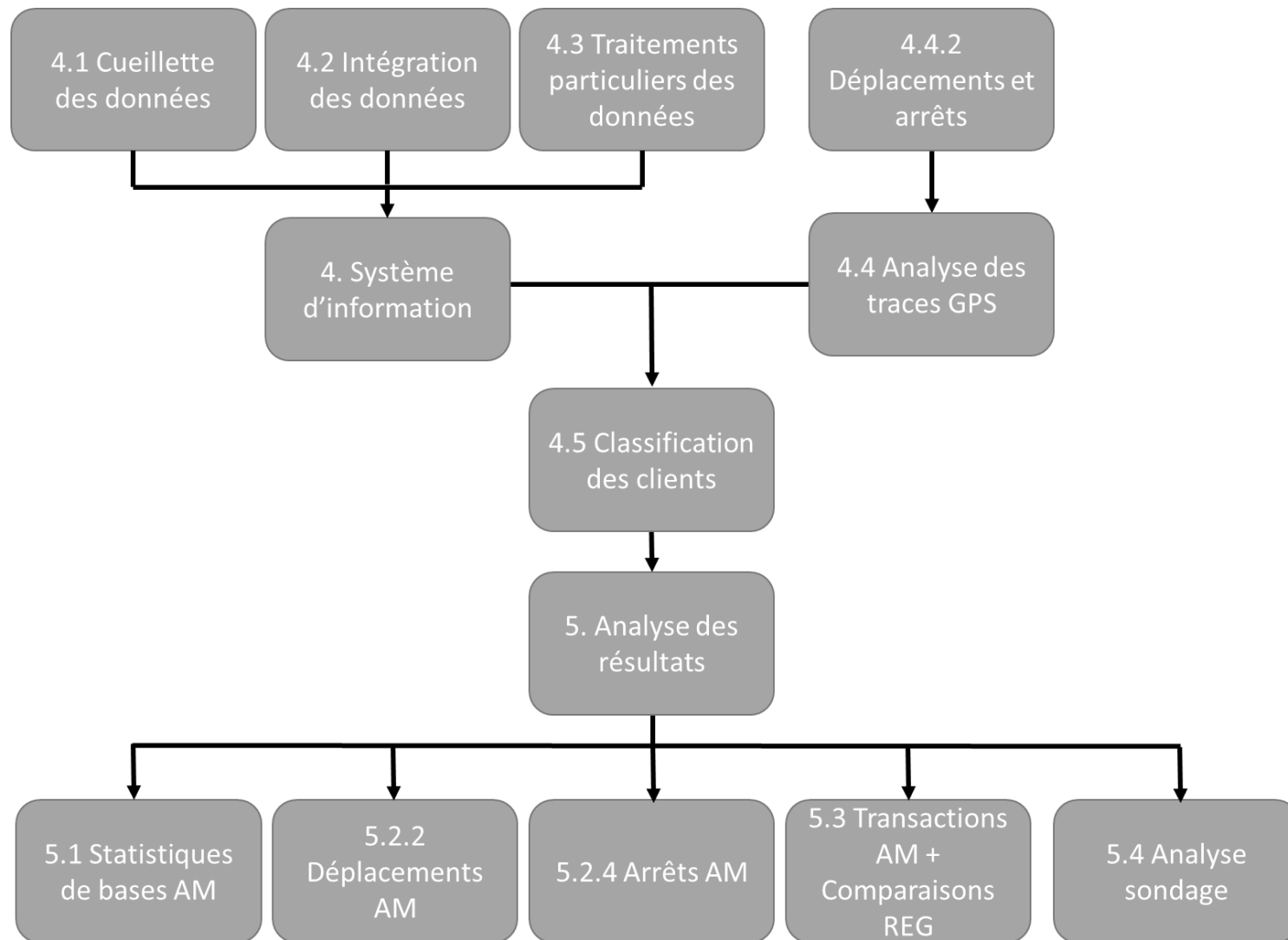


Figure 3.1 : Représentation graphique de la méthodologie utilisée (AM = Auto-Mobile; REG = Service régulier de Communauto)

## **3.2 Offre de service de Communauto**

Cette section présente l'offre de service de Communauto, son fonctionnement côté utilisateur ainsi que la façon dont les données sont générées suite aux transactions des usagers Auto-mobile. Ceci donnera de bonnes bases à la compréhension du système d'information traité dans le prochain chapitre.

### **3.2.1 Service régulier avec réservation de Communauto**

Le service d'autopartage en stations de Communauto a débuté ses activités avec Auto-Com à Québec en 1994 et puis en 1995<sup>6</sup> dans la région de Montréal. Aujourd'hui, Communauto possède des stations dans les grandes régions métropolitaines québécoises, soit Montréal, Gatineau, Sherbrooke et Québec. La société met à la disposition des usagers près de 400 stations regroupant un parc automobile de 1200 véhicules.

Voici la procédure pour utiliser un véhicule du service régulier de Communauto, tirée de leur site Internet<sup>7</sup> :

- 1- Premièrement, il faut s'inscrire auprès de Communauto, en ligne ou en personne. Il faut alors présenter un permis de conduire valide, ainsi que des preuves au niveau de la SAAQ des accidents impliqués en voitures ces dernières années.
- 2- Ensuite, il faut déterminer le forfait adapté à ses besoins. Tout dépendamment du forfait choisi, un montant de 500\$ remboursable lors du départ du client de l'entreprise peut être demandé.
- 3- Une fois la confirmation de Communauto reçue, l'abonné reçoit une clé et peut commencer à réserver un véhicule par Internet ou téléphone.
- 4- Une fois le véhicule réservé, il ne reste plus qu'à se présenter pour prendre possession du véhicule et le ramener à la station d'origine et à l'heure convenue.

---

<sup>6</sup> <http://www.communauto.com/qui.html>

<sup>7</sup> <http://communauto.com/comment.html>

- 5- L'utilisateur reçoit une facture à acquitter selon son utilisation.

### 3.2.2 Autopartage en libre-service sans réservation de Communauto

Le 16 juin 2013, Communauto a lancé un tout nouveau service appelé *Auto-Mobile* (Communauto, 2013). Auto-Mobile est un service d'autopartage en libre-service sans réservation où les usagers peuvent emprunter une voiture pour la durée voulue et dont ils ont la possibilité de terminer la location en stationnant le véhicule dans une zone pré-déterminée et non plus à une station, comme l'exige le service régulier. Ce service a l'avantage de permettre des déplacements en aller simples, car l'utilisateur n'a nul besoin de ramener la voiture à sa station originale, ou toute autre borne.

Voici la procédure pour utiliser un véhicule d'Auto-Mobile :

- 1- Premièrement, on doit s'inscrire au service. L'utilisateur remplit un formulaire à l'adresse suivante pour s'inscrire gratuitement : <http://www.communauto.com/auto-mobile/sinscrire.html>
- 2- Une fois la vérification par l'administration de Communauto de l'inscription effectuée, l'abonné peut commencer à utiliser le service. Il peut accéder à un véhicule de deux manières. Soit directement dans la rue, ou en réservant le véhicule :
  - a. Directement : Les véhicules Auto-Mobile possèdent un habillage de carrosserie distinctif qui permet de les repérer facilement dans la rue.
  - b. Réservation : Les utilisateurs ont accès à deux plateformes de réservations. On peut accéder à une plateforme web (<http://www.communauto.com/auto-mobile/connexion.html>) ou bien par l'intermédiaire d'un téléphone intelligent (IOS et Android) grâce à une application spécialement développée. Une fois le véhicule localisé, la voiture peut être réservée pour une période de 10 minutes, le temps de s'y rendre. Lors de cette durée, aucun autre usager ne peut accéder au véhicule et l'utilisateur n'est pas facturé.
- 3- Une fois sur place, l'abonné n'a qu'à présenter sa carte OPUS au-dessus du lecteur situé sur le tableau de bord côté conducteur et attendre que le lecteur lui autorise à accéder au véhicule. Après quelques secondes, le voyant passera au vert et les portes s'ouvriront. Une

vidéo explicative se retrouve à l'adresse suivante : <http://www.communauto.com/auto-mobile/comment.html#video>. La période de facturation commence donc à ce moment.

- 4- Une fois à bord, le client peut commencer à effectuer les déplacements qui ont motivés l'utilisation du service.
- 5- Pour terminer une transaction et libérer l'auto, il doit simplement stationner la voiture à l'intérieur de la zone de service (figure 3.5) là où la signalisation le permet et repasser sa carte OPUS lors de la sortie du véhicule.
- 6- Pour conserver le véhicule pendant un arrêt, il peut simplement accepter l'option de garder le véhicule que le tableau de bord affichera une fois le moteur éteint. L'utilisateur sera alors facturé pour la période de non utilisation, car la voiture sera bloquée aux autres abonnés. Si le client se retrouve hors de la zone de desserte (indiqué à l'écran), alors il n'aura pas l'option de conserver le véhicule à l'arrêt, car de toute façon il ne peut libérer le véhicule, étant hors zone. Le véhicule sera alors réservé à l'utilisateur automatiquement.

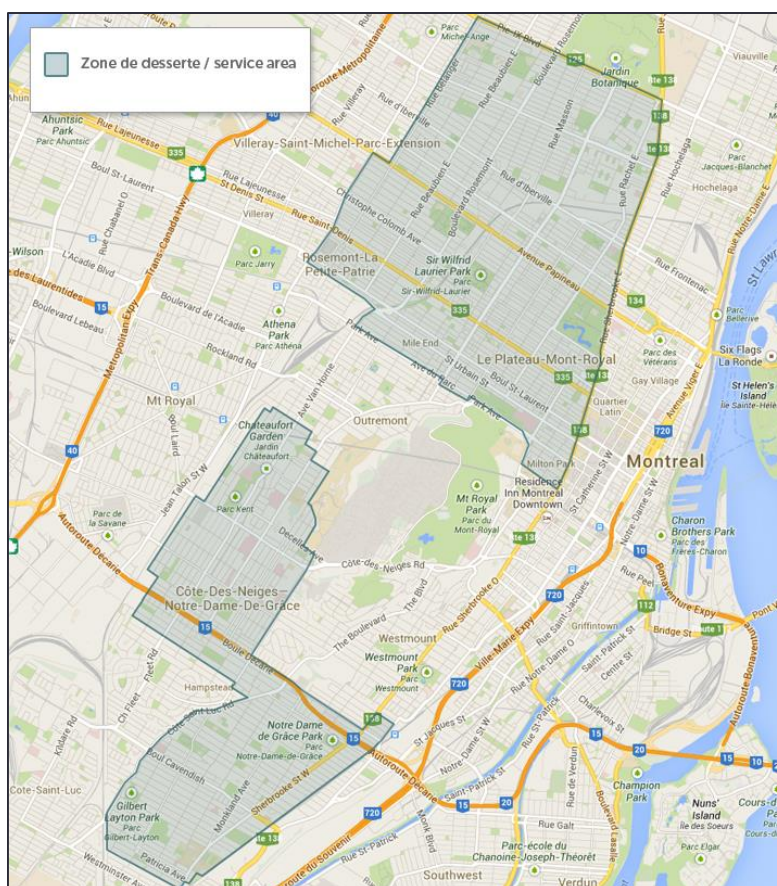


Figure 3.2: Zone de desserte du service Auto-Mobile

À l'ANNEXE 1, un diagramme du processus d'exploitation du service Auto-mobile est présenté qui résume le processus d'utilisation pour l'utilisateur à travers toutes les étapes lors de l'utilisation du véhicule.

### 3.3 Définitions de concepts clés

Cette section aura comme but d'établir les bases de l'étude pour ce qui est des objets employés, mais également des diverses composantes rattachées à l'utilisation d'un véhicule.

#### 3.3.1 Objets utilisés

##### Véhicule

Un véhicule représente l'objet physique qui permet le déplacement sur la route des usagers. Il sera également qualifié d'auto et/ou d'automobile. Chaque véhicule est unique dans le système

et comporte des caractéristiques propres à lui-même. Chaque transaction est associée à un seul véhicule. Dans le cadre du service Auto-mobile, le parc d'automobiles est composé de véhicules hybrides (41 Toyota Prius-C<sup>8</sup> datant de 2013) et de véhicules électriques (23 Nissan Leaf<sup>9</sup> datant de 2011-2012).

### **Usager**

L'utilisateur est la personne physique ou morale qui prend possession d'un véhicule pour effectuer un déplacement. L'utilisateur peut également être décrit comme client, membre et abonné. Chaque usager est unique dans le système et comporte des caractéristiques propres. Chaque transaction est associée à un seul usager. Lors d'une transaction effectuée avec le service Auto-mobile, on y affectera un identifiant unique nommé *IDAutomobile*, tandis que si la transaction est effectuée par le service régulier, l'identifiant unique sera *IDCommunauto*.

### **Station**

Dans le cadre du service régulier de Communauto, on fait référence à des stations. Une station est un emplacement comportant des véhicules de Communauto. Une station peut comporter une ou plusieurs places de stationnement désignées afin de récupérer un véhicule pour utilisation ou remettre un véhicule après utilisation. Chaque véhicule comporte une seule station désignée, ce qui veut dire qu'un véhicule ne peut avoir en même temps une assignation à plus d'une station. Chaque station est unique dans le système et comporte des caractéristiques propres.

### **Territoire**

Dans le cadre du service Automobile, on ne fait plus référence à des stations, mais bien à des territoires délimités où l'on peut récupérer un véhicule en début de transaction ou bien le disposer à la fin d'une transaction. Le principe du LSI est exposé plus précisément à la section 3.3.2 On fait référence également à d'autres termes comme *zone de desserte* ou *zone de couverture du service*.

---

<sup>8</sup> <http://www.toyota.ca/toyota/fr/vehicles/prius-c/overview>

<sup>9</sup> <http://www.nissan.ca/fr/electric-cars/leaf/>

## **Carte OPUS**

À partir de 2008, la carte OPUS a été implantée chez les grandes sociétés de transport de Montréal (Au préalable la Société de Transport de l'Outaouais avait déjà effectué cet implantation). Cette carte à puce contient au plus quatre titres de transports différents pouvant provenir de société affiliées différentes<sup>10</sup>. L'utilisateur, lors de son embarquement dans un autobus ou une station de métro, n'a qu'à présenter sa carte sur un lecteur qui automatiquement ira valider le titre de transport. Lors de l'implantation d'Auto-mobile, des lecteurs de cartes OPUS ont été intégrés à l'intérieur des véhicules. L'usager n'a qu'à balayer sa carte au-dessus du lecteur pour accéder à la voiture.

### **3.3.2 Les composantes de l'utilisation d'un véhicule**

Lorsqu'un usager utilise un véhicule, on peut parler de transaction, mais également de déplacement et de réservations. On peut aussi le catégoriser comme un déplacement selon une chaîne simple, complexe ou bien ouverte avec des activités primaires et secondaires. La prochaine section se base sur les travaux de (Primerano, Taylor, Pitaksringkarn, & Tisato, 2008) repris par (Valiquette, 2010) pour établir des définitions à ces concepts.

#### **Déplacement**

Déplacement physique effectuée par une personne pour se rendre d'un point A à un point B.

#### **Activité**

Une activité représente un arrêt dans le déplacement d'un individu (l'aboutissement d'un déplacement). Règle générale, la personne effectue un déplacement pour se rendre à une activité. Cette activité peut se décliner en activité primaire et secondaire. L'activité primaire représente la raison principale du déplacement d'un usager. Habituellement, ce sont le travail et l'étude qui représentent les principales activités primaires (ce n'est pas le cas pour l'autopartage, où les activités primaires seront au niveau de la plaisance et des courses.). Dans le cas d'absence de motif pour l'école ou le travail, l'activité ayant engendré le plus de temps est caractérisée comme activité

---

<sup>10</sup> <http://www.stm.info/fr/infos/titres-et-tarifs/carte-opus-et-autres-suppports/carte-opus>

principale. Toutes autres activités se greffant dans la chaîne de déplacements d'un individu sont qualifiées de secondaires.

### Chaîne de déplacements

Une chaîne de déplacements représente la consolidation de toutes les activités interreliées et leur déplacement associé qu'une personne effectue. Un déplacement seul peut à première vue sembler banal (déplacement de courte durée vers une activité à 200 m du domicile avec une automobile pour une courte période de temps), mais semble tout à fait logique quand on prend en considération que cette personne devait se rendre à 100 km de chez elle par la suite. C'est pour cette raison que l'on doit étudier les déplacements en un tout global (chaîne de déplacements) et non pas en partie (par déplacement).

Une chaîne de déplacement peut être qualifiée de simple, complexe ou ouverte. Une chaîne simple est composée de seulement deux déplacements. Habituellement du domicile vers l'activité principale et de l'activité principale au domicile. Aucun arrêt n'est effectué entre ces deux points.

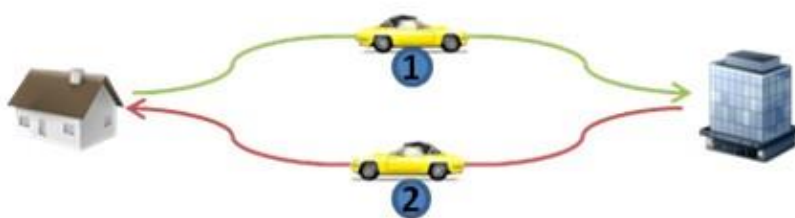


Figure 3.3 : Exemple de chaîne simple (Valiquette, 2010)

Une chaîne complexe comporte plus de deux déplacements, car des activités secondaires viennent se joindre à la chaîne globale de déplacements. Dans le cas présenté à la Figure 3.4, l'individu s'arrête à l'épicerie après le travail et ce avant de rentrer chez lui. On peut intégrer autant d'activités secondaires que le temps le permet.



Figure 3.4 : Exemple de chaîne complexe (Valiquette, 2010)

Une chaîne ouverte n'est pas bouclée, c'est-à-dire que l'individu ne revient pas au domicile à la fin de sa chaîne de déplacements. Également, une chaîne ouverte peut être qualifiée ainsi si la première activité réalisée est le retour au domicile. L'exemple le plus évident est l'arrêt chez un ami pour y passer la nuit et ne revenir à son domicile que plus tard.

### Transaction

Une transaction représente une entrée dans la base de données de l'entreprise pour le service Auto-mobile. On ne peut qualifier une transaction par un déplacement directement ou bien par une chaîne de déplacement simple ou complexe, car la transaction seule ne nous permet pas de tirer de conclusions. Il faut alors soit découper la transaction en déplacements ou bien regrouper plusieurs transactions pour obtenir la chaîne de déplacements complète. La Figure 3.5 permet de bien visualiser les composantes d'une transaction. Dans ce cas, on obtient une transaction donnant lieu à deux déplacements. Sans autre analyse, il nous est impossible de spécifier si l'utilisateur part et/ou revient à son domicile.

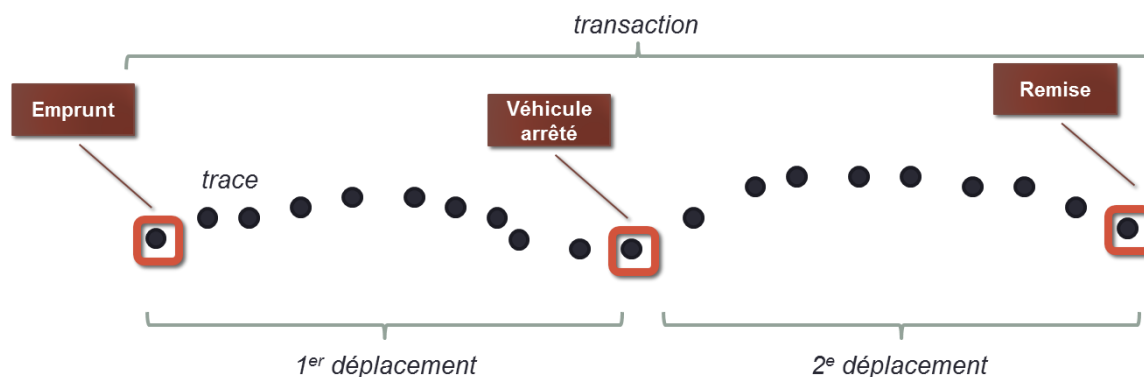


Figure 3.5: Représentation d'une transaction et ses composantes (source: Trépanier et al. 2014)

## **Réservation**

Une réservation représente une entrée dans la base de données de l'entreprise du côté de l'autopartage en stations. Comparé à la transaction du système Auto-mobile, les deux objets sont semblables, mais non parfaitement équivalents. Étant donné la nature du service régulier de Communauto, l'utilisateur doit inévitablement ramener sa voiture après utilisation à l'emplacement d'origine (station de départ). Ceci fait en sorte qu'une réservation représente la totalité de la chaîne de déplacements d'un usager, si l'on suppose que la station est située au domicile de l'abonné ou si l'horizon d'analyse de la chaîne est restreint aux déplacements faits avec la voiture d'autopartage. Dans les faits, la réservation agit au même titre qu'une transaction, soit elle est ouverte lors de la prise de possession du véhicule et fermée lors de la cession du véhicule. Règle générale, les transactions sont spontanées, c'est-à-dire qu'elles sont générées dès qu'un usager prend possession du véhicule (mais elle peut être créée dès qu'un membre effectue une réservation pour une période de 10 minutes maximum au préalable (Au moment de l'étude, le temps de réservation était de 10 minutes, il est au moment de publier ce mémoire à 30 minutes.)). Pour le service régulier, les usagers doivent inévitablement effectuer une réservation de leur véhicule pour une prise de possession ultérieure.

## CHAPITRE 4 SYSTÈME D'INFORMATION

Étant donné le volume important de données qui était disponible, la conception d'un système d'information était de mise. Pour ce qui est du système de gestion de base de données (SGBD), le choix s'est arrêté sur *Microsoft Access 2010*, principalement dû à la simplicité de son utilisation, de la capacité d'intégrer des macros pour les calculs spécifiques et par le fait qu'une partie des données se retrouvaient déjà sous forme de tables et de requêtes *Access*. Tandis que pour le logiciel du système d'information géographique (SIG), le logiciel libre *Quantum GIS 2.2 Valmiera* a été choisi. Ce SIG répond amplement aux besoins du projet et de plus est disponible de façon libre. Le présent chapitre présente l'ensemble des manipulations exécutées afin de monter le système d'information.

### 4.1 Cueillette des données

Les données utilisées dans le cadre du projet proviennent principalement de trois sources.

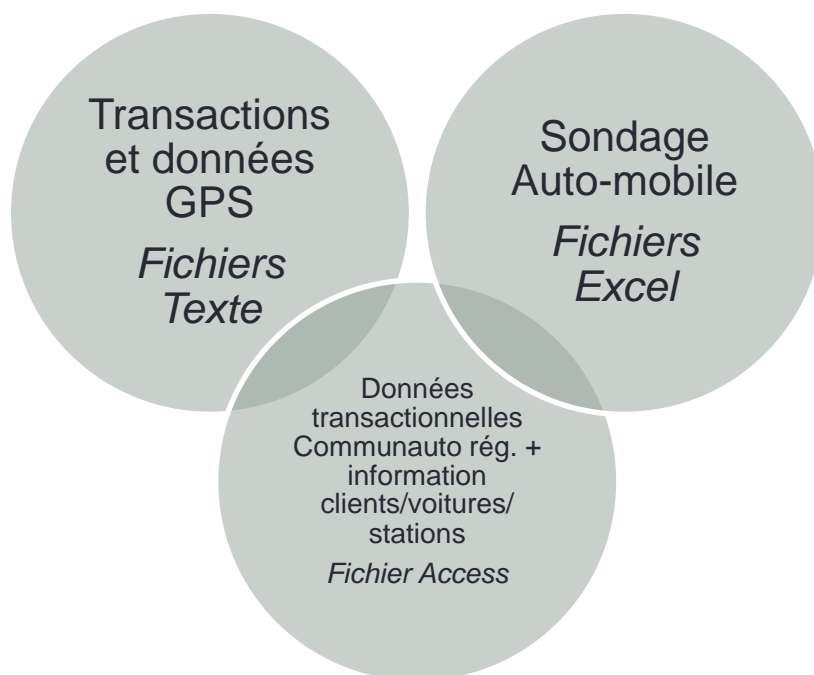


Figure 4.1 : Sources de données composant le mémoire

### 4.1.1 Données transactionnelles et GPS

Pour le service Auto-Mobile, Communauto fait un partenariat avec la société française Vulog (<http://vulog.fr/society/?lang=fr>) afin de fournir les équipements GPS, ainsi que le logiciel de traitement des données de localisation des véhicules. Vulog possède une plateforme web à laquelle Communauto peut accéder afin de consulter les traces GPS de ses voitures en temps réel et celles de ses transactions antérieures. Par transaction, on y affiche la date, le numéro du véhicule, le client, le statut de la transaction, sa durée, la distance parcourue ainsi que la durée à l'état de pause (Figure 4.2).

Recherche								
Véhicules	février	2014	<input checked="" type="checkbox"/> Clients uniquement	Heure locale				
Liste des trajets <span>Exporter ...</span>								
Dir	Date	Véhicule	Client	Statut	Durée (min)	Pause	Distance (k)	
	19/02/2014 23:43:49	2418		Terminé	20.8	0.0	4.000	Editer
	19/02/2014 23:29:05	2657		Terminé	9.6	0.0	3.000	Editer
	19/02/2014 22:54:59	2418		Terminé	21.2	0.0	5.000	Editer
	19/02/2014 22:52:39	2656		Terminé	18.2	0.0	5.000	Editer
	19/02/2014 22:43:56	2427		Terminé	47.5	0.0	11.000	Editer
	19/02/2014 22:39:01	2415-R		Terminé	8.9	0.0	4.000	Editer

Figure 4.2 : Vu des trajets de l'interface de Vulog

Également, on a accès aux traces GPS de chacune des transactions (Figure 4.3).

Détail du trajet												
Date	Position	Vitesse	Cap	Dist. (km)	VBat	SOC	Etat	APC	Portes	Zone	EN char	
19/02/2014 19:43:09	45.535086,-73.58154*	0,1 km/h	0,0 °	17344,000 kn	12,36 V	100 %	Réservé - Attente client	●	●	●	●	
19/02/2014 19:43:27	45.535121,-73.581537	0,1 km/h	0,0 °	17344,000 kn	12,34 V	100 %	Réservé - Attente client	●	●	●	●	
19/02/2014 19:43:39	45.535115,-73.581536	0,0 km/h	0,0 °	17344,000 kn	12,34 V	100 %	Réservé - Attente client	●	●	●	●	
19/02/2014 19:43:51	45.535120,-73.581524	0,1 km/h	0,0 °	17344,000 kn	12,34 V	100 %	Réservé - Attente client	●	●	●	●	
19/02/2014 19:44:04	45.535129,-73.581517	0,2 km/h	0,0 °	17344,000 kn	12,33 V	100 %	Réservé - Attente client	●	●	●	●	
19/02/2014 19:44:16	45.535133,-73.581505	0,3 km/h	0,0 °	17344,000 kn	12,33 V	100 %	Réservé - Attente client	●	●	●	●	
19/02/2014 19:44:27	45.535132,-73.581507	0,2 km/h	0,0 °	17344,000 kn	12,33 V	100 %	Réservé - Attente client	●	●	●	●	
19/02/2014 19:44:39	45.535128,-73.581517	0,1 km/h	0,0 °	17344,000 kn	12,33 V	100 %	Réservé - Attente client	●	●	●	●	
19/02/2014 19:44:53	45.535134,-73.581505	0,1 km/h	0,0 °	17344,000 kn	12,32 V	100 %	Réservé - Attente client	●	●	●	●	
19/02/2014 19:45:08	45.535131,-73.581505	0,1 km/h	0,0 °	17344,000 kn	12,32 V	100 %	Réservé - Attente client	●	●	●	●	

Figure 4.3 : Information détaillée des trajets de l'interface de Vulog

### Génération des transactions

Une transaction peut être générée suite à deux actions :

- 1- Suite à l'accès direct au véhicule en balayant sa carte OPUS devant le lecteur.

2- Suite à la réservation du véhicule par le biais des différentes plateformes.

C'est alors que le système commence à enregistrer le statut du véhicule ainsi que ses coordonnées GPS.

### **Fin des transactions**

Une transaction peut prendre fin suite à deux actions :

- 1- Le client met fin lui-même à la transaction en libérant le véhicule (rendu ainsi disponible aux autres usagers).
- 2- Le délai maximal de la réservation atteint 10 minutes\* sans que l'abonné n'ait accédé au véhicule.

C'est alors que le système ferme la transaction (même si le client n'a jamais pris possession du véhicule) et met disponible aux autres usagers le véhicule.

### **Précision des données GPS**

Une fois la transaction ouverte et le véhicule en marche, le système enregistre les coordonnées du véhicule de façon constante. En effet, en moyenne, on obtient de 3 à 4 enregistrements par minute, ce qui donne une idée assez fidèle du parcours réel de l'utilisateur (Figure 4.4).

Détail du trajet	
Date	Position
13/10/2013 18:59:43	<a href="#">45.526190,-73.608870</a>
13/10/2013 18:59:57	<a href="#">45.526190,-73.608870</a>
13/10/2013 19:00:10	<a href="#">45.526190,-73.608870</a>
13/10/2013 19:01:00	<a href="#">45.526512,-73.609543</a>
13/10/2013 19:01:12	<a href="#">45.527418,-73.608132</a>
13/10/2013 19:01:26	<a href="#">45.527865,-73.604917</a>
13/10/2013 19:01:38	<a href="#">45.528403,-73.601793</a>
13/10/2013 19:01:51	<a href="#">45.530300,-73.599542</a>
13/10/2013 19:02:03	<a href="#">45.530863,-73.598415</a>
13/10/2013 19:02:42	<a href="#">45.531595,-73.597587</a>
13/10/2013 19:02:55	<a href="#">45.533433,-73.596055</a>
13/10/2013 19:03:07	<a href="#">45.535135,-73.594610</a>
13/10/2013 19:03:20	<a href="#">45.537032,-73.592933</a>
13/10/2013 19:03:38	<a href="#">45.539690,-73.591947</a>
13/10/2013 19:03:51	<a href="#">45.540947,-73.590983</a>
13/10/2013 19:04:04	<a href="#">45.542037,-73.590018</a>

Figure 4.4 : Détail au niveau des coordonnées GPS

Lors de la sortie du véhicule de l'abonné (tout en conservant possession du véhicule), l'émetteur GPS à bord du véhicule cesse de fonctionner et donc les traces GPS ne sont plus enregistrées, ce qui laisse un trou dans la ligne du temps des relevés (Figure 4.5).

23/12/2013 12:13:26	<a href="#">45.558130,-73.572573</a>	0	0	17510	13,01	70	Réservé - Ecran Fin/Pause
23/12/2013 12:13:52	<a href="#">45.558130,-73.572573</a>	0	0	17510	12,74	70	Réservé - Attente retour client
23/12/2013 12:40:04	<a href="#">45.558272,-73.572696</a>	0	0	17510	11,91	70	Réservé - Attente retour client
23/12/2013 12:40:23	<a href="#">45.558272,-73.572696</a>	0	0	17510	11,78	70	Réservé - Attente retour client
23/12/2013 12:40:37	<a href="#">45.558272,-73.572696</a>	0	0	17510	13,28	0	Réservé - Roule

Figure 4.5 : Détail au niveau des statuts du véhicule

Ceci nous servira à capturer les « arrêts » de l'utilisateur lors de son déplacement.

### État du véhicule

Tout dépendamment de l'usage que le client fait de la voiture, le système attribut un « état » au véhicule, auquel on rattache l'heure et les coordonnées GPS. Au total, un véhicule peut être dans un des 10 états théoriques suivants (pas forcément en ordre chronologique d'occurrence) :

- 1 - **Boot** : Le système démarre/redémarre. Peut être contrôlé à distance par des administrateurs.
- 2 - **Libre** : État par défaut du véhicule. Aucune réservation n'est effectuée ou aucun usager n'utilise l'automobile (un usager peut sortir du véhicule et ne pas l'utiliser physiquement, par contre pour le système, le client utilise toujours la voiture).
- 3 - **Authentification** : Passage de la carte OPUS de l'utilisateur pour s'authentifier au près du lecteur.
- 4 - **Réservé – Attente Client** : Lors d'une réservation par le biais de la plateforme web ou mobile, le client s'assure pour une période de 10 minutes\* l'exclusivité d'accès au véhicule. On affecte alors ce statut au véhicule jusqu'à ce que le client prenne possession de l'auto ou bien que le délai maximal soit échu.
- 5 - **Réservé – 1<sup>er</sup> Menu Go** : Après la lecture de la carte OPUS suite à la prise de possession du véhicule (authentification), c'est ce qui correspond au statut « Réservé – 1<sup>er</sup> Menu Go ».
- 6 - **Réservé – Roule** : Après le démarrage du véhicule et à tout moment où le véhicule est en marche (le moteur est allumé), un statut « Réservé – Roule » y est alors affecté.
- 7 - **Réservé – Écran Fin/Pause**: Lorsqu'on éteint le moteur après avoir utilisé l'auto, l'écran affiche l'option de garder ou non le véhicule lors de la sortie de l'abonné (seulement dans le cas où le véhicule est stationné dans la zone de desserte). Ce statut est également attribué à un véhicule qui n'est pas dans la zone de desserte, même si on n'offre pas explicitement l'option de garder la voiture au client (par défaut la voiture est bloquée, car elle se retrouve hors de la zone de service).
- 8 - **Réservé - Pause demandée** : Aucune occurrence trouvée dans la base de données.
- 9 - **Réservé - Fin demandée** : Aucune occurrence trouvée dans la base de données.
- 10 - **Réservé – Attente Retour Client** : Après que le client soit sorti du véhicule sans mettre fin à la transaction, le véhicule se retrouve sous le statut « Réservé – Attente Retour Client ».

Les données ont été fournies sous forme de fichiers textes, reproduisant fidèlement l'information contenue dans la plateforme web. Au total, 22 993 transactions sont répertoriées ainsi que 2 087 782 points GPS pour l'ensemble des transactions. La période d'occurrence des transactions est du 30 juin 2013 au 4 mars 2014.

### 4.1.2 Données sondage

À la suite d'une transaction Auto-mobile, les membres ont été invités à remplir un sondage web sur leur expérience avec ce service. Ce sondage vise à connaître la satisfaction de la clientèle, mais également de recueillir des données spécifiques aux usagers et à leurs déplacements.

Chaque sondage contient un identifiant unique, le temps pris par l'utilisateur pour répondre au questionnaire, le statut du sondage (complété ou pas), l'identifiant unique de l'abonné, la question et la réponse, la date de la transaction du parcours Auto-mobile, la date de compétition du sondage, comme dans l'extrait présenté à la figure 4.6.

IDReponse	Time Taken	Response St	IDCommune	Reponse	IDQuestion	DateTransaction	Timestamp	Timestamp
17248964	84	Complete			10	2013-09-06	2013-09-08	18:13:19
17248964	84	Complete			1 2	2013-09-06	2013-09-08	18:13:19
17248964	84	Complete			4 4	2013-09-06	2013-09-08	18:13:19
17248964	84	Complete			1 5	2013-09-06	2013-09-08	18:13:19
17248964	84	Complete			7	2013-09-06	2013-09-08	18:13:19
17248964	84	Complete			9	2013-09-06	2013-09-08	18:13:19
17248968	93	Complete			10	2013-09-07	2013-09-08	18:24:56

Figure 4.6 : Extrait de la table *Sondage\_Automobile*

Au total, le sondage se compose de 6 questions (entre parenthèses le numéro de la question dans le système) :

1. Lors de l'utilisation du véhicule Auto-mobile, combien d'activités avez-vous faites (nombre de fois que vous avez stationné le véhicule)? (Q2)
2. Quel est le motif de ce déplacement effectué avec le véhicule Auto-mobile? (Q4)
3. Suite à votre déplacement avec un véhicule Auto-mobile, avec quel moyen de transport êtes-vous retourné à votre point de départ ou à votre domicile ? (Q9)
4. Si le service Auto-mobile n'avait pas existé, quel moyen de transport auriez-vous utilisé pour faire ce déplacement ? (Q5)
5. Combien de véhicules automobiles/motos achetés ou loués à long terme y a-t-il à votre domicile ? (Q7)
6. Quel est votre niveau de satisfaction avec le service Auto-mobile pour ce déplacement ? (Q10)

Les différents choix auxquels les usagers peuvent répondre sont énumérés dans la table *Choix\_Sondage* du tableau 4.1.

Tableau 4.1 : Représentation de la table Choix\_Sondage

<i>Choix_Sondage</i>		
IDQuestion	IDChoix	Réponses
10	1	Très insatisfait
10	2	Insatisfait
10	3	Neutre
10	4	Satisfait
10	5	Très satisfait
2	1	Une seule fois
2	2	Deux fois
2	3	Trois fois ou plus
4	1	Me rendre au travail
4	2	Déplacement lié à mon travail
4	3	Me rendre aux études
4	4	Faire les courses (épicerie, magasins)
4	5	Rendez-vous médical
4	6	Visiter un ami
4	7	Raccompagner quelqu'un
4	8	Retourner à mon domicile
5	1	Je n'aurais pas fait ce déplacement
5	2	Une automobile du service régulier de Communauto
5	3	Le transport en commun
5	4	Un taxi
5	5	Mon propre vélo
5	6	Ma voiture ou ma moto
5	7	Quelqu'un m'aurait accompagné en voiture
5	8	Je serai allé à pied
5	9	Un bixi
7	1	Aucun
7	2	Un
7	3	Deux
7	4	Trois
7	5	Quatre
7	6	Cinq
7	7	Six
9	1	Avec un véhicule Auto-mobile
9	2	Avec une automobile du service régulier de Communauto
9	3	En transport en commun
9	4	En taxi
9	5	Avec mon propre vélo
9	6	Quelqu'un m'a raccompagné en voiture
9	7	Je suis rentré à pied

Les réponses du sondage sont échelonnées, selon la date de la transaction effectuée, du 6 septembre 2013 au 4 février 2014. Au total, 1174 réponses ont été recueillies lors du sondage.

Il est à noter que la structure du sondage a changé au cours de la période recensée. En effet, la question Q5 offre le choix « Bixi ». Par contre, le Bixi étant un service de vélopartage à courte durée saisonnier, il est retiré des rues de Montréal en novembre. L'administrateur du sondage a donc supprimé ce choix du sondage à la mi-novembre 2013 et a par le fait même rajouté la question Q9 au sondage. Donc, lors de la compilation des résultats, il va de soi qu'aucune réponse avec la mention « Bixi » ne devrait se retrouver dans les résultats à partir du 16 novembre 2013 et que les réponses de la Q9 ne devraient être présentes qu'à partir de cette date.

### 4.1.3 Données Communauto régulier

Outre les données du service Auto-mobile, les données du service régulier sont également accessibles, ce qui servira principalement à des fins de comparaisons avec le service Auto-Mobile. En plus des données transactionnelles (1 572 076), on a accès aux informations des clients (73 287), des véhicules (2257) et des stations (765). Les données sont réparties du 1<sup>er</sup> janvier 2013 jusqu'au 28 février 2014.

#### 4.1.3.1 Abonnés

Les tables d'abonnés obtenues permettent d'obtenir notamment le sexe du client, sa langue, la date d'abonnement, son âge, son domicile (niveau code postal), le type de client (régulier, commercial, Auto-mobile etc), sa date d'abandon (s'il y a lieu) et le type de forfait auquel l'abonné s'est inscrit. Les figures 4.7a à 4.7d montrent les champs disponibles :

CustomerID	BranchID	IngSexe	LanguageID	datDateAbonnement	IntEtatAbon	datDateNai	DateRetired	RetiredUser
	1	128	1	1995-01-06	36	1940-04-16	2012-04-16	194
	1	128	1	1999-07-01	36	1976-04-07	2004-08-12 15:18:40	162
	1	128	1	2003-01-27 15:54:31	36	1960-07-07	2004-05-06 15:59:51	162
	1	128	1	2003-01-28 15:14:48	105	1962-01-17		
	1	128	1	2003-01-29 14:57:53	105	1954-05-17		
	1	128	2	2003-01-29 17:23:05	105	1941-04-24		

Figure 4.7a : Extrait de la table *dbo\_tblabonne*

AddressID	CustomerID	PostalCode	PostalCode	StartDate	DateCreated	DateModified
1			100481	2005-09-12	2005-09-12 15:00:44	
2			165771	2005-09-12	2005-09-12 15:15:02	
3			169527	2005-09-12	2005-09-12 16:17:56	
4			171633	2005-09-12	2005-09-12 17:20:12	
5			170972	2005-09-12	2005-09-12 18:43:18	
6			171606	2005-09-13	2005-09-13 08:18:20	
7			102585	2005-09-13	2005-09-13 10:46:56	
8			170605	2005-09-13	2005-09-13 11:06:30	

Figure 4.7b : Extrait de la table *dbo\_Address*

CustomerTy	CustomerID	CustomerTy	StartDate	DateCreated	DateModified
140827		1	1995-01-06	2013-10-29 14:08:44	
140828		1	1999-07-01	2013-10-29 14:08:44	
140829		1	2003-01-27 15:54:31	2013-10-29 14:08:44	
140830		1	2003-01-28 15:14:48	2013-10-29 14:08:44	
140831		1	2003-01-29 14:57:53	2013-10-29 14:08:44	
140832		1	2003-01-29 17:23:05	2013-10-29 14:08:44	

Figure 4.7c : Extrait de la table *dbo\_CustomerTypeHist*

PackageHist	PackageID	CustomerID	StartDate	EndDate	Monthly	DateCreated	DateModified
111173	3		2011-05-01	2012-04-30 23:59:59	0	2011-04-07 13:31:26	
90616	3		2010-05-01	2011-04-30 23:59:59	0	2010-05-07 16:13:14	
67575	3		2009-04-01	2010-03-31 23:59:59	0	2009-04-22 15:41:34	
47590	3		2008-04-01	2009-03-31 23:59:59	0	2008-04-02 15:39:54	
32916	3		2007-04-01	2008-03-31 23:59:59	0	2007-04-04 14:49:24	
20671	3		2006-03-01	2007-02-28 23:59:59	0	2006-04-04 14:00:20	
11419	3		2005-03-01	2006-02-28 23:59:59	0	2005-04-05 15:00:49	

Figure 4.7d : Extrait de la table *dbo\_PackageHist*

#### 4.1.3.2 Véhicules

La table contenant l'information sur les véhicules permet d'obtenir quelques informations, notamment au niveau de l'année de fabrication, le modèle, le nombre de places à bord, son kilométrage indiqué à l'odomètre et les options disponibles dans le véhicule.

autNoVehic	IngOptions	IntModeleV	IntAnneeFa	IntCouleurV	strDateMiseHorsService	strDateMit	IntNbPlace	IntNbPorte	IntStatutVel	IntKmStart	IntKmCurre
261	12	74	1999	65	2005-09-01 14:00:00	2000-01-17	5	4	67	92920	193740
262	12	71	2000	64	2006-09-29 07:00:00	2000-12-18	5	4	67	68277	191777
263	12	71	2000	77	2006-09-21 08:00:00	2001-06-12	5	4	67	57322	205170
264	12	71	2001	60	2006-04-03 10:00:00	2001-09-20	5	4	67	0	203467
265	12	74	1999	61	2005-04-18 20:00:00	2000-05-12	5	4	67	0	210528
266	13	71	2000	62	2006-04-21 18:00:00	2001-04-12	5	4	67	0	194495

Figure 4.8 : Extrait de la table *dbo\_tblVehicule*

### 4.1.3.3 Stations

Les stations sont utilisées dans le cadre du service Communauto régulier. Pour chacune des stations, un descriptif de la station est inclus, ainsi que le nombre de places de stationnement et sa position géographique.

autNoStatio	StationNo	strNomStation	NbrParkin	PostalCode	Longitude	Latitude	Sector
819	361	Messier et Marie-Anne	1	H2H	-73,568271	45,535834	3. Plateau Mt-Royal
821	363	De Lanaudière et Laurier	1	H2J	-73,583613	45,533339	3. Plateau Mt-Royal
827	368	Chambord et St-Grégoire	1	H2J	-73,588111	45,534773	3. Plateau Mt-Royal
828	369	De Brébeuf et Laurier	1	H2J	-73,585579	45,532703	3. Plateau Mt-Royal
830	370	Aylmer et Milton	1	H2X	-73,575241	45,507494	8. Plateau Mt-Royal
831	371	Aylmer et Prince-Arthur	1	H2X	-73,577771	45,508569	8. Plateau Mt-Royal
838	377	St-Urbain et St-Viateur	1	H2T	-73,600515	45,524863	4. Mile End
839	378	De La Roche et St-Joseph	1	H2J	-73,583653	45,531125	3. Plateau Mt-Royal

Figure 4.9 : Extrait de la table *dbo\_tblStation*

### 4.1.3.4 Transactions service régulier

En plus des transactions du service Auto-mobile, les transactions du service régulier sont répertoriées. Pour chaque réservation effectuée dans le système (réservations futures, avec déplacement réel et avec annulation sont incluses), le client attribué est affiché, ainsi que la date de la réservation, le début et la fin de la période d'utilisation du véhicule, le kilométrage utilisé, la station utilisée, la date d'annulation et le véhicule utilisé.

autNoReser	CustomerID	autNoVehic	datInscription	datDateDebutReservat	datDateFinReservat	intDebutKil	intFinKilom	intStatutRes	intTypeRese
7350398		1131	2012-12-31 11:56:01	2013-01-01	2013-01-01 01:00:00	109121	109121	49	47
7346122		920	2012-12-29 21:36:39	2013-01-01	2013-01-01 02:00:00	119950	119950	51	47
7342123		920	2012-12-28 15:05:46	2013-01-01	2013-01-01 02:00:00	0	0	132	47
7344829		1348	2012-12-29 12:57:47	2013-01-01	2013-01-01 02:00:00	0	0	132	47
7344837		1348	2012-12-29 12:58:55	2013-01-01	2013-01-01 03:00:00	0	0	132	47
7334120		1802	2012-12-25 16:48:34	2013-01-01	2013-01-01 03:00:00	0	0	132	47
7351987		941	2013-01-01 03:01:48	2013-01-01	2013-01-01 03:30:00	161546	161568	139	47
7351834		1348	2012-12-31 23:46:52	2013-01-01	2013-01-01 04:00:00	102757	102757	51	47
7351381		1348	2012-12-31 16:55:37	2013-01-01	2013-01-01 04:00:00	0	0	132	47
7351686		1599	2012-12-31 19:40:37	2013-01-01	2013-01-01 04:00:00	61125	61125	51	47

Figure 4.10 : Extrait de la table *dbo\_tblReservauton-requete*

## 4.2 Intégration des données

Afin d'intégrer toutes les données dans un système commun, l'importation vers une base de données Access a été effectuée. L'importation des transactions et des traces GPS du service Auto-mobile s'est fait sans détour vu que ces données étaient déjà aptes à être intégrées dans une table. L'ajout d'une clé primaire a été effectué pour préserver l'intégrité des données. Par contre, les résultats du sondage sont remis sous format de fichier Excel. Le format présenté ne répond pas

à la disposition d'une table d'un SGBD normalisé. Il a donc fallu effectuer des opérations de redistribution de l'information afin de convenir à une table d'un SGBD normalisé. Les données transmises du service régulier ainsi que les données des abonnés et voitures étaient déjà dans des tables. Il n'a fallu que les intégrer directement d'un fichier à l'autre.

## 4.3 Traitements particuliers des données

### 4.3.1 Clients

Pour ce qui est des clients, l'information est regroupée sous forme de quatre tables, autant pour le service régulier que le service Auto-mobile :

- **DbO\_address** (130 803 enregistrements) : Contient toutes les adresses possédées par les clients au cours de leur abonnement chez Communauto. L'adresse se limite au code postal complet. Un client peut posséder plusieurs enregistrements.
- **DbO\_CustomerTypeHist** (73 467 enregistrements) : Contient les différents statuts « type » que le client peut posséder au cours de son abonnement chez Communauto. Un client peut posséder plusieurs enregistrements.
- **DbO\_PackageHist** (195 564 enregistrements): Contient les différents forfaits que le client s'est abonné au cours de son passage chez Communauto. Un client peut posséder plusieurs enregistrements.
- **DbO\_tblabonne** (73 287 enregistrements) : Cette table contient les informations de l'abonné, à savoir son sexe, sa date de naissance, la langue parlée, s'il est un client actif ou non. Un client possède un seul enregistrement.

Pour la table **dbo\_adresse**, l'hypothèse employée est la suivante : l'adresse du client correspond à la dernière adresse enregistrée dans le système. On prend pour hypothèse que le client possède la même adresse tout au long de la période d'étude. À des fins de calculs, tous les codes postaux des clients ont été jumelés à leur équivalent en coordonnées latitude/longitude grâce au fichier de

conversion des codes postaux<sup>11</sup>. 7201 clients n'ont pas pu avoir une correspondance à cause d'un champ vide au niveau du code postal, un code postal non retrouvé dans le FCCP ou des valeurs ne correspondant pas à la structure d'un code postal. Au total, on répertorie 73 287 clients différents dans la nouvelle table *Client\_Adresse*.

Pour la table *dbo\_CustomerTypeHist*, l'hypothèse employée est la suivante : le type du client correspond au dernier type enregistré dans le système. On prend pour hypothèse que le client possède le même type tout au long de la période d'étude. Au total, ce sont 73 287 clients différents qui sont répertoriés dans une nouvelle table *Client\_Type*.

Pour la table *dbo\_PackageHist*, l'hypothèse employée est la suivante : le package du client correspond au dernier package enregistré dans le système. On prend pour hypothèse que le client possède le même type tout au long de la période d'étude. Au total, on obtient 71 008 clients différents dans la nouvelle table *Client\_Package*, moins que les 73 287 clients que l'on retrouvait précédemment.

Pour la table *dbo\_tblabonne*, on a déduit l'âge du client suivant sa date de naissance. À des fins de simplification, la différence entre l'année de fin de la période d'étude (2014) et l'année de naissance constitue l'âge de l'abonné. 73 287 abonnés sont inclus dans la nouvelle table *Client\_Info*. Il faut savoir que cette table contient des enregistrements d'employés de Communauto. Il faudra par la suite effectuer des filtres pour éviter de capter les transactions effectuées par ces « abonnés ».

L'information contenue dans les quatre tables précédentes est regroupée dans une seule table, à des fins de performance lors de l'exécution de requêtes, qui est nommée *Client\_Info\_Detaille* et qui regroupe 13 champs comme démontré à la figure 4.11.

---

<sup>11</sup> <http://www5.statcan.gc.ca/olc-cel/olc.action?objId=92-153-X&objType=2&lang=fr&limit=0>

CustomerID	IngSexe	LanguageID	Age	datDateNai	DateRetired	CustomerTy	CodePostali	CodePostal	Latitude	Longitude	RTA	PackageID
	128	1	74	1940-04-16	2012-04-16	1						3
	128	1	38	1976-04-07	2004-08-12 15:18:40	1						
	128	1	54	1960-07-07	2004-05-06 15:59:51	1						
	128	1	52	1962-01-17		1						3
	128	1	60	1954-05-17		1						3
	128	2	73	1941-04-24		1						3
	128	1	48	1966-09-05	2007-11-29 12:42:07	1						3
	128	1	38	1976-09-18	2005-11-16 10:50:26	1						3
	127	1	70	1944-04-29	2004-08-20 07:59:22	1						

Figure 4.11 : Extrait de la table *Client\_Info\_Detaille*

### 4.3.2 Dates de référence et FCCP

Afin de fournir des analyses à caractère temporel, une table intitulée *Date\_Reference* a été créée afin de représenter l'information selon l'année, le mois, le jour de la semaine et selon que oui ou non le service de *Bixi* était disponible ou non au moment d'effectuer la transaction. Voici la composition de la table à la figure 4.12.

Date	Year	Month	Day	Semaine	MonthName	WeekDayName	WeekDay	Bixi
2013-01-01	2013	1	1	1	janvier	mardi	2	Avec
2013-01-02	2013	1	2	1	janvier	mercredi	3	Avec
2013-01-03	2013	1	3	1	janvier	jeudi	4	Avec
2013-01-04	2013	1	4	1	janvier	vendredi	5	Avec
2013-01-05	2013	1	5	1	janvier	samedi	6	Avec
2013-01-06	2013	1	6	1	janvier	dimanche	7	Avec
2013-01-07	2013	1	7	2	janvier	lundi	1	Avec
2013-01-08	2013	1	8	2	janvier	mardi	2	Avec

Figure 4.12 : Extrait de la table *Date\_Reference*

Également, afin de représenter les clients sur un système d'information géographique et pouvoir effectuer des calculs de distance, le fichier de conversion des codes postaux (FCCP) est utilisé. Ce fichier regroupe l'information de tous les codes postaux répertoriés par Statistique Canada. L'information fournie inclue l'attachement à divers découpages du recensement canadien, aux coordonnées en latitude et longitude, l'information quant à la précision des données ainsi que le type de livraison effectué (soit à domicile ou aux casiers postaux). Pour plus de renseignement, consulter la page de Statistique Canada suivante : <http://www5.statcan.gc.ca/olc-olc/olc.action?objId=92-153-X&objType=2&lang=fr&limit=0>

Ce FCCP contient plusieurs enregistrements par code postaux. La méthodologie employée est la suivante pour retrouver un seul enregistrement par code postal. Les codes postaux sont triés selon leur degré de qualité d'information, allant de AAA (la qualité la plus élevée) à NNN (la qualité la plus basse). Si après le tri on retrouve encore plusieurs enregistrements selon un même

degré de qualité, le 1<sup>er</sup> enregistrement est employé. Au total, la table contenant les codes postaux contient 845 396 enregistrements différents après triage.

### 4.3.3 Sondage

Comme indiqué à la section 4.1.2, les données relatives au sondage comportent beaucoup d'éléments pertinents quant à l'utilisation du service par les usagers. Par contre, les données brutes ne permettent pas de relier directement une réponse au sondage à la transaction ciblée par le sondage. Il faut alors effectuer des liens au niveau de l'identifiant du client (*IdAutomobile*) ainsi qu'avec la date de la transaction. L'inconvénient de cette méthode est qu'un abonné peut effectuer plusieurs transactions dans une même journée et donc le lien direct ne se fait plus. En effet, en effectuant un lien entre la table des transactions ainsi que celle du sondage, on obtient pour 1174 réponses, 1933 correspondances. Bien évidemment, pour atteindre 1933 correspondances, plusieurs usagers ont dû utiliser le service à plusieurs reprises pour une même journée, certains allant même à 7 correspondances.

Pour pallier ce problème, le regroupement de plusieurs transactions a été effectué. Nous assumons comme hypothèse que deux transactions ayant un faible temps de battement entre chacune d'elles n'est essentiellement que la même transaction globale découpée en plusieurs autres transactions. Pour y arriver, une procédure sous VBA pour ACCESS a été produite (le code VBA se retrouve à l' ANNEXE B). Le principe de la procédure est simple :

1. On classe la table contenant les transactions en ordre croissant selon le *IdAutomobile* ainsi que le *IdTransaction*, afin de regrouper en ordre chronologique les transactions par client.
2. On regroupe les transactions sous un autre identifiant (*IdConsolidation*) si les transactions sont espacées d'au plus 60 minutes. Le pseudo-code suivant indique les étapes de l'algorithme (le temps entre deux transactions qui se suivent a été calculé préalablement).

```
IdAutomobile = 0 'Var string indiquant l'identifiant unique de l'utilisateur
de la transaction actuelle
IdAutomobilePrec = 0 'Var string indiquant l'identifiant unique de
l'utilisateur de la transaction précédente
TempsEntreTransaction = 0 ' Variable double représentant le temps entre
deux transactions d'un même usager qui se suivent dans le temps
IdConsolidation = 0 ' Variable int indiquant le nouvel identifiant pour
regrouper les transactions
```

```

Resultat = 0 ` Variable int qui représente le résultat qu'on va enregistrer
dans la table pour l'IdConsolidation.
Faire jusqu'à Fin de la table
    IdAutomobile = IdAutomobile de la ligne en cours
    TempsEntreTransaction = TempsEntreTransaction de la ligne en cours
    Si IdAutomobile = IdAutomobilePrec et TempsEntreTransaction < 61
alors
        Resultat = IdConsolidation
    Sinon
        IdConsolidation = IdConsolidation + 1
        Resultat = IdConsolidation
    Fin si
    IdAutomobilePrec = IdAutomobile
    On change le champ de la table par Resultat
    On change de ligne
Fin Faire jusqu'à

```

Dans les faits, cet algorithme a été utilisé à trois reprises, pour un TempsEntreTransaction inférieur à 60, 120 et 180 minutes pour évaluer les différents scénarios. On a donc regroupé les transactions par leur nouvel identifiant (on a donc moins de transactions au total auxquels on tente de relier une réponse au sondage). Respectivement pour 60, 120 et 180 minutes, on a retrouvé 1295 correspondances (874 sans les doublons), 1239 correspondances (916 sans doublons) et 1191 correspondances (956 sans doublons). Les réponses incluant des doublons ont été rejetées. Entre les trois scénarios, le nombre de réponses jumelées parfaitement n'augmente pas de façon dramatique, donc afin d'obtenir des données plus précises, le TempsEntreTransaction maximal utilisé sera de 60 minutes.

#### 4.3.4 Transactions et traces GPS Auto-mobile

Les tables Transactions et Traces GPS du service Auto-mobile étaient tout de même assez "propres". Toutes les transactions contenaient un identifiant d'utilisateur, 191 transactions ne contenaient pas d'information au sujet du véhicule employé et toutes les transactions contenaient une date d'utilisation. Par contre, cette date d'utilisation était enregistrée au fuseau horaire UTC +00. Une transformation pour obtenir une date et une heure au niveau du fuseau horaire UTC +05 (heure de Montréal) a dû être effectuée. Une attention particulière a été portée au changement d'heure (heure normale/avancée). Également, un filtre a été effectué au niveau des transactions ayant été effectuées par les employés. Une fois les transactions effectuées par les employées éliminées, on obtient 20 908 transactions réellement effectuées par des clients de Communauto

(2 001 373 traces GPS par le fait même). La plupart des transformations/analyses sur les transactions et traces GPS sont décrites dans la section 4.4.

### **4.3.5 Transactions Communauto régulier**

Pour ce qui est des réservations du service régulier (l'équivalent des transactions pour le service Auto-Mobile), la table contient toutes les réservations, même celles qui ont été annulées ou modifiées. On a alors gardé les réservations où la différence entre le kilométrage à l'odomètre final de la voiture et supérieur au kilométrage initial (ce qui implique minimalement un déplacement). Également, tout comme au niveau du service Auto-mobile, les réservations effectuées par des employés à des fins autres ont été éliminées. Une particularité de cette table est qu'elle recense également depuis la fin novembre 2013 toutes les transactions Auto-mobile. Alors, on a dû effectuer un traitement pour éliminer ces transactions et ne garder que celles du service régulier. Au total, il ne reste que 697 801 réservations.

## **4.4 Analyse des traces GPS**

Une fois les données regroupées et traitées, l'analyse des traces GPS peut être effectuée. L'analyse des traces GPS vise plusieurs objectifs.

1. Faire le calcul des distances et de la durée des transactions. Les distances des transactions fournies par le système semblent être fausses pour une partie d'entre elles. En effet, à plusieurs occasions, une transaction affichait une distance de 0 km, quand dans les faits, un parcours beaucoup plus long était effectué par l'utilisateur. Pour s'assurer de la validité des distances, le calcul entre deux points GPS consécutifs sera effectué. De plus, les relevés de positionnement GPS recueillis par le système sont d'une fréquence assez élevée pour estimer la distance réelle. Puisqu'il s'agit de distances à vol d'oiseau, les distances recueillies sous-estimeront les distances réelles parcourues. Pour ce qui est des durées, le système ouvre une transaction dès qu'un usager effectue une réservation. Dans les faits, on surévalue la durée des transactions en prenant celle affichée par le système.
2. Décomposer les transactions en déplacement. Comme mentionné à la section 3.2.2, l'étude des chaînes de déplacements donne une représentation beaucoup plus fidèle des habitudes

de déplacements des abonnés. En étudiant les traces GPS, on pourra déterminer les temps d'arrêt et ainsi identifier les activités effectuées par le client.

3. Effectuer des calculs qui ne peuvent être faits autrement que par code VBA. En effet, on cherchera à calculer les distances franchies par les usagers, mais également de déterminer si un usager part ou revient de son domicile. Cela peut être fait en calculant la position en début et en fin de transaction avec la position du domicile.

Tous ces objectifs seront réalisés à l'aide de l'éditeur de code VBA inclus dans Access.

#### 4.4.1 Distances et durées

Pour effectuer le calcul des distances entre deux positionnements GPS, la formule « Haversine » est employée, ce qui permet de calculer la distance orthodromique (la plus petite distance entre deux points sur une sphère). L'hypothèse employée est que la Terre est parfaitement sphérique (on ignore l'effet ellipsoïdal de la Terre), ce qui est grandement suffisant pour l'ordre de grandeur du territoire couvert par notre analyse.

$$D = R * \arccos(\sin(lat1) * \sin(lat2) + \cos(lat1) * \cos(lat2) * \cos(long1 - long2))$$

*D : étant la distance entre deux coordonnées (en latitudes et longitudes) en kilomètres*

*R : étant le rayon de la Terre (6371 km)*

*Lat1 : étant la latitude de la coordonnée de la position de début*

*Lat2 : étant la latitude de la coordonnée de la position de fin*

*Long1 : Étant la longitude de la coordonnée de la position de début*

*Long2 : Étant la longitude de la coordonnée de la position de fin*

Afin d'accommoder la formule et pouvoir l'utiliser dans le VBA de ACCESS (fonctions non supportées), des changements à la formule originale ont dû être apportés.

$$D = R * \arctan(\sqrt{(1 - X^2)}/X)$$

$$X = \left[ \sin\left(\frac{lat1 * 180}{\pi}\right) * \sin\left(\frac{lat2 * 180}{\pi}\right) + \cos\left(\frac{lat1 * 180}{\pi}\right) * \cos\left(\frac{lat2 * 180}{\pi}\right) * \cos\left(\frac{lat2 * 180}{\pi} - \frac{long1 * 180}{\pi}\right) \right]$$

Tout d'abord, le VBA de ACCESS ne prend pas en charge la fonction arcCos, alors on a dû utiliser son équivalence avec la fonction arcTan. Également, il a fallu changer les valeurs des latitudes et longitudes de valeurs en degré en valeurs en radian.

La totalité du code source VBA permettant d'effectuer les calculs décrits est présentée à l'ANNEXE C.

L'avantage de calculer une distance et une durée entre deux enregistrements permet de découper la transaction comme voulu. On peut agréger tous les temps et distances par transaction, déplacements, arrêts etc. Ce découpage sera effectué à la section 4.4.2.

Pour ce qui est du calcul des durées, le calcul effectué à l'aide de la programmation VBA est plus simple que celui des distances. En effet, on compare l'heure et la date entre deux points qui se suivent dans le temps et on effectue la différence entre la date la plus jeune et la date la plus vieille. Le résultat, c'est-à-dire la durée entre deux points, est attribué au point GPS le plus ancien. Cette distinction est importante, car au nombre de changements de statut des traces GPS, il faut associer le bon temps au bon statut.

#### **4.4.2 Déplacements et arrêts**

Afin de faire le découpage d'une transaction, une étude approfondie du comportement du système lors d'événements pendant le trajet du conducteur doit être faite (génération des statuts du véhicule). Tout d'abord, on devra s'assurer que la transaction enregistrée par le système engendre un déplacement réel. Il est à noter qu'une transaction peut être générée même si aucun déplacement physique n'est effectué. Pour y arriver, on devra définir les « bornes » de la transaction en définissant un début et une fin à la transaction, conditionnel à un déplacement lors de l'analyse des traces GPS. Par la suite, on devra déterminer les moments d'arrêts de l'utilisateur. Pour finir, on pourra découper la transaction en déplacements et temps d'arrêts (ANNEXE D).

#### 4.4.2.1 Règles du système

L'étude des traces GPS a permis de déterminer les règles suivantes.

- Une transaction est considérée [*en cours*], lorsque la transaction [*début*] et jusqu'à ce qu'elle atteigne le statut de [*fin*].
- Une transaction [*début*] lorsque :
  - Le statut de l'IdGPS actuel de la transaction est [*Réservé – Roule*] et que l'IdGPS précédent n'est pas considéré comme [*en cours*] ou
  - Le statut de l'IdGPS actuel est [*Réservé – 1<sup>er</sup> Menu Go*] et le statut de l'IdGPS précédent n'est pas [*Réservé – 1<sup>er</sup> Menu Go*] et l'IdGPS précédent n'est pas une transaction [*en cours*] avec une [*fin*].
- Une transaction prend [*fin*] lorsque :
  - L'IdTransaction de l'IdGPS suivant n'est pas égal à l'IdTransaction de l'IdGPS actuel (la prochaine ligne comprend l'information de la transaction suivante).

Donc, une fois avoir établi les règles du système, on les convertit en programmation VBA pour que chaque transaction obtienne une valeur binaire (vrai/faux) pour le statut [*Début Transaction*], [*TransactionEnCours*] et [*Fin Transaction*] comme démontré à la Figure 4.13 : Extrait de la table *Table\_Export\_Analyse\_Automobile*.

IdAutomobi	IDCommune	Vehicule	État	Début Trans	Transaction	Fin Transact
	72553	JTDKDTB33D1542635	Réservé - Roule	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	72553	JTDKDTB33D1542635	Réservé - Roule	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	72553	JTDKDTB33D1542635	Réservé - Ecran Fin/Pause	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	72553	JTDKDTB33D1542635	Réservé - Ecran Fin/Pause	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	72553	JTDKDTB33D1542635	Réservé - Ecran Fin/Pause	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	12547	JTDKDTB35D1542295	Réservé - Attente client	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	12547	JTDKDTB35D1542295	Réservé - Attente client	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	65809	JTDKDTB33D1540366	Authentification	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	65809	JTDKDTB33D1540366	Réservé - 1er Menu GO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	65809	JTDKDTB33D1540366	Réservé - Roule	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	65809	JTDKDTB33D1540366	Réservé - Roule	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	65809	JTDKDTB33D1540366	Réservé - Roule	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figure 4.13 : Extrait de la table *Table\_Export\_Analyse\_Automobile*

De cette façon, on élimine les transactions "bidons" (seulement une réservation de 10 minutes) et on trace les bornes de la transaction pour les analyses suivantes. Des 20 908 transactions

réellement effectuées par des clients de Communauto, 18 633 contiennent un statut [*Début*]. Plus tard, un autre filtre se fera au niveau de la distance parcourue par l'abonné.

#### 4.4.2.2 Arrêts

Tout d'abord, on va chercher à identifier les arrêts à l'intérieur des bornes de la transaction. Une fois les arrêts déterminés, on pourra décortiquer la transaction en déplacements et moment d'arrêts. Une particularité du système est que la transmission des données de géolocalisation du système prend fin à l'intérieur d'une transaction lorsque l'utilisateur demande le statut de pause au système et délaisse le véhicule pour une certaine durée. Grâce à cette particularité, la détection des moments d'arrêts pourra être effectuée. La règle suivante est instaurée :

- Si la durée pour un statut [*Réservé – Attente Retour Client*] est supérieure à 120 secondes, on considère alors que l'utilisateur est en train d'effectuer une activité suite à un déplacement.

Un algorithme a alors été conçu afin de détecter tous les moments où la durée entre deux points est supérieure à 120 secondes ainsi que le statut est égal à [*Réservé – Attente Retour Client*]. Une fois tous les moments d'arrêts détectés, un second algorithme patrouille les moments d'arrêts. Sa fonction sera d'attribuer un identifiant unique d'arrêt pour les comptabiliser. La façon dont il fonctionne est la suivante :

- Si statut [*Arrêt*] est à *oui*, on attribue un identifiant.
- On attribue le même identifiant à toutes les lignes de la transaction jusqu'à ce que le statut de la transaction revienne à [*Réservé – Roule*].
- L'identifiant d'arrêt (IdArret) est alors incrémenté de 1.
- L'algorithme recherche le prochain arrêt répertorié et effectue la même procédure, et ce jusqu'à ce qu'il atteigne la fin de la table.

L'algorithme employé sous-estime le nombre d'arrêts effectués. En effet, un abonné peut se rendre à la résidence d'un ami pour le récupérer ou aller chercher un bien personnel, mais si l'utilisateur laisse la voiture rouler, on ne peut détecter cet arrêt. Par contre, le but évident de cet algorithme est de capturer les activités principales de l'abonné et si l'attribution des statuts par le

système s'effectue adéquatement, l'algorithme utilisé est tout à fait approprié. Un regard quant à la stagnation d'un véhicule (la différence entre les points GPS d'un segment de déplacement est nulle ou très petite) aurait pu être effectué pour établir des moments d'arrêts, mais l'algorithme pourrait surestimer les moments d'arrêts par des moments où la voiture est immobilisée par le trafic par exemple.

#### 4.4.2.3 Déplacements

Une fois que les moments d'arrêt liés aux activités sont répertoriés et identifiés (IdArret), l'identification des déplacements peut être effectuée. L'algorithme employé est semblable à celui de l'identification des arrêts :

- L'algorithme attribue le 1<sup>er</sup> identifiant de déplacement (IdDéplacement) lorsqu'il rencontre le premier statut [*DébutTransaction*].
- Il continue d'attribuer cet identifiant jusqu'à ce qu'il atteigne la fin de la transaction où jusqu'à ce qu'il atteigne un moment d'arrêt.
- L'identifiant de déplacement (IdDéplacement) est alors incrémenté de 1.
- L'algorithme recherche alors le prochain statut [*DébutTransaction*] ou si dans le cas d'un arrêt, lorsque le moment d'arrêt se termine. Il attribue une valeur de 0 dans les cas où un déplacement n'est pas répertorié.

La précision du découpage des déplacements repose sur la précision du découpage des arrêts. Comme mentionné à la section 4.4.2.2, l'algorithme employé convient dans le cas où on cherche à déterminer les segments principaux d'utilisation de l'utilisateur. Une fois l'identification des arrêts et des déplacements à l'aide des procédures VBA effectuée, 25 444 déplacements uniques sont déterminés ainsi que 12 040 arrêts uniques.

### 4.5 Classification des clients

Afin d'obtenir une représentation des divers types de clients qui composent l'écosystème Communauto, une classification composée de 4 groupes a été effectuée. De plus, cette classification permettra d'obtenir des analyses plus fines et pourra observer l'interaction entre les deux services pour un même usager. La classification est composée d'une segmentation en deux

parties. La première partie (appelée le Type A) répertorie le service dans lequel la toute première utilisation chez Communauto a été effectuée. Aujourd'hui un client peut devenir membre de Communauto par le service régulier ou par le service Auto-mobile. Alors, un usager peut être désigné comme type A « AM », dans l'éventualité où la première utilisation d'un véhicule chez Communauto a été effectuée avec Auto-mobile, ou « REG », dans l'éventualité où la première utilisation d'un véhicule chez Communauto a été effectuée avec le service régulier. La seconde partie (appelée Type B), cherche à savoir si l'utilisateur « AM » ou « REG » a utilisé le système complémentaire (Auto-mobile pour les « REG » et régulier pour les « AM ») par la suite. Dans le cas où il a effectivement utilisé le second service, la désignation du second service lui sera attribuée. Dans le cas où l'utilisateur n'a fait l'objet d'utilisation que d'un seul des deux services, le type B sera extrait du type A. La figure 4.14 présente un arbre de classification des différentes possibilités de classe dont un usager de Communauto peut être identifié.

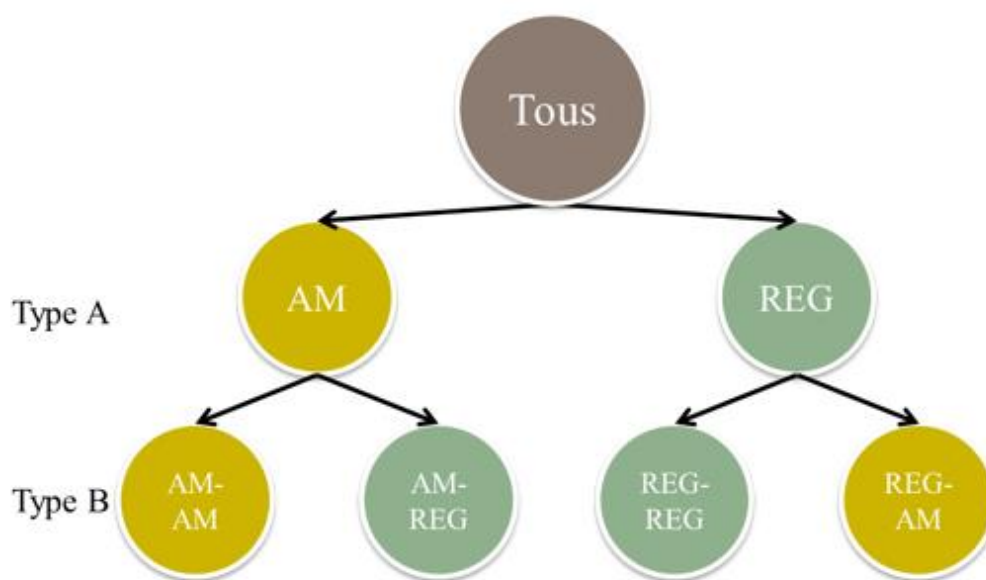


Figure 4.14 : Modèle de l'arbre de classification des clients Communauto

Le résultat de la répartition des différents types de clients à l'intérieur de cet arbre sera traité à la section 5.1.1 des résultats.

## 4.6 Résumé du traitement du système d'information

Afin de créer le système d'information pertinent aux besoins du projet, il a fallu procéder en 4 grandes étapes. Tout d'abord, il y a eu l'intégration des données où les différentes sources de données ont été intégrées dans un même système de gestion de base de données. En second lieu viennent les traitements pour le croisement des différentes sources de données. Ensuite, on vient à traiter les transactions Auto-mobile pour les découper en déplacements et ainsi répertorier les différents moments d'arrêt. Finalement, on a effectué une classification de la clientèle afin d'obtenir des analyses plus fines au niveau de la relation des deux services. La figure 4.15 présente un résumé des étapes suivies lors des traitements de ce présent chapitre.

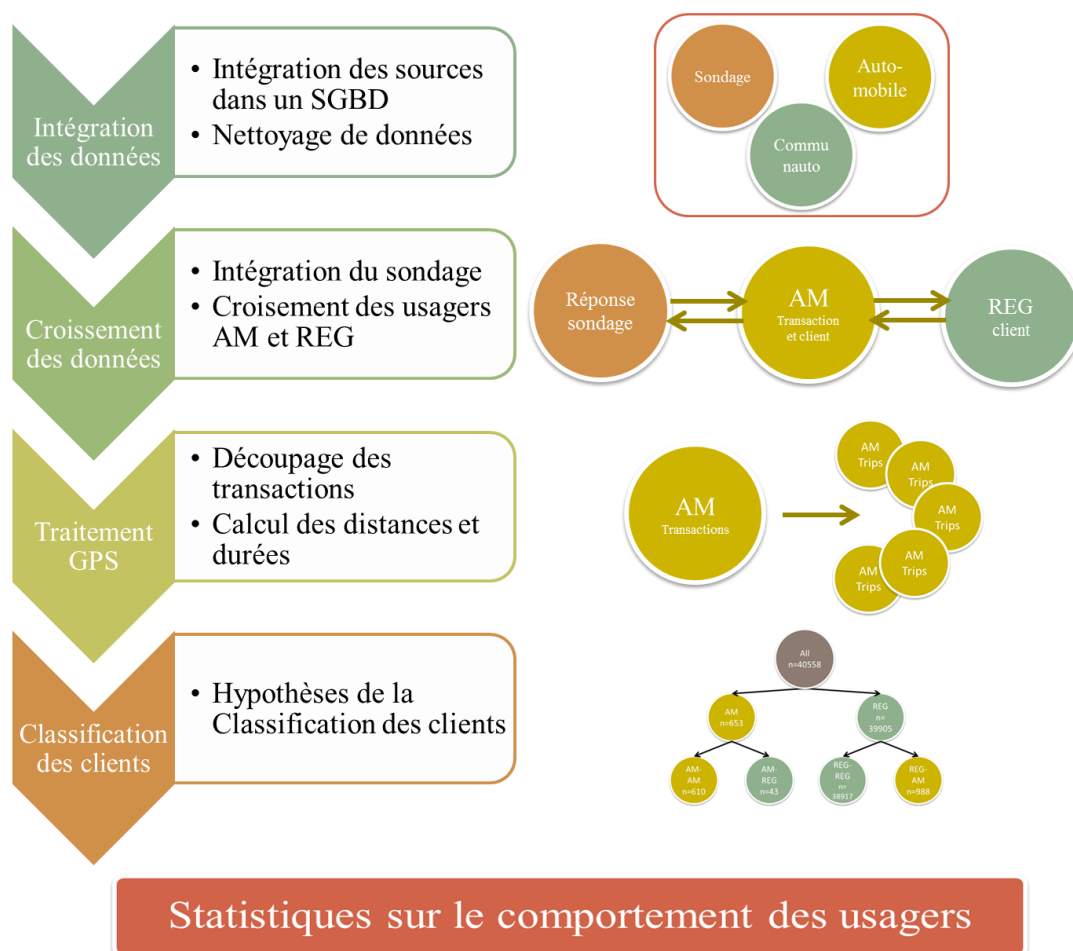


Figure 4.15 : Synthèse des étapes effectuées pour la conception des données permettant l'analyse du chapitre 5

## **CHAPITRE 5 ANALYSE DES RÉSULTATS**

Ce chapitre présente tous les résultats obtenus suite au traitement des données du chapitre précédent. Ce chapitre sera divisé en 4 sous-sections. La section 5.1 présente quelques statistiques descriptives de base des deux services de Communauto. On y présente notamment les caractéristiques des usagers (5.1.1) ainsi que des données au sujet de l'utilisation des systèmes (5.1.2). La section 5.2 regroupe l'analyse principale au niveau du système Auto-mobile. Principalement, on y traite des déplacements (5.2.2) ainsi que des moments d'arrêts (5.2.4). Ces objets seront analysés selon plusieurs facteurs, dont le sexe et le type de client. À la section 5.3, on y présente une analyse selon l'objet transaction (5.3.1) et par le fait même, on effectue un comparatif avec les données du système régulier. Finalement, la section 5.4 présente les résultats du sondage ainsi qu'une analyse selon les caractéristiques des déplacements effectués.

### **5.1 Statistiques de base sur les services de Communauto**

#### **5.1.1 Caractéristiques des usagers**

Communauto compte au total 40 558 clients administratifs actifs (qui n'ont pas fait de demandes pour se désabonner) pour son service régulier et 1759 clients pour le service Auto-mobile. La figure suivante présente la répartition du domicile des clients des deux services. Également, la figure 5.1 présente les localisations des stations du service régulier ainsi que de la zone de couverture du service Auto-mobile.

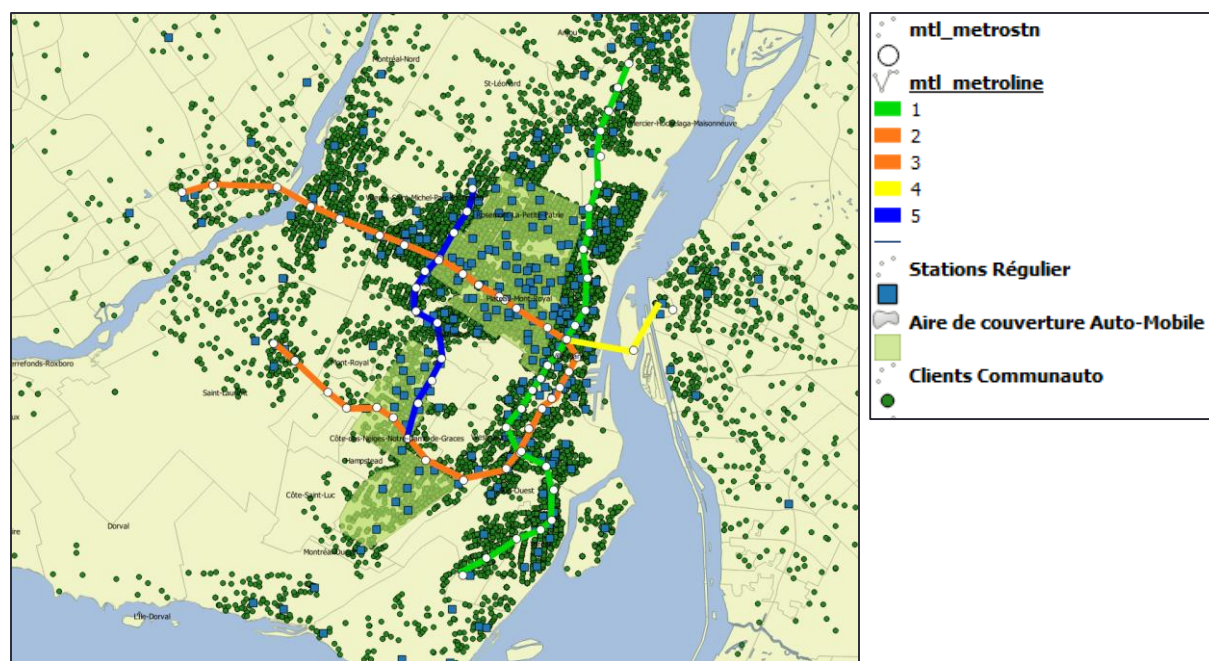


Figure 5.1 Carte de la région métropolitaine de Montréal, Domicile des abonnés (échelle 1 :85000)

On remarque que le domicile des abonnés se concentre énormément autour des stations et de la zone de couverture Auto-mobile. Également, on peut constater que même si la concentration des abonnés de Communauto est autour d'un point de service, les services de Communauto attirent une clientèle assez large de la région métropolitaine de Montréal, allant chercher des clients dans l'est et l'ouest de l'île, ainsi que sur la rive-nord et sur la rive-sud de Montréal. Pour ce qui est du service Auto-mobile, la figure 5.2 présente la répartition du domicile des clients qui ont effectué au moins une transaction avec ce service.

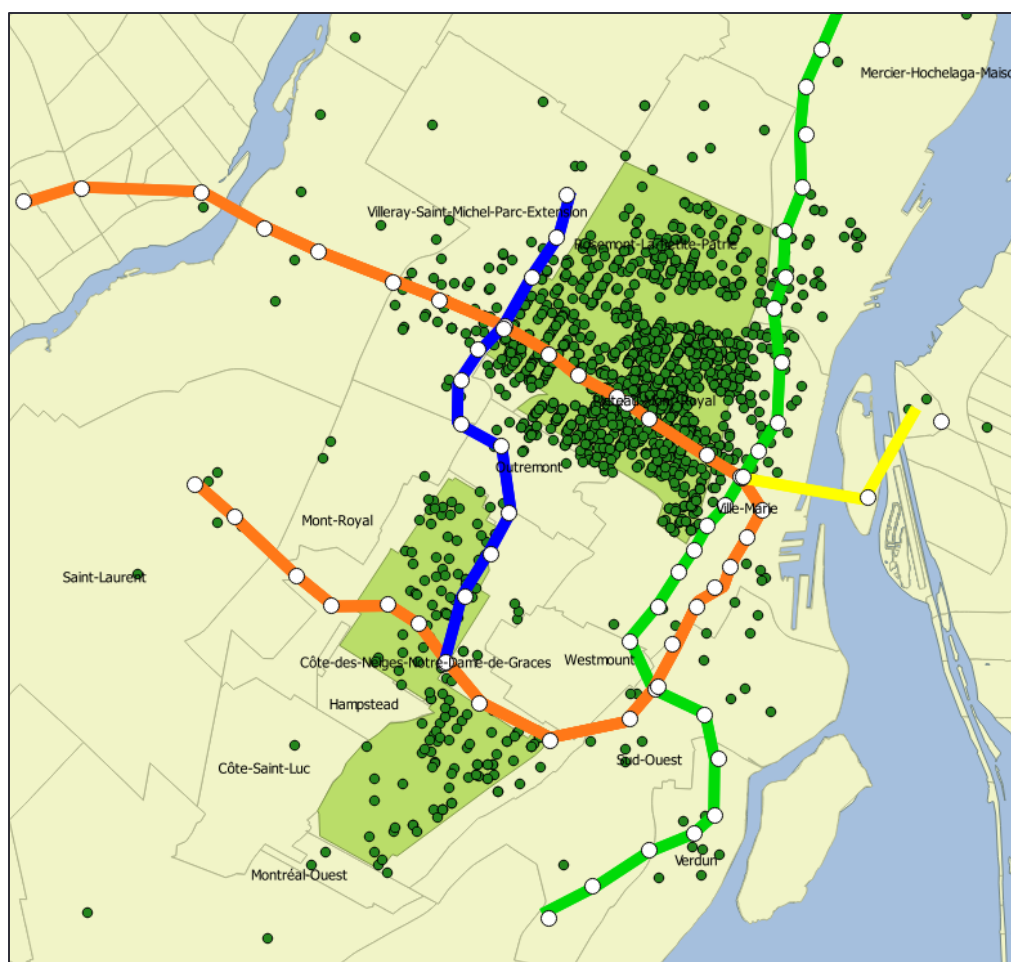


Figure 5.2: Domicile des abonnés actifs d'Auto-mobile

Pour le LSI, la concentration des clients est presque exclusive à la zone de couverture. Très peu de clients proviennent hors de la région métropolitaine. Ce sont les arrondissements du Plateau Mont-Royal, Rosemont-La-Petite-Patrie et Côte-des-Neiges-Notre-Dame-de-Grâce qui composent essentiellement la zone de couverture. Ces arrondissements possèdent respectivement 52%, 22% et 9% de la clientèle, ce qui représente à eux seuls 83% des abonnés. Bref, le facteur de proximité de la zone d'utilisation du service semble jouer un rôle très important dans l'acquisition de clients.

Quant à la distribution des usagers selon le service, la Figure 5.3 présente une pyramide des âges selon le sexe et le service utilisé. Un abonné est représenté dans une distribution s'il a minimalement effectué un déplacement dans ledit service pour la période d'étude.

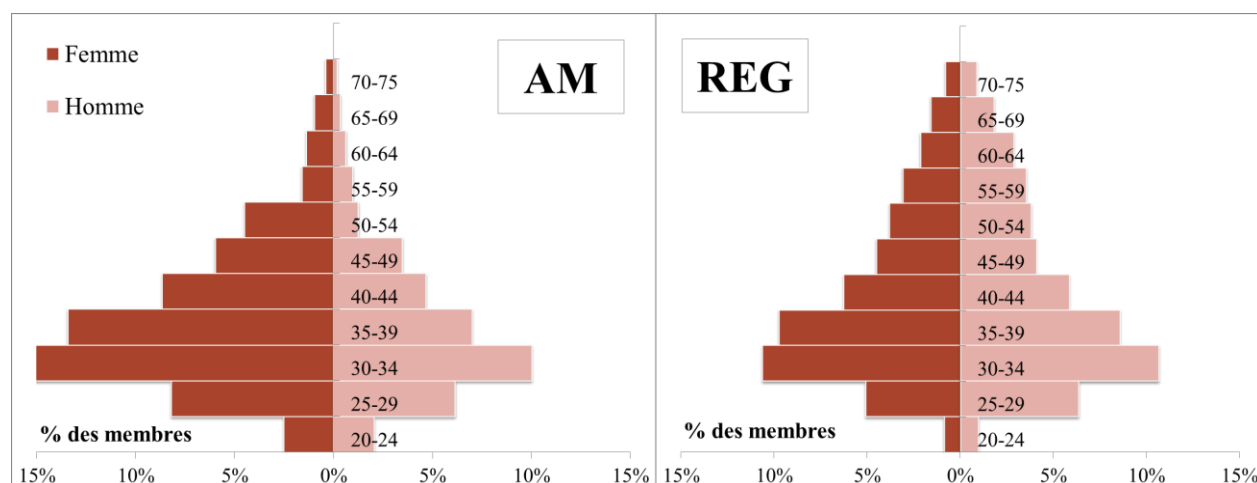


Figure 5.3: Distribution de l'âge et du sexe des usagers des services Communauto

Tandis que le service régulier est composé presque à parts égales entre les hommes et les femmes avec une proportion de 49/51, le service Auto-mobile se distingue par sa prépondérance de membres féminins avec une proportion atteignant 63% des usagers AM. Également, les usagers AM sont légèrement plus jeunes. En effet, on observe pour le service REG une proportion de membres dans les intervalles d'âge 25 à 49 ans atteignant 71,1% des membres, tandis que pour le service AM, 73,8% des membres ont entre 25 et 44 ans. L'âge moyen pour le LSI et le REG est de  $37,6 \pm 9,7$  ans et  $41,4 \pm 12,3$  ans tandis que la médiane se situe à 35 et 38 ans respectivement.

À titre de comparaison, les distributions de la population de la ville de Montréal, ainsi que des trois arrondissements les plus importants dans la couverture du service, sont présentées à la figure 5.4.

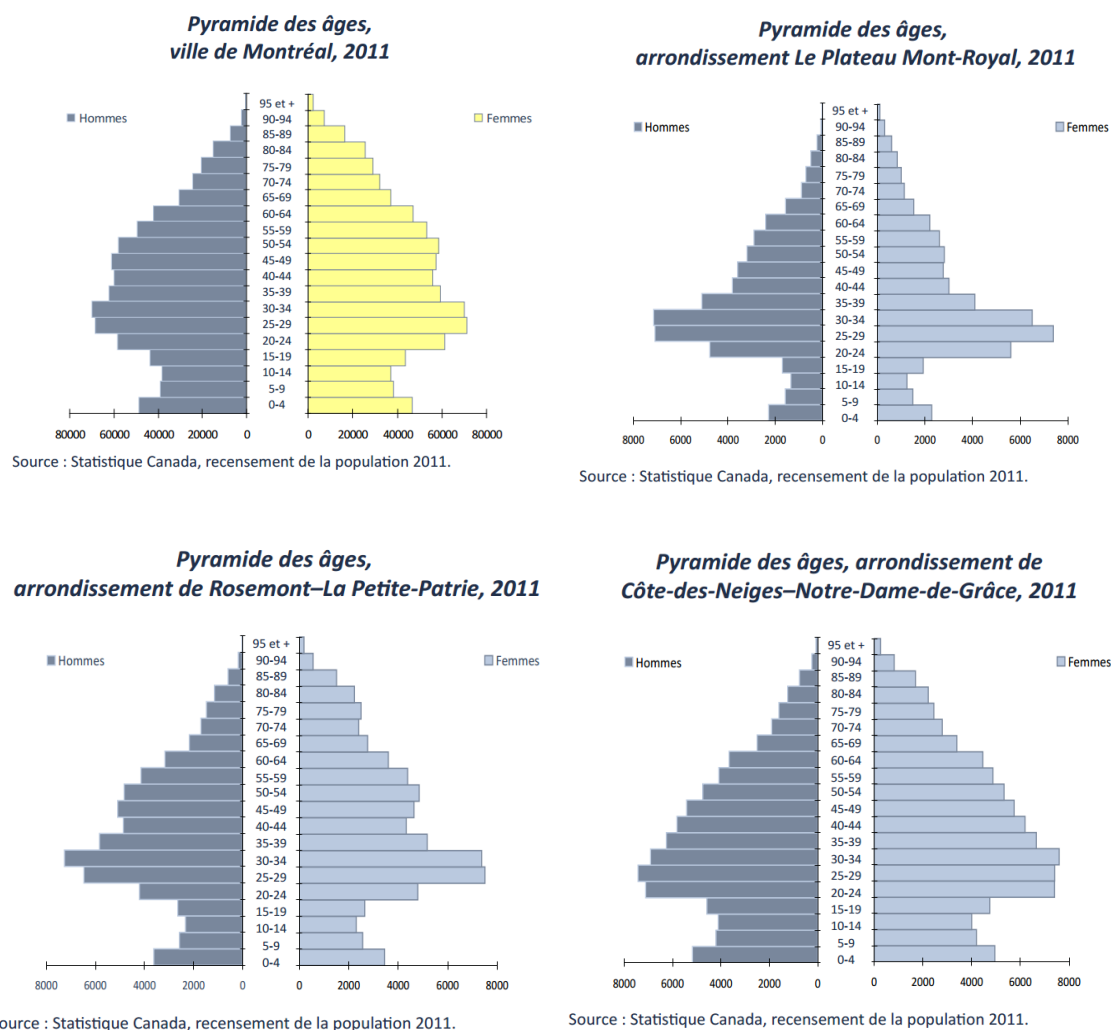


Figure 5.4 : Distribution de l'âge et du sexe des populations de la ville de Montréal et des arrondissements du Le Plateau Mont-Royal, Rosemont-La Petite-Patrie et Côte-des-Neiges-Notre-Dame-de-Grâces (2011, Statistique Canada)<sup>12</sup>

Les distributions des populations présentées représentent bien les abonnés des services Communauto, du moins à ce qui a trait à l'âge. En effet, le Plateau Mont-Royal (lieu de résidence de la majorité des abonnés) présente une répartition assez similaire au niveau de l'âge que les usagers Auto-moblie, ayant une prépondérance au niveau des classes d'âge 25-29 ans et 30-34 ans.

<sup>12</sup> [http://ville.montreal.qc.ca/portal/page?\\_pageid=6897,67855597&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://ville.montreal.qc.ca/portal/page?_pageid=6897,67855597&_dad=portal&_schema=PORTAL)

Pour ce qui est du sexe, les distributions des populations sont assez symétriques quant à la répartition des hommes et des femmes, faisant contraste à la répartition du sexe chez les abonnés Auto-mobile.

Pour ce qui est du type de la clientèle, la figure 5.5 représente les résultats de la méthodologie employée en 4.5 afin de classer les abonnés de Communauto.

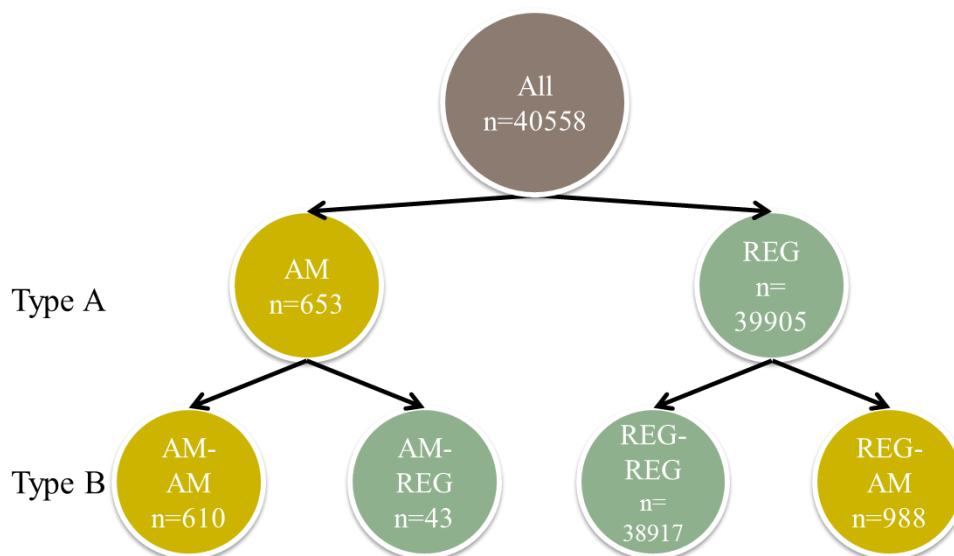


Figure 5.5: Arbre de classification des types d'utilisateurs de Communauto

Tel que constaté sur la figure 5.5, la distribution des 4 classes est plutôt inégale:

- il y a 38 917 abonnés de type REG-REG (c'est-à-dire qu'ils ont exclusivement utilisé le service régulier sans jamais utiliser Auto-mobile);
- il y a 610 membres de type AM-AM (c'est-à-dire qu'ils ont exclusivement utilisé le service Auto-mobile sans jamais utiliser l'autopartage en station);
- il y a 988 membres de type REG-AM (c'est-à-dire qu'ils ont effectué leur premier déplacement avec le service régulier et puis ont utilisé par après Auto-mobile au moins à une reprise);
- il y a 43 membres de type AM-REG (c'est-à-dire qu'ils ont effectué leur premier déplacement avec Auto-mobile et puis ont utilisé par après le service régulier au moins à une reprise).

Les deux dernières catégories sont intéressantes puisqu'elles pourront démontrer s'il y a une différence ou non de comportement entre les deux services selon chaque usager.

### 5.1.2 Utilisation

Pour ce qui est de l'utilisation des deux services, la figure 5.6 présente le nombre de réservations complétées du service régulier ainsi que les transactions complétées pour le service AM, et ce pour toutes les semaines allant du 1<sup>er</sup> janvier 2013 au 28 février 2014. Les indicateurs reliés à la réservation et la transaction ne sont pas complètement équivalents entre eux, mais représentent une demande d'utilisation du service. C'est dans cette optique que l'on doit comparer les deux services.

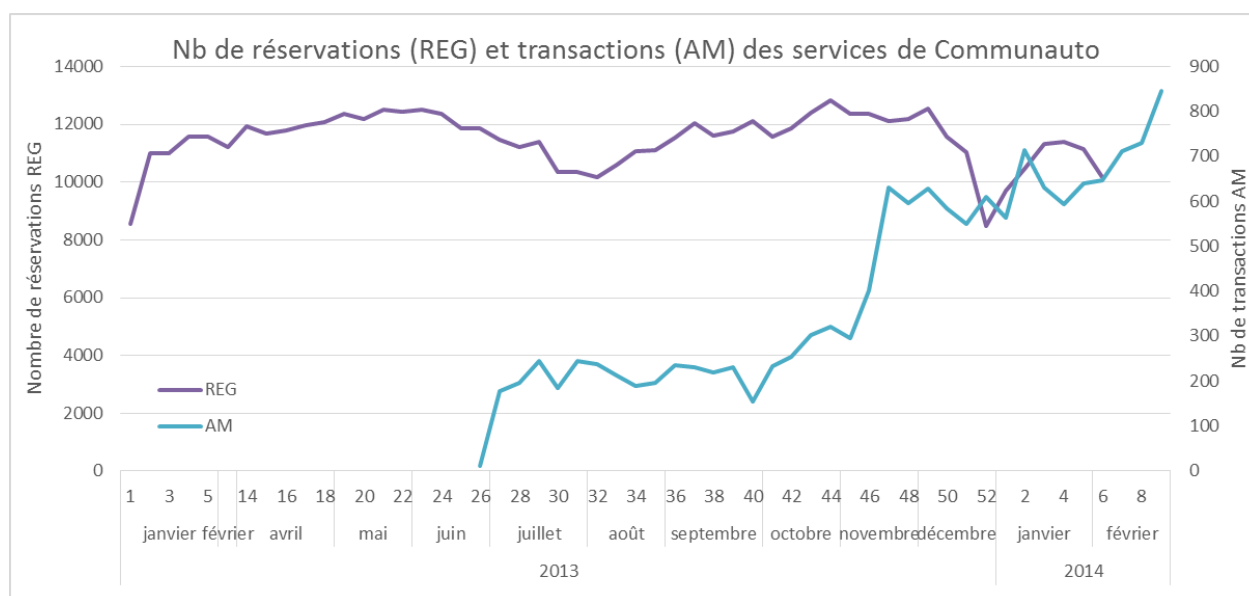


Figure 5.6 : Représentation temporelle des demandes d'utilisation complétées pour chacun des services

La distribution des réservations du service régulier est assez uniforme dans le temps. On présente une moyenne hebdomadaire de 11 469 réservations pour le service régulier. Une légère baisse est remarquée au niveau de la période estivale (juillet-août) ainsi que durant le temps des fêtes (décembre-janvier). Le service est en place depuis plusieurs années, il n'est donc pas surprenant d'observer une distribution de la sorte. Pour ce qui est du service Auto-mobile, la distribution est totalement différente dû à l'expansion du service. Pour la période de lancement du service (semaines 27 à 45), la moyenne d'utilisation hebdomadaire du service s'élève à 230 transactions. Lors de l'expansion en novembre, ce nombre augmente sans cesse. Pour les semaines 47 à 9, une forte demande évaluée à 645 transactions par semaine est observée. Dans la section

5.2.1, on évalue l'effet de l'ajout de véhicules dans le service sur la demande. De plus, depuis la mi-janvier (semaine 4), on observe une augmentation hebdomadaire moyenne de la demande de l'ordre de 7,45%.

## **5.2 Caractéristiques des déplacements Auto-mobile**

Cette section présente les résultats destinés uniquement à l'utilisation faite avec le service Auto-mobile. Tout d'abord, quelques statistiques et ratios seront démontrés selon le nombre de véhicules, le nombre d'utilisateurs et le nombre de transactions effectuées (5.2.1). Ensuite, une analyse au niveau de la distance ainsi que de la durée des déplacements (5.2.2) sera effectuée, puis on s'intéressera aux moments d'utilisation du service (5.2.3). Puis, on il sera question des temps d'activités (arrêts) des utilisateurs (5.2.4) et pour finir on évaluera les possibilités d'utilisation en traces directes dans le système (5.2.5).

### **5.2.1 Statistiques du service Auto-mobile**

Étant un tout nouveau service, Auto-mobile était en constante évolution lors de la période d'étude. La disponibilité des véhicules étant un facteur important à la satisfaction de la demande, la section 5.2.1 évalue l'utilisation des véhicules AM ainsi que leur impact sur la demande. La figure 5.7 présente l'importance du parc automobile selon le type de véhicule (hybride (Toyota Prius) et électrique (Nissan Leaf)) ainsi que la distance parcourue selon le type de l'automobile. Le compte du nombre de véhicules disponibles provient du dénombrement de véhicules différents à l'intérieur des tables de transactions. Donc, si un véhicule n'est pas utilisé pendant une semaine précise, il n'apparaît pas dans le compte. Cette non-utilisation peut venir d'une activité de maintenance ou de la simple non utilisation d'un véhicule.

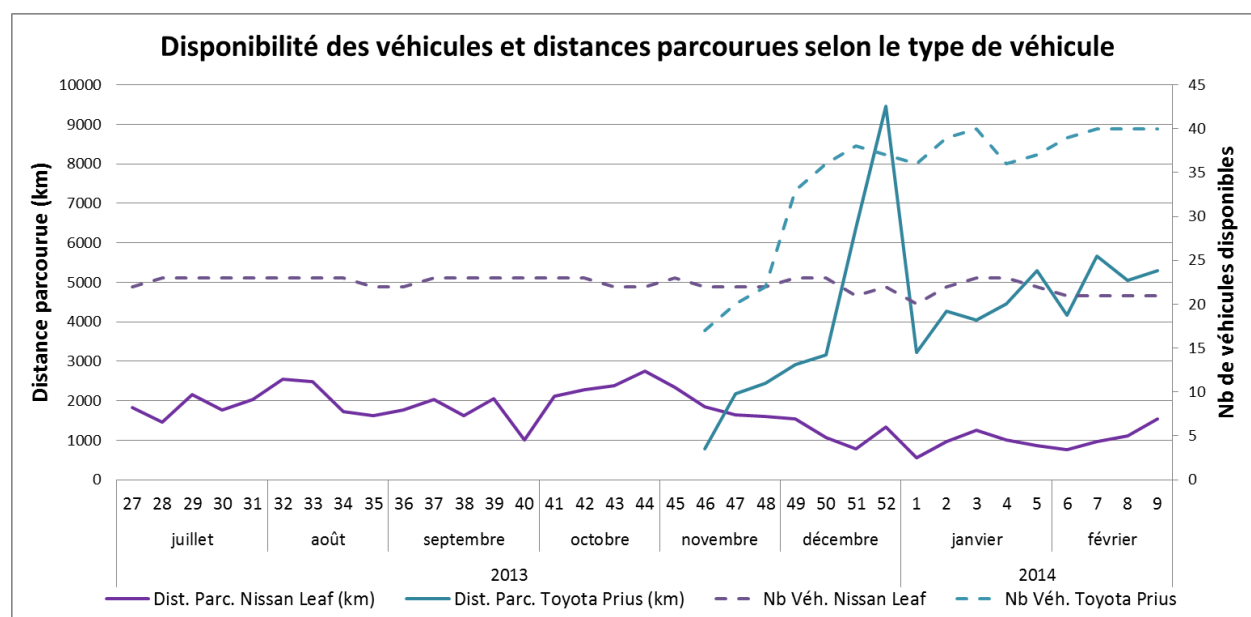


Figure 5.7 : Parc automobile mise à la disposition des usagers LSI ainsi que la distance parcourue au total par type de véhicule

Le parc initial de véhicules était tout d'abord composé de voitures de type « Nissan Leaf ». On en dénombrait 23 au total pour l'arrondissement du Plateau Mont-Royal. Ces voitures sont de type électrique à 100%. Lors de l'expansion en novembre 2013, 41 voitures de type « Toyota Prius-C » étaient mises à la disposition des usagers, en plus des 23 précédentes. En plus de l'ajout de véhicules, la zone de couverture a également fait l'objet d'une expansion. Ces voitures ne sont pas 100% électriques comme les voitures initiales, mais elles sont du type hybride, ce qui signifie qu'elles consomment de l'essence et/ou de l'électricité, dépendamment de l'usage que l'utilisateur en fait. Au total, c'est donc à 64 voitures que les utilisateurs ont accès. La distance totale parcourue par type de véhicule est directement proportionnelle au parc automobile. Par contre, on remarque qu'à la suite de l'ajout de véhicules en novembre, la distance hebdomadaire moyenne parcourue par les voitures Nissan Leaf chute de 1998 km/semaine en moyenne (semaines 27 à 45) à 1173 km/semaine en moyenne (semaines 46 à 9). Également, lors du temps des fêtes (semaines 51 à 52), la distance totale parcourue pour les autos hybrides subit une augmentation de 199%, tandis que celle des autos électriques n'augmente que de 24%. Les usagers ont donc utilisé les véhicules hybrides pour leurs longs déplacements. Ceci est tout à fait normal, puisque les véhicules hybrides possèdent une autonomie plus élevée que les voitures électriques. Quant à la durée d'utilisation des

véhicules, cette dernière est fortement corrélée avec la distance parcourue. Sans compter les semaines 51, 52 et 1, la durée hebdomadaire moyenne est de 277 heures/sem pour l'ensemble du parc automobile. Pour ce qui est de l'utilisation du parc automobile, la figure 5.8 présente l'interaction entre le nombre d'utilisateurs, de véhicules et de déplacements.

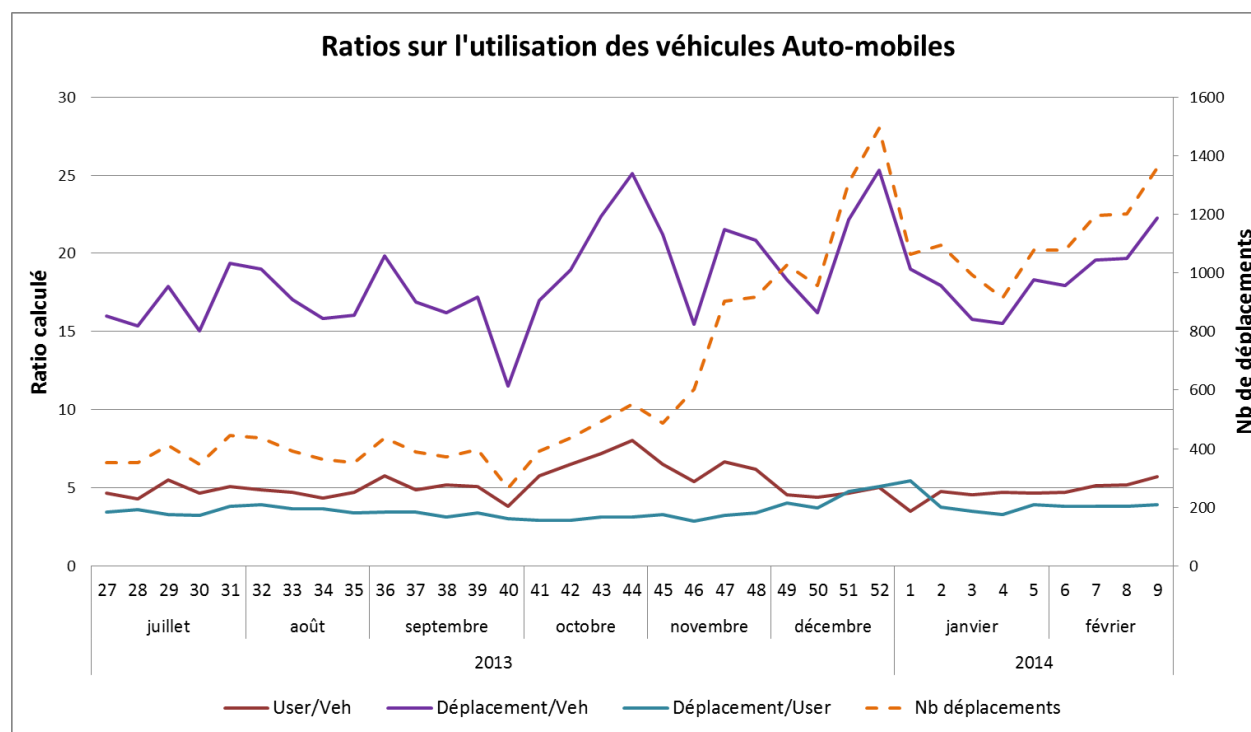


Figure 5.8 : Rapports entre le nombre d'utilisateurs, d'utilisateurs et de déplacements pour le service Auto-mobile (User/Veh = Nb d'utilisateurs par véhicule en moyenne; Déplacement/Veh = Nb de déplacements par véhicule en moyenne; Déplacement/user = Nombre de déplacements effectués en moyenne par usager)

Les ratios calculés à la figure précédente permettent d'obtenir des indicateurs quant au taux d'utilisation des voitures, du taux d'utilisation des usagers et le taux de saturation des véhicules. Pour ce qui est de la croissance quant au nombre de déplacements générés par le système, cette dernière est principalement expliquée par l'expansion de la zone de couverture ainsi que du parc automobile. En effet, on remarque que le nombre de déplacements à la semaine 9 a augmenté de 178% comparativement à la semaine 45, période juste avant le déploiement de nouveaux véhicules. Par contre, on observe également une augmentation quant au nombre de déplacements par véhicule (+ 3,57%), malgré une augmentation du parc automobile, ainsi qu'au niveau du nombre de

déplacements/usager (+ 7,89%), si l'on compare les deux périodes (1<sup>ère</sup> : Semaines 27 à 45, 2<sup>e</sup> : Semaines 46 à 9). La période du temps des fêtes (semaines 51 à 1) a été exclue, car elle crée une distorsion quant à la demande réelle. Ces deux indicateurs sont étroitement reliés, car une augmentation du nombre de déplacements par usager aura un impact positif sur le nombre de déplacements des véhicules, mais n'implique pas nécessairement une augmentation du ratio de déplacements par véhicule. On constate donc que les usagers ont passé la période d'essai du système (et donc d'apprentissage pour les usagers) et commencent peu à peu à intégrer Automobile dans leurs besoins de déplacements quotidiens. Le tableau 5.1 présente un résumé des ratios moyens et médians selon la période observée. Pour ce qui est du nombre d'usagers par véhicule (indicateur de saturation des véhicules), on semble observer la stabilisation de ce rapport suite à l'expansion du système. En fait, c'est davantage la période précédant l'expansion du système qui atteint le taux le plus élevé, soit à 8,0 usagers par véhicule. L'ajout de nouveaux véhicules a su ramener ce rapport à un niveau d'environ 5 usagers par véhicule.

Tableau 5.1 : Moyenne et médiane selon la période d'étude de différents ratios AM

Période	\Ratios Métrique\	Usagers/Veh	Déplacements/Veh	Déplacements/User
Semaines 27 à 9	Médiane	4,87	17,97	3,46
	Moyenne	5,17	18,39	3,60
Semaines 27 à 45	Médiane	5,09	17,04	3,38
	Moyenne	5,34	17,78	3,35
Semaines 46 à 9	Médiane	4,75	18,65	3,82
	Moyenne	4,98	19,12	3,89
Semaines 46 à 9	Médiane	4,77	18,29	3,77
Sans 51-52-1	Moyenne	5,12	18,42	3,62

Quant à la voiture elle-même, son taux d'utilisation moyen par jour est présenté au tableau 5.2. Pour chacun des véhicules, la période de disponibilité du véhicule a été calculée (dernière entrée moins première entrée dans le système) pour ensuite sortir la durée d'utilisation totale par véhicule afin de déterminer son utilisation journalière théorique. Cette analyse omet plusieurs facteurs tels la mise hors circulation des véhicules pour fin de maintenance. Par conséquent, les

valeurs sont sous-évaluées. Également, les taux présentés représentent le temps journalier où un véhicule est facturé pour un usager, que ce dernier l'utilise activement ou pas.

Tableau 5.2: Utilisation journalière selon le type de véhicule AM

Taux d'utilisation moyen en minutes/jour		
	Leaf	Prius
Moyenne	36,7	57,7
Médiane	37,3	58,9
Minimum	25,9	25,9
Maximum	47,0	94,2

On observe que les véhicules sont en moyenne utilisés à 2,55% et 4,00% de leur capacité journalière, pour les véhicules électriques et hybrides respectivement. Ce taux provient de la somme des temps d'utilisation totale par rapport à la durée de mise en circulation du véhicule. Ces résultats montrent que ces véhicules sont majoritairement statiques lors d'une journée d'opération. La différence du taux d'utilisation entre les deux types de véhicules peut être expliquée par de nombreux facteurs, dont la répartition géographique des véhicules, la maintenance des véhicules, le niveau d'autonomie du véhicule ou l'appréhension de l'autonomie maximale des véhicules électriques par les usagers. Les données présentées ne permettent pas de conclure à ce sujet.

### 5.2.2 Distances et durées des déplacements

La section 5.2.2 présente les résultats du service AM au niveau des distances et durées parcourues. La métrique utilisée dans la section est le déplacement principalement, car cette métrique est plutôt générique, tandis que les transactions sont propres au système Auto-mobile lui-même, limitant ainsi les interprétations et comparaisons. La prochaine figure 5.9, présente la distance moyenne des déplacements AM effectués selon le type d'usager au moment d'effectuer son déplacement.

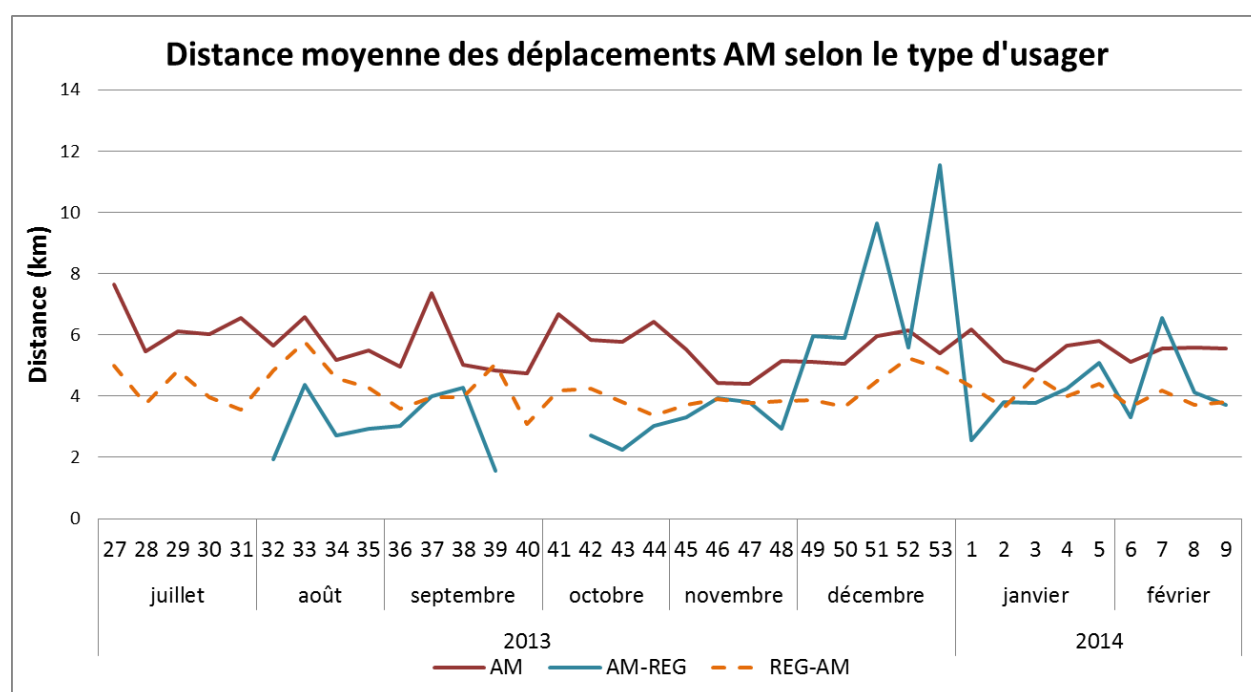


Figure 5.9 : Distance (km) moyenne parcourue selon le type d’usager Auto-mobile

Les déplacements AM sont effectués principalement selon une distance parcourue comprise entre 2 et 8 km en moyenne pour les semaines ne prenant pas en compte le temps des fêtes. Dès la mi-décembre, la distance parcourue augmente de façon significative et ce jusqu’à la fin du mois. En moyenne pour les semaines 51 à 53, la distance moyenne monte à 7,5 km, 9,1 km et 5,7 km pour les groupes AM, AM-REG et REG-AM. Ceci démontre que les usagers emploient tout de même Auto-mobile pour effectuer des trajets de longues distances, même si la tarification de base est moins avantageuse, pour de longs trajets, que le service régulier. Pour les mêmes groupes, la moyenne de distance pour la période excluant les semaines 51 à 53 se chiffre respectivement à 6,8 km, 4,2 km et 4,1 km.

Outre la période des fêtes, les abonnés de type AM-REG et REG-AM utilisant également le service régulier, parcourent des distances plus courtes (4,2 km et 4,1 km) que les usagers utilisant exclusivement AM (6,8 km). Ceci peut être expliqué par deux facteurs. Les usagers peuvent alors utiliser plus efficacement le service AM, laissant les trajets de plus longues distances au service régulier. Ou bien, un certain facteur d’apprentissage peut être mis en compte pour les nouveaux usagers d’Auto-mobile, expliquant des distances d’utilisation plus longues. Par contre, si l’on observe les distances parcourues aux semaines 27 à 31 (inauguration du système), les utilisateurs

de l'autopartage en station effectuent déjà des distances plus courtes (4,2 km vs 6,4 km) que ceux n'ayant jamais pris part à un service d'autopartage. Ceci n'est pas surprenant, car selon (Leclerc et al., 2013), les utilisateurs de l'autopartage régulier tentent de maximiser l'utilisation de leur voiture le plus possible. Pour ce qui est de la distribution des distances selon le type d'usager, la figure 5.10 présente les différentes distributions.

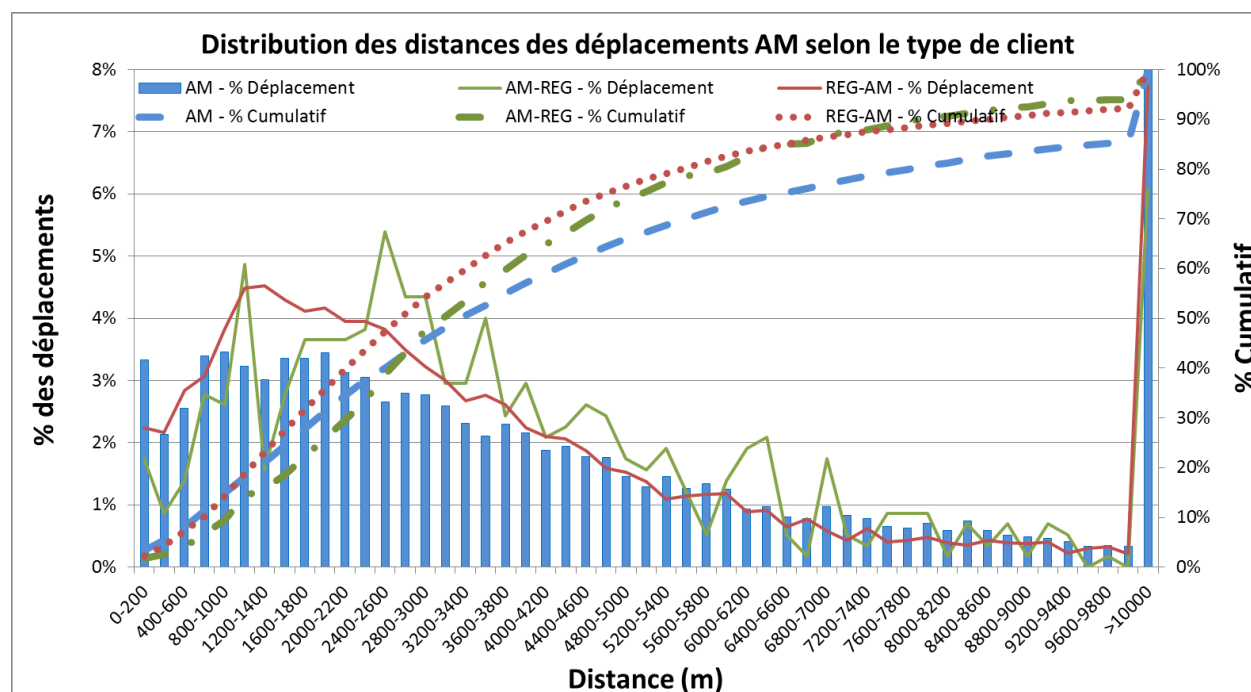


Figure 5.10 : Distribution des distances des déplacements AM selon le type de client

On remarque à la figure 5.10 que les distributions sont asymétriques vers la droite. La concentration des déplacements de faibles distances est supérieure pour les usagers AM-REG et REG-AM que ceux AM. En effet, les déplacements sous 4 km représentent respectivement 62,8%, 67,5% et 57,2% des déplacements répertoriés. Une plus grande variabilité est observée pour les usagers AM-REG dû au faible nombre de déplacements répertoriés (575 déplacements pour 24 995 au total).

Pour ce qui est des distances observées selon le sexe des usagers, la figure 5.11 présente les distances moyennes selon le moment de la période d'étude et la figure 5.12 y présente les distributions.

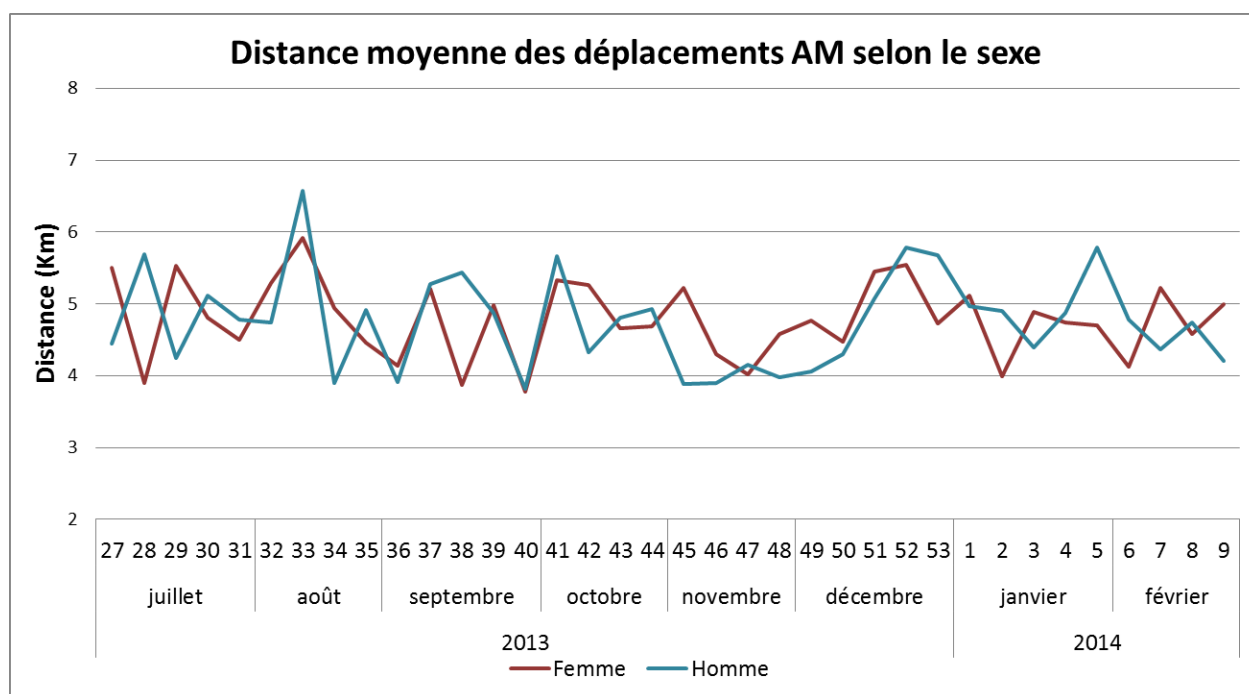


Figure 5.11: Distance (km) moyenne parcourue selon le sexe de l'utilisateur

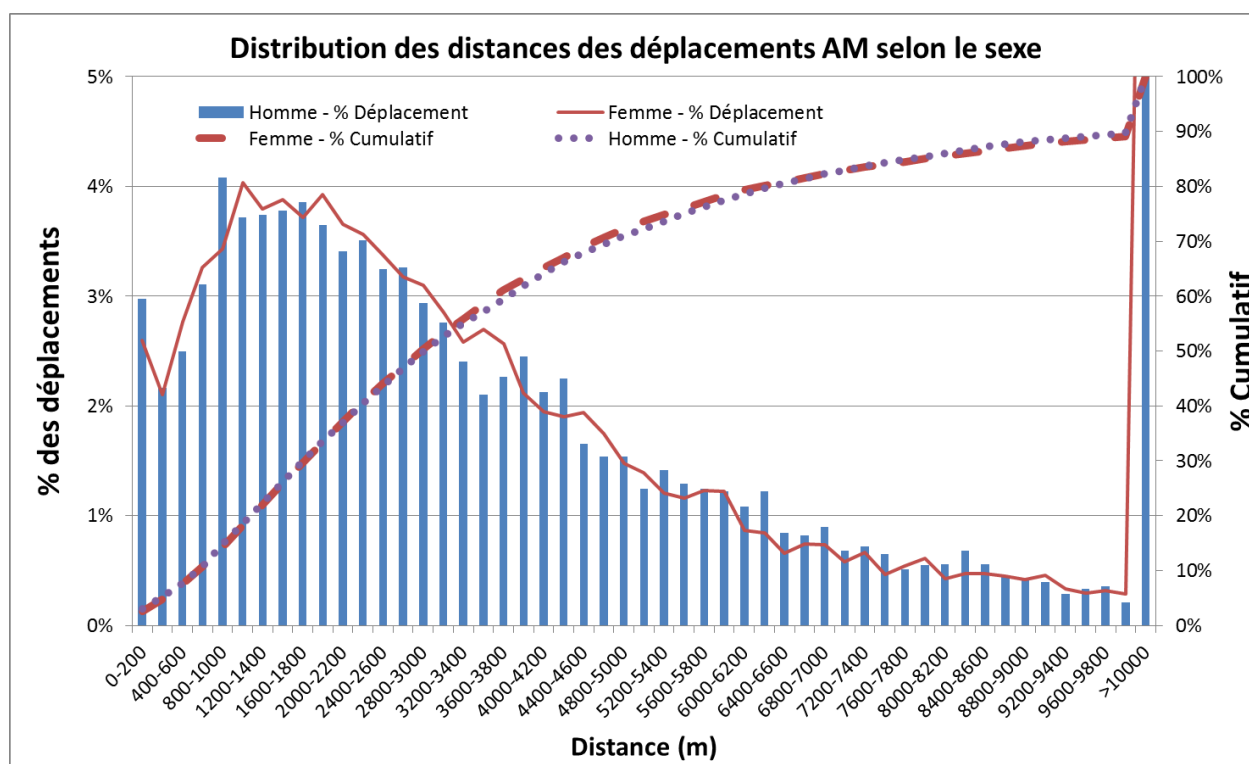


Figure 5.12 : Distribution des distances des déplacements AM

Tout d'abord, on remarque une meilleure parité au niveau des distances entre les deux sexes que celle observée au niveau des types d'utilisateur. En effet, la distance moyenne et médiane est de 4,7 km / 3,0 km pour les hommes et est de 4,8 km / 3,2 km pour les femmes. Également, pour ce qui est des deux distributions présentées à la figure 5.12, elles sont très semblables. Pour la période des fêtes (51 à 53), on observe une augmentation pour les deux sexes avec une moyenne de 5,5 km chez les hommes (+34,8%) et 5,4 km chez les femmes (+21,6%) par rapport aux semaines du mois de novembre (après l'expansion).

En ce qui concerne les temps de déplacement, on a répertorié les durées selon le type d'utilisateur ainsi que selon le sexe des individus, tout comme au niveau des distances parcourues. Les durées moyennes selon le type d'utilisateur ainsi que leurs distributions sont présentées aux figures 5.13 et 5.14 suivantes.

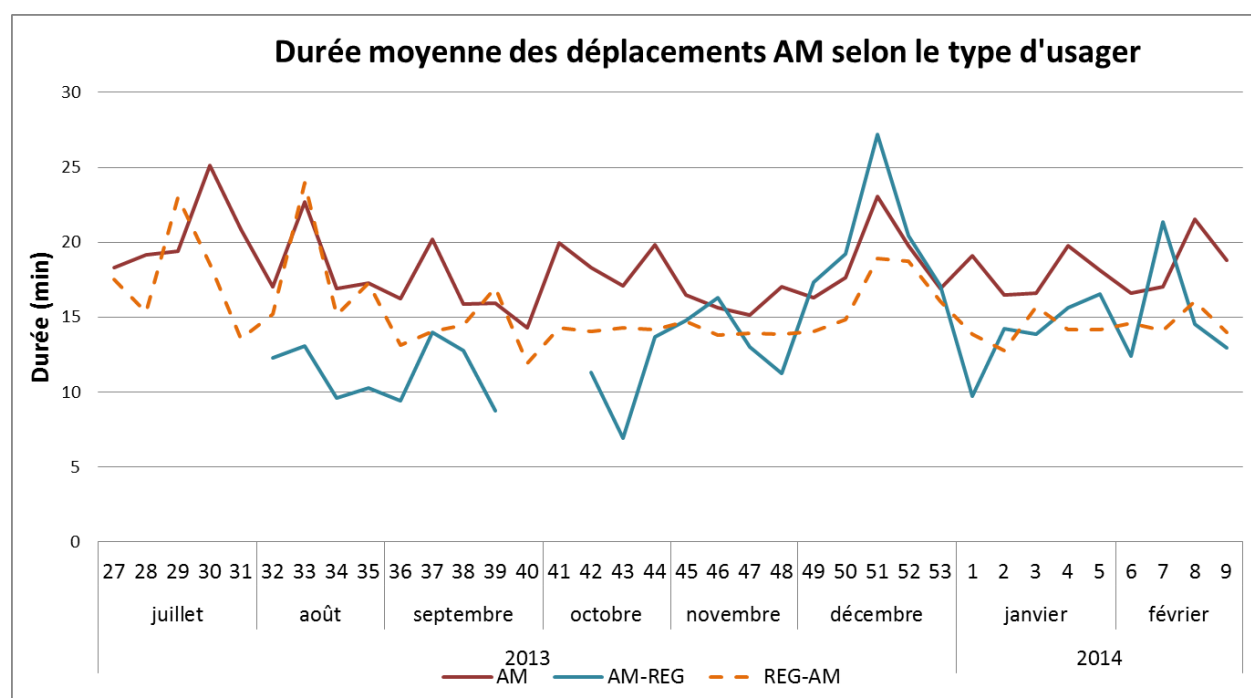


Figure 5.13: Durée (min) moyenne des déplacements selon le type d'utilisateur Auto-mobilité

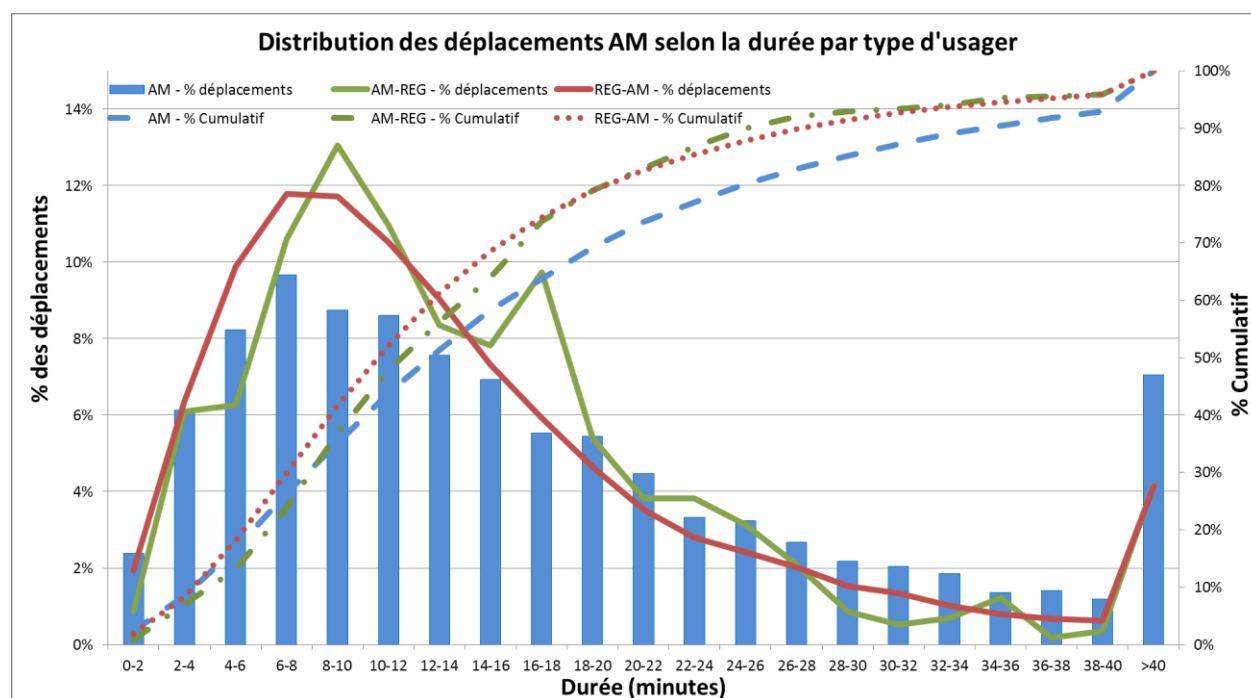


Figure 5.14: Distribution des déplacements AM selon la durée d'utilisation

De façon cohérente, la durée des déplacements devrait être proportionnelle à la distance parcourue. Les résultats recueillis à la figure 5.13 présente des valeurs qui sont en lien avec les distances déterminées plus haut. En effet, les durées des déplacements pour les abonnés de type AM sont plus élevées avec une moyenne de 18,3 minutes et une valeur médiane de 13,7 min. Pour leur part, les usagers AM-REG et REG-AM obtiennent des moyennes de 15,1 min/15,4 min et des médianes respectives de 12,4 min/11,6 min. Tout comme pour les déplacements, on observe une augmentation des durées durant la période des fêtes. Pour les semaines 51 à 53, les durées moyennes montent à 21,0 min, 23,0 min et 18,4 min pour les usagers de type AM, AM-REG et REG-AM. Cela représente des augmentations de 14,9%, 52,6% et 19,6%. Dû à leur plus faible nombre, il est clair que quelques valeurs extrêmes pour les usagers AM-REG ont fait en sorte d'augmenter considérablement leur moyenne. Sans les périodes 51 à 53, la moyennes des durées pour chaque type est de 17,9 min, 14,6 min et 14,9 min, soit légèrement plus faible que celles reportées pour la durée entière de la période d'analyse.

Du côté des durées observées selon le sexe de l'abonné, les figures 5.15 et 5.16 présentent les moyennes des durées employées par semaine et les distributions cumulatives des durées.

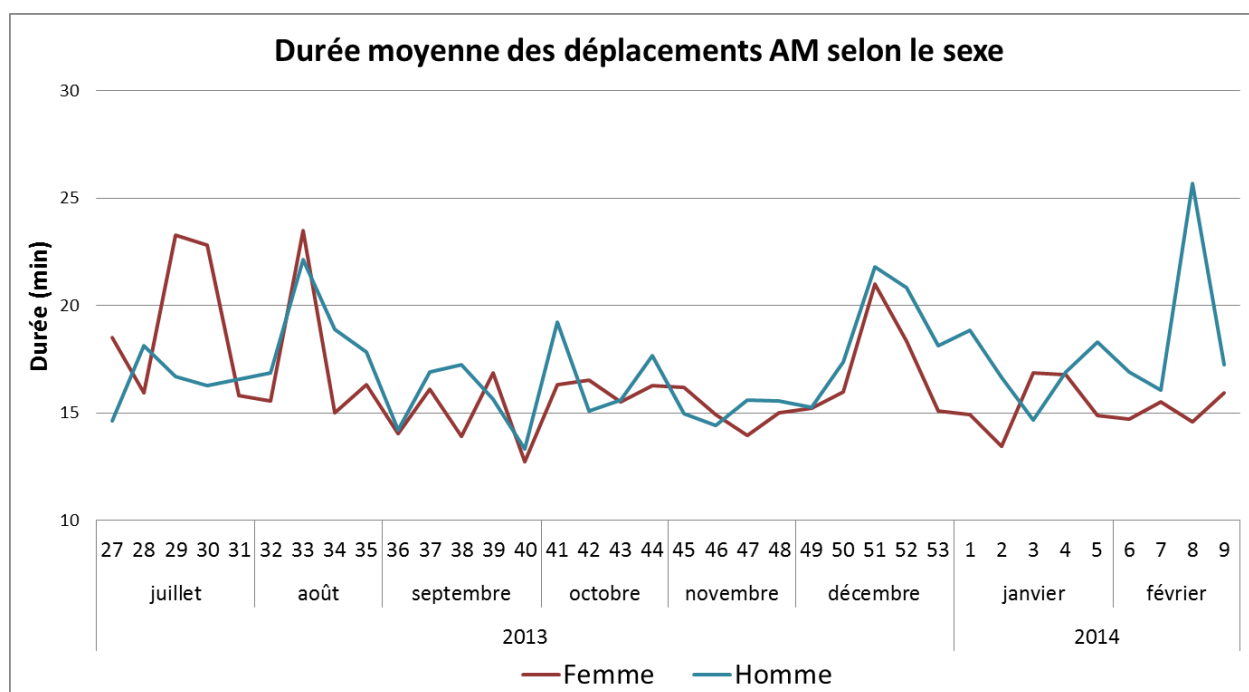


Figure 5.15 : Durée (min) moyenne des déplacements selon le sexe des individus

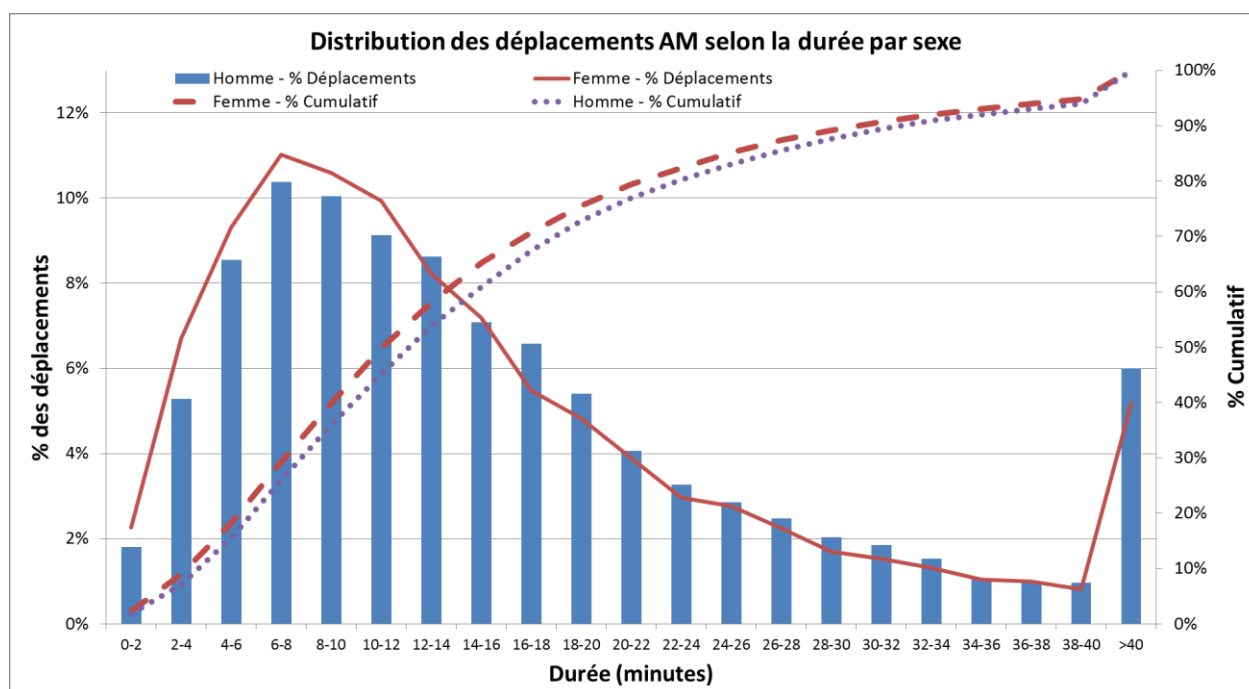


Figure 5.16: Distribution des déplacements AM selon la durée d'utilisation par genre de l'abonné

Au niveau de la durée des déplacements, les hommes montrent des durées légèrement plus élevées que les femmes avec une moyenne de 17,6 min, à comparer à 16,3 min pour les femmes.

Les valeurs médianes se situent à 13,1 min et à 11,8 min respectivement. De ce fait, les hommes obtiennent une distribution légèrement moins asymétrique vers la droite que les femmes, mais tout de même, les deux distributions présentent de fortes similitudes. Une pointe au niveau de la durée des hommes à la semaine 8 est observée. Cette pointe est causée par deux valeurs extrêmes. Sans ces valeurs, la moyenne tombe à 16,3 min, en lien avec les valeurs historiques. Au niveau des semaines 51 à 53, les moyennes augmentent à 19,1 min (femmes) et 20,8 min (hommes), tandis que sans ces 3 semaines, les moyennes sont à 15,8 min et 17,1 min respectivement, soit une demi-minute par déplacement en moins.

On peut donc conclure qu'au niveau des distances de déplacement, la disparité se situe davantage entre les types d'utilisateurs qu'au niveau du genre de l'individu. On observe une distance moyenne supérieure pour les utilisateurs AM par rapport aux utilisateurs REG de l'ordre de +61,9%, tandis qu'entre les hommes et les femmes, l'écart est négligeable. Cette constatation est également vraie pour la durée des déplacements, quoiqu'au niveau des durées observées chez les hommes, l'écart est légèrement plus grand qu'au niveau des distances parcourues. La différence entre les durées AM et REG est de +20,9% tandis que pour le genre, les hommes obtiennent des durées de déplacement supérieures de +8,2%.

### **5.2.3 Moments d'utilisation**

La figure 5.17 suivante présente les moments d'utilisation du système selon le jour de la semaine et l'heure. Dans cette figure, on y répertorie tous les départs de déplacements pour toute la période d'étude.

Heure ▾	dimanche	lundi	mardi	mercredi	jeudi	vendredi	samedi
0	81	29	29	39	37	63	58
1	76	20	11	33	13	23	56
2	26	2	5	6	4	5	24
3	20	6	6	11	1	8	17
4	17	3	1	8	11	11	14
5	2	6	4	5	8	11	4
6	11	11	13	23	22	31	40
7	53	125	119	153	129	107	66
8	167	168	167	166	180	176	123
9	175	173	154	177	176	202	307
10	275	154	175	140	158	233	467
11	357	252	151	152	161	208	477
12	440	231	195	232	204	229	435
13	392	199	159	179	164	206	451
14	398	165	174	148	203	269	444
15	358	190	188	207	220	251	429
16	319	251	268	234	241	274	290
17	205	254	345	264	295	344	267
18	239	275	247	161	271	322	241
19	158	189	168	161	203	244	200
20	127	142	123	133	152	194	150
21	105	117	142	126	128	157	102
22	83	71	90	106	96	80	94
23	63	57	36	66	69	63	95

Figure 5.17 : Carte thermique de la distribution des déplacements AM selon le jour de la semaine et l'heure au moment de l'utilisation

Cette figure montre que la concentration des déplacements se fait surtout au milieu de la journée en fin de semaine de 10 à 17 heures, tandis qu'en semaine, la période de pointe se situe en fin d'après-midi entre 15 et 20 heures. On peut observer que cette période de pointe apparaît plus tôt le vendredi, avec un fort usage dès midi. Au total, 8998 déplacements (36,2%) ont été effectués au courant de la fin de semaine, 66,7% de ces déplacements ont été faits à l'intérieur de l'heure de pointe de la fin de semaine (6004 déplacements). Pour ce qui est de la semaine, 15 847 déplacements (63,8%) sont comptabilisés et de ceux-ci, 6811 sont engendrés entre 15 et 20 heures (43,0%). Au total, les déplacements de fin de semaine représentent 36,2% de tous les déplacements effectués par les usagers du service Auto-mobile. Également, les trois types de client présentent sensiblement les mêmes habitudes au niveau du moment de la journée où ils effectuent leurs déplacements, aucune différence significative n'était observée. La figure suivante 5.18 présente un

cycle complet de 24 heures en mettant en évidence les nombre de déplacements moyens par jour de semaine selon le temps de la semaine.

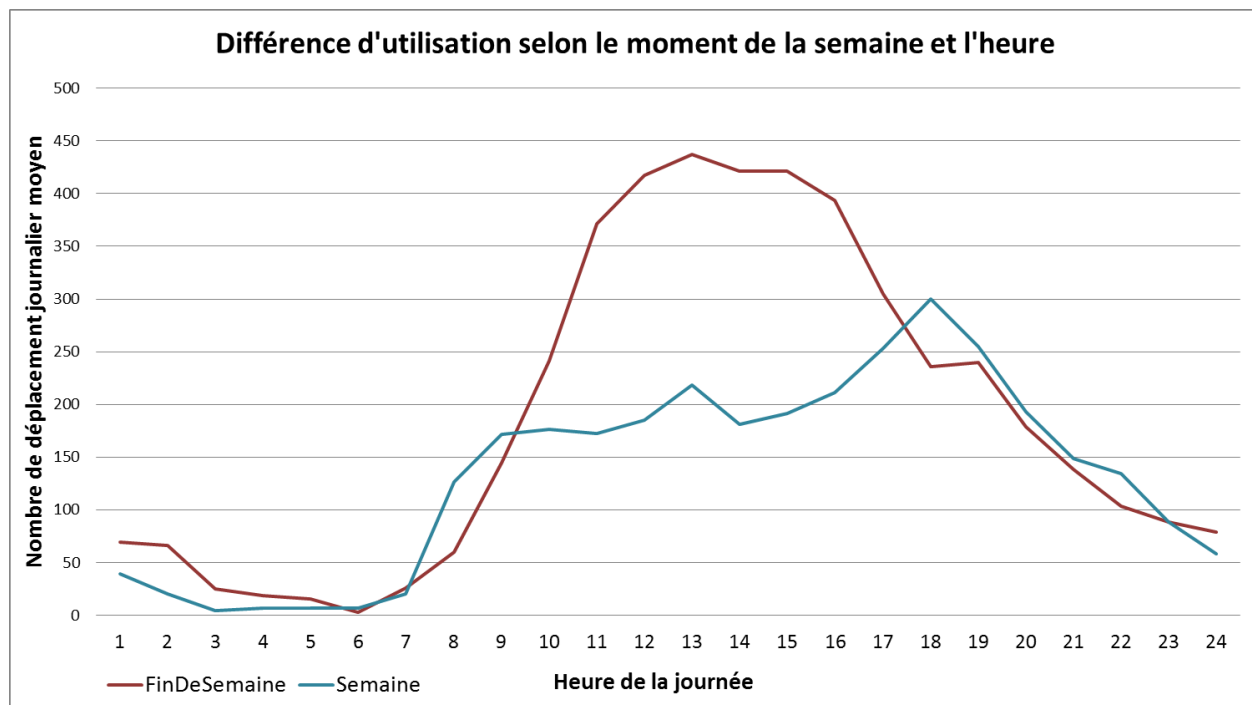


Figure 5.18: Cycle diurne des déplacements moyens journaliers du service AM

La figure 5.18 regroupe tous les déplacements recensés lors de la période d'étude, ramenés selon le jour de la semaine où ils sont exécutés pour ensuite effectuer une moyenne arithmétique afin de présenter une valeur journalière selon si un déplacement est exécuté en semaine ou fin de semaine. Plus précisément, on remarque les pointes d'utilisation du système, comme présenté à la figure précédente. On peut mieux distinguer les 2 pointes d'utilisation de la semaine, soit le midi de 11h00 à 13h00 (18,4% de la journée) et la pointe la plus forte en soirée de 17h00 à 19h00 (23,6% de la journée). À titre comparatif, la figure 5.19 présente les données transactionnelles d'un opérateur de LSI allemand selon l'heure de la journée et le moment de la semaine.

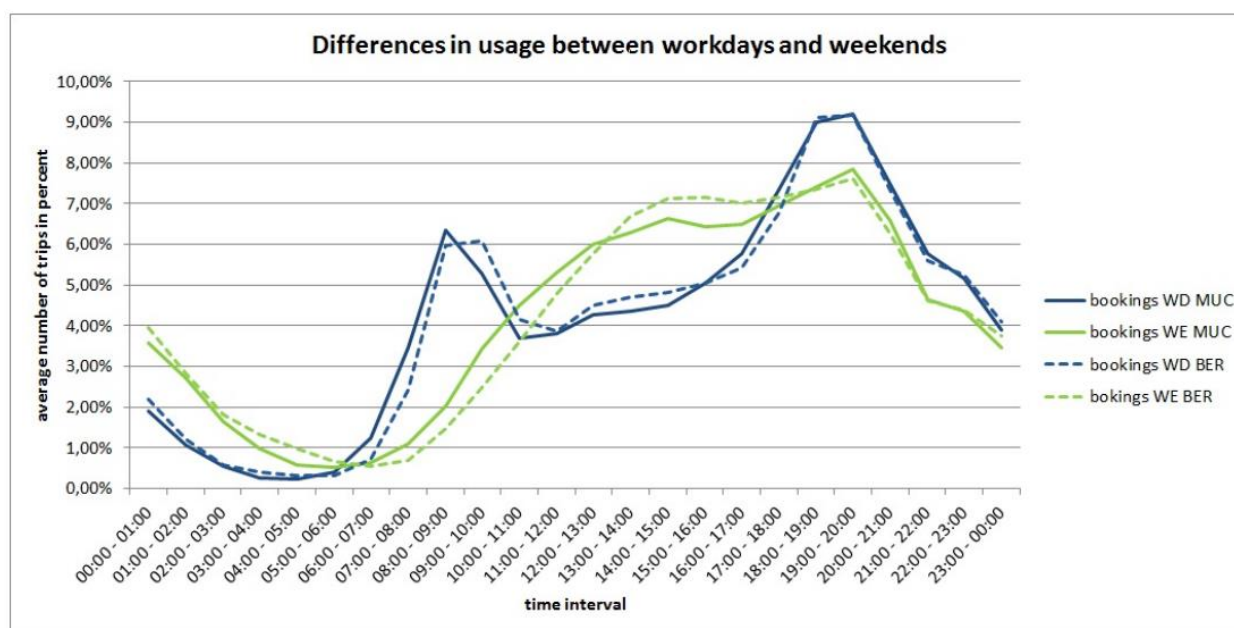


Figure 5.19 : Figure tirée d'une étude similaire portant sur deux villes importantes d'Allemagne (Schmöller et al., 2013)

Rapidement, on remarque beaucoup de similitudes entre le comportement de l'opérateur allemand et montréalais. Les déplacements effectués en fin de semaine sont surtout concentrés en milieu de journée, sans pointe particulière, tandis que la semaine on observe davantage une utilisation hors des heures normales de bureau. Par contre, on observe une pointe forte en début de journée la semaine, contrairement à Auto-mobile, ce qui laisse présager l'utilisation du service pour des déplacements liés au travail. Afin d'évacuer l'effet de nouveauté, il serait intéressant de refaire cette analyse une fois que le système Auto-mobile sera bien implanté et qu'il ait fait ses preuves auprès de la population pour voir l'utilisation du service en régime permanent, surtout en semaine.

### 5.2.3.1 Impacts météo

Auto-mobile permet à ses utilisateurs un confort accru quant à la protection qu'apporte une voiture sur les conditions climatiques, que d'autres modes n'offrent pas. Nous nous sommes intéressés à savoir si les précipitations (sous forme de neige ou de pluie) affectent à la hausse la popularité du service. Selon les données météo recensées par Environnement Canada, on a comparé la moyenne du nombre de déplacements par jour les jours sans précipitation aux journées où des précipitations ont été enregistrées. Les résultats du test de Student pour deux moyennes

indépendantes sont présentés à l'ANNEXE E. Selon les résultats du test statistique, aucune différence statistique significative n'est répertoriée. La limitation principale de ce test est que les données de précipitation fournies sont sur une base journalière et non sur une base horaire. Des précipitations sur seulement une faible partie de la journée sont comptabilisées pour tous les déplacements de la journée. De ce fait, un second test a été effectué pour comparer les journées où l'on observe au moins 5 mm et 10 mm de précipitation, sous forme de pluie ou de neige, qui ont été comptabilisées. Encore une fois, aucun écart significatif n'a été trouvé. Afin de conclure plus précisément sur la question, des données selon une base horaire permettraient d'avoir un portrait plus précis sur la question. À titre comparatif, l'étude de (Schmöller et al., 2013) compare le nombre de transactions effectuées selon le temps de la journée et les conditions climatiques. Le tableau est tiré de cette étude et présente les résultats selon deux périodes, soit de 14h00 à 17h00 et de 17h00 à 20h00.

Tableau 5.3 : Nombre de transactions normalisées à Munich lors de diverses conditions climatiques d'un système de LSI (Schmöller et al., 2013)

Average normalized number of bookings		5 p.m. - 8 p.m.		
		no precipitation	precipitation	average
2 p.m. - 5 p.m.	no precipitation	0.419	0.429	0.420
	precipitation	0.455	0.487	0.474
	average	0.422	0.463	0.429

Selon l'auteur, il existe une différence significative entre les périodes où il y a présence de précipitations et les périodes où il a absence. On observe que le nombre de transactions effectuées est plus élevé lorsque les précipitations se font dans l'après-midi, ce qui affecte l'utilisation du système pour le reste de la journée. Cette application de données météo sur une base horaire démontre bien les possibilités d'analyses futures.

## 5.2.4 Lieux et temps d'activités

Cette section présente une analyse quant à la position géographique des déplacements ainsi que des activités principales et secondaires des usagers. Les visualisations géographiques ont été réalisées avec l'aide d'un logiciel de système d'information géographique, QGIS.

Tout d'abord, la représentation spatiale des origines de déplacements AM à l'intérieur des arrondissements Rosemont-La-Petite-Patrie et Plateau-Mont-Royal est montrée à la figure 5.20. Ces deux arrondissements ont été sélectionnés, car ils représentent la plus grande majorité des déplacements du service AM. Pour y arriver, le territoire a été séparé en cellules de 250 x 250 mètres et tous les départs des déplacements y sont dénombrés de la période d'étude.



Figure 5.20: Carte de densité de l'origine des déplacements AM selon une grille de 250m par 250m

On remarque que les déplacements se concentrent principalement au niveau du milieu de la journée et que ceux-ci se font de la partie sud de la zone de service, soit la section de la zone de couverture qui est la plus rapprochée du centre-ville de Montréal. Les usagers exploitent alors au maximum les possibilités que le système leur offre.

En termes d'activités, la figure suivante présente la représentation spatiale des arrêts effectués par les usagers dans la région métropolitaine. Chaque point noir de la carte représente un arrêt effectué par un usager. Cet arrêt peut être autant une activité principale ou secondaire, mais représente un point d'intérêt dans la chaîne de déplacement de l'abonné.

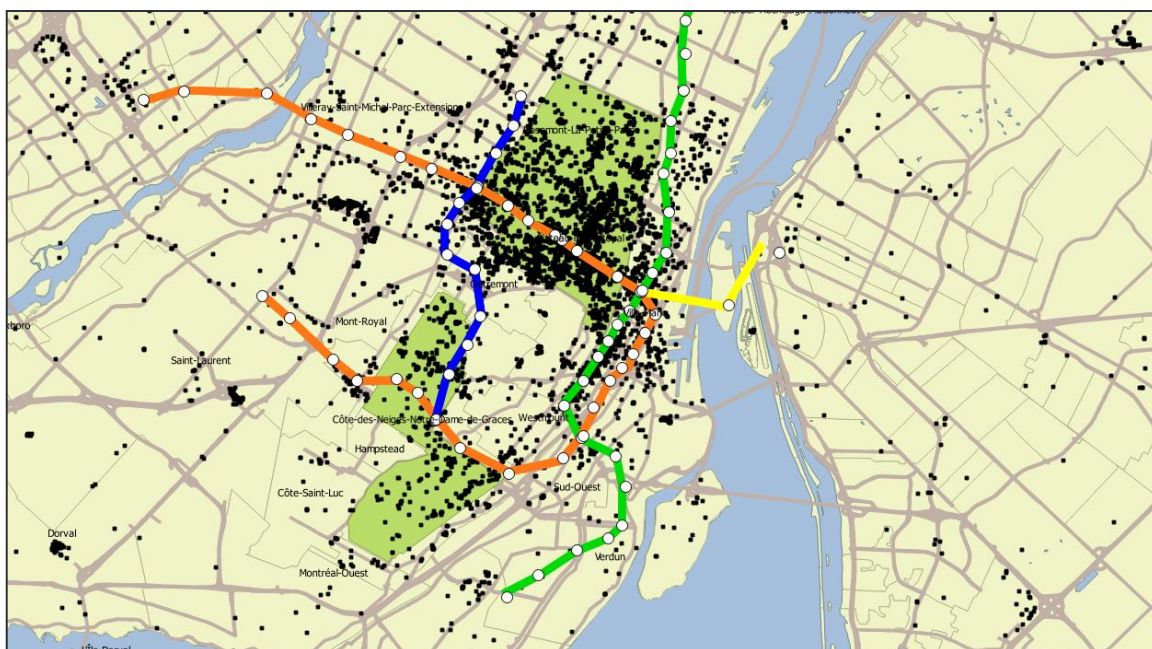


Figure 5.21 : Représentation spatiale des arrêts effectués – Auto-mobile

Sans surprise, une bonne proportion des arrêts se retrouve dans la zone de couverture du service avec 45,6% de tous les arrêts. Au total, 12 040 arrêts ont été répertoriés. De ce nombre, 4779 proviennent de la zone de couverture composée du Plateau Mont-Royal ainsi que de Rosemont-Petite-Patrie (39,7%), tandis que la zone composant CDN-NDG, recueille 710 activités effectuées (5,9%). On peut également observer sur la carte plusieurs points d'intérêts. Ces points d'intérêts sont répertoriés à la figure 5.22.

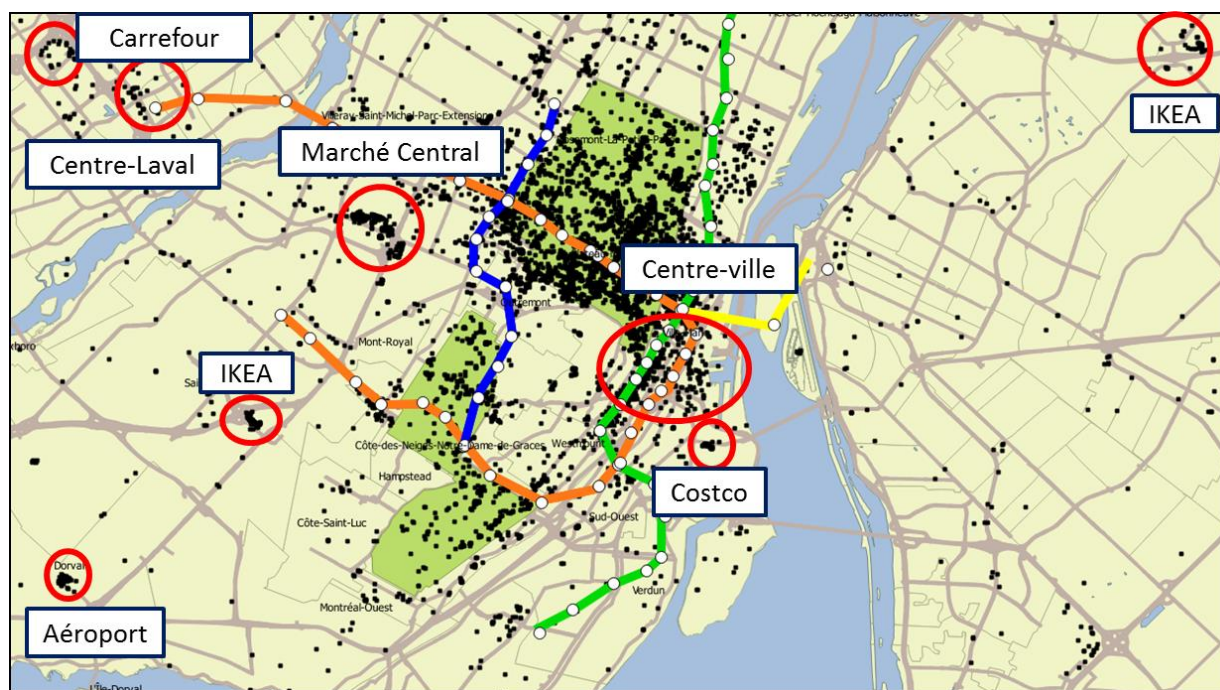


Figure 5.22 : Représentation des principaux points d'intérêts – Auto-mobile

Selon la densité des points sur la carte, il est très facile de reconnaître l'aéroport Pierre-Éliotte Trudeau dans l'ouest de l'île, les centres d'achats à Laval, les commerces de grandes surfaces IKEA, l'influence du marché central, ainsi que du centre-ville et d'une bannière Costco. À lui seul, le marché central a obtenu 3,9% des arrêts avec 469 arrêts répertoriés. Ces représentations démontrent un attrait du service pour ce qui est des déplacements liés à la plaisance/magasinage/course. Les motifs des usagers seront vus plus en détail lors de la section 5.4 qui traite des résultats du sondage Auto-mobile.

Afin d'évaluer les différents temps d'arrêt, une représentation graphique des temps d'arrêt selon le moment de la journée a été effectuée. Cette représentation se retrouve à la figure 5.23 suivante.

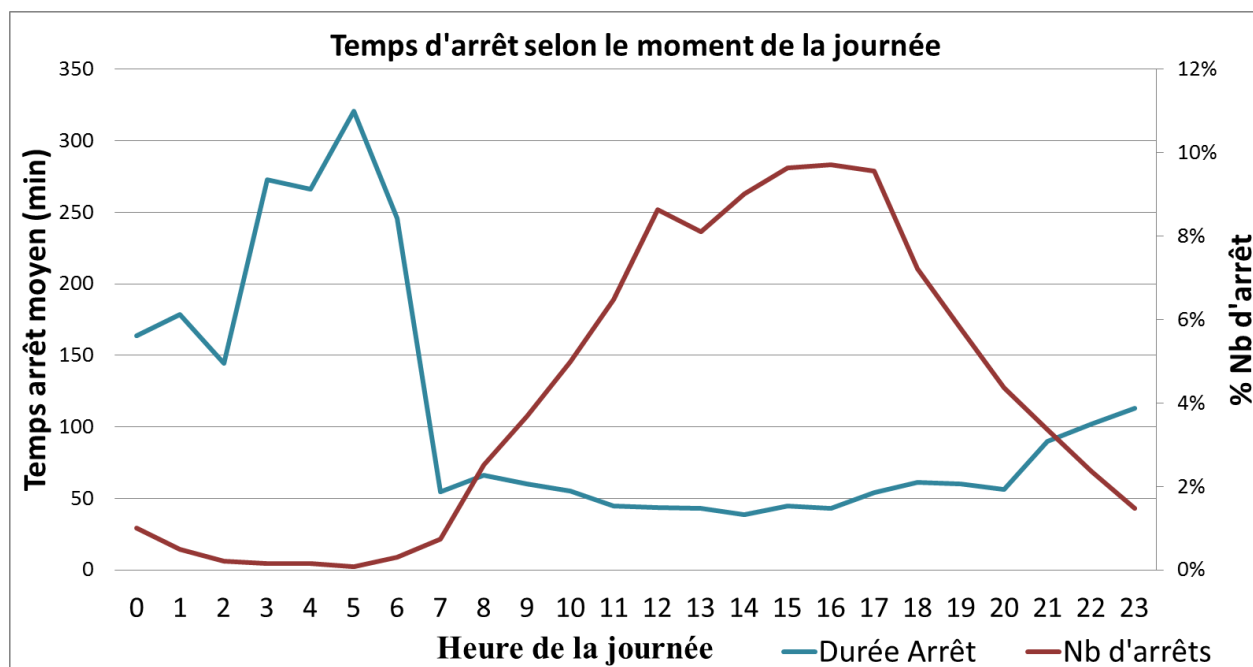


Figure 5.23 : Durée des temps d'arrêts selon le moment de la journée

Premier constat, les temps d'arrêt augmentent considérablement la nuit. Effectivement, le temps d'arrêt atteint une valeur de 320,9 minutes, tandis que le temps d'arrêt moyen entre 7h00 et 21h00 est de seulement 50,8 minutes. Par contre, on observe un très faible recensement de temps d'arrêt durant cette période, on peut donc en déduire que ces forts temps d'arrêt proviennent de quelques observations. On peut penser à des facteurs tels l'algorithme de détection des temps d'arrêt qui a mal détecté l'arrêt ou bien les données brutes fournies par le système qui peuvent être erronées. De ces faits, seuls les arrêts entre 7h00 et 21h00 seront conservés pour les analyses suivantes, pour cause de pertinence d'analyse, ce qui représente 93,8% de tous les arrêts recensés (11 638 arrêts).

La figure 5.24 présente la distribution des temps d'arrêt (entre 7h00 et 21h00).

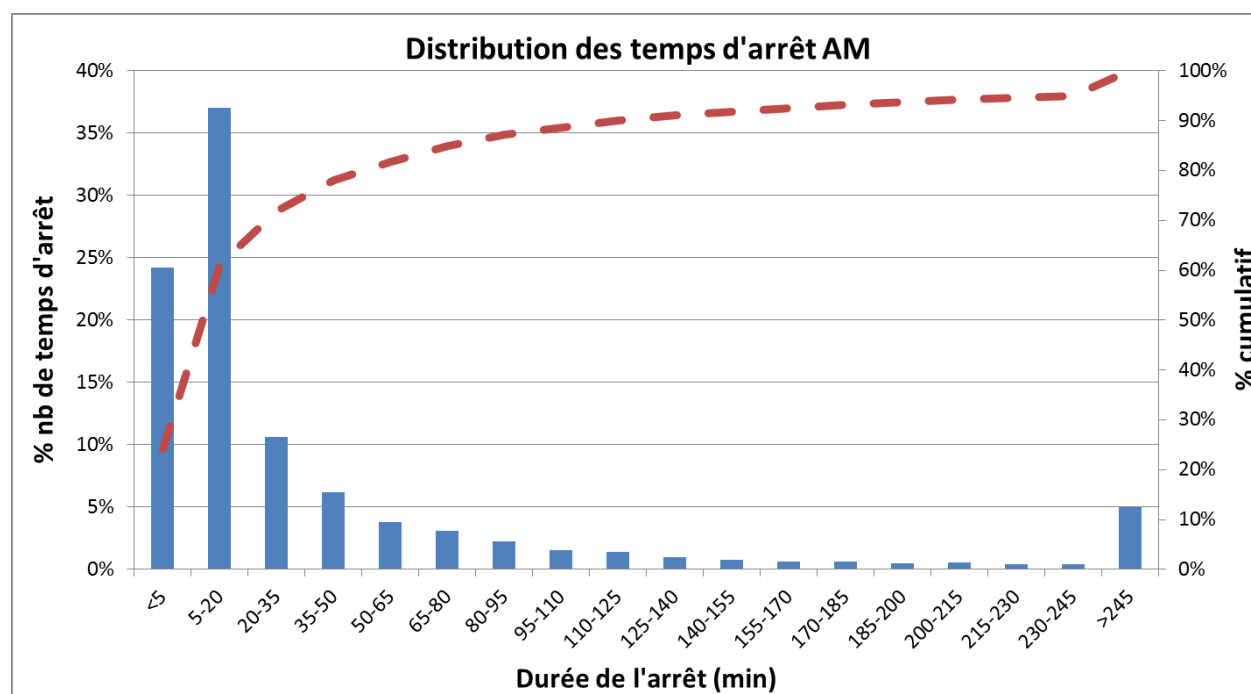


Figure 5.24 : Distribution des temps d'arrêt AM entre 7h00 et 21h00

La distribution présentée est fortement asymétrique vers la droite avec 81,8% des valeurs se retrouvant sous la barre des 65 minutes. La forte majorité des arrêts se retrouvent entre 5 et 20 minutes (37,0%). De plus, la valeur médiane se situe à 12,5 minutes. Cette constatation n'est pas sans surprise, car 45,6% des arrêts sont à l'intérieur de la zone de service et que les abonnés sont facturés selon le temps d'utilisation du véhicule: ils veulent donc optimiser leur utilisation afin de minimiser l'impact monétaire. Il faut également se rappeler que l'utilisateur n'a la possibilité de terminer une transaction lors d'une activité (et ne pas payer le véhicule pour le temps de l'activité) que lorsqu'il se situe à l'intérieur de la zone de couverture du système. Une fois sorti de cette zone, l'algorithme détectera un arrêt, mais l'utilisateur n'a pas la possibilité de mettre une fin à la transaction, ce qui amène également plusieurs arrêts de fortes durées. La distribution des arrêts est également comparée selon le sexe de l'individu (figure 5.25) ainsi que le type de client (figure 5.26).

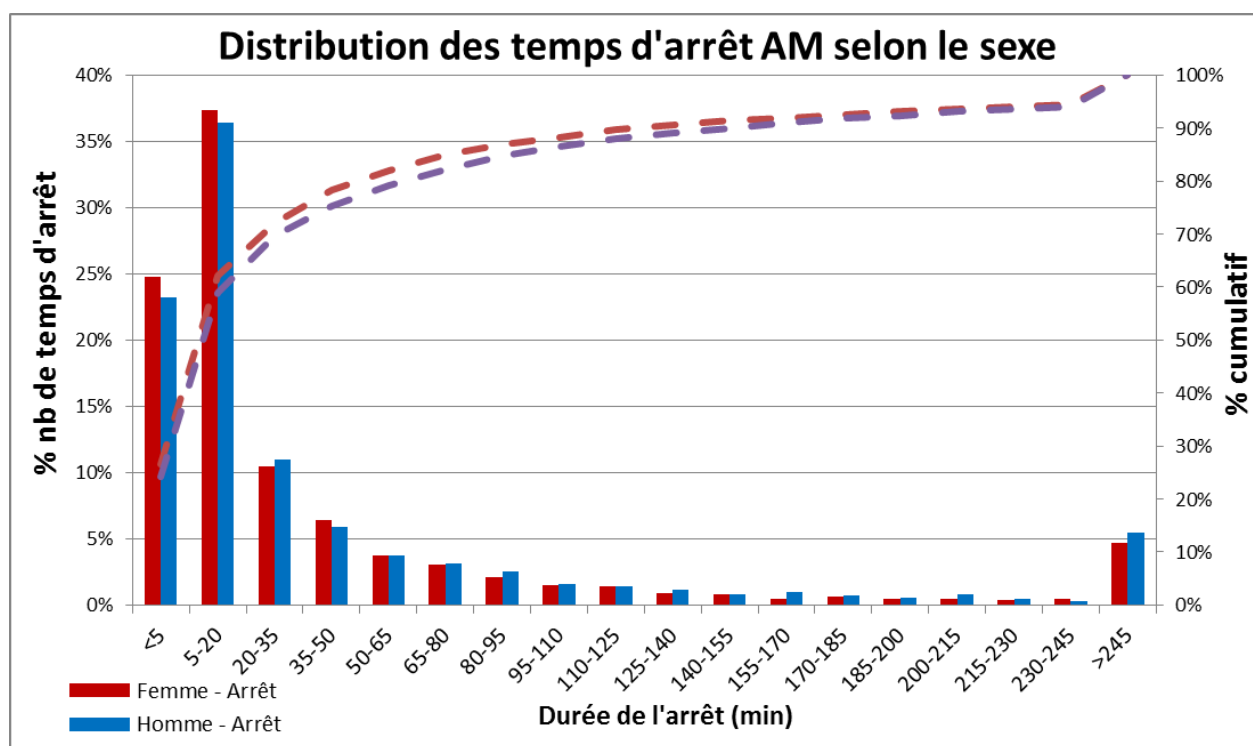


Figure 5.25 : Distribution des temps d'arrêt AM selon le sexe de l'utilisateur

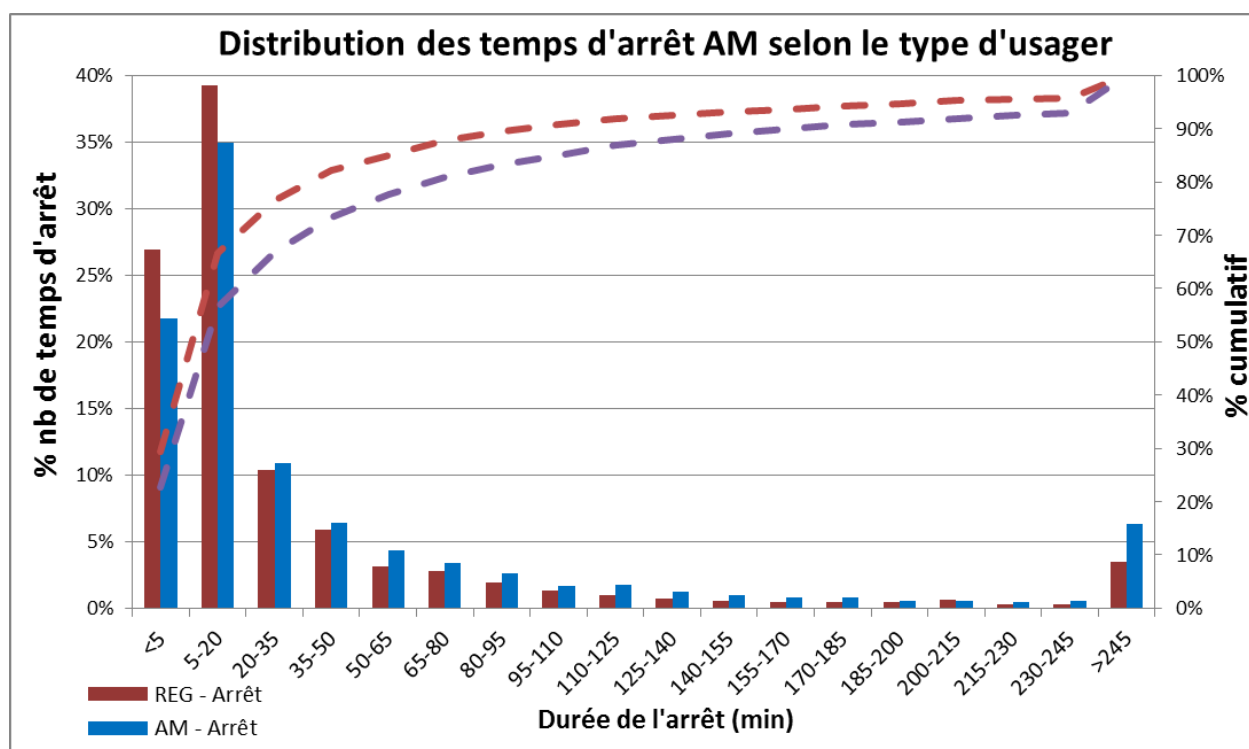


Figure 5.26 : Distribution des temps d'arrêt AM selon le type de client (AM (AM-AM) ou REG (AM-REG et REG-AM))

Pour ce qui est de la distribution de la figure 5.25, les femmes comptent pour 6963 arrêts, avec une moyenne de 48,8 minutes, tandis que les hommes ont effectués 3951 arrêts avec un temps moyen à 54,5 minutes en moyenne. Les valeurs médianes des deux distributions sont respectivement de 12,1 et 13,3 minutes. Pour évaluer s'il existe un écart statistique significatif, les moyennes des deux échantillons sont évaluées selon le test T de Student. Les résultats montrent qu'à un niveau de confiance de 95%, il n'y a pas d'écart significatif entre les deux moyennes. Du côté des usagers AM (AM-AM) et REG (AM-REG et REG-AM), la différence entre les temps d'arrêt semblent plus importante. En effet, les usagers REG comptent pour 5229 arrêts, avec une moyenne de 42,3 minutes, tandis que les usagers AM ont effectués 5685 arrêts avec un temps moyen plus élevé à 58,6 minutes en moyenne. Les valeurs médianes des deux distributions sont respectivement de 10,9 et 14,8 minutes. Pour ce qui est du test statistique, à un niveau de confiance de 95%, il existe un écart entre les deux moyennes de durée qui oscille entre 9,1 minutes et 19,6 minutes. Ce résultat prouve encore une fois que les usagers de l'autopartage (REG) veulent exploiter au maximum l'utilisation d'un véhicule et sont plus consciencieux à ce niveau.

Quant au nombre d'arrêts effectués par transaction, la figure 5.27 y présente la distribution de toutes les transactions où l'on retrouvait au moins un arrêt, soit 4362 transactions. Il est à noter que l'utilisateur peut scinder sa chaîne de déplacements en plusieurs transactions et donc, ne représente pas le nombre d'activités total dans sa chaîne de déplacements.

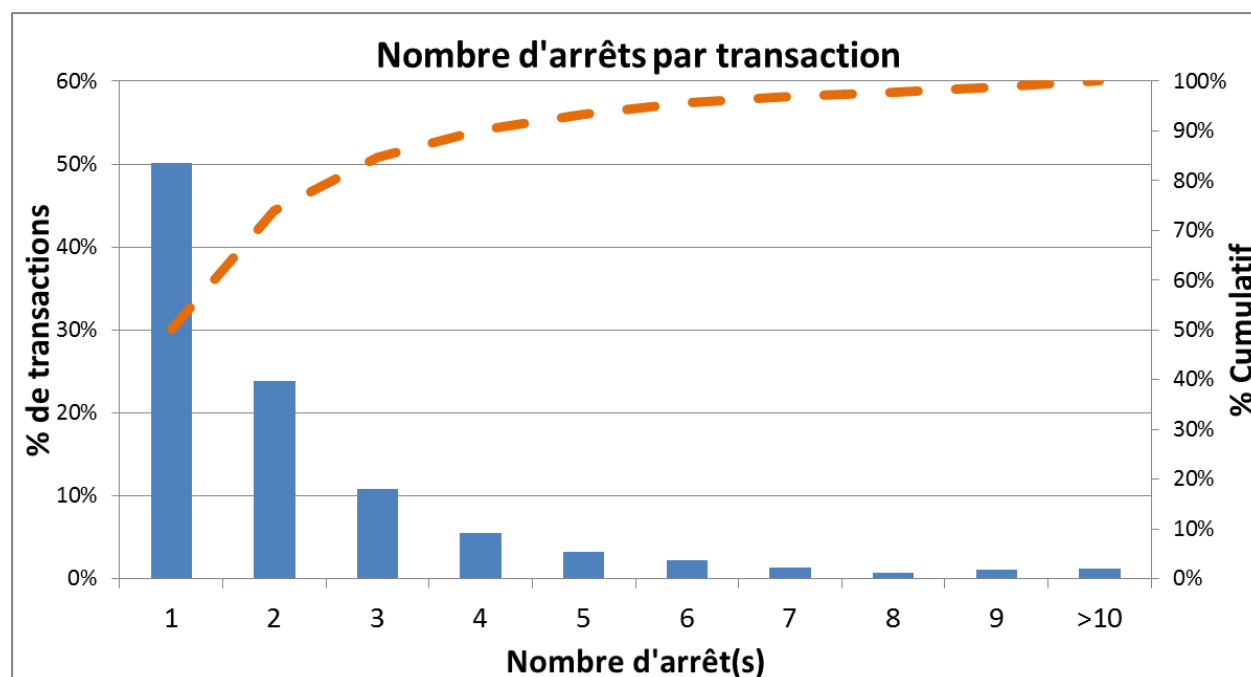


Figure 5.27 : Distribution du nombre d'arrêts par transaction AM

La majorité des transactions (où l'on retrouve un arrêt), soit 50,1%, sont alors effectuées avec un seul arrêt effectué. On observe également 23,8% qui recensent deux arrêts et 10,8% avec trois arrêts. L'utilisateur a tout avantage à scinder sa chaîne de déplacements en plusieurs transactions pour cause économique. Il serait alors intéressant de comparer cette distribution par rapport à l'influence du sexe et du type de client sur les nombres d'arrêts effectués par transaction. Ces distributions sont représentées aux figures 5.28 et 5.29.

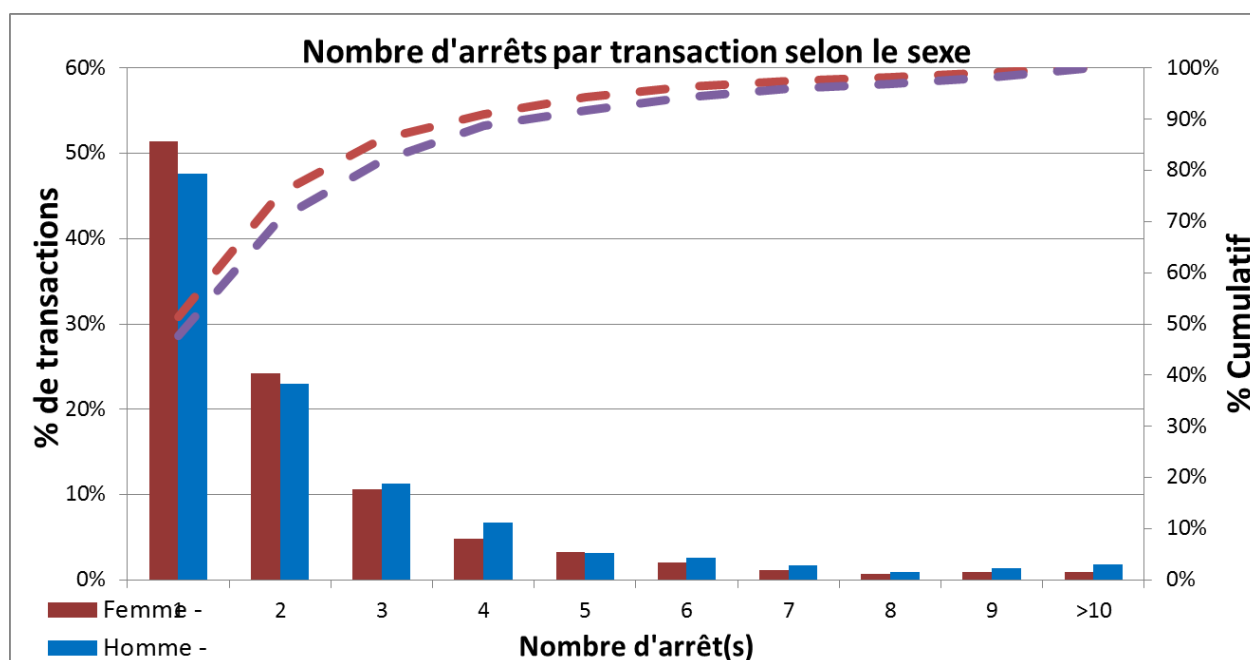


Figure 5.28 : Distribution du nombre d'arrêts par transaction AM selon le sexe

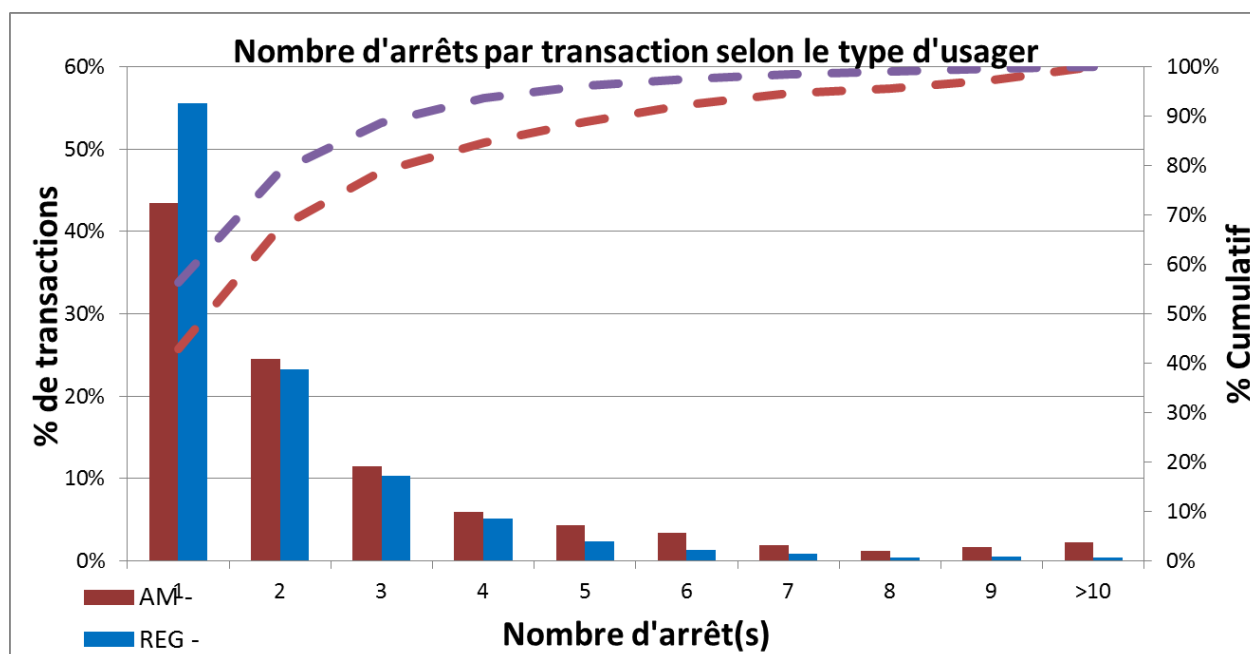


Figure 5.29 : Distribution du nombre d'arrêts par transaction AM selon le type d'utilisateur

Les distributions présentées affichent des différences significatives quant au genre et au type d'utilisateur. Pour le genre, les hommes tendent à avoir plus d'arrêts par transaction à 2,4, alors que les femmes obtiennent une valeur de 2,1. Statistiquement à un degré de confiance de 95%, on

peut affirmer que la différence entre les deux moyennes est de 0,1545 à 0,4236 arrêts de plus pour les hommes. En comparaison avec la durée des arrêts selon le genre, aucune différence statistiquement significative n'a pu être trouvée, mais tout de même les hommes semblaient afficher des durées de temps d'arrêt supérieures aux femmes.

Pour ce qui est de la durée des activités des usagers, les figures 5.30 et 5.31 démontrent une représentation géographique des localisations d'arrêt proportionnellement à leur durée d'arrêt.

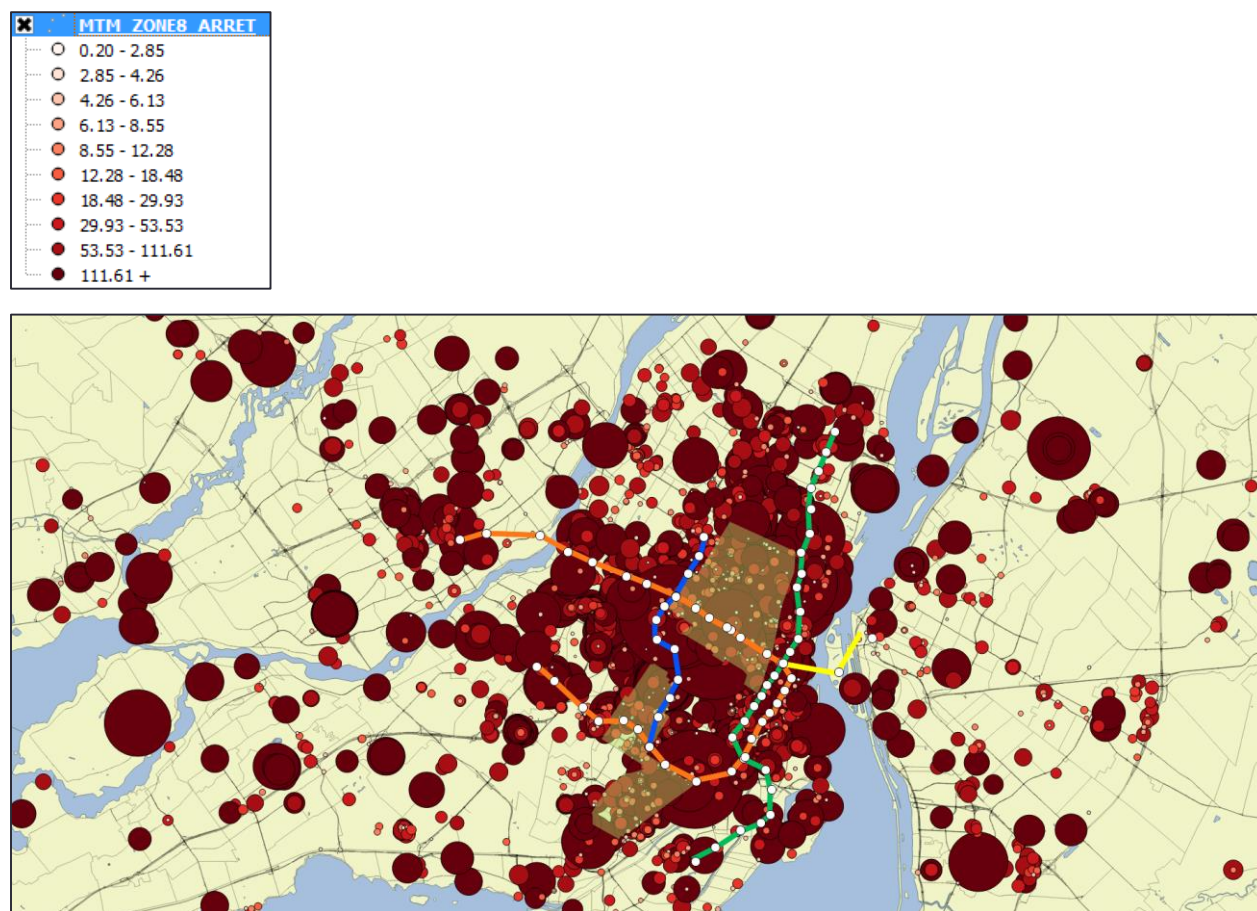


Figure 5.30 : Représentation géographique de la localisation des arrêts AM selon leur durée (Échelle 1 : 100 000)

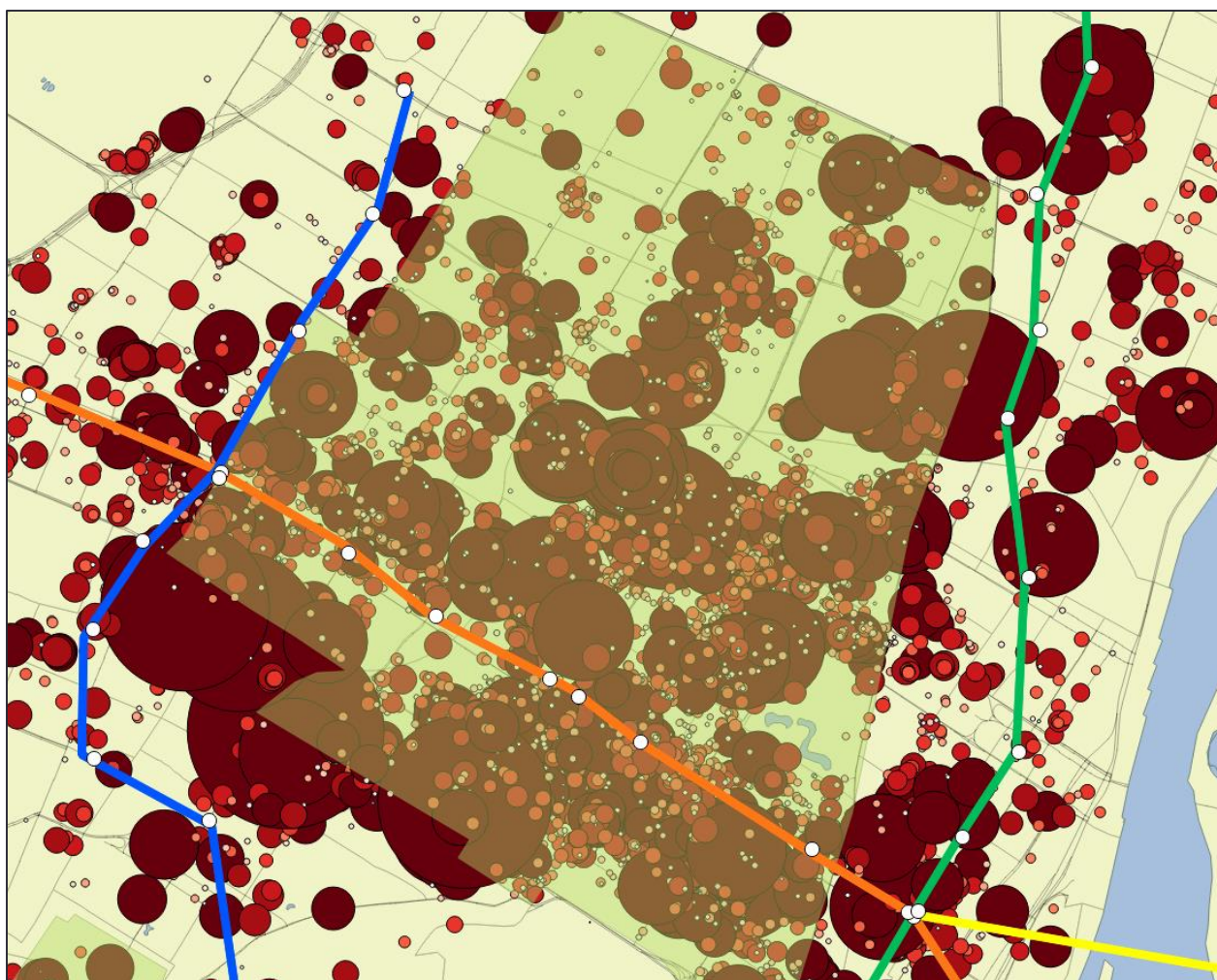


Figure 5.31: Représentation géographique de la localisation des arrêts AM selon leur durée – Plan sur la zone de couverture (Échelle 1 : 25 000)

Les résultats des figures précédentes montrent une bonne dispersion quant aux durées d'arrêt sur le territoire. On aurait pu s'attendre à obtenir de faibles valeurs d'arrêt à l'intérieur de la zone de couverture, mais aucune véritable tendance n'y est déduite. Lorsqu'on observe les différents points d'intérêts, dont ceux répertoriés à la figure 5.30, on s'aperçoit que l'étendue des valeurs obtenues est très variable. On peut donc soumettre l'hypothèse que les usager se rendent à ces points d'intérêts pour faire leur magasinage et ainsi laisser leur voiture pour des périodes prolongées, mais également se rendent à ces emplacements pour de plus courtes durées, afin de récupérer des items ou des proches, à cause des facteurs temps et monétaire.

### 5.2.5 Transactions en boucles fermées et ouvertes

Étant donné la nature du LSI (principe de fonctionnement et tarification), les déplacements directs sans retour à l'origine sont favorisés, mais est-ce que les usagers l'utilisent comme tel? Les tableaux 5.4 et 5.5 présentent la distance à vol d'oiseau entre la position en début et la position en fin de transaction (5.4) et de déplacement (5.5). Ceci permettra d'évaluer si les usagers sont retournés à leur point de départ à la suite de l'utilisation. Les différents résultats sont segmentés selon la distance totale de la transaction ou du déplacement.

Tableau 5.4 : Distance à vol d'oiseau entre la position de début et de fin d'une transaction AM

Distance parcourue lors de la <b>transaction</b> (Km)						
Distance à vol d'oiseau	0-1 km	1-2 km	2-3 km	3-4 km	4-5 km	> 5km
≤ 400m	2,49%	0,95%	1,08%	1,16%	1,22%	11,05%
≤ 800m	2,84%	3,54%	0,91%	0,57%	0,45%	6,00%
≤ 1200m	0,30%	7,61%	2,07%	0,68%	0,42%	3,25%
≤ 1600m	0,06%	3,48%	4,60%	1,08%	0,54%	2,03%
≤ 2000m	0,00%	0,41%	5,90%	2,14%	0,53%	1,79%
> 2000m	0,02%	0,06%	2,49%	7,54%	7,03%	13,70%

Tableau 5.5: Distance à vol d'oiseau entre la position de début et de fin d'un déplacement AM

Distance parcourue lors du <b>déplacement</b> (Km)						
Distance à vol d'oiseau	0-1 km	1-2 km	2-3 km	3-4 km	4-5 km	> 5km
≤ 400m	8,86%	1,28%	0,44%	0,36%	0,29%	1,29%
≤ 800m	5,08%	5,06%	0,74%	0,29%	0,15%	0,60%
≤ 1200m	0,38%	8,37%	1,88%	0,43%	0,16%	0,52%
≤ 1600m	0,04%	3,96%	4,80%	0,97%	0,32%	0,54%
≤ 2000m	0,00%	0,45%	5,93%	1,99%	0,44%	0,66%
> 2000m	0,01%	0,00%	2,91%	8,51%	7,68%	24,57%

Sur les figures présentées, les zones en rouges correspondent à l'erreur relative aux traces GPS, car la distance à vol d'oiseau entre les deux points est supérieure à la distance parcourue. Dans notre cas, elle se situe à environ 0,4% des transactions. Les zones en vert, quant à elles, représentent les cas où les usagers sont susceptibles d'avoir effectué une chaîne de déplacement en boucle, c'est-à-dire qu'ils sont revenus à leur point de départ. La forte distance parcourue (3000 m et plus) avec le faible seuil de distance (<800m) forment des conditions propices à ce genre de chaîne de déplacements. Les résultats sont très différents au niveau des transactions et des déplacements. En effet, on devrait s'attendre à obtenir très peu de distances faibles entre les points de départ et d'arrivée pour les déplacements par rapport aux transactions, car les déplacements, par définition, composent les transactions. C'est ce qui est observé, avec seulement 2,98% des déplacements qui sont dans la zone verte comparé à 20,45% pour les transactions. De ce fait, seules les transactions seront tenues en compte pour le reste de l'analyse. Étant donné que l'utilisateur a l'opportunité de scinder ses transactions lors de sa chaîne de déplacements, il est difficile d'évaluer réellement quelle proportion des transactions se font en boucle ouverte ou fermée. Par contre, logiquement, la proportion de 20,45% des transactions qui se concluent en boucle fermée n'est en fait que la borne inférieure de la vraie valeur observée, car des transactions scindées, une proportion non négligeable d'entre elles se traduirait en chaîne fermée, non répertoriée dans cette analyse. À titre comparatif, la même analyse posée par Schmöller, Stefan, et al. montre que les usagers montréalais semblent utiliser le LSI davantage en boucle fermée (20,45%) que Munich (env. 11%) et Berlin (env. 8%). La question 9 du sondage à la section 5.4.2.2 traite également du sujet. Selon les résultats, c'est 43% des transactions recensées qui ont été débutées et terminées à l'aide d'une voiture Auto-mobile.

Afin de déterminer s'il existe une différence entre le type d'utilisateur ainsi que chez les hommes et les femmes, une même analyse a été effectuée selon ces paramètres. Les résultats sont démontrés aux tableaux 5.6 à 5.9.

Tableau 5.6 : Distance à vol d'oiseau entre la position de début et de fin d'une transaction AM chez les femmes

Femmes	Distance parcourue lors de la transaction (Km)					
Distance à vol d'oiseau	0-1 km	1-2 km	2-3 km	3-4 km	4-5 km	> 5km
≤ 400m	2,70%	0,84%	1,18%	1,14%	1,15%	11,03%
≤ 800m	3,01%	3,66%	0,88%	0,56%	0,47%	6,01%
≤ 1200m	0,33%	8,04%	2,11%	0,74%	0,41%	3,04%
≤ 1600m	0,03%	3,43%	4,44%	1,03%	0,50%	1,94%
≤ 2000m	0,00%	0,42%	5,99%	2,16%	0,46%	1,81%
> 2000m	0,01%	0,07%	2,68%	7,83%	7,34%	12,56%

Tableau 5.7 : Distance à vol d'oiseau entre la position de début et de fin d'une transaction AM chez les hommes

Hommes	Distance parcourue lors de la transaction (Km)					
Distance à vol d'oiseau	0-1 km	1-2 km	2-3 km	3-4 km	4-5 km	> 5km
≤ 400m	1,98%	1,21%	0,84%	1,21%	1,37%	11,10%
≤ 800m	2,46%	3,26%	0,98%	0,59%	0,41%	5,99%
≤ 1200m	0,23%	6,61%	1,96%	0,55%	0,43%	3,74%
≤ 1600m	0,14%	3,60%	4,97%	1,19%	0,62%	2,26%
≤ 2000m	0,00%	0,39%	5,70%	2,10%	0,68%	1,75%
> 2000m	0,05%	0,05%	2,07%	6,88%	6,31%	16,34%

Tableau 5.8 : Distance à vol d’oiseau entre la position de début et de fin d’une transaction AM chez les utilisateurs de type « AM »

AM	Distance parcourue lors de la transaction (Km)					
Distance à vol d'oiseau	0-1 km	1-2 km	2-3 km	3-4 km	4-5 km	> 5km
≤ 400m	2,13%	1,04%	0,84%	1,13%	1,09%	13,34%
≤ 800m	2,50%	2,68%	0,75%	0,38%	0,38%	7,44%
≤ 1200m	0,25%	5,79%	1,66%	0,66%	0,41%	4,81%
≤ 1600m	0,05%	3,27%	3,93%	1,09%	0,66%	2,54%
≤ 2000m	0,00%	0,38%	5,24%	2,02%	0,45%	2,50%
> 2000m	0,04%	0,04%	1,93%	6,94%	6,76%	14,89%

Tableau 5.9 : Distance à vol d’oiseau entre la position de début et de fin d’une transaction AM chez les utilisateurs de type « REG »

REG	Distance parcourue lors de la transaction (Km)					
Distance à vol d'oiseau	0-1 km	1-2 km	2-3 km	3-4 km	4-5 km	> 5km
≤ 400m	2,71%	0,89%	1,23%	1,18%	1,29%	9,62%
≤ 800m	3,06%	4,07%	1,00%	0,69%	0,50%	5,11%
≤ 1200m	0,33%	8,74%	2,32%	0,69%	0,42%	2,28%
≤ 1600m	0,07%	3,62%	5,01%	1,07%	0,46%	1,72%
≤ 2000m	0,00%	0,44%	6,32%	2,22%	0,58%	1,35%
> 2000m	0,01%	0,08%	2,85%	7,92%	7,20%	12,95%

Quant au sexe, celui-ci ne semble pas entraîner une différence significative. En effet, chez les femmes, on obtient environ 20,4% des transactions qui sont dîtes en boucles fermées, tandis que chez les hommes cette valeur atteint 20,7%. Par contre, il semble y avoir une différence quant au type d’usager. Pour les usagers qui ont exclusivement utilisé Auto-mobile, la proportion des transactions en boucle fermée atteint 23,7% comparé à 18,4% pour ceux qui utilisent également le service régulier. On peut en conclure que les utilisateurs des deux services semblent alors utiliser le service Auto-mobile d’une façon qui s’apparente davantage à celle qu’on s’attend d’un LSI ou

bien ces derniers scindent davantage leurs transactions pour profiter au maximum de l'utilisation du véhicule.

### **5.3 Comparaison des deux services (AM et REG)**

Cette section effectuera une comparaison au niveau des deux services de Communauto tout en analysant la composante « Transaction ». On cherchera à faire la comparaison entre les transactions et les réservations chez les services concernés au niveau des distances et des durées. La base comparative n'est pas équivalente, car un usager AM a la possibilité de segmenter sa chaîne de déplacements en plusieurs transactions, tandis que pour l'utilisateur REG, la réservation correspond essentiellement à la chaîne de déplacement en boucle fermée de l'utilisateur. Par contre, dans les deux systèmes, ces deux métriques sont essentiellement des indicateurs d'accès au service. En effet, à chaque occasion où l'utilisateur désire accéder à l'un ou l'autre des services, il doit démarrer une nouvelle transaction ou bien une nouvelle réservation et c'est avec cette optique que la comparaison sera effectuée. Pour faire ces comparaisons, les résultats au niveau des réservations pour le service régulier seront tirés des données disponibles pour la même période d'étude, ainsi que des résultats tirés de l'analyse effectuée par Leclerc (2012).

#### **5.3.1 Distances/durées des transactions AM et réservations REG**

Les transactions étant un regroupement d'un ou plusieurs déplacements AM, les distances obtenues pour les transactions devraient être considérablement supérieures. La distribution pour le service Auto-mobile est représentée à la figure 5.31 tandis que celle pour le service régulier est présentée à la figure 5.32.

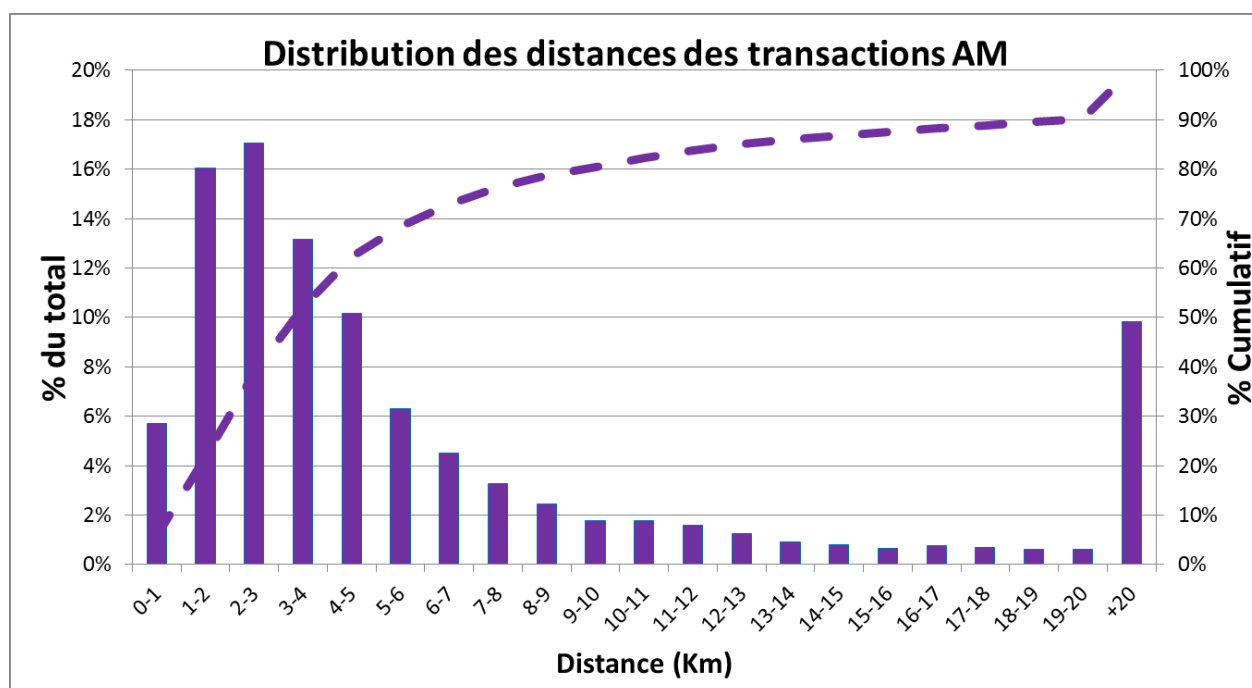


Figure 5.31 : Distribution des distances des transactions AM

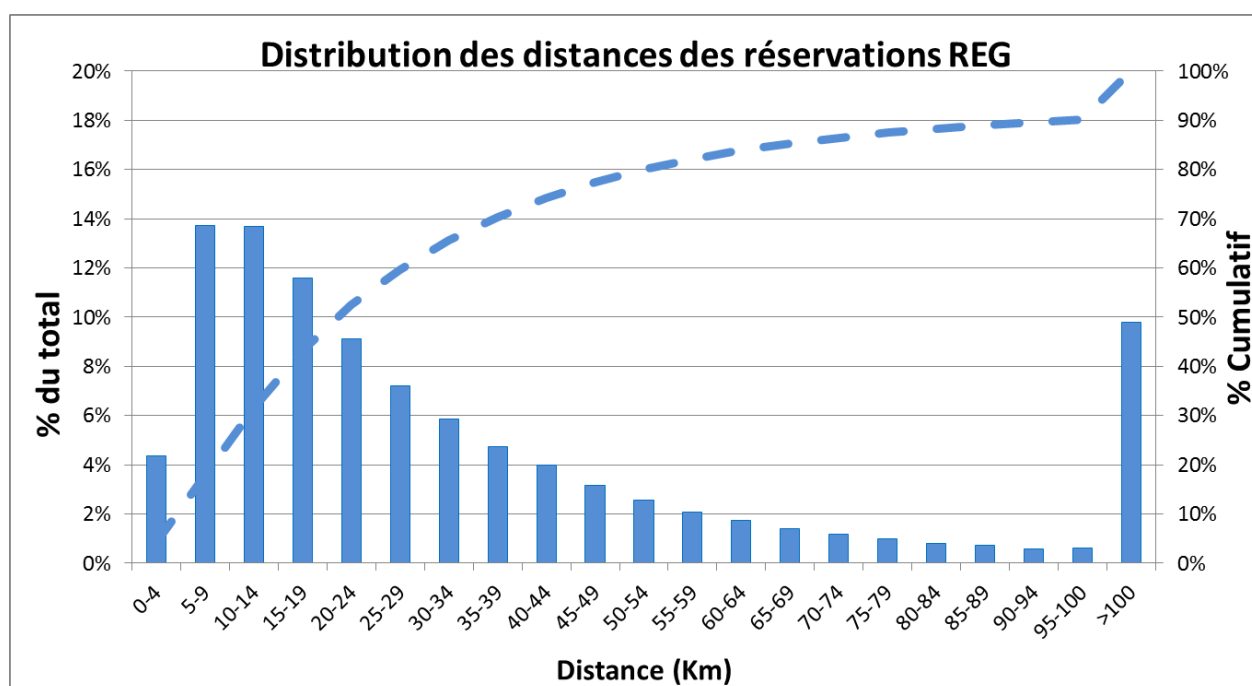


Figure 5.32: Distribution des distances des réservations REG

Pour ce qui est des formes des distributions, les deux sont similaires affichant une asymétrie vers la droite assez prononcée. Par contre, les différences au niveau des distances parcourues par

métrique (transaction/réservation) sont significativement différentes (échelles différentes). En effet, pour le service AM, on affiche une moyenne de distance parcourue de  $8,0 \pm 12,2$  km avec une valeur médiane de 3,8 km. Pour l'autopartage en stations, la moyenne atteint  $49,3 \pm 87,4$  km avec une valeur médiane de 23 km. À titre comparatif en terme de déplacement pour le service AM, une moyenne de  $4,8 \pm 5,8$  km a été obtenue (médiane = 3,0 km). Les valeurs médianes des déplacements et des transactions sont très près, car 67,1% des transactions AM ne sont composées que d'un déplacement (figure 5.39). La différence entre les deux services n'est peu surprenante, étant donnée la nature des métriques utilisées ainsi que de la nature du service en tant que tel. Afin d'obtenir un comparatif plus juste, Leclerc a recensé les distances exclusivement en milieu urbain pour le service régulier. La moyenne pour ces chaînes de déplacements est de  $21,2 \pm 23,0$  km, ce qui exclut les nombreux longs trajets qui font monter la moyenne pour le service régulier, mais qui reste tout de même supérieur à Auto-mobile.

Afin de déterminer s'il y a une différence entre les hommes et les femmes, les figures 5.33 et 5.34 montrent les distributions des distances selon le sexe pour les deux types d'autopartage.

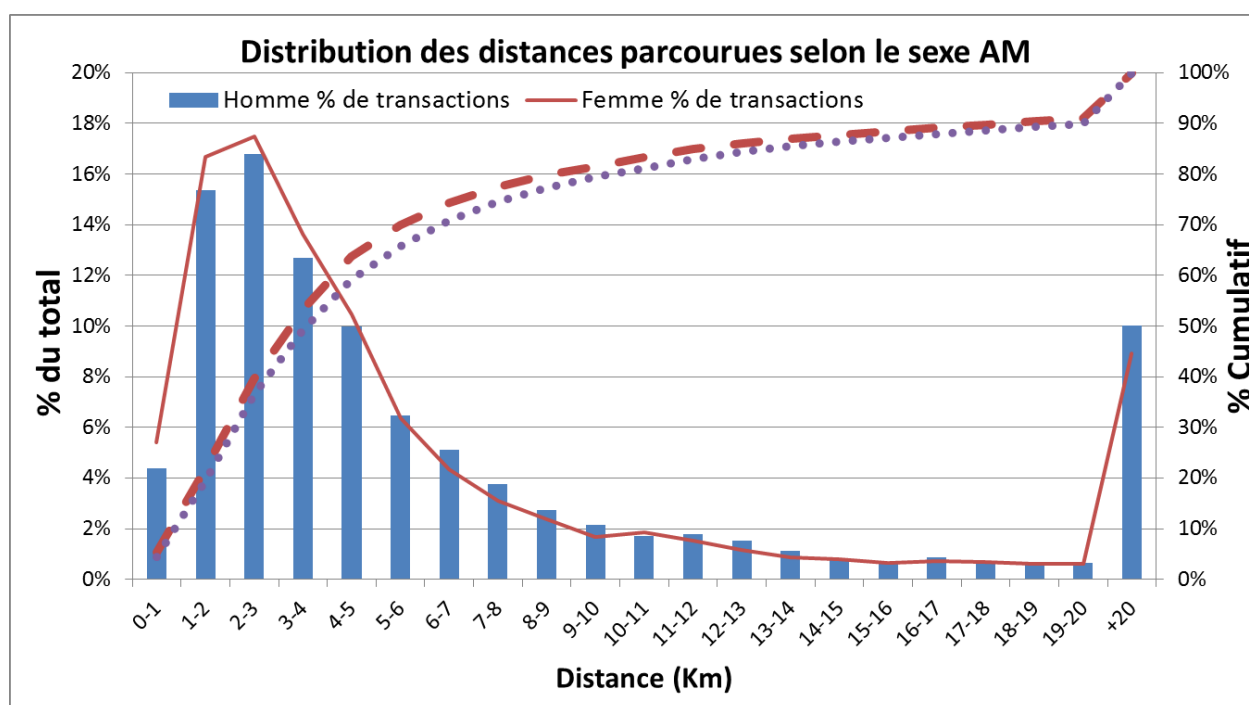


Figure 5.33: Distribution des distances des transactions AM selon le sexe

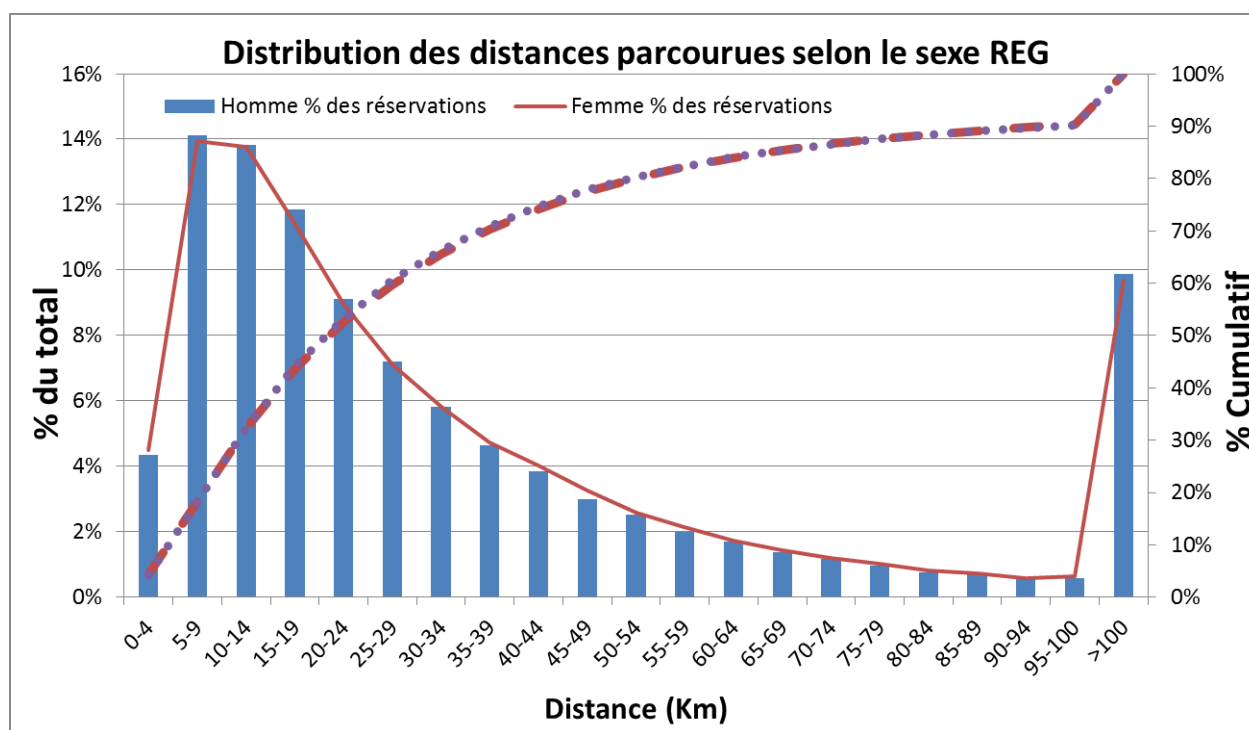


Figure 5.34 : Distribution des distances des réservations REG selon le sexe

Pour ce qui est du service régulier, le sexe ne semble poser aucune différence quant à la longueur des trajets. En effet, la distance moyenne se chiffre à  $49,3 \pm 87,3$  km (médiane à 23,0 km) pour les femmes et à  $49,3 \pm 87,6$  km pour les hommes (médiane à 23,0). Pour le service AM, on observe quelques disparités. En effet, selon les distributions, les femmes effectuent plus souvent des trajets de faible longueur que les hommes. La distance moyenne pour les femmes est de  $7,8 \pm 12,0$  km (médiane = 3,7 km) tandis que les hommes observent une moyenne de  $8,5 \pm 12,8$  km (médiane = 4,1 km), démontrant ainsi que les femmes effectuent des transactions de longueurs plus faibles.

Pour ce qui est des durées, les figures 5.35 et 5.36 présentent les distributions selon chacun des types d'autopartage.

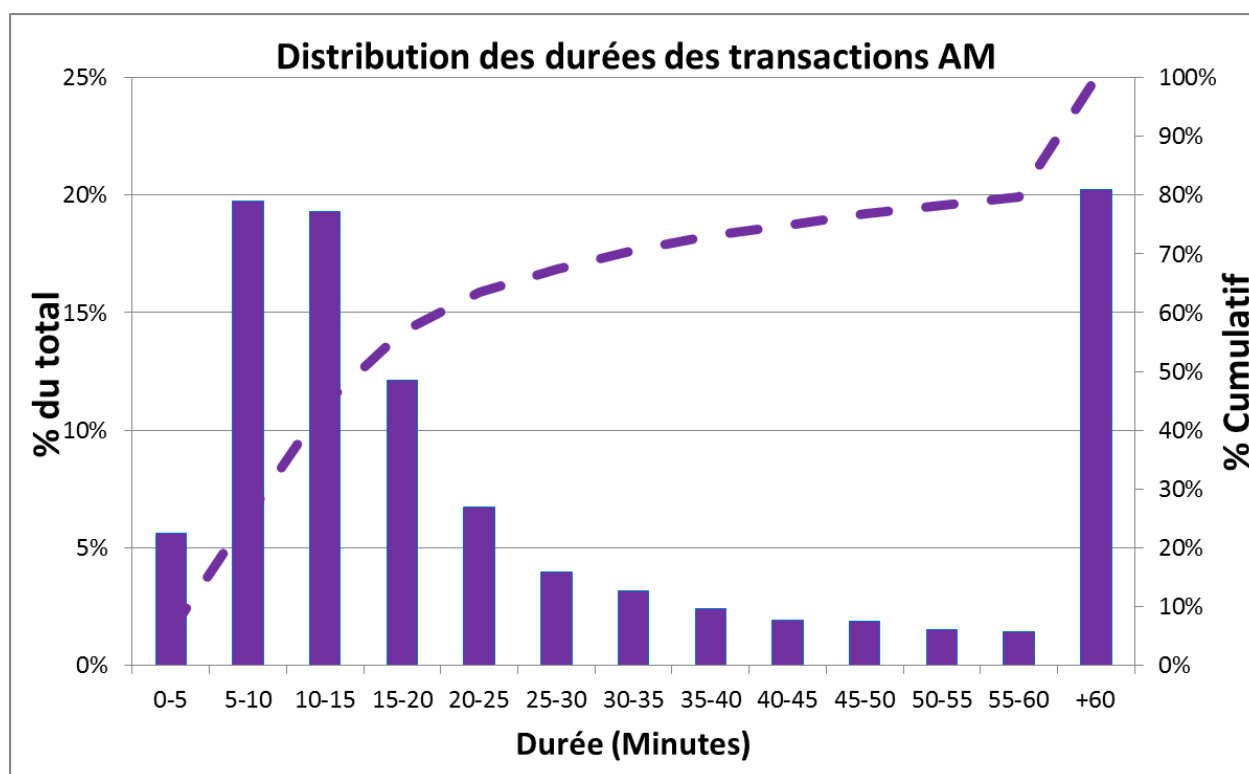


Figure 5.35 : Distribution des durées des transactions AM

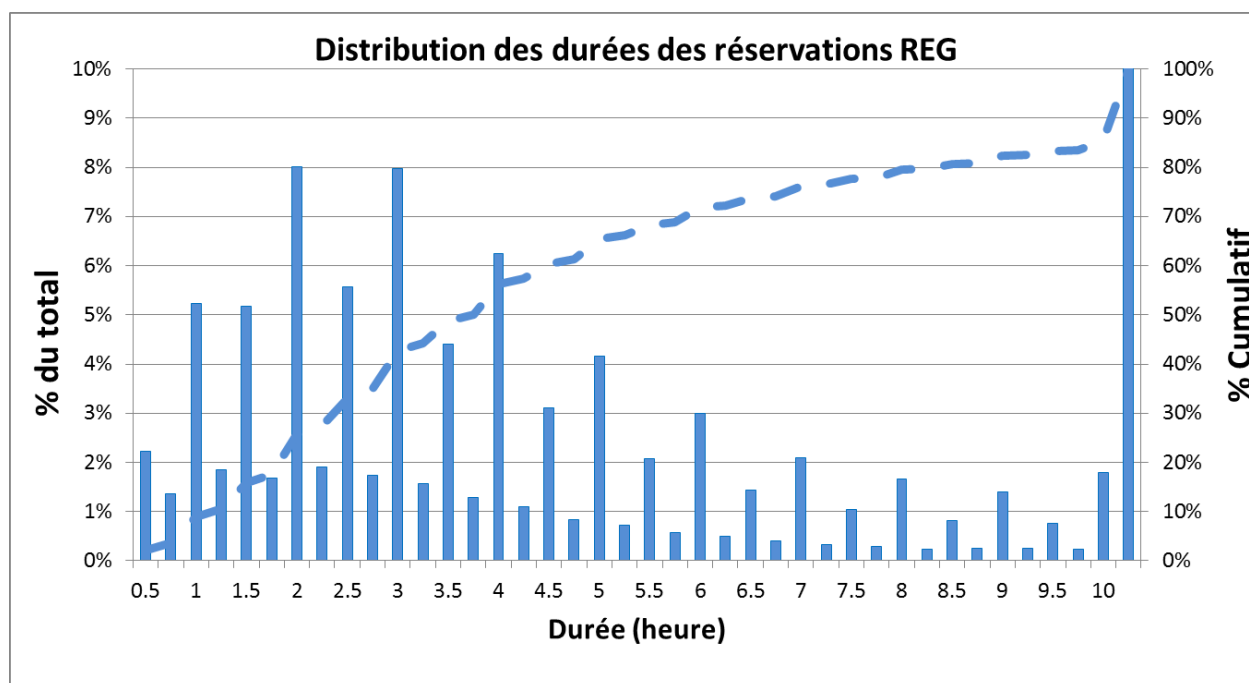


Figure 5.36 : Distribution des durées des réservations REG

Contrairement au niveau des distances, les distributions présentées n'affichent pas une distribution aussi similaire. En effet, les usagers du service régulier ont la possibilité d'effectuer leur réservation par blocs de 15 minutes, ce qui crée une certaine distorsion dans la distribution, car il semble que les usagers préfèrent des blocs arrondis au 30 minutes près pour leur réservation, vu la prépondérance des durées aux heures et aux 30 minutes par rapport à celles aux 15 et 45 minutes. Néanmoins, si on atténue les fluctuations, on obtient tout de même une asymétrie vers la droite. Pour les durées AM, la moyenne s'établit à  $67,3 \pm 198,9$  minutes avec une médiane à 17,0 minutes. À titre comparatif, du côté du service régulier, on affiche une moyenne de  $7,4 \pm 14,3$  heures avec une médiane à 3,75 heures. Cette différence n'est pas surprenante vu les différentes possibilités de voyage à l'extérieur avec une voiture de Communauto et des résultats au niveau des distances parcourues.

Au niveau du sexe des individus, les figures 5.37 et 5.38 présentent les distributions au niveau des durées d'utilisation.

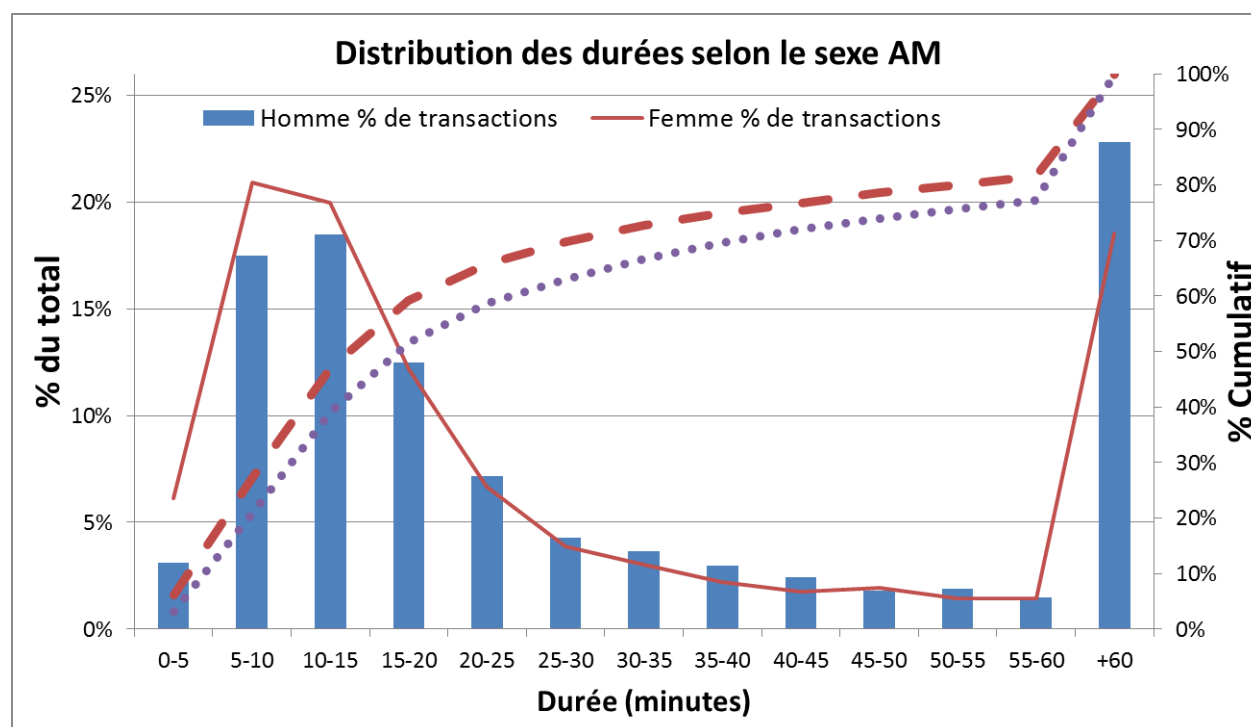


Figure 5.37 : Distribution des durées des transactions AM selon le sexe

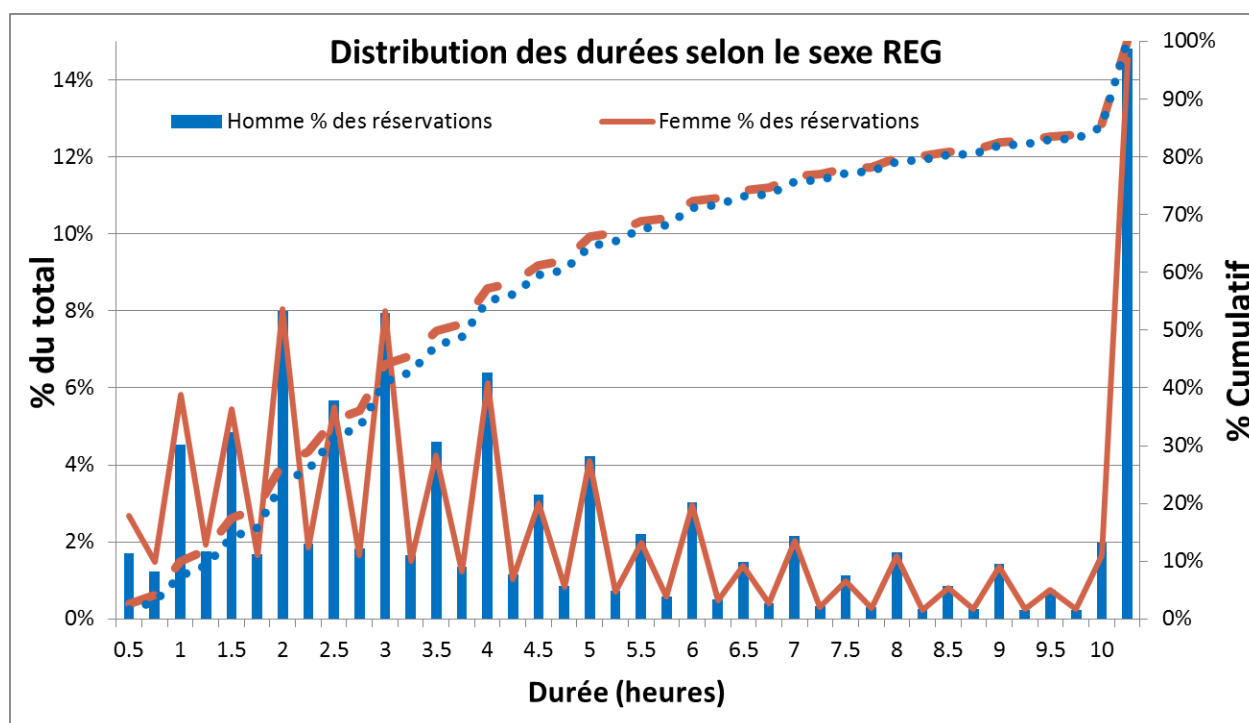


Figure 5.38 : Distribution des durées des réservations REG selon le sexe

N'ayant pu observer de différence au niveau de la distance parcourue par sexe au niveau du service régulier, on remarque une légère différence quant à la durée. En effet, les femmes affichent une moyenne de  $7,2 \pm 13,5$  heures (médiane = 3,75 heures) tandis que les hommes ont une moyenne de  $7,6 \pm 15,1$  heures (médiane = 4,0 heures), ce qui représente un écart de +5,6% pour les hommes. Pour le service AM, cette différence est encore plus significative et atteint +33,7%. Les femmes possèdent une moyenne de  $61,1 \pm 183$  minutes (médiane = 16,0 min) tandis que pour les hommes, cette moyenne monte à  $81,7 \pm 231,0$  minutes (médiane = 13,2 min). L'écart plus important observé pour le service Auto-mobile est principalement expliqué par des distances de transaction plus élevées, ce qui allonge les trajets AM.

### 5.3.2 Nombre de déplacements par transaction/réservation

Au niveau du nombre de déplacements par transaction, étant donné que le découpage des réservations n'a pas été effectué, les résultats obtenus par Leclerc seront considérés pour la prochaine analyse.

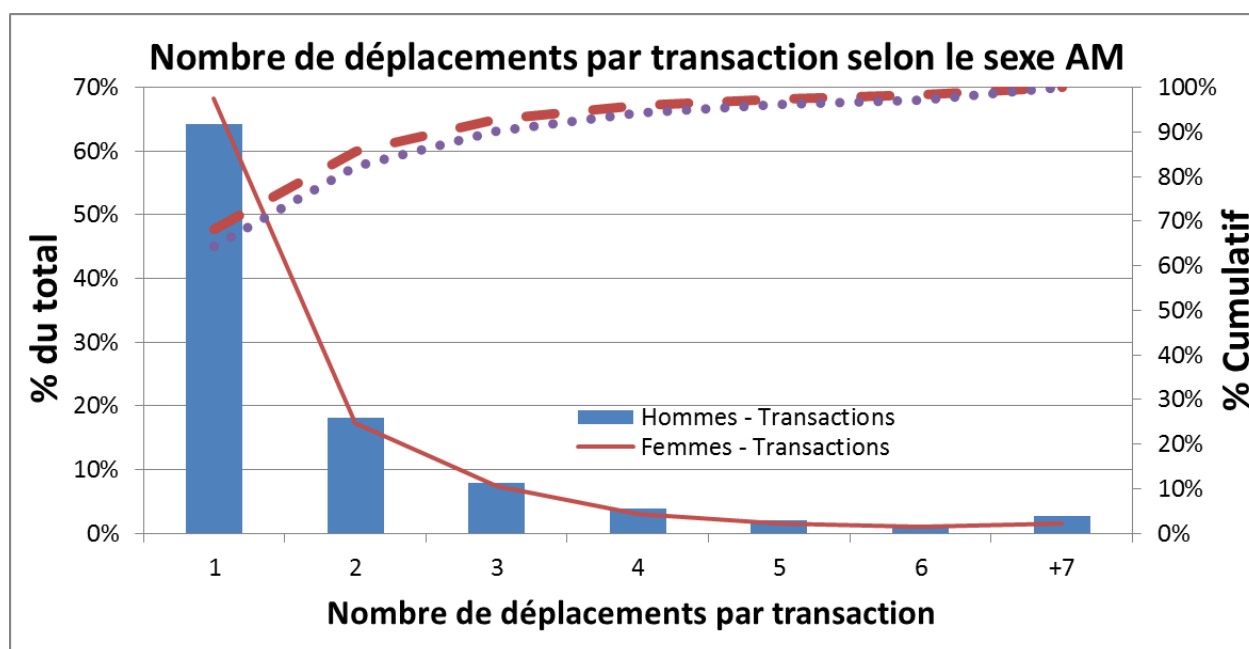


Figure 5.39 : Distribution des transactions AM selon le nombre de déplacements effectués

La figure 5.39 montre la distribution de toutes les transactions effectuées selon le sexe de l'abonné par rapport au nombre de déplacements effectués. On remarque que les femmes ont tendance à effectuer moins de déplacements à l'intérieur de leurs transactions que chez les hommes, avec une moyenne de 1,7 déplacement par transaction comparativement à 1,8 pour les hommes. Si l'on regarde les données au niveau global, c'est 67,1% des transactions qui sont effectuées avec un seul déplacement, suivi de 17,5% pour 2 déplacements et 7,5% pour 3 déplacements. Les usagers ont la possibilité de scinder leur transaction ou d'effectuer des trajets en traces directes avec le service Auto-mobile et avec un taux de 67,1%, on peut en déduire qu'ils en profitent. Au niveau de la distance parcourue selon le nombre de déplacements, le tableau 5.10 présente un résumé des valeurs obtenues.

Tableau 5.10: Répartition de la distance parcourue selon le nombre de déplacements par transaction AM

	Nombre de déplacements par transaction				
Distance (km)	Un	Deux	Trois	Quatre	Cinq et plus
0-2	31,0%	6,0%	1,2%	0,0%	0,0%
2-4	39,1%	19,8%	8,2%	2,8%	0,3%
4-6	18,0%	18,2%	13,4%	6,6%	1,5%
6-8	5,9%	14,4%	11,9%	8,5%	2,9%
8-10	2,0%	10,1%	9,0%	8,7%	3,6%
10+	4,1%	31,5%	56,3%	73,5%	91,7%

Pour ce qui est du service régulier, le tableau 5.11 est tiré des travaux de Leclerc.

Tableau 5.11 : Répartition de la distance parcourue selon le nombre de déplacements par chaîne de déplacements REG, (Leclerc et al., 2013)

	Nombre de déplacements				
Distance (km)	Deux	Trois	Quatre	Cinq	Six et plus
0-10	50,1%	40,2%	30,7%	21,7%	8,8%
10-25	31,5%	33,2%	36,7%	39,4%	33,3%
25-50	11,4%	14,2%	17,2%	20,2%	30,0%
50-75	2,8%	4,7%	5,5%	6,2%	10,4%
75-100	1,5%	2,6%	2,7%	2,9%	4,9%
100 et +	2,7%	5,0%	7,2%	9,6%	12,7%

Sans surprise, la proportion de déplacements par transaction augmente selon la distance parcourue dans les deux cas. Éléments à noter, étant donné que le service régulier implique nécessairement un retour à la station, au moins deux déplacements sont répertoriés pour toutes les réservations.

### 5.3.3 Moments d'utilisation AM et REG

À la figure 5.18, on a présenté les moments d'utilisation du service Auto-mobile selon le début des déplacements AM. À la prochaine figure (5.40), on présente le début de toutes les transactions AM et réservations REG selon le moment de la semaine et de la journée.

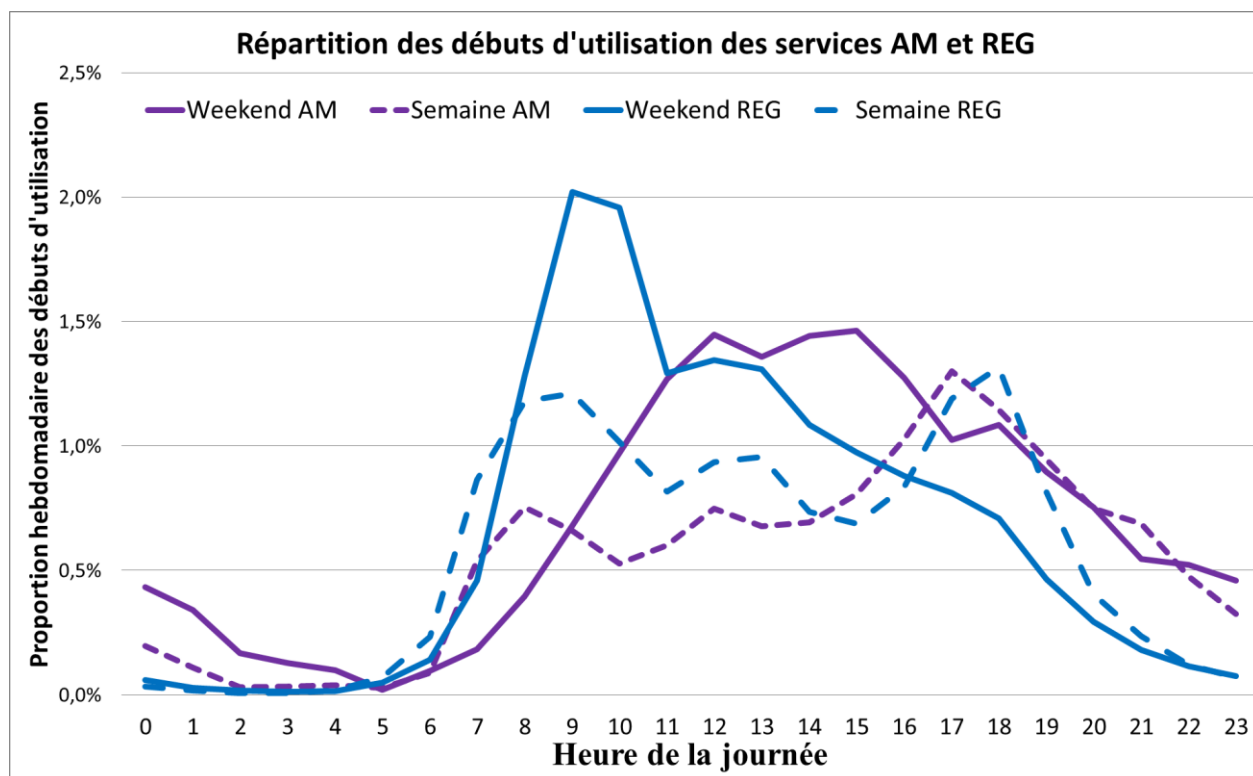


Figure 5.40 : Moments d'utilisation des services AM et REG selon l'heure de la journée et le jour de la semaine

À la figure 5.40, les journées de fin de semaine sont présentées en lignes pleines, tandis que les journées de semaine sont présentées selon un trait hachuré. Pour ce qui est de la fin de semaine, la pointe d'utilisation apparaît beaucoup plus tôt auprès du service régulier qu'au niveau du LSI. En effet, 33,8% des réservations de la fin de semaine débutent entre 8 et 11 heures, tandis que seulement 12,0% des transactions ont débuté pour la même période. Pour AM, il n'y a pas de pointe particulière, mais bien une concentration importante de transactions qui débutent entre 10 et 17 heures (60,1%). L'utilisation du système est plus présente en soirée au niveau d'Auto-mobile que de Communauto Régulier. On observe 14,5% des transactions qui débutent entre 21h00 et 03h00 le lendemain, quand pour la même période pour le régulier, seulement 3,1% des réservations ont

débuté. Ceci est tout à fait normal, car aucune réservation n'est requise pour le service AM, donc pour des déplacements plus improvisés en fin de soirée et durant la nuit, le service AM est beaucoup plus approprié. Pour AM, la fin de semaine génère 34,2% de toutes les transactions, tandis que pour le régulier, ce taux atteint 30,2%. Au niveau de la semaine, chacun des systèmes (AM / REG) observe 3 pointes, soit de 7h00 à 10h00 (14,8% / 23,6%), sur l'heure du dîner de 11h00 à 14h00 (15,4% / 19,6%) et en soirée de 16h00 à 19h00 (25,7% / 24,1%). La pointe du matin est significativement plus importante pour le REG, ce qui est sans surprise, car une faible proportion des usagers d'Auto-mobile utilisent le service pour aller travailler. De l'autre côté, des forfaits plus avantageux permettent aux utilisateurs du service en stations d'utiliser le véhicule aux fins de travail, ce qui pourrait expliquer la plus forte proportion d'usagers à utiliser ce service en matinée. Les déplacements au niveau de la semaine représentent 65,9% de toutes les transactions AM tandis que les réservations REG comptent en semaine pour 68,9% du total. Le tableau 5.12 présente un résumé des différentes proportions observées selon le moment de la journée. Les proportions présentées sont selon le total observé lors d'une journée typique de semaine ou de fin de semaine (\*le total est au niveau de la semaine complète).

Tableau 5.12: Proportion des transactions et réservations selon l'heure et le jour de début

Proportion des transactions/réservations selon l'heure et le jour de début			
	Heure	Auto-mobile	Régulier
Semaine	7-10	14,8%	23,6%
	11-14	15,4%	19,6%
	16-21	25,7%	24,1%
	Total*	<b>34,1%</b>	<b>31,1%</b>
Fin de semaine	8-11	12,0%	33,8%
	11-17	48,4%	44,2%
	21-2	14,5%	3,1%
	Total*	<b>65,9%</b>	<b>68,9%</b>

Bref, une importante différence est observée entre les distances et durées des transactions AM ainsi que des transactions REG. Cette différence est principalement expliquée par la différence d'utilisation entre les deux services. Également, le sexe, qui n'est pas un facteur au niveau de

service régulier, semble entrer en jeu pour Auto-mobile. En effet, les hommes ont tendance à effectuer des transactions plus longues, tant en terme de distance que de la durée. Aussi, il existe des différences quant au moment privilégié pour utiliser les deux services, même si la proportion de l'utilisation des deux systèmes entre la semaine et la fin de semaine est semblable. La différence est observée à l'intérieur d'une journée typique. Le LSI est même exploité lors de la nuit (21h00 à 3h00), lorsque le régulier répertorie un faible pourcentage de réservations pour cette même période. En conclusion, si l'on compare ces deux services basés sur leur métrique d'utilisation, le LSI et l'autopartage en station constituent des services d'autopartage totalement différents quant à leur utilisation, que ce soit au niveau de la distance parcourue, de la durée employée ou du moment d'utilisation et devraient être traités séparément à l'occasion d'analyses futures.

## **5.4 Résultats du sondage**

Comme introduit à la section 4.1.2, les clients du service Auto-mobile ont eu la possibilité de remplir un court questionnaire au sujet de la transaction qu'ils venaient d'effectuer. Au total, 6 questions leur ont été posées. L'analyse qui suit montre les résultats de 5 de ces questions, en omettant la question sur la satisfaction de la clientèle. Cette dernière question est davantage destinée à l'usage interne de Communauto que pour l'analyse qui suit. Seules les réponses complètes ont été considérées.

### **5.4.1 Analyse des répondants**

Avant d'effectuer l'analyse des réponses au sondage, il est important d'évaluer la démographie de la base de clients qui a répondu au sondage. Au total, ce sont 484 usagers différents qui ont répondu au sondage pour un total de 1174 réponses.

La figure 5.41 montre la distribution du sexe des 484 usagers qui ont répondu au sondage.

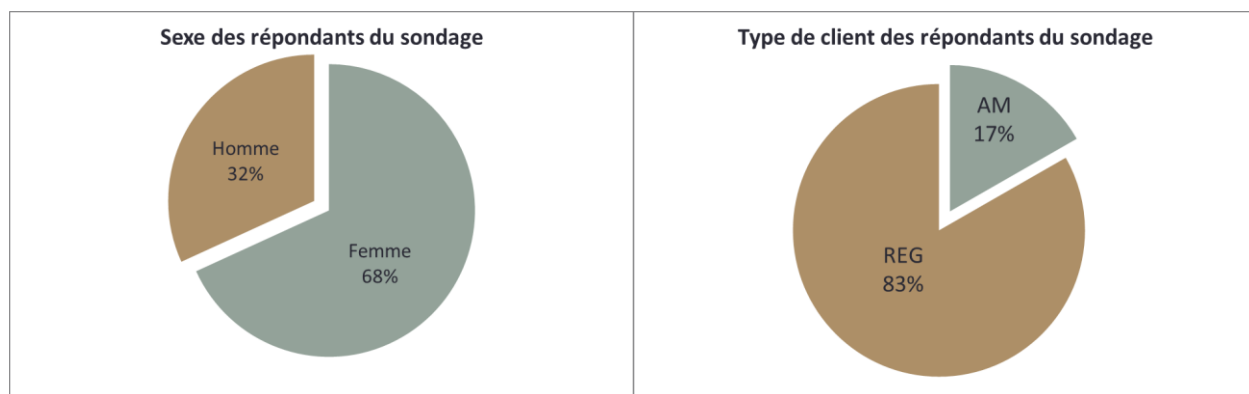


Figure 5.41 : Répartition du sexe et du type des participants au sondage Auto-mobile (AM = AM-AM, AM-REG; REG = REG-AM)

La répartition est sensiblement la même que celle du total des usagers Auto-mobile avec un rapport 68/32 pour les répondants contre 67/33 pour les usagers. Pour ce qui est du type de clientèle qui a participé au sondage, ce sont les utilisateurs qui ont déjà employé au préalable le service régulier qui dominent la proportion des répondants avec un taux de 83%.

Il est vrai que la proportion des usagers de type REG a été plus élevée lors du début du service Auto-mobile. Par contre, le sondage s'échelonne sur les semaines 36 de l'année 2013 à la semaine 9 de l'année 2014. Durant une bonne partie de cette période, les déplacements effectués par les deux types d'usagers étaient sensiblement équivalents quant à la proportion des types de clients. De plus, la figure 5.41 montre la représentation de tous les clients qui ont répondu au sondage, indépendamment du nombre de fois qu'ils ont répondu. Outre une erreur quant à la distribution du sondage, on devrait voir une proportion plus élevée de clients AM. Par contre, les clients REG ont démontré, qu'avec la forte représentation de ces usagers dans le sondage, que ceux-ci ont une conscience relativement aux enjeux de l'autopartage que les nouveaux usagers.

Pour ce qui est de la provenance des usagers, le Plateau Mont-Royal est très fortement représenté :

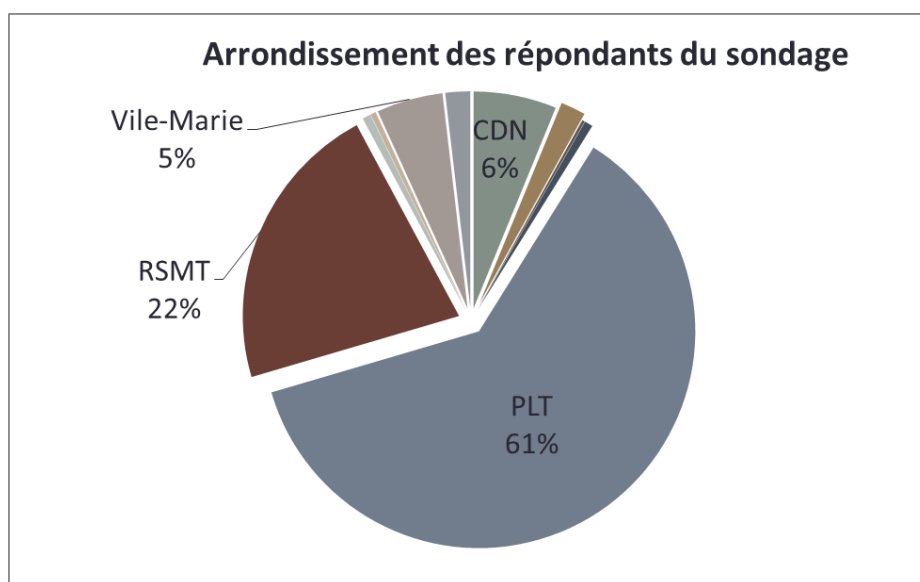


Figure 5.42 : Répartition de l'arrondissement des participants au sondage Auto-mobilité

Avec un total de 61%, cet arrondissement est un peu plus représenté que l'ensemble des usagers (52%). Suivent Rosemont-La-Petite-Patrie avec 22% et Côte-des-Neiges-Notre-Dame-de-Grâces avec 6%. Finalement, la distribution de l'âge des répondants est la suivante.

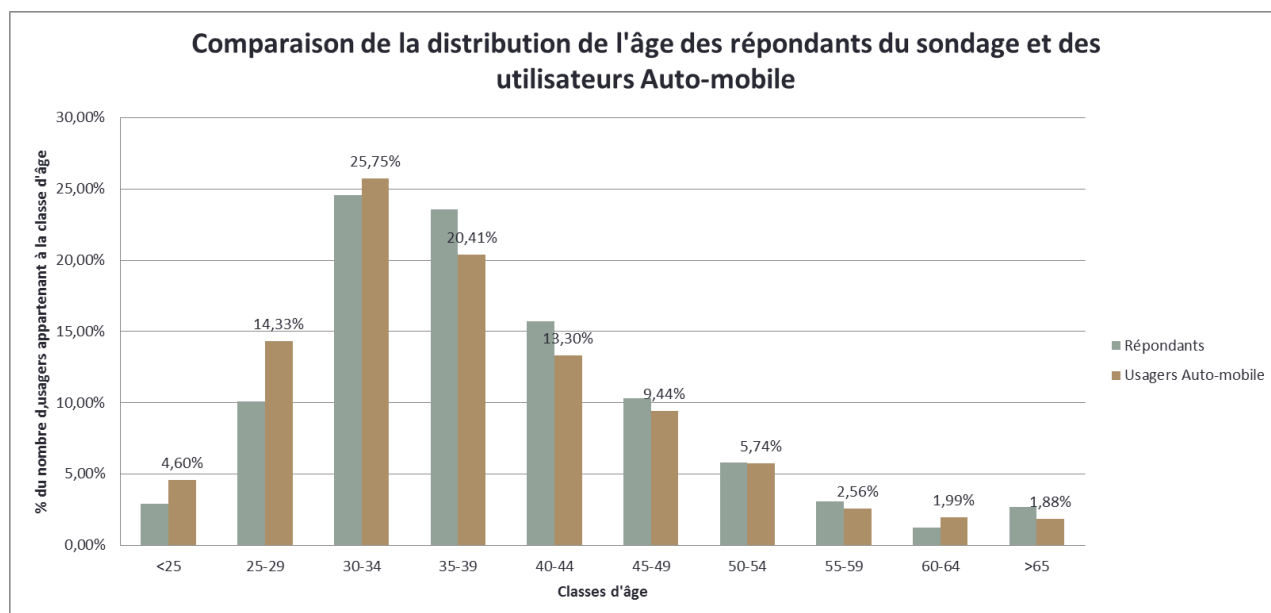


Figure 5.43 : Distribution des classes d'âge entre les répondants du sondage et des utilisateurs du service Auto-mobilité

La distribution de la figure 5.43 montre que les répondants sont sensiblement plus vieux que les usagers du service, avec une moyenne allant à 38,7 ans comparée à 37,6 ans. Bref, on peut affirmer que les répondants au sondage sont des usagers davantage expérimentés de l'autopartage, légèrement plus vieux, composée principalement de femmes et provenant des 3 arrondissements les plus couverts par le service.

Les prochaines sections montrent les résultats du sondage selon chacune des questions posées.

## 5.4.2 Résultats sondage Auto-mobile

### 5.4.2.1 Q2 – Nombres d'activités effectuées

La première question à laquelle les répondants sont soumis est « *Lors de l'utilisation du véhicule Auto-mobile, combien d'activités avez-vous faites (nombre de fois que vous avez stationné le véhicule)?* ». La figure 5.44 présente la distribution des réponses.

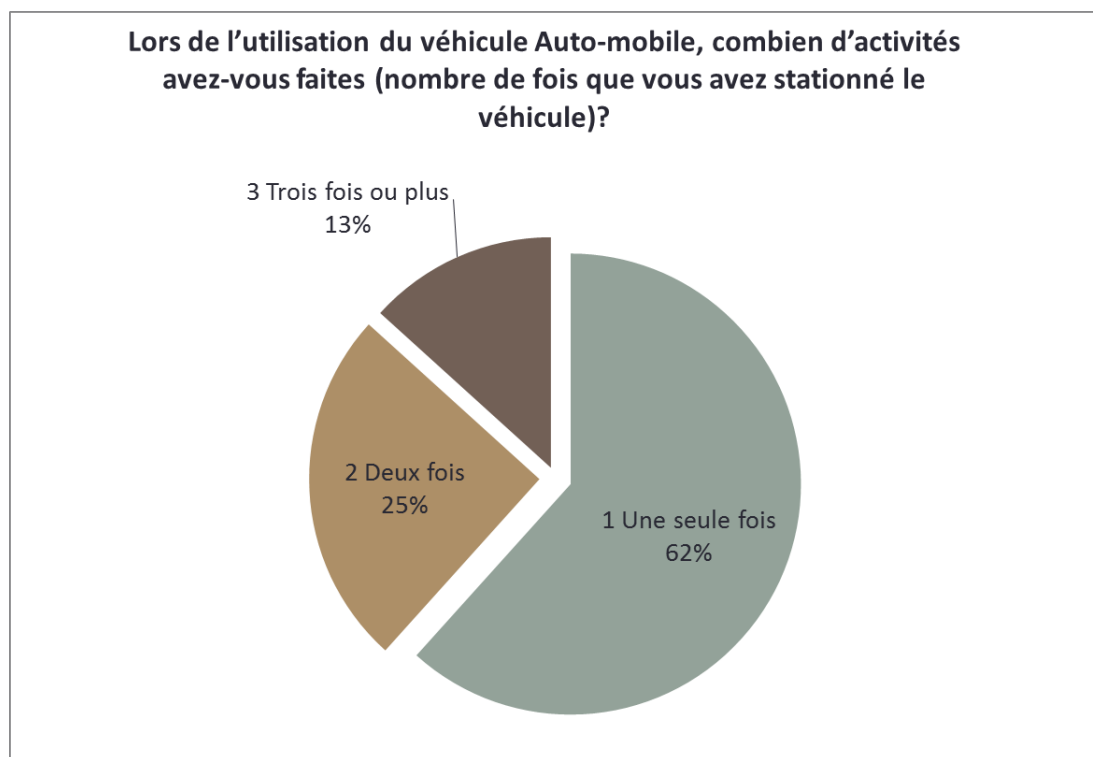


Figure 5.44 : Résultat du sondage Auto-mobile Q2 (N. = 1174 réponses)

Comme l'indique la figure ci-haut, une majorité de répondants affirment avoir effectué une seule activité (62%), contre 25% des répondants affirmant avoir arrêté leur véhicule à deux reprises

et le reste, soit 13%, qui disent avoir effectué au moins trois arrêts. Le problème avec cette question est qu'elle est soumise à interprétation de la part des usagers. Un usager peut considérer que le fait de garer son véhicule à son domicile constitue un arrêt (« [...] nombre de fois que vous avez stationné le véhicule? ») tandis qu'un autre usager ne considère que les arrêts effectués après et/ou avant le retour à son domicile. Dans le cas de la présente analyse, l'enregistrement des arrêts a été effectué, la figure 5.46 présente le nombre de transactions consolidées (suivant la méthodologie expliquée à la section 4.3.3) par classe d'arrêts.

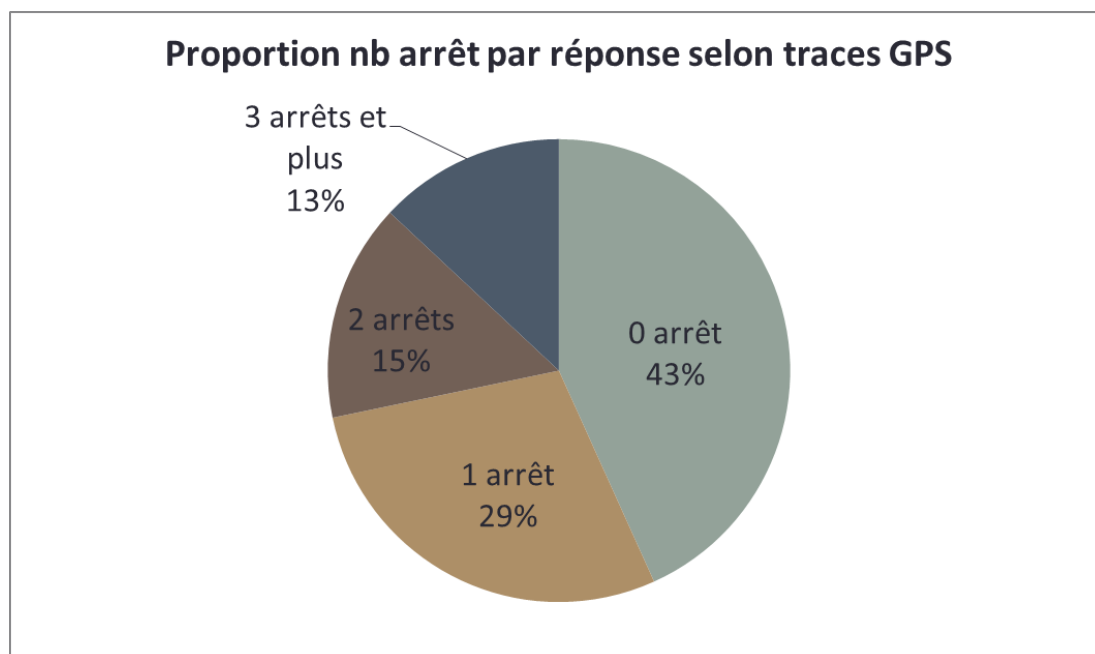


Figure 5.45 : Nombre de transactions consolidées par classe d'arrêt – Auto-mobile

Selon les analyses des traces GPS, 43% des transactions effectuées (des transactions couplées avec le sondage) n'ont effectué aucun arrêt, ce qui veut insinuer des allés simples. En comparant les résultats obtenus avec ceux du sondage, il est clair que les résultats des usagers de la question 2 ne peuvent être utilisés, car la compréhension de la question n'est pas uniforme pour tous les usagers et ainsi, les résultats ne représentent pas fidèlement la réalité.

#### 5.4.2.2 Q4 – Le motif de déplacement

La question 4 est intitulée « *Quel est le motif de ce déplacement effectué avec le véhicule Auto-mobile?* ». Les réponses à cette question permettront de connaître « pourquoi un abonné

utilise ce service » et ainsi mieux positionner le LSI à l'intérieur du cocktail de mobilité montréalais. Les résultats sont répertoriés à la figure 5.46.

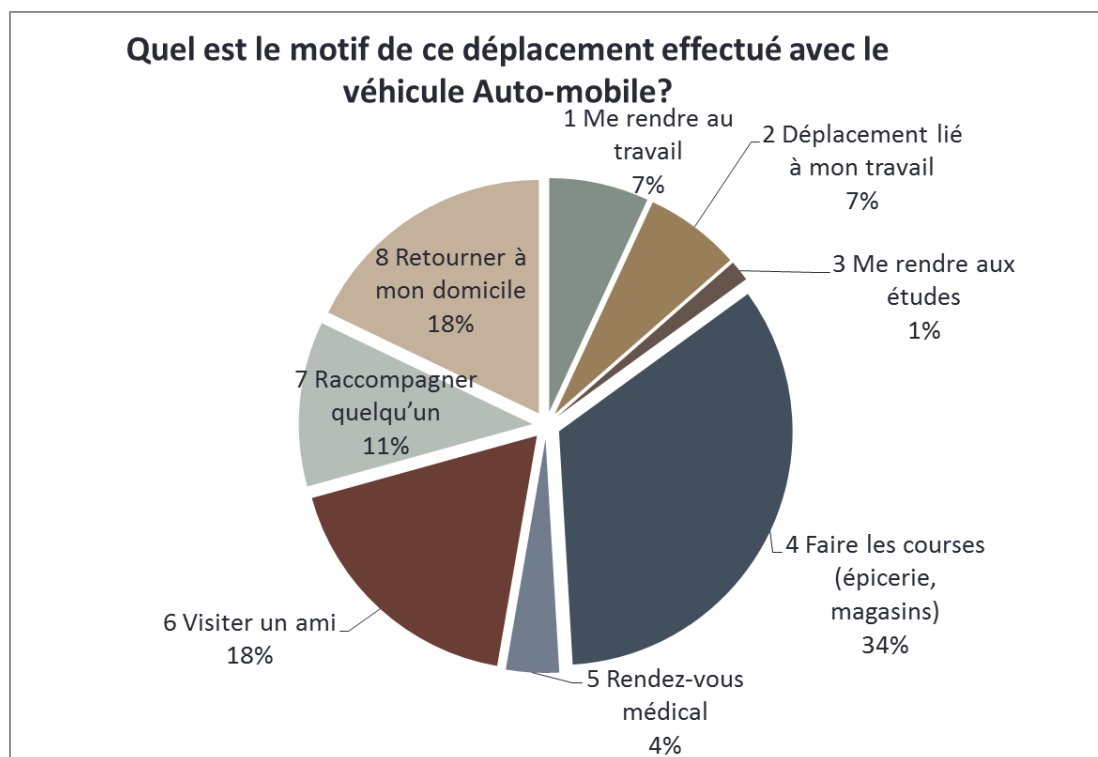


Figure 5.46 : Résultat du sondage Auto-mobile Q4 (N. = 1174 réponses)

Le principal motif d'utilisation est celui de faire l'épicerie en obtenant un peu plus du tiers des réponses avec 34%. En seconde place, « Retourner à son domicile » ainsi que « Visiter un ami » prennent chacun 18% des réponses. Un des grands facteurs qui fait en sorte que la catégorie « Faire les courses, épicerie » est si populaire est fort probablement l'espace de chargement pour le transport des achats qu'amène le service Auto-mobile, surtout en hiver (période sondée). Une portion non négligeable de 18% des déplacements se traduit en trace directe pour revenir à son domicile. Une catégorie comme « Me rendre aux études » n'obtient que 1% des résultats, mais suivant la démographie des répondants, il est tout à fait normal d'obtenir un taux aussi peu élevé. La composante « Me rendre au travail » n'obtient que 7%, ce qui est tout à fait en ligne avec les plages d'utilisation déterminées à la section 5.2.3, où la majorité des déplacements se font la fin de semaine ou en fin de journée la semaine.

En effectuant la correspondance entre le sondage et les données transactionnelles AM, on a pu déterminer les caractéristiques des déplacements selon le motif d'utilisation du service. La figure 5.47 affiche la distance parcourue ainsi que le temps d'arrêt (s'il y a lieu) selon les réponses à la question 4.

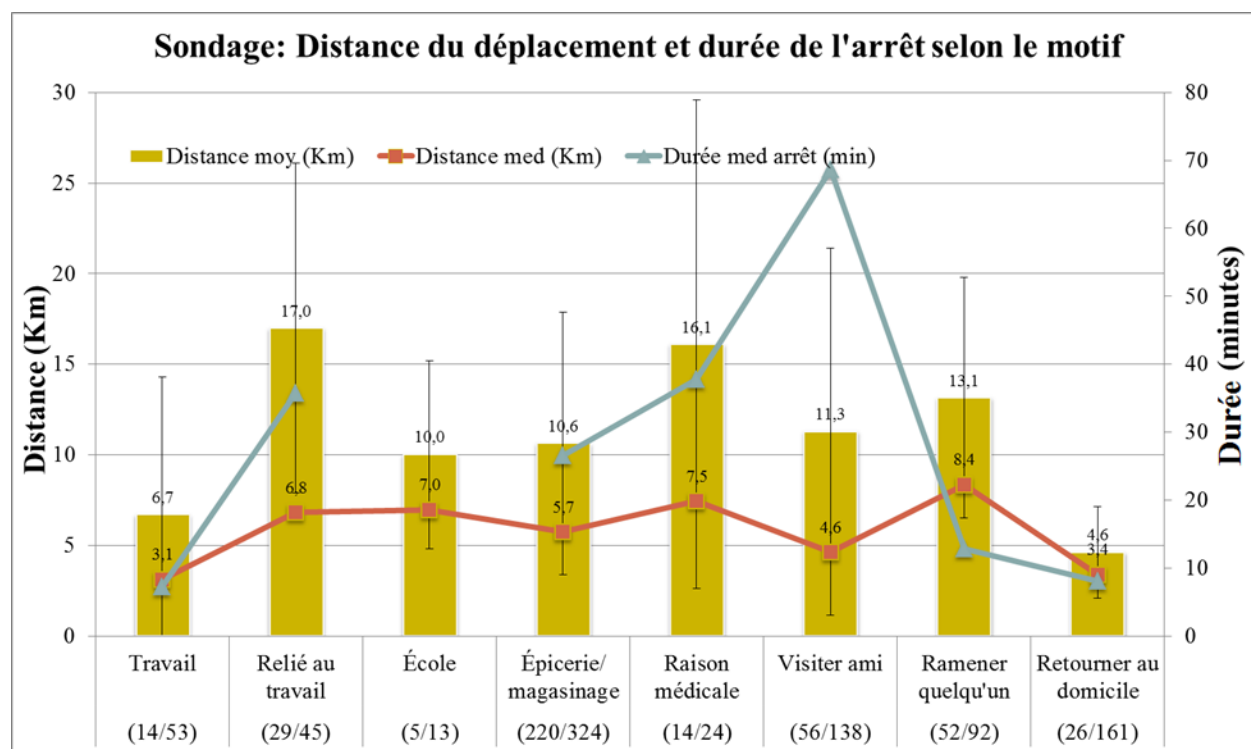


Figure 5.47 : Résultat Q4 selon la distance (moyenne et médiane) des déplacements ainsi que de la durée du temps d'arrêt; Entre parenthèses (nb d'arrêts répertoriés (total de 416)) / (nb de déplacements (total de 850))

Pour ce qui est de la distance de déplacement, retourner à la maison (3,4 km), aller au travail (3,1 km) et visiter un ami (4,6 km) possèdent des distances de déplacement inférieures aux autres catégories. Retourner à la maison et aller au travail sont des activités en traces directes sans retour généralement. De ce fait et étant donné que la majorité des usagers résident à l'intérieur de la zone de couverture du service et qu'ils veulent se départir du véhicule à destination (pour éviter de payer des frais lors de l'arrêt), c'est sans surprise que ces déplacements génèrent des distances plus courtes. D'un autre côté, ramener quelqu'un à la maison (8,4 km) et un déplacement lié à une raison médicale (7,5 km) possèdent les distances les plus élevées.

Pour ce qui est de la durée des arrêts effectués lors des déplacements, on observe des résultats qui correspondent à la réalité. En effet, pour des déplacements effectués en chaîne ouverte (aller au travail, retourner à la maison), le temps d'arrêt est très court à 7,3 minutes et 8,0 minutes respectivement. Aucune activité importante lors du déplacement n'est requise habituellement. Par contre, visiter un ami entraîne un temps médian de 68,7 minutes, car on s'attend à ce que l'utilisateur passe un minimum de temps avec ladite personne. C'est de loin l'activité entraînant l'arrêt le plus élevé. La balance des motifs entraînent tous des durées d'arrêt variant entre 25 et 40 minutes (valeurs médianes). Les arrêts reliés à des déplacements faits pour l'école ne sont pas représentés par manque de données valides.

#### **5.4.2.3 Q5 – Choix modal remplacé**

La question Q5 « Si le service Auto-mobile n'avait pas existé, quel moyen de transport auriez-vous utilisé pour faire ce déplacement ? » se penche sur quelle option modale le service Auto-mobile coupe des « parts de marché ». Étant donné que l'offre modale varie selon les saisons (le service Bixi et les modes actifs notamment), les réponses de cette question ont été scindées en deux afin de mieux refléter les résultats. La figure 5.48 démontre les résultats dans le cas où le Bixi est en service, soit aux semaines 36 à 46.

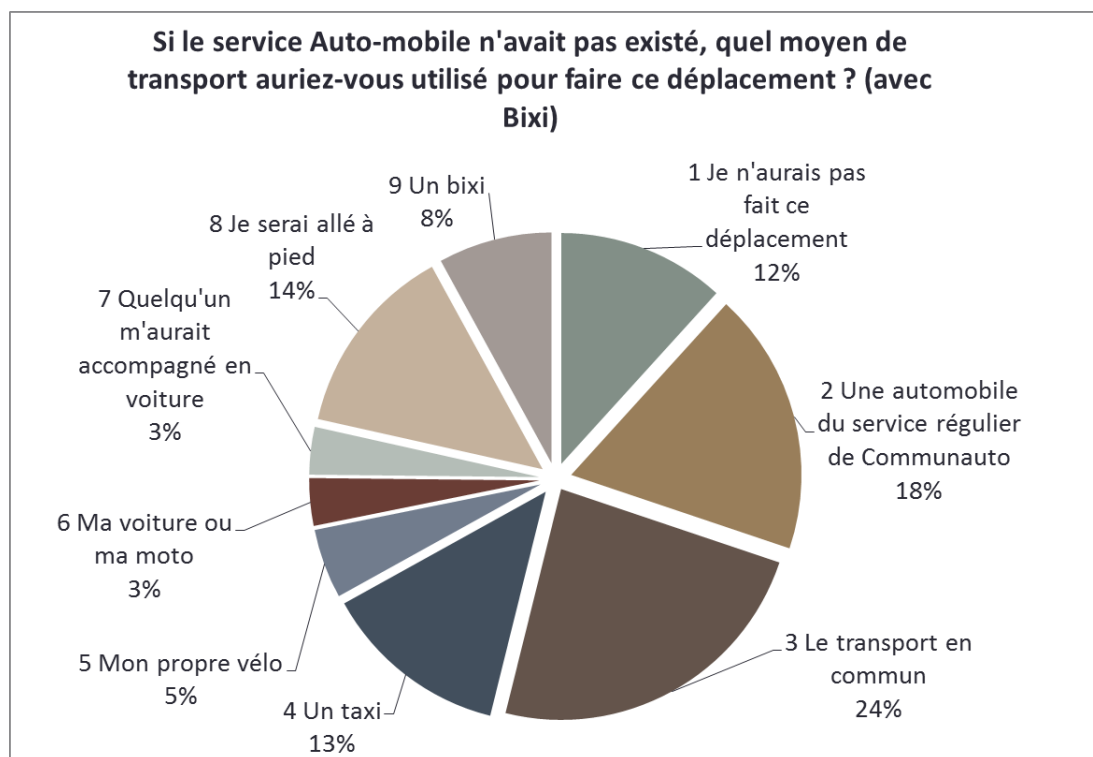


Figure 5.48: Résultat du sondage Auto-mobile Q5 avec Bixi (N. = 451 réponses)

On peut déterminer qu'en présence du Bixi, le transport en commun est le mode le plus remplacé avec 24% des cas, suivi du service régulier de Communauto lui-même à 18%. Des 451 transactions, 53 (12%) n'auraient pas été effectuées si Auto-mobile n'avait pas existé. Également, on peut constater que le LSI motorise davantage des déplacements de type « actif », comme ceux effectués par la marche (14%) et le vélo/Bixi (5%)/(8%). La prochaine figure présente les résultats dans le cas où le Bixi n'est pas en service, soit des semaines 47 à 10.

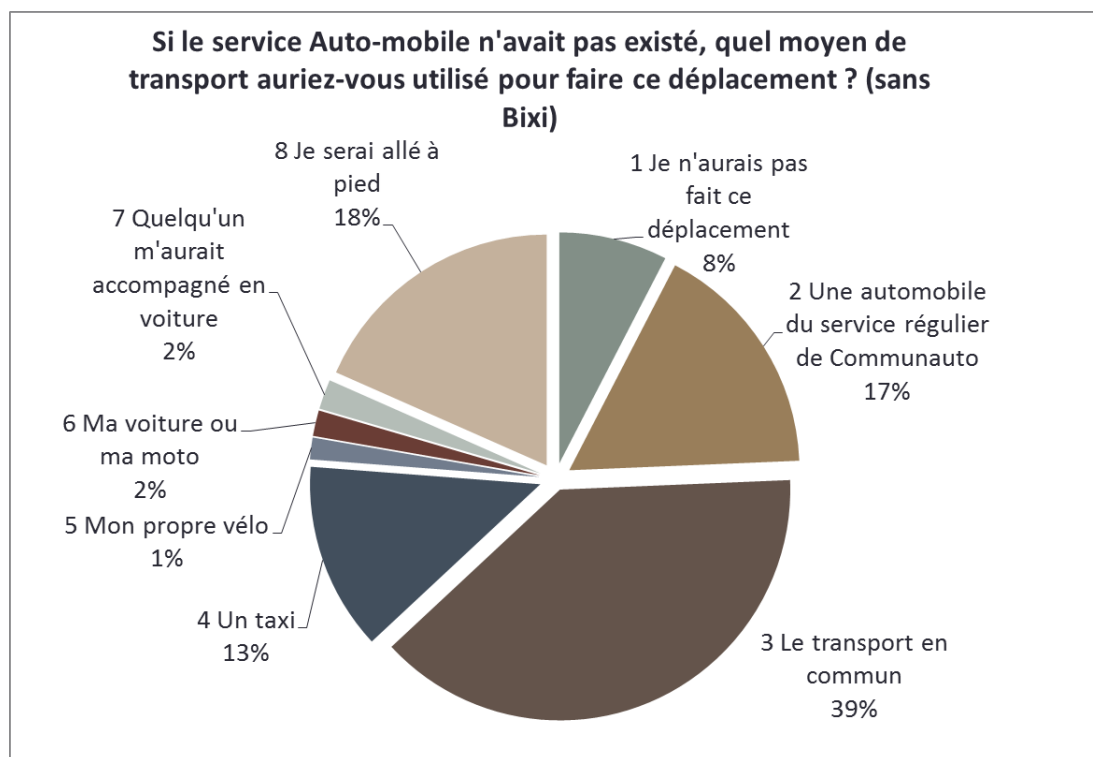


Figure 5.49 : Résultat du sondage Auto-mobile Q5 sans Bixi (N. = 723 réponses)

Étant effectué lors d'une période plus difficile au niveau des conditions climatiques (hiver), on peut s'attendre à ce que les résultats des modes remplacés soient différents de ceux répertoriés plus haut. Le transport en commun est encore une fois la réponse la plus sollicitée avec 39% des réponses, comparé à 24% lors de la situation précédente. Des modes actifs, le taux de déplacements remplacés diminue de 27% à 19%. Les déplacements autrefois effectués par des moyens « actifs » ont migré vers des déplacements effectués en transport en commun dû à la saison froide. Ceci expliquerait le fort taux observé pour le transport en commun et la diminution des moyens « actifs », car pour tous les autres modes, les résultats sont sensiblement équivalents.

Afin d'évaluer l'impact du service Auto-mobile sur les déplacements générés qui ont remplacé d'autres modes, on a évalué les distances parcourues selon le mode de transport potentiellement utilisé. Les résultats sont contenus à la figure 5.50.

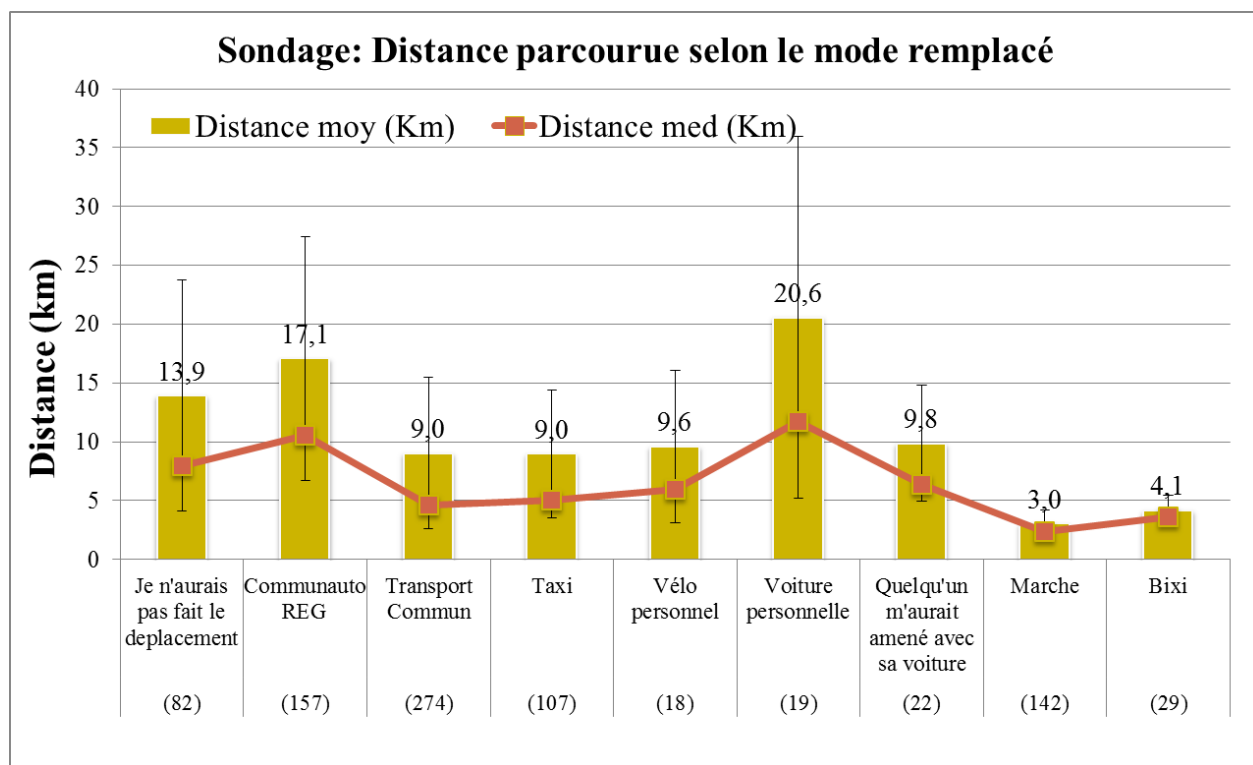


Figure 5.50 : Résultat Q5 selon la distance (moyenne et médiane) des déplacements; Entre parenthèses (nb de déplacements (total de 850))

Suite au traitement des données, les résultats obtenus sont en lien avec ce à quoi on doit s'attendre de la réalité. En effet, pour ceux qui ont répondu qu'ils auraient utilisé un mode actif (marche, vélo, bixi), les déplacements réellement effectués sont assez courts comparativement aux autres modes. On obtient des distances médianes de 2,4 km, 5,9 km et 3,6 km respectivement. On s'attend à ce que la marche soit le mode où la distance est la plus faible et que le vélo personnel obtienne des distances plus élevées que le Bixi dû à la non-contrainte d'un réseau de stations notamment. Également, des déplacements qui auraient été effectués par l'entremise d'une automobile ont généré des distances beaucoup plus élevées. L'auto personnelle, le service Communauto REG et le véhicule d'une autre personne obtiennent des distances médianes de 11,7 km, 10,5 km et 6,4 km respectivement.

#### 5.4.2.1 Q7 - Nombre de véhicules au domicile

Les utilisateurs de l'autopartage ne possèdent généralement aucun ou un véhicule à leur domicile (E. Martin et al., 2010). Les utilisateurs d'Auto-mobile ne font pas exception à la règle. La figure 5.51 montre la répartition du nombre de véhicules au domicile des usagers.

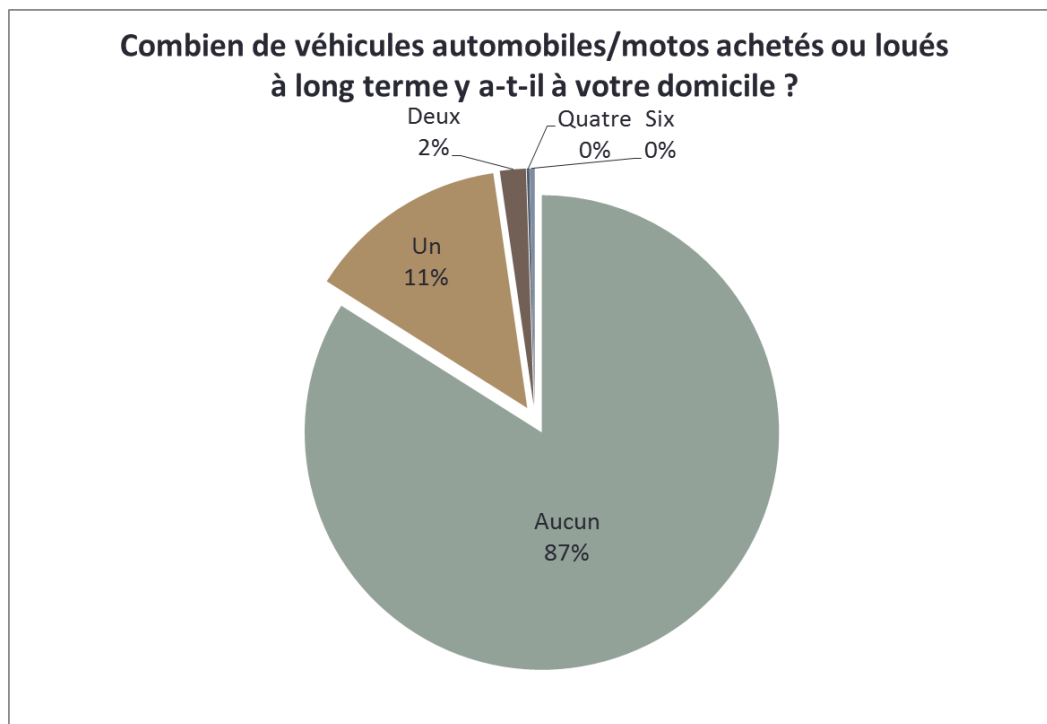


Figure 5.51 : Résultat du sondage Auto-mobile Q2 (N. = 1174 réponses)

Sur un total de 1174 réponses, 724 réponses ont été en faveur d'aucun véhicule (87%), tandis que 11% des réponses n'ont qu'un seul véhicule à la maison. Le reste des résultats (2%), possède 2 véhicules ou plus. Il ne faut pas oublier que la façon dont le sondage a été effectué, un même utilisateur peut répondre à plus d'une occasion, donc il ne faut pas interpréter les résultats comme si 87% des usagers n'ont pas de véhicule, mais bien comme si 87% des déplacements des abonnés ayant répondu au sondage impliquent que l'abonné ne possédait pas de voiture au domicile.

#### 5.4.2.2 Q9 – Mode de retour

La dernière question analysée est par rapport au mode de retour des usagers vers le domicile pour faire suite à l'utilisation du service (« *Suite à votre déplacement avec un véhicule Auto-mobile,*

*avec quel moyen de transport êtes-vous retourné à votre point de départ ou à votre domicile ? »).*

La figure 5.52 montre les résultats à la question.

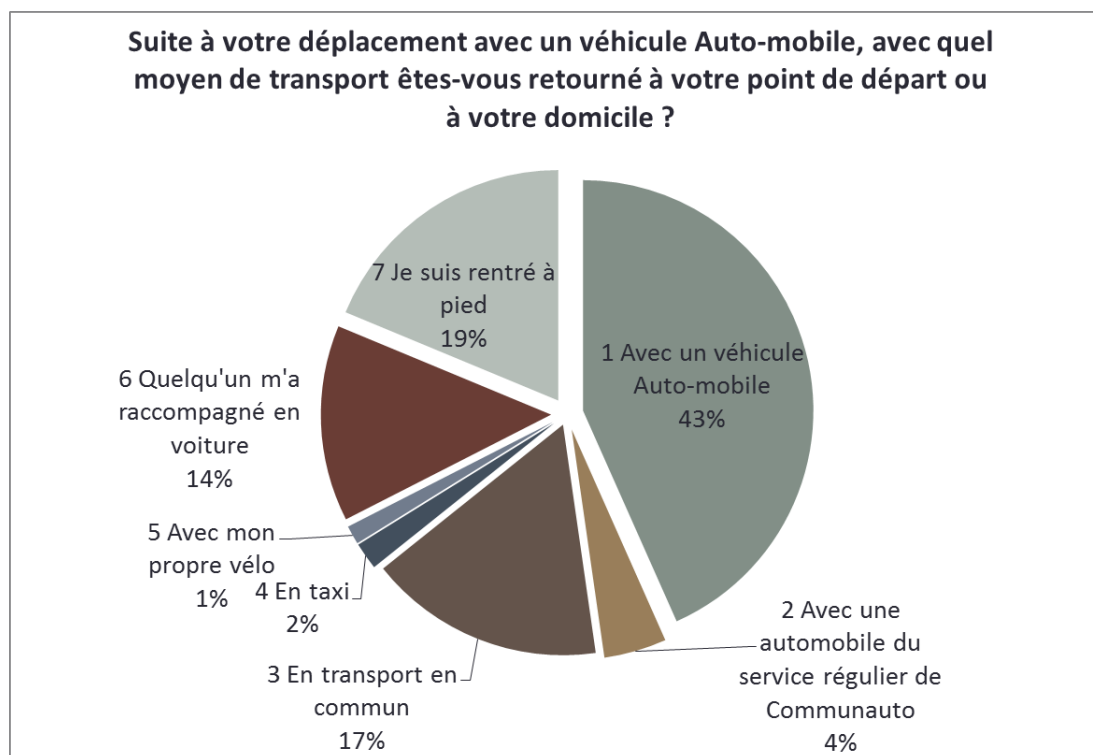


Figure 5.52 : Résultat du sondage Auto-mobile Q9 (N. = 683 réponses)

Étant donné que cette question fût rajoutée à la mi-novembre (semaine 47), on ne dénombre que 683 réponses. À ce moment, le Bixi n'était plus en service. Une bonne proportion des répondants affirme être retournée à leur domicile avec le LSI (43%) indiquant avoir utilisé le service dans le cadre d'une chaîne de déplacements fermée composée principalement du véhicule d'Auto-mobile. Cette métrique semble être, pour le moment, l'indicateur le plus fiable afin d'évaluer si les usagers utilisent AM en boucles fermées ou non. Le reste des réponses, soit 56%, implique que leur chaîne de déplacement est multimodale, étant donné que le retour s'est fait avec un moyen autre que le libre-service intégral. 19% des usagers indiquent être retournés à l'aide de la marche, ce qui démontre le caractère davantage urbain du service. De plus, à la question Q5, le transport en commun est le mode le plus remplacé par ce service. Par contre, on peut remarquer que le LSI « génère » quand même à la hauteur de 17% de ces transactions, des déplacements avec le transport en commun, ce qui atténue le remplacement du mode.

### 5.4.3 Intégration du LSI dans le cocktail de mobilité urbaine actuel

Afin de comparer la complémentarité ou non du service Auto-mobile avec les autres options modales, une analyse au niveau du moment d'utilisation a été effectuée selon le choix modal utilisé répondu à la question Q5. De façon plus précise, l'analyse porte sur le transport en commun et le taxi, dû principalement à la taille de l'échantillon disponible ainsi que par les questions soulevées sur l'implantation d'un LSI à la ville de Montréal<sup>13</sup>. Pour ce qui est du taxi et du transport en commun, on a voulu déterminer si le moment de la journée affectait la substitution de ces deux modes, pour cause d'un taux de service plus faible par exemple en dehors des heures achalandées. La figure 5.53 présente la distribution des déplacements effectués selon le moment de la journée selon les résultats de la question Q5.

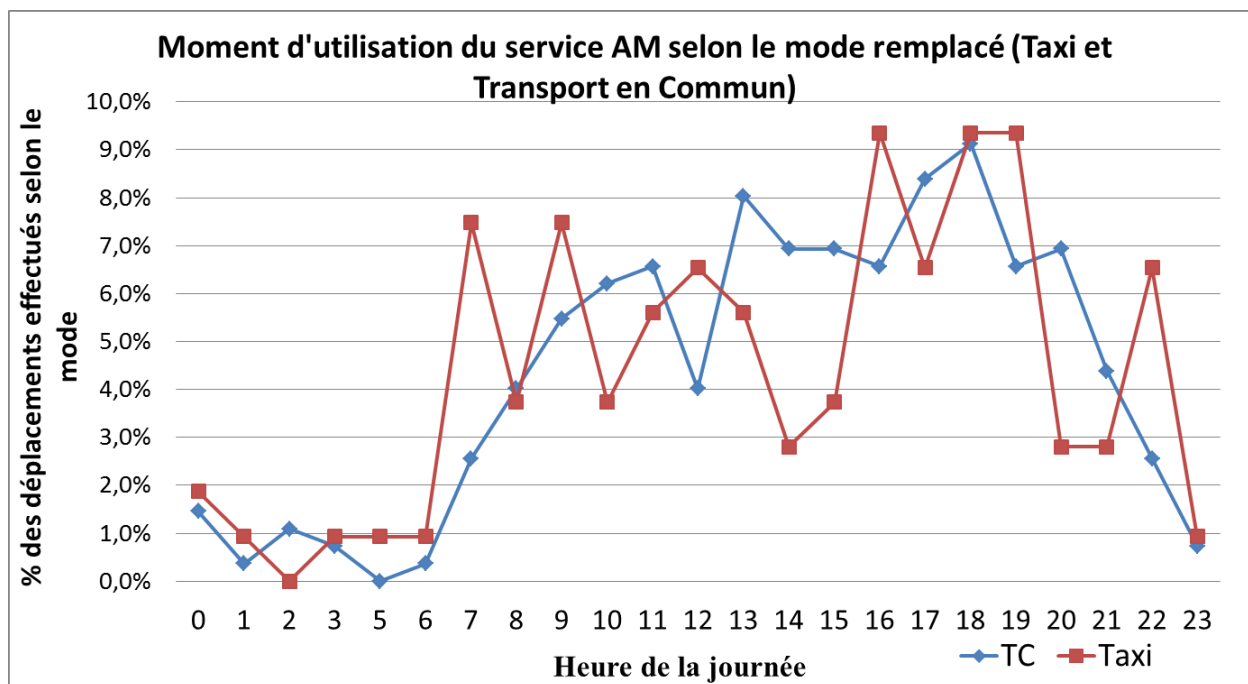


Figure 5.53 : Déplacements selon le mode remplacé (Q5) et selon l'heure de la journée

Les distributions présentées à la figure 5.53 ne présentent pas de tendance spécifique quant à chacun des modes respectifs. L'utilisation s'apparente à ce qu'on a retrouvé à la figure 5.18. Pour le transport en commun, on se serait attendu à observer des pointes en périodes hors pointes pour compenser deux faits. Le premier étant qu'en période de pointe, une bonne partie des autobus sont remplis à capacité. En second, le taux de service est plus faible en période hors pointe. En réalité, les utilisateurs ont utilisé Auto-mobile durant tous les moments de la journée. Auto-mobile vient donc apporter une option de plus quant au transport en commun, non par sa capacité à pouvoir se déplacer à n'importe quel moment, mais davantage au caractère utilitaire qu'apporte l'espace de chargement d'un véhicule. Le motif d'utilisation le plus important répertorié est l'épicerie/magasiner, donc pour vérifier cette hypothèse, à la figure 5.54 on présente tous les modes remplacés selon qu'ils ont été effectués dans un but de faire les courses.

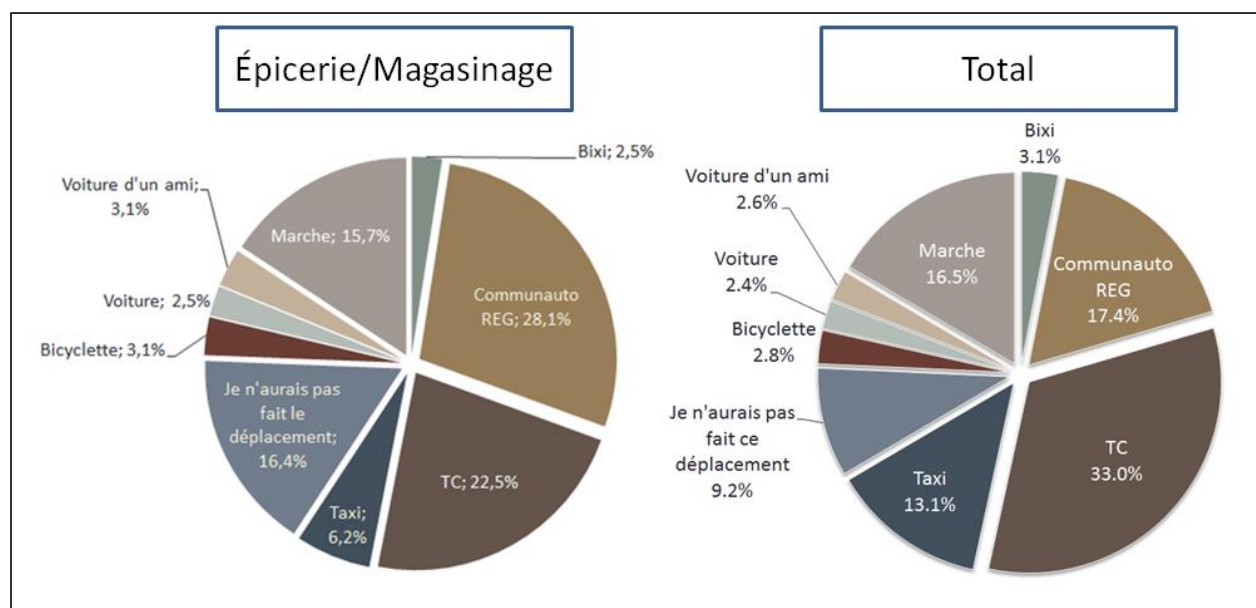


Figure 5.54: Mode de transport remplacé lorsque l'utilisateur a effectué des courses

On constate que le principal choix modal remplacé est Communauto REG avec 28,1% des déplacements, suivi du transport en commun (22,5%) et de la marche (15,7%). Une forte proportion de gens affirme ne pas faire le déplacement dans l'éventualité où AM n'existerait pas (16,4%). Ces résultats montrent que pour 54,6% des déplacements (TC, marche et « Je n'aurais pas fait le déplacement »), les gens ont recherché du confort (espace de chargement disponible) accru avec

l'utilisation de la voiture, tandis que pour ceux qui utilisent REG habituellement, les usagers rechercheraient davantage de souplesse dans leur emploi du temps (aucune réservation requise).

Pour ce qui est du taxi, on a voulu comparer les résultats obtenus par (Pelé & Morency, 2014) au niveau des plages d'utilisation du taxi. La figure 5.55 est tirée de leur article et recense la répartition des courses de taxi selon le moment de la semaine et de la journée.

Type of day	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V		
Date	29	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28		
Time of the day (hours)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	TOTAL	AVERAGE	
0	402	531	898	984	252	211	274	289	519	889	833	533	261	265	279	433	807	892	197	217	294	340	492	881	933	247	244	310	362	568	14627	487.6
1	252	444	1077	914	229	184	236	295	489	889	913	514	243	224	275	465	913	940	206	179	214	283	446	975	993	230	187	285	308	552	14354	478.5
2	207	354	1021	923	160	134	200	245	479	919	863	552	164	187	220	420	884	955	140	129	190	225	384	1021	##	158	141	256	252	497	13306	443.5
3	231	395	978	970	195	157	219	255	482	951	1012	603	204	236	247	438	969	1014	192	184	199	279	413	1012	##	234	180	229	290	459	14266	475.5
4	140	198	486	446	173	122	160	155	230	488	446	339	161	147	131	214	422	452	144	121	126	164	209	489	522	146	134	174	180	253	7562	252.1
5	179	204	307	269	197	171	175	194	218	307	237	228	211	184	176	222	299	280	212	161	165	220	207	287	313	232	168	196	212	204	6635	221.2
6	301	299	232	257	321	288	285	289	300	228	219	188	289	266	289	312	270	241	324	261	301	309	326	232	244	297	281	291	278	282	8260	275.3
7	503	456	326	200	567	498	491	548	499	258	210	199	478	509	545	730	278	235	518	482	518	607	575	264	237	493	455	507	535	516	13197	439.9
8	768	762	345	224	845	767	805	803	760	277	215	224	731	750	834	##	462	255	730	747	809	883	831	328	206	691	767	827	843	830	19381	646.0
9	829	786	424	241	772	735	695	816	786	336	271	230	657	737	754	955	400	301	700	703	728	798	781	351	271	713	742	748	800	854	18914	630.5
10	598	687	431	356	725	641	706	667	680	350	299	248	644	629	614	814	360	345	576	593	619	687	661	368	326	551	621	585	667	676	16724	557.5
11	583	677	518	422	691	652	670	687	640	365	330	308	616	649	690	740	423	359	571	637	654	696	662	380	334	595	590	561	724	710	17094	569.8
12	595	656	521	462	672	631	655	694	708	399	308	294	572	647	723	672	472	418	662	644	672	741	652	425	331	575	587	648	684	663	17383	579.4
13	700	667	531	446	760	625	682	682	658	418	382	276	589	614	666	645	402	393	618	642	581	666	597	454	340	597	614	673	716	629	17263	575.4
14	671	692	530	524	718	408	663	714	692	413	335	308	637	645	641	654	471	396	618	620	637	719	700	457	392	606	630	677	754	751	17673	589.1
15	680	666	549	588	638	602	654	711	614	457	385	332	604	635	653	756	491	408	626	650	574	720	658	427	397	585	614	638	724	761	17797	593.2
16	627	691	603	535	568	562	654	706	661	428	432	378	551	589	664	802	489	449	590	569	592	1013	659	524	407	545	559	628	714	695	17974	599.1
17	838	614	676	491	561	531	597	727	661	441	406	310	537	548	621	838	582	389	564	560	605	962	640	588	388	678	563	625	740	656	17937	597.9
18	873	639	799	416	562	504	563	645	603	428	373	329	489	528	709	911	561	314	508	541	562	760	689	627	369	731	516	597	676	712	17534	584.5
19	887	670	781	500	431	447	501	610	612	496	406	321	397	403	583	892	573	358	396	472	495	627	680	543	370	514	427	511	624	738	16265	542.2
20	829	616	674	453	328	363	477	543	578	491	336	286	371	384	461	759	577	304	313	364	430	544	619	625	309	328	353	405	605	646	14271	475.7
21	717	570	661	392	337	402	454	506	543	488	393	312	344	389	523	681	732	276	332	384	447	597	567	528	278	322	397	418	550	676	14216	473.9
22	775	718	771	387	289	351	419	565	616	615	426	301	342	405	593	717	##	279	277	393	452	564	653	686	305	399	384	482	617	904	15725	524.2
23	607	806	907	315	250	351	385	547	730	788	510	269	273	332	495	780	897	272	243	325	355	532	794	863	296	232	343	372	599	1014	15482	516.1
TOTAL	13792	13758	15046	11715	11241	10337	11610	12893	13718	12119	10540	7882	10365	10902	12346	15912	13774	10525	10257	10578	11219	14026	13895	13235	10626	10699	10497	11643	13454	15236	363840	runs during the month
AVERAGE	574.7	573.3	626.9	488.1	468.4	430.7	483.8	537.2	571.6	505.0	439.2	328.4	431.9	454.3	514.4	663.0	573.9	438.5	427.4	440.8	467.5	584.4	579.0	551.5	442.8	445.8	437.4	485.1	560.6	634.8		
	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V		

Figure 5. Synthesis of taxi usage during four weeks of operation, by time of the day (hour)

Figure 5.55 : Plage d'utilisation des déplacements fait par taxi à Montréal selon une étude de (Pelé & Morency, 2014)

On remarque rapidement que les plages d'utilisation les plus importantes sont au niveau de la nuit entre 23h00 et 4h00 dans les nuits entre de vendredi à samedi et entre les nuits de samedi à dimanche et également au niveau de la matinée en semaine de 8h00 à 10h00. Si l'on compare cette matrice d'utilisation avec celle démontrée à la figure 5.17, on remarque clairement que les plages d'utilisation du système Auto-mobile ne sont pas les mêmes que celles du taxi. De plus, les motifs d'utilisation diffèrent entre les deux services. Selon le sondage, Auto-mobile se place davantage

comme un service utilisé au niveau des courses et du magasinage. Le taxi quant à lui, pour la période nocturne, sert davantage des clients qui sont sortis en ville (qui ne pourraient conduire de toute façon s'il y a consommation d'alcool) et pour la période du matin en semaine pour ceux qui vont vers le travail ou l'école, quand seule une faible proportion d'utilisateurs du service AM l'utilise pour ces motifs. On peut donc pressentir que même si un certain niveau de substitution sera observé entre le taxi et AM, les plages d'utilisation ainsi que les motifs d'emploi des deux services sont significativement différents.

En conclusion, afin de répondre clairement à la question de complémentarité du LSI avec les autres modes disponibles, plusieurs analyses additionnelles devront être effectuées. Les données du sondage montrent un certain degré de chevauchement auprès des autres choix modaux, mais une analyse plus approfondie quant à l'ensemble de la chaîne de déplacement de l'utilisateur devrait être effectuée. Une étude comme celle de l'enquête origine-destination pourrait être une bonne piste de solution. Sinon, selon les données mises à notre disposition, le transport en commun semble être le mode le plus affecté. Ceci n'est pas surprenant, car les motifs premiers du LSI, qui sont les courses et le magasinage, demandent parfois un niveau utilitaire (espace de chargement) plus élevé, ce que le LSI peut offrir. Il faudra évaluer dans de futures recherches si ce côté utilitaire amène à repousser l'achat d'une voiture chez les usagers. Pour ce qui est du taxi, plusieurs inquiétudes ont été formulées lors de l'implantation du LSI à Montréal. Il est vrai qu'il y aura toujours un certain taux de chevauchement entre ces deux modes, mais les motifs d'utilisation ainsi que les plages horaires d'utilisation observées ne semblent pas interférer directement l'un avec l'autre. Bien entendu, cette hypothèse reste à être validée dans de futures recherches.

## CHAPITRE 6 CONCLUSION ET PERSPECTIVES

### 6.1 Contributions

Ce mémoire a présenté un portrait de l'autopartage en libre-service intégral quant aux comportements des usagers. Étant donné la faible présence de publications associées au LSI dans la littérature, le présent travail se veut une amorce quant aux futurs travaux sur le sujet. Quelques études ont déjà été effectuées sur le sujet, mais peu ou aucune d'entre elles ne jumellent autant de sources de données différentes afin d'obtenir des analyses selon plusieurs dimensions. Pour s'y faire, les données transactionnelles d'un service en LSI, ainsi que les données d'un opérateur d'autopartage et les données d'un sondage ont été mises en commun afin de dresser les différentes conclusions. Au niveau des caractéristiques des usagers du LSI, ces derniers sont un peu plus jeunes (médiane à 35 ans pour le LSI et 38 ans pour le régulier) et avec une plus grande prépondérance des femmes (63%) par rapport aux hommes. Généralement, la majorité réside à l'intérieur de la zone de service (83%). Pour les comportements d'utilisation, on a découvert qu'au niveau des distances, la distance parcourue moyenne pour une transaction pour le LSI est de  $8,0 \pm 12,2$  km avec une valeur médiane de 3,8 km. Aussi, il est remarqué que le service est généralement plus populaire au niveau de la fin de semaine et qu'il est utilisé pour des motifs de magasinage (34%), de plaisance (18%) et de retour au domicile (18%). Presque aucune différence n'est remarquée entre les usagers de sexe masculin et féminin au niveau des habitudes de conduites, mais par contre, on remarque des écarts au niveau du type d'utilisateur. En effet, les usagers déjà abonnés au service d'autopartage traditionnel (REG) effectuent des déplacements et des temps d'arrêt plus courts que leur homologue (AM). Au niveau de la comparaison du LSI avec le service traditionnel, les résultats sont clairs. Les deux services obtiennent des résultats différents au niveau des métriques d'utilisation. En effet, les distances de déplacements diffèrent ( $49,3 \pm 87,4$  km avec une valeur médiane de 23,0 km pour une réservation pour le service régulier), les durées de transactions sont différentes ( $67,3 \pm 198,9$  minutes pour le LSI et  $7,4 \pm 14,3$  heures avec une médiane à 3,75 heures pour le régulier) et les moments d'utilisation ne sont pas les mêmes. De ces faits, ces deux services devront être traités de façon séparées lors d'études futures. Finalement, au niveau de la complémentarité du LSI avec les autres modes de transport présents dans la métropole, il n'y aucun doute que l'introduction du LSI dans le cocktail de mobilité de la ville amène à une réorganisation

des parts de marchés des choix modaux. Par contre, même si le LSI remplace certains déplacements autrefois effectués par d'autres modes comme le transport en commun, le taxi et des modes actifs, le LSI fait un apport indéniable à la collectivité montréalaise en apportant une solution innovante et qui semble plaire aux usagers qui vont le préférer dans certaines situations, car le LSI semble se tailler une niche propre à lui, qui semble complémentaire à première vue aux autres modes. Pour connaître les effets réels de l'introduction de ce mode de transport dans la complémentarité du cocktail montréalais, d'autres études devront être réalisées.

Pour ce qui est du système d'information créé pour l'étude, ce dernier permet de traiter des données historiques et des données futures qui permettront de mettre à jour les différents indicateurs, qui ne peuvent être obtenus, dans le cas échéant, sans l'aide d'un traitement automatique. Il est vrai que plusieurs manipulations manuelles sont à entrevoir, mais ces manipulations sont nécessaires lorsqu'on fait face à de telles sources de données.

Les différents résultats obtenus permettront d'établir des bases de comparaison dans de recherches futures et la méthodologie employée lors du traitement des données pourra être utilisée comme balise pour en développer de meilleures.

## **6.2 Limitations**

Ce projet a été conçu selon les meilleures intentions, connaissances et outils au moment d'effectuer les différentes étapes du projet. Quelques limitations sont tout de même présentes. Par exemple, l'information au niveau de la chaîne de déplacements est manquante et absente de ce mémoire. En effet, plusieurs analyses se basent sur des parties de la chaîne de déplacements et ne captent pas le début et la fin de celle-ci (si l'utilisateur a utilisé d'autres moyens de transport avant et après autre que le LSI). Le sondage traité dans ce mémoire se veut sur une base volontaire et ne permet pas de relier systématiquement les réponses du sondage avec la ou les transactions effectuées qui sont en lien avec les réponses. Plusieurs hypothèses ont dû être prises en ce sens pour coupler les résultats du sondage aux transactions effectuées. Également, aucun contrôle n'a été effectué par les auteurs de ce projet sur la façon dont le sondage a été conçu et distribué, ce qui pourrait être à revoir dans le futur.

La période de l'étude possède également ses limitations. Étant donné que les habitudes de déplacements des Montréalais évoluent au fil des saisons, l'absence d'une année complète de résultats ne représente pas fidèlement les déplacements réels effectués. Les données s'échelonnent principalement de juillet jusqu'à la fin février, capturant au passage les vacances de juillet et d'août, du temps des fêtes en décembre et début janvier. Ces moments, quoiqu'importants, ne représentent pas les habitudes au quotidien des usagers. Un autre facteur à ne pas oublier est la période d'apprentissage du nouveau système Auto-mobile ainsi que l'expansion du système. En effet, une certaine période d'adaptation est observée lors de l'implantation du système, où les usagers découvrent le système et apprennent à l'utiliser. L'expansion constante du système crée également une distorsion dans les résultats, en modifiant la zone de couverture et le nombre de voitures disponibles. Ces changements amènent une difficulté accrue quant à l'interprétation des données.

Quoique fonctionnels, les algorithmes utilisés pour détecter les déplacements et les moments d'arrêt à l'intérieur des transactions peuvent être améliorés afin de mieux détecter les erreurs au niveau de la capture des traces GPS. Des seuils au niveau de distances extrêmes sont instaurés, mais l'intégrité des millions de traces GPS n'est pas réellement testée lors du découpage.

### **6.3 Perspectives futures**

Le libre-service intégral est un type d'autopartage très jeune encore dans la littérature. Plusieurs facettes du LSI sont encore à étudier, l'accomplissement de ce projet étant un bon début en la matière. Tel que mentionné dans les limitations, il serait intéressant et important de s'intéresser aux différentes relations entre le LSI et les autres modes de transports présents dans les métropoles. Ce mémoire tente d'y répondre en partie, mais on doit s'intéresser à la notion de complémentarité à l'intérieur du cocktail de mobilité urbain. Également, les impacts environnementaux devraient être étudiés. Les études sur l'autopartage en stations démontrent les bénéfices sur l'environnement, mais la question sur le LSI est toujours en suspens. Les impacts au niveau des émissions polluantes, mais aussi la possession automobile devront être des facteurs d'étude. Une fois mieux compris, on pourra attribuer ou non l'étiquette de mode de transport durable au LSI. Il ne faut pas également perdre de vue que de plus en plus de grands constructeurs automobiles entrent dans le marché de l'autopartage en LSI en fournissant un parc automobile

imposant, mais est-ce que ces sociétés contribuent au développement d'un mode plus durable, dans une société où l'auto personnelle n'est plus la solution à la mobilité urbaine de demain.

## BIBLIOGRAPHIE

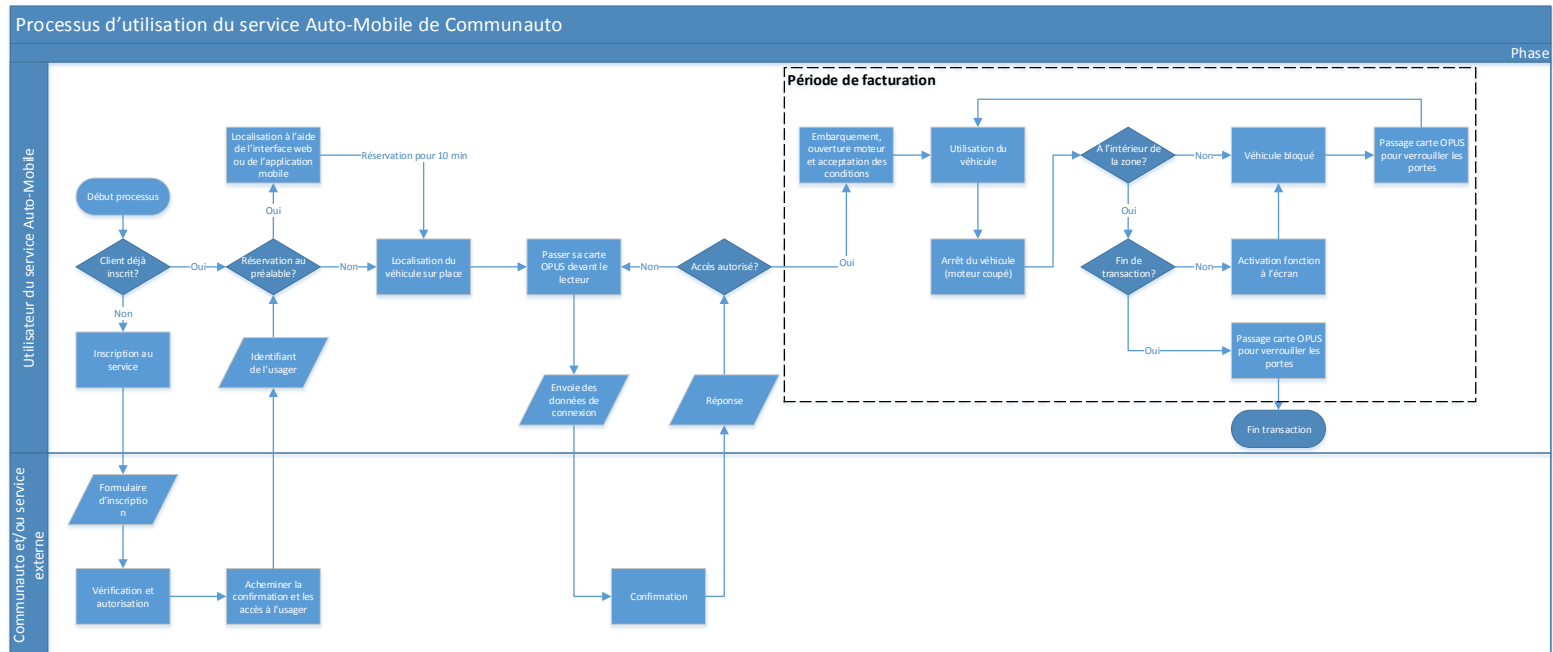
- Arentze, T., Hofman, F., van Mourik, H., & Timmermans, H. (2000). ALBATROSS: multiagent, rule-based model of activity pattern decisions. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1706(1), 136-144.
- Cervero, R., Creedman, N., Pai, M., & Pohan, M. (2002). City carshare: Assessment of short-term travel-behavior impacts. *Institute of Urban & Regional Development*.
- Cervero, R., Golub, A., & Nee, B. (2007). City CarShare: longer-term travel demand and car ownership impacts. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1992(1), 70-80. doi: Doi 10.3141/1992-09
- Cervero, R., & Tsai, Y. (2004). City CarShare in San Francisco, California: second-year travel demand and car ownership impacts. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1887(1), 117-127.
- Chan, N. D., & Shaheen, S. A. (2012). Ridesharing in north america: Past, present, and future. *Transport Reviews*, 32(1), 93-112.
- Ciari, F., Balmer, M., Axhausen, K. W., (2008). Concepts for a large scale car-sharing system: Modeling and evaluation with an agent-based approach.
- Ciari, F., Bock, B., & Balmer, M. (2014). Modeling station-based and free-floating carsharing 2 demand: A test case study for berlin, germany 3. *Transportation Research*, 30.
- Communauto. (2013). Communauto lance Auto-mobile : premier projet pilote de véhicules en libre-service sans réservation 100% électrique au Canada. Retrieved 19 février 2014, 2014, from <http://actualites.communauto.com/2013/06/16/communauto-lance-auto-mobile/>
- Costain, C., Ardron, C., & Habib, K. N. (2012). Synopsis of users' behaviour of a carsharing program: A case study in Toronto. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 46(3), 421-434.
- Dallaire, Y., Lafond, N., Lanoix, C., Viviani, M., Simard, M., & Robert, B. (2006). Le projet auto+ bus: Évaluation d'initiatives de mobilité combinée dans les villes canadiennes. *Tecslut Inc (mise à jour 2007)*.

- Douma, F., & Gaug, R. (2009). *Carsharing in the Twin Cities: Measuring impacts on travel behavior and automobile ownership*. Paper presented at the Transportation Research Board 88th Annual Meeting.
- Firnkorn, J. (2012). Triangulation of two methods measuring the impacts of a free-floating carsharing system in Germany. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 46(10), 1654-1672.
- Firnkorn, J., & Müller, M. (2011). What will be the environmental effects of new free-floating car-sharing systems? The case of car2go in Ulm. *Ecological Economics*, 70(8), 1519-1528.
- Grasset, V., & Morency, C. (2010). *Carsharing: Analyzing the interaction between neighborhood features and market share*. Paper presented at the Transportation Research Board 89th Annual Meeting.
- Hampshire, R. C., & Gaites, C. (2011). Peer-to-Peer Carsharing. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2217(1), 119-126.
- Jorge, D., Correia, G., & Barnhart, C. (2012). Testing the validity of the MIP approach for locating carsharing stations in one-way systems. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 54, 138-148. doi: DOI 10.1016/j.sbspro.2012.09.733
- Katsev, R., Brook, D., & Nice, M. (2001). The effects of carsharing on travel behaviour: analysis of CarSharing Portland's first year. *World Transport Policy & Practice*, 7(1).
- Leclerc, B., Trépanier, M., & Morency, C. (2013). Unraveling the Travel Behavior of Carsharing Members from Global Positioning System Traces. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2359(1), 59-67.
- Martin, E., Shaheen, S. A., & Lidicker, J. (2010). Impact of carsharing on household vehicle holdings. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2143(1), 150-158.
- Martin, E. W., & Shaheen, S. A. (2011). Greenhouse gas emission impacts of carsharing in North America. *Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on*, 12(4), 1074-1086.

- Meijkamp, R. (1998). Changing consumer behaviour through eco-efficient services: an empirical study of carsharing in the Netherlands. *Business Strategy and the Environment*, 7(4), 234-244.
- Millard-Ball, A., Murray, G., Ter Schure, J., Fox, C., and J. Burkhardt. Car-Sharing: Where and How It Succeeds. Transit Cooperative Research Program Report 108. Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., 2005.
- Morency, C., Trepanier, M., & Agard, B. (2011). *Typology of carsharing members*. Paper presented at the Transportation Research Board 90th Annual Meeting.
- Morency, C., Trépanier, M., Agard, B., Martin, B., & Quashie, J. (2007). *Car sharing system: what transaction datasets reveal on users' behaviors*. Paper presented at the Intelligent Transportation Systems Conference, 2007. ITSC 2007. IEEE.
- Morency, C., Trépanier, M., & Martin, B. (2008). Object-oriented analysis of carsharing system. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2063(1), 105-112.
- Pelé, N., & Morency, C. (2014). *When, Where and How Taxis Are Used in Montreal*. Paper presented at the Transportation Research Board 93rd Annual Meeting.
- Primerano, F., Taylor, M. A., Pitaksringkarn, L., & Tisato, P. (2008). Defining and understanding trip chaining behaviour. *Transportation*, 35(1), 55-72. doi: DOI 10.1007/s11116-007-9134-8
- Schaefer, T. (2013). Exploring carsharing usage motives: A hierarchical means-end chain analysis. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 47, 69-77.
- Schmöller, S., Weigl, S., Müller, J., & Bogenberger, K. (2013). Empirical Data Analysis of Free-Floating Carsharing Systems.
- Shaheen, S. A., Mallery, M. A., & Kingsley, K. J. (2012). Personal vehicle sharing services in North America. *Research in Transportation Business & Management*, 3, 71-81.
- Shoup, D. C. (2006). Cruising for parking. *Transport Policy*, 13(6), 479-486.

- Sioui, L., Morency, C., & Trépanier, M. (2013). How Carsharing Affects the Travel Behavior of Households: A Case Study of Montréal, Canada. *International Journal of Sustainable Transportation*, 7(1), 52-69.
- Valiquette, F. (2010). Typologie des chaînes de déplacements et modélisation descriptive des systèmes d'activités des personnes.
- Vovsha, P., Petersen, E., & Donnelly, R. (2002). Microsimulation in travel demand modeling: Lessons learned from the New York best practice model. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1805(1), 68-77.

## ANNEXE A – PROCESSUS D'UTILISATION DU SERVICE AUTO-MOBILE



## ANNEXE B – CODE VBA CONSOLIDATION DE PLUSIEURS TRANSACTIONS

---

```

Sub IdConsolidation60 ()

Dim idAutomobile, idAutomobilePrec As String
Dim tempsEntreTransaction, resultat As Double
Dim iter, IdTransactionConso As Integer

Dim rs As Recordset
Dim RecordCount As Long
RecordCount = 2100000
DAO.DBEngine.SetOption dbMaxLocksPerFile, RecordCount
On Error GoTo Err_Handling
Set rs = CurrentDb.OpenRecordset("SELECT Transaction_par_client.* FROM
Transaction_par_client ORDER BY Transaction_par_client.IdAutomobile,
Transaction_par_client.IdTransaction;")

iter = 1

rs.MoveFirst

resultat = 0
idAutomobilePrec = 0
idAutomobile = 0
tempsEntreTransaction = 0
IdTransactionConso = 0

While rs.EOF = False

idAutomobile = rs![idAutomobile]
tempsEntreTransaction = rs![tempsEntreTransaction]

If idAutomobile = idAutomobilePrec And tempsEntreTransaction < 61 Then

    resultat = IdTransactionConso

Else
    IdTransactionConso = IdTransactionConso + 1
    resultat = IdTransactionConso

End If

idAutomobilePrec = idAutomobile

rs.Edit
rs![IdTransactionConsolide(60)] = resultat
rs.Update

iter = iter + 1

```

```
rs.MoveNext
Wend

Exit_MyProc:
rs.Close
Set rs = Nothing
MsgBox (iter)

Exit Sub
Err_Handling:
Resume Exit_MyProc
```

## ANNEXE C – CALCUL DISTANCE ENTRE DEUX COORDONNES GPS

```

Sub Calc_Dist()
Dim rs As Recordset
Dim DebLong, DebLat, FinLong, FinLat As Double
Dim numDistance, DeltaSigma, B4Arcos, X As Double
Dim iter, IdTransaction As Long
iter = 0

Dim RecordCount As Long
RecordCount = 2100000
DAO.DBEngine.SetOption dbMaxLocksPerFile, RecordCount

On Error GoTo Err_Handling

Set rs = CurrentDb.OpenRecordset("SELECT Table_Export_Analyse_Automobile.*
FROM Table_Export_Analyse_Automobile ORDER BY
Table_Export_Analyse_Automobile.IdGPS;")

iter = 1

rs.MoveFirst

IdTransaction = -1

While rs.EOF = False
If IdTransaction <> rs!IdTransaction Then
    numDistance = 0
Else
    FinLong = Val(Right(rs!Position, 10))
    FinLat = Val(Left(rs!Position, 9))

    B4Arcos = Sin(DebLat) * Sin(FinLat) + Cos(DebLat) * Cos(FinLat) *
Cos(DebLong - FinLong)

    If B4Arcos > 0.999999999999999 And B4Arcos < 1.000000000000001 Then
        numDistance = 0
    Else
        X = (Sin(DebLat / 57.2958) * Sin(FinLat / 57.2958)) _
            + (Cos(DebLat / 57.2958) * Cos(FinLat / 57.2958) * Cos(FinLong /
57.2958 - DebLong / 57.2958))

        numDistance = 6371 * Atn(Sqr(1 - X ^ 2) / X) * 1000
    End If
End If

IdTransaction = rs!IdTransaction

DebLong = Val(Right(rs!Position, 10))
DebLat = Val(Left(rs!Position, 9))

rs.Edit
rs![Distance entre deux points] = numDistance
rs.Update

```

```
iter = iter + 1

rs.MoveNext
Wend
Exit_MyProc:
rs.Close
Set rs = Nothing

Exit Sub
Err_Handling:
Resume Exit_MyProc
```

---

## ANNEXE D – CODE VBA SEPARATION DES TRANSACTIONS EN DÉPLACEMENTS

```

Sub Statut_Transaction()

Dim rs As Recordset
Dim TransactionDebut, TransactionDebutPrec, TransactionEnCours,
TransactionEnCoursPrec, TransactionFin, TransactionFinPrec, resultat As
Boolean
Dim TransactionStatut, TransactionStatutPrec As Integer
Dim iter, IdTransaction, IdTransactionSuivant As Long
Dim Condition1, Condition2, Condition3 As Boolean

Dim RecordCount As Long
RecordCount = 2100000
DAO.DBEngine.SetOption dbMaxLocksPerFile, RecordCount

Set rs = CurrentDb.OpenRecordset("SELECT Table_Export_Analyse_Automobile.*
FROM Table_Export_Analyse_Automobile ORDER BY
Table_Export_Analyse_Automobile.IdGPS;")
iter = 0
IdTransaction = -1
rs.MoveFirst
TransactionStatut = -1
TransactionStatutPrec = -1

TransactionDebutPrec = False
TransactionEnCoursPrec = True
TransactionFinPrec = True

On Error GoTo Err_Handling

While rs.EOF = False

    IdTransaction = rs!IdTransaction
    IdTransactionSuivant = rs!IdTransactionSuivant
    TransactionStatut = rs!IdStatut

If TransactionStatut = 5 And TransactionEnCoursPrec = False Then
    resultat = True
Else
    If TransactionStatut = 4 Then
        Condition1 = True
    Else
        Condition1 = False
    End If

    If TransactionStatutPrec = 4 Then
        Condition2 = False
    Else
        Condition2 = True
    End If

    If TransactionEnCoursPrec = True And TransactionFinPrec = False Then

```

```

        Condition3 = False
Else
    Condition3 = True
End If

If Condition1 = True And Condition2 = True And Condition3 = True Then
    resultat = True
Else
    resultat = False
End If
End If

TransactionDebut = resultat
rs.Edit
rs![Début Transaction] = resultat
rs.Update

''''Transaction Fin
If IdTransaction <> IdTransactionSuivant Then
    Condition1 = True
Else
    Condition1 = False
End If

TransactionFin = Condition1
rs.Edit
rs![Fin Transaction] = Condition1
rs.Update

''''Transaction En cours
    If TransactionDebut = True Then
        Condition1 = True
    Else
        Condition1 = False
    End If

If TransactionEnCoursPrec = True And TransactionFinPrec = False Then
    Condition2 = True
Else
    Condition2 = False
End If

If Condition1 = True Or Condition2 = True Then
    resultat = True
Else
    resultat = False
End If

TransactionEnCours = resultat
rs.Edit
rs![Transaction En Cours] = resultat
rs.Update

```

```
rs.MoveNext

''On porte les variables actuelles vers les variables précédentes
TransactionStatutPrec = TransactionStatut
TransactionDebutPrec = TransactionDebut
TransactionFinPrec = TransactionFin
TransactionEnCoursPrec = TransactionEnCours

iter = iter + 1

Wend
Exit_MyProc:
rs.Close
Set rs = Nothing
MsgBox (iter)

Exit Sub
Err_Handling:
Resume Exit_MyProc

END SUB
```

---

## ANNEXE E – RESULTAT IMPACT MÉTÉO TEST T COMPARAISON DE DEUX MOYENNES

Statistiques de groupe

	Précipitation	N	Moyenne	Ecart type	Moyenne erreur standard
NbDéplacementJour	0	152	96,58	61,135	4,959
	1	96	107,45	62,794	6,409

Test t pour égalité des moyennes						
t	ddl	Sig. (bilatéral)	Différence moyenne	Différence erreur standard	Intervalle de confiance de la différence à 95 %	
					Inférieur	Supérieur
-1,349	246	,178	-10,869	8,054	-26,733	4,995
-1,341	198,120	,181	-10,869	8,103	-26,849	5,111