

Titre: Méthode de segmentation spatiale des navetteurs combinant lieux de résidence et de travail : les cas de l'intention d'usage du futur Réseau express métropolitain et du choix modal dans le Grand Montréal

Auteur: Vincent Obry-Legros

Date: 2022

Type: Mémoire ou thèse / Dissertation or Thesis

Référence: Obry-Legros, V. (2022). Méthode de segmentation spatiale des navetteurs combinant lieux de résidence et de travail : les cas de l'intention d'usage du futur Réseau express métropolitain et du choix modal dans le Grand Montréal [Mémoire de maîtrise, Polytechnique Montréal]. PolyPublie.
Citation: <https://publications.polymtl.ca/10387/>

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

URL de PolyPublie: <https://publications.polymtl.ca/10387/>
PolyPublie URL:

Directeurs de recherche: Geneviève Boisjoly
Advisors:

Programme: Génie civil
Program:

POLYTECHNIQUE MONTRÉAL

Affiliée à l'Université de Montréal

Méthode de segmentation spatiale des navetteurs combinant lieux de résidence et de travail : les cas de l'intention d'usage du futur Réseau express métropolitain et du choix modal dans le Grand Montréal

VINCENT OBRY-LEGROS

Département des génies civil, géologique et des mines

Mémoire

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

Génie Civil

Mai 2022

POLYTECHNIQUE MONTRÉAL

affiliée à l'Université de Montréal

Ce mémoire intitulé:

Méthode de segmentation spatiale des navetteurs combinant lieux de résidence et de travail : les cas de l'intention d'usage du futur Réseau express métropolitain et du choix modal dans le Grand Montréal

présenté par **Vincent OBRY-LEGROS**

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

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

Martin Trépanier, président

Geneviève Boisjoly, membre et directrice de recherche

Jean-François Cantin, membre externe

DÉDICACE

«Una ciudad avanzada no es aquella en la que los pobres pueden moverse en coche, sino una en la que incluso los ricos utilizan el transporte público»

« Un pays développé n'est pas une nation où les pauvres ont des voitures, c'est un endroit où les riches prennent le transport en commun ».

Enrique Peñalosa, Maire de Bogota, Colombie (1998-2000, 2016-2019)

« Entre Lajeunesse et la sagesse

il y a un arrêt de métro

Deux dépanneurs, un bricoleur

Une affiche de Brigitte Bardot

Entre Lajeunesse et la sagesse »

Kate & Anna McGarrigle (1980)

REMERCIEMENTS

Je voudrais remercier ma directrice de recherche Geneviève Boisjoly pour l'excellent support qu'elle m'a apporté tout au long du projet. Que ce soit pour trouver des sources pertinentes me remettre sur le droit chemin quand j'essaie des méthodologies expérimentales, reformuler des phrases dans mes articles et me mettre en contact avec des personnes compétentes et des événements intéressants.

Je voudrais aussi remercier tous les professeurs et chargés de cours qui m'ont donné une excellente formation en particulier Catherine Morency qui pousse toujours pour que l'on se dépasse.

Je voudrais aussi remercier tous mes collègues étudiants qui en personne, ou par zoom, ont su rendre ces deux ans de pandémie moins solitaire. En particulier Gabriel, Élodie, Karl, Forouz et Marie.

J'aimerais remercier mes parents Daniel et Michelle ainsi que ma blonde Caroline pour le support moral tout au long de ce processus.

Finalement, j'aimerais remercier mon grand-père Jacques sans qui rien de tout cela n'aurait été possible.

Cette recherche est rendue possible grâce à l'aide de Ahmed El-Geneidy, James DeWeese et Yan Kestens pour l'obtention des données du sondage sur le REM ainsi que les données de Walk Score. Le financement a été assuré par la bourse du Conseil de recherche en sciences humaines (CRSH) du Gouvernement du Canada. De plus, l'article du chapitre 4 a été financé par des sommes provenant de l'Institut de recherche en santé du Canada (IRSC) du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG) et du Projet de recherche concertée sur la santé (PRSC) (CIHR CPG-170602 et CPG-170602 X- 253156, NSERC CHRPJ 549576-20). Les opinions exprimées dans ce mémoire sont celles de l'auteur et ne reflètent pas nécessairement celle du Gouvernement du Canada.

L'auteur ne déclare aucun conflit d'intérêts.

RÉSUMÉ

Les villes occidentales modernes ont généralement été conçues de manière à faciliter les déplacements automobiles. Bien que cette vision ait eu beaucoup de popularité au 20^e siècle, elle est aujourd'hui remise en cause par de nombreux urbanistes et chercheurs dans le domaine des transports. En effet, le tout à l'auto cause de nombreux problèmes écologiques, sociétaux et aussi d'équité (coût, temps de trajet, accessibilité, etc.). De nombreux investissements en transport en commun sont mis de l'avant par des organismes comme le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) comme solution à ces problématiques (IPCC, 2022). C'est dans ce contexte que le mémoire vise à comprendre si les projets de transport collectif (TC) comme le Réseau express métropolitain (REM) et si les services de TC existants répondent aux besoins de la population selon où ils habitent et où ils vont. De cette façon, le mémoire permet d'évaluer la distribution de la desserte des services de TC et de déceler des enjeux d'équité entre différents groupes de population.

La revue de littérature a révélé que peu d'études d'intention d'usage du TC traitent des caractéristiques spatiales du lieu d'origine et encore moins du lieu de travail des individus, contrairement aux études de choix modal. De plus, très peu d'études d'intention d'usage et de choix modal ont tenté de combiner les caractéristiques spatiales de l'origine et de la destination en un seul indicateur.

Cela a donc mené à la question de recherche : « Comment la combinaison des caractéristiques spatiales des lieux de résidence et des lieux d'emploi permet-elle de mieux comprendre les comportements de mobilité entre différents types de navetteur dans une perspective d'équité? »

Pour répondre à cette question de recherche, il a fallu diviser la tâche en trois objectifs, le premier étant de développer une nouvelle méthode comblant le vide dans la littérature. La méthode développée a misé sur une analyse typologique afin de regrouper les usagers en types distincts selon les caractéristiques des lieux d'origine et de destination. Cette méthode était nécessaire puisque les recherches précédentes, particulièrement pour l'intention d'usage, ne tentaient pas de combiner les caractéristiques spatiales du lieu d'origine et de destination en un seul indicateur pour les étudier simultanément.

Le second objectif était de mettre cette méthode en pratique en analysant la relation de la combinaison des caractéristiques spatiales du lieu de résidence et de travail avec l'intention d'usage

et le choix modal. Les méthodes choisies étaient les statistiques descriptives et les modèles de régression. Deux cas ont été choisis, soit l'intention d'usage du futur REM, un projet majeur dans la région de Montréal qui risque de changer les habitudes de déplacement, et le mode utilisé pour se rendre au travail dans la région de Montréal.

Le troisième objectif consistait à évaluer l'équité entre les groupes, c'est-à-dire d'expliquer les différences qui existent entre les navetteurs au niveau de l'intention d'usage et de la probabilité de choisir un mode et à l'intérieur des types selon les revenus et le genre.

Deux bases de données ont été utilisées pour tester cette nouvelle méthodologie. La première est un sondage réalisé en automne 2019 questionnant les résidents du Grand Montréal sur leur intention d'utiliser le REM lorsqu'il sera complet et opérationnel. Ce sondage comprend des questions sur les perceptions qu'ils ont par rapport au REM (pour l'environnement, la ville et le quartier), sur des facteurs attitudinaux, le lieu de travail et de résidence et des questions sociodémographiques. Seules les observations liées aux travailleurs ayant un lieu d'origine et de destination à l'intérieur du territoire de l'Autorité régionale de transport métropolitain (ARTM) ont été retenues. La seconde base de données est l'enquête Origine-Destination (OD) de 2018. Il s'agit d'une enquête réalisée chaque 5 ans et questionnant les ménages du Grand Montréal sur leurs habitudes de déplacement. L'enquête comprend des informations sur l'origine et les destinations des ménages au cours d'une journée moyenne d'automne. Elle comprend aussi les modes empruntés et des caractéristiques sociodémographiques comme le revenu. L'enquête comprend un total de 393 826 observations représentant chacune un déplacement. Seuls les déplacements ayant pour motif le travail et ayant des réponses complètes ont été retenus pour cette étude, ce qui ramène le total d'observation à 39 077 observations.

Les navetteurs des deux bases de données ont été divisés à l'aide d'une analyse typologique en six types dont cinq sont communs aux deux études de cas. L'analyse typologique était basée sur les variables suivantes : la densité d'emplois et de population, la distance par rapport au centre-ville, le Walk Score et la présence de transport collectif structurant ainsi que la fréquence de passage des bus au lieu de domicile et de travail. Les types obtenus sont les suivants :

- *Navetteur typique*, des individus qui travaillent au centre-ville
- *Urbain*, des individus vivants et travaillants à proximité du métro

- *Urbain avec voiture*, des individus vivants et travaillants dans les quartiers péricentraux
- *Banlieusard*, des individus vivants et travaillants dans les banlieues
- *Navetteur urbain*, des individus travaillants près du métro
- *Navetteur atypique* (REM seulement), des individus vivants au centre, mais travaillants en périphérie
- *Voisin du train* (enquête OD seulement), des individus vivants près des gares de train sans toutefois travailler au centre-ville

Les types ont été intégrés comme variable indépendante dans des modèles de régression logistique afin d'analyser l'intention d'usage et le choix modal. Les types étaient accompagnés d'autres variables indépendantes de contrôle comme le revenu, la possession automobile, l'âge, la taille du ménage et le genre. Les résultats montrent que la combinaison du lieu d'origine et de destination permet d'estimer l'intention d'utiliser le REM et la probabilité de choisir un mode de manière aussi efficace que si les variables étaient séparées, tout en améliorant la compréhension de comment l'environnement bâti à l'origine et à la destination influencent simultanément le choix modal et l'intention d'usage.

L'analyse des six types permet de comparer les patrons origine-destination existants avec l'offre de service. Les résultats démontrent que les *navetteurs typiques* ont la plus forte intention d'utiliser le REM. Ces individus ont comme destination le centre-ville de Montréal. Or, ce sont déjà les *navetteurs typiques* qui utilisent le plus le TC, une conclusion que l'on observe aussi avec l'enquête OD. Certains types comme les *banlieusards* et les *urbains avec voitures* sont beaucoup moins susceptibles d'avoir l'intention de prendre le REM ou d'utiliser le TC en général. Pourtant, les *urbains avec voiture* sont aussi le groupe ayant les plus faibles revenus, ce qui peut engendrer des choix budgétaires difficiles lorsque la possession automobile est contrainte. Le bus est souvent la seule option de TC reliant l'origine et la destination pour ce type et est utilisé par 16,5% des ménages à faible revenu contre seulement 2,1% des ménages à revenu élevé. Les différences entre les deux groupes suggèrent un problème d'équité au sein de ce type : il est en effet probable que le bus n'offre pas un service attractif en raison de la faible vitesse ou fréquence et soit donc délaissé par les individus ayant accès à une voiture. Le métro a potentiellement une proportion moins grande d'usagers captifs puisqu'il est utilisé dans des proportions similaires, peu importe le revenu. Parmi

les autres faits saillants, notons que l'automobile est utilisée très souvent dès que la destination n'a pas de station de métro (même s'il y en a une à l'origine). Le train est aussi utilisé presque uniquement en direction du centre-ville, même si les résidents vivent à proximité d'une station. Ce faisant, les résultats semblent montrer que d'investir pour améliorer le TC en direction du centre-ville ne fait que favoriser les utilisateurs actuels et ne règlent pas certains problèmes d'équité existants comme le fait que le transport collectif est peu performant pour les destinations autres que le centre-ville qui ont plus de chance d'être celles des ménages à faible revenu et des femmes.

En somme, ce mémoire propose une méthode de segmentation spatiale combinant le lieu d'origine et de destination et démontre que celle-ci permet de mieux comprendre l'utilisation potentielle et réelle des différents services pour différents groupes de la population. La méthodologie proposée peut être utile pour les chercheurs, planificateurs et preneurs de décision souhaitant analyser les projets et services de transport en commun en fonction des patrons de déplacements des populations desservies. De futures études pourraient se pencher sur l'application de cette méthodologie à d'autres motifs de déplacements, aux chaînes de déplacement et à d'autres contextes.

ABSTRACT

Modern occidental cities are generally built to facilitate commute by car. While this vision was really popular in the 20th century, it is challenged today by several urban planner and researcher in transportation planning. Actually, the car era creates a lot of ecological, social and equity (cost, travel time, accessibility, etc.) problems. Many public transport projects are suggested by organization such as the IPCC as a solution to these problems (IPCC, 2022). In this context, this dissertation seeks to understand if public transport project such as the Réseau Express Métropolitain (REM) and if current public transport services are able to meet transportation need of the population according to where they live and where they go. This way, the dissertation allows evaluating how the public transport service is distributed and detect equity stakes between different groups of the population.

The literature review revealed that, contrary to modal choice studies, few papers about intention to use covers spatial characteristics of the origin and even fewer of them cover destination spatial characteristics. Also, very few studies tried to combine spatial characteristics of the origin and destination into only one variable. This led to the research question: “How does the combination of the spatial characteristics of home and work location could increase our understanding of mobility habits between different types of commuters in an equity lens?”

To answer this question, it was necessary to divide this task in tree objectives, the first one was to develop a new methodology filling the gap in the literature. The developed method bet on a clustering analysis in order to group commuters in different clusters based on their home and work location characteristics. This new method was necessary since the former research, especially in the intent to use fields, didn’t try to combine spatial characteristics of the origin and destination in a single indicator that allows studying them simultaneously.

The second objective was to put this method in practice by studying the relation of the combination of the spatial characteristics of the home location and the work location with intent to use and modal choice. Chosen method includes descriptive statistics and regression model. Two case studies were selected: the intent to use the REM, a major project in Montreal region that might change travel habits, and the modal choice for work commuting in greater Montreal.

The third objective was to evaluate the equity between the different group. Namely to describe the difference that exists between different commuters for the intent to use and the probability to choose a mode and inside different types of commuter according to their income and gender.

Two databases were used to test this new methodology, first one if a survey made in fall 2019 asking the greater Montreal area population their intent to use the REM when it will be complete and operational. This survey contains questions about perception of the REM (for the environment, city and neighbourhood), about attitudinal factor, work and home location and socio-economical question. Only observation linked to workers with valid home and work location inside the Autorité régionale de transport métropolitain (ARTM) territories were kept. The second database is the origin-destination (OD) survey of 2018. It's a survey done every 5 years and asking greater Montreal household about their travel habits. The survey includes information about the origin and destination of households during an average fall day. It also includes information about which mode where use and socio-demographic characteristic such as the income. The survey has a total of 393,826 observations representing trip. Only the trip which works as a motive and having complete answer were kept which brings the total back to 39,077 observations.

The two databases are divided into 6 clusters and 5 of them are shared with the two case studies. The cluster analysis was based on the following variable: population and employment density, distance from downtown of home and work location, Walk Score and the presence of structuring public transport as well as the frequency of bus passage and home and work location. The clusters are the following:

- Typical commuter, individuals who work downtown
- Urbanites, individuals who live and work close to the metro
- Urban car user, individual who live and work in pericentral neighbourhoods
- Suburbanites, individuals living and working in the suburbs
- Urban commuters, individual who work next to the metro
- Atypical commuter (REM only): individual who lives in central location but work on the periphery
- Train neighbourhood (OD study only), individual who lives close to train stations but don't work downtown.

The clusters were added as independent variable into a logit model to study intent to use and modal choice. Control variable such as income, car possession, age, household size and gender were added

to the model. The results confirm that the combination of the origin and destination allow estimating the intent to use the REM and the probability to use a mode as efficiently as if the variable were separated. It also increases our understanding of how the built environment, both at origin and destination, can influence together modal choice and intent to use.

The study of the six clusters allow comparing OD habits with the public transport services. The model show that the REM will be mainly used by *typical commuters*, individuals who have downtown Montréal as a destination. This is already the *typical commuter* who use the most public transit, a conclusion that also seen in the OD study. Some groups like the *suburbanites* and the *car dependent urban* are much less likely to have an intent to use the REM or to use public transit in general. Yet, the *car dependent urban* is also the group with the lowest income which can lead to difficult budget choice when car ownership is a constraint. The bus is often the only public transport option available in this group and it's used by 16.5% of the low-income bracket against only 2.1% of the high-income bracket. The difference between those two groups suggests equity problems inside this cluster: it's actually plausible that the bus does not deliver an attractive service due to low speed and frequency and is therefore not used by those who have access to a car. The metro as potentially a smaller proportion of captive users since it's used in similar proportion regardless of income. Some of the other conclusion include that the car is used very often as soon as the destination doesn't have a metro station (even if there's one at the origin). The train is also used almost exclusively for downtown connection even if the resident lives at walking distance of a train station. The result seems to show that investments to increase quality of public transit towards downtown mainly benefit present users and does not solve address some equity stakes that exist today such as the fact that the public transport service is underperforming for destinations other than downtown, which are more likely to reflect low-income individuals' and women's needs.

In short, this dissertation proposes a spatial segmentation approach that combines origin and destination location and shows that it allows a greater understanding of the potential use and actual use of the different public transport service for different groups of the population. The proposed methodology can be useful for researcher, planer and decision takers who wish to study a project or a public transport service according to the mobility pattern of the served population. Future studies could try to apply this methodology to other trip purpose, to trip chains and to other contexts.

TABLE DES MATIÈRES

DÉDICACE.....	III
REMERCIEMENTS	IV
RÉSUMÉ.....	V
ABSTRACT	IX
TABLE DES MATIÈRES	XII
LISTE DES TABLEAUX.....	XVII
LISTE DES FIGURES.....	XVIII
LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS	XX
LISTE DES ANNEXES	XXI
CHAPITRE 1 INTRODUCTION.....	1
1.1 Mise en contexte.....	1
1.1.1 Investissement en transport collectif.....	3
1.2 Problématique.....	4
1.3 Objectif de recherche	6
1.4 Plan de mémoire.....	7
CHAPITRE 2 REVUE DE LITTÉRATURE	10
2.1 Bénéfices liés aux transports collectifs	11
2.1.1 Répartition inégale des bénéfices du transport collectif.....	12
2.2 Groupes d’usagers et besoins différenciés	13
2.2.1 Individus à faible revenu	14
2.2.2 Besoins différenciés selon le genre	15
2.2.3 Autres groupes.....	16
2.3 Mesure des effets du transport collectif	17

2.3.1	Intention d'usage	18
2.3.2	Choix modal	20
2.3.3	Mesure de l'équité	23
2.4	Lacune dans la littérature	27
CHAPITRE 3 MÉTHODOLOGIE		28
3.1	Région à l'étude	29
3.1.1	Territoire.....	29
3.1.2	Réseau routier.....	30
3.1.3	Réseau ferroviaire	31
3.1.4	Métro	32
3.1.5	Réseau express métropolitain.....	32
3.1.6	Bus.....	33
3.1.7	Transport actif	34
3.2	Approche générale.....	35
3.3	Données.....	38
3.3.1	Source des données	38
3.3.2	Traitement des données spatiales	39
3.4	Choix des variables incluses dans les analyses	39
3.5	Analyse typologique.....	41
3.6	Relation entre typologie, intention d'utilisation et mode utilisé	42
3.7	Analyse d'équité.....	44
3.8	Résumé de la méthodologie	45
CHAPITRE 4 ARTICLE 1 : HOW LIKELY ARE YOU TO USE THE TRAIN? A COMBINED HOME AND WORK SPATIAL SEGMENTATION APPROACH		46
4.1	Abstract	48

4.2	Introduction	49
4.3	Literature review	50
4.4	Case study	53
4.4.1	Greater Montreal Area	53
4.4.2	The Réseau Express Métropolitain (REM) Project.....	54
4.5	Data and Methods.....	55
4.5.1	4.1 Data	55
4.5.2	Exploratory Factor Analysis and Cluster Analysis	56
4.5.3	Ordered Logit Model.....	57
4.6	Results	60
4.6.1	Cluster	60
4.6.2	Cluster 1: Typical Commuter.....	64
4.6.3	Cluster 2: The urban car user	65
4.6.4	Cluster 3: The suburbanites.....	66
4.6.5	Cluster 4: The urban commuter.....	67
4.6.6	Cluster 5: The car-free urbanite	68
4.6.7	Cluster 6: Atypical worker	69
4.7	Intention and perceptions about the REM.....	70
4.8	Stated likelihood to use the REM.....	72
4.9	Discussion and conclusion	75
4.10	Author Contributions.....	77
4.11	Acknowledgments.....	77
CHAPITRE 5	ANALYSE DU CHOIX MODAL	78
5.1	Introduction	78

5.2	Revue de littérature	79
5.3	Étude de cas.....	81
5.4	Données et méthodes.....	82
5.4.1	Analyse typologique.....	86
5.4.2	Régression logistique imbriquée	88
5.5	Résultats de l'analyse typologique.....	88
5.5.1	Caractéristiques sociodémographiques	90
5.5.2	Distribution géographique des types	94
5.5.3	Part modale en fonction de la présence du train de banlieue et de la qualité du service	101
5.6	Modèle sur la probabilité de choisir un mode	102
5.6.1	Probabilité d'utiliser les modes de transport selon le type.....	109
5.6.2	Probabilité de choisir un mode en fonction de la possession auto et de la présence d'une station de métro à destination.....	110
5.7	Discussion et conclusion	111
CHAPITRE 6	ANALYSE D'ÉQUITÉ.....	113
6.1	Équité de l'intention d'usage.....	113
6.1.1	Équité selon le revenu	113
6.1.2	Équité selon le genre	115
6.2	Équité du choix modal.....	116
6.2.1	Équité selon le revenu	116
6.2.2	Équité selon le genre	118
CHAPITRE 7	DISCUSSION GÉNÉRALE	120
CHAPITRE 8	CONCLUSION ET RECOMMANDATION	122
8.1	Synthèse	122

8.2	Contributions.....	124
8.3	Limites.....	125
8.4	Recommandations	127
8.5	Perspectives de recherche.....	129
RÉFÉRENCES.....		131
ANNEXE		141

LISTE DES TABLEAUX

Table 4.1: Summary statistics	58
Table 4.2 : Socio-economic and mobility profiles of the six clusters	62
Table 4.3 : Result of the ordered logistic regression modelling how likely respondents are to use the REM when complete and operational	73
Tableau 5.1: Sommaire de l'échantillon de travailleurs enquête OD	84
Tableau 5.2 : Caractéristique sociodémographique selon le type Domicile-Travail	92
Tableau 6.1: Intention d'usage du REM selon le revenu et le type	114
Tableau 6.2: Intention d'usage du REM selon le genre et le type	115
Tableau 6.3: Choix modal selon le revenu et le type	117
Tableau 6.4 Choix modal selon le genre et le type	119
Tableau B.1 Résultat de la régression logistique ordonnée modélisant la susceptibilité des répondants d'utiliser le REM lorsqu'il sera complet et opérationnel (pas de typologie).....	147
Tableau B.2: Résultats de la régression logistique estimant l'intention d'utiliser le REM lorsqu'il sera complet avec une typologie de lieu de domicile.....	149
Tableau C.1 Régression logistique : choix entre 6 modes pour les déplacements domicile-travail	153
Tableau C.2 Régression logistique imbriquée, choix entre 6 modes pour les déplacements domicile-travail	157

LISTE DES FIGURES

Figure 3.1: Réseau de transport du Grand Montréal	30
Figure 3.2 : Approche de recherche	37
Figure 3.3: Résultat de l'analyse factorielle de données mixtes	41
Figure 4.1 : Map of Greater Montreal	55
Figure 4.2 : Z-score of the cluster explanatory variables	61
Figure 4.3 : Typical commuter geographical distribution	64
Figure 4.4 : The urban car user geographical distribution	65
Figure 4.5 : Suburbanites geographical distribution	66
Figure 4.6 : The urban commuter geographical distribution	67
Figure 4.7 : Car-free urbanites geographical distribution	68
Figure 4.8 : Atypical workers geographical distribution	69
Figure 4.9 : Likelihood to use the REM by cluster	70
Figure 4.10 : Perceptions on the REM	71
Figure 5.1 : Carte du Grand Montréal en 2018	82
Figure 5.2: Z-score des variables explicatives de chaque type	90
Figure 5.3: Distribution géographique des lieux de résidence et de travail des <i>voisins du train</i> ...	95
Figure 5.4 : Distribution géographique des lieux de résidence et de travail des <i>navetteurs urbains</i>	96
Figure 5.5 : Distribution géographique des lieux de résidence et de travail des <i>banlieusards</i>	97
Figure 5.6 : Distribution géographique des lieux de résidence et de travail des <i>navetteurs typiques</i>	98
Figure 5.7 : Distribution géographique des lieux de résidence et de travail des <i>urbains</i>	99
Figure 5.8 : Distribution géographique des lieux de résidence et de travail des <i>utilisateurs de la voiture urbains</i>	100

Figure 5.9 : Parts modales pour les déplacements Domicile-Travail pour les navetteurs typiques et voisins du train	101
Figure 5.10: Probabilité d'utiliser un mode de transport selon les types.....	110
Figure 5.11: Probabilité de choisir un mode en fonction de la présence d'une station de métro au lieu d'emploi et de la possession auto pour les <i>Urbains</i>	111
Figure A.1 Somme des carrés à l'intérieur des types selon le nombre de types (REM)	142
Figure A.2: Somme des carrés à l'intérieur des types selon le nombre de types.....	143
Figure A.3 : Silhouette moyenne selon le nombre de types.....	144

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

AIC : Critère d'information d'Akaike

ARTM : Autorité régionale de transport métropolitain

CBD : Central Business District (Centre des affaires)

CDPQ : Caisse de dépôt et placement du Québec

CN : Canadien National

CP : Canadien Pacifique

DJMA : Débit journalier moyen annuel

FAMD : Factorial analysis of mixed data (Analyse factorielle de données mixtes)

GTFS : General Transit Feed Specification

LÉEO : Lien électrique est-ouest

OD : Origine-destination

PAM : Partitioning Around Medoids

PCA : Principal component analysis (Analyse en composantes principales)

PPP : Partenariat Public-Privé

REM : Réseau express métropolitain

RTL : Réseau de transport de Longueuil

SRB : Service rapide par bus

STL : Société de transport de Laval

STM : Société de transport de Montréal

TC : Transport collectif

TOD : Transit-oriented development

TRB : Transportation Research Board

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE A MODÈLE LOGIT PRÉLIMINAIRE : REM.....	142
ANNEXE B MODÈLE LOGIT PRÉLIMINAIRE : CHOIX MODALE	145
ANNEXE C ANALYSE TYPOLOGIQUE	151

CHAPITRE 1 INTRODUCTION

1.1 Mise en contexte

Les grandes villes modernes sont sujettes à de nombreux enjeux liés à leur réseau de transport et cela justifie les nombreuses études faites chaque année. En effet, les réseaux modernes de transport urbain sont largement dépendants du transport routier. Cela a plusieurs impacts, notamment une diminution de l'efficacité économique des villes en raison de la congestion routière. Des milliards de dollars sont perdus annuellement dans la congestion en raison de temps de trajet trop longs. Juste à Montréal, la congestion coûte annuellement plus de 4,2 milliards selon une estimation faite en 2018. Ce chiffre est en augmentation constante en moyenne de 6,7% depuis 25 ans (Communauté Métropolitaine de Montréal, 2019). Malgré une accalmie liée à la COVID-19 en 2020, ces coûts proviennent principalement de la valeur des heures perdues dans la congestion, mais aussi de l'usure prématurée des véhicules et des émissions supplémentaires de gaz à effet de serre et autre polluant (Communauté Métropolitaine de Montréal, 2021).

L'impact écologique de l'automobile n'est effectivement pas négligeable, que ce soit au moment de leur construction ou de leur utilisation. Les voitures à essence, tout particulièrement, émettent plus de 3,6 gigatonnes de CO₂ annuellement à travers le monde, ce qui contribue au phénomène des changements climatiques (IEA, 2018). Au Québec, le Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques a estimé qu'en 2018 les automobiles et camions légers ont émis 18.21 mégatonnes de CO₂ (Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, 2020). De plus, les véhicules émettent plusieurs autres polluants comme les particules fines, le monoxyde de carbone, des oxydes de soufre (SO_x) et des oxydes d'azote (NO_x), ce qui représente un enjeu de santé publique notamment avec la formation du smog (Gouvernement du Canada, 2017). Le smog entraîne plusieurs décès prématurés et hospitalisations chez certaines personnes à risque comme ceux ayant des problèmes pulmonaires ou cardiaques (Wichmann et al., 1989). Par ailleurs, l'étalement urbain amplifié par le tout à l'auto cause la perte de milieux naturels, de milieux humides et de milieux agricoles (Marzluff, 2008). Cette perte de milieu naturel nuit à la biodiversité et l'artificialisation de sol (notamment pour le stationnement),

contribue au phénomène des îlots de chaleur, un risque pour la santé, et aux inondations (Marzluff, 2008).

Les déplacements automobiles causent aussi annuellement de nombreux blessés et décès dans les accidents de la route. Les occupants des véhicules sont bien sûr victimes de ces accidents, mais les piétons et cyclistes sont jusqu'à 16 fois surreprésentés dans les accidents comparativement aux automobilistes (Yannis & Cohen, 2016). Au Québec, le bilan routier s'améliore, bien que l'on ait compté 333 décès, 1334 blessés graves et 33 403 blessés légers en 2019. Tout de même, 71 piétons sont décédés, seul groupe qui a vu son bilan empirer dans les dernières années. On a recensé aussi 8 décès chez les cyclistes (Société de l'assurance automobile du Québec, 2019). Les accidents ne sont pas les seuls problèmes de santé que la dépendance à l'automobile peut générer. En effet, les automobilistes ont plus de chance d'avoir un mode de vie sédentaire et des problèmes de santé comme le diabète et des problèmes cardiovasculaires (Morency, P. & Tessier, 2017; Wilmot et al., 2012) .

La dépendance à l'automobile a aussi des impacts sociaux qui dépassent la santé. Une automobile coûte en moyenne 7000\$ par année (Bourque & Ramacieri, 2020). Certains ménages à plus faible revenu vivent dans des secteurs mal desservis par le transport collectif (TC) et travaillent dans des secteurs qui sont aussi mal desservis (Lachapelle et al., 2020). Ils sont donc dépendants de l'automobile pour leurs activités quotidiennes et cela représente donc une dépense importante ce qui entraîne des enjeux d'équité entre les ménages à haut et faible revenu. En contrepartie, le manque d'accès à l'automobile pour ces personnes peut nuire à l'inclusion sociale en particulier si moins d'emplois sont accessibles par les autres modes de transport, mais aussi pour la participation à la vie sociale et à d'autres activités (Lucas, 2012).

Cet enjeu d'équité s'explique en partie par le phénomène d'étalement urbain qui est facilité par la construction d'autoroutes qui agit comme une subvention à l'utilisation de l'automobile (Su & DeSalvo, 2008). Les ménages s'installent plus loin en banlieue là où ils sont capables de devenir propriétaires à moindre coût. Ces nouveaux quartiers sont généralement moins bien desservis en TC et ont peu de commerce de proximité rendant le transport actif peu attrayant. La voiture y est essentielle. Le phénomène existe aussi pour les emplois : certains emplois, notamment dans le secteur manufacturier et des services, se déplacent en banlieue. À Montréal, cela se matérialise par

une croissance plus rapide des emplois dans les couronnes comparativement à ceux de la ville de Montréal (CMM, 2012). Pour les résidents de la ville, cela veut dire un navettage beaucoup plus complexe pour atteindre ces secteurs d'emploi qui sont parfois uniquement accessibles en automobile faute d'un service de TC adéquat en termes d'heure de passage ou de temps de trajet.

En somme, la dépendance à l'automobile produit de nombreuses externalités négatives dans nos sociétés modernes. Afin de les contrer, plusieurs organismes comme la banque mondiale et le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) estiment qu'il est nécessaire d'agir pour réduire l'utilisation de la voiture en rendant les options alternatives : TC, transport actif, autopartage, covoiturage, télétravail, plus attrayantes (Ardila-Gomez, 2021; IPCC, 2022).

1.1.1 Investissement en transport collectif

Plusieurs villes dans le monde font l'objet d'investissements importants en TC afin de réduire les externalités négatives liées à l'auto solo. Ottawa et Toronto au Canada ont par exemple eu le droit à des investissements majeurs en TC structurant (O-train à Ottawa et prolongement du métro de Toronto). Les villes de Québec et de Gatineau ont aussi des projets de TC en cours (tramway). En fait, partout dans le monde, les villes investissent massivement dans leurs infrastructures de TC.

Ces projets de TC varient grandement au niveau de leurs types, ce qui provoque des effets différents sur les déplacements. Une étude longitudinale réalisée sur 24 villes nord-américaines montre que les investissements dans les modes sur rail avaient pour effet d'augmenter l'achalandage du TC, mais que les investissements dans les bus devaient rester constants ou s'accroître pour que l'effet se matérialise (Boisjoly et al., 2018). Une étude réalisée en Suède démontre que les investissements en bus à haut niveau de service et plus rapide permettent d'accroître l'achalandage (Khan et al., 2021). Des résultats similaires peuvent aussi être atteints avec le rail selon la même étude. Une autre étude longitudinale réalisée en Italie démontre que le prolongement d'une ligne de métro léger et l'introduction de nouvelles lignes de bus permettaient d'augmenter la part modale du TC malgré une augmentation de l'attachement à la voiture pour une cohorte devenu plus âgé (Sottile et al., 2019). La Chine aussi réalise des investissements majeurs avec 373,5 km de rail urbain supplémentaire par année entre 2008 et 2015 dans ses villes.

La croissance rapide s'est poursuivie jusqu'à aujourd'hui et provoque une hausse importante de l'achalandage dans une ville comme Beijing (Lu et al., 2016).

Les bénéfices des investissements en TC sont cependant répartis inégalement dans la population. En effet, certains projets, aux États-Unis entre autres, répondent principalement aux usagers par choix allant en direction du centre-ville, comme c'est le cas pour Sunrail à Orlando qui n'a pas d'impact significatif sur l'usage du bus. Les bus d'Orlando desservent principalement les usagers captifs comme les adolescents (Rahman et al., 2019). D'autres projets répondent principalement aux utilisateurs qui ont déjà une bonne opinion du TC, comme c'est le cas pour le prolongement du train léger à Houston (Sener et al., 2020). Dans ce cas, cela laisse en plan certains groupes mal desservis par le réseau de TC actuel. De plus, une étude italienne a exposé que les individus vivant à une plus grande distance de la station de train léger ou d'un arrêt de bus suite à un déménagement avaient moins l'intention de l'utiliser, et ce même s'ils vivaient auparavant à proximité de cet arrêt (Sottile et al., 2019). Cela montre que la localisation du lieu de domicile et de travail par rapport au projet de TC a une influence sur son intention d'usage. L'étude des grands projets de TC structurant est donc tout à fait d'actualité puisque la compréhension de leurs retombées permet de mieux optimiser les investissements.

1.2 Problématique

Traditionnellement, les réseaux de transport sont développés de façon à relier le centre des villes à leur périphérie et aux autres villes environnantes. Avec le développement de l'automobile et du transport motorisé par camion au cours du 20^e siècle, les lieux de domicile et de travail se sont de plus en plus étalés dans de vastes agglomérations urbaines. L'étalement peut être accompagné d'un phénomène nommé polycentrisme, où les villes développent plusieurs petits centres au lieu d'un grand centre fort (Goswami et al., 2015). Les nouveaux secteurs d'emplois associés à l'étalement sont généralement bâtis de manière différente des centres-villes traditionnels et sont entourés de quartiers de moins grande densité et manquant de diversité. La desserte en TC de ce type de ville est ainsi beaucoup plus difficile et les distances sont souvent trop importantes pour les transports actifs (Goswami et al., 2015). C'est pourquoi une approche « *one size fits all* » n'est plus possible en matière de développement de TC.

Dans ce contexte, afin que les investissements en TC répondent adéquatement aux besoins des populations desservies sur l'ensemble d'un territoire, il est nécessaire de comprendre et de cerner les différents besoins de mobilité. À cet effet, caractériser les individus selon leurs origines et leurs destinations s'avère pertinent vu la diversité grandissante de celle-ci. En effet, plusieurs études se sont penchées sur les impacts des caractéristiques du lieu de domicile (Lee et al., 2014; Lussier-Tomaszewski & Boisjoly, 2021; Pinjari et al., 2011) et du lieu de travail (Ding et al., 2018; Frank & Pivo, 1994; Vermesch et al., 2021) sur les choix en transport, mais peu d'études se sont penchées sur l'impact combiné de ces caractéristiques sur le choix de transport en un seul indicateur.

Cette lacune dans la littérature est encore plus commune dans les études d'intention d'usage que dans les études de choix modal. Pourtant, bien comprendre comment une paire origine-destination peut influencer l'intention d'usage et l'utilisation d'un mode est pertinent afin de bien comprendre qui bénéficie ou pourrait bénéficier des différents investissements en transport. De plus, cela ouvre la porte à de nouvelles manières d'évaluer l'équité de l'offre de transport chez les individus en fonction de leur lieu de résidence et de travail. Prendre uniquement en compte les caractéristiques du lieu de domicile ne permet pas de bien comprendre pourquoi certains navetteurs choisissent un mode plutôt qu'un autre, alors que cela peut être tout simplement que leurs destinations ne sont pas les mêmes. La même chose est vraie si l'on prend seulement en compte la destination. C'est pourquoi combiner les deux permet de mieux saisir les facteurs influençant les habitudes de déplacement entre différents groupes qui ont des paires origine-destination distinctes et permet de voir si le réseau répond à leur besoin de manière équitable.

Par ailleurs, certaines études prennent aussi en compte des facteurs comme le revenu (Liu & Kwan, 2020; Yousefzadeh Barri et al., 2021) ou le genre (Halawani & Rehim, 2021; Sánchez & González, 2016) pour évaluer l'équité d'un mode de transport. Par contre, celles-ci ne considèrent généralement pas l'impact d'une paire origine-destination et de ses caractéristiques spatiales sur un déplacement. L'équité fait donc partie intégrante de cette recherche.

À la lumière des défis de développement du TC et des lacunes observées dans la littérature, une question de recherche s'imposait donc :

Comment la combinaison des caractéristiques spatiales des lieux de résidence et des lieux d'emploi permet-elle de mieux comprendre les comportements de mobilité entre différents types de navetteur dans une perspective d'équité?

Pour y répondre, un projet s'imposait de lui-même : le Réseau express métropolitain (REM). Il s'agit d'un réseau de métro léger connectant certaines banlieues au centre-ville et à l'aéroport et du plus important investissement en TC dans la région de Montréal actuellement. C'est ce contexte qui est à l'origine de ce mémoire. Des investissements de cette ampleur sont en effet rares dans la région. Il est donc probable que cela ait un impact majeur sur les habitudes de déplacement des Montréalais. Le REM est une occasion parfaite pour étudier si un nouveau mode de type métro léger permettra de répondre aux besoins réels de la population. Par ailleurs, le TC actuel est parfois dénoncé comme étant trop axé sur le centre-ville alors que de nombreuses personnes ont d'autre origine et destination (Autorité régionale de transport métropolitain, A., 2021). Cela implique que l'analyse de la capacité du réseau actuel à répondre aux besoins de déplacement est aussi pertinente.

1.3 Objectif de recherche

L'objectif de cette recherche est de mieux comprendre les facteurs spatiaux influençant le choix modal et l'intention d'usage, et ainsi, de comprendre les disparités existantes entre différents types de navetteur et comment les différents services de transport répondent à leur besoin. Deux cas concrets sont étudiés dans ce mémoire, celle de l'intention d'utiliser le Réseau express métropolitain (REM) une fois qu'il sera complété et le choix modal à Montréal issu de l'enquête origine-destination 2018.

La recherche est divisée en trois sous-objectifs

- Le premier est de développer une nouvelle méthodologie permettant d'intégrer les caractéristiques spatiales de l'origine et de la destination en un seul indicateur.
- Le deuxième est de mettre en pratique cette méthodologie grâce à deux études de cas sur l'intention d'usage et la probabilité de choisir un mode afin de comprendre la relation entre le type de navetteur et le comportement de mobilité.
- Le dernier est d'évaluer l'équité de l'offre de TC entre les différents types selon leur paire origine-destination et l'intention d'usage et les modes utilisés.

Les résultats de la recherche permettront de mieux comprendre comment les caractéristiques spatiales du lieu d'origine et du lieu de destination influencent le choix modal et l'intention d'utiliser un mode en particulier. Ils permettront aussi de comprendre comment l'intention et le choix modal varient selon certaines caractéristiques socio-économiques au sein des personnes partageant les mêmes caractéristiques spatiales à leurs lieux d'origine de destination. Cette recherche s'inscrit dans une volonté d'améliorer l'équité de l'offre de transport en commun dans la région de Montréal et ailleurs dans le monde en mettant en évidence quels besoins de déplacement ne sont pas bien desservis par l'offre de TC actuel et futur.

1.4 Plan de mémoire

Le mémoire se divise en 7 chapitres. Le cœur du mémoire, deux études qui permettent d'atteindre les objectifs de recherche, se trouve dans les chapitres 4 et 5. Le chapitre 4 existe aussi de manière indépendante, en tant qu'article scientifique, du mémoire et influence donc la structure de celui-ci. Le chapitre 5 est lui aussi bâti comme un article par souci de cohérence. Les autres chapitres viennent donc mettre en contexte ces deux chapitres pour former le mémoire. Voici en résumé ce que couvre chaque chapitre :

- Le premier chapitre, l'introduction, traite du contexte qui a mené à cette recherche liée notamment aux investissements en TC. Il explore ensuite la problématique, en lien notamment avec les externalités négatives du tout à l'auto et les défis du développement des réseaux de TC. Enfin, l'objectif et les sous-objectifs de la recherche sont présentés.

- Le second chapitre contient une revue de littérature explorant les impacts négatifs du recours systématique à l'automobile, les impacts positifs liés au TC, la notion d'équité en transport, ainsi que les déterminants du choix modal et de l'intention d'usage.
- Le troisième chapitre traite de la méthodologie et des données. Ce chapitre comprend aussi une description détaillée du réseau de transport dans le Grand Montréal. Seules les grandes lignes de la méthodologie sont couvertes dans ce chapitre, puisque les détails se trouvent dans les articles des chapitres 4 et 5.
- Le quatrième chapitre est l'intégral de l'article intitulé : *How likely are you to use the train? A combined home and work spatial segmentation approach*. Cet article, qui porte sur l'analyse qui a été faite sur l'intention d'usage du REM a été présenté à Washington au *TRB annual meeting* en janvier 2022. On retrouve à l'intérieur : une revue de littérature comparant le traitement des variables spatiales dans les études de choix modal et d'intention d'usage, l'explication de la méthode d'analyse typologique qui a permis d'obtenir les six types, l'analyse descriptive des six types et un modèle logistique ordonné montrant comment ces types influencent l'intention d'usage du REM.
- Le cinquième chapitre contient l'analyse du choix modal dans le Grand Montréal selon les données de l'enquête origine-destination. Le chapitre est aussi bâti comme un article et comprend donc une revue de littérature montrant les lacunes dans la combinaison des caractéristiques spatiales en un seul indicateur pour les études de choix modal. Il comprend aussi les détails de l'analyse typologique qui a permis d'obtenir six types similaires à ceux du 4^e chapitre et comment le mode utilisé peut varier selon ces types. Les types sont eux aussi intégrés dans un modèle logistique imbriqué qui montre comment ceux-ci ont un impact sur la probabilité de choisir un mode dans la région de Montréal.
- Le sixième chapitre contient les analyses d'équité qui ont été faites tant dans le contexte de l'intention d'usage du REM que de la probabilité de choisir un mode. La division de l'analyse des types selon des classes de revenu et de genre permet d'observer certaines disparités à l'intérieur des types. Ces disparités pourraient représenter des enjeux d'équité si certains groupes utilisent moins un mode que d'autres.

- Le septième chapitre contient une courte discussion couvrant l'ensemble du mémoire. Les résultats des chapitres précédents sont mis en relation avec l'atteinte des trois sous objectifs du mémoire.
- Le huitième chapitre contient la conclusion et notamment la contribution de ce mémoire à la recherche ainsi que les limites que ce mémoire comporte. De plus, des pistes de réflexion liées aux résultats de recherche sont présentées ainsi que des propositions de recherches supplémentaires.

Certaines analyses préliminaires ayant participé à la réflexion sur les modèles finaux ne pouvaient pas être incluses à même les chapitres puisqu'elles auraient nui à la bonne compréhension et la concision du mémoire. C'est pourquoi elles sont incluses à titre indicatif dans les annexes suivantes :

- La première annexe présente les analyses qui ont été faites lors de la segmentation spatiale et qui ont mené au choix du nombre de type finaux
- La deuxième annexe comprend les modèles logistiques préliminaires qui cherchaient à analyser l'intention d'usage du REM. Ces modèles sont décrits et comparés entre eux.
- La troisième annexe comprend les modèles logistiques préliminaires qui cherchaient à analyser le choix modal dans le Grand Montréal. Ces modèles sont décrits et comparés entre eux.

CHAPITRE 2 REVUE DE LITTÉRATURE

Cette revue de littérature couvre certains sujets entourant le transport collectif (TC) urbain. Ce sont principalement les modes de TC qui sont couverts afin de centrer l'étude autour des objectifs de recherche présentés dans la section 1.3. Certains sujets comme l'accessibilité aux autres destinations que le travail, la demande latente, les variations temporelles dans l'année ou la journée sont moins traitées en profondeur puisqu'ils ne correspondent pas aux objectifs de cette recherche. Cette revue de littérature est complétée par celle de l'article au Chapitre 4 et celle du Chapitre 5, qui portent plus précisément sur l'impact des caractéristiques spatiales et socio-économiques sur l'intention d'usage et la probabilité de choisir un mode.

La section 2.1 couvre les bénéfices des projets et infrastructures de TC et compare leurs impacts selon leur ampleur et le mode choisi (bus, tramway, train léger, métro, etc.) Elle permet aussi de voir que les bénéfices promis par le TC ne sont pas distribués également au sein de la population.

La section 2.2 couvre plus en détail les besoins particuliers en termes de déplacement des femmes, des ménages à faible revenu et d'autres groupes plus marginalisés et comment ceux-ci sont répondus, ou non, par le TC.

La section 2.3 couvre les différents indicateurs permettant d'analyser la relation entre le service de TC et les besoins de navettage de la population. Elle décrit les méthodes qui permettent d'évaluer l'intention d'usage d'un futur service de TC. Évaluer l'intention d'usage est pertinent en raison des nombreux investissements qui ont lieu dans plusieurs villes, notamment le REM à Montréal qui fait l'objet d'une étude au Chapitre 4. Savoir si ces investissements répondent aux besoins de la population est essentiel dans une optique de bonne gestion des fonds publics et c'est pourquoi cela fait partie de cette étude. La section couvre aussi le choix modal qui est un aspect essentiel de l'étude des habitudes de transport dans une ville. Cela permet de comprendre quels groupes sont mal desservis par le réseau actuel et quelles améliorations pourraient être apportées. La probabilité de choisir un mode à Montréal fait l'objet d'une étude au Chapitre 5. La section se termine avec une revue des principales approches pour mesurer l'équité en transport.

La section 2.4 résume le tout en termes de lacune dans la littérature

2.1 Bénéfices liés aux transports collectifs

Comme montré dans la mise en contexte à la section 1.1.1, les investissements en TC ont été très nombreux au cours des dernières années et continuent de l'être. Cela ne tient pas du hasard. En effet, de multiples recherches ont traité des bénéfices du TC sur les collectivités, l'environnement et les individus. Tout d'abord, le TC permet d'accéder à des destinations trop éloignées pour la marche sans recourir à la voiture. Le concept d'accessibilité est étroitement lié à l'utilisation et aux bénéfices du TC. Plus le nombre de destinations accessibles localement ou régionalement est grand, plus grandes sont les chances que la destination désirée par le navetteur soit facilement accessible en TC et alors, la probabilité de choisir ce mode augmente (Lussier-Tomaszewski & Boisjoly, 2021). Il est donc dans l'intérêt des agences de transport d'accroître le nombre de destinations facilement accessibles en TC afin d'accroître l'utilisation de leur service. Accroître l'accessibilité aux emplois, en particulier ceux du centre-ville, sur un vaste territoire est l'un des objectifs du TC (Brown & Thompson, 2012) en plus, bien sûr, de la lutte contre la congestion routière (Nguyen-Phuoc et al., 2020). Montréal et le REM n'y font pas exception.

De plus, les investissements en TC peuvent aussi diminuer le taux de possession automobile et par le fait même diminuer les impacts écologiques liés à leur construction et leur entretien (Yousefzadeh Barri et al., 2021). Le fait de posséder une voiture ou non peut être une façon de segmenter les usagers du TC entre usagers captifs et usagers par choix (Krizek & El-Geneidy, 2007). Les usagers captifs sont des personnes qui n'ont pas d'autres options que le TC pour se déplacer et qui sont donc dépendantes du service, peu importe la qualité de celui-ci. Dans ce cas, l'amélioration des services TC peut contribuer à améliorer la qualité des déplacements sans avoir d'impact sur la possession automobile. Plus récemment, une nouvelle segmentation comprenant des usagers captifs par choix, des usagers qui ne possèdent pas de voiture même s'ils ont les moyens d'en avoir une, a été proposée (van Lierop, Dea & El-Geneidy, Ahmed, 2017).

Les effets sur l'économie régionale d'un projet de transport ne sont pas négligeables non plus. Par exemple, un projet de nouveau lien ferroviaire dans la région de Sydney en Australie devrait produire une redistribution des secteurs d'emplois, un accroissement de la population dans le secteur et un accroissement du taux d'emploi pour des bénéfices totaux de 1,84 \$ pour chaque dollar investi dans le projet (Branigan & Ramezani, 2018).

Les transports collectifs sont aussi reconnus pour avoir un impact positif sur la santé publique (Milne, 2012; Rojas-Rueda et al., 2013), l'environnement (Gallivan et al., 2011) et l'aménagement du territoire (De Vos & Witlox, 2013; Mulley et al., 2016; Stanley & Stanley, 2020). Les bénéfices du TC sur la collectivité sont nombreux. En plus des effets globaux, ceux-ci peuvent se matérialiser chez les individus. Ils ne sont par contre pas nécessairement distribués de manière égale au sein de la population.

2.1.1 Répartition inégale des bénéfices du transport collectif

Comme démontré dans la section précédente, les transports collectifs peuvent avoir de nombreux avantages pour la collectivité et en particulier pour ceux qui y ont accès et qui l'utilisent. Pourtant, ces bénéfices sont loin d'être répartis également dans la population, et ce même chez ceux qui vivent en ville et en banlieue. Comprendre comment ces inégalités sont réparties selon les caractéristiques du territoire et selon les besoins des navetteurs est un objectif de ce mémoire.

De prime abord, le TC n'est pas distribué également partout et en tout temps sur le territoire. Ce serait économiquement intenable et c'est pourquoi certains déplacements et certains secteurs sont priorités et sont donc mieux desservis. Par exemple, une étude sur les villes canadiennes démontre que l'accessibilité aux emplois est plus élevée le long des axes lourds de TC, et ce même lorsque l'on s'éloigne du centre (Deboosere & El-Geneidy, 2018). Les axes lourds peuvent comprendre des modes comme le métro, le tramway ou le train. Ces modes sont souvent plus rapides, ce qui accroît l'accessibilité aux emplois lorsqu'on y a accès. Certains secteurs n'ont pas accès à ces modes et peuvent ainsi avoir une accessibilité aux destinations plus faibles. Cela peut créer des « déserts d'activités » où les individus se déplacent moins que la moyenne et engendrer de l'exclusion sociale liée au transport (Allen, Jeff & Farber, 2020). La différence d'emplois accessibles par rapport à la situation actuelle est aussi utilisée pour évaluer le potentiel d'un projet de TC (Guthrie et al., 2017). Un manque d'accessibilité nuit à l'inclusion sociale des groupes les plus vulnérables. À Montréal, on observe même des disparités au niveau du réseau de bus. Les bus circulant sur l'île sont en moyenne beaucoup plus lents que ceux qui circulent dans les banlieues (Lachapelle et al., 2020). Cela pourrait s'expliquer par la forte densité sur l'île de Montréal, qui accroît le nombre d'intersections et le trafic.

On reproche par contre aux modes sur rail de favoriser des usagers par choix qui font la navette entre leur lieu de résidence en banlieue et leur travail au centre-ville par exemple. Ces usagers sont plus souvent des hommes ayant des revenus plus élevés que la moyenne. En comparaison, les personnes à plus faible revenu et les femmes font plus souvent des trajets courts en bus dans les quartiers centraux (Babbar et al., 2022; Garrett & Taylor, 2012). Certains choix politiques comme la construction de trains de banlieue favorisent les usagers par choix, la grande quantité de déplacement aux mêmes heures et dans la même direction rendant le service plus rentable. Un article avance aussi que c'est parce qu'ils desservent une clientèle qui a plus tendance à voter, par rapport aux usagers captifs qui n'ont pas nécessairement de poids politiques et qui n'ont pas les mêmes besoins de transport (Garrett & Taylor, 2012). En effet, les lignes radiales favorisent typiquement le centre-ville et négligent les autres secteurs d'emplois dans la ville par exemple pour les employés dans le secteur des services dont les emplois sont distribués dans plusieurs petits centres et non pas tous au centre-ville (Babbar et al., 2022). Cela démontre que certains types d'investissement bénéficient davantage à certains groupes qui prennent le TC de manière discrétionnaire et négligent d'autres qui en ont pourtant autant, sinon plus besoin puisqu'ils sont captifs des services actuels.

L'offre de service peut aussi varier selon la période de la journée et ainsi influencer l'accessibilité aux emplois, par exemple les personnes ayant des horaires atypiques ou travaillant de nuit. À Londres, par exemple, le transport de nuit accorde trop d'importance à l'accès au bar du centre-ville la fin de semaine ce qui nuit à l'accessibilité aux autres pôles d'emplois (manufacturier, santé, etc.) distribués un peu partout dans l'agglomération (McArthur et al., 2019). Le service peut aussi être moindre à la mi-journée et les fins de semaine, les usagers qui se déplacent durant ces périodes peuvent donc être désavantagés en particulier s'ils ont à faire des correspondances (Babbar et al., 2022).

2.2 Groupes d'usagers et besoins différenciés

Cette section illustre le besoin d'étudier les enjeux d'équité liés aux déplacements en TC en montrant que certains groupes sont affectés plus fortement par la pauvreté en transport ou ont des besoins différents que ce que les sociétés de transport priorisent généralement. Elle permet donc

d'identifier certains facteurs à prendre en compte dans l'analyse de l'équité des transports, notamment celle traitée dans le Chapitre 6.

2.2.1 Individus à faible revenu

Nombre d'études ont démontré que les ménages à faible revenu sont ceux qui bénéficient le plus d'un bon service de TC, en particulier si cela leur permet d'accéder à des emplois. Les ménages à faible revenu sont plus susceptibles d'être des usagers captifs du TC, c'est-à-dire qu'ils ne sont pas propriétaires d'une voiture puisqu'ils n'en ont pas les moyens ou ne sont pas autorisés à en conduire une et doivent donc se déplacer par d'autres moyens. Ils doivent donc parfois utiliser le TC même s'ils considèrent la qualité du service comme inadéquate (van Lierop, Dea & El-Geneidy, Ahmed 2017). Les usagers captifs représentent environ 18% des utilisateurs du transport collectif dans des villes comme Montréal et Vancouver qui ont des parts modales d'utilisation du transport collectif de 22,2% et 19,7% respectivement (van Lierop, Dea & El-Geneidy, Ahmed, 2017). Cette même étude considère important de prendre en compte le besoin des usagers captifs afin de ne pas les perdre lorsqu'ils seront en mesure de ne plus être captifs du service ou de devenir des usagers captifs par choix. Le sentiment de sécurité est cité comme l'un des besoins des usagers captifs (van Lierop, Dea & El-Geneidy, Ahmed, 2017), mais il ne faut pas négliger que les ménages à faible revenu se déplacent plus souvent hors des heures de pointe et occupent souvent des emplois précaires dispersés partout sur le territoire (Lachapelle et al., 2020). Cela veut dire que plusieurs emplois précaires sont accessibles uniquement en bus, puisque la couverture spatiale du métro est limitée.

Les services de bus fréquents, en particulier le long de corridors comprenant des emplois et des ménages à faible revenu, sont susceptibles de réduire la part modale de l'auto tout en améliorant le service pour les personnes à faible revenu. Les services rapides par bus (SRB) ont aussi l'avantage d'augmenter moins les valeurs foncières, ce qui permet aux ménages à faible revenu de demeurer près des services de TC de qualité (Stanley & Stanley, 2020). Par contre, les projets de bus express en tentant de mitiger les problèmes de trafic tendent à négliger les besoins des utilisateurs à faible revenu sans voiture, puisqu'il n'y a pas de potentiel pour retirer leur voiture de la route (DeWeese et al., 2022). C'est aussi vrai pour les autres modes de transport collectif comme les trains ou les métros lorsqu'il sont bâtis dans l'optique de réduire l'utilisation de l'automobile.

Cependant, il est important de noter que l'accessibilité de certains ménages à faible revenu à l'emploi en TC est surestimée dans les villes où la tarification varie en fonction du mode ou de la zone (Liu & Kwan, 2020). Les ménages à faible revenu sont plus sensibles aux variations de tarif du TC. Faute de posséder une voiture, ils ont moins l'option de délaissé le TC en cas de hausse de tarif ce qui menace leur capacité à se déplacer sur de grandes distances. Cela représente un enjeu d'équité (Zhao & Zhang, 2019). À Montréal, il a aussi été noté que le décile des revenus les moins élevés comptait 30% d'emplois inaccessibles lorsque l'on considère le temps de trajet et le tarif (El-Geneidy et al., 2016). Cette réalité touche en particulier les banlieues. Il demeure néanmoins que les quartiers les plus défavorisés sur l'île de Montréal ont une excellente accessibilité aux emplois, même si les ménages les plus défavorisés ont tendance à utiliser des tarifs plus élevés comme des billets individuels au lieu de la passe mensuelle pour leurs déplacements (El-Geneidy et al., 2016). L'étude de El-Geneidy (2016) observe néanmoins que les emplois à faible revenu demeurent moins accessibles en transport collectif, la bonne accessibilité aux emplois des quartiers défavorisés cache donc une iniquité.

2.2.2 Besoins différenciés selon le genre

Les femmes ont des habitudes de navettage différentes des hommes. En effet, une étude espagnole a déterminé qu'elles font plus de déplacement que les hommes, mais moins de déplacements liés au travail (Sánchez & González, 2016). Leurs déplacements seraient aussi sensiblement plus courts en temps et en distance que ceux des hommes, et ce, même pour les déplacements liés au travail (Hjorthol, 2008). Cela pourrait s'expliquer par le fait que les femmes travaillent davantage dans le domaine des services et que ces emplois sont répartis partout dans les villes et non seulement dans le centre-ville (Babbar et al., 2022). De manière générale, les femmes se déplacent davantage en TC et en transport actif que les hommes. La différence est plus importante chez les personnes âgées, mais se réduit si l'on prend en compte le niveau d'éducation (Sánchez & González, 2016). Par contre, une autre étude démontre que les femmes prennent moins le vélo que les hommes en Amérique du Nord. La sécurité est mentionnée comme un frein (Le et al., 2019). Pour les ménages à faible revenu, les femmes sont particulièrement dépendantes du TC. La différence pour l'utilisation de la voiture pour les ménages à haut revenu est moins importante. Les conclusions de ces études internationales sont corroborées par les observations faites dans plusieurs villes

canadiennes selon un rapport de Polytechnique Montréal, de l'Université de l'Alberta et de Leading Mobility (Babbar et al., 2022).

L'étude espagnole citée plus haut estime que les femmes prennent moins l'automobile privée dans les grands ménages (Sánchez & González, 2016). Cependant, une autre étude réalisée en banlieue de Barcelone évalue que la présence d'enfants favorise l'utilisation des voitures chez les femmes en raison des responsabilités supplémentaires et des difficultés liées à se déplacer avec des enfants dans le TC (Maciejewska & Miralles-Guasch, 2019). Cela fait partie des raisons qui expliquent que les femmes font plus de chaînes de déplacement, c'est-à-dire des déplacements comprenant plus d'un arrêt et donc plus complexes (Scheiner & Holz-Rau, 2015). Les femmes ont aussi plus tendance à devoir faire des déplacements hors des heures de pointe puisqu'elles sont plus nombreuses à occuper des emplois à temps partiel ou ayant des horaires atypiques. C'est discuté en détail au chapitre 2 du livre *Advance in transport policy and planning : Social Issues in transport planning* (Pereira & Boisjoly, 2021).

2.2.3 Autres groupes

Il y a d'autres groupes qui sont susceptibles de bénéficier davantage des bénéfices du TC. Cela peut être dû à une utilisation plus limitée du transport collectif en raison de limitation physique ou légale (âge, permis de conduire, etc.). Les TC sont essentiels pour les personnes qui sont trop jeunes ou trop âgées pour conduire. Les adolescents peuvent acquérir de l'autonomie dans leurs déplacements grâce au TC, en particulier avant qu'ils n'obtiennent un permis de conduire et une automobile (Cain, 2006). Plus les jeunes adultes étudiants utilisent le TC régulièrement en étant satisfaits du service, plus ils sont susceptibles de garder l'habitude d'utiliser les transports collectifs une fois adultes (De Vos et al., 2021). Il est donc important que le TC réponde à leur besoin aussi. De plus, les personnes âgées peuvent aussi bénéficier des TC en particulier s'ils sont accessibles universellement et adaptés à leur besoin. Les investissements pour répondre à leurs besoins sont d'autant plus nécessaires en raison du vieillissement de la population (Fatima & Moridpour, 2019).

Le TC est aussi essentiel pour les personnes ayant un handicap les empêchant de se déplacer. Les effets sont visibles en particulier lorsque le réseau est accessible universellement. Une étude a

démontré que les investissements en accessibilité universelle sur le réseau de bus fait en Norvège ont permis des gains sociaux entre 2,8 et 5,1 fois l'investissement initial (Aarhaug & Elvebakk, 2015), signe que les investissements en accessibilité universelle permettent à plus de gens d'utiliser le réseau plus longtemps et plus souvent. Les réseaux de métro et de train construits il y a parfois plusieurs décennies ne sont pas toujours universellement accessibles ce qui a pour effet de limiter l'accès à l'emploi par exemple (Grisé et al., 2019; Velho, 2019). La différence peut être diminuée à l'aide de rénovations et de nouvelles infrastructures entièrement accessibles. Par exemple, la STM, qui a présentement 19 stations accessibles, est en processus d'amener ce nombre de stations entièrement accessibles à l'aide d'ascenseurs à 41 d'ici 2028 (STM, 2021) et les 26 stations du REM seront entièrement accessibles (Réseau Express Métropolitain, 2018). Les bénéfices attendus pour les personnes en situation de handicap seront donc grands. Il est à noter que ces bénéfices peuvent aussi se répercuter sur d'autres usagers, dont les usagers transportant des marchandises ou se déplaçant avec de jeunes enfants. Ces objectifs d'accessibilité universelle sont obligatoires pour le REM en raison, entre autres, de l'article 67 de la *Loi assurant l'exercice des droits des personnes handicapées en vue de leur intégration scolaire, professionnelle et sociale* (ATUQ). La STM pour sa part n'a pas l'obligation de rendre ces anciennes installations accessibles immédiatement et peut faire les modifications volontairement à son rythme.

La capacité des TC actuels et futurs à répondre aux besoins de déplacement de ces trois groupes n'est pas étudiée dans le détail dans ce mémoire. Il reste, par contre, pertinent de les inclure comme variables de contrôle.

2.3 Mesure des effets du transport collectif

Cette section présente les principaux indicateurs qui ont été utilisés dans ce mémoire pour expliquer les différences dans les habitudes de déplacement de plusieurs groupes de navetteurs. La littérature sur les facteurs influençant l'intention d'usage et le choix modal aide à expliquer les disparités entre les groupes et à comprendre leurs besoins particuliers dans une perspective d'équité. Une attention particulière est accordée aux variables spatiales qui sont le cœur de ce mémoire, sans négliger d'inclure d'autres facteurs qui contribuent à comprendre le contexte.

2.3.1 Intention d'usage

Cette section démontre l'intérêt d'étudier l'intention d'usage du REM dans le Chapitre 4 pour mieux comprendre comment les caractéristiques du lieu d'origine et de destination peuvent influencer l'intention d'usage d'un mode de transport. L'intention d'usage est un des indicateurs pour évaluer l'impact des investissements en transport sur les habitudes de déplacement de la population. L'intention d'usage, définie par la réponse donnée lorsque l'on demande aux répondants d'un sondage s'ils souhaitent utiliser un service lorsque ce sera possible, est une notion distincte du choix modal. En effet, un individu peut choisir le mode « TC » pour ses déplacements quotidiens, mais ne pas avoir l'intention d'utiliser une nouvelle ligne de TC puisqu'elle ne répond pas à ses besoins en termes d'origine et de destination, de confort ou de coûts d'utilisation du service.

Opinion et perception

La grande majorité des études d'intention d'usage se concentre sur les opinions et perceptions des usagers face au service de TC et non pas sur les caractéristiques spatiales. Une étude suédoise a démontré que les individus qui ont davantage l'intention d'utiliser la voiture ont moins l'intention d'utiliser les modes de transport durable. Par contre, l'intention d'utiliser un mode durable n'a pas d'effet positif ou négatif sur l'intention d'utiliser les autres modes (Eriksson & Forward, 2011). Les facteurs influençant l'intention citée dans cette étude comprennent des impressions subjectives (exemple : mes amis considèrent qu'utiliser le bus est...) et descriptives (ex. : mes amis utilisent régulièrement le bus) (Eriksson & Forward, 2011). Une étude réalisée à Houston, Texas a observé que d'autres variables comme des caractéristiques socio-économiques (ethnicité, statut d'emploi, santé physique) pouvaient avoir un effet sur l'intention d'usage (Sener et al., 2020). En revanche, cette étude n'a pas observé d'effet significatif pour l'âge, le genre et le revenu contrairement à d'autres études (Halawani & Rehim, 2021; Sener et al., 2020; Zhou et al., 2017). L'étude a aussi observé une association significative entre l'intention d'usage et la perception du nouveau service et des bienfaits (santé, environnement) du TC en général (Sener et al., 2020). Une étude réalisée en Arabie Saoudite a démontré que les femmes et les personnes qui ne font pas de covoiturage ainsi que les personnes qui ont utilisé un service de TC avaient davantage l'intention d'utiliser un nouveau service de TC (Halawani & Rehim, 2021). Une étude allemande sur l'intention

d'utilisation le MaaS (Mobility as a service) s'est penchée sur l'effet des perceptions (facilité d'utilisation, utilité, motivation, et le fait de coïncider avec les habitudes actuelles) et a observé certains effets significatifs comme le sentiment d'appartenance, l'autonomie et le sentiment de compétence associés avec le MaaS (Schikofsky et al., 2020). Une étude longitudinale italienne a montré comment les perceptions et intentions d'usage pour un nouveau service de train léger se sont concrétisées en usage réel une fois le service inauguré. L'étude a par exemple montré qu'un intérêt pour le nouveau service s'est concrétisé par une hausse de la part modale et par une diminution de l'aversion face au TC une fois le nouveau réseau en service (Sottile et al., 2019). Par contre, l'intérêt pour l'écologie n'a pas été identifié comme ayant un effet significatif sur l'utilisation du service (Sottile et al., 2019). La fonctionnalité, c'est-à-dire la perception que le TC ne permet pas de se déplacer facilement où l'on souhaite aller, est vue comme une barrière à son utilisation (Shiwakoti et al., 2019).

La revue de littérature montre que les perceptions ont un impact sur l'intention d'usage d'un mode de transport. Donc un nouveau système de transport collectif se doit d'être attrayant et représenté une plus-value dans l'esprit des navetteurs pour attirer de nouveaux usagers. Certains éléments comme la perception subjective de l'offre de TC peuvent être intégrés dans les modèles afin d'aider à comprendre les besoins de certains groupes et ainsi expliquer les différences dans l'intention d'usage.

La revue de littérature révèle que les perceptions ont un impact sur l'intention d'usage même-ci ce n'est pas le seul. En effet, les caractéristiques spatiales du lieu d'origine et du lieu de destination exercent aussi une influence sur l'intention d'usage. Pourtant peu d'études ont inclus les caractéristiques de l'environnement bâti dans leur modèle d'intention d'usage. Quelques exemples d'études les incluant, parfois de manière assez limitée, sont présentés ici :

Caractéristiques spatiales

Les caractéristiques spatiales ont surtout été étudiées dans la perspective du choix modal comme on peut le voir dans la section 2.3.2 qui suit. Il y a tout de même quelques exceptions, comme une étude réalisée en Chine qui inclut la présence du service de bus en tant que caractéristique spatiale comme variable pouvant expliquer l'intention d'usage (Zhou et al., 2017). L'étude démontre aussi qu'un service de meilleure qualité augmente l'intention d'usage. Une autre étude utilise la

proximité avec le projet de TC comme variable spatiale (Sener et al., 2020). Une étude réalisée en Arabie saoudite lie la densité de population avec l'intention d'usage d'un service de TC (Halawani & Rehim, 2021). Une autre étude segmente le lieu de résidence en trois catégories (rurale, suburbain et centrale) et démontre que le désir d'avoir une meilleure fréquence est plus élevé dans le secteur central (De Vos et al., 2020). Ces études prennent généralement en compte seulement le lieu d'origine.

Certaines études, plus rares, incluent des caractéristiques du lieu de destination comme l'accessibilité au TC et la facilité de se stationner à cet endroit (Dirgahayani & Sutanto, 2020). Finalement, il y a très peu d'études qui combinent les caractéristiques du lieu d'origine et de destination en un seul indicateur. Dans le cadre de cette recherche, une seule a été trouvée. Il s'agit d'une étude questionnant des individus sur leur expérience lors du premier et dernier mille de leur trajet (donc vers et depuis une station de TC) en un seul indicateur. Elle démontre que la qualité du trottoir et l'impression de sécurité peuvent accroître l'intention d'usage d'un service de TC (Park et al., 2021).

La revue démontre que les études sur l'intention d'usage couvrent beaucoup moins les caractéristiques spatiales comme facteur influençant l'intention d'utiliser le TC que les études sur le choix modal. Ce constat est encore plus vrai pour les caractéristiques spatiales au lieu de destination. Tant pour les études de choix modal que les études d'intentions d'usage, la combinaison des caractéristiques spatiale du lieu d'origine et de destination n'est à peu près jamais étudiée. L'objectif de ce mémoire est de combler cette lacune dans la littérature dans l'espoir que cela permettra de mieux comprendre les enjeux d'équité entre différents ménages selon leurs habitudes de navettage.

2.3.2 Choix modal

Cette section explique la pertinence d'étudier la probabilité de choisir un mode dans le Chapitre 5. Comprendre quel groupe de la population utilise quel mode permet de mieux évaluer à quels besoins répondent quels services et quelles améliorations doivent être faites pour détourner les gens de l'auto solo et améliorer l'offre de TC. Le choix modal est influencé par plusieurs facteurs, notamment l'aménagement du territoire, la qualité du service de TC, le revenu, la possession d'une

automobile la composition du ménage, l'heure de départ et la densité du trafic, etc. Certaines de ces variables peuvent influencer le choix modal au quotidien alors que d'autres ont davantage un effet durable. Certaines variables incluses dans les modèles sont liées à des choix à court terme (heure de départ), alors que d'autres ont un impact à long terme (possession auto).

Caractéristiques spatiales

L'aménagement du territoire peut avoir une influence sur le choix modal. Frank & Pivot (1994), par exemple, ont théorisé l'approche des 3D identifiant la densité, la diversité et le design comme des éléments affectant le choix modal. La densité peut s'exprimer par la population ou le nombre d'emplois. De manière générale plus la densité est élevée moins l'auto est attractive en comparaison aux autres modes actifs et collectifs (Frank & Pivo, 1994). Cette relation est particulièrement vraie au lieu de domicile selon plusieurs auteurs (Cervero & Kockelman, 1997; Lee et al., 2014; Lussier-Tomaszewski & Boisjoly, 2021; Sun et al., 2017). D'autres auteurs, cependant, affirment que ce sont les lieux de travail qui jouent le plus grand rôle (Ding et al., 2018; Frank & Pivo, 1994). Le design des rues au niveau de leur connectivité, la densité d'intersection et de la qualité de l'architecture a une importance pour les modes actifs (Oh & Wang, 2018; Sun et al., 2017).

Des articles plus récents utilisent un système à 5 D comprenant la distance par rapport au TC (Ding et al., 2018) et la distance par rapport au CBD (central business district ou centre des affaires) (Ding et al., 2018; Sun et al., 2017). Les ménages proches des stations de TC ont plus de chance de l'utiliser. Ainsi, la proximité des stations de TC structurant est un indicateur fort pour déterminer si le réseau est conçu pour répondre aux besoins de la personne. De plus, les ménages près du centre-ville (en particulier dans une ville avec un centre fort comme Montréal) ont moins de chance de prendre la voiture (Ding et al., 2018; McIntosh et al., 2014). L'accessibilité ou non à un stationnement gratuit à destination peut aussi influencer le choix de prendre ou non la voiture pour un trajet particulier. Le stationnement gratuit influence grandement la propension à choisir la voiture (Ding et al., 2018).

En somme, les caractéristiques spatiales à l'origine et à la destination ont un effet sur le choix modal. La présence seule d'un mode collectif, ou la simple capacité physique de pratiquer un mode

actif ne peut pas à elle seule expliquer le choix. Le territoire influence directement les choix et la concrétisation des bénéfices liés aux investissements en TC.

Certains individus peuvent expérimenter une dissonance entre leur choix de localisation et leur choix modal à court ou moyen terme (Kamruzzaman et al., 2013). Par exemple, des individus demeurant dans des zones TOD (Transit Oriented Development), mais utilisant la voiture, ou des gens résidant dans des quartiers mal desservis par le TC, mais qui l'utilisent quand même. Cette dissonance peut s'expliquer par des préférences ou contraintes personnelles et est difficilement changée par les caractéristiques du territoire (Kamruzzaman et al., 2013). À long terme, un changement peut néanmoins se produire et c'est ce qui est présenté dans la prochaine section.

Caractéristiques socio-économiques

Les variables socio-économiques ont aussi une influence sur le choix modal à long terme. L'achat d'une voiture représente par exemple un investissement important qui influence grandement l'utilisation de ce mode et même plus que les coûts variables (de Jong et al., 2009), bien qu'il ait été démontré que les ménages à plus faible revenu préfèrent utiliser le TC à la place de leur auto lorsqu'une option adéquate existe (Yousefzadeh Barri et al., 2021). Notamment, les ménages à haut revenu ont plus tendance à utiliser la voiture même si d'autres options existent (Lee et al., 2014; Sun et al., 2017). Les ménages à plus faible revenu de leur côté sont davantage ouverts à abandonner la voiture si d'autres options de qualité existent pour leurs déplacements quotidiens (Yousefzadeh Barri et al., 2021). La taille du ménage et l'âge peuvent aussi influencer le choix modal (Sun et al., 2017). Les jeunes sont aussi plus susceptibles d'utiliser le TC, mais cette habitude se perd une fois qu'ils fondent une famille (Lussier-Tomaszewski & Boisjoly, 2021; Morency, C. et al., 2014). Avoir des enfants favorise grandement l'utilisation de la voiture et cette habitude demeure même une fois que les enfants ont quitté leur domicile (Grimsrud & El-Geneidy, 2014). Le besoin de transporter des enfants peut inciter l'utilisation de la voiture (Nordfjærn et al., 2014).

Bien que cette recherche se concentre sur les caractéristiques spatiales, la revue de littérature démontre que certains éléments comme la présence d'enfants et le genre peuvent être intégrés dans les modèles et aider à comprendre les besoins de certains groupes et ainsi expliquer les différences dans les choix modaux.

Autres facteurs

Au jour le jour, le choix modal peut changer en fonction de l'heure de départ : les personnes qui se déplacent à l'heure de pointe ont plus de chance de choisir le TC. Cela peut s'expliquer par la densité du trafic qui rend les déplacements en voiture moins rapide et moins agréable et par un meilleur service TC aux heures de pointe, augmentant du même coup l'utilité du TC (Bajwa et al., 2008). La présence de chantier routier peut aussi influencer le choix modal en détournant certains de la voiture si l'on informe les automobilistes que les conditions de circulation sont plus difficiles qu'à l'habitude (Kenyon & Lyons, 2003). La météo peut aussi avoir un effet sur le choix modal, les journées froides, pluvieuses ou enneigées peuvent décourager le transport actif, par automobile ou retarder un trajet non essentiel (Khattak & De Palma, 1997).

Tout comme pour les caractéristiques socio-économiques, ces autres facteurs peuvent influencer l'utilisation du transport collectif en plus des caractéristiques spatiales. C'est pourquoi certains éléments comme l'heure de départ peuvent être intégrés dans les modèles et aider à comprendre les besoins de certains groupes et ainsi expliquer les différences dans les choix modaux.

2.3.3 Mesure de l'équité

Cette section présente les différentes approches utilisées pour mesurer l'équité entre certains groupes qui ont à se déplacer. Mesurer l'équité permet de proposer des améliorations au réseau actuel afin qu'un plus grand nombre puisse en bénéficier selon leurs besoins particuliers. La prise en compte de l'équité en transport est devenue nécessaire puisque les méthodes traditionnelles pour comprendre les besoins en transport (par exemple la méthode avantage-coût) avantageaient les groupes qui se déplacent déjà beaucoup au détriment de ceux qui n'en ont pas l'opportunité (Di Ciommo & Shiftan, 2017). Pourtant, il importe de permettre à des populations vulnérables de participer aux activités de la société en particulier lorsqu'elles vivaient précédemment dans des zones mal desservies par le transport collectif en adaptant celui-ci pour leur permettre de se déplacer là où ils en ont besoin. C'est en prenant en compte tous les besoins, comme l'accès aux emplois, aux études et aux activités de loisir et de subsistance qu'un service de transport collectif peut être équitable. L'accès à une diversité d'opportunités en TC a une effet tangible sur l'inclusion

sociale, la participation à l'économie et sur l'accès aux soins de santé, aux services et aux biens de consommation (Lucas, 2012).

Un réseau de transport inéquitable peut provoquer un phénomène qui porte le nom de pauvreté en transport. La pauvreté en transport est définie par la combinaison des lacunes de l'offre, notamment de TC, avec des vulnérabilités socio-économiques, notamment pour les ménages à faible revenu. (Lachapelle et al., 2020). En effet, un ménage qui a les moyens de se procurer une voiture n'aura pas les mêmes difficultés qu'un ménage qui ne les a pas lorsque l'offre de transport collectif est insuffisante.

L'équité en transport peut se mesurer en comparant le nombre d'emplois accessible selon un temps de trajet, en comparant les différents quartiers (Di Ciommo & Shiftan, 2017). Par contre, les emplois mesurés sont généralement ceux occupés et non pas les emplois vacants qui peuvent difficilement trouver preneur en raison de l'accessibilité difficile par exemple (Guthrie et al., 2017). La tarification vient aussi jouer un rôle dans les études d'équité. Les zones où le TC est tarifié par zone ou à la distance peuvent être moins équitables pour certaines origines ou destinations en particulier si les ménages à faible revenu résident dans les banlieues (Zhao & Zhang, 2019). Le problème peut exister aussi quand la tarification est fixe notamment pour les courtes distances. L'aspect temporel joue aussi un rôle important dans l'équité des transports entre le jour et la nuit (McArthur et al., 2019). Le niveau d'équité est parfois calculé à partir de courbe de Lorenz, une technique aussi appelée le coefficient de Gini (Delbosc & Currie, 2011). La courbe de Lorenz cherche mesurer si les services sont distribués également dans la population sans égards aux besoins réels. Certaines recherches préconisent donc une approche basée sur les besoins spécifiques pour différents trajets à différentes périodes qui sont non comblés pour mieux cibler les améliorations à réaliser sur le réseau (Di Ciommo & Shiftan, 2017).

De façon générale, deux approches théoriques sont mises de l'avant pour mesurer l'équité des transports, soit l'équité horizontale et l'équité verticale. Ces deux approches sont définies ci-dessous.

Équité horizontale

Certains rapports considèrent que l'équité horizontale se définit lorsque des utilisateurs ayant des besoins similaires sont traités de la même façon (Litman, 2022). L'indice de Gini est régulièrement

utilisé pour mesurer l'équité ainsi (Di Ciommo & Shiftan, 2017). Une autre définition est issue des externalités. Les coûts de transport devraient être internalisés pour tous les modes afin d'éviter que certains modes comme l'automobile fassent subir leurs impacts négatifs sur le reste de la collectivité (Litman, 2022).

David Banister divise l'équité horizontale selon deux stratégies distinctes. La première est l'égalité des résultats par une offre de service basée sur la demande, le marché ou des critères commerciaux. Par exemple d'offrir plus de service là où les bus sont plus utilisés et moins là où ils sont vides sans égards au besoin de certaines populations marginalisées. La seconde est l'égalité des opportunités lorsque l'agence de transport distribue le service de manière égale dans tous les quartiers sans égards à la demande réelle et selon un service minimum standard (Banister, 2018). Cette seconde stratégie a comme désavantage de mobiliser des ressources là où ce n'est pas nécessaire, alors que les besoins sont plus grands ailleurs.

À titre d'exemple, une équité horizontale par égalité des opportunités peut mesurer par l'égalité de l'accessibilité entre les différents lieux de résidence vers les différents lieux d'emploi (El-Geneidy et al., 2016). Dans un système parfaitement égalitaire, tous les lieux de résidence auraient accès au même nombre d'emplois. Cette définition est similaire à celle de l'équité spatiale où l'accessibilité à un nombre d'opportunités, d'activités ou d'arrêts de bus sert de métrique pour évaluer l'équité entre les différents lieux de résidence sans égard au besoin réel de chaque quartier (Delmelle & Casas, 2012).

Il existe donc plusieurs manières de mesurer l'équité de façon horizontale, mais il s'agit généralement d'offrir un service équivalent ou basé sur une règle générale à tous les membres d'une communauté, peu importe leurs besoins réels.

Équité verticale

Contrairement à l'équité horizontale, l'équité verticale n'estime pas que tous les groupes sont égaux, mais que certains d'entre eux ont des besoins prioritaires à combler en raison de leurs caractéristiques socio-économiques (Di Ciommo & Shiftan, 2017) et devraient donc recevoir davantage d'attention et de ressources (Litman, 2022).

Tout comme l'équité horizontale, l'équité verticale peut être définie selon une stratégie d'égalisation des résultats ou d'égalisation des opportunités. Dans le cas de l'égalisation des résultats, il peut être question d'une distribution du service régulier tout en soutenant les populations vulnérables ou d'offrir des rabais à ces populations. Le fournisseur de service estime que l'objectif est atteint si les populations visées utilisent le service. Dans le cas de l'égalisation des opportunités, il s'agit d'offrir un service spécifiquement en lien au besoin des populations marginalisées ou d'une politique de discrimination positive en faveur des populations désavantagées lors de la planification des investissements en transport (Banister, 2018). Du point de vue du fournisseur de service, l'objectif est atteint si les groupes visés ont accès au service et à des opportunités via ce service.

L'équité verticale peut être mesurée par les différences d'accessibilité entre des classes d'individus séparées par leur revenu ou leur accès à l'automobile par exemple. (El-Geneidy et al., 2016). Les mesures d'équité verticale portant sur les ménages à faible revenu sont qualifiées de progressives si elles permettent d'améliorer l'accès à du transport abordable pour ces ménages (Litman, 2022).

L'équité verticale peut aussi être mesurée en lien à la qualité des emplois accessibles (Lachapelle et al., 2020). Dans un système verticalement équitable, toutes les classes de revenu défavorisées auraient une accessibilité au TC plus grande. La situation à Montréal serait déjà plus avantageuse pour le 20% de ménages à plus faible revenu que dans toutes autres villes canadiennes en termes d'accessibilité aux emplois. C'est à Montréal que l'équité verticale est la plus forte au Canada (Deboosere & El-Geneidy, 2018)

L'équité verticale est parfois aussi définie par la justice sociale et la lutte aux injustices qui peuvent exister pour certains groupes comme les minorités visibles ou les femmes. Elle peut aussi porter sur l'inclusivité des personnes âgées et des personnes en situation de handicap (Litman, 2022). Prendre des actions contre le sexisme provoqué par le réseau de transport qui ne répond pas aux besoins des femmes est une manière d'améliorer l'équité de celui-ci.

Il existe donc de multiples manières d'évaluer l'équité verticale d'un réseau ou d'un projet de transport, mais celle-ci tourne souvent autour d'une offre de service accrue pour des populations qui en ont plus besoin.

2.4 Lacune dans la littérature

Cette revue de littérature démontre la pertinence d'étudier les impacts du TC tant de manière globale que sur des groupes ciblés. Tant le service actuel que les projets peuvent faire l'objet d'une étude d'intention d'usage et de probabilité de choisir un mode basé sur les caractéristiques spatiales du lieu d'origine ou du lieu de destination. C'est cependant là que se trouve une faiblesse dans la littérature. En effet, très peu d'études combinent les caractéristiques spatiales du lieu d'origine et du lieu de destination pour tenter d'expliquer les habitudes de déplacement. Celles-ci se contentent généralement de les inclure séparément. Pourtant, il est clair que les deux bouts du déplacement ont une influence selon la littérature. Observer l'effet de l'origine ou de la destination individuellement ne permet pas de comprendre certaines subtilités de la probabilité de choisir un mode pour le déplacement, puisqu'il est nécessaire de prendre en compte à la fois l'origine et la destination lors du choix. La méthodologie présentée au chapitre suivant cherchera à combler cette lacune pour la mettre en pratique dans les chapitres suivants.

CHAPITRE 3 MÉTHODOLOGIE

Cette recherche provient du désir de mieux comprendre les habitudes de déplacement des navetteurs liés au travail dans le Grand Montréal selon leur lieu d'origine et de destination. Cette idée est née dans le contexte de la construction du REM, un des plus importants projets de transport qu'aura connu la ville et qui va probablement changer les habitudes de déplacement. Dans ce contexte, un sondage sur l'intention d'usage du REM a révélé que ce n'est pas tout le monde qui a l'intention d'utiliser ce mode de transport. Pendant ce temps, la revue de littérature a montré que les caractéristiques spatiales aux lieux de domicile et aux lieux de travail peuvent avoir un impact sur l'intention d'usage et sur le choix modal, mais que peu d'études ont cherché à combiner les deux en un seul indicateur. Les disparités dans l'intention d'usage et du choix selon les caractéristiques du lieu d'origine et de destination témoignent aussi de certains enjeux d'équité. Il est nécessaire de savoir si les réseaux de transport répondent adéquatement au besoin de la population selon leur origine et destination.

La question est aussi pertinente pour le réseau actuel et c'est pourquoi l'étude de l'enquête origine-destination a été ajoutée à l'étude. Tous ces éléments ont permis de formuler la question de recherche (à la section 1.3). Cette méthodologie comprend la description de la région à l'étude, suivie de l'approche générale décrivant les trois objectifs principaux, de la description des données utilisées, du choix des variables et de la présentation de la méthode utilisée pour observer le lien entre les caractéristiques spatiales et les habitudes de transport dans une perspective d'équité. Cette méthodologie pourra être utilisée pour mieux comprendre les besoins de différents groupes de la population et proposer des solutions plus ciblées.

3.1 Région à l'étude

Pour atteindre l'objectif de mettre en pratique la nouvelle méthodologie, il fallait choisir une région d'analyse. Cette recherche se concentre donc principalement sur la région de Montréal, son auteur en est originaire ce qui facilite l'accès aux données ainsi que les analyses en raison d'une meilleure compréhension du contexte et de la situation actuelle. L'arrivée d'un grand projet de transport collectif (TC), le réseau express métropolitain (REM), rend l'analyse d'autant plus intéressante puisque les résultats peuvent être utilisés concrètement. C'est pourquoi cette région fut choisie pour mettre en pratique la méthodologie. L'explication du réseau de transport offre aussi tout le contexte nécessaire pour comprendre l'interprétation du choix modal et de l'intention d'usage.

3.1.1 Territoire

Le grand Montréal, comme défini dans cette étude, correspond au territoire de 4000 km² couvert par l'ARTM autour de la ville de Montréal, comprenant 83 municipalités et plus de 4 millions d'habitants. Elle a la particularité d'être traversée par le fleuve Saint-Laurent, un large cours d'eau, ce qui complique les déplacements. La région est divisée en huit sous-régions que l'on voit sur la Figure 3-1. La sous-région Montréal (Centre-ville) comprend une grande quantité d'emplois col blanc ainsi que d'importantes institutions comme les universités. Montréal (Centre) comprend une grande quantité d'emplois et de résidences de haute densité. Montréal (Ouest) comprend le plus important quartier industriel de la région ainsi que les quartiers résidentiels parmi les plus riches de la région. Montréal (Est) comprend de l'industrie lourde ainsi que des quartiers résidentiels hébergeant des ménages à plus faible revenu. Les régions de Laval et Longueuil comprennent les deux plus grandes villes de banlieue de la région. Ces villes sont principalement résidentielles, mais comprennent aussi des emplois dans le secteur des services, le secteur manufacturier, le secteur de la santé. Finalement, les couronnes nord et sud comprennent plusieurs petites villes de banlieue de basse densité séparées par des territoires agricoles (Autorité régionale de transport métropolitain, 2020). Les sections suivantes présentent comment les différents réseaux de transport permettent de connecter les régions entre elles et comment les déplacements internes peuvent se faire.

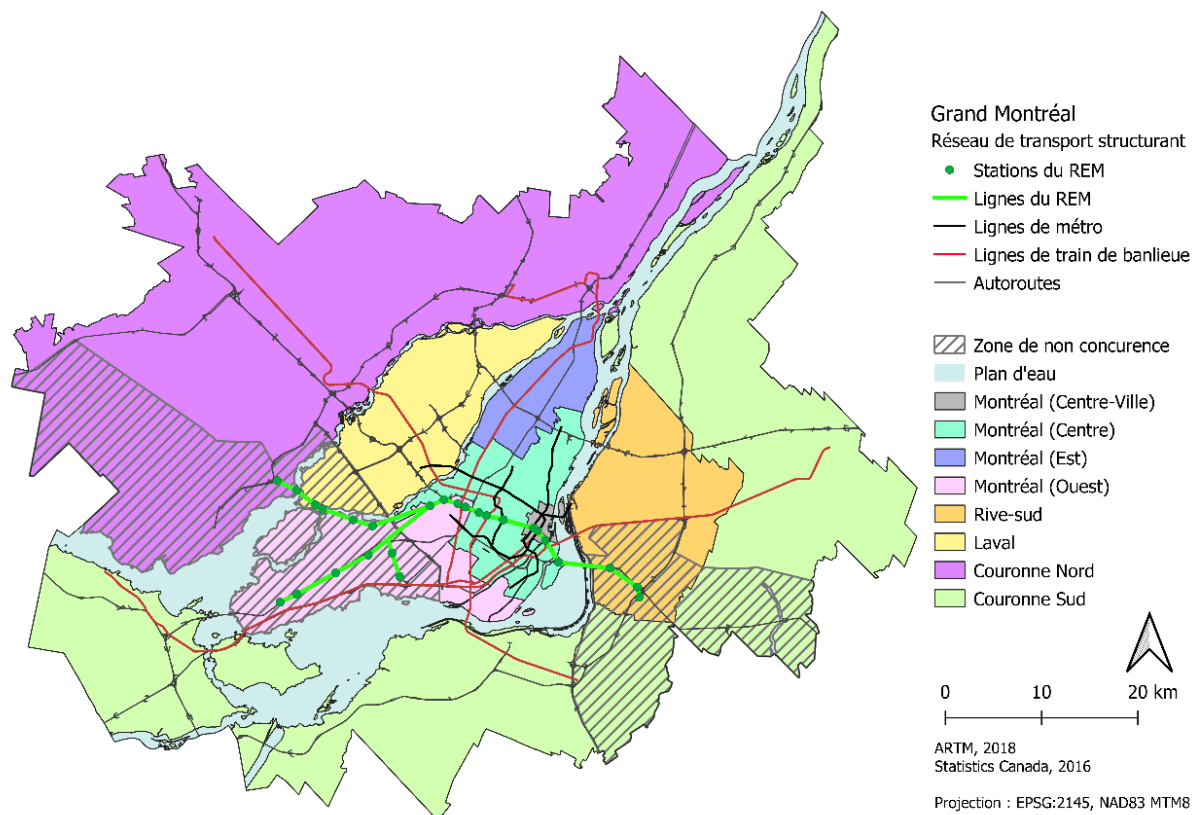


Figure 3.1: Réseau de transport du Grand Montréal

3.1.2 Réseau routier

Le réseau routier du Grand Montréal comprend 17 300 km de voies hiérarchisées en plusieurs catégories. Les axes majeurs sont généralement couverts par les 1770 km d'autoroute. L'autoroute 40 traverse l'île de Montréal en son cœur et fait partie de la Transcanadienne. Il s'agit d'un axe majeur pour le camionnage (CMM, 2012). Les autoroutes 15 (vers les Laurentides) et 20 (vers les Maritimes) sont aussi des composantes de la Transcanadienne essentielles au camionnage. Les autoroutes 15 et 10 traversent le fleuve Saint-Laurent par le pont Champlain et permettent respectivement de rejoindre les États-Unis et l'Estrie. Vers l'ouest, les autoroutes 20 et 40 se dirigent vers Toronto et Ottawa. Les autoroutes 30 et 640 jouent le rôle de périphérique (incomplet) autour de l'agglomération afin d'éviter l'île de Montréal. Il y a aussi certaines autoroutes d'intérêt local : la 13, la 19, la 520 et la 440 entre autres. En plus du trafic interurbain, le réseau d'autoroutes est largement utilisé pour les besoins de navettage métropolitain. Certaines autoroutes ont des

DJMA (débit journalier moyen annuel) dépassant les 100 000 véhicules (Ministère des Transports, 2021). C'est la source d'une forte congestion chronique dans l'agglomération. Deux autoroutes, la 30 et la 25 sont dotées d'un péage suite à une entente de type PPP (partenariat public-privé) pour leur construction (Gouvernement du Québec, 2012). Autrement, le réseau est accessible gratuitement. Le réseau d'autoroute est visible sur la Figure 3-1

Les routes principales jouent aussi un rôle majeur dans la région, bien que leur caractéristique et volume de circulation quotidien varient fortement entre chacune (Ministère des Transports, 2021). Sur l'île de Montréal, on retrouve notamment la rue Sherbrooke (Route 138) et le boulevard Pie-IX (Route 125). Sur la Rive-Sud, on retrouve notamment la 116 (Boulevard Sir Wilfrid Laurier), la 134 (Boulevard Taschereau) et la 132. Ces deux dernières longent le fleuve d'est en ouest. À Laval et dans la couronne nord, on retrouve la route 117 (Boulevard Curé-Labelle). Ces routes sont importantes pour le camionnage local et le navettage quotidien (CMM, 2012).

Finalement, les villes ont leur propre réseau routier local comprenant des boulevards plus ou moins larges et de nombreuses rues résidentielles. La ville de Montréal est reconnue pour avoir un réseau routier quadrillé et des quartiers de forte densité, alors que les banlieues ont le plus souvent un réseau routier en « spaghetti » (comportant de nombreux détours et cul-de-sac), typique de l'après-guerre. Ces quartiers ont une moins bonne connectivité à pied ce qui peut décourager la marche (Raulin et al., 2016). La faible densité de population et le manque de connectivité rendent aussi la desserte en TC plus complexe.

Certaines de ces routes comprennent des voies réservées destinées aux autobus des sociétés de transport, au covoiturage, au taxi et parfois aux véhicules électriques. Les voies réservées sont généralement appliquées seulement lors des heures de pointe. Les accotements peuvent aussi jouer le rôle de voies réservées à l'occasion. L'île de Montréal à elle seule compte près de 300 km de voies réservées (Ville de Montréal, 2021).

3.1.3 Réseau ferroviaire

Le Grand Montréal est principalement couvert par les voies ferrées du Canadien National (CN) et du Canadien Pacifique (CP) qui sont utilisées en priorité pour le transport des marchandises. Tout comme pour le réseau routier, les voies ferrées permettent d'atteindre les villes de Québec, Ottawa,

Toronto et plus loin dans les maritimes, l'Ouest canadien et les États-Unis. La bonne connexion de la ville de Montréal avec le réseau ferroviaire s'explique par la présence du port de Montréal, deuxième en importance au pays (Port de Montréal, 2020). Le transport interurbain de passagers par train se fait par l'entremise de VIA Rail et de Amtrack et les départs ont lieu à la Gare Centrale.

Pour les déplacements locaux, un réseau de trains de banlieue (visible sur la Figure 3-1) permet de joindre le centre-ville à certaines banlieues de la région métropolitaine. En 2018, date de l'enquête origine-destination, il y avait six lignes de train de banlieue reliant Deux-Montagnes, Vaudeuil, Mont-Saint-Hilaire, Delson, Saint-Jérôme et Mascouche au centre-ville de Montréal sur 234 km de voies et 62 gares (exo, 2019). Le service de train est principalement offert dans la direction de la pointe, principalement aux heures de pointe. La qualité du service est limitée par la priorité accordée aux trains de marchandises, exception notable de la ligne Deux-Montagnes qui offrait un service bidirectionnel toute la journée. C'est cette ligne qui a été démantelée pour faire le REM, faisant passer le réseau à 226 km et 52 gares (exo, 2021).

3.1.4 Métro

Le réseau de métro de Montréal couvre principalement le centre de l'île de Montréal en plus des trois stations à Laval et de la station à Longueuil sur la rive sud. Le Réseau comprend quatre lignes et 68 stations entièrement souterraines sur 71 km de voies qui sont visible sur la Figure 3-1. Contrairement au train de banlieue, le métro offre un service bidirectionnel fréquent tout au long de la journée (à l'exception de la nuit entre 1h et 5h du matin approximativement). Cela lui assure un fort achalandage de 283,5 millions de passagers durant l'année 2019 (STM, 2020). Cela le place troisième en Amérique du Nord après New York et Mexico. Depuis la pandémie de COVID-19, l'achalandage a beaucoup baissé atteignant approximativement 58% de ce qu'il a déjà été en novembre 2021 et 63% en mars 2022 (Autorité Régional de Transport Métropolitain, 2022).

3.1.5 Réseau express métropolitain

Le réseau express métropolitain est un projet de métro léger de la Caisse de dépôt et placement du Québec (CDPQ). Le projet est bâti selon une formule similaire à un PPP où la Caisse détient la filiale privée CDPQ infra qui gère le REM et l'ARTM finance cette filiale à un prix de 0,72\$ par passager*km (Schepper, 2017). Il comportera 67 km de voies aériennes, terrestres ou souterraines.

Les voies sont entièrement dédiées au REM et n'ont pas de passage à niveau. Le réseau comprendra 26 stations situées principalement dans les banlieues comme l'ouest de l'île de Montréal, l'ouest de Laval, Deux-Montagnes et Brossard. Les lignes et les stations sont visible sur la figure 3-1. L'objectif principal de ce réseau est de connecter ces banlieues au centre-ville, au réseau de métro et à l'aéroport. Le réseau sera indépendant des autres sociétés de transport, mais partagera la même grille tarifaire. Tout comme le métro, il circulera fréquemment toute la journée dans les deux directions. Le premier tronçon entre Brossard et le centre-ville sera inauguré en 2022, alors que l'entièreté du réseau sera entièrement opérationnelle d'ici la fin 2024. La Caisse s'attend à un achalandage de près de 45 millions d'embarquements annuels en 2031 (Steer Davies Gleave, 2017). Cette prévision est maintenue malgré la pandémie (Réseau express métropolitain, 2021b). L'un des éléments qui expliquent cet achalandage est la présence d'une zone d'exclusivité où les autobus sont obligés de desservir le REM au lieu de se rendre directement au métro ou au centre-ville. La zone d'exclusivité est visible en hachurée sur la figure 3-1. Cette mesure est prévue dans le contrat du REM et lui assure une certaine rentabilité (Autorité régionale de transport métropolitain, 2018).

3.1.6 Bus

Quatre opérateurs opèrent des réseaux de bus dans le Grand Montréal. Chacun de ces opérateurs a l'exclusivité pour un territoire précis. La STM est située sur toute l'île de Montréal, le RTL opère dans l'agglomération de Longueuil, la STL opère sur l'ensemble de l'île de Laval et exo opère dans toutes les autres villes du territoire de l'ARTM. Hors de ce territoire, certaines Municipalités régionales de comté (MRC) peuvent aussi opérer des réseaux de TC indépendants. C'est la STM qui opère la plus importante flotte de bus avec 1869 bus sur 225 lignes (STM, 2020). C'est aussi la seule société de transport à opérer un service de nuit dans la région métropolitaine. La qualité du service de bus varie énormément d'une ligne à l'autre, et ce à même les sociétés de transport. La STM par exemple possède des lignes « 10 minutes max » où un intervalle maximal de 10 minutes est promis dans chaque direction ou dans la direction de la pointe jusqu'à 9h du soir. Par contre, la STM a aussi des lignes moins achalandées où le service n'est offert qu'aux 30 minutes et des lignes offertes uniquement aux heures de pointe. Chez la STL, RTL et exo, la fréquence de passage peut être plus faible par exemple aux heures ou encore moins. Les lignes offertes

uniquement aux heures de pointe sont aussi plus fréquentes. Le service de fin de semaine est aussi moins fréquent ou absent.

3.1.7 Transport actif

La région métropolitaine de Montréal comporte un vaste réseau de transport actif tant pour la marche que pour le vélo. De manière générale, les rues montréalaises sont dotées de trottoirs et sont bien connectées les unes avec les autres ce qui facilite la marche. Certaines barrières comme les voies ferrées sont cependant reconnues comme limitant les déplacements des piétons lorsqu'elles forment des frontières désertes (Jacob, 2012). En banlieue, les rues dotées de trottoir sont plus rares, en particulier pour les rues résidentielles. Les piétons doivent marcher dans la rue. Cela nuit au sentiment de sécurité et décourage fortement la marche. Pour les couronnes, ce sont parfois même les boulevards qui en sont dépourvus rendant la marche carrément dangereuse en raison des limites de vitesse dépassant parfois 50 km/h.

La plupart des villes de la région métropolitaine de Montréal possède un réseau de pistes cyclables principalement dédié au déplacement de loisirs. Près de 3000 km de pistes sont aménagées (Vélo Québec, 2021). Par contre, elles peuvent être mal connectées entre elles ce qui rend les déplacements d'une piste cyclable à l'autre plus hasardeux, décourageant l'usage du vélo (Communauté Métropolitaine de Montréal, 2017). La ville de Montréal possède un réseau de pistes cyclables plus étoffé et mieux connecté. Cependant, la qualité des pistes varie grandement d'une rue à l'autre. Certaines sont des bandes cyclables (peinture au sol à même la rue) dont les bénéfices au niveau de la sécurité sont controversés. Certains y voient des bénéfices (Hamann & Peek-Asa, 2013; Morrison et al., 2019), mais les accidents ont tendance à être plus sévères (Wall et al., 2016). Les villes, tant Montréal que les banlieues font néanmoins des investissements réguliers afin d'améliorer leur réseau cyclable. Le projet du Réseau express vélo à Montréal en est un exemple.

En somme, comprendre la nature et la qualité des réseaux routiers, de TC et de transport actif est essentiel pour interpréter le choix modal de la population en fonction de leurs lieux de résidence et de leurs lieux de travail. Il est rare que chaque option soit équivalente pour les individus. L'aménagement du territoire vient grandement influencer le choix modal.

3.2 Approche générale

Plus qu'une description de la région à l'étude, ce chapitre présente les grandes lignes de la méthodologie derrière cette recherche et les grandes lignes derrière le premier objectif (Figure 3-2). Ce chapitre est complété par les méthodologies détaillées présentées au Chapitre 4 et Chapitre 6.

L'approche de recherche telle que définie dans la figure 3-2 montre comment la recherche derrière ce mémoire est hiérarchisée. Les liens verticaux montrent l'ordre dans lequel les étapes ont eu lieu (de haut en bas) à l'intérieur des objectifs alors que les liens horizontaux montrent comment les étapes des différents objectifs influencent les étapes des autres objectifs (de gauche à droite). Tout d'abord, le contexte de l'étude montre que celle-ci cherche à expliquer si les projets de TC comme le REM et si les services de TC existants répondent aux besoins de la population selon où ils habitent et où ils vont. La revue de littérature montre que les caractéristiques spatiales du lieu d'origine et de destination sont rarement combinées pour expliquer les habitudes de déplacement (voir section 2.6). Cela a donc mené à la question de recherche : « Comment la combinaison des caractéristiques spatiales des lieux de résidence et des lieux d'emploi permet-elle de mieux comprendre les comportements de mobilité entre différents types de navetteur dans une perspective d'équité? » Le mémoire se concentre sur les déplacements de navettage quotidien pour le travail puisqu'ils forment une grande part des déplacements quotidiens et sont généralement prioritaires par les sociétés de TC. Malgré tout, plusieurs navetteurs ne voient pas leurs besoins comblés par les services de TC actuel.

Pour répondre à cette question de recherche, il a fallu diviser la tâche en trois objectifs, le premier étant de développer une nouvelle méthode comblant le vide dans la littérature. Le développement d'une nouvelle méthode était nécessaire puisque les recherches précédentes, particulièrement pour l'intention d'usage, mais aussi pour le choix modal, ne tentaient pas de combiner les caractéristiques spatiales des lieux d'origine et de destination pour les étudier simultanément. L'approche développée propose donc d'inclure les caractéristiques spatiales du lieu de domicile et du lieu de travail dans une seule analyse typologique permettant d'obtenir des types Domicile-Travail distincts. Ceux-ci pourront être comparés grâce à des statistiques descriptives et leurs effets

sur les comportements de mobilité pourront être évalués grâce à des modèles de régression (objectif 2).

Le second objectif est de mettre cette méthode en pratique en analysant la relation entre les caractéristiques spatiales de l'origine et de la destination (types Domicile-Travail) et l'intention d'usage et le choix modal. Deux cas ont été choisis, soit l'intention d'usage du futur REM, un projet majeur dans la région de Montréal qui risque de changer les habitudes de déplacement, et le mode utilisé pour le navettage tel que mesuré en 2018 avec l'enquête OD. De plus, une attention particulière a été portée dans la seconde étude sur les différents modes de transport collectif : le transport collectif a été divisé entre bus, métro, train de banlieue, trajets avec correspondance (bus/métro/train) et multimodalité (auto-TC). Ces catégories ont été choisies en raison de leur pertinence pour comprendre l'impact des futurs investissements en TC à Montréal. Concrètement, pour chacun des cas, une analyse typologique a été réalisée suivant l'objectif 1. Ensuite, les types Domicile-Travail obtenus ont été inclus comme variable indépendante dans des modèles de régression logistique afin d'en évaluer leurs effets sur l'intention d'usage et le mode utilisé une fois que des variables de contrôle sont ajoutées.

Le troisième objectif est d'évaluer l'équité entre les groupes, c'est-à-dire d'expliquer les différences qui existent entre les types au niveau de l'intention d'usage et de la probabilité de choisir un mode et à l'intérieur des types selon les revenus et le genre.

Chacun de ces objectifs nécessitait des données et des techniques particulières qui sont décrites à la Section 3.4. Les analyses ont fourni des résultats qui permettent d'en tirer des conclusions, mais aussi d'améliorer la méthode d'un essai à l'autre. L'analyse d'équité permet de proposer des politiques concrètes à mettre en place pour le TC à Montréal et prouve que cette nouvelle méthodologie est pertinente pour mieux comprendre les différences dans l'intention d'usage et la probabilité de choisir un mode.

Les prochaines sections présentent les données et la méthodologie générale, alors que les détails méthodologiques propres à chacune des études sont présentés aux chapitres 4 et 5.

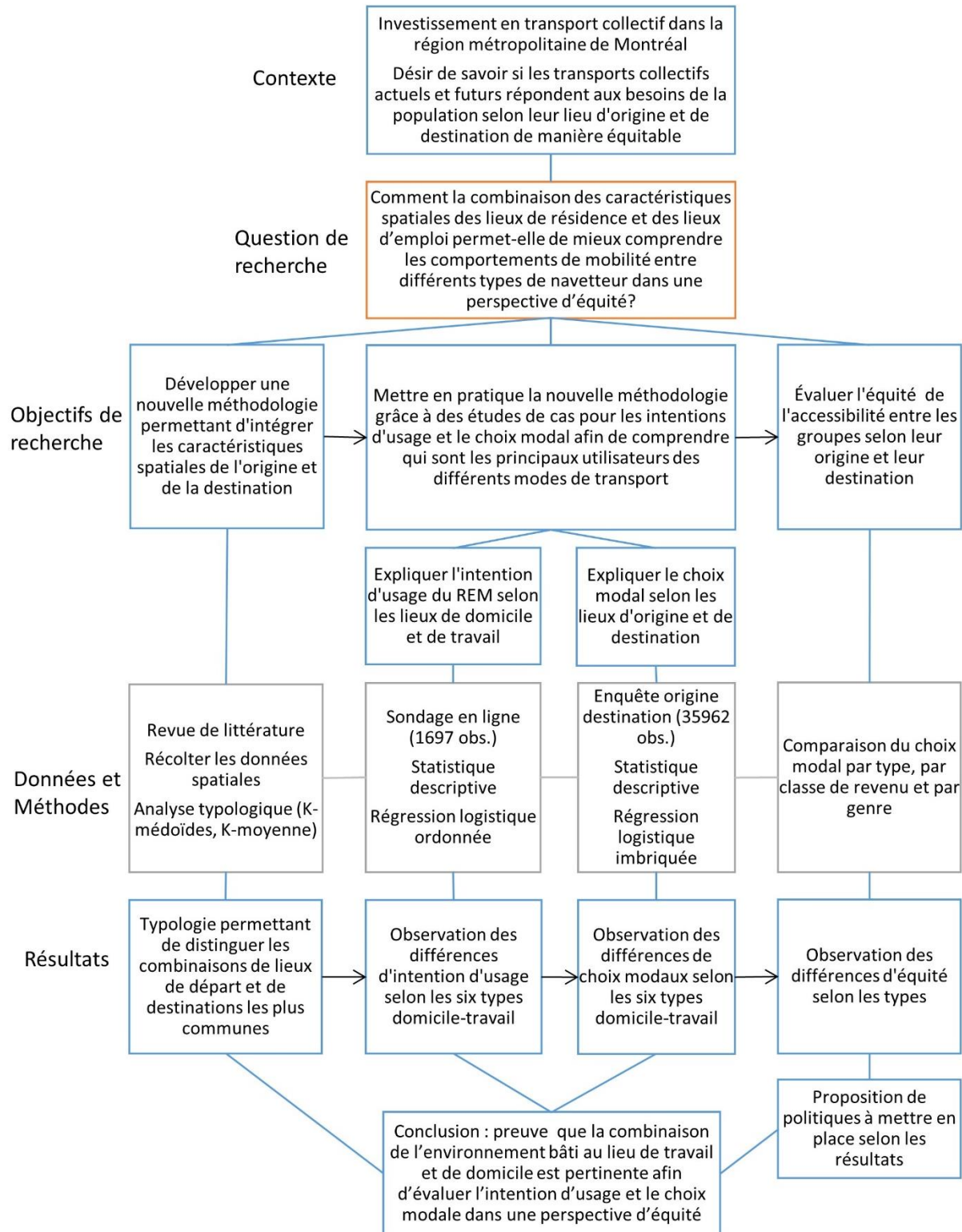


Figure 3.2 : Approche de recherche

3.3 Données

3.3.1 Source des données

Deux principales sources de données sont utilisées pour atteindre les trois objectifs et répondre à la question de recherche. Dans le cas des données du REM, les données proviennent d'un sondage réalisé à l'automne 2019 dans le cadre d'un projet de cinq ans : *Impacts du REM sur la mobilité, la santé et l'équité* réalisé par l'équipe des professeurs Ahmed El-Geneidy (Université McGill) et Yan Kestens (Université de Montréal). Ce sondage comprenait 3683 observations valides obtenues de différentes manières, notamment de la publicité sur les réseaux sociaux et médias traditionnels, le panel de répondants de Léger et du recrutement dans la rue aux abords des futures stations. La base de données ainsi obtenue était globalement représentative du Grand Montréal, malgré une surreprésentation des femmes de 25 à 34 ans et une sous-représentation des personnes âgées de plus de 75 ans (Dent et al., 2021). Elle comprenait des informations sur l'intention d'usage du REM, les attitudes par rapport au REM, des informations socio-économiques, les habitudes de déplacement actuelles ainsi que le lieu d'origine et la destination des répondants. L'intention d'usage était mesurée à l'aide de la question : dans quelle mesure êtes-vous susceptible d'utiliser le REM une fois en service? Il est possible que lors du sondage en 2019 certains répondants ne comprenaient pas encore qu'il s'agissait d'un projet semblable au métro et non à un train de banlieue. Par ailleurs, la tarification exacte du futur REM n'était pas connue à cette époque ce qui pourrait influencer les réponses. Plus de détails sur cette base de données sont disponibles dans le Chapitre 4.

Pour les données de choix modal, elles proviennent de l'enquête OD 2018 de niveau 2 avec en plus les données de revenu associées au ménage. L'enquête OD comporte 393 826 déplacements faits par 169 000 personnes issues de 73 400 ménages. Seuls les déplacements de motif travaillent effectués à l'intérieur du territoire de l'ARTM et ayant des réponses complètes ont été conservés pour les besoins de cette étude. Cela ramène le total à 39 077 observations. Le sondage a été fait sur internet et au téléphone entre le 5 septembre et le 20 décembre 2018. L'enquête OD est pondérée afin d'être représentative. Cependant, les pondérations n'ont pas été utilisées dans cette étude puisque les pondérations ne sont pas valides à l'échelle individuelle et toute échelle

inférieure à celle du secteur municipal selon le guide d'utilisation de la base de données. De plus, l'objectif n'est pas de modéliser exactement les déplacements, mais bien de comprendre les facteurs qui influencent le choix modal. Plus de détails sur cette base de données sont disponibles dans le Chapitre 6.

Les données spatiales telles que le réseau routier, la densité de population et d'emplois proviennent de Statistique Canada. Les données de Walk Score proviennent de l'entreprise privée éponyme et les données sur l'emplacement des métros trains et bus proviennent de l'ARTM. Ces données sont utilisées à la fois pour le Chapitre 4 et le Chapitre 6.

3.3.2 Traitement des données spatiales

Les données spatiales de l'étude portant sur le REM et sur l'étude portant sur l'enquête OD sont les mêmes et ont fait l'objet du même traitement. Les variables de proximité (station de métro, gare de train, etc.) sont faites à partir de la distance réseau sur les rues accessibles aux piétons. Le service de bus est estimé à partir des passages de bus de la STM, STL, RTL et exo disponible à 1 km de marche sur la distance réseau en 2018, tout comme pour les stations de métro et gares de train. La distance par rapport au centre-ville est calculée à partir de la Gare Centrale. La densité de population est issue de l'aire de diffusion (AD) où est situé le domicile et provient de la base de données du recensement de Statistique Canada en 2016. La densité d'emploi est issue de la base de données CO-2033 de Statistique Canada (recensement 2016). Toutes les données ont été traitées à l'aide de R 4.1.0 et de R studio 1.4.1717 et les données spatiales ont en plus été traitées dans QGIS 3.16.5. Il s'agit de logiciels libres, donc accessibles gratuitement sur internet. Plus de détails sur les traitements des données spatiales sont fournis dans la Section 5.4. On y explique notamment comment les variables ont été simplifiées pour être incluses dans les modèles.

3.4 Choix des variables incluses dans les analyses

Pour faire l'étude, il fallait d'abord choisir les variables explicatives les plus appropriées pour étudier l'intention d'usage et la probabilité de choisir un mode. Il y avait l'embarras du choix et un tri s'imposait. Pour l'étude initiale du REM (voir l'article au Chapitre 4), la base de données initiale comprenait plus de 900 variables, de ce nombre, 242 furent conservées puisqu'elle

s'approchait de près ou de loin des objectifs de la recherche, c'est-à-dire de comprendre comment les caractéristiques combinées de lieu de domicile et de destination influencent l'intention d'utilisation. Les variables s'inspirent de celles utilisées dans la littérature sur l'intention d'usage et le choix modal avec notamment des variables attitudinales (Eriksson & Forward, 2011; Sener et al., 2020), socioéconomiques et spatiales (Ding et al., 2018; Lee et al., 2014; Sun et al., 2017). Les variables demeuraient tout de même trop nombreuses pour être toutes analysées de manière satisfaisante. Il devenait donc nécessaire d'en filtrer certaines pour se concentrer sur les plus importantes. Pour cette analyse exploratoire, plusieurs possibilités furent envisagées comme la méthode LCA (*Latent Class Analysis*, analyse des classes latentes) et la méthode LPA (*Latent profile analysis*, analyse des profils latents). Les deux techniques avaient le désavantage de ne pouvoir fonctionner qu'avec un seul type de données (qualitatives ou quantitatives) en plus des données binaires. Cela aurait eu pour effet de diminuer la précision de la base de données. C'est pourquoi la technique du FAMD (Analyse factorielle de données mixtes) s'est avérée la plus intéressante. Cette technique nécessite les packages *FactoMineR* et *factoextra* sur R. En effet, cette méthode permet d'étudier à la fois des variables qualitatives, quantitatives et binaires. La méthode est similaire au PCA (Analyse en composantes principales).

La Figure 3-3 présente les résultats de l'analyse factorielle de données mixtes. Pour interpréter la Figure 3-3, il faut regarder l'angle et la distance entre les variables. Plus l'angle est faible, plus les variables sont rapprochées, plus elles expriment le même phénomène. Plus la distance est grande sur l'un des axes, plus cette variable est importante pour expliquer cet axe. Le graphique résultant démontre que les variables spatiales (station d'origine et de destination, présence d'une station de métro, présence du train de banlieue Deux-Montagnes et la distance entre le lieu d'origine et de destination) ont un plus grand pouvoir explicatif que les variables socio-économiques sur l'intention d'usage. Ces résultats confirment la pertinence de développer une nouvelle méthode permettant d'intégrer les caractéristiques spatiales de l'origine et de la destination en un seul indicateur.

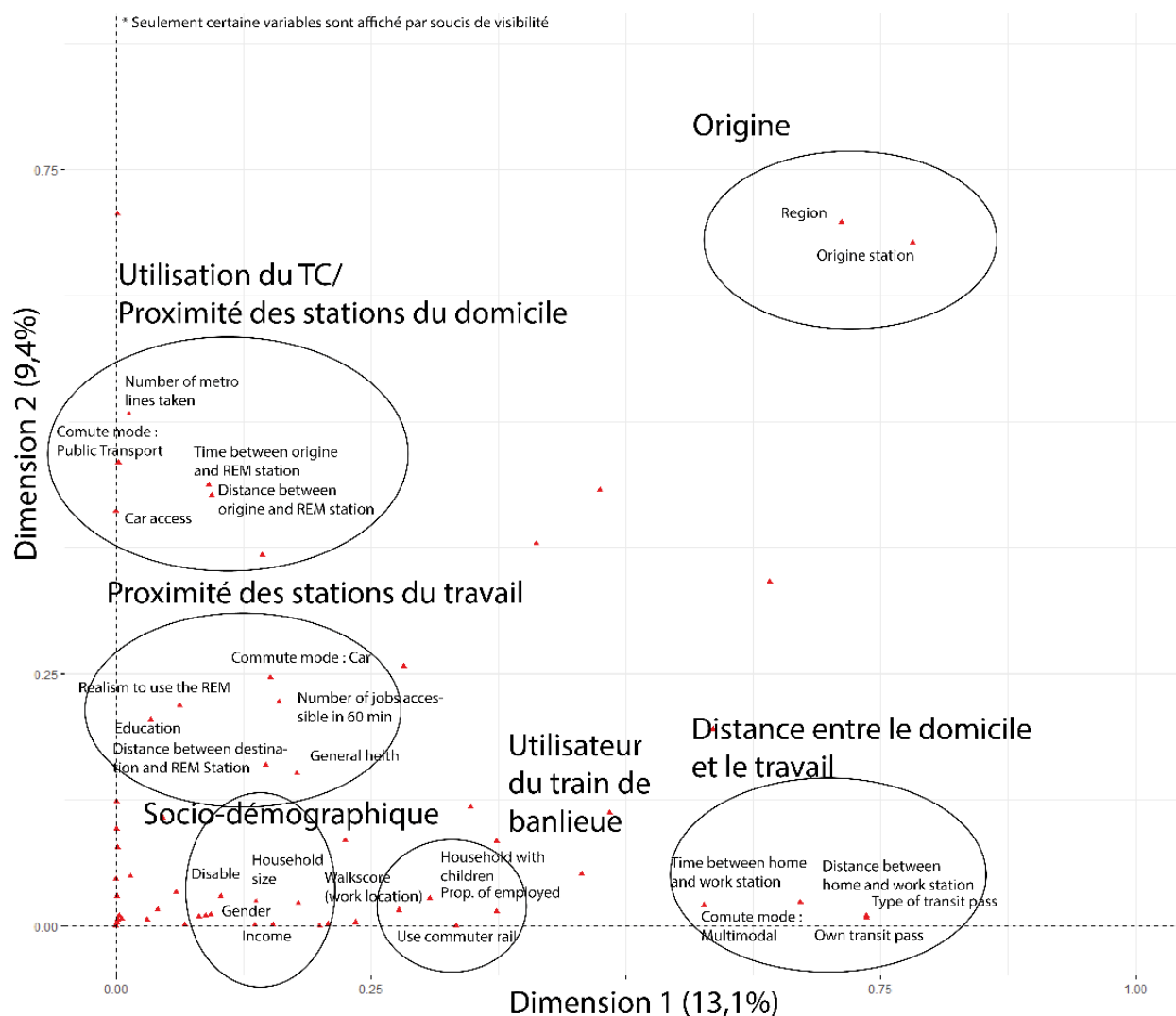


Figure 3.3: Résultat de l'analyse factorielle de données mixtes

Pour l'analyse portant sur l'enquête origine-destination (voir le Chapitre 5 et les analyses complémentaires de l'Annexe C), les variables choisies sont inspirées des résultats de l'analyse portant sur le REM.

3.5 Analyse typologique

L'analyse typologique est l'approche utilisée pour combiner les caractéristiques spatiales du lieu de résidence et de destination des navetteurs. Cette approche permet de créer des groupes

d'observations (dans ce cas, des navetteurs) ayant des caractéristiques similaires. Deux techniques ont été utilisées dans le cadre de ce projet, soit l'algorithme des K-Médoïde (pour l'analyse portant sur le REM) et l'algorithme K-means (pour l'analyse portant sur l'enquête OD). Ces algorithmes proviennent du package *cluster* disponible sur R. Les 14 variables choisies pour l'analyse typologique (densité de population autour du domicile, d'emplois autour du lieu de travail, distance du centre-ville, présence d'une station de métro ou train à moins d'un km, nombre de départs de bus à 1 km et Walk Score autour du lieu de domicile et d'emploi) sont inspirées par les résultats de l'analyse factorielle de données mixtes ainsi que par la revue de littérature. Pour chacune des études de cas, le résultat de l'analyse typologique est six types dits « Domicile-Travail » représentant six types de navetteurs selon leurs lieux de domicile et de travail. Chaque type a ses caractéristiques propres pouvant influencer les habitudes de navettage et c'est pourquoi les statistiques descriptives sont utilisées pour en observer les différences. Les types font aussi l'objet d'une analyse spatiale afin d'aider à visualiser les différences dans les lieux de domicile et de travail des individus appartenant à chaque type. Plus de détails sont disponibles dans les Chapitre 4 et Chapitre 5. Finalement, la division des navetteurs en type basée sur les caractéristiques spatiales combinées de leur origine et de leur destination est une forme d'étude horizontale de l'équité

3.6 Relation entre typologie, intention d'utilisation et mode utilisé

Cette section présente la suite de la méthode utilisée pour atteindre le second objectif tel que défini à la Figure 3-2. On y montre que la typologie Domicile-Travail est intégrée à l'intérieur de deux modèles qui expliquent respectivement l'intention d'usage et le choix modal.

Pour les statistiques descriptives, il s'agissait simplement d'observer comment l'intention d'usage et le choix modal différaient entre chaque type. Les différences au niveau de la dispersion spatiale et des variables de contrôle pouvaient aider à expliquer les différences observées. Le logiciel Microsoft® Excel® pour Microsoft 365 MSO (Version 2204) a été utilisé pour certains tableaux comparant les types alors que d'autres ont été fait à l'aide du package *ggplot2* disponible sur R.

Les types ont été intégrés comme variable indépendante dans des modèles de régression logistique afin d'analyser l'intention d'usage et le choix modal. Les types étaient accompagnés d'autres

variables indépendantes de contrôle comme le revenu du ménage, la possession automobile, l'âge, la taille du ménage et le genre. Les détails sont disponibles au Chapitre 4 et Chapitre 5.

Un modèle logistique ordonné a été utilisé pour analyser la relation entre les types Domicile-Travail et l'intention d'utilisation du REM (voir article au Chapitre 4). Cette méthode était appropriée puisque la variable dépendante, représentant l'intention d'usage, était graduée selon une échelle de Likert de 5 niveaux entre très peu susceptible et très susceptible. Le modèle inclut les types puisqu'ils sont le sujet de cette recherche ainsi que d'autres variables pouvant avoir un effet sur les intentions d'usage selon la littérature. Notamment, la perception des bénéfices du REM pour la ville, le quartier et l'environnement, des variables socio-économiques du ménage et de l'individu et le moment du déplacement. Le modèle logistique a l'avantage d'indiquer l'influence relative de chaque variable indépendante sur la variable dépendante. Les modèles logistiques proviennent du package *mlogit* disponible sur R. Les détails de la réflexion qui ont mené au modèle final sont disponibles dans l'annexe B.

Pour les résultats issus de l'enquête OD, un autre type de modèle de régression était nécessaire. En effet, puisque le choix modal n'est pas une valeur ordonnée comme l'intention d'utilisation, la méthode de la régression logistique ordonnée n'était pas appropriée. Des tests ont été faits avec la régression logistique multinomiale standard et ensuite avec des modèles logistiques imbriqués (nested logit) puisque ces méthodes permettent de comparer l'utilité de plusieurs alternatives comme des modes de transport. Le choix du modèle logistique imbriqué vient du fait que tous les modes ne sont pas égaux, par exemple, les modes actifs se pratiquent généralement sur de courtes distances pour des individus en bonne forme physique, alors que la voiture devient parfois le seul choix pour les longues distances et est principalement accessible pour les propriétaires de permis de conduire et d'une voiture. Cela fait aussi en sorte que les modes ont des corrélations entre eux ce qui viole l'indépendance des alternatives non pertinente. L'idée est donc de placer ces modes en imbrication afin de limiter l'effet des corrélations. Les détails de la réflexion qui ont mené au modèle final sont disponibles dans l'annexe C.

Puisque la base de données est très volumineuse dans le cas de l'enquête origine-destination, la plupart des variables se sont avérées significatives. Pour éviter le problème lié au trop grand nombre de variables ayant un p-value positif il est nécessaire de se concentrer sur la taille de l'effet.

Cette méthode est utile pour cibler les variables les plus importantes dans une étude comportant un grand échantillon (Sullivan & Feinn, 2012).

3.7 Analyse d'équité

L'équité des transports à Montréal a été évaluée d'abord de façon horizontale en comparant les différents types obtenus par l'analyse typologique entre eux grâce aux statistiques descriptives d'intention d'usage et de choix modal. Cela permettra de voir qui utilise le réseau de transport et comment le réseau répond à leur besoin de navettage domicile travail de la population selon leurs lieux de résidence et leurs lieux de travail. Si le TC est très peu utilisé chez un type, c'est signe qu'il ne répond pas à leur besoin (Shiwakoti et al., 2019).

L'équité sera ensuite analysée d'un point de vue vertical en observant les différences d'intention d'usage et de mode utilisé entre les différentes classes de revenu dans chaque type Domicile-Travail et aussi pour le genre. En d'autres mots, pour chaque type, une analyse de l'intention d'usage et du choix modal segmentée par revenu et par genre est réalisée. Si un mode de transport est utilisé exclusivement par les ménages à faible revenu, cela peut suggérer qu'ils sont captifs de ce mode et donc qu'il ne l'utilise pas par choix parce que c'est la meilleure option. Les variations, lorsque la proportion d'utilisateurs d'un mode est faible, doivent être prises avec davantage de précautions puisque la différence pourrait ne pas être significative. La division des types en sous-classes basées sur le revenu et le genre (méthode qui est expliquée en détail dans le Chapitre 6) est une forme d'étude verticale de l'équité.

Il est important de noter que la décision de limiter l'étude aux déplacements liés au travail limite l'ampleur de l'étude d'équité. En effet, de nombreux déplacements faits par des groupes vulnérables ne sont pas liés au travail et ne peuvent donc pas être étudiés dans cette analyse d'équité. Cela fait en sorte qu'il y a plusieurs angles morts dans l'évaluation de l'équité des déplacements. Le choix de ne pas inclure les motifs autres que le travail s'explique du fait que le sondage du REM ne comprenait pas de données détaillées sur les lieux de magasinage, loisir, soin de santé, etc. Il comprenait seulement des informations sur les lieux de travail et d'étude. L'analyse proposée s'agit donc d'une première étape : explorer comment la considération des types, du genre et du revenu peuvent contribuer à faire la lumière sur des enjeux d'équité.

3.8 Résumé de la méthodologie

En somme, le chapitre 3 présente la réflexion qui a été faite pour atteindre les trois objectifs de cette recherche. Le premier objectif consiste à développer une nouvelle méthode combinant les lieux d'origine et de destination en un seul indicateur pouvant être utilisé pour évaluer l'intention d'usage et du choix modal. Cette réflexion est appuyée par la revue de littérature faite au Chapitre 2 et comporte plusieurs techniques comme le FAMD pour le choix des variables, l'analyse typologique pour la création d'un indicateur unique. Le second objectif est atteint en étudiant l'intention d'usage du REM et le choix modal dans le Grand Montréal en fonction des types Domicile-Travail (combinant les caractéristiques spatiales du lieu de domicile et de travail) obtenus avec l'analyse typologique et contextualisé par la connaissance du territoire à l'étude comme on peut le voir dans la section 3.1. Des modèles de régression logistique ont aussi été utilisés pour évaluer l'impact des caractéristiques spatiales du lieu d'origine et de destination (en un seul indicateur « type Domicile-Travail ») sur l'intention d'usage et la probabilité de choisir un mode. Le troisième objectif est atteint grâce à la comparaison des statistiques descriptives d'intention d'usage et de choix modal entre les types et à l'intérieur des types selon le revenu et le genre. Les méthodologies spécifiques pour les deux cas pratiques sont présentées au Chapitre 4 et Chapitre 5.

CHAPITRE 4 ARTICLE 1 : HOW LIKELY ARE YOU TO USE THE TRAIN? A COMBINED HOME AND WORK SPATIAL SEGMENTATION APPROACH

Ce chapitre présente un article tel qu'il a été accepté et présenté pour le TRB annual meeting de 2022. C'est-à-dire qu'il n'a pas fait l'objet de correction depuis et peut donc comprendre certaines erreurs. L'article comprend une revue de littérature et plus de détails sur la méthodologie spécifique à l'intention d'usage aidant du même coup à répondre au premier objectif qui est de développer une nouvelle méthodologie combinant lieux d'origine et de destination en un seul indicateur. Certaines étapes de cette méthodologie, notamment sur la détermination du nombre de types et le choix du modèle logistique final, se trouvent respectivement en Annexe A et en Annexe B étant donnée la limite de mot imposé pour l'article.

L'article porte sur l'intention d'usage du REM et permet d'atteindre le second objectif de ce mémoire, lorsque combiné avec le Chapitre 6. Le second objectif était de mettre en pratique la méthodologie afin d'étudier comment la combinaison des caractéristiques spatiales du lieu d'origine et de destination permet d'évaluer l'intention ou l'utilisation du TC. L'article se termine par une discussion sur les résultats et comment ceux-ci peuvent aider à comprendre et répondre aux différents besoins de déplacement de la population.

HOW LIKELY ARE YOU TO USE THE TRAIN? A COMBINED HOME AND WORK SPATIAL SEGMENTATION APPROACH

Obry-Legros, Vincent

Department of civil, geological and mining engineering

2500, chemin de Polytechnique, Montréal, Québec, H3T 1J4

Email: vincent.obry-legros@polymtl.ca

Boisjoly, Geneviève (Corresponding Author)

Department of civil, geological and mining engineering

2500, chemin de Polytechnique, Montréal, Québec, H3T 1J4

Email : gboisjoly@polymtl.ca

Word count: 6178 words text + 3 table(s) × 250 words (each) = 7468 words

Submitted: July 30, 2021

Peer reviewed and

recommended for presentation at the TRB Annual Meeting : September 28, 2021

4.1 Abstract

The influence of built environment and transport networks at either home or work locations on mode choice is well known. Yet, few studies have jointly examined the effects of these characteristics. Using data from a survey conducted in fall 2018 to understand the impacts of the REM, a new light rail under construction in Montreal, Canada, this study investigates the combined effect of the home and work location characteristics on the intention to use the REM for commuting. First, the relationship between spatial and contextual variables is explored using a factorial analysis of mixed data. Six home-work clusters are generated via the partitioning around medoids method. Finally, an ordered logit model is developed to examine the effect of the clusters on the intention to use the REM, while controlling for socio-economic and attitudinal characteristics. The results reveal six distinct commuting patterns, which largely influence the intention to use the REM. The “typical commuters”, mainly individuals working downtown, report the highest likelihood of using the REM. Conversely, the least likely individuals to use the REM are the “car-free urbanites,” who reside and work around metro stations. Overall, the findings suggest that the projected network mainly respond to typical commutes, but also has the potential to cater to individuals commuting in the opposite direction, given its high bidirectional frequency. The proposed approach enables researchers and planners to identify which individuals are most likely to benefit from projected public transport investments and to propose recommendations anchored in joint home and work location patterns.

Keywords: Travel behavior, Segmentation analysis, Public transport, Mode choice, Spatial analysis, Commuting patterns

4.2 Introduction

The Greater Montreal area is a medium-sized Canadian city that will see major changes in its public transport network in the next few years. A new automated light-rail network, called the Réseau Express Métropolitain (REM), is under construction. With its high frequency in both directions, long opening hours, and extensive spatial coverage, the REM has the potential to create a modal shift and improve trip satisfaction for individuals who might not be satisfied with the present public transport options. Yet, it is still unclear whether the REM will deliver such advantages and who will benefit from it.

Several studies have examined the influence of large-scale public transport projects on trip satisfaction, intention of usage and perceptions across population segments. Such segmentation studies have initially focused on socio-demographic characteristics to later include spatial and contextual factors. As highlighted by Grisé & El-Geneidy (2018), including built environment and network variables contributes to understanding the potential benefits of various investments in public transport infrastructure at a finer spatial level (Grisé & El-Geneidy, 2018). To incorporate such variables, most studies have focused either on home location or, to a smaller extent, on work location, but few have tested the combined effects of home and work location. Yet, home and work location are expected to jointly affect the satisfaction with and intention to use public transport services, as they determine travel time and frequency of service at both ends of the trip, for example.

This study aims to examine the combined effect of home and work location on the intention to use the REM for commuting. The study is based on a large-scale survey conducted in greater Montreal in Fall 2019, where individuals were asked to report how likely they were to use the REM (once in operation), together with questions about attitudinal, trip and socio-economic characteristics. After combining the survey data with spatial variables, an exploratory factor analysis was conducted, followed by a cluster analysis to group individuals based on their combined home and work location characteristics. An ordered logit model was then generated to investigate the relationship between home-work clusters and the reported likelihood to use the REM, while controlling for socio-economic and attitudinal characteristics. The study proposes an innovative clustering approach to deepen our understanding of how home and work location can together

affect the likelihood of using specific public transport services in a region. The segmentation approach, combined with a regression analysis, provides researchers and planners with a tool to identify which commuters are most likely to benefit from projected public transport investments and to propose recommendations anchored in joint home and work location patterns.

4.3 Literature review

The modern occidental city is characterized by sprawl. As a result, distances between origins and destinations are steadily increasing, which impacts travel behavior and equity (Allen, Jeff & Farber, 2020; Delbosc & Currie, 2011; Guthrie et al., 2017; Lachapelle et al., 2020; Morency, C. & Verreault, 2020). To cross these distances, people typically rely on motorized modes, namely cars and public transport. In this context, providing individuals with adequate public transport options is essential to achieve environmental and social equity goals (Delbosc & Currie, 2011).

A large body of research has examined the determinants of mode choice. They have revealed that several land use and transport characteristics, in addition to socio-economic characteristics explain it, and a latent demand for a mode may exist when not all the conditions are met. The link between the built environment and mode choice is well known since Frank & Pivo theorized the “3-D,” density, diversity and design in their famous article from 1994 (Frank & Pivo, 1994). As such, population density, land use mix (entropy) and street connectivity have an important impact on mode choice for both ends of the trip. In a recent study comparing daily commute to other trip purposes conducted in Houston, Lee et al. confirmed that population and employment density near home influenced commuters’ mode choice, and suggested the relationship varied with the trip purpose and travel time (Lee et al., 2014). Interestingly, Frank & Pivo observed that the employment density had a greater impact when measured at the destination than at the origin (Frank & Pivo, 1994). Similarly, Ding et al. found that the built environment at the workplace is more important than the built environment at home in terms of predicting power (Ding et al., 2018).

Ding et al. mention two other D’s as factors that influence the mode choice, namely: Distance to public transport (rail stations and bus stops density) and Distance to central Business District (CBD) both for residence and workplace (Ding et al., 2018). Also, in relation to the CBD, Habib observed that households with two workers have a greater chance of commuting in the opposite

direction from the CBD (Habib, 2014). Since most public transport systems are made to facilitate travel from the suburb to the CBD, this leads to the majority of commutes made in the opposite direction to be made by car. A synergistic relationship between built environment and transport policy was also observed (Ding et al., 2018). For instance, free parking at work made the car a more likely choice for commuting. Pinjari et al. also studied similar variables in the San Francisco Bay area and concluded that a household chose their home's location conjointly with their mode choice in a conscious way, seeking a home with parking if they want or need to travel by car (Pinjari et al., 2011).

Accessibility, which captures the joint influence of land use and transport systems, has been shown to influence mode choice. As such, local accessibility is closely related to the 3-D, whereas regional accessibility largely depends on the transport network and the spatial distribution of activities across a region. Another study, conducted in Washington, D.C., found that regional accessibility by public transport was a more important factor in mode choice than the home built environment, but local accessibility also plays a small but significant role (Ewing & Cervero, 2001). Lussier-Tomaszewski & Boisjoly found a joint influence of regional and local accessibility and the use of public transport for commuting (Lussier-Tomaszewski & Boisjoly, 2021). They found that local accessibility was more closely associated with a decrease in car use than regional accessibility.

Transport technology also influences commuting mode choice. Light and heavy rail for instance are generally more appreciated by commuters, seeing them as more comfortable and reliable (Kepaptsoglou et al., 2020). Yañez-Pagans et al., in their systematic literature review, observed that investment in rail led to a greater share of public transport usage and increased accessibility to employment in several cities across the world compared to the situation before these investments.(Yañez-Pagans et al., 2019). Furthermore, a recent study found that the construction of new light-rail line in an urban region contributes to a modal shift from private cars and bus to the light rail (Sottile et al., 2019). Frequent service, a common characteristic of light and heavy-rail projects, is also correlated with higher travel satisfaction which leads to greater loyalty to public transport and may attract new users (Allen, Jaime, Muñoz, et al., 2019). Several studies have also shown that trip satisfaction is closely linked with mode choice and with the intention of

using public transport. This satisfaction can be influenced by the service offered: travel time, waiting time and reliability (Silver, 2018). Criteria for satisfaction vary for different income groups. Onboard comfort, for instance, is more important for high-income individuals (Allen, Jaime, Muñoz, et al., 2019).

Socio-economic variables are also key determinants of mode choice. Many studies mention household income, age and gender as factors that influence mode choice. Several studies found that women walk and use public transport more than men (Autorité régionale de transport métropolitain, 2020; Lussier-Tomaszewski & Boisjoly, 2021; Tilahun et al., 2016), while high-income households use their car more than any other mode (Ingvardson & Nielsen, 2018; Lee et al., 2014). Also, young people were found to use public transport more, but to lose this habit between the ages of 24 and 32 (Lussier-Tomaszewski & Boisjoly, 2021; Morency, C. et al., 2014). Grimsrud & El-Geneidy observed that households with children use their car more and are likely to keep their habits even after the children grow up (Grimsrud & El-Geneidy, 2014).

As demonstrated above, a wide array of variables influences mode choice, which makes it complex to predict travel behavior relating to new projects and underlines the importance of context-specific variables. More specifically attitudinal, socio-economic, and spatial variable can have some interdependency that must be considered (Van Acker & Witlox, 2009). With respect to the REM, a previous 2021 study by Dent et al. showed that the REM will be used for a variety of motives and on different days of the week in the greater Montreal area (Dent et al., 2021). Surprisingly, in their research, the people who were the most likely to use the REM were the “Leisure and Airport User” who saw in the REM a great way to avoid parking problems. The “transit-friendly user” were the second more enthusiastic group (Dent et al., 2021). The authors also observed a clear relationship between the proximity of the station, whether on foot or by public transport, and the likelihood to use the REM. Finally, the study concluded that the main reason for not intending to use the REM was either that it did not go where needed or that it was too far away from their origin. This study focused on individuals’ responses but did not include spatial variables.

The current study builds on this previous one by examining how spatial and contextual factors influence the usage of the REM. The literature has demonstrated that both home and work location characteristics influence mode choice, yet few studies have assessed combining home and work

factors. Therefore, this study aims to propose a methodology to assess the joint effects of home and work location on the future REM usage. This is key in providing a nuanced understanding of the potential impacts of new public transport infrastructure across a region and for different types of commuters, based on spatial locations. While the study is applied to the REM in Montreal, the proposed approach can be applied to other contexts.

4.4 Case study

4.4.1 Greater Montreal Area

The Greater Montreal area, located in Québec, Canada comprises around 4 million residents, half of which live on Montreal Island where the urban core (Montreal – downtown) and central neighbourhoods (Montreal – center) are located (Figure 1). The second-largest island of the region is entirely occupied by the second-largest city of the region: Laval. Large suburban cities are located on the south shore and many smaller suburban municipalities are located in the Outer suburbs. Most of the region’s employment is found in the CDB, mostly office work, and its surroundings (downtown and center). Other big employment clusters can be found in the west and east parts of Montreal Island, mostly in the fabrication sector (Autorité régionale de transport métropolitain ARTM, 2019). Smaller employment clusters, in the fabrication sector, healthcare, and customer service, are disseminated across the whole region.

The region has an extended road network consisting of several highways and more than 20 bridges to cross the various bodies of water. The region is also covered by four metro lines, mostly located in the central neighbourhoods and connected to Laval and the south shore, and six suburban train lines connecting the CBD to some of the more distant suburbs (Autorité régionale de transport métropolitain, 2021). The region is also covered by an extensive bus network. However, the service quality outside of rush hours is much better on Montreal Island than outside of it (Lachapelle et al., 2020).

Since the region is expected to experience a moderate population growth in the next few decades (Institut de la Statistique du Québec, 2019) and that the government wishes to increase the modal share of public transport (Autorité régionale de transport métropolitain ARTM, 2019), several

public transport projects are planned. For instance, a Bus Rapid Transit (BRT) line on Pie-IX boulevards, the extension of the Blue line of the Metro network and many other smaller or less advanced projects are planned in addition to the REM (Autorité régionale de transport métropolitain, 2021).

4.4.2 The Réseau Express Métropolitain (REM) Project

The REM is the biggest public transport project under construction in the Montreal region. It will consist of 26 stations located along 67 km of tracks. The network will connect the downtown area to the west of Montreal Island (Montreal – west), Laval, the south shore and the northern outer suburbs (Figure 1). It will be fully automated with four-car trains and will offer services 20h per day, seven days per week. The expected headway varies from two to five minutes on the main trunk to five to 15 minutes on secondary branches (Réseau express métropolitain, 2021a). Interestingly, one of those branches and part of the main trunk will completely replace the most popular commuter train line: The Deux-Montagnes line. The REM is also associated with a vast non-compete zone where the bus service must exclusively serve the REM stations (Autorité régionale de transport métropolitain, 2018), which means that for many people the REM will be the only option to reach downtown by public transport. Buses will not be allowed to reach downtown directly or to directly reach the Metro system for instance. This is important to interpret the intention of usage for the future user.

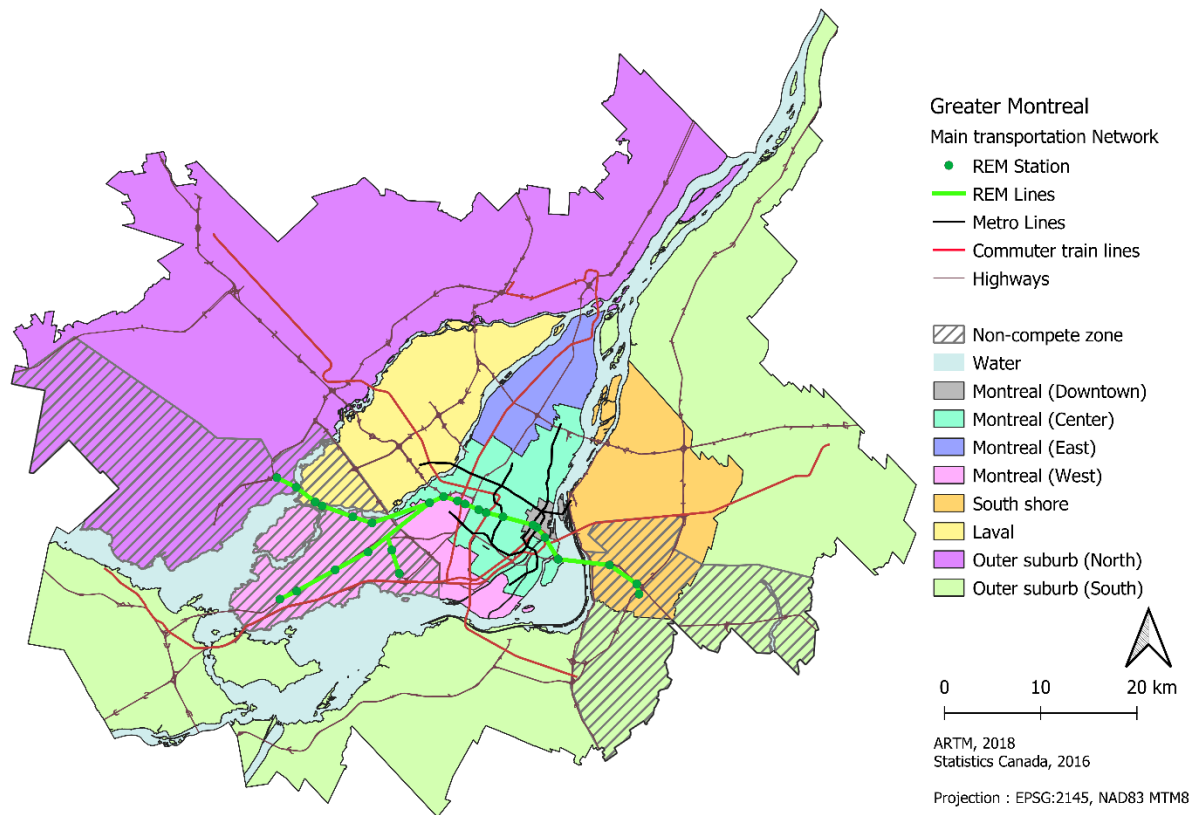


Figure 4.1 : Map of Greater Montreal

4.5 Data and Methods

4.5.1 4.1 Data

The main data source of this study is a survey conducted in fall 2019 in Greater Montreal (see (Dent et al., 2021) for recruitment and data cleaning details). One of the objectives was to obtain information about potential users' perceptions and intentions regarding the REM. While the plan is to make a large-scale longitudinal survey up to and after the inauguration of the REM, only the first wave of the survey has been completed. The survey was conducted both in French and English and is representative of the Montreal population with the exception of an over-representation of women aged 25-35 and an underrepresentation of people of 75 and older (Dent et al., 2021).

Secondary data sources were obtained to generate spatial and contextual variables. These include public transport service data obtained from via the General Transit Feed Specification (GTFS) data, a 2018 bus service compilation of all the transport agencies of Greater Montreal provided by the Agence Régionale de Transport Métropolitain (ARTM), Walk Score data (WalkScore, 2021) and employment and population data from the 2016 Canadian census (Canada., 2017). Distances from public transport stations (commuter train, metro, REM) were calculated using network distances and based on a 1 km threshold, as commonly considered in literature about transit-oriented development (CMM, 2012; Yap & Goh, 2017). The total number of bus trips passing within 1 km from the home and work locations during morning rush hours were also considered.

Overall, 3683 complete responses were collected after removing unrealistic responses. Out of these responses, 1698 responses were considered usable for the cluster analysis and the ordered logit model, based on data availability. These included responses with a valid home location and where all the variables were available. The original dataset contains over 900 variables of which 242 were kept, namely variables about the perceptions and intention of usage of the REM, travel behavior and trip characteristics, home and work location, and socio-economic characteristics.

4.5.2 Exploratory Factor Analysis and Cluster Analysis

An exploratory factor analysis was first conducted to examine the relationships between the 242 independent variables initially selected for this study. The Factorial Analysis of Mixed Data (FAMD) was used since, as explained by Pagès in 2015, it enables the use of quantitative variables together with qualitative and binary variables, without recoding them into classes, and thus maintaining precision (Pagès, 2015). The FAMD works in the same way as a Principal Component analysis (PCA), but the quantitative variables are centred and reduced to allow comparison with the qualitative variables.

The results of the FAMD are summarized here, based on two main dimensions. The first dimension is largely explained by trip and travel behavior characteristics such as distance and time between origin and destination stations, possession and types of public transport passes, and multimodal commutes (cars and public transport combined). These variables are typically largely influenced by the joint home and work location. The second dimension relates mainly to land use and public

transport characteristics, including the proximity of a REM station to home and work and the accessibility to jobs by public transport. Interestingly, socio-economic characteristics typically have a lower explanatory power than the above-mentioned variables, highlighting the importance of spatial and contextual variables.

The results of the FAMD demonstrate the importance of the characteristics of home and work location, specifically in relation to the public transport network and the local built environment. Accordingly, the following variables, computed independently at the home location and work location, were used in the cluster analysis: proximity to a metro station, to a train station and to a projected REM station, bus service (count of unique bus trips during morning rush hours), Walk Score, distance to CBD from home and work location, job density at the workplace, and population density at home.

The Partitioning Around Medoids (PAM) was used to cluster individuals based on home and work location characteristics. Our sample was divided into six clusters, since this resulted in the best compromise between precision and simplicity based on the silhouette width, a measure of the distance between the points inside the cluster that must be minimized. The distance between each cluster must be maximized. The results are presented in the results section.

4.5.3 Ordered Logit Model

To observe the relationship between belonging to one of the six home-work clusters (and thereby the joint effect of home and work location characteristics) and the intention to use the REM, we proceeded to an ordered logit model. The dependant variable was derived from this question: “How likely are you to use the REM when it is complete and operational?” The answers are distributed on a five-level Likert scale (very unlikely, unlikely, neutral, likely, very likely).

First, we modelled the intention to use the REM as a function of the cluster variable alone, which showed significant results. To isolate the effect of the home-work clusters, socio-demographic and attitudinal characteristics were then included in a stepwise approach. Table 1 presents the distribution of the variables included in the final model. It is important to note that the household size was not significant alone, but became significant when we isolated the effect of having a baby (and the model remained stable). This is further discussed in the results.

Table 4.1: Summary statistics

		True	% True (1698 obs.)
Intention to use the REM			
	Very likely	383	23%
	Likely	515	30%
	Neutral	164	10%
	Unlikely	339	20%
	Very unlikely	297	17%
Cluster			
	1: Typical commuter	345	20%
	2: The urban car user	202	12%
	3: The suburbanite	304	18%
	4: The urban commuter	389	23%
	5: The car-free urbanite	301	18%
	6: Atypical commuter	157	9%
Household income			
	Less than 30k \$	89	5%
	30-59K \$	299	18%
	60-89K \$	349	21%
	90-119K\$	327	19%
	120-149K\$	210	12%
	150K+\$	284	17%
	Don't Know	140	8%
Gender			
	Man	816	48%
	Woman	861	51%
	Other	21	1%

Table 4.1: Summary statistics (suite)

Disability			
	Prefer not to answer	29	2%
	No	1520	90%
	Yes	149	9%
Household has a baby		245	14%
Household size			
	Min	1	
	1st qu.	2	
	median	2	
	mean	2.681	
	3rd qu.	4	
	Max.	9	
Travel in rush hour		1239	73%
Travel during weekend		130	8%
Has public transport pass		970	57%
REM is good for Montreal			
	Strongly agree	697	41%
	Agree	676	40%
	Neutral	192	11%
	Disagree	70	4%
	Strongly disagree	63	4%
REM is good for my neighbourhood			
	Strongly agree	273	16%
	Agree	353	21%
	Neutral	753	44%
	Disagree	171	10%

Table 4.1: Summary statistics (suite)

	Strongly disagree	148	9%
REM is good for the environment			
	Strongly agree	539	32%
	Agree	733	43%
	Neutral	307	18%
	Disagree	74	4%
	Strongly disagree	45	3%

4.6 Results

4.6.1 Cluster

A total of six clusters based on the combined home and work location characteristics were obtained. These clusters are distributed unevenly across the region, have variations in terms of socioeconomic characteristics and their likelihood to use the REM varies importantly. Figure 2 shows the standardized values (z-scores) of the explanatory variables for each cluster. We see that the first cluster (typical commuter) is defined by the presence of public transport stations near home and work, high employment density, bus service during rush hour at work and the proximity between the work location and the CBD. The second cluster (urban car user) is characterized by the presence of a REM station near home, but no other public transport service either at home or work. They also have a work location further from the CBD than the average. The third cluster (suburbanites) is identified by a much larger distance between the home and work location and the CBD, low density and Walk Score, and a lack of public transport services. The fourth cluster (urban commuter) relates to individuals working next to a metro station, but not living close to one. The fifth cluster (car-free urbanite) is composed of people who live and work in high-density areas close to a metro station. Finally, the sixth cluster (atypical commuter) is composed of people who live next to a metro or a train station but work far from the CBD and from a metro station.



Figure 4.2 : Z-score of the cluster explanatory variables

To further understand the predominant commute patterns of each cluster, the home and work locations of individuals in each cluster are presented in Figures 3 to 8. These patterns are represented together with the socio-economic characteristics of the clusters (Table 2). Overall, we find strong associations between the level of income and education, work locations and the predominant commute mode.

Table 4.2 : Socio-economic and mobility profiles of the six clusters

		Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4	Cluster 5	Cluster 6
		Typical commuter	The urban car user	The suburbanite	The urban commuter	The car- free urbanite	Atypical commuter
Number of observations		345	202	304	389	301	157
Income	Less than 30K	2.5%	10.7%	3.9%	5.7%	8.1%	7.7%
	30k to 59k	10.5%	19.3%	17.5%	15.0%	23.2%	35.1%
	60k-89k	22.8%	17.1%	21.4%	22.6%	20.2%	20.2%
	90k-119k	21.5%	9.6%	18.1%	23.5%	17.5%	16.1%
	120k-149k	14.8%	8.3%	15.3%	10.9%	8.4%	7.7%
	More than 150k	28.0%	5.8%	13.9%	14.1%	15.1%	13.1%
Education	Less than High School	0.0%	1.1%	1.1%	0.7%	0.0%	0.0%
	High School Diploma	5.9%	13.0%	13.1%	7.0%	5.8%	4.0%
	Trade or College Diploma	22.5%	33.1%	34.5%	24.1%	13.1%	16.0%

Table 4.2 : Socio-economic and mobility profiles of the six clusters (suite)

	Undergraduate Degree	41.6%	31.2%	33.1%	38.5%	35.1%	39.4%
	Graduate Degree	30.1%	21.6%	18.1%	29.7%	46.0%	40.6%
Household and individual characteristics	Household Size	2.84	2.59	3.05	2.81	2.25	2.18
	% of household with young children	23.14%	19.05%	27.22%	23.23%	11.14%	15.82%
	Car per Driver (Median)	0.67	0.67	0.67	0.67	1	1
	% of Women	47.90%	53.8%	53.9%	54.7%	53.6%	55.7%
Mode choice	Bicycle	3.6%	4.4%	0.8%	4.8%	7.2%	3.4%
	Public Transit	76.9%	29.3%	12.2%	56.7%	63.9%	51.4%
	Car	10.2%	53.5%	83.1%	29.8%	10.2%	31.6%
	Walk	8.3%	11.7%	3.3%	7.7%	18.1%	12.4%
	Other	1.1%	1.1%	0.6%	0.9%	0.6%	1.1%

4.6.2 Cluster 1: Typical Commuter

The typical commuter cluster consists of those who commute daily to the CBD. Figure 3 shows that all work directly downtown, but their home location is scattered across the region. As indicated previously, many of them reside near a REM station. Table 2 shows that this cluster is characterized by high income and education, typically living in larger households with children and already using public transport to go to work.

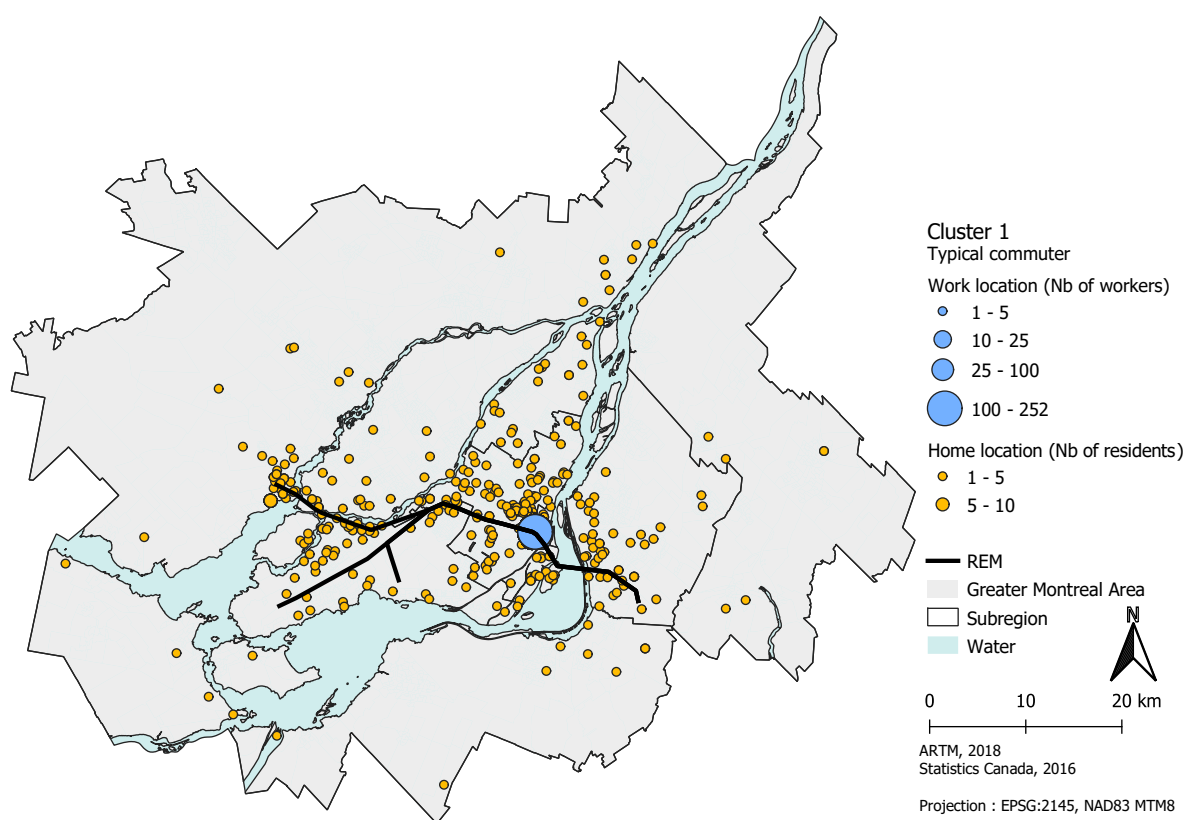


Figure 4.3 : Typical commuter geographical distribution

4.6.3 Cluster 2: The urban car user

The second cluster mostly consists of people who live and work on Montreal Island, mainly in the central subregion, and in dense neighborhoods on the South Shore (Figure 4). However, they do not work nor live close to a metro station. While the typical commuters' workplaces are concentrated downtown, the urban car users' work locations are dispersed across central and pericentral neighborhoods, with high concentrations in employment clusters outside the CBD. Their home locations are characterized by a higher Walk Score and bus services than their work locations. Table 2 shows that this cluster have middle-class income and trades or college diplomas and usually travel by car for their daily commute.

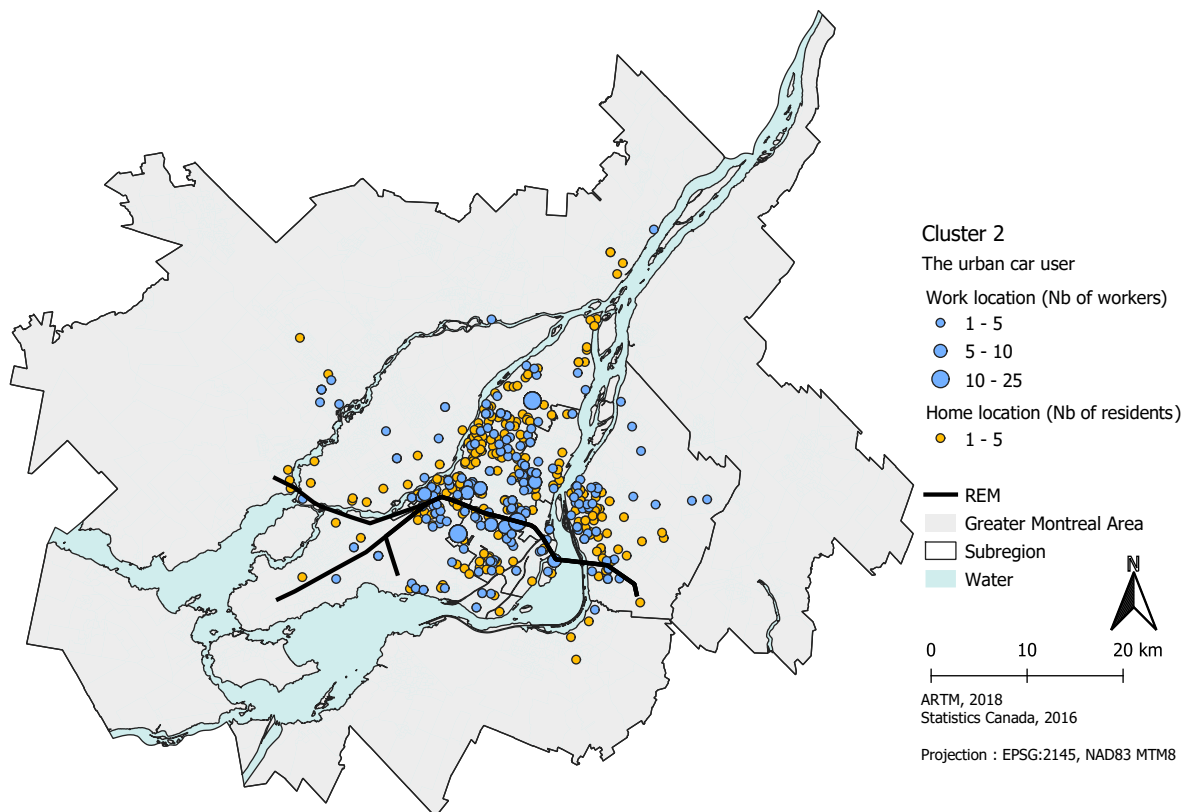


Figure 4.4 : The urban car user geographical distribution

4.6.4 Cluster 3: The suburbanites

The suburbanites cluster is formed of people who live in the suburbs (mainly around the western branches of the REM) and generally also work in a suburban location (Figure 5). The most popular work locations are the Montreal industrial zone and around the airport (both in Montreal – west), where REM is projected to stop. Even if many of them live next to the REM, they are less likely to use it. They have upper-middle-class income, but they are the least educated cluster in the sample. They live in the largest households with the most children. The car represents over 83% of the commute mode share.

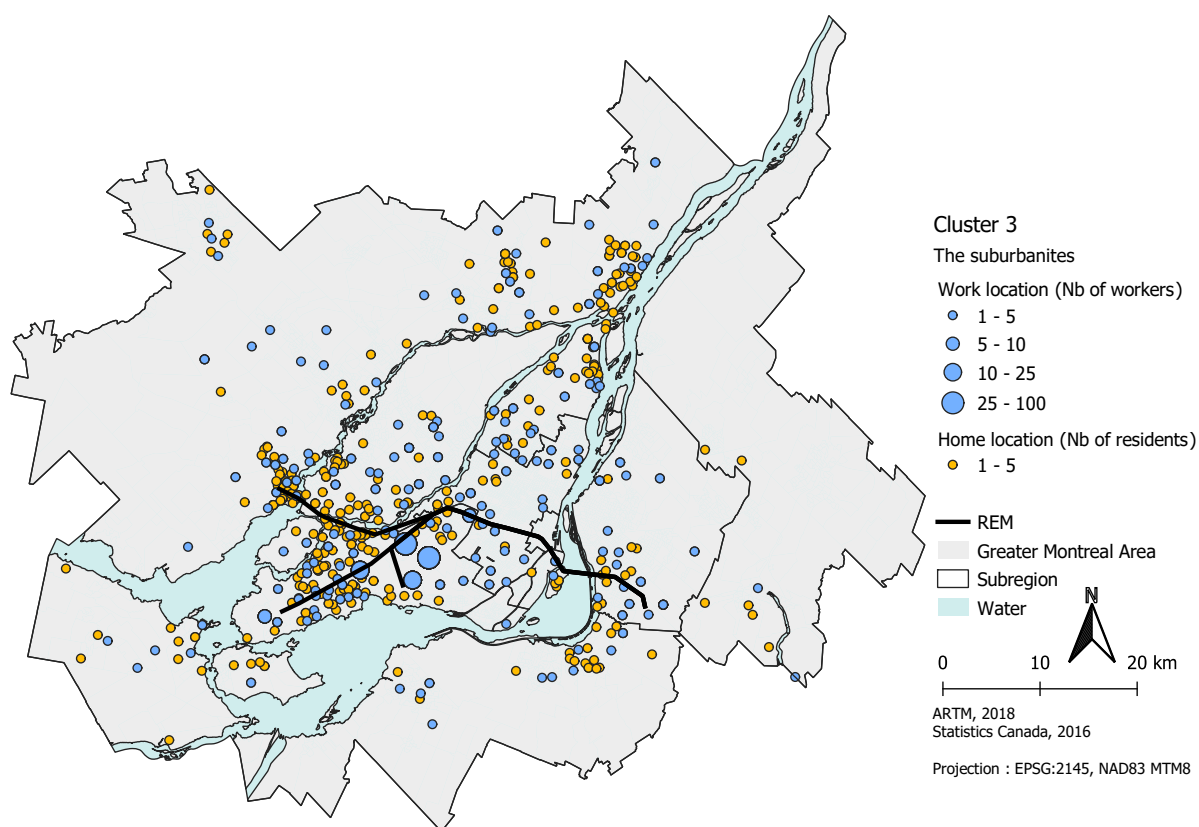


Figure 4.5 : Suburbanites geographical distribution

4.6.5 Cluster 4: The urban commuter

As shown in Figure 6, this cluster is largely dominated by individuals working near a metro station. Their home locations, however, are distributed across the region (mainly on Montreal Island).

Although this cluster's work locations are spread over a large part of downtown, it excludes the very middle of the CBD which is part of cluster 1 (typical commuter). This cluster have a middle-class income, a high education, and live in households with children. They travel mainly by motorised modes such as public transit or car.

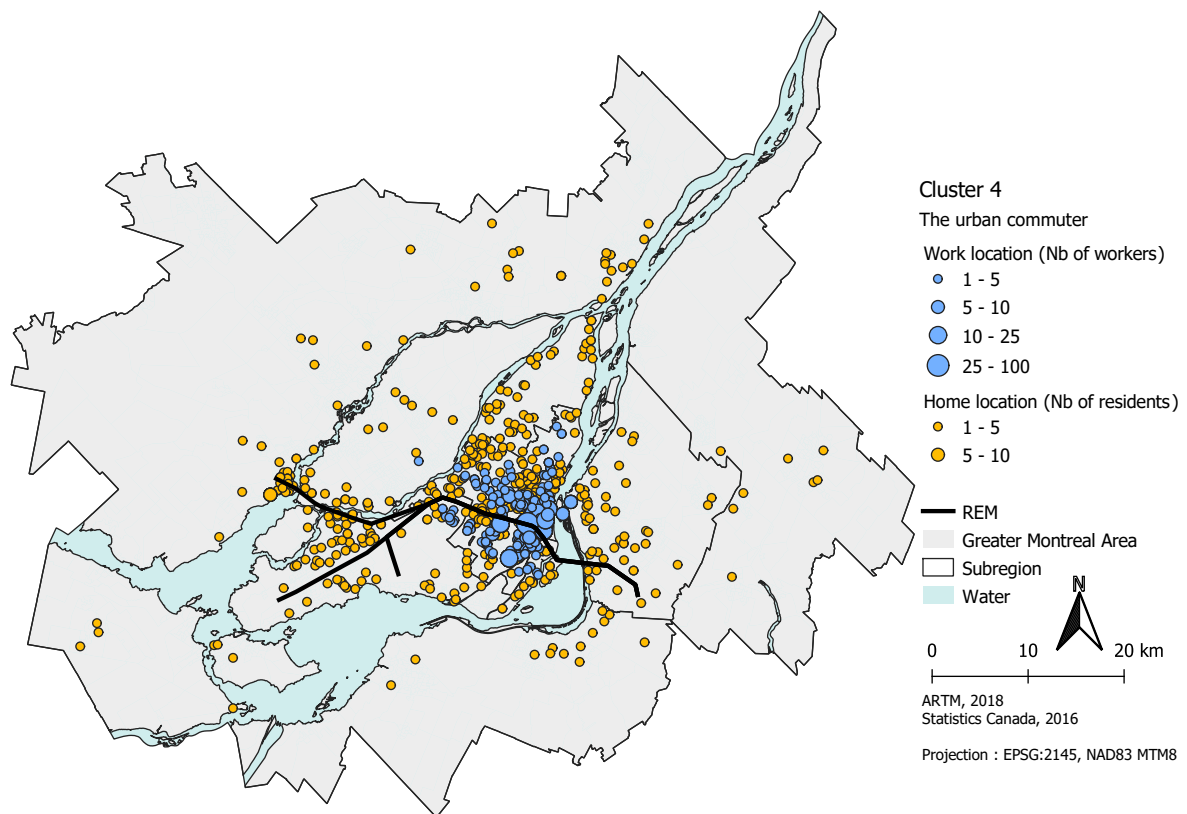


Figure 4.6 : The urban commuter geographical distribution

4.6.6 Cluster 5: The car-free urbanite

This cluster is made up of people who live and work exclusively around a metro station (Figure 7). Table 2 shows that they are poorer than the average, but much more educated. They usually travel by public transport, bicycle or walk and live in small households without children. Their profile closely matches the one of young professionals.

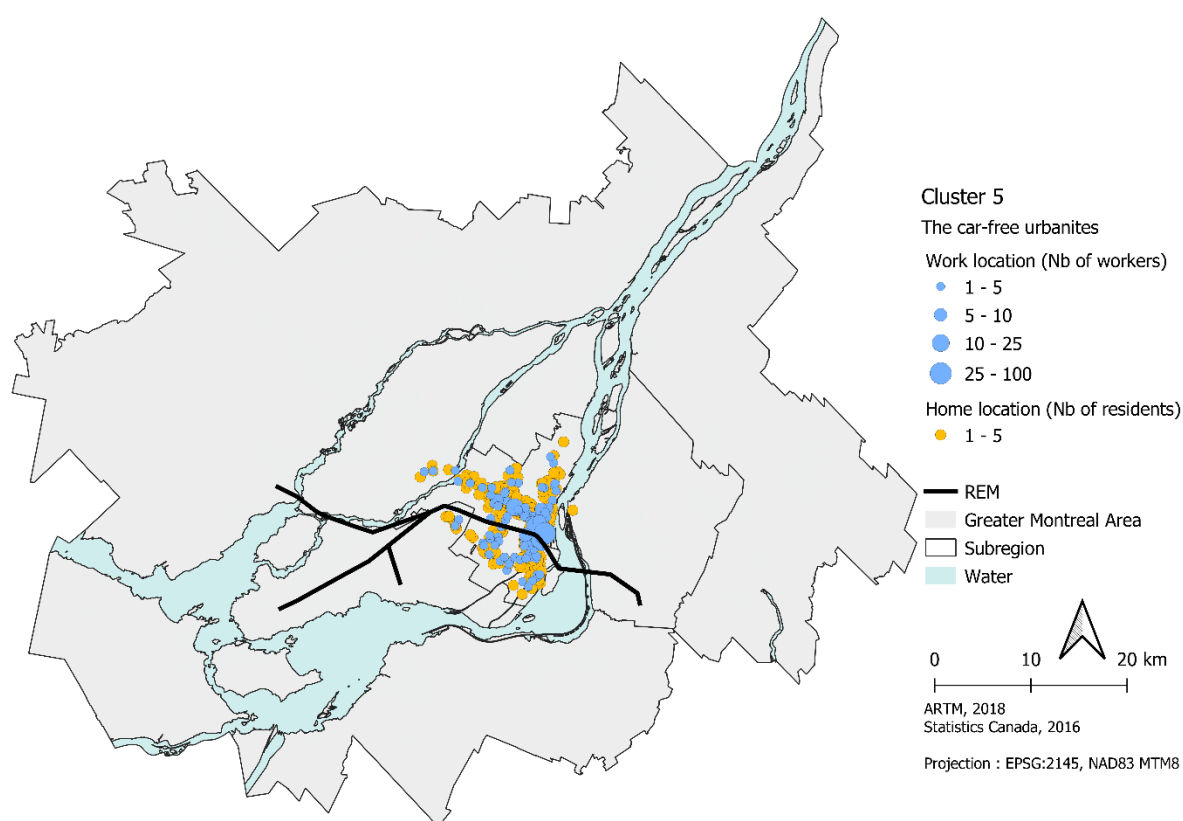


Figure 4.7 : Car-free urbanites geographical distribution

4.6.7 Cluster 6: Atypical worker

This last cluster is also composed of people who live in central areas close to the metro, but their workplace is further from the CBD and from the metro network (Figure 8). They are typically poorer and more educated than the average cluster and live in small households where women are overrepresented. They usually use public transport or walk to reach their work location.

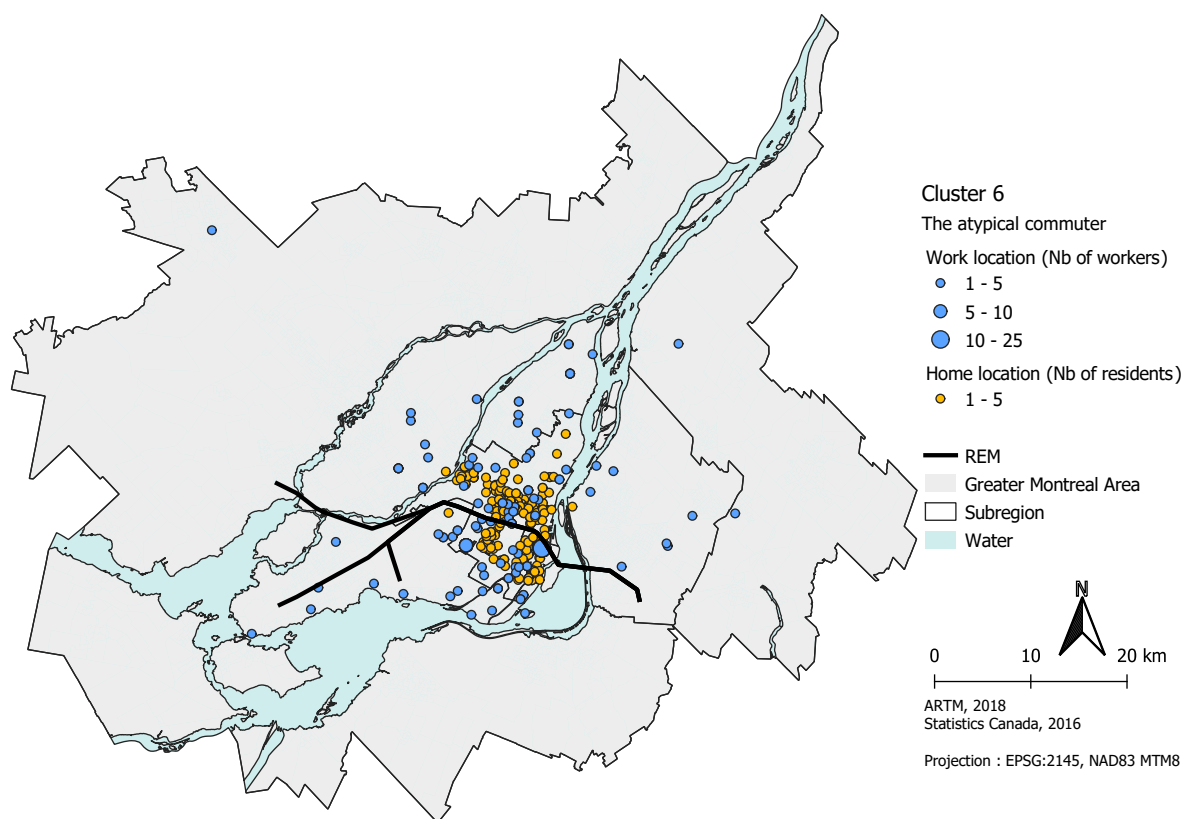


Figure 4.8 : Atypical workers geographical distribution

4.7 Intention and perceptions about the REM

Figure 9 shows the proportion of individuals for each level of agreement with the statement how likely are you to use the REM when it is complete and operational, for the six clusters. The results demonstrate that the typical commuter cluster has the highest proportion of respondents who reported being very likely to use the REM (36.8%), while this proportion is around 18% for the other clusters. Interestingly, when combining both individuals who responded that they are *very likely* or *likely* to use the REM, the difference between the typical commuter and the other clusters is less pronounced. This suggests that the typical commuters (those who commute to the CBD) are more convinced that the REM will serve their commuting needs. The atypical and the urban commuter have the second-highest proportions of respondents that answered *likely* or *very likely*. This could reflect the fact that these commuters perceive that the REM can respond to their needs, but they might have some reservations with respect to service quality of the REM in the counter peak direction. Finally, the least likely clusters to use the REM are the urban car users and the car-free urbanites.

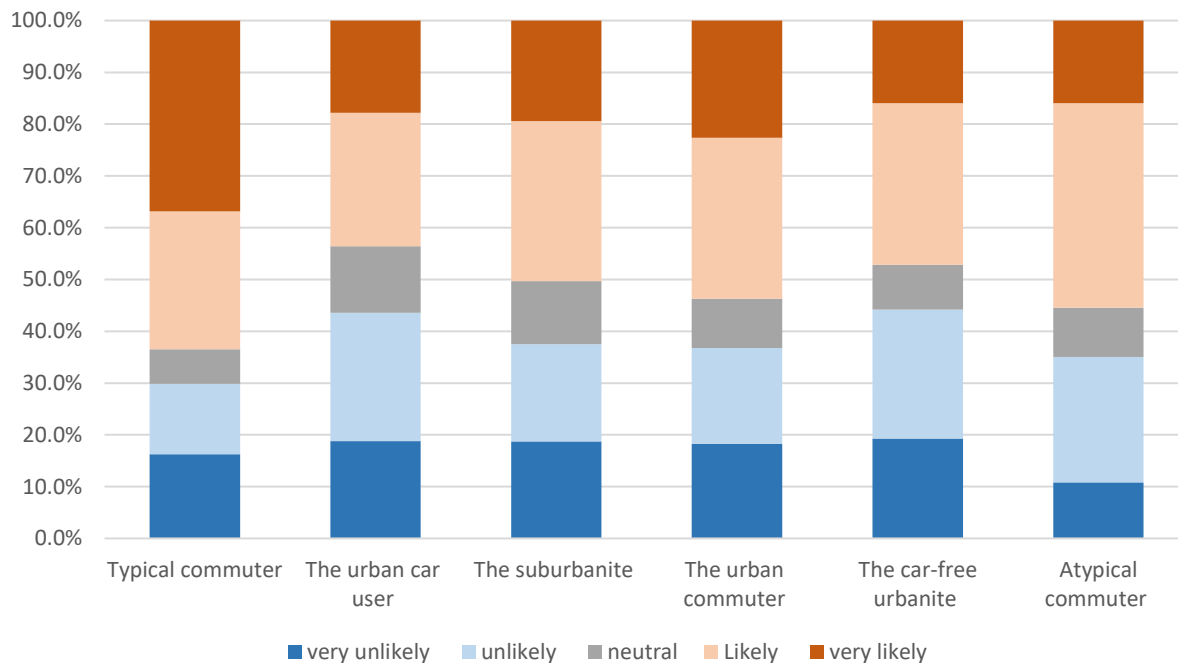


Figure 4.9 : Likelihood to use the REM by cluster

Figure 10 shows that all clusters generally agree that the REM is a good thing for Montreal. Surprisingly, the individuals that are the least in agreement are the ones that intend to use it the most (typical commuters). This could be explained by the fact that part of the main trunk of the REM and one of the branches will replace the Deux-Montagnes commuter line. This implies major service disruption and construction disturbances for several years during the construction of the REM. The car-free urbanites and atypical commuters have a good opinion of the REM, which could be explained by their familiarity with the metro since they live close from it. Much fewer people agree that the REM will be good for their neighborhood. This is likely explained by the limited spatial coverage of this new system. A notable exception, the suburbanite cluster, that is more likely to live close to the REM network, have a generally positive opinion of the REM. Around 70% of each cluster has a positive opinion regarding the environment. The car-free urbanite and the atypical commuter, both clusters of Montreal (central) residents are the clusters who agree the most that the REM is a good thing for the environment.

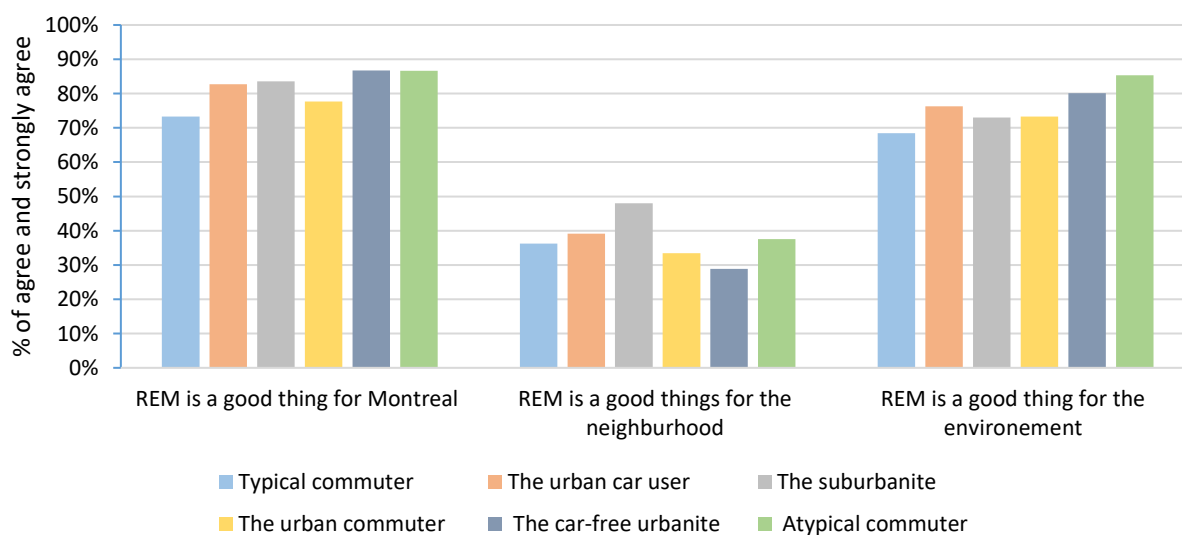


Figure 4.10 : Perceptions on the REM

4.8 Stated likelihood to use the REM

To isolate the effect of the home-work clusters, an ordered logit model was generated. The results are presented in Table 3. The other five clusters are highly significant in comparison with the typical commuter. This highlights the relevance of joint home and work location characteristics, even when controlling for socio-economic and attitudinal characteristics. All clusters are less likely to use the REM than the typical commuter, which confirms our hypothesis that the REM answers mainly to the typical commuter's needs who live in the suburb and work in the CBD. The car-free urbanites report the lowest likelihood to use the system. The urban commuters and atypical workers, either residing or working near a metro station, are respectively the second and third most interested clusters in the REM. This indicates a synergistic relationship between the REM and the metro. It also suggests that the REM will likely meet the needs of individuals commuting counter the peak direction.

High income households are associated with a higher likelihood of using the REM. This likely reflects a more positive perception among these groups given the type of service (perceived as more frequent, faster and more comfortable than the bus) (Allen, Jaime, Muñoz, et al., 2019). Men are also more likely to use the REM, which could also relate to the type of service. Disability shows insignificant effect, which could be partially explained by the fact that the REM network will be fully accessible (Réseau Express Métropolitain, 2018). In other words, a person with a disability is as likely as a person without a disability to use the REM, when controlling for other characteristics. Household size has a slight positive effect that could be explained by the need to share a car, while households with very young children have an insignificant negative effect that could be explained by the higher probability to do trip chains when you have children (Crane, 2007; Réseau Express Métropolitain, 2018).

A positive opinion of the REM, particularly at the neighbourhood level, is associated with a higher likelihood of using the system. Environmental concerns have no significant effect, which is in line with a previous study that found that sustainability was the least important factor when adopting a new automated metro line in Sydney (Fraszczyk & Mulley, 2017). Finally, owning a public transport pass is strongly associated with a higher intention to use the REM.

Table 4.3 : Result of the ordered logistic regression modelling how likely respondents are to use the REM when complete and operational

	Odd. ratio	St. Dev.	p-value	
Cluster (Ref: Typical commuter)				
Urban car user	0.513	0.175	< 0.001	***
Suburbanite	0.582	0.163	0.001	***
Urban commuter	0.680	0.143	0.007	**
Car-free urbanite	0.495	0.154	< 0.001	***
Atypical Commuter	0.656	0.183	0.021	*
Household income (Ref: 60 K – 89k \$)				
Less than 30k \$	0.9	0.225	0.638	
30-59k \$	1.147	0.146	0.345	
90-119k \$	1.148	0.143	0.334	
120-149k \$	1.2	0.165	0.268	
150k+\$	1.38	0.155	0.038	*
Do not know	1.391	0.183	0.071	.
Gender (Ref: Woman)				
Man	1.27	0.091	0.009	**

Table 4.3 : Result of the ordered logistic regression modelling how likely respondents are to use the REM when complete and operational (suite)

Other	1.024	0.42	0.954	
Disability (Ref: No)				
Prefer not to answer	0.829	0.36	0.603	
Yes	0.97	0.162	0.852	
Household size	1.082	0.041	0.055	.
Household has a baby	0.897	0.09	0.229	
Travels in rush hour	0.969	0.116	0.789	
Travels during weekend	1.03	0.188	0.875	
Owens a public transport pass	1.906	0.1	< 0.001	***
REM is good for MTL (Ref: neutral)				
Strongly agree	1.68	0.184	0.005	**
Agree	1.055	0.16	0.739	
Disagree	0.772	0.274	0.344	
Strongly disagree	0.813	0.315	0.511	

Table 4.3 : Result of the ordered logistic regression modelling how likely respondents are to use the REM when complete and operational (suite)

REM is good for Neighbourhood (Ref: Neutral)

Strongly agree	5.472	0.161	< 0.001	***
Agree	2.641	0.12	< 0.001	***
Disagree	0.665	0.158	0.010	**
Strongly disagree	0.577	0.186	0.003	**

REM is good for environment (Ref: Neutral)

Strongly agree	1.133	0.164	0.446
Agree	0.954	0.129	0.718
Disagree	1.242	0.262	0.409
Strongly disagree	0.96	0.358	0.910
Observations	1,698		
Log-likelihood	-2388,9		

* p < 0.1., ** p < 0.05.*** p < 0.01.

4.9 Discussion and conclusion

Using data from a survey conducted in fall 2019 to understand the impacts of the REM, a new light rail under construction in Montreal, Canada, this study investigated the combined effect of the home and work location characteristics with the intention to use the REM for commuting. Six home-work clusters with distinct commute patterns were generated and included in an ordered logit regression modelling the reported likelihood to use the REM. The results show that the typical

commuters are the most likely to use the REM, followed by the atypical commuters, who live closer to the CBD than they work. In contrast, the car-free urbanites and the suburbanites report the lowest likelihood.

While the REM will significantly enhance the public transport network coverage in Greater Montreal, its effect will be unequal across different types of commuters. For individuals with typical commutes (mainly towards downtown), the REM has the potential to meet their needs and to provide them with an improved quality of service. Conversely, for the urban car users and the suburbanites (who currently rely largely on the car), while they see the REM as a good addition to the Montreal area, the system will probably not meet their commute needs since their home or work location are not well served by the REM. They neither reside nor work close to the metro network, which could connect them to the REM. This suggests that clusters that are already underserved by the present public transport system will likely not benefit from the REM for their daily commute. As for the car-free urbanites, they are already well served by current public transport, mainly the metro, which likely explains their low intention to use the projected REM for commuting.

This leads us to believe that future investment in public transport in Greater Montreal should not aim to connect the CBD to the suburbs, since such corridors are already well served by the present public transport system. Tétrault & al. demonstrated that projects connecting downtown to the suburbs in the Montreal region will only marginally decrease the travel burden of commuters (Tétrault et al., 2018). Instead, future REM, metro, tramways, or BRT lines should favour corridors that are currently underserved, namely across suburban areas or across the pericentral neighborhoods. This could be an interesting consideration for the REM de l'Est or the Blue line extension projects or other REM lines in the suburbs that are currently in the region's plans. This is consistent with what we see in other metropolitan regions. For example, London's investment in the Overground, an orbital rail link around inner London, aimed to improve the connectivity of areas that were not served by quality public transport such as the underground (Lagadic, 2019). More recently, the Grand Paris express, connecting several suburbs of the Paris region has gained interest from researchers. For instance, Beaucire stipulates that this project will reduce the inequality regarding employment access for the east and west suburbs (Beaucire & Drevelle, 2013).

There are some limitations to this study. First, we focused on whether the person was more likely to use the REM and not the whole public transport network. Future studies could build on the clusters developed in this study to understand usage intent for the whole public transport system. Furthermore, the variable of interest in this study was the reported likelihood to use the REM. It would be interesting to compare the results of this study with the actual use of the REM once in operation. The proposed method could also be tested in mode choice models. Similarly, while this study focused on reported behavior, it would be relevant to assess satisfaction aspects. Lastly, for the purpose of this study, simple land use and variables were used. Future studies could test the inclusion of complex variables in the cluster analysis, namely entropy and design variables. Nonetheless, the proposed approach revealed distinct patterns and demonstrated how combining home and work location characteristics provides key spatial insights on the potential benefits of public transport investments.

4.10 Author Contributions

The authors confirm contribution to the paper as follows: study conception and design: Obry-Legros, V. Boisjoly, G.; data collection: Obry-Legros, V. Boisjoly, G.; analysis and interpretation of results: Obry-Legros, V. Boisjoly, G.; draft manuscript preparation: Obry-Legros, V. All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

4.11 Acknowledgments

The authors would like to thank Ahmed El-Geneidy, James DeWeese and Yan Kestens for their lead in the early stages of the research. This research was funded by The Canadian Institutes of Health Research (CIHR), The Social Sciences and Humanities Research Council of Canada (SSHRC) and The Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada (NSERC) Collaborative Health Research Projects (CHRP) Program (CIHR CPG-170602 and CPG-170602 X- 253156, NSERC CHRPJ 549576-20). The content and views expressed in this article are those of the authors and do not necessarily reflect those of the Government of Canada.

The authors claim no conflict of interest.

CHAPITRE 5 ANALYSE DU CHOIX MODAL

Ce chapitre reprend la forme de l'article du Chapitre 4, mais porte sur le mode utilisé pour le navettage dans le Grand Montréal.

5.1 Introduction

Le choix modal a fait l'objet de plusieurs études au cours des années. Plusieurs facteurs socio-économiques comme le revenu, la possession automobile, la taille du ménage, l'éducation, l'âge et le genre sont reconnus comme influençant le choix d'un mode de transport (Lee et al., 2014; Lussier-Tomaszewski & Boisjoly, 2021; Morency, C. et al., 2014). De plus, des facteurs externes comme l'aménagement du territoire (densité, diversité, design, distance) peuvent influencer le choix d'un mode de transport en avantageant indument la voiture par exemple (Cervero & Kockelman, 1997; Ding et al., 2018). L'étude du choix modal est importante afin de comprendre pourquoi les gens choisissent un mode de transport plutôt qu'un autre. Cela permettra de concevoir des réseaux de transport qui répondent mieux à leur besoin afin de les inciter à changer vers des alternatives plus durables comme les modes actifs ou collectifs. Dans cette étude, une attention particulière sera portée au différent mode de transport collectif (train, métro, bus) afin de mieux comprendre à quels besoins répond chacun de ces modes.

Dans une étude précédente (Chapitre 4), il a été démontré que peu d'études sur le choix modal combinaient les caractéristiques spatiales du lieu d'origine et de destination en un seul indicateur. Pourtant, le choix modal requiert la prise en compte des caractéristiques spatiales tant au lieu de départ qu'au lieu d'arrivée. Dans cette étude précédente sur l'intention d'utilisation du Réseau express métropolitain (REM), un projet de métro léger dans la région de Montréal, Québec, Canada, une nouvelle méthodologie basée sur une segmentation spatiale a été développée afin de combiner les caractéristiques spatiales du lieu d'origine et de destination grâce à des types Domicile-Travail. L'étude a démontré que les types Domicile-Travail pouvaient expliquer l'intention d'utiliser le REM. L'étude proposait alors de tester la méthodologie avec des données de choix modal.

Le Chapitre 5 vise donc à vérifier si les conclusions de l'étude réalisée par Obry-Legros et Boisjoly peuvent être généralisées à la probabilité de choisir un mode. Pour ce faire, les données de l'enquête

origine-destination réalisée à l'automne 2018 ont été mises à profit. Cette enquête contient le choix modal pour tous les déplacements des individus de certains ménages du Grand Montréal (échantillon de 3.89% de la population) lors d'une journée de semaine. L'enquête OD contient des informations sur la localisation du lieu de domicile et de travail ce qui a permis de la combiner avec des variables spatiales provenant d'autres sources. Le même genre d'analyse typologique a été fait et les types obtenus ont été inclus dans une régression logistique imbriquée. L'étude démontre que la méthodologie peut être étendue à la probabilité de choisir un mode et qu'il est possible d'utiliser les résultats obtenus pour évaluer l'équité du transport dans une région métropolitaine.

5.2 Revue de littérature

Les facteurs influençant le choix modal sont couverts de façon exhaustive dans la littérature. L'environnement bâti n'y fait pas exception. Cependant, plusieurs articles traitent uniquement de l'environnement bâti à l'origine du déplacement. Par exemple, la revue systématique à l'origine de l'expression des 3D : Densité, diversité et design ne porte que sur des variables spatiales du lieu d'origine (Cervero & Kockelman, 1997). Cela comprend des variables telles que la densité de population, l'entropie, l'accessibilité aux emplois ou aux services, la densité d'emplois, la taille des blocs, la présence de trottoirs, etc. L'entropie est définie comme la proportion et la diversité de chaque classe d'utilisation du sol (résidentiel, commercial, industriel, institutionnel, etc.). Des articles récents utilisent aussi des caractéristiques issues seulement du lieu de domicile comme l'accessibilité locale, l'accessibilité régionale aux emplois, l'accès au transport collectif ou la mixité des usages (Lussier-Tomaszewski & Boisjoly, 2021) (Humphreys & Ahern, 2019).

Plusieurs articles traitent les deux dans des modèles séparés ou dans un même modèle, mais avec des variables séparées. L'entropie ou la diversité des usages, par exemple, sont régulièrement utilisées tant à l'origine qu'à la destination. (Frank & Pivo, 1994; Lee et al., 2014). La densité de population revient aussi régulièrement comme un facteur favorisant les modes alternatifs à la voiture (Gehrke & Clifton, 2014) et est souvent accompagnée de la densité d'emploi au lieu de travail (Ding et al., 2018; Frank & Pivo, 1994; Lee et al., 2014). La distance par rapport au centre-ville du lieu de domicile et du lieu de travail accroît l'utilisation de la voiture (Ding et al., 2018; Scheiner et al., 2016; Sun et al., 2017) alors que la proximité avec une station de transport collectif

(TC) favorise ce mode (Ding et al., 2018; Heinen et al., 2015). La proximité des arrêts de bus a aussi un effet sur la probabilité de choisir le bus. Par exemple, une étude observe que la relation entre la proximité de la station de bus et l'usage de celui-ci n'est significative que si la distance de marche entre l'arrêt de bus et la destination est faible (Heinen et al., 2015). Le Walk Score, un indicateur représentant la diversité des destinations accessible à la marche, est aussi reconnu comme pouvant influencer le choix modal. Une étude à Paris a montré que lorsque celui-ci est élevé tant à l'origine qu'à la destination, la marche devient un choix modal 3,48 fois plus fréquent que lorsque l'environnement bâti favorise la voiture (Duncan et al., 2016).

Un autre élément important à prendre en compte est le fait que les variables spatiales n'ont généralement pas d'effet linéaire. Certaines études prennent en compte des seuils. Par exemple, Frank & Pivo (1994) estiment que le choix d'utiliser le TC augmente substantiellement lorsque la densité d'emplois dépasse 75 emplois par acre et que la densité de population dépasse 13 personnes par acre, alors que d'autres sources affirment plutôt que la probabilité d'utiliser la voiture diminue de 5% lorsque la densité de population passe de 10 à 25 personnes par acre, mais que la diminution de l'utilisation de la voiture due à la densité devient triviale lorsque la densité de population dépasse 35 personnes par acre (Ding et al., 2018). Cette même étude prédit une hausse de l'utilisation de la voiture lorsque la distance entre le domicile et le travail dépasse 15 milles (24 km), mais atteint une certaine saturation dès que la distance dépasse 17 milles (27,2 km). Des seuils sont aussi parfois utilisés par des recherches pour la distance d'accès au TC, par exemple 600 m pour les stations de bus et de train (Kamruzzaman et al., 2013) ou 400 m pour les arrêts de bus et 800 m pour les arrêts trains (Boulangé et al., 2017). Par contre, pour la distance avec une infrastructure de TC, certains auteurs préfèrent utiliser une mesure continue plutôt qu'une distance arbitraire (Heinen et al., 2015) ou la densité d'arrêt (Ding et al., 2018).

Très peu d'études ont cherché à combiner les variables spatiales du lieu d'origine et de destination en un seul indicateur. Mentionnons tout de même un article d'intention d'usage qui fusionnait l'impression par rapport à l'environnement bâti autour des stations de départs et d'arrivées (Park et al., 2021). Cette étude démontrait que la présence de trottoir et le sentiment de sécurité autour des stations de départ et d'arrivée influencent positivement la satisfaction envers le service. Il y a aussi le récent article de Obry-Legros et Boisjoly au Chapitre 4 qui prouve la pertinence de combiner les caractéristiques spatiales dans le cas d'étude sur l'intention d'usage. Par contre,

aucune étude, à ma connaissance, n'a encore tenté d'analyser la relation entre la probabilité de choisir un mode avec un indicateur objectif représentant à la fois l'environnement bâti à l'origine et à la destination. Cela permettrait pourtant de mieux comprendre les habitudes de transport de la population en fonction de leurs patrons de déplacement afin de répondre à leurs besoins de façon efficiente et équitable. C'est cette lacune dans la littérature que tentera de corriger cette étude.

5.3 Étude de cas

L'étude porte sur les déplacements effectués dans la grande région de Montréal pour le motif du travail. Le Grand Montréal possède un grand centre-ville (Montréal (Centre-ville) visible sur la Figure 5-1) où se situe une grande partie des emplois de col blanc. L'île de Montréal comporte aussi un important quartier industriel dans l'ouest (Montréal (Ouest)) autour de l'aéroport international. Un autre quartier industriel regroupant l'industrie lourde est situé dans l'est (Montréal (Est)). Le reste des secteurs des régions comprennent plusieurs petits secteurs d'emplois manufacturiers, dans les services et dans le domaine de la santé. La région Montréal (Centre) est le secteur le plus densément peuplé de la région et est généralement *marchable* avec des services de proximité et un bon service de TC. Les régions Montréal (Est), Montréal (Ouest), Laval et Longueuil ont généralement des densités modérées, mais un environnement plus suburbain propice à la voiture malgré la présence d'un service de TC. Les régions Couronne Nord et Couronne Sud ont généralement des densités faibles et un environnement suburbain ou rural avec peu de TC.

La région est desservie par quatre lignes de métro et six lignes de train de banlieue. Les lignes de métro desservent le centre-ville ainsi que les quartiers les plus densément peuplés (Montréal (Centre)) avec des connexions à la région de Laval et Longueuil. Le train de banlieue dessert les régions Montréal (Est) Montréal (Ouest) ainsi que les couronnes nord et sud. Le service est cependant moins bon que celui du métro et vise principalement les déplacements pendulaires en heure de pointe. Bien que le REM soit en chantier, celui-ci n'était pas en fonction en 2018 et ne peut donc pas être pris en compte pour cette étude portant sur l'enquête origine-destination de 2018. Du côté du transport par automobile, la région est bien desservie par plusieurs autoroutes et une vingtaine de ponts.

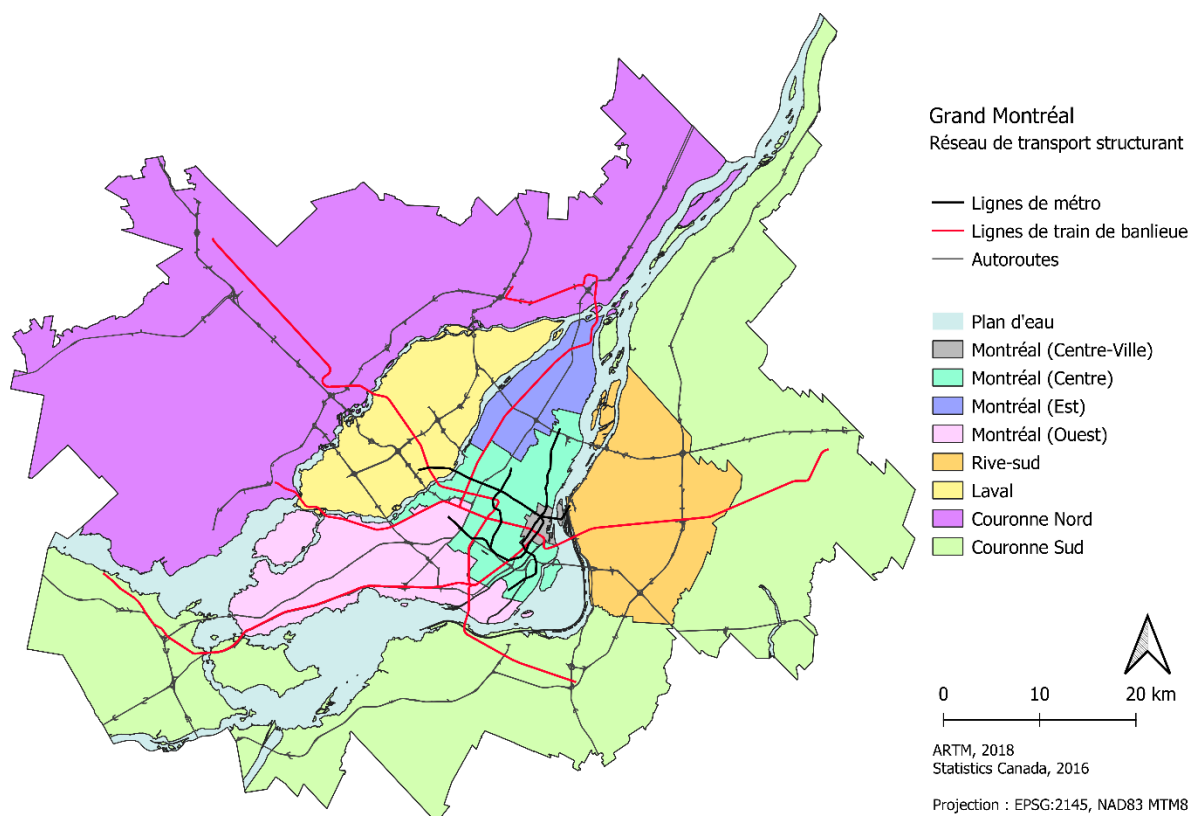


Figure 5.1 : Carte du Grand Montréal en 2018

5.4 Données et méthodes

La base de données utilisées pour cette étude est l'enquête origine-destination 2018 de la grande région de Montréal. Il s'agit d'une étude réalisée tous les 5 ans qui vise à comprendre les habitudes de déplacement des ménages lors d'une journée moyenne d'automne. L'enquête comprend les déplacements de tous les membres d'un ménage lors d'une journée de semaine. L'heure de départ, le mode choisi et le motif pour chaque déplacement sont notamment collectés avec certaines informations socio-économiques. Les origines et destinations des ménages sont aussi colligées. L'enquête origine-destination comprend 393 826 observations représentant chacune un déplacement.

Seules les personnes dont le lieu de résidence et de travail est situé dans le territoire de l'ARTM ont été retenues en raison du fait que les données de Walk Score n'étaient disponibles que pour ce

territoire. Cela représentait 307 210 observations. Ensuite, seuls les déplacements de motif travail ont été retenus ramenant le nombre d'observations à 50 809 (il y a 60 761 déplacements pour motif travail dans l'ensemble de la base de données complète, contre environ 33 000 de magasinage et 22 000 de loisir par exemple). Finalement, seuls les déplacements ayant des réponses complètes pour toutes les variables pertinentes à l'analyse typologique et au modèle de régression logistique ont été retenus ramenant le total à 39077.

La table 5-1 présente les statistiques descriptives des variables utilisées dans le modèle pour l'échantillon de travailleurs. Au niveau du choix modal, l'automobile domine avec 64,7% des déplacements effectués avec ce mode. Les modes les moins populaires sont le vélo (2,2%) suivi du train (1,9%). Au total, 25,1% de la population utilise un mode de transport collectif lorsque l'on inclut les déplacements multimodaux. Les deux tiers de l'échantillon partent pour le travail durant l'heure de pointe. 11,3% de l'échantillon vit dans un ménage où il y a un bébé (enfant d'âge préscolaire). 92,1% des individus vivent dans un ménage où il y a au moins une voiture alors que seuls 25,6% des individus possèdent une passe de transport collectif. Les hommes sont présents en plus forte proportion que les femmes puisqu'il forme 52,2% de l'échantillon. Les ménages à moyen revenu forment la majorité de l'échantillon avec 71,4% de celui-ci. Les ménages à haut revenu sont plus présents que les ménages à bas revenu. Finalement l'âge moyen est de 44,7 ans.

Les principales différences avec l'ensemble de la population de la RMR de Montréal lors du recensement de 2016 sont une plus grande utilisation de l'automobile, une plus forte utilisation du TC et une moins grande utilisation de la marche que chez les navetteurs de la population en générale (Statistique Canada, 2017). Au niveau socio-économique, on observe des revenus plus élevés, une surreprésentation des hommes et un âge moyen plus élevé dans l'échantillon de l'enquête OD que dans la population en générale (Ville de Montréal, 2018). Malgré ces différences, le choix méthodologique a été de ne pas utiliser les facteurs d'expansion puisque les modèles logistiques prennent en compte l'impact des variables sociodémographiques. De plus, il importe de mentionner que les facteurs de pondération sont développés à l'échelle des secteurs municipaux, mais ne sont pas nécessairement représentatifs lorsqu'il s'agit de faire des analyses à une échelle spatiale plus fine. Par contre, il faut toujours garder en tête que les résultats s'appliquent à l'échantillon et non pas à la population. Ce choix s'explique aussi du fait que l'objectif de ce mémoire était d'abord de développer une méthodologie intégrant lieux de domicile et de travail et non pas nécessairement

de modéliser avec exactitude les habitudes de déplacements dans la population. Il s'agissait surtout de d'identifier les différents types et de modéliser la relation entre ces types et les comportements de mobilité. Plusieurs études utilisant des modèles logistiques n'ont pas recours à des facteurs d'expansion (Bajwa et al., 2008; Boulange et al., 2017).

Tableau 5.1: Sommaire de l'échantillon de travailleurs enquête OD

Nb. D'observation	39077
Mode	
Auto-conducteur	64,7%
Multimodale	4,5%
Bus	5,3%
Multi-TC	8,6%
Vélo	2,2%
Marche	4,6%
Auto-passager	3,5%
Métro	5,8%
Train	0,9%
Départs en heure de pointe	67,0%
Ménage avec bébé	11,3%
Nombre d'auto dans le ménage	
0	7,9%
1	32,7%
2+	59,4%
Possède une passe de TC	25,6%
Genre	
Homme	52,2%
Femme	47,8%
Classe de revenu	
Bas revenu	10,4%
Moyen revenu	71,4%
Haut revenu	18,2%
Âge moyen	44,72

Des informations provenant de Statistique Canada comme la densité de population et d'emploi ont été associées avec les observations en fonction de l'aire de diffusion contenant le lieu de travail ou de domicile. La même chose a été faite avec les données du Walk Score, mais cette fois en fonction de leur code postal correspondant au lieu de résidence et de travail. Finalement, la présence d'une station de métro, de train et le nombre de départs par bus lors de l'heure de pointe du matin ont été ajoutés selon une distance réseau de 1 km à partir du domicile et du lieu de travail des individus. Il est important de préciser que la localisation des lieux de domicile et de travail n'est pas exacte puisqu'ils ont été distribués sur une grille de 250 m x 250 m afin de conserver la confidentialité. Le traitement des données est très similaire à ce qui avait été fait dans l'étude de Obry-Legros & Boisjoly (Chapitre 4).

La variable du choix modal a été créée à partir de la séquence formée de l'ensemble des modes empruntés lors d'un trajet. L'enquête origine-destination fournit de l'information sur tous les modes empruntés lors d'un même trajet. Ces séquences modales sont divisées en plusieurs catégories selon l'ordre dans lesquels les modes ont été empruntés. La première étape a été de les réunir en une seule variable pour obtenir une séquence. Par exemple, le métro a le code 4, les bus de la STM ont le code 3 et les bus de la STL ont le code 6. Une personne dont le trajet serait représenté par la séquence 3-4-6 se verrait attribuer le mode « Multi transport collectif » pour représenter le fait qu'il fait des transferts entre le bus et le métro. Par contre, une personne avec le code 3-6- se verrait attribuer le mode « bus » puisqu'il utilise seulement des bus, malgré que ce sont des bus de deux sociétés de transport différentes. Si la personne prend sa voiture (code 1) avant d'attendre le TC (bus, métro, train) alors elle se voit attribuer le mode « Multimodal ». Certains modes autres comme les taxis, le transport adapté et les bus interurbains ont été ignorés et certaines combinaisons comprenant des modes indéterminés ont été retirées de l'analyse.

La variable des *Déplacements durant l'heure de pointe* comprend tout départ effectué entre 5h et 8h59 lorsque vraie. La variable *Ménage avec un bébé* comprend tout ménage ayant un enfant de moins de 5 ans à charge. La variable *Auto par ménage* est divisée en trois classes soit 0, 1 et 2+ véhicules, ces classes correspondent au plus important changement observé en termes de mobilité dans le ménage en comparaison à une variable continue (Bhat & Pulugurta, 1998). Le changement

entre 3 et 4 voitures par exemple est beaucoup moins significatif que le changement entre 1 et 2 voitures. C'est pourquoi une échelle continue n'a pas été retenue. La variable *Personne ayant une passe de TC* est aussi très importante puisque la possession de la passe mensuelle facilite et encourage grandement l'utilisation du TC. Tout type de passe mensuelle disponible dans le Grand Montréal est inclus dans cette variable. La variable du genre est incluse, car il a été démontré que cela peut influencer l'utilisation de certains modes. La base de données de l'enquête origine-destination n'inclut pas de genre neutre ou autre.

La variable *Revenu* est divisée en 3 classes de revenu, les faibles revenus, les revenus moyens et les hauts revenus. Les bas revenus comprennent les ménages gagnant moins de 30 000\$ par année et les ménages de 4 personnes et plus gagnant moins de 60 000\$ par année, il s'agit d'un compromis entre les classes de revenu disponible dans l'enquête origine-destination et le seuil de faible revenu tel que défini par l'Institut de la statistique du Québec pour la RMR de Montréal en 2018 qui est de 20080 \$ pour le ménage d'une personne et 40160 \$ pour les ménages de 4 personnes (Institut de la Statistique du Québec, 2021). L'âge influence l'utilisation de certains modes, le vélo par exemple devient moins attractif avec l'âge. Il est accompagné de l'âge au carré puisque l'effet de l'âge n'est pas linéaire. Si les coefficients de l'âge au carré et l'âge sont du même signe alors l'effet de l'âge s'accroît avec le temps. Pour des signes différents, cela veut dire que l'effet décroît avec le temps. Les nombreux changements dans la vingtaine (carrière, achat d'une maison, fonder une famille peuvent avoir plus d'effet sur la probabilité de choisir un mode que le passage de 40 à 50 ans par exemple.

5.4.1 Analyse typologique

Cette section présente la méthode, basée sur la méthode présentée au Chapitre 4, de l'analyse typologique qui permet de classer les différents types de navetteurs.

Les variables d'intérêt (densité de population, d'emploi, distance du centre-ville, présence d'une station de métro ou train à moins d'un km, nombre de départs de bus à 1 km autour du lieu de domicile et d'emplois, Walk Score) ont toutes été isolées dans une base de données séparée pour l'analyse typologique. Par la suite, le calcul des k-means a permis de voir quel nombre de types entre 2 et 15 permettait de minimiser la somme du carré de la distance entre tous les éléments d'un

même type et de maximiser la distance entre les types. L'analyse de la taille moyenne de la silhouette, une valeur représentant la probabilité qu'un individu fasse partie du bon type, entre 2 et 15 types permet aussi d'affiner la décision du choix du nombre de types le plus appropriée. La technique des silhouettes moyennes ne pouvait pas être faite avec l'ensemble de la base de données en raison de sa taille, donc elle a été faite sur un échantillon de 4 000 observations choisies aléatoirement.

En somme, le nombre de types optimal choisi était six. C'est le coude visible sur le graphique de la somme des carrés visible à l'annexe A qui a tranché entre un modèle à quatre et six types. C'est pourquoi l'analyse k-means ont été faits avec six types. Bien que la méthode des k-médoïde plus performante que la méthode des k-means, elle est plus complexe à mettre en place pour les grosses bases de données. Il faut par exemple utiliser l'algorithme CLARA qui utilise plusieurs échantillons (M.D Boomija, 2008). C'est pourquoi la méthode des k-means fut utilisée avec l'enquête origine-destination. (Arora et al., 2016), alors que la Méthode du k-médoïde fut utilisée pour l'enquête du REM au Chapitre 4.

L'analyse k-means a permis d'attribuer un type à chaque observation de la base de données. Des comparaisons visuelles entre un modèle avec moins de six types et un modèle avec plus de 6 types ont montré que lorsque le nombre de types est inférieur à six, on perd certaines différences visibles entre différentes caractéristiques des lieux de Domicile-Travail. Par exemple, un modèle préliminaire à 5 types montre que les types n'étaient pas assez distincts les uns des autres et qu'il était donc difficile de les comparer. Un autre modèle préliminaire à 7 types montre une certaine redondance entre un type de *banlieusard* et de « *super-banlieusard* » qui a essentiellement les mêmes caractéristiques à l'exception du fait qu'ils vivent encore plus loin dans les couronnes. En observant la distribution des six types sur le territoire à l'aide d'une analyse spatiale il était possible d'avoir une bonne idée des besoins de ces navetteurs et quelle sont leurs habitudes de déplacement à l'aide d'une bonne connaissance du territoire (voir Section 3.1). Les z-score des variables incluses dans l'analyse typologique et les statistiques descriptives de chaque type ont été analysés afin de mieux comprendre leur différence au-delà de la position des lieux de domicile et de travail. Les Z-score permettent de voir les variations des variables spatiales à l'intérieur des types et les statistiques descriptives montrent les variations des variables socio-économiques qui n'étaient pas incluses dans l'analyse typologique.

5.4.2 Régression logistique imbriquée

Les six types Domicile-Travail ont été intégrés dans un modèle logistique imbriqué (nested logit). Il s'agissait de la méthode la plus appropriée puisque les choix modaux, contrairement à l'intention d'usage, ne sont pas ordonnés. De plus, les modes ne sont pas tous parfaitement indépendants en termes d'option, c'est pourquoi les modes actifs ont été séparés des modes collectifs et de la voiture à la suite de plusieurs tests pour trouver la meilleure combinaison. Un exemple de ces tests est disponible dans l'Annexe C à la table C-2. Ceci est fait lorsque l'indépendance des alternatives non pertinentes est violée. L'idée est donc de considérer les corrélations existantes en regroupant les modes susceptibles d'être corrélés entre eux. Par exemple, un individu qui doit accéder à un endroit éloigné où il n'y a pas de service de TC aura seulement le choix entre l'auto-conducteur ou l'auto-passager, les autres options sont non pertinentes.

Les variables ont été ajoutées graduellement au modèle pour en assurer la stabilité et éviter les problèmes de multicolinéarité. Le modèle est resté stable (signes et ordre de grandeur des coefficients), signe que le choix de variable était approprié et qu'il n'y a pas de problème de multicolinéarité. Par ailleurs, le très grand nombre d'observations (près de 36 000) explique le grand nombre de variables significatives. C'est pourquoi il faut éviter de seulement porter attention à la valeur-p. La valeur du coefficient et l'écart-type donnent une meilleure idée de la force de la relation et de sa précision (Hofmann, 2015). Une fois le modèle complet, le retrait de certaines variables a permis de vérifier si elles posaient problème à la qualité du modèle. Par exemple, en retirant la variable *Possession auto*, il a été possible de confirmer son utilité puisque son retrait entraînait une baisse importante du pseudo- R^2 de McFadden, un indicateur de la qualité de l'ajustement, ainsi qu'une baisse significative du Log-likelihood, un indicateur de vraisemblance. Les modèles ont été comparés entre eux à l'aide de test de vraisemblance (*likelihood ratio test*) pour savoir si les deux modèles sont équivalents ou non.

5.5 Résultats de l'analyse typologique

L'analyse typologique a permis d'obtenir six types de navetteurs distincts. Ces types sont comparés à la Figure 5-2 sur la base des z-score des 12 variables utilisées dans l'analyse. Dans cette figure une variable supérieure à zéro signifie qu'elle se trouve au-dessus de la moyenne comparativement

aux autres types. Alors qu'une variable en dessous de zéro signifie qu'elle est en dessous de la moyenne.

Sur la Figure 5-2, le premier type, nommé « Voisin du train », est constitué d'individus vivant à distance de marche d'une gare de train. Leur lieu de résidence et leur lieu de travail ont sinon des valeurs légèrement sous de la moyenne.

Le second type, nommé « Navetteur urbain », est constitué de personnes ayant une station de métro à leur lieu de travail, et de lieux de travail étant plus denses, plus près du centre-ville et ayant un meilleur Walk Score. Ils sont moins nombreux à avoir une station de métro à leur lieu de domicile.

Le troisième type, nommé « Banlieusard », est constitué de gens travaillant et vivant beaucoup plus loin du centre-ville que la moyenne. Il s'agit de quartiers beaucoup moins denses, avec un faible Walk Score. Ils sont aussi caractérisés par un mauvais service de TC tant au niveau du lieu de travail que du lieu de résidence. `

Le quatrième type, nommé « Navetteur typique », travaille généralement dans un emplacement en plein cœur du centre-ville ayant accès à une gare de train, une station de métro et un excellent service de bus ainsi qu'une densité d'emploi extrême. Ils vivent généralement plus près du centre-ville que la moyenne.

Le cinquième type, nommé « Urbain », est constitué de gens qui vivent et travaillent dans des milieux urbains. Ils ont accès à une station de métro et à un excellent service de bus au lieu de domicile et vivent dans des quartiers denses plus près du centre-ville et ayant un bon Walk Score.

Le sixième type, nommé « Utilisateur de la voiture urbain », est défini principalement par l'absence de station de métro au lieu de travail, bien que les autres variables soient aussi légèrement sous la moyenne.

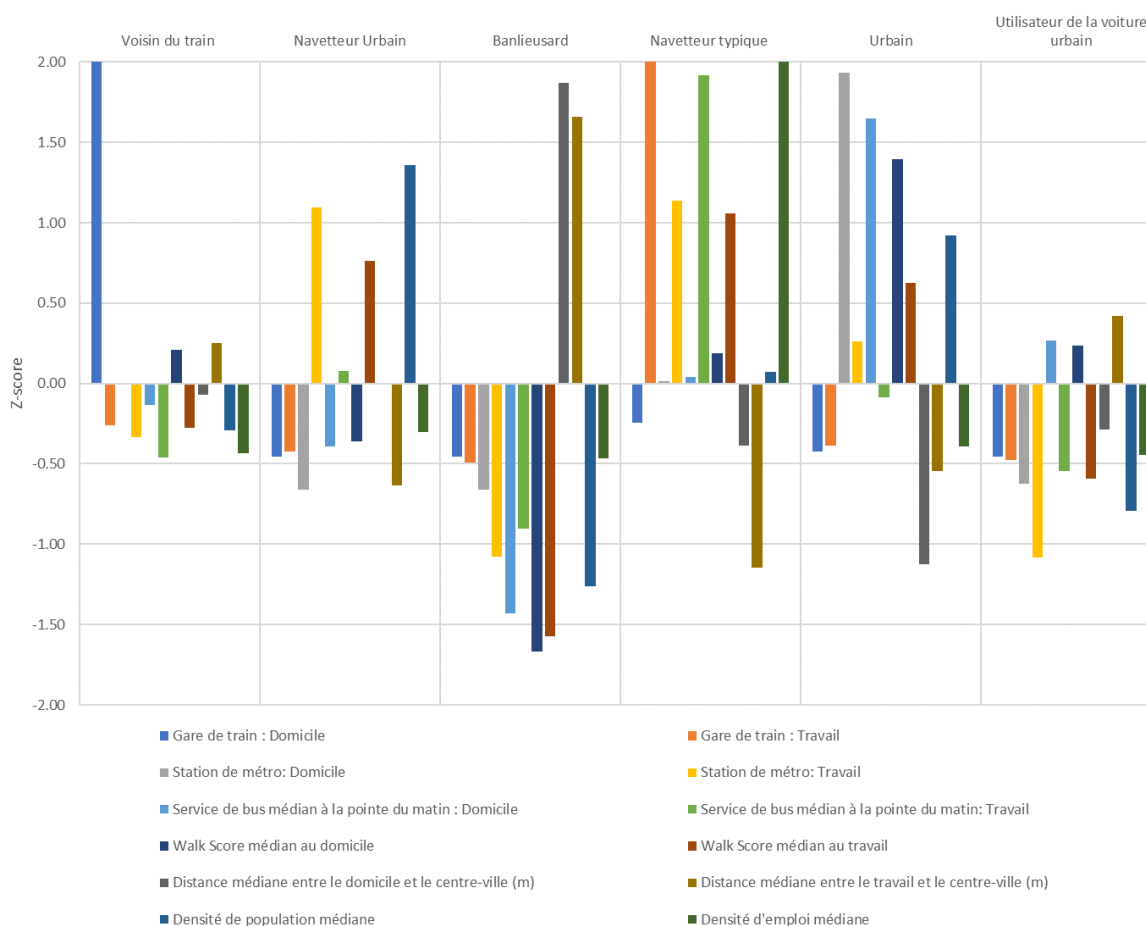


Figure 5.2: Z-score des variables explicatives de chaque type

5.5.1 Caractéristiques sociodémographiques

Les statistiques descriptives de la Table 5-2 permettent d'observer certaines différences dans les caractéristiques sociodémographiques des différents types. Parmi les différences significatives notables, mentionnons les *navetteurs typiques* qui ont de plus hauts revenus que la moyenne. Cela pourrait s'expliquer par la présence d'emplois à revenu élevé au centre-ville, une hypothèse basée sur le fait que c'est le cas dans plusieurs villes américaines (Kolko, 2009) et sur le fait que la proportion de travailleurs à faible revenu y est plus faible que dans les couronnes (Lachapelle et al., 2020). Les *utilisateurs de la voiture urbains* sont les ménages avec les plus faibles revenus. Cela peut s'expliquer par le fait que les emplois peu payants, notamment dans le commerce de détail et le secteur manufacturier, sont distribués un peu partout dans la région, hors du centre. Cela

veut dire que plusieurs de ces emplois ne sont pas localisés à proximité du métro. Les *banlieusards* sont le type ayant le plus grand nombre de voitures possédées en moyenne par ménage. C'est le seul type qui a plus de deux véhicules par ménage en moyenne. D'un autre côté, un seul type de navetteur possède moins d'une voiture par ménage en moyenne, il s'agit des *urbains*. Tous les types ont une distribution des groupes d'âge similaire à l'exception des *urbains* qui sont un peu plus jeunes que la moyenne. Cela peut s'expliquer par la forte présence d'étudiants ou de jeunes professionnels. Les *urbains* et *banlieusards* se distinguent aussi du côté de la possession d'un permis de conduire en ayant respectivement la plus faible et la plus forte possession. Le *navetteur typique* comprend un peu plus d'hommes en proportion que les autres. Les *banlieusards* ont la plus grande taille de ménage, et ce sont les *urbains utilisateurs de la voiture* qui vivent dans les plus petits ménages bien que suivis de près par les *urbains*. Les *navetteurs typiques* sont le type ayant la plus forte possession d'une passe de transport collectif, alors que moins de 5 % des *banlieusards* en ont une. L'autopartage et le vélopartage sont surtout utilisés par les *urbains* et les *navetteurs typiques*. Les heures de départ varient peu d'un type à l'autre à l'exception des *navetteurs typiques* qui sont 78% à quitter leur domicile entre 5h et 9h, la plus forte proportion.

La proportion de chaque mode varie beaucoup d'un type à l'autre. Pour l'auto-conducteur, plus de 90% des *banlieusards* choisissent ce mode, alors que seuls 20% des *navetteurs typiques* font de même. La proportion d'auto-conducteurs chez les navetteurs typiques est même plus faible que celle des urbains (à 37%). L'auto-passager reste relativement stable d'un type à l'autre. Le TC n'est pratiquement pas utilisé chez les *banlieusards* alors qu'il est choisi par 51% des *navetteurs typiques*. Le TC est aussi peu populaire chez les *utilisateurs de la voiture urbains*, bien qu'ils vivent dans des quartiers relativement denses comme Montréal-Nord, Lasalle, Longueuil et Laval, etc. La marche et le vélo sont surtout pratiqués par les *urbains* avec respectivement 6 et 13% de part modale.

Tableau 5.2 : Caractéristique sociodémographique selon le type Domicile-Travail

		Voisin du train	Navetteur urbain	Banlieusard	Navetteur typique	Urbain	Utilisateur de la voiture urbaine	Tout l'échantillon
Revenu (\$)	Moins de 30K\$	7,0%*	5,1%*	3,9%*	3,0%*	9,9%*	8,0%*	5,9%
	30K - 59 k	20,4%*	17,1%*	16,5%	12,1%*	22,6%*	25,0%*	19,0%
	60k - 89 k	20,7%*	21,5%*	24,4%	19,0%	21,8%*	23,7%*	22,6%
	90 k - 119k	18,6%*	23,0%	23,9%*	21,9%*	18,9%*	19,9%*	21,7%
	120k - 149k	12,4%*	12,9%*	13,8%	14,5%*	10,9%*	11,1%*	12,7%
	150k - 179k	7,2%*	8,5%*	7,9%	9,6%*	6,7%*	5,5%*	7,5%
	180k - 209k	4,3%*	4,9%*	3,9%*	6,9%*	3,4%*	3,2%*	4,2%
	210k et plus	9,4%*	7,1%*	5,7%*	13,0%*	5,8%*	3,7%*	6,6%
Nombre moyen de voitures dans le ménage		1,677*	1,7*	2,24*	1,518*	0,9869*	1,719*	1,757
Groupe d'âge								
	10 - 14	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
	15 - 19	1,0%*	0,7%*	2,2%	0,4%	0,9%*	1,5%	1,4%
	20 - 24	5,2%*	4,0%*	5,1%	3,3%*	3,8%*	4,8%	4,5%
	25 - 29	8,1%*	6,3%	5,7%	7,9%	10,5%*	7,4%	7,2%
	30 - 34	9,7%*	8,2%*	6,8%	10,3%*	13,6%*	8,2%*	8,9%
	35 - 39	11,0%	11,8%*	11,6%	14,0%	13,6%*	10,9%*	12,0%
	40 - 44	12,1%	15,9%	14,4%*	14,2%*	13,0%*	13,4%	14,0%
	45 - 49	10,9%*	13,9%	14,6%	13,7%	10,9%*	12,4%*	13,2%
	50 - 54	13,9%*	15,1%	15,0%	15,1%	11,1%*	14,8%	14,4%
	55 - 59	13,9%*	13,1%	13,8%	12,5%	10,6%*	13,2%	13,0%
	60 - 64	8,7%	7,3%*	7,5%	6,1%	7,6%*	8,9%*	7,7%
	65 - 69	3,2%*	2,2%*	2,2%	1,9%	2,6%	3,1%*	2,5%
	70 - 74	1,2%*	1,0%*	0,6%	0,5%	1,1%*	0,8%	0,8%
	75 et plus	1,0%*	0,3%*	0,3%	0,2%	0,7%*	0,6%	0,4%
Permis de conduire	Oui	92,0%	92,2%	97,4%*	93,2%	84,7%*	91,8%	92,8%
	Non	8,0%	7,8%	2,6%*	6,8%*	15,2%*	8,2%*	7,1%
Genre	Homme	51,7%	50,1%	52,1%	54,5%	52,4%	52,4%	52,2%
	Femme	48,3%	49,9%*	47,9%	45,5%*	47,6%	47,6%	47,8%

Tableau 5.2 : Caractéristique sociodémographique selon le type Domicile-Travail (suite)

Taille moyenne du ménage		3,033*	3,142	3,067	3,177*	2,927*	2,83*	3,075
Possède une passe mensuelle de TC	Oui	25,5%*	39,9%*	4,5%*	68,0%*	38,7%*	15,3%*	25,6%
	Non	74,5%*	60,1%*	95,5%*	32,2%*	61,3%*	84,7%*	74,4%
Abonnement d'autopartage	Oui	3,8%*	3,6%*	0,4%	6,4%	11,6%*	2,3%*	3,8%
	Non	96,2%*	96,4%	99,6%	93,6%	88,4%*	97,7%	96,2%
Abonnement de vélopartage	Oui	1,8%*	2,5%*	0,2%*	6,0%	7,9%*	1,2%*	2,6%
	Non	98,2%*	97,5%	99,8%	94,0%	92,1%*	98,8%	97,4%
Heure de départs	0h à 4h59	8,2%*	10,6%*	12,5%*	6,5%*	4,5%*	10,0%	9,6%
	5h à 8h59	67,3%*	69,3%*	64,4%*	78,8%*	64,9%*	64,2%*	67,0%
	9h à 11h59	12,7%	10,9%	9,9%*	8,9%	16,8%	12,1%	11,5%
	12h à 14h59	7,6%	6,1%	8,5%*	3,8%*	9,1%*	8,7%	7,7%
	15h à 18h59	3,0%*	1,8%	3,1%*	1,2%*	3,2%*	3,4%	2,8%
	19h à 23h59	1,1%	1,4%*	1,5%	0,8%*	1,5%*	1,7%	1,4%
Mode	Auto, Conducteur	64,9%	51,4%*	91,3%*	20,0%*	37,3%*	76,9%*	64,7%
	Auto, Passager	3,6%	3,1%*	3,9%*	2,4%	3,1%	4,0%*	3,5%
	Transport collectif	23,6%*	30,3%*	1,9%*	51,2%*	39,1%*	11,7%*	20,6%
	Marche	4,4%	1,9%	1,9%*	4,7%*	6,9%*	4,8%	4,6%
	Vélo	1,8%	2,2%	0,5%*	2,4%	13,0%*	1,6%*	2,2%
	Multimodale	1,7%*	11,1%*	0,5%*	19,3%*	0,6%*	0,9%*	4,5%
	Autre	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Nombre moyen de voitures par conducteur		0,8217*	0,8251*	1,004*	0,7365*	0,5649*	0,8456*	0,839
Heure de pointe		67%*	69,00%*	64,4%	78,8%*	64,9%*	64,2%*	67%

*Les variables significativement différentes de l'échantillon (valeur-p < 0,05) sont accompagnées d'un astérisque

5.5.2 Distribution géographique des types

Cette section présente une analyse spatiale illustrant les lieux de résidence et de travail des différents types Domicile-Travail à l'échelle individuelle. Les Figures 5-3 à 5-8 présente en orange les lieux de résidence et en bleue les lieux de travail. La taille du point dépend du nombre d'individus partageant un même lieu de résidence ou de travail. Les localisations ne sont pas exactes puisqu'elles sont positionnées selon une grille de 250m de côté permettant de conserver un certain anonymat des données. Plusieurs personnes partagent donc un même lieu de résidence ou de travail en particulier dans les secteurs de forte densité. Cela fait aussi en sorte que certains lieux de résidence et de travail sont les mêmes sur cette carte. Pour éviter que l'une des catégories couvre l'autre, une troisième catégorie, en rose, présente les lieux où il y a à la fois des domiciles et des lieux de travail. La taille du point rose dépend donc de la somme du nombre de domiciles et de lieux de travail se trouvant dans la même zone.

Sur la Figure 5-3, on observe que les voisins du train sont un type qui vit à distance de marche du train de banlieue. Cela ne veut pas nécessairement dire qu'ils travaillent aussi à proximité du TC. Plusieurs d'entre eux se déplacent en voiture vers leurs lieux de travail qui sont éparpillés partout dans la grande région de Montréal (représentée sur la carte par le territoire couvert par l'ARTM). La part modale du TC atteint seulement 20% malgré la proximité du train. Cela démontre que ce mode a une attractivité limitée à la destination du centre-ville. Ce type est étudié plus en détail dans la section 5.6.2.

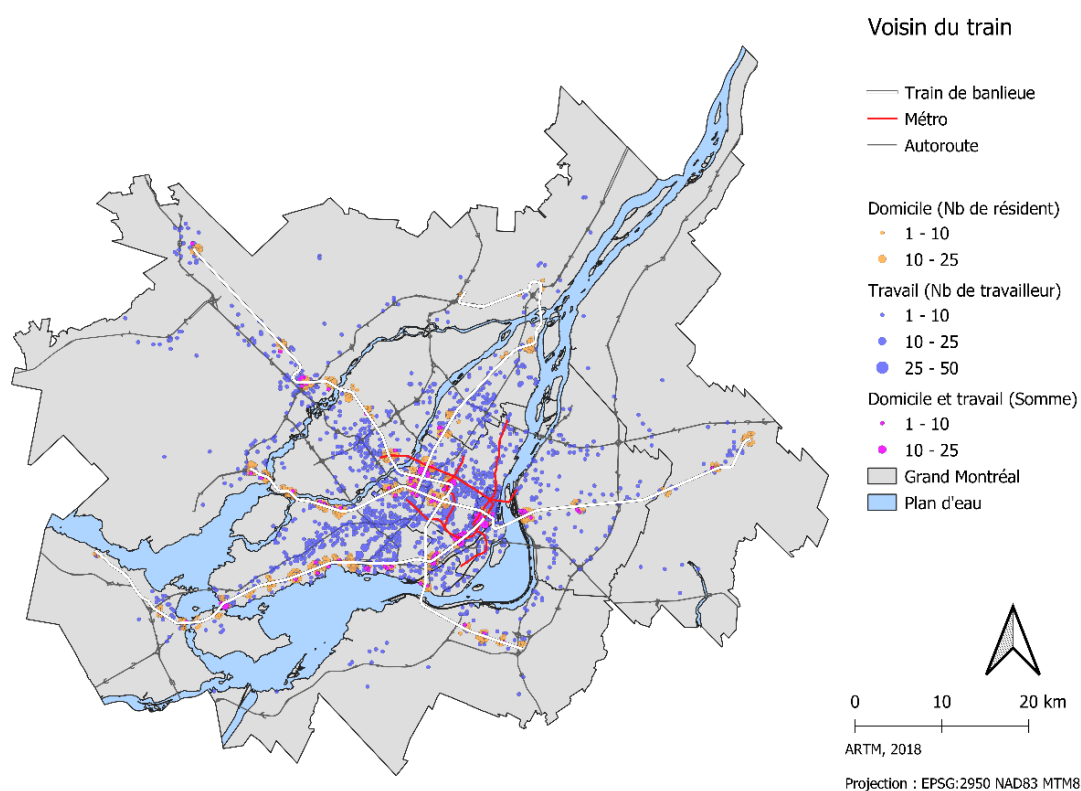


Figure 5.3: Distribution géographique des lieux de résidence et de travail des *voisins du train*

Sur la Figure 5-4, on observe que les *navetteurs urbains* vivent un peu partout dans la région métropolitaine, mais pas à proximité du métro. Cependant, leurs emplois sont situés à distance de marche du métro. Cela pourrait expliquer pourquoi le TC est le choix modal de 30% d'entre eux, une valeur au-delà de la moyenne.

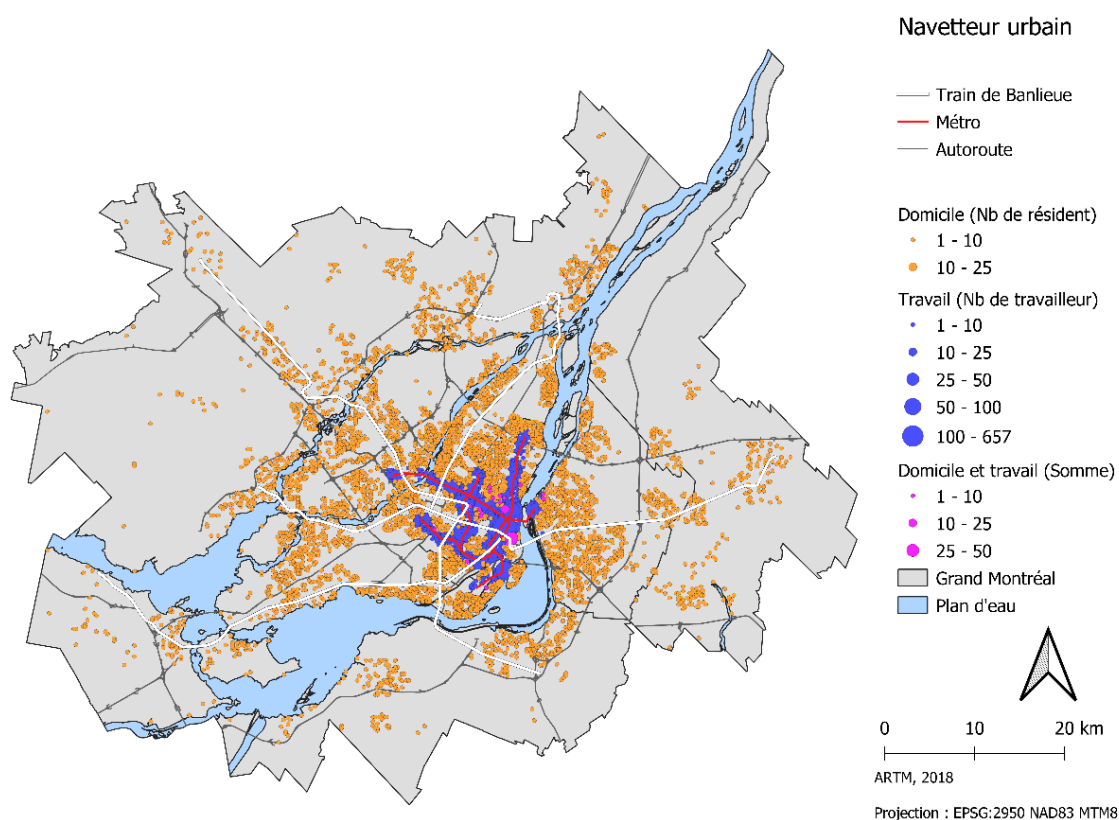


Figure 5.4 : Distribution géographique des lieux de résidence et de travail des *navetteurs urbains*

Sur la Figure 5-5, on voit que les *banlieusards* vivent principalement dans les couronnes et travaillent loin du centre-ville. Encore une fois, les quartiers industriels et certains centres commerciaux de banlieue apparaissent nettement sur la carte. Comme le service de TC est inadéquat tant dans les lieux de résidence et de travail, et que les déplacements ont plus de chance de ne pas être en direction du centre-ville, c'est l'automobile qui est utilisée dans la plus grande proportion pour ce type avec une part modale de 91,5 %.

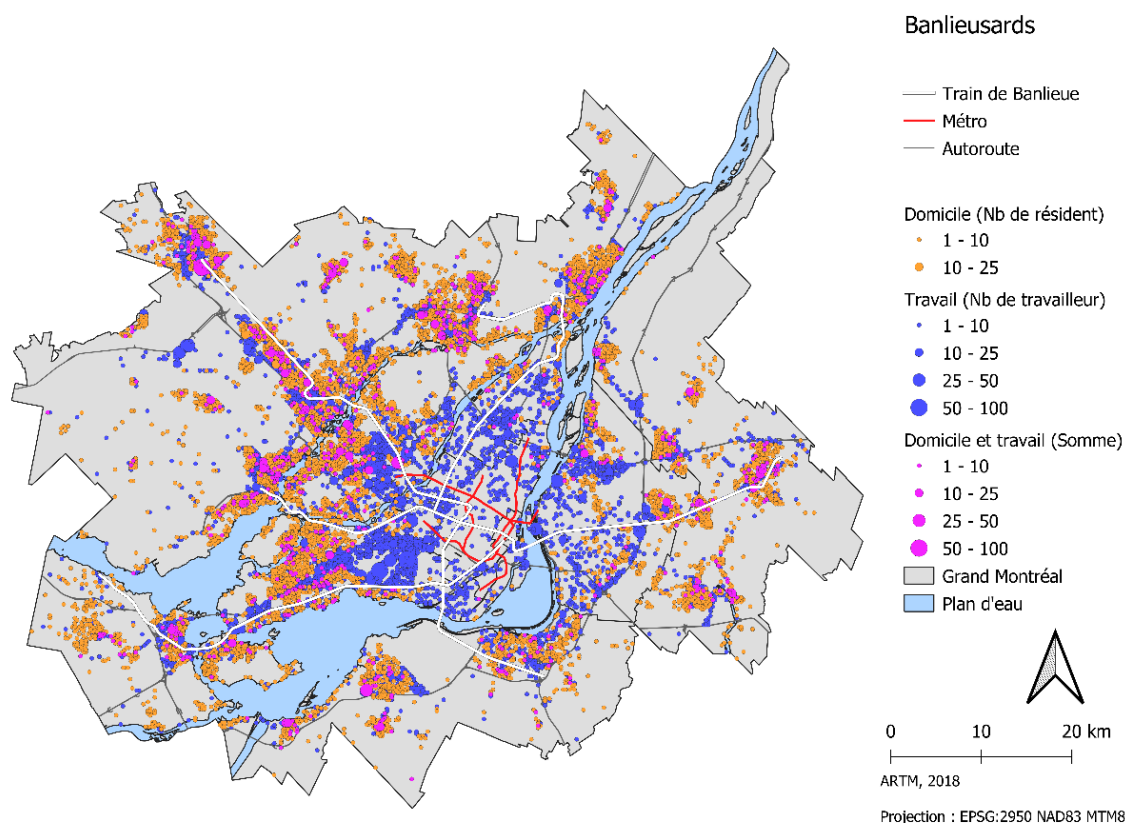


Figure 5.5 : Distribution géographique des lieux de résidence et de travail des *banlieusards*

Sur la Figure 5-6, on constate que les *navetteurs typiques* sont ceux qui ont le trajet le plus classique, c'est-à-dire qu'ils vivent un peu partout dans le Grand Montréal (tant dans les quartiers centraux que dans les banlieues) et travaillent en plein cœur du centre-ville, dans le centre des affaires. Ce lieu de travail a pour caractéristique d'être le terminus des lignes de train et d'avoir une densité d'emploi extrême. Le TC est l'option privilégiée pour ce type avec une part modale de 47%, en plus de la multimodalité qui est choisie par un autre 21%.

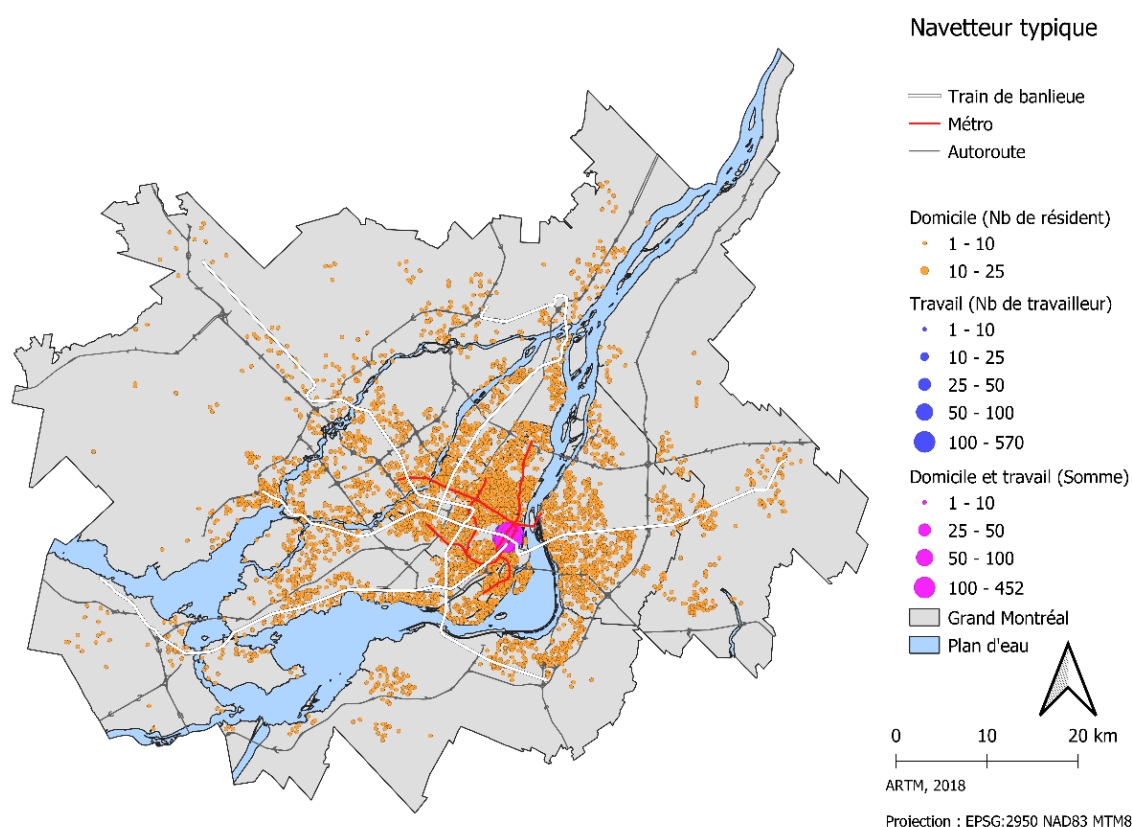


Figure 5.6 : Distribution géographique des lieux de résidence et de travail des *navetteurs typiques*

Sur la Figure 5-7, on note que le type des *urbains* comprend des individus qui vivent à proximité du métro ou à tout le moins dans des secteurs denses ayant un excellent service de TC. La plupart d'entre eux travaillent aussi à proximité du métro, mais une part non négligeable a des habitudes atypiques, c'est-à-dire qu'ils travaillent plus loin du centre-ville qu'ils ne résident. Pour cette raison les choix modaux de ce type sont très diversifiés. 50% se déplacent en voiture, alors que 28% se déplacent en TC. Le vélo et la marche sont aussi des choix beaucoup plus populaires que la moyenne avec 6 et 11% de la part modale respectivement. Ce type est étudié plus en détail dans la section 5.6.2.

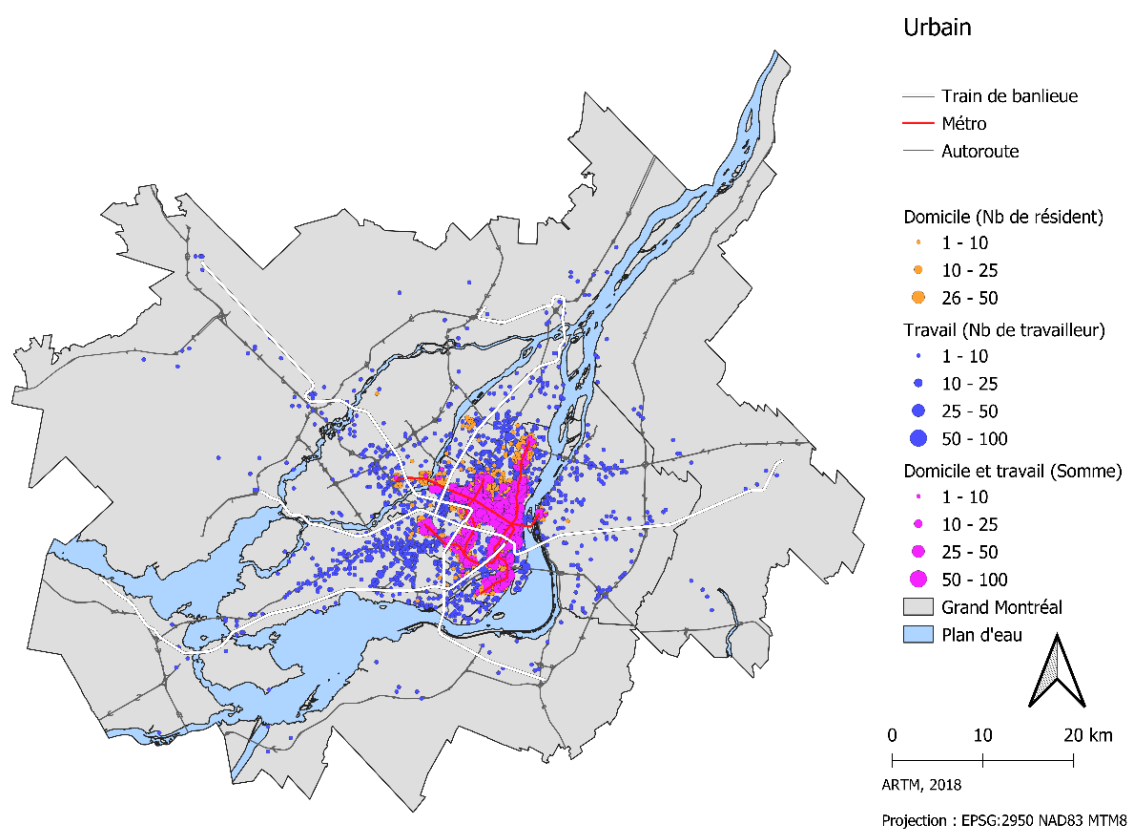


Figure 5.7 : Distribution géographique des lieux de résidence et de travail des *urbains*

Sur la Figure 5-8, le type des urbains avec voitures réside dans tous les quartiers centraux et péricentraux sur l'île de Montréal, la Rive-Sud et une partie de Laval. Ces quartiers ont généralement une bonne densité en comparaison des banlieues des couronnes et un service de bus de meilleure qualité que dans les couronnes. Cependant, ces gens ne vivent pas à proximité des infrastructures de transport structurant comme le train de banlieue ou le Métro. Ils ne travaillent pas non plus à proximité du transport structurant. On remarque qu'ils travaillent par exemple dans les quartiers industriels de Saint-Laurent, d'Anjou, de Boucherville et de Laval. Le service de TC est souvent inadéquat dans ces secteurs (Lachapelle et al., 2020) donc la voiture est le choix privilégié de 82% des personnes faisant partie de ce type.

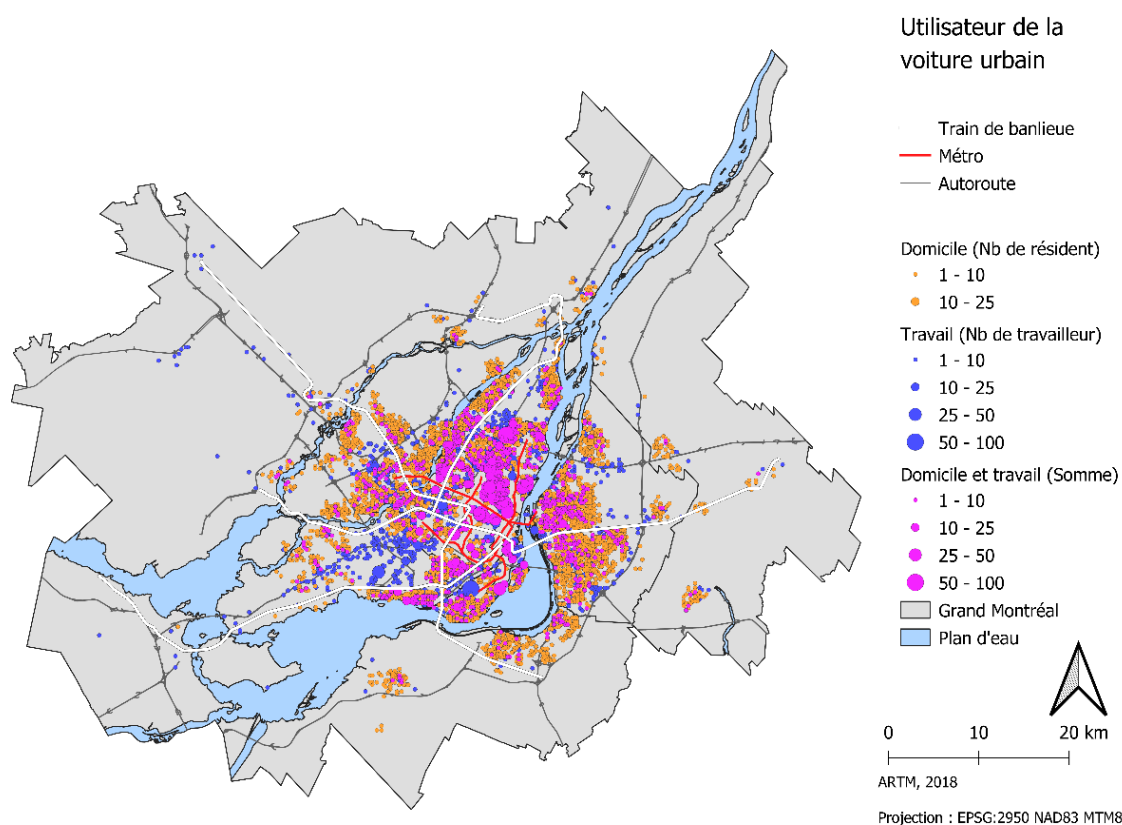


Figure 5.8 : Distribution géographique des lieux de résidence et de travail des *utilisateurs de la voiture urbains*

5.5.3 Part modale en fonction de la présence du train de banlieue et de la qualité du service

La Figure 5-9 observe de plus près les parts modales des six types Domicile-Travail afin de comparer l'utilisation du train à l'intérieur de sous-groupes issus de deux types : les *navetteurs typiques* et les *voisins du train*. Les *navetteurs typiques* sont un type de navetteurs qui ont comme destination principale le centre-ville alors que les *voisins du train* sont un type de navetteur qui partage la caractéristique de vivre à proximité d'une gare de train, mais de ne pas travailler au centre-ville. Pour les *navetteurs typiques* en général, le train n'est pas le choix le plus populaire, alors que le métro et le bus occupent une place importante. Par contre, lorsque l'on isole les gens vivant près d'une gare de train chez les *navetteurs typiques*, ce mode devient beaucoup plus populaire. Cependant, toutes les lignes de train ne sont pas égales, certaines, comme la ligne Deux-Montagnes, ont un bien meilleur service en termes de fréquence de passage. Cela a pour effet de rendre le train le mode dominant pour se rendre au centre-ville avec plus de 50% des navetteurs qui choisissent ce mode dans ce sous-groupe. Cependant, le train a un bien moins grand attrait lorsque la destination n'est pas le centre-ville. Malgré qu'ils vivent à distance de marche d'une gare, le train et la combinaison de plusieurs modes de TC (multi-TC) ne comptent que pour 8,4% des déplacements dans le type des *voisins du train*. La qualité de la ligne Deux-Montagnes a un petit effet puisque la proportion passe à 17,6% chez ce sous-groupe.

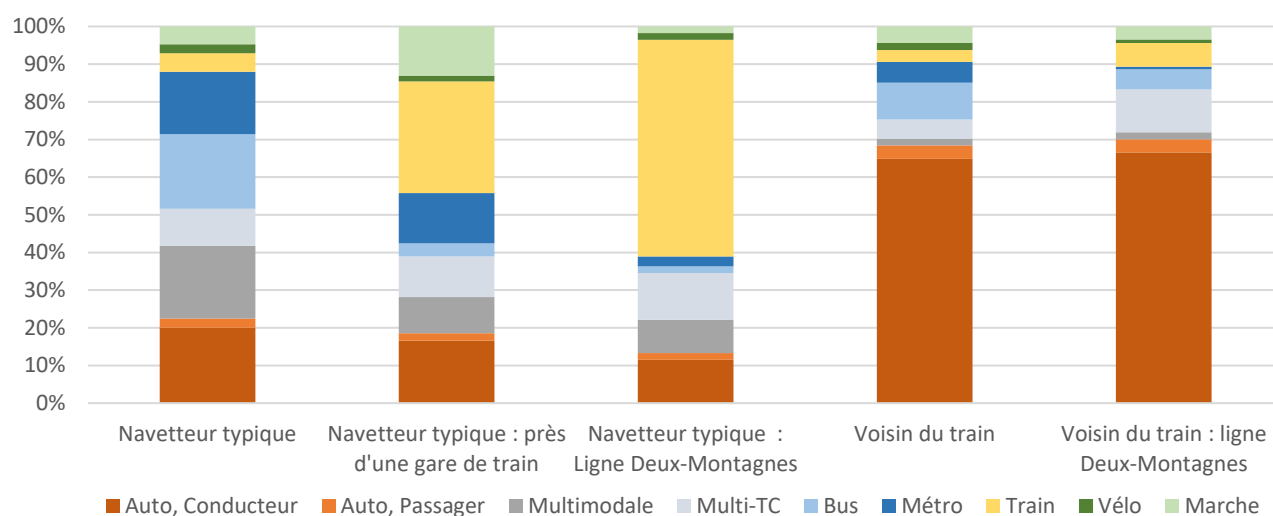


Figure 5.9 : Parts modales pour les déplacements Domicile-Travail pour les navetteurs typiques et voisins du train

5.6 Modèle sur la probabilité de choisir un mode

Les résultats du modèle logistique imbriqué sont présentés à la Table 5-3. Celui-ci prend en compte toutes les variables de contrôle ainsi que les six types Domicile-Travail. Le type *Navetteur typique* a été choisi comme catégorie de référence puisque l'on estime que le réseau de TC est principalement conçu pour répondre à leurs besoins. Le mode automobile a été choisi comme référence puisque c'est le mode qui est choisi dans les plus grandes proportions dans le grand Montréal. Ce modèle permet de démontrer que le choix modal n'est pas seulement influencé par les différences des variables socio-économiques entre les types, mais bien par les types eux-mêmes et ce qu'ils représentent (la combinaison des caractéristiques spatiales du lieu de résidence et du lieu de travail). En effet, les coefficients associés aux types sont significatifs, mais surtout, la plupart ont des valeurs d'effets parmi les plus élevés du modèle en comparaison avec les variables de contrôle.

Pour tous les types, le coefficient négatif indique une probabilité moindre de choisir un mode de transport en comparaison avec les *navetteurs typiques*. Puisque la majorité des coefficients sont négatifs, cela indique que les modes actif et collectif sont de façons globales choisis systématiquement dans une moins grande proportion par les différents types Domicile-travail en comparaison aux *navetteurs typiques* qui est le type de référence. La différence dans les coefficients permet de différencier les types entre eux. Les valeurs plus négatives chez les coefficients montrent que certains modes sont choisis dans une proportion beaucoup plus faible que pour les *navetteurs typiques*. C'est un signe que le réseau répond possiblement moins bien à leur besoin. Il y a tout de même des exceptions notables : la marche chez les *urbains* et le vélo chez les *navetteurs urbains* ont des coefficients positifs, bien que ceux-ci ne soient pas significativement différents de 0. Les résultats du modèle par rapport aux types Domicile-Travail sont interprétés plus en détail à la section suivante.

Pour les variables de contrôle, le fait de partir à l'heure de pointe augmente la probabilité d'utiliser le TC et la multimodalité, mais réduit la probabilité de choisir la marche. Le fait d'avoir un enfant en bas âge réduit la probabilité d'utiliser le TC, en particulier si le trajet nécessite des correspondances entre plusieurs types de TC. Exception notable, les trajets multimodaux ont une probabilité plus élevée, mais qui est non significative. On peut supposer par exemple que les

parents retournent chercher leur enfant en auto à la garderie après avoir pris le TC. Il serait nécessaire de prendre en compte les chaînes de déplacement pour le confirmer. La possession auto réduit la probabilité de choisir tous les modes en comparaison à l'automobile, en particulier pour les ménages ayant 2 autos ou plus. La possession d'une passe de TC augmente la probabilité de choisir les autres modes (sauf le vélo) et en particulier le TC et la multimodalité. Le fait d'être une femme augmente la probabilité de choisir tous les modes à l'exception du vélo. Les hauts revenus augmentent la probabilité de choisir le vélo et la marche. Les faibles revenus font diminuer la probabilité de choisir le vélo et les trajets multimodaux, mais augmenter la probabilité de choisir le TC. Finalement, la probabilité de choisir tous les modes diminue en comparaison à l'auto avec l'âge, mais l'effet s'atténue avec l'âge.

Tableau 5.3 : Régression logistique imbriquée, choix entre 9 modes pour les déplacements
Domicile-Travail

	Estimé	Écart-type	Valeur-Z	Valeur-P	
(Intercept): Auto, Passager	4.131	0,299	13,799	< 0,001	***
(Intercept): Bus	4,704	0,273	17,239	< 0,001	***
(Intercept): Marche	5,650	0,474	11,925	< 0,001	***
(Intercept): Métro	4,470	0,300	14,901	< 0,001	***
(Intercept): Multimodal	-1,565	0,420	-3,726	0,000	***
(Intercept): Train	-0,340	0,898	-0,378	0,705	
(Intercept): TC multimodale	3,808	0,313	12,163	< 0,001	***
(Intercept): Vélo	-4,814	1,779	-2,706	0,007	**
Type (Ref: Navetteur Typique)					
Voisin du train (Ref: Auto, Conducteur)					
Auto, Passager	-0,977	0,123	-7,971	< 0,001	***
Bus	-1,380	0,118	-11,726	< 0,001	***
Marche	-1,024	0,254	-4,025	< 0,001	***
Métro	-1,556	0,123	-12,676	< 0,001	***
Multimodal	-2,358	0,197	-11,970	< 0,001	***
Train	-0,971	0,127	-7,627	< 0,001	***
TC Multimodal	-1,319	0,110	-12,007	< 0,001	***
Vélo	-1,733	0,473	-3,663	< 0,001	***

Tableau 5.3: Régression logistique imbriquée, choix entre 9 modes pour les déplacements
Domicile-Travail (suite)

Navetteur urbain (Ref : Auto, Conducteur)					
Auto, Passager	-0,796	0,095	-8,361	< 0,001	***
Bus	-1,107	0,086	-12,854	< 0,001	***
Marche	-2,277	0,276	-8,239	0,000	***
Métro	-1,564	0,119	-13,167	< 0,001	***
Multimodal	-0,922	0,084	-10,959	< 0,001	***
Train	-1,665	0,152	-10,964	< 0,001	***
TC Multimodal	-0,665	0,081	-8,203	0,000	***
Vélo	-0,007	0,373	-0,019	0,985	
Banlieusard (Ref: Auto, Conducteur)					
Auto, Passager	-1,304	0,123	-10,562	< 0,001	***
Bus	-2,175	0,104	-20,934	< 0,001	***
Marche	-1,423	0,224	-6,353	0,000	***
Métro	-5,136	0,685	-7,503	0,000	***
Multimodal	-3,149	0,227	-13,889	< 0,001	***
Train	-3,479	0,320	-10,884	< 0,001	***
TC Multimodal	-3,119	0,179	-17,428	< 0,001	***
Vélo	-3,434	0,500	-6,872	0,000	***
Urbain (Ref: Auto, Conducteur)					
Auto, Passager	-0,765	0,102	-7,492	0,000	***
Bus	-1,054	0,097	-10,871	< 0,001	***
Marche	0,037	0,189	0,197	0,844	
Métro	-0,717	0,087	-8,286	0,000	***
Multimodal	-2,899	0,224	-12,938	< 0,001	***
Train	-2,847	0,435	-6,539	0,000	***
TC Multimodal	-1,130	0,099	-11,437	< 0,001	***
Vélo	-0,477	0,306	-1,557	0,120	

Tableau 5.3: Régression logistique imbriquée, choix entre 9 modes pour les déplacements
Domicile-Travail (suite)

Utilisateur de la voiture urbain (Ref: Auto, Conducteur)

Auto, Passager	-1,261	0,116	-10,866	< 0,001	***
Bus	-1,645	0,095	-17,365	< 0,001	***
Marche	-1,033	0,204	-5,073	0,000	***
Métro	-3,631	0,278	-13,065	< 0,001	***
Multimodal	-2,804	0,198	-14,194	< 0,001	***
Train	-4,271	0,643	-6,639	< 0,001	***
TC Multimodal	-2,204	0,106	-20,844	< 0,001	***
Vélo	-2,297	0,371	-6,185	< 0,001	***

Déplacement à l'heure de pointe (Ref: Auto, Conducteur)

Auto, passager	0,287	0,051	5,605	< 0,001	***
Bus	0,319	0,051	6,304	< 0,001	***
Marche	-0,919	0,127	-7,229	< 0,001	***
Métro	0,276	0,052	5,300	< 0,001	***
Multimodal	0,521	0,074	7,088	< 0,001	***
Train	0,802	0,130	6,150	< 0,001	***
TC Multimodal	0,411	0,050	8,202	< 0,001	***
Vélo	1,520	0,287	5,296	< 0,001	***

Ménage avec un Bébé (Ref: Auto, Conducteur)

Auto, Passager	-0,156	0,080	-1,945	0,052	.
Bus	-0,124	0,075	-1,668	0,095	.
Marche	-0,304	0,169	-1,797	0,072	.
Métro	-0,122	0,075	-1,614	0,107	
Multimodal	0,053	0,086	0,616	0,538	
Train	0,038	0,112	0,337	0,736	
TC Multimodal	-0,143	0,071	-2,018	0,044	*
Vélo	0,042	0,289	0,144	0,885	

Tableau 5.3: Régression logistique imbriquée, choix entre 9 modes pour les déplacements
Domicile-Travail (suite)

Ménage avec 1 voitures (Ref :0 auto, auto, conducteur)					
Auto, Passager	-2,825	0,176	-16,038	< 0,001	***
Bus	-3,621	0,145	-24,954	< 0,001	***
Marche	-3,811	0,185	-20,601	< 0,001	***
Métro	-3,564	0,144	-24,714	< 0,001	***
Multimodal	-1,666	0,226	-7,358	< 0,001	***
Train	-2,424	0,301	-8,056	< 0,001	***
TC Multimodal	-3,562	0,144	-24,776	< 0,001	***
Vélo	-4,312	0,284	-15,164	< 0,001	***
Ménage 2 auto et + (Ref: Auto, Conducteur)					
Car, Passager	-3,954	0,187	-21,115	< 0,001	***
Bus	-5,052	0,152	-33,348	< 0,001	***
Marche	-4,585	0,214	-21,474	< 0,001	***
Métro	-5,245	0,160	-32,689	< 0,001	***
Multimodal	-1,580	0,224	-7,047	< 0,001	***
Train	-3,419	0,322	-10,609	< 0,001	***
PT Multimodal	-4,897	0,146	-33,432	< 0,001	***
Vélo	-7,876	0,420	-18,758	< 0,001	***
Personne ayant une passe de TC (Ref: Auto, Conducteur)					
Auto, Passager	2,124	0,158	13,436	< 0,001	***
Bus	3,621	0,079	45,647	< 0,001	***
Marche	1,329	0,143	9,264	< 0,001	***
Métro	3,656	0,082	44,730	< 0,001	***
Multimodal	3,389	0,224	15,116	< 0,001	***
Train	3,972	0,146	27,217	< 0,001	***
PT Multimodal	3,991	0,112	35,673	< 0,001	***
Vélo	-1,247	0,373	-3,345	0,001	***

Tableau 5.3: Régression logistique imbriquée, choix entre 9 modes pour les déplacements
Domicile-Travail (suite)

Genre (Ref : Homme, Auto, Conducteur)

Auto, Passager	0,693	0,054	12,735	< 0,001	***
Bus	0,470	0,046	10,171	< 0,001	***
Marche	0,978	0,122	8,007	< 0,001	***
Métro	0,301	0,050	6,053	< 0,001	***
Multimodal	0,367	0,058	6,354	< 0,001	***
Train	0,230	0,077	2,998	0,003	**
TC multimodal	0,320	0,046	6,894	< 0,001	***
Vélo	-1,372	0,256	-5,350	< 0,001	***

Revenu (Ref : Revenu moyen)

Bas revenue (Ref: Auto, Conducteur)

Auto, Passager	0,299	0,070	4,252	< 0,001	***
Bus	0,435	0,070	6,170	< 0,001	***
Marche	0,669	0,145	4,619	< 0,001	***
Métro	0,032	0,084	0,385	0,700	
Multimodal	-0,515	0,132	-3,903	< 0,001	***
Train	-0,099	0,191	-0,517	0,605	
TC Multimodal	0,301	0,070	4,328	< 0,001	***
Vélo	-2,164	0,480	-4,507	< 0,001	***

Haut revenue (Ref: Auto, Conducteur)

Auto, Passager	0,039	0,065	0,607	0,544	
Bus	0,014	0,064	0,225	0,822	
Marche	-0,182	0,165	-1,100	0,271	
Métro	0,174	0,063	2,748	0,006	**
Multimodal	-0,111	0,068	-1,629	0,103	
Train	0,138	0,084	1,633	0,102	
TC Multimodal	-0,100	0,061	-1,634	0,102	
Vélo	1,547	0,256	6,044	< 0,001	***

Tableau 5.3: Régression logistique imbriquée, choix entre 9 modes pour les déplacements
Domicile-Travail (suite)

Age (Ref: Auto, Conducteur)

Auto, Passager	-0,132	0,010	-13,012	< 0,001	***
Bus	-0,120	0,011	-11,337	< 0,001	***
Marche	-0,210	0,020	-10,512	< 0,001	***
Métro	-0,085	0,012	-7,160	< 0,001	***
Multimodal	0,054	0,017	3,271	0,001	**
Train	-0,005	0,026	-0,198	0,843	
TC Multimodal	-0,078	0,011	-7,166	< 0,001	***
Vélo	0,179	0,059	3,020	0,003	**

Age au carré (Ref: Auto, Conducteur)

Auto, Passager	0,001	0,000	11,703	< 0,001	***
Bus	0,001	0,000	9,891	< 0,001	***
Marche	0,002	0,000	9,416	< 0,001	***
Métro	0,001	0,000	5,543	< 0,001	***
Multimodal	-0,001	0,000	-3,625	< 0,001	***
Train	0,000	0,000	0,229	0,819	
TC multimodal	0,001	0,000	6,064	< 0,001	***
Vélo	-0,002	0,001	-3,170	0,002	**

Imbrication

Auto	0,771	0,053	14,623	< 0,001	***
Transport collectif	0,540	0,070	7,753	< 0,001	***
Mode actif	4,813	0,731	6,582	< 0,001	***

Observation

39077

Code de Signif. : 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Log-Likelihood: -31915

R² de McFadden: 0.38871

Likelihood ratio test : chi carré = 40589 (Valeur P = < 2.22e-16)

5.6.1 Probabilité d'utiliser les modes de transport selon le type

Afin de faciliter l'interprétation des résultats du modèle, les probabilités de choisir un mode sont basées sur des prédictions du modèle logistique imbriqué présenté plus haut. Deux types se distinguent particulièrement sur la Figure 5-10, soit les *navetteurs typiques*, des individus qui ont le centre-ville comme lieu de travail, et les *banlieusards*, des gens qui vivent et travaillent en banlieue. Les premiers ont beaucoup plus de chance d'utiliser le TC que chez les autres types. Les seconds utilisent presque exclusivement la voiture pour leurs déplacements Domicile-Travail. Les *navetteurs urbains* utilisent aussi le transport collectif dans de fortes proportions, mais généralement leur trajet comprend plus d'un mode de TC ou même la voiture pour se rendre à un stationnement incitatif. Le type des *urbains* est celui qui a le plus régulièrement recours à la marche, au vélo et au métro pour leurs déplacements domicile-travail. Fait intéressant, le train n'est pas un choix très populaire chez les types des *voisins du train*. C'est probablement parce qu'ils ne travaillent pas au centre-ville, la principale destination pour laquelle le train est conçu. Certains choisissent tout de même de faire une correspondance avec un autre mode de TC pour compléter leur trajet, cela peut être le métro ou le bus. Les *utilisateurs de la voiture urbain* et les *navetteurs urbain* ont souvent recours à la voiture mais peuvent aussi recourir au mode Multi-TC ou au bus. On remarque aussi que la probabilité de recourir au mode auto-passager varie très peu d'un type à l'autre et qu'il dépend donc d'autres facteurs que les caractéristiques du lieu de domicile et de travail.

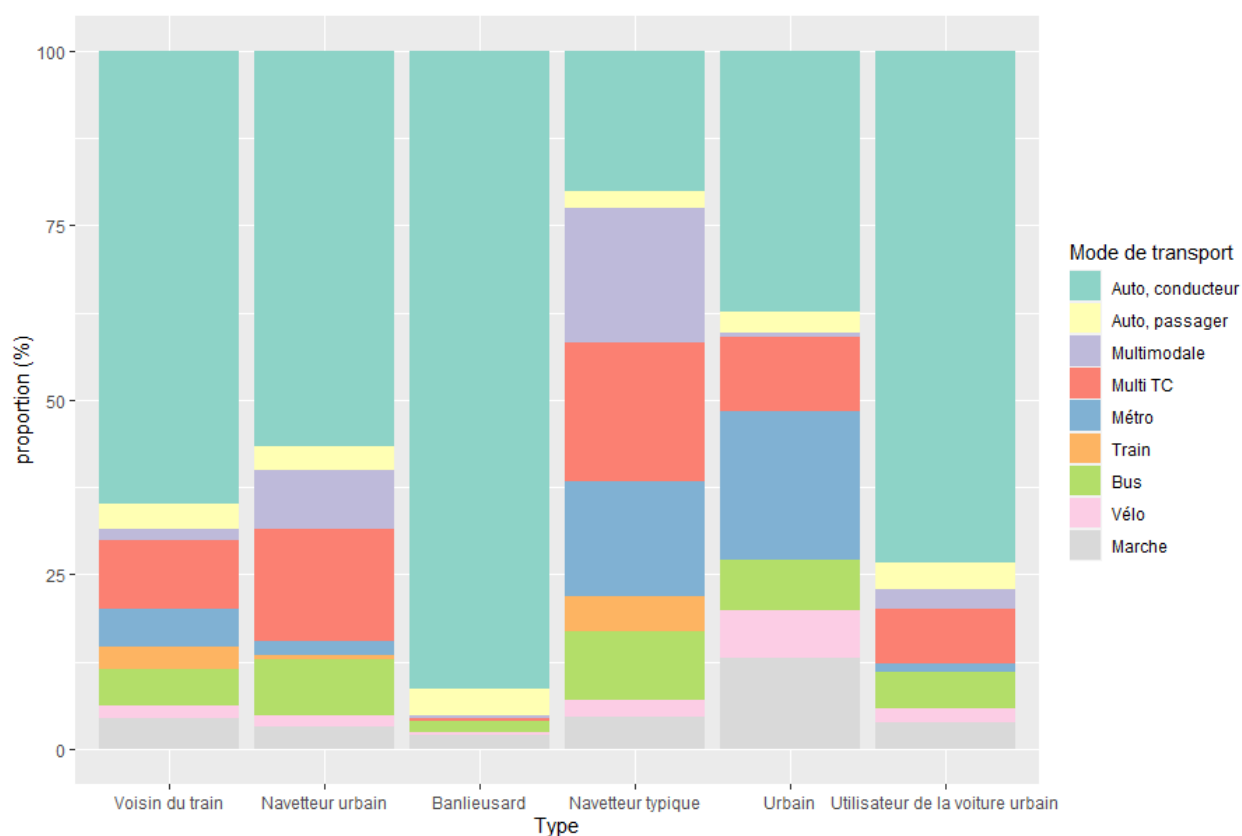


Figure 5.10: Probabilité d'utiliser un mode de transport selon les types

5.6.2 Probabilité de choisir un mode en fonction de la possession auto et de la présence d'une station de métro à destination

Cette section explore davantage la relation entre la part modale, la possession automobile et la présence d'une station de métro à destination. L'objectif de cette figure était de comprendre l'impact de la présence d'un bon service de TC à l'origine et à la destination sur la probabilité de choisir un mode. La Figure 5-11 montre comment la présence de la station de métro au lieu d'emploi exerce une influence sur la probabilité de choisir un mode chez les *urbains*. En effet, les modes collectif et actif sont beaucoup moins populaires lorsqu'il n'y a pas de station de métro au lieu de travail, et ce même s'ils résident à proximité d'une station de métro dans des quartiers denses. Les personnes sans voiture subissent donc des trajets plus pénibles puisqu'ils doivent faire une correspondance avec le bus comme en témoigne la forte prédominance du mode « multi-TC ». Cela fait en sorte que les ménages qui possèdent une, et surtout 2 autos ont beaucoup plus recours

à la voiture même s'ils vivent dans des quartiers très denses ou la possession d'une automobile représente des défis et des coûts supplémentaires. Cependant, une analyse spatiale a démontré que les ménages avec 2 voitures sont principalement situés dans les stations les plus éloignées du réseau (Quartier Ahuntsic, Saint-Laurent et Mercier).

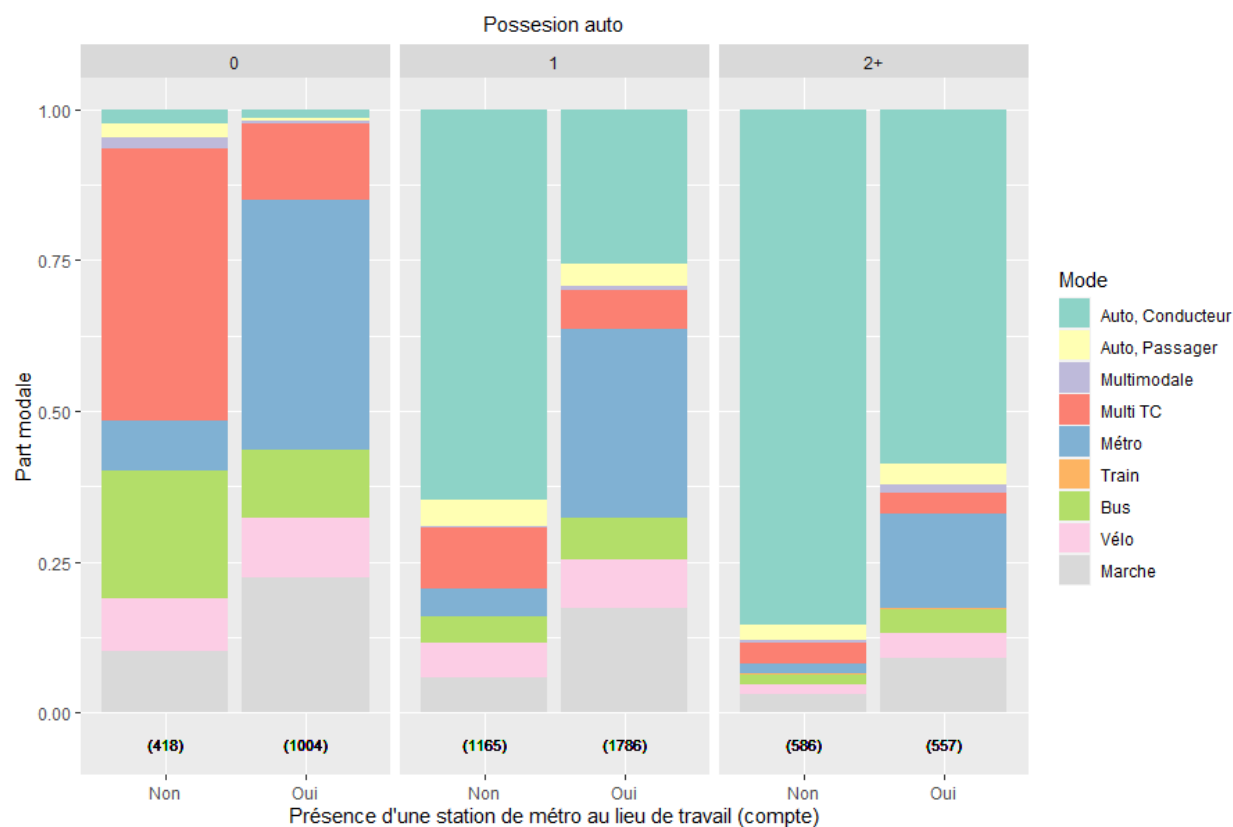


Figure 5.11: Probabilité de choisir un mode en fonction de la présence d'une station de métro au lieu d'emploi et de la possession auto pour les *Urbains*

5.7 Discussion et conclusion

Tant au niveau de l'intention d'usage du REM (Obry-Legros & Boisjoly, 2021) que pour la probabilité de choisir un mode dans le Grand Montréal, la méthodologie de segmentation spatiale en types est très efficace pour comprendre les différences entre les caractéristiques des origines et des destinations des individus et comment la combinaison des deux lieux permet de comprendre les habitudes de déplacement. Il est possible de diviser la population en 6 types dont 5 sont communs avec l'étude précédente. En comparant les différences entre les types et entre des sous-

catégories à l'intérieur des types basés sur des variables spatiales ou socio-économiques, il est possible de voir des disparités dans les probabilités de choisir un mode. Le réseau de TC est généralement utilisé de façon similaire lorsqu'il est question de se rendre au centre-ville, c'est-à-dire que le TC fait partie des modes les plus populaires pour les *navetteurs typiques* et *urbains* et ce dans toutes les classes de revenu et peu importe le genre. Plusieurs investissements futurs visent à améliorer cet accès au centre-ville (REM, REM de l'Est, Tramway de Lachine, etc.), exception notable de la ligne bleue qui ne vise pas le centre-ville directement. Par contre, le bus et le transport en commun en général sont beaucoup moins utilisés par les ménages faisant partie des autres types, signe que ces modes sont possiblement utilisés par dépit chez les ménages moins fortunés. Cette hypothèse est confirmée dans le Chapitre 6, qui porte sur l'équité.

Cette étude sur la probabilité de choisir un mode comprend tout de même certaines limites. Seuls les déplacements pour motif de travail avaient été pris en compte, il faudra donc vérifier dans une future étude si ces résultats peuvent être généralisés à tous les choix modaux. De plus, les chaînes de déplacement n'ont pas été prises en compte, pourtant il suffit d'un déplacement dans une zone inaccessible au TC pour influencer fortement le choix de la voiture. La méthodologie devra donc être améliorée afin d'inclure les chaînes de déplacements. La méthodologie peut aussi être améliorée afin de comprendre de manière plus approfondie le mécanisme de causalité derrière le choix modal et son lien avec les types Domicile-Travail. Finalement, d'autres variables pourraient être testées et incluses dans le modèle. Par exemple, l'entropie, la présence de stationnement gratuit à destination, ainsi que des variables sur le design urbain. Ce sont des variables mentionnées régulièrement dans la littérature, mais qui n'ont pas été incluses dans cette étude.

Les résultats de cette étude démontrent qu'il est possible de corroborer les conclusions obtenues lors de l'étude sur l'intention du REM avec l'analyse des choix modaux pour le travail dans le cas d'une grande ville comme Montréal. Les mêmes constats quant à l'équité des réseaux de transports actuels et des projets futurs de transport demeurent. Les projets visant à relier des quartiers entre eux ont plus de potentiel pour améliorer l'équité des déplacements, que les projets qui visent à relier les quartiers au centre-ville puisque celui-ci est mieux desservi.

CHAPITRE 6 ANALYSE D'ÉQUITÉ

Ce chapitre s'inscrit dans le troisième objectif de ce mémoire, c'est-à-dire d'évaluer les disparités dans les intentions d'usage et choix modaux entre les types Domicile-Travail du réseau de transport actuel et futur et selon le revenu et le genre.

6.1 Équité de l'intention d'usage

Cette section se base sur les résultats de l'étude sur l'intention d'usage du REM et compare l'intention d'usage à l'intérieur des six types obtenus selon le revenu et le genre.

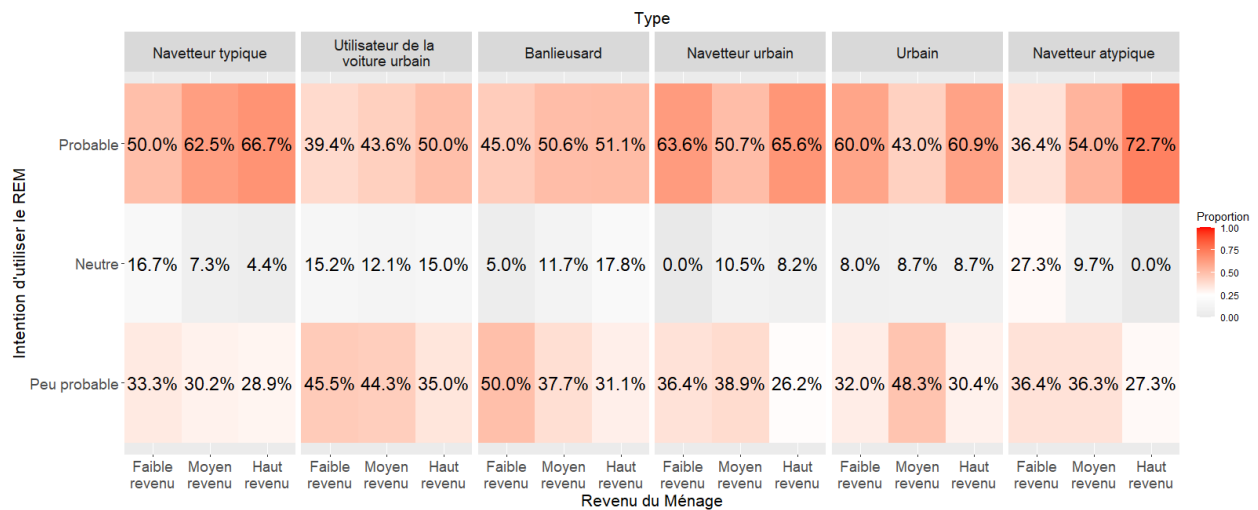
6.1.1 Équité selon le revenu

La probabilité d'utiliser le REM a été divisée par type et par classe de revenu dans la Table 6-1. Les cinq catégories d'intention d'usage ont été réduites à trois afin d'éviter des sous-catégories vides ou avec trop peu d'observations. La catégorie *probable* contient tous ceux qui avaient très probablement ou probablement l'intention d'utiliser le REM. La catégorie *peu probable* contient tous ceux qui avaient très peu probablement ou peu probablement l'intention d'utiliser le REM. Les résultats montrent que pour les *navetteurs typiques*, les *navetteurs atypiques* et les *urbains utilisateurs de la voiture*, une plus grande proportion d'individus à haut revenu juge qu'ils vont probablement utiliser le REM. Cela pourrait être dû à l'attractivité relative du REM en comparaison à l'ancien réseau de bus qui est utilisé en moins grande proportion par les ménages à haut revenu. Chez les *navetteurs atypiques*, la proportion d'individus jugeant probable qu'ils utilisent le REM atteint 72,7% chez les ménages à haut revenu, contre seulement 36,4% chez les ménages à faible revenu. On remarque que les ménages à faible revenu du type *navetteur atypique* ont la plus forte proportion de répondants qui sont neutres avec l'énoncé (27,3%). Cela pourrait montrer que les deux groupes ont des destinations différentes ou que le tarif du REM inquiète les groupes à plus faible revenu. Les trois autres types ont des distributions plus égales selon les niveaux de revenus, bien que les individus à revenu moyen *urbains* aient surprenant moins l'intention d'utiliser le REM : seulement 43% d'entre eux considèrent que c'est probable contre 60% pour les ménages à faible revenu et haut revenu. Cette analyse montre que le revenu influence l'intention d'utiliser le REM pour certains types domicile-travail. Des études supplémentaires pourraient chercher à

expliquer pourquoi ces disparités existent afin de mieux informer la prise de décision pour le développement de réseau de transport plus équitable.

En somme, la plus grande popularité du REM chez *les navetteurs typiques, atypiques* et chez les personnes à plus haut revenu pourrait représenter un enjeu d'équité, puisque cela démontre que le REM semble répondre davantage aux besoins des gens qui utilisent déjà le transport collectif (TC) pour aller travailler au centre-ville. En effet, 70,5% des *navetteurs typiques* se déplacent déjà en transport collectif si l'on inclut le multimodal tel qu'on pouvait le voir dans la Table 5-2. Or, d'autres types comme les *utilisateurs de la voiture urbains* qui utilisent davantage le bus, qui est un mode beaucoup plus lent (Lachapelle et al., 2020), pourraient bénéficier de modes plus rapides comme le métro ou le REM.

Tableau 6.1: Intention d'usage du REM selon le revenu et le type



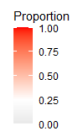
6.1.2 Équité selon le genre

Au niveau du genre, la Table 6-2 montre que les hommes ont systématiquement plus l'intention d'utiliser le REM que les femmes. Par exemple, 70,6% des hommes *navetteurs typiques* ont l'intention d'utiliser le REM contre seulement 55,7% des femmes du même type. Des études supplémentaires devront être faites pour comprendre pourquoi des femmes qui ont les mêmes caractéristiques spatiales à leurs résidences et lieux de travail ont moins l'intention d'utiliser ce nouveau service que les hommes. Cela pourrait être dû, par exemple à la prise en charge de tâches familiales comme reconduire les enfants (Maciejewska & Miralles-Guasch, 2019), qui est plus souvent réalisé ou des trajets plus courts (Sánchez & González, 2016) donc moins appropriés pour le REM. Ce constat est vrai sauf dans le cas des *banlieusards* pour qui la distribution des intentions d'usage est la même chez les hommes que chez les femmes (51,4% contre 49,9% qui ont probablement l'intention d'utiliser le REM). Pour les *banlieusards* cela peut être dû au fait que le REM est relativement moins attractif pour ce type que chez les autres types.

En somme, cette analyse peut amener à se questionner sur si le REM répond efficacement aux besoins de déplacement des femmes qui se déplacent généralement sur de plus courtes distances et ont des chaînes de déplacement plus complexes.

Tableau 6.2: Intention d'usage du REM selon le genre et le type

		Type											
		Navetteur typique		Utilisateur de la voiture urbain		Banlieusard		Navetteur urbain		Urbain		Navetteur atypique	
		Homme	Femme	Homme	Femme	Homme	Femme	Homme	Femme	Homme	Femme	Homme	Femme
Intention d'utiliser le REM	Probable	70.6%	55.7%	47.0%	40.2%	51.4%	49.4%	62.6%	45.9%	57.1%	38.5%	60.0%	51.7%
	Neutre	2.8%	10.8%	10.0%	15.7%	13.0%	11.4%	7.7%	11.1%	5.0%	11.8%	10.0%	9.2%
	Peu probable	26.6%	33.5%	43.0%	44.1%	35.6%	39.2%	29.7%	43.0%	37.9%	49.7%	30.0%	39.1%



6.2 Équité du choix modal

Cette section reprend les résultats de l'étude sur le choix modal et compare les parts modales des modes selon le revenu et le genre.

6.2.1 Équité selon le revenu

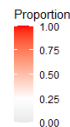
La Table 6-3 permet de mieux comprendre l'équité dans les probabilités de choisir un mode selon le type domicile-travail et le revenu des ménages. De manière générale, si un mode est plus populaire au sein d'un même type pour les individus à faible revenu, on peut estimer qu'il y est nécessaire d'étudier pour voir s'il y a un problème d'équité. En effet, ce mode pourrait être choisi faute d'avoir accès à une automobile (ou à d'autres modes plus attrayants) et non pour sa qualité. Cela fait référence à la notion d'usagers captifs (van Lierop, Dea & El-Geneidy, Ahmed, 2017). Si les différences entre les classes de revenu sont plus importantes au sein d'un type en particulier, cela peut être un signe qu'il existe un problème d'équité spécifique à ce type. Les repérer est la première étape avant d'examiner plus en profondeur la situation. Par exemple, chez les *navetteurs typiques*, le mode Multi-TC (comprenant des correspondances entre différents types de service de TC) est davantage utilisé chez les ménages à faible revenu (35,3%) que chez les ménages à haut revenu (11,8 %). La différence est moins importante pour ceux qui utilisent uniquement le bus (11,5% contre 8,1 %). De manière générale, c'est l'auto-conducteur qui remplace les autres modes moins attrayants pour les ménages les plus fortunés, atteignant jusqu'à 93,8% pour les *banlieusards* les plus riches. Le type ayant les plus grandes différences entre les groupes de revenu est celui des *urbains avec voiture*. Pour eux, le bus semble presque exclusivement utilisé par les ménages à faible revenu (16,8% contre 2,8%). La marche aussi est caractérisée par le même phénomène, quoique dans une moindre mesure (7,4% contre 3,4%). C'est la voiture qui est le mode choisi dans la plus grande proportion pour les membres de ce type qui ont des revenus élevés (87,1% chez les ménages à haut revenu). Le mode auto conducteur passe de 62,4 à 87,1% selon si l'on fait partie d'un ménage à faible revenu ou à revenu élevé. En comparaison, le métro est utilisé dans des proportions beaucoup plus égales pour les *urbains* puisqu'elles ne varient que de 18,8% à 17,6% entre les bas et hauts revenus. Cette proportion passe même à 22,3% chez les revenus moyens. Les distributions inégales des parts modales existent dans la plupart des types à des niveaux plus ou

moins élevés. Par exemple, les *voisins du train* et les *banlieusards* à faible revenu ont plus souvent recours à la marche et au bus.

En somme, cette analyse permet d’observer des enjeux d’équité quant à l’usage plus fréquent du bus chez les ménages à faible revenu qui sont souvent aussi des usagers captifs. Puisque le bus, particulièrement en milieux urbains, est un mode plus lent et perçu comme moins fiable et moins confortable, il procure de moins grandes opportunités et répond à moins de besoins pour ses utilisateurs. Étudier comment améliorer la vitesse des bus ou remplacer les bus par des modes plus rapides permettrait d’améliorer l’équité des déplacements.

Tableau 6.3: Choix modal selon le revenu et le type

Mode	Type																	
	Voisin du train			Navetteur urbain			Banlieusard			Navetteur typique			Urbain			Utilisateur de la voiture urbaine		
	Faible revenu	Moyen revenu	Haut revenu	Faible revenu	Moyen revenu	Haut revenu	Faible revenu	Moyen revenu	Haut revenu	Faible revenu	Moyen revenu	Haut revenu	Faible revenu	Moyen revenu	Haut revenu	Faible revenu	Moyen revenu	Haut revenu
Marche	7.0%	4.2%	3.6%	2.4%	1.8%	2.0%	5.0%	1.9%	0.8%	2.8%	4.4%	5.7%	15.0%	12.6%	13.1%	7.4%	4.5%	3.4%
Vélo	0.4%	1.6%	3.4%	1.1%	2.1%	2.7%	0.9%	0.6%	0.4%	1.6%	2.2%	2.9%	4.2%	7.0%	8.5%	0.9%	1.6%	2.5%
Bus	11.6%	4.7%	3.0%	11.7%	4.9%	2.6%	4.6%	1.3%	0.7%	11.5%	10.5%	8.1%	11.0%	6.9%	5.7%	16.8%	6.1%	2.1%
Train	0.7%	3.2%	4.4%	0.2%	0.6%	1.6%	0.1%	0.0%	0.0%	2.4%	4.9%	5.7%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Métro	5.3%	5.6%	5.2%	4.0%	3.1%	3.6%	0.0%	0.0%	0.0%	19.4%	17.1%	14.7%	18.8%	22.3%	17.6%	0.0%	0.3%	0.4%
Multi TC	16.5%	9.9%	5.4%	32.8%	21.3%	15.3%	0.3%	0.4%	0.3%	35.3%	22.1%	11.8%	17.0%	10.4%	6.4%	5.9%	4.3%	2.2%
Multimodale	0.4%	1.5%	3.0%	4.8%	11.9%	11.2%	0.3%	0.5%	0.5%	7.5%	19.5%	21.0%	0.1%	0.7%	0.8%	0.7%	1.0%	0.9%
Auto, passager	3.9%	3.4%	3.8%	3.1%	2.9%	3.8%	7.1%	3.6%	3.5%	1.6%	2.3%	2.9%	2.5%	3.3%	2.6%	5.9%	4.1%	1.6%
Auto, Conducteur	54.2%	65.8%	68.0%	39.9%	51.3%	57.1%	81.8%	91.7%	93.8%	17.9%	17.0%	27.2%	31.1%	36.7%	45.4%	62.4%	78.1%	87.1%



6.2.2 Équité selon le genre

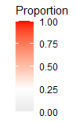
Du côté du genre, on observe sur la Table 6-4 plusieurs éléments intéressants, notamment que les hommes choisissent davantage la voiture que les femmes chez tous les types Domicile-Travail. Cela pourrait s'expliquer par le fait que les femmes sont plus souvent à faible revenu et ont moins de permis de conduire que les hommes (Lachapelle et al., 2020). Cette affirmation doit cependant être prise avec certaines réserves du fait que les femmes de cette étude sont plus âgées et plus retraitées que les hommes (Lachapelle et al., 2020). La différence est par contre beaucoup moins marquée chez les *banlieusards*.

Les femmes choisissent aussi plus souvent le bus comme mode de déplacement dans tous les types. Possiblement une iniquité puisque le bus est un mode plus lent et perçu comme moins performant (Lachapelle et al., 2020). Par contre, le bus est vu comme plus sécuritaire par les femmes dans certaine villes, une piste de réflexion possible (Metro Los Angeles, 2019). Les hommes de leur côté privilégient le vélo. Les femmes doivent aussi plus souvent utiliser les modes multimodaux ou faire des correspondances entre mode dans le TC pour les types *navetteur urbains* et *navetteur typique*, une situation qui est possiblement inéquitable si les correspondances sont difficiles et puisque les correspondances rendre les trajets moins attrayants (Ha et al., 2020).

En somme, les disparités dans les choix modaux entre les hommes et les femmes montrent que certains modes ne sont pas en mesure de répondre à tous les besoins des femmes ou n'offrent pas un sentiment de sécurité suffisant pour celle-ci. Une situation qui avait déjà été observée dans le cas du vélo (Le et al., 2019)

Tableau 6.4 Choix modal selon le genre et le type

Mode	Type											
	Voisin du train		Navetteur urbain		Banlieusard		Navetteur typique		Urbain		Utilisateur de la voiture urbain	
	Homme	Femme	Homme	Femme	Homme	Femme	Homme	Femme	Homme	Femme	Homme	Femme
Marche	3.2%	5.7%	1.9%	2.0%	1.6%	2.3%	5.2%	4.1%	12.3%	13.8%	3.5%	6.2%
Vélo	1.9%	1.7%	2.7%	1.6%	0.9%	0.2%	3.1%	1.4%	7.5%	6.1%	2.0%	1.2%
Bus	3.8%	6.6%	4.9%	5.3%	1.1%	1.9%	8.2%	11.9%	5.8%	8.9%	5.7%	8.8%
Train	2.8%	3.6%	0.8%	0.7%	0.1%	0.0%	5.2%	4.8%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%
Métro	6.3%	4.6%	3.1%	3.5%	0.0%	0.0%	16.9%	16.1%	19.4%	22.9%	0.2%	0.3%
Multi TC	10.1%	9.5%	19.5%	22.8%	0.4%	0.4%	18.4%	21.5%	10.3%	11.1%	3.9%	4.7%
Multimodale	1.1%	2.3%	9.6%	12.6%	0.4%	0.5%	17.2%	21.8%	0.6%	0.6%	0.9%	1.0%
Auto, passager	2.1%	5.1%	1.8%	4.5%	2.9%	4.9%	1.3%	3.7%	2.2%	4.1%	2.8%	5.4%
Auto, Conducteur	68.7%	60.8%	56.0%	46.9%	92.7%	89.7%	24.5%	14.6%	41.8%	32.4%	81.0%	72.4%



CHAPITRE 7 DISCUSSION GÉNÉRALE

Au cours de ce mémoire, l'importance de comprendre comment la prise en compte des caractéristiques spatiales des lieux de résidence et de lieux d'emplois pour comprendre les habitudes et besoins de navettage dans le Grand Montréal a été mise en évidence. Le développement d'une nouvelle méthode comprenant une analyse typologique a été crucial pour résoudre une lacune dans la littérature qui limitait l'étude de l'impact combiné du lieu d'origine et du lieu de destination sur l'intention d'usage et le choix modal. La méthode finale s'applique de manière similaire à plusieurs études de cas, puisqu'elle nécessite des données généralement accessibles sur le territoire comme la densité de population et la présence de station de TC structurant. Elle est aussi modulable et peut s'adapter au contexte de l'étude comme en témoigne l'absence de la présence du REM comme variable dans l'étude sur l'enquête origine-destination. Les résultats obtenus dans les modèles logistiques démontrent que la typologie Domicile-Travail est une variable qui explique de manière significative les habitudes de déplacement. Cela témoigne de l'atteinte du premier objectif qui était de développer une nouvelle méthodologie intégrant les caractéristiques spatiales de l'origine et de la destination en un seul indicateur.

Au chapitre 4, la méthodologie a été appliquée dans une situation concrète soit l'étude de l'intention d'usage du REM à Montréal. Les résultats ont montré qu'en effet la combinaison du lieu d'origine et de destination en un type Domicile-Travail peut prédire l'intention d'utiliser le REM, et ce malgré l'intégration de variables de contrôle dans le modèle. Ces résultats suggèrent que les navetteurs sont influencés par l'environnement bâti tant à leur domicile qu'à leur destination lorsqu'ils évaluent leur intention d'utiliser le REM dans le futur et par le fait même, démontrent la pertinence de l'indicateur pour comprendre l'impact combiné des lieux de travail et de domicile sur l'intention d'usage.

Au chapitre 5, la méthodologie a encore été appliquée dans une situation concrète soit l'étude du choix modal à Montréal lors de l'enquête OD 2018. Les résultats ont montré qu'en effet, la combinaison du lieu d'origine et de destination en un type Domicile-Travail peut prédire aussi la probabilité de choisir un mode, et ce malgré l'intégration de variables de contrôle dans le modèle.

Au chapitre 6, la division de l'échantillon de travailleurs par leur type Domicile-Travail a permis de mieux observer les disparités entre les types, les classes de revenu et le genre, permettant du

même coût de mieux cibler quel groupe de navetteur pourrait avoir des besoins mal comblés par le réseau de TC actuel et futur. Le chapitre a ainsi démontré la pertinence de la méthodologie développée dans ce mémoire pour mieux comprendre les différents besoins de déplacement et même d'aider à déceler des enjeux d'équité à étudier plus en détail.

Le mémoire démontre donc que les besoins de navettage de la population varient selon les caractéristiques spatiales de leurs lieux d'origine et de destination et que certains enjeux d'équité peuvent en découler. La méthode pourrait être utilisée à la fois pour étudier comment le réseau de TC répond aux besoins actuels de différents groupes et comment des projets futurs pourraient répondre aux besoins de ces mêmes groupes.

CHAPITRE 8 CONCLUSION ET RECOMMANDATION

8.1 Synthèse

Ce projet de recherche est né du besoin de répondre à la question de recherche suivante : « Comment la combinaison des caractéristiques spatiales des lieux de résidence et des lieux d'emploi permet-elle de mieux comprendre les comportements de mobilité entre différents types de navetteur dans une perspective d'équité ». Cette question de recherche permet de combler une lacune dans la littérature quant à la possibilité de combiner les caractéristiques de l'environnement bâti tant au lieu d'origine qu'à la destination. Cette lacune limite notre capacité à comprendre comment une paire origine destination influence l'intention d'usage et le choix modal.

Tout au long de ce mémoire, cette question a pu être répondue par le biais de trois objectifs de recherche. Le premier était de développer une nouvelle méthodologie permettant d'intégrer les caractéristiques spatiales de l'origine et de la destination. Pour ce faire, les données sur l'intention d'utiliser le REM, les données de l'enquête origine-destination et les diverses caractéristiques spatiales du Grand Montréal ont été utilisées.

Deux algorithmes d'analyse typologique ont été appliqués, soit les K-médoïde pour l'étude du REM et les K-means pour l'étude de l'enquête origine-destination. Le résultat de la segmentation de marché a permis de mettre en lumière six types de navetteurs dont cinq sont communs à la fois à l'étude sur le REM et l'étude sur tous les modes du Grand Montréal. Les cinq types communs et les deux types connexes étaient les suivants :

- *Navetteur typique*, des individus qui travaillent au centre-ville
- *Urbain*, des individus vivants et travaillant à proximité du métro
- *Urbain avec voiture*, des individus vivants et travaillant dans les quartiers péricentraux
- *Banlieusard*, des individus vivants et travaillant dans les banlieues
- *Navetteur urbain*, des individus travaillant près du métro
- *Navetteur atypique* (REM seulement), des individus vivant au centre, mais travaillant en périphérie

- *Voisin du train* (enquête OD seulement), des individus vivant près des gares de train sans toutefois travailler au centre-ville

Les différences entre les six types ont été présentées sous forme de statistiques descriptives pour les études du Chapitre 4 et du Chapitre 5.

Le second objectif était d'utiliser la méthode pour analyser la relation entre les caractéristiques spatiales combinées du domicile et du travail et les comportements de mobilité pour les deux études de cas. La première étude de cas portait sur le REM et comprenait un modèle logistique ordonné modélisant l'intention d'usage en fonction des types Domicile-Travail. L'étude sur le REM a permis de déterminer que, parmi ces types, ce sont les *navetteurs typiques* (destination du centre-ville) qui sont le plus susceptibles d'avoir l'intention d'utiliser le REM. Les *navetteurs urbains* (destination avec une station métro) et *atypiques* sont aussi susceptibles d'avoir l'intention de prendre le REM. D'autres types comme les *urbains avec voiture* et les *banlieusards* ne sont par contre pas susceptibles d'avoir l'intention d'utiliser le REM puisqu'ils vivent et travaillent en dehors du centre.

La seconde étude de cas portait sur la probabilité de choisir un mode selon l'enquête OD avec une attention particulière portée aux différents modes de TC. Les six types de cette étude ont été intégrés dans un modèle logistique imbriqué. Les résultats du modèle logistique imbriqué ont démontré que les *navetteurs typiques* sont les plus susceptibles de choisir le TC pour leur trajet. De plus, les *urbains avec voiture* et les *banlieusards* restent de faibles utilisateurs du TC. Autre trouvaille, la présence d'une gare de train de banlieue n'influence pas positivement le choix du train, lorsque la destination n'est pas le centre-ville.

Le troisième objectif portait sur l'équité entre les types Domicile-Travail et à l'intérieur des types. La division des statistiques descriptives en fonction des types Domicile-Travail ainsi que de revenu et du genre met en lumière des variations importantes des comportements de mobilité. Tant les variations d'intention d'usage que celles des choix modaux montrent des enjeux d'équité. Par exemple, les personnes vivant dans un ménage à haut revenu et les hommes ont davantage l'intention d'utiliser le REM que les ménages à faible revenu et les femmes. Autre exemple, les femmes et les personnes vivant dans des ménages à faible revenu du type *urbain utilisateur de la*

voiture choisissent dans de plus grandes proportions le bus que les hommes ayant un haut revenu du même type.

Les résultats montrent qu'il est possible de segmenter la population à l'aide d'une analyse typologique en 6 types Domicile-Travail représentant des habitudes de navettage différentes visibles à l'aide de statistiques descriptives. Cette typologie a montré que le réseau de TC actuel est davantage utilisé par les *navetteurs typiques* et les *navetteurs urbains* qui ont pour destination les quartiers centraux. Pour l'intention d'usage du REM, on voit que ce sont également le même genre de navetteurs qui profiteront de ce service de TC. Les *urbains avec voiture* et les *banlieusards* resteront globalement mal desservis face à ce changement dans le réseau de TC. Cela montre qu'il y a des enjeux d'équité. Ceux-ci ne se limitent pas aux différences entre les paires origine-destination, mais aussi au niveau du revenu sachant que les transports collectifs sont parfois limités aux ménages à faible revenu (chez les *urbains avec voiture* par exemple) et au genre (par exemple, les femmes ont moins l'intention d'utiliser le REM en général et au sein de la plupart des types).

En conclusion, cette recherche démontre qu'il est possible de combiner les caractéristiques spatiales du lieu de domicile et de travail en un seul indicateur nommé types Domicile-Travail. Elle démontre aussi que les types Domicile-Travail influencent l'intention d'usage et le choix modal. Les résultats suggèrent aussi la présence d'iniquités selon l'origine, la destination, le revenu et le genre quant aux réseaux actuels et futurs de TC. La méthode proposée permet aussi de mieux comprendre comment les investissements en TC peuvent répondre aux différents besoins des différents groupes.

8.2 Contributions

Cette recherche a comme contribution plusieurs éléments. Tout d'abord, la méthodologie de segmentation spatiale à partir des informations sur les caractéristiques spatiales du lieu d'origine et de destination était inédite. Cette méthodologie s'est révélée utile pour aider à identifier comment une paire origine-destination peut influencer l'intention d'usage et la probabilité de choisir un mode. Le fait de combiner les caractéristiques du lieu d'origine et de destination dans une typologie permet d'évaluer l'impact combiné des deux sur les habitudes de déplacement à l'aide de modèles de régression, plutôt que d'étudier le changement sur une seule variable à la fois en gardant les

autres variables constantes. Ainsi, il devient possible de mieux comprendre les bénéfices des services actuels et des investissements en transport dans la région. De plus, les variables représentant l'environnement bâti de la destination sont peu utilisées dans les études sur l'intention d'usage. Il s'agit donc d'une autre contribution de cette recherche. Par ailleurs, l'approche en deux étapes combinant une segmentation spatiale à une analyse de régression est innovatrice puisqu'elle permet d'isoler l'effet du type Domicile-Travail sur l'intention d'usage ou la probabilité de choisir un mode de transport.

De plus, cette recherche s'est penchée sur l'intention d'usage du REM et sur le mode de navettage des habitants du Grand Montréal tel que mesuré lors de l'enquête origine-destination 2018. Cela a permis d'apporter un éclairage nouveau sur les habitudes et intentions d'usage dans cette région en fonction des patrons Domicile-Travail et du revenu et du genre.

La méthode de typologie Domicile-Travail permet de mieux comprendre quels sont les besoins de déplacements les plus communs pour le navettage vers le travail. Cela permet d'évaluer la capacité des réseaux de TC actuel et des projets de transport collectif de répondre au besoin de déplacement de la population. En analysant les disparités dans l'intention d'usage et le choix modal entre les types le genre et le revenu, on peut observer les problèmes d'équité entre des individus qui ont des paires origine-destination différentes et évaluer quelles mesures pourraient être prises pour y remédier.

8.3 Limites

Ce projet de recherche présente certaines limites. Tout d'abord, pour les données du sondage du REM, l'échantillon n'a pas été pondéré pour être représentatif de la population du Grand Montréal. L'échantillon d'origine (3683 observations) était relativement représentatif, mis à part une sur représentation de jeunes femmes et une sous-représentation de personne âgée. Le sous-échantillon de travailleurs est par contre moins représentatif puisqu'il surestime grandement la part modale du TC. De plus, le choix méthodologique de ne pas utiliser le facteur d'expansion pour l'enquête origine-destination fait en sorte que les données utilisées ne sont pas représentatives du Grand Montréal.

De plus, certaines données spatiales ont des limites. Tout d'abord, le seuil de 1 km en distance réseau pour l'accès aux arrêts de bus est un choix arbitraire qui surestime possiblement l'accès au bus comparativement à ce qui est généralement admis dans la littérature. Par exemple, une récente étude estime que 400 m est la distance la plus appropriée pour mesurer l'effet des arrêts de bus sur la possession auto par exemple (Laviolette, 2022). Elle s'avère plus appropriée pour des modes lourds comme le métro ou le train et le choix d'ajouter les bus dans cette mesure étaient liés au désir de prendre en compte l'intensité du service de toutes les lignes de bus à proximité et non pas seulement de l'arrêt le plus proche. L'accès au bus est donc surestimé dans cette étude. Ensuite, la densité de population et d'emplois ainsi que le Walk Score ont été calculés selon l'aire de diffusion telle que définie par Statistique Canada. Certaines aires de diffusion sont très petites et donc le lieu de résidence/travail peut être influencé par d'autres aires de diffusion aux alentours. Aussi certaines aires de diffusion très grande peuvent sous-estimer la densité dans l'un des coins. Finalement, un lieu situé à la limite d'une aire ne prendra pas en compte la densité située dans l'aire de diffusion adjacente. Il s'agit tous de problèmes d'agrégation spatiale (Nix, 2008) dus aux données disponibles dans le cadre de cette étude. Par ailleurs, la méthode exacte du calcul du Walk Score reste inconnue en raison du fait qu'il s'agit d'un indicateur provenant d'une entreprise privée. Finalement, la présence d'un stationnement à destination n'a pas été prise en compte faute de données fiables et exhaustives. Pourtant, la présence de stationnement gratuit est un indicateur régulièrement cité comme pouvant influencer l'utilisation de la voiture (Cervero & Kockelman, 1997; Kang et al., 2019; Vermesch et al., 2021).

En outre, la pandémie de Covid-19 a grandement modifié les habitudes de déplacement dans les deux dernières années : le télétravail a pris une place plus importante et le TC a perdu en popularité au profit du vélo et de l'auto-conducteur (Salon et al., 2021). Plusieurs habitudes pourraient rester à long terme même si la pandémie devient endémique. C'est donc dire que bien que les faits saillants de cette recherche demeurent pertinents, il sera nécessaire de les réévaluer avec des données postpandémie. Fort heureusement, une deuxième vague sur le sondage du REM a eu lieu à l'automne 2021 et d'autres vagues sont prévues dans le futur. De plus, une enquête origine-destination aura lieu en automne 2023. L'effet de la pandémie pourra donc être mesuré dans de prochaines études.

Finalement, l'une des plus importantes limites de cette recherche est le fait de ne pas avoir pris en compte les déplacements non liés au travail et les chaînes de déplacements. Les déplacements non liés au travail comprennent probablement des différences au niveau de l'intention d'usage et du choix modal puisqu'ils peuvent impliquer des destinations ou des horaires inhabituels, le transport de marchandises ou la nécessité de voyager à plusieurs. Les chaînes de déplacement peuvent avoir un impact aussi. Le déplacement domicile-travail peut être facile en TC par exemple, mais le fait de devoir faire un détour pour aller chercher un enfant à la garderie peut le rendre pénible et inciter l'utilisation de la voiture. En raison de cette limite importante, on peut affirmer que l'objectif 3 « d'évaluer l'équité de l'offre de TC entre les différents types selon leur paire origine-destination et l'intention d'usage et les modes utilisés » n'est pas entièrement atteint puisque de nombreux besoins de déplacement ne sont pas pris en compte. D'ailleurs, ce sont des besoins qui sont d'autant plus présents chez certaines populations vulnérables qui ne sont pas des travailleurs. De futures études devraient chercher à intégrer ces deux éléments dans la méthodologie proposée. De plus, de futures recherches pourraient s'attarder à la notion d'usagers captifs afin de mieux cerner les enjeux d'équité.

8.4 Recommandations

Les résultats de cette recherche permettent de faire certaines recommandations qui lui permettront d'être utile dans des analyses pratiques pour des cas concrets. Les projets majeurs de TC pourraient faire l'objet, lors de la phase de planification, d'une étude de segmentation spatiale selon les types Domicile-Travail. La méthodologie permet d'évaluer la capacité d'un projet de transport de répondre aux différents besoins de déplacement de la population et d'identifier quels groupes bénéficient le plus de ceux-ci et quels groupes gagneraient à être davantage pris en compte. La méthode peut ainsi être utilisée de manière exploratoire pour étudier l'équité d'un réseau de TC existant et par la suite proposer des pistes de solutions.

Le cas de Montréal a permis de démontrer que certains résidents de quartiers denses sont mal desservis par le TC si leur destination n'est pas le centre-ville par exemple. L'étude a aussi permis de différencier quel mode répond le mieux aux besoins de chaque type de navetteur.

Concrètement à Montréal, les résultats amènent des pistes de réflexion pour plusieurs projets de transport collectif qui sont planifiés ou suggérés. Voici quelques exemples :

1. Le REM de l'est, un projet connectant Pointe-aux-Trembles et Montréal-Nord au centre-ville, sera-t-il utilisé par les individus du type *urbain avec voiture* qui n'ont pas pour destination le centre-ville? Ce n'est pas certain puisque le projet est mal connecté à la ligne verte et ne permet pas un lien sans correspondance entre Montréal-Nord et Pointe-aux-Trembles.
2. Le projet de REM à Longueuil (parfois aussi nommée LÉEO) connectant plusieurs quartiers de Longueuil, Brossard et Boucherville a-t-il un meilleur potentiel de répondre au besoin des *Urbains* avec voiture et des *banlieusards* qui sont des types ne vivant et ne travaillant pas au centre-ville?
3. Les projets de SRB de la STM (Pie-IX, Henri-Bourassa, etc.) doivent-ils être considérés comme un mode supplémentaire? Si oui, il sera intéressant de voir s'ils seront plus populaires chez les ménages à haut revenu que le bus régulier qui est surtout utilisé par les ménages à faible revenu.
4. Le prolongement de la ligne orange jusqu'à Bois-Franc permettrait-il de rendre le REM plus utile et plus équitable pour les types comme les *urbains utilisateurs de la voiture* et les *navetteurs urbains* n'ayant pas le centre-ville comme destination grâce à la connexion supplémentaire? Ces types ont pour l'instant un plus faible intérêt à utiliser le REM puisque le projet est principalement conçu pour rejoindre le centre-ville.
5. Les autres projets comme le tramway à Lachine et l'antenne du REM à Laval peuvent-ils répondre aux besoins d'autres usagers que ceux ayant pour destination le centre-ville? En effet, ces projets semblent surtout répondre au besoin des *navetteurs typiques* un groupe qui a pourtant déjà une part modale de 70% pour le TC et le multimodal.

Bien sûr, ces exemples sont à titre indicatif et il ne faut pas considérer que l'utilité de cette étude se résume à ces projets. Tout projet du même genre proposé dans le futur pourrait aussi faire l'objet d'une analyse basée sur les types domicile-travail.

L'étude sur la probabilité de choisir un mode suggère aussi des pistes pour améliorer l'équité entre les déplacements entre les quartiers et les déplacements quartier-centre-ville. Par exemple, évaluer si des projets de SRB installés sur les grands axes routiers de la région rendraient le bus plus attractif, en particulier pour les ménages à plus haut revenu. Ensuite, évaluer si la gratuité des lignes de bus locales, en particulier sur le territoire d'exo, pourrait aider les ménages à plus faible revenu qui sont souvent les seuls à utiliser ces lignes de bus selon le résultat du Chapitre 6. Finalement, évaluer la possibilité d'offrir d'autres destinations que le centre-ville pour les lignes de train de banlieue en particulier pour les lignes Vaudreuil et Mascouche qui se voient déclasser par le REM.

La méthode peut bien sûr être utilisée dans d'autres villes du Québec et du monde. Il n'y a, pour l'instant, aucune contre-indication à l'utiliser pour des villes d'ordre de grandeur plus petite ou beaucoup plus grande. Cela doit cependant être vérifié et c'est pourquoi cela fait partie des perspectives de recherche.

8.5 Perspectives de recherche

Plusieurs options s'offrent à une personne souhaitant poursuivre cette recherche. Par exemple, il est possible de bâtir un modèle comprenant tous les motifs de déplacement et non pas seulement le motif travail. Il est possible que cela change le nombre et les caractéristiques des types de déplacement si ceux-ci deviennent des types origine-destination au lieu d'être des types domicile-travail. Cette recherche resterait cependant incomplète si l'on n'y intègre pas les chaînes de déplacement qui peuvent aussi avoir un impact non négligeable sur le choix modal et probablement sur l'intention d'usage. Intégrer les chaînes de déplacement sera plus difficile puisque le nombre de destinations n'est pas le même pour tous. Certaines solutions sont possibles, comme faire une moyenne des caractéristiques de chaque destination ou prendre chaque destination ayant la « pire » caractéristique pour estimer la difficulté d'un trajet. Une étude approfondie sera nécessaire afin de déterminer la meilleure méthode pour aborder ce problème. Intégrer les motifs autres que le travail et les chaînes de déplacement permettront d'améliorer notre compréhension des différents besoins de la population. De plus, il pourrait être intéressant de mieux prendre en compte les répartitions spatiales différentielles entre les clusters et donc chercher à intégrer ces différences dans de prochaines études. Cela permettra d'inclure la localisation et non pas seulement les caractéristiques spatiales comme déterminant de l'intention d'usage et du choix modal.

De plus, une fois que le REM sera complété il sera très intéressant de refaire cette étude pour voir si les intentions d'usages se sont concrétisées en utilisation réelle du mode. Une première phase sera possible dès que les résultats de l'enquête OD de 2023 (avec la portion Montréal-Brossard du REM), mais les vrais résultats seront visibles seulement après l'inauguration complète du REM fin 2024 et avec l'enquête OD de 2028. Cela permettra d'évaluer si le sondage d'intention d'usage et la présente recherche donnaient une approximation réaliste de l'utilisation du REM. Cependant, l'intention d'utilisation et le choix modal pourraient évoluer dans le futur en raison d'investissement dans le TC. Des projets comme le REM, le SRB Pie-IX et le prolongement de la ligne bleue peuvent interagir entre eux et favoriser certains modes indirectement. D'ici à ce que le REM soit inauguré entièrement par exemple, le SRB Pie-IX sera aussi en opération. D'autres projets qui ont été annoncés entre le moment de l'étude et la rédaction de ce mémoire comme le REM de l'est pourrait aussi avoir des effets sur le choix modal et l'intention d'usage dans le futur.

Finalement, il est possible d'adapter la méthodologie proposée dans ce mémoire pour l'appliquer dans d'autres villes à travers le monde, notamment afin de vérifier si cette méthode est effectivement généralisable. Pour ce faire, il est nécessaire d'avoir des données de type origine-destination dans le cas d'un réseau actuel ou des données provenant d'un sondage d'intention d'usage et des données géospatiales présentant certains éléments comme la présence de transport collectif, la densité de population et des indicateurs de mixité des usages. La méthodologie permet d'obtenir des pistes de réflexion sur comment un réseau de transport actuel ou futur peut répondre aux divers besoins de déplacement de la population.

RÉFÉRENCES

- Aarhaug, J., & Elvebakk, B. (2015). The impact of Universally accessible public transport-a before and after study. *Transport Policy*, 44, 143-150. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2015.08.003>
- Allen, J., & Farber, S. (2020). Planning transport for social inclusion: An accessibility-activity participation approach. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 78. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2019.102212>
- Allen, J., Muñoz, J. C., & de Dios Ortúzar, J. (2019). On the effect of operational service attributes on transit satisfaction. *Transportation : Planning - Policy - Research - Practice*, 47(5), 2307-2336. <https://doi.org/10.1007/s11116-019-10016-8>
- Allen, J., Muñoz, J. C., & Rosell, J. (2019). Effect of a major network reform on bus transit satisfaction. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 124, 310-333. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2019.04.002>
- Ardila-Gomez, A., Bianca Bianchi Alves, Joanna Moody. (2021). *Decarbonizing cities by improving public transport and managing land use and traffic*. The World Bank Group. C. C. A. C. B. 3.0.
- Arora, P., Deepali, & Varshney, S. (2016). Analysis of K-Means and K-Medoids Algorithm For Big Data. *Procedia Computer Science*, 78, 507-512. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.02.095>
- ATUQ, A. d. t. u. d. Q. (S.D.). *Accessibilité universelle et aménagement*. <https://atuq.com/fr/comites/amenagement-et-accessibilite-universelle/>
- Autorité Régionale de Transport Métropolitain, A. (2022). *COVID-19 et transport collectif*. <https://www.artm.quebec/covid-19-et-transport-collectif/#impact-transport>
- Autorité régionale de transport métropolitain. (2018). *Réseau Express Métropolitain* <https://rem.info/sites/default/files/document/2018-04-23-Ententes-REM-ARTM.pdf>
- Autorité régionale de transport métropolitain. (2020). *Enquête origine Destination 2018* https://www.artm.quebec/wp-content/uploads/2020/01/CA_Faits-saillants_EOD_COMPLET_WEB_14012020_R002.pdf
- Autorité régionale de transport métropolitain. (2021). *Rapport annuel 2020* (21-CA(ARTM)-32). https://www.artm.quebec/wp-content/uploads/2021/05/Rapport-annuel_2020.pdf
- Autorité régionale de transport métropolitain, A. (2021). *Plan stratégique de développement du transport collectif*. https://www.artm.quebec/wp-content/uploads/2021/04/PSD_adopt%C3%A9_R0A_2021-04-162.pdf
- Autorité régionale de transport métropolitain ARTM. (2019). *Parlons Mobilité*. https://www.artm.quebec/wp-content/uploads/2020/12/ARTM_Document_Mobilite_WEB_03-14-2019-1.pdf
- Babbar, P., Peace, J., Cooper, D., Boisjoly, G., & Grisé, E. (2022). *Understanding and responding to the transit needs of women in Canada*. <https://publications.polymtl.ca/10017/>
- Bajwa, S., Bekhor, S., Kuwahara, M., & Chung, E. (2008). DISCRETE CHOICE MODELING OF COMBINED MODE AND DEPARTURE TIME. *Transportmetrica*, 4(2), 155-177. <https://doi.org/10.1080/18128600808685681>
- Banister, D. (2018). *Inequality in transport*. Alexandrine Press.
- Beaucire, F., & Drevelle, M. (2013). *Revue d'Économie Régionale & Urbaine*, août(3), 437-460. <https://doi.org/10.3917/rru.133.0437>

- Bhat, C. R., & Pulugurta, V. (1998). A comparison of two alternative behavioral choice mechanisms for household auto ownership decisions. *Transportation Research Part B: Methodological*, 32(1), 61-75. [https://doi.org/10.1016/S0191-2615\(97\)00014-3](https://doi.org/10.1016/S0191-2615(97)00014-3)
- Boisjoly, G. v., Grisé, E., Maguire, M., Veillette, M.-P., Deboosere, R., Berrebi, E., & El-Geneidy, A. (2018). Invest in the ride: A 14 year longitudinal analysis of the determinants of public transport ridership in 25 North American cities. *Transportation Research Part A*, 116, 434-445. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.07.005>
- Boulange, C., Gunn, L., Giles-Corti, B., Mavoa, S., Pettit, C., & Badland, H. (2017). Examining associations between urban design attributes and transport mode choice for walking, cycling, public transport and private motor vehicle trips. *Journal of Transport & Health*, 6, 155-166. <https://doi.org/10.1016/j.jth.2017.07.007>
- Bourque, G. L., & Ramacieri, J. (2020). *Études sur la comparaison du coût total de possession des véhicules passagers à essence et électriques*. INSTITUT DE RECHERCHE EN ÉCONOMIE CONTEMPORAINE. <https://irec.quebec/ressources/publications/Note-de-recherche-de-IIREC-VEHICULES.pdf>
- Branigan, J., & Ramezani, F. (2018). Assessing the value of public infrastructure at a regional level: Cost benefit analysis supplemented by economic impact analysis. *Australasian Journal of Regional Studies*, The, 24(2), 147-167.
- Brown, J., & Thompson, G. (2012). Should Transit Serve the CBD or a Diverse Array of Destinations? A Case Study Comparison of Two Transit Systems. *Journal of Public Transportation*, 15(1), 1-18. <https://doi.org/10.5038/2375-0901.15.1.1>
- Cain, A. (2006). Teenage Mobility in the United States : Issues and Opportunities for Promoting Public Transit. *Transportation Research Record*, 1971(1), 140-148. <https://doi.org/10.1177/0361198106197100117>
- Canada., S. (2017). *Montréal, V [Census subdivision], Quebec and Canada [Country] (table). Census Profile. 2016 Census. Statistics Canada Catalogue no. 98-316-X2016001*. <https://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2016/dp-pd/prof/index.cfm?Lang=E>
- Cervero, R., & Kockelman, K. (1997). Travel demand and the 3Ds: Density, diversity, and design. *Transportation Research Part D-Transport and Environment*, 2(3), 199-219. [https://doi.org/10.1016/S1361-9209\(97\)00009-6](https://doi.org/10.1016/S1361-9209(97)00009-6)
- CMM. (2012). *Plan Métropolitain d'aménagement et de Développement* (ISBN 978-2-923013-89-3). https://cmm.qc.ca/wp-content/uploads/2019/03/pmad_plan_metropolitain_amenagement_developpement.pdf
- Communauté Métropolitaine de Montréal. (2017). *Plan directeur du réseau vélo métropolitain*. https://cmm.qc.ca/wp-content/uploads/2019/08/20171117_ReseauVelo_planMetropolitain.pdf
- Communauté Métropolitaine de Montréal. (2019). *DEMANDES DE LA COMMUNAUTÉ MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL (CMM) DANS LE CADRE DES CONSULTATIONS PRÉBUDGÉTAIRES 2019-2020 DU GOUVERNEMENT DU QUÉBEC*. https://consultations.finances.gouv.qc.ca/Consultprebudg/2019-2020/memoires/Consultations1920_CMM.pdf
- Communauté Métropolitaine de Montréal. (2021). *Suivit du PMAD Édition 2021* (ISSN 1925-2072). <http://cmm.qc.ca/donnees-et-territoire/observatoire-grand-montreal>
- Crane, R. (2007). Is There a Quiet Revolution in Women's Travel? Revisiting the Gender Gap in Commuting. *American Planning Association. Journal of the American Planning Association*, 73(3), 298-316. <https://doi.org/10.1080/01944360708977979>

- de Jong, G., Kouwenhoven, M., Geurs, K., Bucci, P., & Tuinenga, J. G. (2009). The impact of fixed and variable costs on household car ownership. *Journal of Choice Modelling*, 2(2), 173-199. [https://doi.org/10.1016/S1755-5345\(13\)70009-5](https://doi.org/10.1016/S1755-5345(13)70009-5)
- De Vos, J., Waygood, E. O. D., & Letarte, L. (2020). Modeling the desire for using public transport. *Travel Behaviour and Society*, 19, 90-98. <https://doi.org/10.1016/j.tbs.2019.12.005>
- De Vos, J., Waygood, E. O. D., Letarte, L., & Cao, M. (2021). Do frequent satisfying trips by public transport impact its intended use in later life? *Transportation*. <https://doi.org/10.1007/s11116-021-10209-0>
- De Vos, J., & Witlox, F. (2013). Transportation policy as spatial planning tool; reducing urban sprawl by increasing travel costs and clustering infrastructure and public transportation. *Journal of Transport Geography*, 33, 117-125. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2013.09.014>
- Deboosere, R., & El-Geneidy, A. (2018). Evaluating equity and accessibility to jobs by public transport across Canada. *Journal of Transport Geography*, 73, 54-63. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2018.10.006>
- Delbosc, A., & Currie, G. (2011). Using Lorenz curves to assess public transport equity. *Journal of Transport Geography*, 19(6), 1252-1259. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2011.02.008>
- Delmelle, E. C., & Casas, I. (2012). Evaluating the spatial equity of bus rapid transit-based accessibility patterns in a developing country: The case of Cali, Colombia. *Transport Policy*, 20, 36-46. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2011.12.001>
- Dent, N., Hawa, L., DeWeese, J., Wasfi, R., Kestens, Y., & El-Geneidy, A. (2021). Market-Segmentation Study of Future and Potential Users of the New Réseau Express Métropolitain Light Rail in Montreal, Canada. <https://doi.org/10.1177/03611981211014528>
- DeWeese, J., Santana Palacios, M., Belikow, A., & El-Geneidy, A. (2022). Whose express access? Assessing the equity implications of bus express routes in Montreal, Canada. *Journal of Transport and Land Use*, 15(1), 35-51. <https://doi.org/10.5198/jtlu.2022.1879>
- Di Ciommo, F., & Shifan, Y. (2017). Transport equity analysis. *Transport Reviews*, 37(2), 139-151. <https://doi.org/10.1080/01441647.2017.1278647>
- Ding, C., Cao, X., & Wang, Y. (2018). Synergistic effects of the built environment and commuting programs on commute mode choice. *Transportation Research Part A*, 118, 104-118. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.08.041>
- Dirgahayani, P., & Sutanto, H. (2020). The effect of transport demand management policy on the intention to use public transport: A case in Bandung, Indonesia. *Case Studies on Transport Policy*, 8(3), 1062-1072. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2020.03.004>
- Duncan, D. T., Méline, J., Kestens, Y., Day, K., Elbel, B., Trasande, L., & Chaix, B. (2016). Walk Score, Transportation Mode Choice, and Walking Among French Adults: A GPS, Accelerometer, and Mobility Survey Study. *International journal of environmental research and public health*, 13(6). <https://doi.org/10.3390/ijerph13060611>
- El-Geneidy, A., Levinson, D., Diab, E., Boisjoly, G., Verbich, D., & Loong, C. (2016). The cost of equity: Assessing transit accessibility and social disparity using total travel cost. *Transportation Research Part A*, 91, 302-316. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2016.07.003>
- Eriksson, L., & Forward, S. E. (2011). Is the intention to travel in a pro-environmental manner and the intention to use the car determined by different factors? *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 16(5), 372-376. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2011.02.003>
- Ewing, R., & Cervero, R. (2001). Travel and the Built Environment: A Synthesis. *Transportation Research Record*, 1780(1), 87-114. <https://doi.org/10.3141/1780-10>

- exo. (2019). *Rapport Annuel* 2018.
https://exo.quebec/Media/Default/pdf/section8/publications/RA_2018_exo.pdf
- exo. (2021). *Rapport annuel* 2020.
https://exo.quebec/Media/Default/pdf/section8/publications/EXO_RA2020.pdf
- Fatima, K., & Moridpour, S. (2019). Measuring Public Transport Accessibility for Elderly. *MATEC Web of Conferences*, 259. <https://doi.org/10.1051/matecconf/201925903006>
- Frank, L. D., & Pivo, G. (1994). Impacts of Mixed Use and Density on Utilization of Three Modes of Travel: Single-Occupant Vehicle, Transit, and Walking. *TRANSPORTATION RESEARCH RECORD*(1466), 44.
https://www.researchgate.net/publication/235358160_Impacts_of_Mixed_Used_and_Density_on_Utilization_of_Three_Modes_of_Travel_Single-Occupant_Vehicle_Transit_Walking
- Fraszczyk, A., & Mulley, C. (2017). Public Perception of and Attitude to Driverless Train: A Case Study of Sydney, Australia. *Urban Rail Transit*, 3(2), 100-111.
<https://doi.org/10.1007/s40864-017-0052-6>
- Gallivan, F., Ang-Olson, J., Liban, C. B., & Kusumoto, A. (2011). Cost-Effective Approaches to Reduce Greenhouse Gas Emissions Through Public Transportation in Los Angeles, California. *TRANSPORTATION RESEARCH RECORD*(2217), 19-29.
- Garrett, M., & Taylor, B. (2012). Reconsidering Social Equity in Public Transit. *Berkeley Planning Journal*, 13(1). <https://doi.org/10.5070/bp313113028>
- Gehrke, S. R., & Clifton, K. J. (2014). Operationalizing Land Use Diversity at Varying Geographic Scales and Its Connection to Mode Choice Evidence from Portland, Oregon. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2453(1), 128-136.
<https://doi.org/10.3141/2453-16>
- Goswami, A. G., Lall, S. V., World Bank. Social, U. R., & Resilience Global Practice, G. (2015). *Jobs and land use within cities : a survey of theory, evidence, and policy*. World Bank.
<http://documents.worldbank.org/curated/en/2015/10/25191272/jobs-land-use-within-cities-survey-theory-evidence-policy>
- Gouvernement du Canada. (2017). *Pollution atmosphérique associée aux voitures, aux camions, aux camionnettes et aux VUS*. <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/pollution-atmospherique/sources/transports/voitures-camions-camionnettes-vus.html>
- P-9.001, r. 1.1 - Arrêté ministériel concernant la désignation des infrastructures routières à péage exploitées en vertu d'une entente de partenariat public-privé, (2012).
<http://www.legisquebec.gouv.qc.ca/fr/ShowDoc/cr/P-9.001%2c%20r.%201.1/>
- Grimsrud, M., & El-Geneidy, A. (2014). Transit to eternal youth: lifecycle and generational trends in Greater Montreal public transport mode share. *Transportation : Planning - Policy - Research - Practice*, 41(1), 1-19. <https://doi.org/10.1007/s11116-013-9454-9>
- Grisé, E., Boisjoly, G., Maguire, M., & El-Geneidy, A. (2019). Elevating access: Comparing accessibility to jobs by public transport for individuals with and without a physical disability. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 125, 280-293.
<https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.02.017>
- Grisé, E., & El-Geneidy, A. (2018). Where is the happy transit rider? Evaluating satisfaction with regional rail service using a spatial segmentation approach. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 114, 84-96. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2017.11.005>

- Guthrie, A., Fan, Y., & Das, K. V. (2017). Accessibility Scenario Analysis of a Hypothetical Future Transit Network: Social Equity Implications of a General Transit Feed Specification–Based Sketch Planning Tool. *Transportation Research Record*, 2671(1), 1-9. <https://doi.org/10.3141/2671-01>
- Ha, J., Lee, S., & Ko, J. (2020). Unraveling the impact of travel time, cost, and transit burdens on commute mode choice for different income and age groups. *Transportation Research Part A*, 141, 147-166. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2020.07.020>
- Habib, K. N. (2014). Household-level commuting mode choices, car allocation and car ownership level choices of two-worker households: the case of the city of Toronto. *Transportation : Planning - Policy - Research - Practice*, 41(3), 651-672. <https://doi.org/10.1007/s11116-014-9518-5>
- Halawani, A. T. M., & Rehim, F. (2021). Evaluation of the intention to shift to public transit in Saudi Arabia. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 94, 102809. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.102809>
- Hamann, C., & Peek-Asa, C. (2013). On-road bicycle facilities and bicycle crashes in Iowa, 2007–2010. *Accident Analysis & Prevention*, 56, 103-109. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2012.12.031>
- Heinen, E., Panter, J., Mackett, R., & Ogilvie, D. (2015). Changes in mode of travel to work: a natural experimental study of new transport infrastructure. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 12(1), 81. <https://doi.org/10.1186/s12966-015-0239-8>
- Hjorthol, R. (2008). *Daily mobility of men and women—a barometer of gender equality*.
- Hofmann, M. A. (6-9 Dec. 2015 2015). *Searching for effects in big data: Why p-values are not advised and what to use instead*. 2015 Winter Simulation Conference (WSC) (p. 725-736). <https://doi.org/10.1109/WSC.2015.7408210>
- Humphreys, J., & Ahern, A. (2019). Is travel based residential self-selection a significant influence in modal choice and household location decisions? *Transport Policy*, 75, 150-160. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2017.04.002>
- IEA. (2018). *Transport sector CO2 emissions by mode in the Sustainable Development Scenario, 2000-2030*. <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/transport-sector-co2-emissions-by-mode-in-the-sustainable-development-scenario-2000-2030>
- Ingvardson, J. B. f., & Nielsen, O. A. (2018). How urban density, network topology and socio-economy influence public transport ridership: Empirical evidence from 48 European metropolitan areas. *Journal of Transport Geography*, 72, 50-63. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2018.07.002>
- Institut de la Statistique du Québec. (2019). *Perspective démographique du Québec et des régions 2016-2066*. <https://statistique.quebec.ca/fr/fichier/perspectives-demographiques-du-quebec-et-des-regions-2016-2066-edition-2019.pdf>
- Institut de la Statistique du Québec. (2021). *Seuils du faible revenu selon la Mesure du panier de consommation (MPC) de l'année de base 2018, selon le type de collectivité rurale ou urbaine et la taille de l'unité familiale, Québec, 2015-2018 (Version 17 mars 2021)*. <https://statistique.quebec.ca/fr/produit/tableau/seuils-du-faible-revenu-selon-la-mesure-du-panier-de-consommation-mpc-de-lannee-de-base-2018-selon-le-type-de-collectivite-rurale-ou-urbaine-et-la-taille-de-lunite-familiale-quebec-2015-2018>
- IPCC. (2022). *Climate Change 2022. I. P. o. C. Change*. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/>
- Jacob, J. (2012). *Déclin et survie des grandes villes américaines*. Parenthèse.

- Kamruzzaman, M., Baker, D., Washington, S., & Turrell, G. (2013). Residential dissonance and mode choice. *Journal of Transport Geography*, 33, 12-28. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2013.09.004>
- Kang, A. S., Jayaraman, K., Soh, K.-L., & Wong, W. P. (2019). Convenience, flexible service, and commute impedance as the predictors of drivers' intention to switch and behavioral readiness to use public transport. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 62, 505-519. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2019.02.005>
- Kenyon, S., & Lyons, G. (2003). The value of integrated multimodal traveller information and its potential contribution to modal change. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 6(1), 1-21. [https://doi.org/10.1016/S1369-8478\(02\)00035-9](https://doi.org/10.1016/S1369-8478(02)00035-9)
- Kepaptsoglou, K., Milioti, C., Spyropoulou, D., Haider, F., & Karlaftis, A. G. (2020). Comparing traveler preferences for BRT and LRT systems in developing countries: Evidence from Multan, Pakistan. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 7(3), 384-393. <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2018.10.013>
- Khan, J., Hrelja, R., & Pettersson-Löfstedt, F. (2021). Increasing public transport patronage - An analysis of planning principles and public transport governance in Swedish regions with the highest growth in ridership. *Case Studies on Transport Policy*, 9(1), 260-270. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2020.12.008>
- Khattak, A. J., & De Palma, A. (1997). The impact of adverse weather conditions on the propensity to change travel decisions: A survey of Brussels commuters. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 31(3), 181-203. [https://doi.org/10.1016/S0965-8564\(96\)00025-0](https://doi.org/10.1016/S0965-8564(96)00025-0)
- Kolko, J. (2009). Job location, neighborhood change, and gentrification. *Unpublished manuscript*. https://www.frbsf.org/economic-research/wp-content/uploads/sites/4/Gentrification_JedKolko.pdf
- Krizek, K., & El-Geneidy, A. (2007). Segmenting Preferences and Habits of Transit Users and Non-Users. *Journal of Public Transportation*, 10(3), 71-94. <https://doi.org/10.5038/2375-0901.10.3.5>
- Lachapelle, U., Boisjoly, G., & Vermesch, P. (2020). Réalisation d'un portrait des besoins et des habitudes de déplacements des personnes vivant en situation de précarité dans la région de Montréal. <https://publications.polymtl.ca/5266/>
- Lagadic, M. (2019). Along the London Overground: Transport Improvements, Gentrification, and Symbolic Ownership along London's Trendiest Line. *City & Community*, 18(3), 1003-1027. <https://doi.org/10.1111/cico.12414>
- Laviolette, J., Morency, C., Waygood, E. O. D., . (2022). *A kilometer or a mile? Does buffer size matter when it comes to car ownership*. Transportation research board 101th annual meeting, Washington DC. <https://annualmeeting.mytrb.org/OnlineProgram/Details/17200>
- Le, H. T. K., Quinn, F., West, A., & Hankey, S. (2019). Advancing cycling among women An exploratory study of North American cyclists. *Journal of Transport and Land Use*, 12(1), 355-374. <https://doi.org/10.5198/jtlu.2019.1461>
- Lee, J., Nam, J., & Lee, S. (2014). Built Environment Impacts on Individual Mode Choice: An Empirical Study of the Houston-Galveston Metropolitan Area. *International Journal of Sustainable Transportation*, 8(6), 447-470. <https://doi.org/10.1080/15568318.2012.716142>
- Litman, T. (2022). *Evaluating Transportation Equity*. Victoria Transport Policy Institute. <https://www.vtpi.org/equity.pdf>
- Liu, D., & Kwan, M.-P. (2020). Measuring Job Accessibility Through Integrating Travel Time, Transit Fare And Income: A Study Of The Chicago Metropolitan Area. *Tijdschrift voor economische en sociale geografie*, 111(4), 671-685. <https://doi.org/10.1111/tesg.12415>

- Lu, K., Han, B., Lu, F., & Wang, Z. (2016). Urban Rail Transit in China: Progress Report and Analysis (2008-2015). *Urban Rail Transit*, 2(3-4), 93-105. <https://doi.org/10.1007/s40864-016-0048-7>
- Lucas, K. (2012). Transport and social exclusion: Where are we now? *Transport Policy*, 20, 105-113. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2012.01.013>
- Lussier-Tomaszewski, P., & Boisjoly, G. (2021). Thinking regional and acting local: Assessing the joint influence of local and regional accessibility on commute mode in Montreal, Canada. *Journal of Transport Geography*, 90. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2020.102917>
- M.D Boomija, M. C. A., M.Phil. (2008). COMPARISON OF PARTITION BASED CLUSTERING ALGORITHMS. *Journal of Computer Applications*, 1. <https://doi.org/10.1.1.215.4440>
- Maciejewska, M., & Miralles-Guasch, C. (2019). "I have children and thus i drive": Perceptions and motivations of modal choice among suburban commuting mothers. *Finisterra*, 54(110), 55-74. <https://doi.org/10.18055/finis16035>
- Marzluff, J. M. (2008). *Urban ecology : an international perspective on the interaction between humans and nature*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-73412-5>
- McArthur, J., Robin, E., & Smeds, E. (2019). Socio-spatial and temporal dimensions of transport equity for London's night time economy. *Transportation Research Part A*, 121, 433-443. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2019.01.024>
- McIntosh, J., Trubka, R., Kenworthy, J., & Newman, P. (2014). The role of urban form and transit in city car dependence: Analysis of 26 global cities from 1960 to 2000. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 33, 95-110. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2014.08.013>
- Metro Los Angeles. (2019). *UNDERSTANDING HOW WOMEN TRAVEL*. http://libraryarchives.metro.net/DB_Attachments/2019-0294/UnderstandingHowWomenTravel_FullReport_FINAL.pdf
- Milne, E. M. G. (2012). A public health perspective on transport policy priorities. *Journal of Transport Geography*, 21, 62-69. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2012.01.013>
- Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. (2020). *Inventaire québécois des émissions de gaz à effet de serre en 2018 et leur évolution depuis 1990*. <https://www.environnement.gouv.qc.ca/changements/ges/2018/inventaire1990-2018.pdf>
- Ministère des Transports. (2021). *Débit de circulation*. <https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/debit-de-circulation/resource/2bd6ea5d-ba7f-44d5-afcd-4ca968897c1d>
- Morency, C., Demers, M., & Poliquin, E. (2014). Shifting short motorized trips to walking: The potential of active transportation for physical activity in Montreal. *Journal of Transport & Health*, 1(2), 100-107. <https://doi.org/10.1016/j.jth.2014.03.002>
- Morency, C., & Verreault, H. (2020). Assessing the Efficiency of Household Residential Location Choices. *Transportation Research Record*, 2674(11), 455-465. <https://doi.org/10.1177/0361198120946023>
- Morency, P., & Tessier, S. (2017). *Vers une amélioration de la sécurité routière pour tous* (ISBN : 978-2-550-77801-1). Gouvernement du Québec. http://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/PAGE/COMMISSIONS_PERM_V2_FR/MEDIA/DOCUMENTS/MEM_DRSPM_20170419.PDF
- Morrison, C. N., Thompson, J., Kondo, M. C., & Beck, B. (2019). On-road bicycle lane types, roadway characteristics, and risks for bicycle crashes. *Accident Analysis & Prevention*, 123, 123-131. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.11.017>

- Mulley, C., Ma, L., Clifton, G., Yen, B., & Burke, M. (2016). Residential property value impacts of proximity to transport infrastructure: An investigation of bus rapid transit and heavy rail networks in Brisbane, Australia. *Journal of Transport Geography*, 54, 41-52. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.05.010>
- Nguyen-Phuoc, D. Q., Young, W., Currie, G., & De Gruyter, C. (2020). Traffic congestion relief associated with public transport: state-of-the-art. *Public Transport*, 12(2), 455-481. <https://doi.org/10.1007/s12469-020-00231-3>
- Nix, S. (2008). *Travel demand modelling and the modifiable areal unit problem*. Forthcoming in Proceedings of the 43rd Annual Meeting of the Canadian Transportation Research Forum, Fredericton, New Brunswick.
- Nordfjærn, T., Şimşekoğlu, Ö., & Rundmo, T. (2014). The role of deliberate planning, car habit and resistance to change in public transportation mode use. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 27, 90-98. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2014.09.010>
- Oh, S., & Wang, X. (2018). Urban Rail Transit Provides the Necessary Access to a Metropolitan Area: A Case Study of Portland, Oregon, USA. *Urban Rail Transit*, 4(4), 234-248. <https://doi.org/10.1007/s40864-018-0095-3>
- Pagès, J. (2015). *Multiple Factor Analysis by Example Using R* (1^e éd.). Chapman and Hall/CRC.
- Park, K., Farb, A., & Chen, S. (2021). First-/last-mile experience matters: The influence of the built environment on satisfaction and loyalty among public transit riders. *Transport Policy*, 112, 32-42. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2021.08.003>
- Pereira, R., & Boisjoly, G. (2021). *Social Issues in Transport Planning* (1st Edition^e éd.). Academic Press.
- Pinjari, A. R., Pendyala, R. M., Bhat, C. R., & Waddell, P. A. (2011). Modeling the choice continuum: an integrated model of residential location, auto ownership, bicycle ownership, and commute mode choice decisions. *Transportation : Planning - Policy - Research - Practice*, 38(6), 933-958. <https://doi.org/10.1007/s11116-011-9360-y>
- Port de Montréal. (2020). *POURQUOI CHOISIR LE PORT DE MONTRÉAL ?* <https://www.port-montreal.com/fr/marchandises/affaires/pourquoi-choisir-le-port-de-montreal>
- Rahman, M., Yasmin, S., & Eluru, N. (2019). Evaluating the impact of a newly added commuter rail system on bus ridership: a grouped ordered logit model approach. *Transportmetrica A: Transport Science*, 15(2), 1081-1101. <https://doi.org/10.1080/23249935.2018.1564800>
- Raulin, F., Lord, S., & Negron-Poblete, P. (2016). Évaluation de la marchabilité de trois environnements urbains de la région métropolitaine montréalaise à partir de l'outil MAPPA. *VertigO* (Volume 16 numéro 2). <https://doi.org/10.4000/vertigo.17774>
- Réseau Express Métropolitain. (2018). *Le REM et l'accès universel*. https://rem.info/sites/default/files/document/Fiche_technique_REMetAccesuniversel_2018_0.pdf
- Réseau express métropolitain. (2021a). *Building a network for Greater Montréal*. <https://rem.info/en>
- Réseau express métropolitain. (2021b). *Réseau express métropolitain : mise à jour bi-annuelle* <https://rem.info/fr/communiques/reseau-express-metropolitain-mise-jour-bi-annuelle>
- Rojas-Rueda, D., de Nazelle, A., Teixidó, O., & Nieuwenhuijsen, M. J. (2013). Health impact assessment of increasing public transport and cycling use in Barcelona: a morbidity and burden of disease approach. *Preventive medicine*, 57(5), 573-579. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2013.07.021>

- Salon, D., Conway, M. W., Silva, D. C. d., Chauhan, R. S., Derrible, S., Mohammadian, A., . . . Pendyala, R. M. (2021). The potential stickiness of pandemic-induced behavior changes in the United States. *118*(27), e2106499118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2106499118>
- Sánchez, M. I. O., & Gonzalez, E. M. (2016). Gender Differences in Commuting Behavior: Women's Greater Sensitivity. *Transportation Research Procedia*, *18*, 66-72. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.12.009>
- Scheiner, J., Chatterjee, K., & Heinen, E. (2016). Key events and multimodality: A life course approach. *Transportation Research Part A*, *91*, 148-165. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2016.06.028>
- Scheiner, J., & Holz-Rau, C. (2015). Women's complex daily lives: a gendered look at trip chaining and activity pattern entropy in Germany. *Transportation*, *44*(1), 117-138. <https://doi.org/10.1007/s11116-015-9627-9>
- Schepper, B. (2017). *CDPQ et le REM, un projet qui démantèle le réseau de transport en commun de Montréal*. Institut de recherche et d'informations socio-économiques.
- Schikofsky, J., Dannewald, T., & Kowald, M. (2020). Exploring motivational mechanisms behind the intention to adopt mobility as a service (MaaS): Insights from Germany. *Transportation Research Part A*, *131*, 296-312. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2019.09.022>
- Sener, I. N., Lee, K., Durand, C. P., O. Oluyomi, A., & Kohl, H. W. (2020). Intention to use light-rail transit in Houston, Texas, United States: Findings from the travel-related activity in neighborhoods study. *International Journal of Sustainable Transportation*, *14*(12), 944-955. <https://doi.org/10.1080/15568318.2019.1663962>
- Shiwakoti, N., Stasinopoulos, P., Vincec, P., Qian, W., & Hafsar, R. (2019). Exploring how perceptible differences impact the current public transport usage and support for future public transport extension and usage: A case study of Melbourne's tramline extension. *Transport Policy*, *84*, 12-23. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2019.10.002>
- Silver, S. D. (2018). Multivariate methodology for discriminating market segments in urban commuting. *Public Transport : Planning and Operations*, *10*(1), 63-89. <https://doi.org/10.1007/s12469-017-0169-8>
- Société de l'assurance automobile du Québec. (2019). *2019 BILAN ROUTIER*. <https://saaq.gouv.qc.ca/fileadmin/documents/publications/bilan-routier-2019.pdf>
- Sottile, E., Piras, F., & Meloni, I. (2019). Could a New Mode Alternative Modify Psycho-Attitudinal Factors and Travel Behavior? *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, *2673*(9), 94-106. <https://doi.org/10.1177/0361198119843478>
- Stanley, J., & Stanley, J. (2020). Workshop 7 report: Assessing the wider benefits of public transport projects. *Research in Transportation Economics*, *83*. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2020.100914>
- Statistique Canada. (29 novembre 2017 2017). *Navetteurs utilisant le transport durable dans les régions métropolitaines de recensement*. <https://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2016/as-sa/98-200-x/2016029/98-200-x2016029-fra.cfm>
- Steer Davies Gleave. (2017). *Réseau électrique métropolitain (REM) CDPQ Infra Inc. Sommaire des prévisions d'achalandage du REM Février 2017*. https://www.cdpqinfra.com/sites/cdpqinfra8/files/2019-10/summary_rem_forecasting_fr_vf_0.pdf
- STM. (2020). *Rapport d'activité 2019*. <https://www.stm.info/fr/a-propos/informations-entreprise-et-financieres/rapport-annuel-2019/rapport-dactivite-2019>

- STM. (2021). *L'accessibilité universelle dans le métro*. <https://www.stm.info/fr/a-propos/grands-projets/grands-projets-metro/accessibilite-universelle>
- Su, Q., & DeSalvo, J. S. (2008). THE EFFECT OF TRANSPORTATION SUBSIDIES ON URBAN SPRAWL*. *Journal of Regional Science*, 48(3), 567-594. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9787.2008.00564.x>
- Sullivan, G. M., & Feinn, R. (2012). Using Effect Size-or Why the P Value Is Not Enough. *Journal of graduate medical education*, 4(3), 279-282. <https://doi.org/10.4300/JGME-D-12-00156.1>
- Sun, B., Ermagun, A., & Dan, B. (2017). Built environmental impacts on commuting mode choice and distance: Evidence from Shanghai. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 52, 441-453. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2016.06.001>
- Tétreault, L.-F., Eluru, N., Hatzopoulou, M., Morency, P., Plante, C., Morency, C., . . . Smargiassi, A. (2018). Estimating the health benefits of planned public transit investments in Montreal. *Environmental Research*, 160, 412-419. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.10.025>
- Tilahun, N., Thakuria, P., Li, M., & Keita, Y. (2016). Transit use and the work commute: Analyzing the role of last mile issues. *Journal of Transport Geography*, 54, 359-368. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.06.021>
- van Lierop, D., & El-Geneidy, A. (2017). A new market segmentation approach: Evidence from two Canadian cities. *Journal of Public Transportation*, 20(1), 2. <https://doi.org/10.5038/2375-0901.20.1.2>
- van Lierop, D., & El-Geneidy, A. (2017). A New Market Segmentation Approach: Evidence from Two Canadian Cities. *Journal of Public Transportation*, 20(1), 20-43. <https://doi.org/10.5038/2375-0901.20.1.2>
- Van Acker, V., & Witlox, F. (2009). Why land use patterns affect travel behaviour (or not). *Belgeo*, 1, 5-26. <https://doi.org/10.4000/belgeo.8777>
- Velho, R. (2019). Transport accessibility for wheelchair users: A qualitative analysis of inclusion and health. *International Journal of Transportation Science and Technology*, 8(2), 103-115. <https://doi.org/10.1016/j.ijtst.2018.04.005>
- Vélo Québec. (2021). *Carte 2021 – Voies cyclables du Grand Montréal*. <https://www.velo.qc.ca/boite-a-outils/carte-des-voies-cyclables-du-grand-montreal/>
- Vermesch, P., Boisjoly, G., & Lachapelle, U. (2021). Commuting mode share and workplace-based public transport services: An equity perspective. *Case Studies on Transport Policy*, 9(2), 590-599. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2021.02.013>
- Ville de Montréal. (2018). *Profil Sociodémographique, Région métropolitaine de recensement de Montréal*. http://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/PAGE/MTL_STATS_FR/MEDIA/DOCUMENTS/PROFIL_SOCIOD%20MO_RMR%20MONTR%C9AL%202016.PDF#:~:text=L%C3%A2ge%20m%C3%A9dian%20de%20l'est%20de%2040%2C3%20ans.&text=L%C3%A2ge%20moyen%20des%20r%C3%A9sidants,comparativement%20%C3%A0%2039%2C5%20ans.
- Ville de Montréal. (2021). *La Ville de Montréal modifie les règles de circulation sur certaines voies réservées afin d'encourager la mobilité durable et active*. http://ville.montreal.qc.ca/portal/page?_pageid=5798,42657625&_dad=portal&_schema=PORTAL&id=33640
- WalkScore. (2021). *Walk Score Professional*. <https://www.walkscore.com/professional/research.php>

- Wall, S. P., Lee, D. C., Frangos, S. G., Sethi, M., Heyer, J. H., Ayoung-Chee, P., & DiMaggio, C. J. (2016). The Effect of Sharrows, Painted Bicycle Lanes and Physically Protected Paths on the Severity of Bicycle Injuries Caused by Motor Vehicles. *Safety (Basel)*, 2(4). <https://doi.org/10.3390/safety2040026>
- Wichmann, H. E., Mueller, W., Allhoff, P., Beckmann, M., Bocter, N., Csicsaky, M. J., . . . Schoeneberg, G. (1989). Health Effects During a Smog Episode in West Germany in 1985. *Environmental Health Perspectives*, 79, 89-99. <https://doi.org/10.1289/ehp.897989>
- Wilmot, E. G., Edwardson, C. L., Achana, F. A., Davies, M. J., Gorely, T., Gray, L. J., . . . Biddle, S. J. H. (2012). Sedentary time in adults and the association with diabetes, cardiovascular disease and death: systematic review and meta-analysis. *Diabetologia*, 55(11), 2895-2905. <https://doi.org/10.1007/s00125-012-2677-z>
- Yañez-Pagans, P., Martinez, D., Mitnik, O. A., Scholl, L., & Vazquez, A. (2019). Urban transport systems in Latin America and the Caribbean: lessons and challenges. *Latin American Economic Review*, 28(1), 1-25. <https://doi.org/10.1186/s40503-019-0079-z>
- Yannis, G., & Cohen, S. (2016). *Traffic safety*. ISTE, Ltd. ;
- John Wiley and Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/9781119307853>
- Yap, J. B. H., & Goh, S. V. (2017). Determining the potential and requirements of transit-oriented development (TOD). *Property Management*, 35(4), 394-413. <https://doi.org/10.1108/PM-06-2016-0030>
- Yousefzadeh Barri, E., Farber, S., Kramer, A., Jahanshahi, H., Allen, J., & Beyazit, E. (2021). Can transit investments in low-income neighbourhoods increase transit use? Exploring the nexus of income, car-ownership, and transit accessibility in Toronto. *Transportation Research Part D*, 95. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.102849>
- Zhao, P., & Zhang, Y. (2019). The effects of metro fare increase on transport equity: New evidence from Beijing. *Transport Policy*, 74, 73-83. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2018.11.009>
- Zhou, X., Du, H., Liu, Y., Huang, H., Ran, B. J. J. o. U. P., & Development. (2017). Investigating the Intention of Rural Residents to Use Transit in Cixi, China. *143*(2), 05016017.

ANNEXE A ANALYSE TYPOLOGIQUE

Cette section montre les différentes techniques qui ont été utilisées pour déterminer le nombre optimal de types pour décrire les différentes catégories de navetteur selon les caractéristiques spatiales combinées de leur origine et de leur destination dans l'optique d'étudier leur intention d'utiliser le REM et leurs choix modaux.

Intention d'usage

L'étude de l'intention d'usage a fait l'objet d'une étude de la somme des carrés à l'intérieur des types selon le nombre de types. Un coude est clairement visible sur la Figure C-1 au niveau de 6 types à 7 types là où la somme des carrés diminue moins rapidement. Une confirmation visuelle de l'emplacement des lieux de travail et des lieux de résidence de chaque type directement sur la carte a permis de voir quel nombre de types offrait le meilleur équilibre entre la quantité d'information et les nuances de l'information. Le choix de 6 types s'est imposé en raison du fait qu'ils étaient bien définis et facile à distinguer et interpréter. L'ajout d'un 7^e type par exemple n'ajoutait pas d'information pertinente et lorsqu'il y avait moins de 6 types, ceux-ci étaient moins faciles à distinguer.

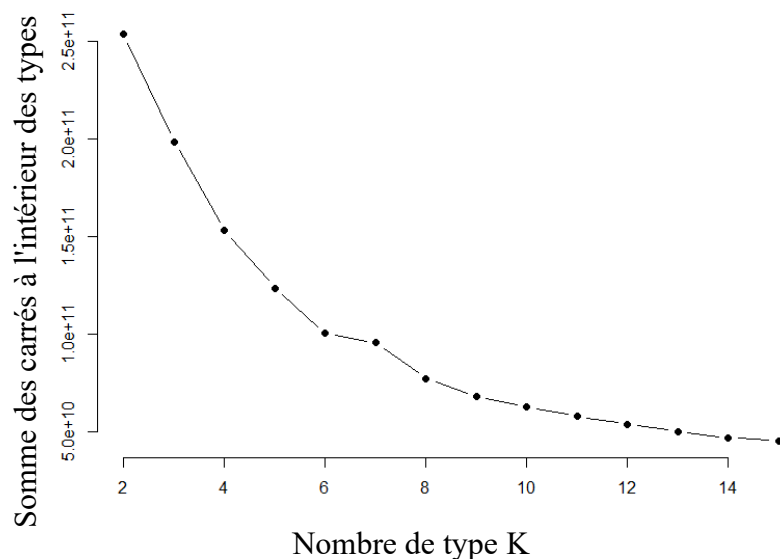


Figure A.1 Somme des carrés à l'intérieur des types selon le nombre de types (REM)

Choix modal

L'étude sur le choix modale a fait l'objet du même genre de test que celle du REM. Comme on peut voir sur la Figure A-2 montrant la somme des carrés de la distance entre les points de chaque type en fonction du nombre de types, celle-ci diminue constamment à mesure que l'on ajoute des types. Par contre, un coude est visible à partir de 6 types, c'est-à-dire un moment où la diminution de la somme des carrés devient de moins en moins importante à mesure que l'on complexifie le modèle.

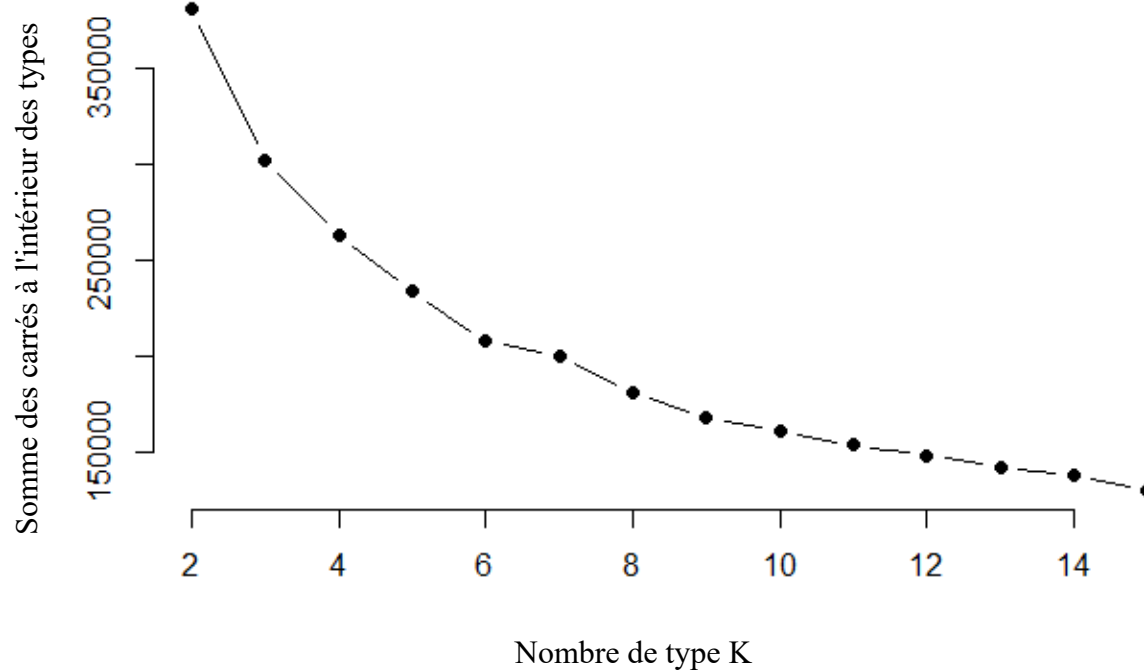


Figure A.2: Somme des carrés à l'intérieur des types selon le nombre de types

La Figure A-3 montre l'évolution de la taille moyenne de la silhouette de chaque type en fonction du nombre de types. Il s'agit d'une autre méthode pour estimer le nombre optimal de types. Bien que l'on cherche à maximiser cette mesure, l'option de 4 types a été rejetée puisqu'elle ne dévoile pas toutes les nuances des résultats. L'option de 6 types, un maximum local, apparaît alors de nouveau comme la plus justifiée.

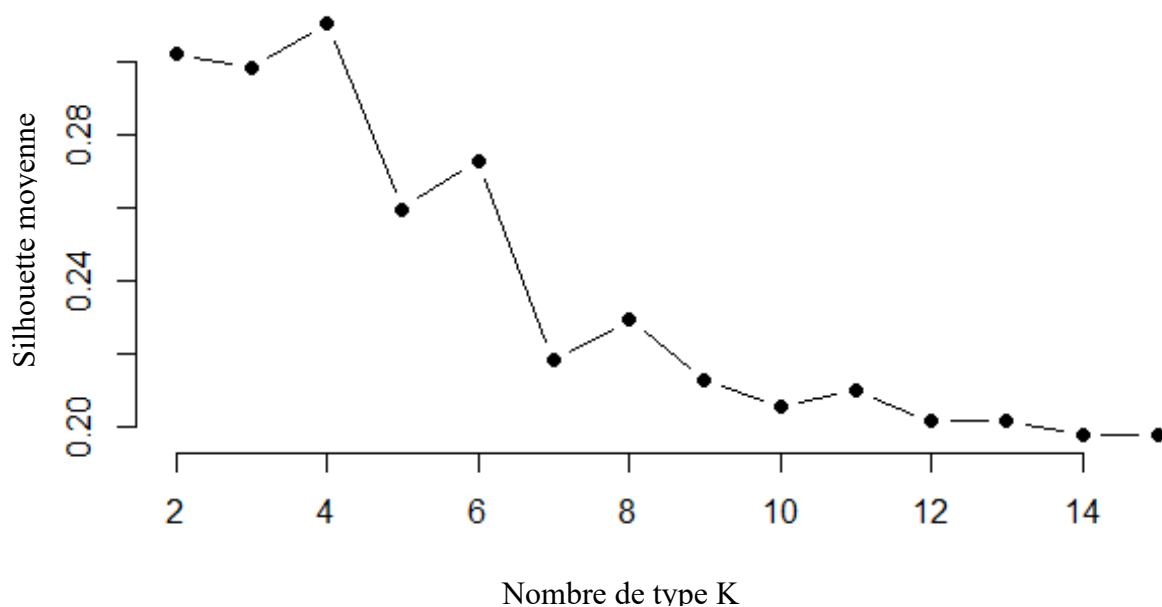


Figure A.3 : Silhouette moyenne selon le nombre de types

ANNEXE B MODÈLE LOGISTIQUE PRÉLIMINAIRE : REM

Analyse complémentaire

L'article devait avoir un nombre maximal de mots pour être présenté c'est pourquoi certaines analyses se retrouvent ici en annexe. Cette annexe présente donc deux autres modèles logistiques ayant servi de comparatif avec le modèle logistique ordonné final pour l'analyse de l'intention d'usage au chapitre 4. Ils confirment que le modèle logistique final a une performance statistique équivalente au modèle ayant des types basés sur les caractéristiques spatiales du lieu d'origine uniquement et au modèle n'ayant aucun type. Cette section montre que le modèle final permet d'avoir une meilleure compréhension de l'impact de la paire origine-destination sur l'intention d'usage sans toutefois nuire à la qualité de celui-ci.

Modélisation de l'intention d'utiliser le REM

Le modèle sans type (Table B-1) inclut toutes les variables utilisées dans les types Domicile-Travail, mais de manière indépendante. Comme on peut le voir, la plupart de ces variables n'ont pas d'effet significatif lorsqu'incluses séparément. Exception notable, la présence d'une station de REM près du domicile et du lieu de travail accroît l'intérêt pour ce mode de transport. Les autres variables indépendantes des caractéristiques des lieux de domicile et de travail ont des effets négligeables et non significatifs. Parmi les variables de contrôle, les ménages à haut revenu, les hommes et les personnes ayant déjà une passe de transport collectif (TC) sont plus intéressés à utiliser le REM. Pour les variables attitudinales, les personnes considérant le REM comme une bonne chose pour leur quartier sont plus susceptibles d'être intéressées par le REM. Ce modèle est aussi le seul affirmant qu'une opinion très négative du REM pour l'environnement augmente significativement l'intention d'utilisation du REM. Mis à part cette différence, les différences avec le modèle final du Chapitre 4 sont négligeables.

Le second modèle se basait sur une typologie prenant uniquement en compte les caractéristiques spatiales (densité de population, présence de TC, distance par rapport au centre-ville, Walk Score) du lieu de domicile. Dans ce modèle (Table B-2), les types sont significatifs, ce qui veut dire que les caractéristiques du lieu de domicile influencent l'intention d'utiliser le REM pour se rendre au travail. La plupart des variables attitudinales et sociodémographiques ont les mêmes effets que pour le modèle de la table B-1 et le modèle final du Chapitre 4. Exception notable, le fait de

considérer que le REM est une bonne chose pour Montréal influence de manière significative l'intention d'utiliser le REM dans ce modèle, alors que dans le premier modèle seul la réponse En désaccord a un effet négatif significatif. Dans le modèle final, cette variable a le même effet positif, mais d'une amplitude moindre.

Comparaison des modèles d'intention d'usage

Afin de déterminer si les modèles plus complexes comprenant des types valaient la peine d'être utilisés, il fallait les comparer entre eux. Pour ce faire, les *log-likelihoods* de chaque modèle ont été comparés afin de déterminer quel était le meilleur. Pour le modèle sans type, le *log-likelihood* était de -2374,2. Le modèle avec des types domicile seulement avait un *log-likelihood* de -2377,3. Finalement, le modèle avec des types Domicile-Travail avait un *log-likelihood* de -2388,9. Tous ces modèles ont des *log-likelihood* non significativement différents selon le *likelihood ratio test*. C'est pourquoi le modèle avec des types Domicile-Travail a été retenu, puisqu'il apporte de nouvelles nuances intéressantes pour l'étude de l'intention d'usage.

Tableau B.1 Résultat de la régression logistique ordonnée modélisant la susceptibilité des répondants d'utiliser le REM lorsqu'il sera complet et opérationnel (pas de typologie)

	Odd. ratio	Ect-type	Valeur-P	
Station du REM au domicile	2.164	0.206	<0.001	***
Station du REM au travail	1.379	0.177	0.069	.
Gare de train au domicile	0.880	0.204	0.530	
Gare de train au travail	0.987	0.163	0.937	
Station de métro au domicile	0.951	0.130	0.697	
Station de métro au travail	1.146	0.145	0.346	
Densité d'emploi	1.001	0.002	0.533	
Départs de bus, pointe du matin (Travail)	1.000	0.000	0.622	
Départs de bus, pointe du matin (domicile)	1.000	0.000	0.035	*
Walk Score Domicile	0.996	0.003	0.186	
Walk Score Travail	0.999	0.003	0.691	
Log de la distance entre travail et Centre-ville	0.971	0.075	0.696	
Log de la distance entre domicile et Centre-ville	1.043	0.072	0.563	
Log de la densité de population	1.086	0.052	0.117	
Revenu (Ref: 60k-89K \$)				
150k+ \$	1.444	0.121	0.002	**
120-149k \$	1.206	0.127	0.141	
90-119k \$	1.182	0.107	0.117	
30-59K \$	1.231	0.112	0.063	.
Moins de 30k \$	1.028	0.153	0.859	
Ne sais pas	1.346	0.141	0.035	*
Genre (Ref: Femme)				
Homme	1.291	0.091	0.005	**
Autre	1.097	0.013	<0.001	***
Handicap (Ref: Non)				

Tableau B.1 Résultat de la régression logistique ordonnée modélisant la susceptibilité des répondants d'utiliser le REM lorsqu'il sera complet et opérationnel (pas de typologie) (suite)

Préfère ne pas répondre	0.823	0.011	<0.001 ***
Oui	0.971	0.160	0.854
Taille du ménage	1.042	0.042	0.322
Ménage avec un bébé	0.915	0.090	0.325
Déplacement en heure de pointe	1.033	0.116	0.782
Déplacement durant la fin de semaine	1.014	0.188	0.939
Possède une passe de Transport collectif	2.008	0.102	<0.001 ***
Le REM est une bonne chose pour Montréal (Ref: neutre)			
Fortement en accord	1.804	0.092	0.282
En accord	1.105	0.144	0.188
En désaccord	0.827	0.096	<0.001 ***
Fortement en Désaccord	0.894	0.083	0.176
Le REM est une bonne chose pour mon quartier (Ref: Neutre)			
Fortement en accord	4.606	0.121	<0.001 ***
En accord	2.386	0.157	0.002 **
En désaccord	0.621	0.161	<0.001 ***
Fortement en Désaccord	0.554	0.152	<0.001 ***
Le REM est une bonne chose pour l'environnement (Ref: Neutre)			
Fortement en accord	1.22	0.119	0.951
En accord	0.993	0.101	0.243
En désaccord	1.126	0.143	0.158
Fortement en Désaccord	1.224	0.046	<0.001 ***
Observation	1697		
Log-Likelihood	-2374.2		
Signif. Codes: p<0.1; *p<0.05; **p<0.01 ***p<0.001	4838.349		

Tableau B.2: Résultats de la régression logistique estimant l'intention d'utiliser le REM lorsqu'il sera complet avec une typologie de lieu de domicile

	Odd. ratio	St. Dev.	p-value
Typologies des lieux de domicile (Ref: Type 1)			
Type 2	1.094	0.156	0.566
Type 3	1.41	0.157	0.028 *
Type 4	2.81	0.267	<0.001 ***
Type 5	0.72	0.135	0.015 *
Type 6	0.69	0.154	0.016 *
Revenu (Ref: 60k-89K \$)			
150k+ \$	1.565	0.155	0.003 **
120-149k \$	1.229	0.165	0.209
90-119k \$	1.186	0.143	0.232
30-59K \$	1.158	0.146	0.313
Moins de 30k \$	0.928	0.224	0.739
Ne sais pas	1.378	0.183	0.079 .
Genre (Ref: Femme)			
Homme	1.283	0.092	0.007 **
Autre	1.188	0.419	0.680
Handicap (Ref: Non)			
Préfère ne pas répondre	0.855	0.367	0.670
Oui	0.969	0.161	0.846
Taille du ménage	1.029	0.042	0.487
Ménage avec un bébé	0.919	0.09	0.345
Déplacement en heure de pointe	1.065	0.116	0.586
Déplacement durant la fin de semaine	1.071	0.189	0.715
Possède une passe de Transport collectif	2.204	0.093	< 0.001 ***

Tableau B.2 Résultats de la régression logistique estimant l'intention d'utiliser le REM lorsqu'il sera complet avec une typologie de lieu de domicile (suite)

Le REM est une bonne chose pour Montréal (Ref: neutre)			
Fortement en accord	1.847	0.184	<0.001 ***
En accord	1.124	0.16	0.466
En désaccord	0.887	0.276	0.664
Fortement en Désaccord	0.871	0.313	0.659
Le REM est une bonne chose pour mon quartier (Ref: Neutre)			
Fortement en accord	4.672	0.163	< 0.001 ***
En accord	2.406	0.121	<0.001 ***
En désaccord	0.624	0.159	0.003 **
Fortement en Désaccord	0.569	0.185	0.002 ***
Le REM est une bonne chose pour l'environnement (Ref: Neutre)			
Fortement en accord	1.184	0.164	0.303
En accord	0.962	0.129	0.767
En désaccord	1.077	0.265	0.779
Fortement en Désaccord	0.84	0.36	0.627
Observation	1697		
Log-Likelihood	-2377.3		
AIC	4838.349		

Signif. Codes: $p < 0.1$; * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$ *** $p < 0.001$

ANNEXE C MODÈLE LOGISTIQUE PRÉLIMINAIRE : CHOIX MODAL

Analyse complémentaire choix modal

Les analyses complémentaires du Chapitre 5 reprennent les mêmes analyses que celles du Chapitre 4, mais appliquées à la probabilité de choisir un mode. C'est pourquoi les modèles préliminaires font aussi partie d'un chapitre séparé pour cette étude de cas.

Il n'était pas nécessaire de revenir sur la comparaison pour un modèle sans type, avec type de domicile ou avec type Domicile-Travail. Seule la comparaison entre un modèle logistique et un modèle logistique imbriqué (*nested logit*) a été étudiée. La différence entre un modèle à six catégories de mode (auto-conducteur, auto-passager, transport collectif, vélo, marche, multimodale) et à neuf catégories de mode (le transport collectif étant divisé entre le métro, le train, le bus et la combinaison de deux ou trois de ces modes) a aussi été étudié.

Les trois modèles ont donc été testés : (i) un modèle logistique régulier avec 6 modes à la table C-1, (ii) un modèle logistique imbriqué avec 6 modes à la Table C-2 et (iii) le modèle final imbriqué à 9 modes de la Table 5-3 au Chapitre 5. Les catégories de référence des modèles testés sont choisies en fonction de l'interprétation de l'auteur et sont les mêmes pour les trois modèles. Pour les modes de transport, la référence est l'auto-conducteur puisque l'automobile est le moyen de transport le plus populaire de la région. Le type de référence est les *navetteurs typiques*, puisque l'hypothèse est que le réseau de transport est principalement conçu pour relier les banlieues au centre-ville. Il en résulte un modèle où la probabilité de choisir les modes autre que l'automobile est plus faible pour tous les types en comparaison au *navetteur typique*. La différence se trouve dans la valeur des coefficients entre les différences alternatives. Les trois modèles restent stables peu importe le nombre de variables de contrôle ajoutées et le niveau de significativité des variables est très élevé.

Modèle logistique 6 modes

Le modèle logistique de la table C-1 est très stable, peu importe le nombre de variables de contrôles qui est inclus. La plupart des variables y sont fortement significatives ce qui en augmente son intérêt. Tout d'abord, tous les modes actifs et collectifs ont une moins grande probabilité d'être choisis pour tous les types comparativement aux *navetteurs typiques*. La différence est cependant beaucoup plus faible et non significative pour la marche et le vélo pour les *urbains*.

En comparaison au modèle final présenté au Chapitre 5 le modèle de la table C-1 ne permet pas de montrer toute la subtilité dans l'utilisation du transport collectif, notamment que les banlieusards choisissent parfois le bus, mais aucunement le métro ou que les urbains choisissent beaucoup le métro, mais peu le train. Ces modes sont tous réunis sous le mode Transport collectif.

Modèle logistique imbriqué 6 modes

Le modèle logistique imbriqué de la table C-2 est le plus stable parmi les différentes alternatives d'imbrication testées. Il comporte deux groupes : la voiture (auto-conducteur, auto-passager) et les modes durables (TC, vélo, marche). Tous les coefficients sont en comparaison avec les navetteurs typiques, le type de référence qui utilise le plus les modes actif et collectif. Cela explique que les coefficients des autres types soient généralement négatifs. L'imbrication produit certaines différences avec le modèle de la table C-1 principalement les valeurs des coefficients, mais leur signe reste le même. Pour ce qui est des variables de contrôle, il y a peu de différence avec le modèle logistique final du Chapitre 5. Par contre, le modèle final du Chapitre 5 comprend trois imbrications contrairement à celui de la table C-2 qui en a deux. C'est parce que l'imbrication des transports durables de la table C-2 a été séparée entre modes actifs et transport collectif. Le fait que le lambda des trois imbrications du modèle du Chapitre 5 est significatif démontre que de passer de deux à trois imbrications était pertinent.

Comparaison des modèles de probabilité de choisir un mode

La possibilité de faire un modèle logistique imbriquée a été envisagée pour cette analyse de probabilité de choisir un mode. La comparaison a d'abord été faite entre un choix modal basé sur 6 modes (auto-conducteur, auto-passager, TC, multimodal, vélo et marche) et un choix modal basé sur 9 modes (auto-conducteur, auto-passager, bus, métro, train, multi-TC, multimodal, vélo et marche). Le modèle logistique régulier avait un *log-likelihood* de -23895 alors que le modèle imbriqué avait un *log-likelihood* de -23882. Le test de ratio a démontré que la différence n'était pas significative et que donc les deux modèles s'équivalent en termes de performance statistique. Le modèle final imbriqué avec 9 modes a un *log-likelihood* de -31915, mais cette valeur n'est pas directement comparable au modèle à six variables. Cela demeure cependant le modèle choisi au final, car il fournit une meilleure compréhension des différents types de service de TC et séparément du transport actif. Les coefficients sont significatifs.

Tableau C.1 Régression logistique : choix entre 6 modes pour les déplacements domicile-travail

	coefficient	Ect. type	Valeur-Z	Valeur-P	
(Intercept): Auto, Passager	3.626	0.335	10.822	< 0.001	***
(Intercept) : Marche	6.319	0.309	20.425	< 0.001	***
(Intercept): multimodal	-1.925	0.480	-4.006	< 0.001	***
(Intercept): Transport collectif	4.741	0.287	16.538	< 0.001	***
(Intercept): Vélo	3.571	0.481	7.425	< 0.001	***
Type (Ref : Navetteur Typique)					
Voisin du train (Ref: Auto, conducteur)					
Auto, passager	-0.898	0.154	-5.843	< 0.001	***
Marche	-1.368	0.135	-10.113	< 0.001	***
Multimodal	-2.943	0.183	-16.081	< 0.001	***
Transport collectif	-1.606	0.100	-16.077	< 0.001	***
Vélo	-1.374	0.193	-7.130	< 0.001	***
Navetteur urbain (Ref : Auto, conducteur)					
Auto, passager	-0.723	0.129	-5.589	< 0.001	***
Marche	-1.841	0.129	-14.286	< 0.001	***
Multimodal	-1.135	0.085	-13.282	< 0.001	***
Transport collectif	-1.147	0.076	-15.166	< 0.001	***
Vélo	-0.848	0.144	-5.906	< 0.001	***
Banlieusard (Ref : Auto, conducteur)					
Auto, passager	-0.869	0.116	-7.493	< 0.001	***
Marche	-2.010	0.108	-18.687	< 0.001	***
Multimodal	-4.029	0.154	-26.230	< 0.001	***
Transport collectif	-3.499	0.099	-35.347	< 0.001	***
Vélo	-2.256	0.166	-13.602	< 0.001	***

Tableau C.1 : Régression logistique : choix entre 6 modes pour les déplacements domicile-travail (suite)

Urbain (Ref : Auto, conducteur)

Auto, passager	-0.764	0.133	-5.753	< 0.001	***
Marche	-0.281	0.097	-2.909	0.004	**
Multimodal	-3.424	0.190	-18.007	< 0.001	***
Transport collectif	-1.140	0.079	-14.340	< 0.001	***
Vélo	-0.145	0.125	-1.163	0.245	

Utilisateur de la voiture Urbain (Ref : Auto, conducteur)

Auto, passager	-0.962	0.120	-8.041	< 0.001	***
Marche	-1.509	0.101	-14.984	< 0.001	***
Multimodal	-3.526	0.138	-25.559	< 0.001	***
Transport collectif	-2.569	0.082	-31.434	< 0.001	***
Vélo	-1.664	0.143	-11.623	< 0.001	***

Déplacement en heure de pointe (Ref: Auto, conducteur)

Auto, passager	0.191	0.062	3.058	0.002	**
Marche	-0.381	0.057	-6.738	< 0.001	***
Multimodal	0.595	0.082	7.269	< 0.001	***
Transport collectif	0.439	0.051	8.594	< 0.001	***
Vélo	0.310	0.083	3.753	< 0.001	***

Ménage avec un bébé (Ref : auto, conducteur)

Auto, passager	-0.215	0.101	-2.126	0.034	*
Marche	-0.230	0.096	-2.382	0.017	*
Multimodal	0.062	0.102	0.608	0.544	
Transport collectif	-0.106	0.075	-1.413	0.158	
Vélo	-0.117	0.120	-0.981	0.327	

Ménage avec une voiture (Ref : 0 voiture, Auto, conducteur)

Auto, passager	-2.453	0.195	-12.558	< 0.001	***
----------------	--------	-------	---------	---------	-----

Tableau C.1 : Régression logistique : choix entre 6 modes pour les déplacements domicile-travail (suite)

Marche	-4.017	0.157	-25.659	< 0.001	***
Multimodal	-2.054	0.248	-8.291	< 0.001	***
Transport collectif	-3.781	0.156	-24.181	< 0.001	***
Vélo	-4.007	0.168	-23.843	< 0.001	***

Ménage avec 2 autos ou + (Ref : Auto, conducteur)

Auto, passager	-3.469	0.198	-17.533	< 0.001	***
Marche	-5.457	0.163	-33.566	< 0.001	***
Multimodal	-1.996	0.247	-8.067	< 0.001	***
Transport collectif	-5.272	0.160	-32.959	< 0.001	***
Vélo	-5.950	0.186	-31.971	< 0.001	***

Possède une passe de transport collectif (Ref: Auto, conducteur)

Auto, passager	1.300	0.082	15.769	< 0.001	***
Marche	1.058	0.078	13.526	< 0.001	***
Multimodal	4.327	0.083	52.420	< 0.001	***
Transport collectif	4.298	0.053	81.118	< 0.001	***
Vélo	0.532	0.119	4.458	< 0.001	***

Genre (Ref : Homme, Auto, conducteur)

Femme : Auto, passager	0.826	0.059	13.892	< 0.001	***
Femme : Marche	0.476	0.055	8.632	< 0.001	***
Femme : multimodal	0.417	0.066	6.344	< 0.001	***
Femme : Transport collectif	0.317	0.046	6.864	< 0.001	***
Femme : Vélo	-0.251	0.077	-3.253	0.001	**

Bas revenu (Ref : Moyen revenu et Auto, conducteur)

Auto, passager	0.300	0.086	3.487	< 0.001	***
Marche	0.164	0.082	1.997	0.046	*
Multimodal	-0.599	0.153	-3.904	< 0.001	***
Transport collectif	0.284	0.073	3.874	< 0.001	***
Vélo	-0.574	0.145	-3.961	< 0.001	***

Tableau C.1 : Régression logistique : choix entre 6 modes pour les déplacements domicile-travail (suite)

Haut revenue (Ref : Moyen revenu et Auto, conducteur)

Auto, passager	0.064	0.080	0.801	0.423
Marche	0.333	0.076	4.391	< 0.001 ***
Multimodal	-0.102	0.080	-1.280	0.201
Transport collectif	0.016	0.062	0.263	0.793
Vélo	0.616	0.094	6.520	< 0.001 ***

Âge (Ref: Auto, conducteur)

Auto, passager	-0.152	0.012	-13.040	< 0.001 ***
Marche	-0.142	0.012	-12.129	< 0.001 ***
Multimodal	0.065	0.019	3.387	0.001 ***
Transport collectif	-0.079	0.011	-7.261	< 0.001 ***
Vélo	-0.040	0.021	-1.918	0.055 .

Âge au carré (Ref: Auto, conducteur)

Auto, passager	0.002	0.000	12.093	< 0.001 ***
Marche	0.001	0.000	10.761	< 0.001 ***
Multimodal	-0.001	0.000	-3.824	< 0.001 ***
Transport collectif	0.001	0.000	5.928	< 0.001 ***
Vélo	0.000	0.000	0.882	0.378

Observation

39077

Signif. codes: 0 '*' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1**

Log-Likelihood: -23895

McFadden R²: 0.43764

Likelihood ratio test : chisq = 37191 (p.value = < 2.22e-16)

Tableau C.2 Régression logistique imbriquée, choix entre 6 modes pour les déplacements domicile-travail

	coefficient	Ect. type	Valeur-Z	Valeur-P	
(Intercept): Auto, Passager	5.423	0.833	6.509	< 0.001	***
(Intercept) : Marche	7.021	0.442	15.890	< 0.001	***
(Intercept): multimodal	-4.536	1.058	-4.287	< 0.001	***
(Intercept): Transport collectif	5.035	0.461	10.911	< 0.001	***
(Intercept): Vélo	2.838	0.727	3.905	< 0.001	***
Type (Ref : Navetteur typique)					
Voisin du train (Ref: Auto, Conducteur)					
Auto, passager	-1.394	0.298	-4.687	< 0.001	***
Marche	-1.297	0.181	-7.174	< 0.001	***
Multimodal	-3.537	0.289	-12.248	< 0.001	***
Transport collectif	-1.618	0.121	-13.357	< 0.001	***
Vélo	-1.309	0.266	-4.919	< 0.001	***
Navetteur urbain (Ref : Auto, Conducteur)					
Auto, passager	-1.148	0.247	-4.656	< 0.001	***
Marche	-2.118	0.184	-11.497	< 0.001	***
Multimodal	-1.202	0.105	-11.416	< 0.001	***
Transport collectif	-1.197	0.089	-13.463	< 0.001	***
Vélo	-0.677	0.202	-3.343	0.001	***
Banlieusard (Ref : Auto, Conducteur)					
Auto, passager	-1.396	0.255	-5.485	< 0.001	***
Marche	-1.724	0.163	-10.547	< 0.001	***
Multimodal	-4.502	0.224	-20.098	< 0.001	***
Transport collectif	-3.673	0.128	-28.610	< 0.001	***
Vélo	-2.166	0.240	-9.015	< 0.001	***
Urbain (Ref : Auto, conducteur)					
Auto, passager	-1.142	0.251	-4.559	< 0.001	***
Marche	-0.040	0.140	-0.287	0.774	

Tableau C.2 : Régression logistique imbriquée, choix entre 6 modes pour les déplacements domicile-travail (suite)

Multimodal	-4.620	0.381	-12.111	< 0.001 ***
Transport collectif	-1.300	0.093	-13.914	< 0.001 ***
Vélo	0.115	0.181	0.632	0.528

Utilisateur de la voiture urbain (Ref : Auto, Conducteur)

Auto, passager	-1.527	0.269	-5.680	< 0.001 ***
Marche	-1.260	0.151	-8.322	< 0.001 ***
Multimodal	-4.102	0.223	-18.398	< 0.001 ***
Transport collectif	-2.728	0.102	-26.810	< 0.001 ***
Vélo	-1.525	0.199	-7.673	< 0.001 ***

Déplacement en heure de pointe (Ref: Auto, conducteur)

Auto, passager	0.304	0.106	2.869	0.004 **
Marche	-0.622	0.083	-7.459	< 0.001 ***
Multimodal	0.811	0.116	7.009	< 0.001 ***
Transport collectif	0.556	0.061	9.074	< 0.001 ***
Vélo	0.396	0.114	3.469	0.001 ***

Ménage avec un bébé (Ref : Auto, conducteur)

Auto, passager	-0.316	0.168	-1.884	0.060 .
Marche	-0.263	0.119	-2.200	0.028 *
Multimodal	0.112	0.133	0.837	0.403
Transport collectif	-0.139	0.086	-1.618	0.106
Vélo	-0.085	0.161	-0.528	0.598

Ménage avec 1 voiture (Ref : Auto, conducteur)

Auto, passager	-3.637	0.551	-6.607	< 0.001 ***
Marche	-4.445	0.249	-17.830	< 0.001 ***
Multimodal	-1.538	0.443	-3.475	0.001 ***
Transport collectif	-4.093	0.252	-16.222	< 0.001 ***
Vélo	-4.407	0.264	-16.702	< 0.001 ***

Tableau C.2 : Régression logistique imbriquée, choix entre 6 modes pour les déplacements domicile-travail (suite)

Ménage avec plus d'une voiture (Ref : Auto, Conducteur)

Auto, passager	-5.248	0.745	-7.045	< 0.001 ***
Marche	-5.881	0.263	-22.396	< 0.001 ***
Multimodal	-0.961	0.530	-1.812	0.070 .
Transport collectif	-5.755	0.273	-21.048	< 0.001 ***
Vélo	-6.694	0.297	-22.520	< 0.001 ***

Possède une passe de transport collectif (Ref: Auto, conducteur)

Auto, passager	2.031	0.286	7.110	< 0.001 ***
Marche	0.110	0.265	0.414	0.679
Multimodal	4.780	0.133	35.890	< 0.001 ***
Transport collectif	4.792	0.117	40.965	< 0.001 ***
Vélo	-0.742	0.356	-2.084	0.037 *

Genre (Ref : Homme, Auto, Conducteur)

Auto, passager	1.280	0.188	6.810	< 0.001 ***
Marche	0.608	0.072	8.384	< 0.001 ***
Multimodal	0.527	0.089	5.917	< 0.001 ***
Transport collectif	0.401	0.059	6.859	< 0.001 ***
Vélo	-0.476	0.121	-3.922	< 0.001 ***

Bas Revenu (Ref : Moyen revenu, Auto, Conducteur)

Auto, passager	0.455	0.145	3.132	0.002 **
Marche	0.233	0.095	2.445	0.015 *
Multimodal	-0.881	0.227	-3.875	< 0.001 ***
Transport collectif	0.386	0.085	4.511	< 0.001 ***
Vélo	-0.887	0.216	-4.104	< 0.001 ***

Haut revenu (Ref : Moyen revenu, Auto, Conducteur)

Tableau C.2 : Régression logistique imbriquée, choix entre 6 modes pour les déplacements domicile-travail (Suite)

Auto, passager	0.097	0.129	0.752	0.452	
Marche	0.357	0.097	3.675	< 0.001	***
Multimodal	-0.225	0.106	-2.122	0.034	*
Transport collectif	-0.049	0.073	-0.679	0.497	
Vélo	0.855	0.130	6.573	< 0.001	***
Âge (Ref: Auto, Conducteur)					
Auto, passager	-0.241	0.036	-6.679	< 0.001	***
Marche	-0.176	0.015	-12.010	< 0.001	***
Multimodal	0.104	0.029	3.533	< 0.001	***
Transport collectif	-0.098	0.014	-7.189	< 0.001	***
Vélo	-0.020	0.027	-0.738	0.461	
Âge au carré (Ref: Auto, conducteur)					
Auto, passager	0.002	0.000	6.519	< 0.001	***
Marche	0.002	0.000	10.686	< 0.001	***
Multimodal	-0.001	0.000	-3.795	< 0.001	***
Transport collectif	0.001	0.000	6.076	< 0.001	***
Vélo	0.000	0.000	-0.081	0.935	
Automobile	1.608	0.224	7.162	< 0.001	***
Mode durable	1.471	0.110	13.432	< 0.001	***
Observation			39077		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Log-Likelihood: -23882

McFadden R²: 0.43796

Likelihood ratio test : chisq = 37219 (p.value = < 2.22e-16)