

Titre: Contributions à l'amélioration des services de transport adapté
Title:

Auteur: Camille Garnier
Author:

Date: 2023

Type: Mémoire ou thèse / Dissertation or Thesis

Référence: Garnier, C. (2023). Contributions à l'amélioration des services de transport adapté [Thèse de doctorat, Polytechnique Montréal]. PolyPublie.
Citation: <https://publications.polymtl.ca/57096/>

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

URL de PolyPublie: <https://publications.polymtl.ca/57096/>
PolyPublie URL:

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

Programme: Doctorat en génie industriel
Program:

POLYTECHNIQUE MONTRÉAL

affiliée à l'Université de Montréal

Contributions à l'amélioration des services de transport adapté

CAMILLE GARNIER

Département de mathématiques et de génie industriel

Thèse présentée en vue de l'obtention du diplôme de *Philosophiæ Doctor*

Génie industriel

Décembre 2023

POLYTECHNIQUE MONTRÉAL

affiliée à l'Université de Montréal

Cette thèse intitulée :

Méthodologie d'amélioration des services de transport adapté

présentée par **Camille GARNIER**

en vue de l'obtention du diplôme de *Philosophiæ Doctor*

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

Jean-Marc FRAYRET, président

Martin TRÉPANIÉ, membre et directeur de recherche

Catherine MORENCY, membre et codirectrice de recherche

Owen WAYGOOD, membre

Dominic VILLENEUVE, membre externe

DÉDICACE

À toutes les personnes mises en situation de handicap par la société dans laquelle nous vivons.

Et à toutes les personnes qui prendront le temps de parcourir cette thèse.

REMERCIEMENTS

Je tiens d'abord à remercier Martin Trépanier et Catherine Morency pour leur supervision tout au long de ce projet de recherche. Les avoir à mes côtés m'a permis de non seulement atteindre mes objectifs, mais également de les dépasser. Merci à vous d'avoir vu en moi un potentiel que j'étais loin de soupçonner.

Je veux aussi souligner l'apport des organismes qui ont financé mes recherches : la Société de transport de Montréal (STM), l'organisme Mitacs et le Conseil de recherches en science naturelle et en génie du Canada (CRSNG)

Je tiens aussi à remercier mes collègues de Polytechnique Montréal qui m'ont apporté leur soutien scientifique, technique, et surtout moral tout au long de mon doctorat. Merci à Suzanne Pirie, Joliann Morissette, Gabriel Lefebvre-Ropars, Jérôme Laviolette, Élodie Deschaintres, Hubert Verreault, Émilie Savard, Alessia Rigonat, Charlotte Couture, Frédérique Cusson, Arame Niang, et Chahid Ahabchane.

Je tiens aussi à remercier ma famille et mes amis qui ont été présents pour moi dans les bons comme dans les moins bons moments. Je n'aurais jamais embarqué dans cette montagne russe sans vous. Merci à mes parents Lyne Laflamme et Marc-Antoine Garnier, à mon frère Simon Garnier, et un merci tout spécial à la femme de ma vie, Lorie Comtois, qui est devenue une experte du transport adapté à force de m'entendre parler de mon projet de recherche. Grâce à toi, mes remises en question ont été brèves et les moments de joie plus nombreux. Merci aussi de nous avoir offert le plus beau cadeau du monde, la petite Charlie, qui amène de nouveaux rayons de soleil dans nos vies. Ceux-ci auront été bénéfiques à ma motivation.

Finalement, en toute humilité, je souhaite affirmer que je suis fière de moi et de ma persévérance tout au long de ce projet. J'ai dépassé mes limites, j'ai affronté mes angoisses et j'ai développé mon autonomie. Ce projet m'aura rendue meilleure.

RÉSUMÉ

La mobilité est l'un des vecteurs primordiaux pour la participation sociale et l'accès aux opportunités. Cet énoncé s'applique à l'ensemble de la population et les personnes en situation de handicap (PSH) ne sont pas une exception. Ainsi, il existe des services de TA (transport adapté) qui sont destinés aux PSH. Ce type de service permet aux usagers admissibles de réserver des déplacements porte-à-porte dans un territoire donné et selon un horaire préétabli. Le transport adapté est généralement opéré par les services de transport collectif réguliers et ceux-ci tentent de jumeler les usagers dans différents types de véhicule (minibus, taxi régulier, taxi adapté, etc.). Le TA est un mode de transport essentiel pour la PSH; cependant, il existe un déséquilibre grandissant entre l'offre et la demande pour ce type de service. En effet, la population est vieillissante et le nombre de personnes en situation de handicap augmente. En parallèle à cela, la pénurie de main-d'œuvre et le manque de ressources financières ne permettent pas de répondre à cette demande croissante. Du côté de l'offre de mobilité globale, il y a des disparités entre les personnes avec et sans handicap. Les PSH ont souvent moins d'alternatives de transport exemptes d'obstacles, ce qui les rend parfois captives d'un seul mode; autrement, elles sont isolées à leur domicile. Finalement, le dernier enjeu associé à la mobilité des PSH est que les connaissances en lien avec leurs comportements de mobilité sont limitées par le manque d'accessibilité aux données et par le faible nombre de chercheurs qui valorisent ces données, lorsque disponibles.

La question de recherche qui émerge de ces enjeux est : *Comment améliorer les services de transport adapté afin que ceux-ci répondent aux besoins des usagers actuels et futurs ?* De cette question découle l'objectif principal de ce projet de recherche, soit d'identifier des stratégies et mécanismes permettant d'améliorer les services de transport adapté. Cinq sous-objectifs sont chacun associés à un des articles qui composent cette thèse par article :

1. Développer une méthodologie d'ajustement des temps aux arrêts pour les services de TA.
2. Évaluer le potentiel d'inclusion des déplacements du TA dans les services de transport collectif régulier.
3. Développer un algorithme permettant d'estimer la proportion de la population admissible aux services de TA.

4. Mieux comprendre les comportements de mobilité des personnes en situation de handicap
5. Améliorer la compréhension des impacts de la COVID-19 sur le TA.

La revue de littérature en lien avec la planification des déplacements du TA, les transferts modaux, la marchabilité, l'accessibilité universelle des infrastructures de transport, la captivité, les innovations, les bonnes pratiques en TA et la COVID-19 a permis d'identifier plusieurs manques au niveau des connaissances. D'abord, il y a une faible considération des personnes ayant une déficience intellectuelle ou psychique dans les études en transport. En effet, ces personnes sont plus difficiles à rejoindre avec les enquêtes de mobilité et souvent, les études qui s'intéressent à la mobilité au sens large ne demandent pas le type de déficience des répondants. Pourtant, les études qui ont caractérisé la mobilité des personnes avec des déficiences intellectuelles et psychiques concluent généralement que les comportements de mobilité de celles-ci sont différents des comportements des personnes ayant des déficiences motrices, organiques ou autres. De plus, les recherches associées à la mobilité des PSH sont principalement réalisées aux États-Unis : 65% des articles cités dans la revue de littérature qui concernent ce sujet proviennent des États-Unis. Puisque le contexte peut grandement influencer la méthodologie et les recommandations émises, il serait essentiel de faire de la recherche ailleurs dans le monde. Une autre lacune de la littérature est qu'il y a un faible lien entre les aspects opérationnels du TA et les impacts sociaux pour les usagers. D'un côté, les chercheurs en sciences pures ou appliquées développent des méthodologies qui visent à améliorer l'efficacité, la rentabilité ou la sécurité des services de transport adapté. De l'autre côté, des chercheurs en sciences sociales identifient les impacts du TA sur la santé, l'isolement social, l'accès à l'emploi. On constate donc que les aspects opérationnels et sociaux sont traités en silo; ainsi, il peut être difficile d'identifier les retombées réelles des interventions apportées aux services de transport adapté sur les PSH. Il y a aussi un manque de connaissances associé au fait qu'il y a peu de recherche en lien avec les alternatives privées de mobilité adaptée. En effet, il existe d'autres types de services destinés aux PSH ou aux PA (personnes âgées) qui sont plus méconnus puisqu'ils sont privés ou offerts par des organismes communautaires. Comme ces services sont offerts à plus petite échelle, peu de données sont collectées et celles-ci sont difficilement accessibles. Ainsi, il est difficile de faire un portrait global de la mobilité des PSH. Finalement, il y a encore très peu de littérature en lien avec les impacts de la pandémie de COVID-19 sur le TA et sur les usagers du service. Le phénomène étant récent du point de vue de la

littérature scientifique, il est nécessaire de poursuivre les efforts de recherche afin de mieux comprendre le nouveau comportement de mobilité des usagers et être mieux préparé en cas de récurrence.

Ce projet de recherche repose sur l'utilisation de cinq sources de données. Premièrement, les données du service de transport adapté de la Société de transport de Montréal (STM) sont collectées lors de l'admission, de la réservation et à chacun des déplacements. Deuxièmement, les données de l'ECI (enquête canadienne sur l'incapacité) de 2017 permettent de faire le portrait de la population en situation de handicap au Canada. Troisièmement, les données de l'enquête sur les perceptions et les habitudes de mobilité des usagers du TA, réalisée par l'Autorité régionale de transport métropolitain (ARTM) en 2020, ont permis d'obtenir de l'information sur la mobilité des usagers du TA, tous modes de transport confondus, en plus de s'intéresser aux impacts de la COVID-19 sur les comportements de mobilité des usagers. Quatrièmement, les données de l'enquête origine-destination (OD) de 2018, aussi réalisée par l'ARTM, ont été utiles pour ce projet de recherche. Celles-ci apportent de l'information sur les déplacements d'une journée normale de semaine. En 2018, une question a été ajoutée à l'enquête pour mieux identifier les PSH. Finalement, les données internes de satisfaction des usagers du transport collectif régulier de la STM ont été valorisées.

Le premier sous-objectif de la thèse est de développer une méthodologie d'ajustement des temps aux arrêts pour les services de TA. Pour réaliser cela, un modèle permettant d'identifier et de quantifier les facteurs ayant un impact sur les temps aux arrêts a été réalisé. Une régression linéaire multiple basée sur les données du TA de la STM a permis de conclure que les temps aux arrêts sont significativement influencés par le jour de la semaine, le moment de l'année, la période de la journée, le type de véhicule, le nombre de personnes qui montent et descendent ainsi que leur type (ambulant, en fauteuil roulant ou accompagnateur), le territoire, et le type de lieu. Les résultats du modèle ont été implantés à même la planification du service de transport adapté de la STM; cela a contribué notamment à améliorer la ponctualité du service, à réduire le coût par déplacement, à diminuer le stress des chauffeurs, et surtout à améliorer la qualité du service.

Le deuxième sous-objectif consiste à évaluer le potentiel d'inclusion des déplacements du TA dans les services de transport collectif régulier. Pour ce faire, des critères visant à prioriser le transfert de certains déplacements du TA vers le réseau de transport collectif (TC) régulier ont été

développés. Le premier critère est associé à l'autonomie de l'utilisateur, car la personne doit être en mesure d'utiliser le TC régulier sans mettre à risque sa sécurité. Le deuxième critère est l'accessibilité universelle des infrastructures de transport; pour qu'un déplacement soit transférable, il faut que les infrastructures d'accueil utilisées par l'utilisateur soient accessibles. Le troisième critère concerne la distance de marche pour atteindre ou pour quitter le TC régulier vers la destination (arrêt d'autobus ou station de métro). Finalement, le dernier critère est la fréquence du déplacement. Puisque le processus de transfert peut être stressant pour l'utilisateur et coûteux pour la société de transport, il est essentiel que le déplacement soit fréquent pour considérer le transfert vers le TC régulier. Ces critères ont été appliqués aux données du TA de la STM et cela a permis de conclure qu'à court terme, 2,1% des déplacements en TA pourraient être transférés vers le TC régulier.

Le troisième sous-objectif est de développer un algorithme permettant d'estimer la proportion de la population admissible au service de TA. Pour faire cela, un algorithme de filtration des données de l'ECI 2017 a été développé à partir des critères d'admission au TA du ministère des Transports et de la Mobilité durable (MTMD). L'algorithme a permis de déterminer que 5% de la population québécoise est admissible au transport adapté. En appliquant ce résultat à la ville de Montréal, on constate que seulement 30% des gens qui sont admissibles au TA utilisent les services de la STM. Cette constatation a initié une réflexion qui a mené au quatrième article de la recherche.

Ainsi, le quatrième sous-objectif de cette thèse est de mieux comprendre les écarts de mobilité entre les personnes avec et sans handicap. Pour ce faire, les données de l'enquête OD de l'ARTM ont été utilisées pour calculer des indicateurs de mobilité pour deux groupes : personnes avec et personnes sans handicap. Le modèle de décomposition d'Oaxaca-Blinder a été utilisé pour identifier les sources des écarts au niveau de la proportion de personnes mobiles et du nombre de déplacements par jour par personne. Cela a permis de conclure qu'une part de l'écart est expliquée par le fait qu'il y a plus de femmes, de personnes âgées, de personnes avec des faibles revenus et de personnes qui vivent seules dans le groupe de PSH, et qu'il y a moins de personnes qui ont un emploi ou un permis de conduire dans ce même groupe. Cependant, l'écart de mobilité est aussi expliqué par une disparité entre les deux groupes, surtout pour les femmes et les personnes âgées en situation de handicap.

Finalement, le cinquième sous-objectif est d'améliorer la compréhension des impacts de la COVID-19 sur le TA. Plusieurs analyses ont été faites à partir des données du TA de la STM selon les différentes périodes de la pandémie. Ces analyses révèlent qu'il y eut une forte baisse d'achalandage autant au niveau du nombre d'utilisateurs actifs que du nombre de déplacements par utilisateurs. Cependant, il y a eu une augmentation de la fidélité des utilisateurs. Finalement, le ratio du temps d'activité sur temps de déplacement a légèrement diminué bien que les temps de déplacement et d'attente aient également légèrement diminué. Une analyse des données du sondage de l'ARTM auprès des utilisateurs du TA a permis de conclure que les utilisateurs ne pensaient pas diminuer autant leurs déplacements durant la deuxième année de la pandémie. Ainsi, il y a une certaine persistance des comportements de mobilité qui est potentiellement attribuable à la perception du risque et des décès/hospitalisations associés à la COVID-19.

En somme, cette thèse permet de contribuer à l'avancement des connaissances en lien avec le transport adapté et la mobilité des PSH en développant de nouvelles méthodologies ou en utilisant des modèles à de nouvelles fins. De plus, il y a aussi une contribution technique grâce à la collaboration avec le service de TA de la STM et à l'implantation de certaines solutions en contexte réel. Finalement, cette thèse contribue aussi à l'aspect social, car en améliorant les services de TA, les utilisateurs ont accès à plus d'opportunités et leur participation sociale est favorisée. Néanmoins, ce projet de recherche comporte certaines limites, notamment la faible considération pour les personnes avec des déficiences intellectuelles et psychiques, la manque de contact direct avec les utilisateurs du TA et le faible transfert de connaissances et activités de vulgarisation auprès du grand public. Finalement, les perspectives de cette thèse touchent le développement de modèles de prévision de la demande en contexte postpandémique et l'analyse des impacts des solutions développées dans le cadre de cette thèse sur les utilisateurs et les opérateurs du TA.

ABSTRACT

Mobility is one of the key vectors for social participation and access to opportunities. This statement applies to the entire population; hence, people with disabilities (PWDs) are not an exception. Thus, there are paratransit services that are intended for PWDs. This type of service allows eligible users to book door-to-door trips within a given area, according to a pre-established schedule. Paratransit is generally operated by regular public transit services trying to pair users in different types of vehicles (minibus, regular taxis, adapted taxis, etc.). Paratransit is an essential service for PWDs. However, there is a growing imbalance between supply and demand for this type of service. Indeed, the population is aging and the number of people with disabilities is growing. At the same time, the shortage of labour and the lack of financial resources make it impossible to cope with this growing demand. In terms of the overall mobility supply, there are disparities between people with and without disabilities. PWDs often have less barrier-free transport alternatives, which sometimes makes them captive to a single mode or isolates them at home. Finally, the last issues associated with the mobility of PWDs is that knowledge related to their mobility behaviour is limited due to poor accessibility to suitable data and the small number of researchers who value this data when available.

The research question that emerges from these issues is: *How could we improve paratransit services so that they meet the needs of current and future users?* From this question arises the main objective of this research project: to improve paratransit services. It is further divided into five sub-objectives that are each associated with one of the five papers that make up this paper-based thesis:

1. Develop a methodology for adjusting dwell times for paratransit services.
2. Evaluate the potential for integrating paratransit trips into regular transit network.
3. Develop an algorithm to estimate the proportion of the population eligible for paratransit services.
4. Better understand the mobility behaviour of people with disabilities.
5. Improve the understanding of COVID-19 impacts on paratransit.

The literature review related to paratransit travel planning, modal shifts, walkability, universal accessibility of transport infrastructure, captivity, innovations and good practices in paratransit and COVID-19 has identified several deserts of knowledge. First, there is a low consideration of people

with intellectual or psychic disabilities in transportation studies. Indeed, people with this type of disability are more difficult to reach with mobility surveys and often, the studies on the mobility of the general population do not ask for the type of disability. However, the studies that have characterized the mobility of people with intellectual and psychic disabilities generally conclude that their mobility behaviours differ from those of people with motor, organic or other disabilities.

In addition, research associated with the mobility of PWDs is mainly carried out in the United States. Sixty-five percent of the papers cited in the literature review concerning this subject come from the United States. However, the context can greatly influence the methodology and the recommendations made so it is essential to do research elsewhere in the world. Another gap in the literature is that there is a weak link between the operational aspects of paratransit and the social impacts on users. On one side, researchers in pure or applied science develop methodologies aimed at improving the efficiency, profitability, safety, or other aspects of paratransit services. On the other side, social science researchers identify the impacts of paratransit on health, social isolation, access to employment, etc. Thus, it can be difficult to identify the real benefits of the interventions provided to paratransit services. There is also a gap of knowledge associated with the fact that there is few research related to private adapted mobility alternatives. Indeed, there are other types of services intended for PWDs or older adults that are less well known since they are private or provided by community organizations. As these services are offered on a smaller scale, few data are collected, and these are hard to access. Thus, it is difficult to draw an overall portrait of the mobility of PWDs. Finally, there is still a small number of research works related to the impacts of the COVID-19 pandemic on paratransit service and users. As the phenomenon is recent from the point of view of the scientific literature, it is necessary to continue to carry out research to better understand the new mobility behaviour and potentially be better prepared next time.

This thesis is based on the use of five data sources. First, data from the paratransit service of the STM (Montreal Transit Authority) which is collected during admission, reservations and during each trip. Second, data from the 2017 CSD (Canadian Survey on Disability) which provides a portrait of the population with disabilities in Canada. Third, data from the survey of the perceptions and mobility habits of paratransit users carried out by the ARTM (Regional Metropolitan Transport Authority) in 2020. This survey made it possible to obtain information on the mobility of paratransit users considering all modes of transport, in addition to focusing on COVID-19 impacts on the

mobility behaviour. Fourth, data from the 2018 OD (origin destination) survey also carried out by the ARTM was useful for this research project. These include information on trips for a normal weekday and in 2018 a question was added to identify PWDs. Finally, the internal satisfaction data of STM regular public transit users was also used.

The first sub-objective of the thesis is to develop a methodology for adjusting dwell times (time at the stop) for paratransit services. In the paper we propose a model to identify and quantify the factors having an impact on dwell time. A multiple linear regression based on STM paratransit data allows concluding that the day of the week, time of year, time of day, type of vehicle, number, and type (ambulant, in a wheelchair or companion) of people boarding and alighting, the territory and the type of places significantly impact the dwell time. The results of the model are implemented as part of the planning of the STM's paratransit service, and help to improve the punctuality of the service, reduce the cost per trip, reduce driver stress, improve the quality of the service, etc.

The second sub-objective is to evaluate the potential for integrating paratransit trips into regular transit network. To do this, criteria are developed to prioritize the transfer of paratransit trips into the RTN (regular transit network). The first criterion is associated with the autonomy of the user since the person must be able to use the RTN alone without putting their safety at risk. The second criterion is the universal accessibility of transport infrastructure. To transfer a trip, the RTN infrastructure used by the users must be accessible. The third criterion concerns the walking distance to reach the RTN or to leave the RTN for the destination (bus stop or metro station). Finally, the last criterion is the frequency of the trip because the transfer process can be stressful for the users and costly for the transport company, so it is essential that the trip be frequent. These criteria are applied to the paratransit data from the STM, and this leads to the conclusion that 2.1% of paratransit trips could be transferred to the RTN on the short term.

The third sub-objective is to develop an algorithm to estimate the proportion of the population eligible for paratransit services. To do this, a filter algorithm of 2017 CSD is developed based on the criteria for paratransit admission of MTMD (Ministry of Transport and Sustainable Mobility). The algorithm determines that 5% of the Quebec population is eligible to paratransit. By applying the results to the city of Montreal to compare with the proportion of people who use it, only 30% of people who are eligible to STM paratransit use it. This observation initiates a thought that leads to the fourth paper of the thesis.

Thus, the fourth objective of the thesis is to better understand the mobility gaps between people with and without disabilities. To do this, data from the ARTM OD survey is used to calculate mobility indicators for two groups (people with and without disabilities). The Oaxaca-Blinder decomposition model is used to identify the sources of the gap in the proportion of mobile people and the average number of trips per day per person. This leads to the conclusion that part of the difference is explained by the fact that there are more women, older people, people with low incomes and people who live alone in the PWDs group and that there are fewer people who have a job and people who have a driving license in this same group. However, the gap is also explained by a disparity between the two groups, especially for women and the elderly with disabilities.

The fifth sub-objective is to improve the understanding of COVID-19 impacts on paratransit. To do this, several analyses are carried out using data from the STM paratransit for the different periods of the pandemic. These analyses reveal that there has been a big drop in ridership, both in terms of the number of active users and the number of trips per user. However, there has been an increase in user loyalty. Finally, the activity time/travel time ratio decreased slightly, although travel and waiting times decreased slightly. An analysis of data from the ARTM survey with paratransit users concludes that users did not expect to reduce their travel so much during the second year of the pandemic. Thus, there is some persistence of the behaviours that is potentially attributable to risk perception and deaths/hospitalizations associated with COVID-19.

Overall, this research project allows us to contribute to the advancement of knowledge related to paratransit and the mobility of PWDs by developing new methodologies or using models for new purposes. In addition, there is also a technical contribution thanks to the collaboration with the paratransit service of the STM and the implementation of certain solutions in real context. Also, this thesis contributes to the social aspects because with the improvement of paratransit services, users have access to more opportunities and their social participation is facilitated. Nevertheless, this research project has certain limits, in particular the lack of consideration for people with intellectual and psychic disabilities, the lack of direct contact with paratransit users, the low amount of outreach to the public, etc. Finally, the perspectives of this thesis concern the development of demand forecasting models in a post-pandemic context and the analysis of the impacts on users and on paratransit operators of the solutions developed in this research.

TABLE DES MATIÈRES

DÉDICACE.....	III
REMERCIEMENTS	IV
RÉSUMÉ.....	V
ABSTRACT	X
TABLE DES MATIÈRES	XIV
LISTE DES TABLEAUX.....	XXIII
LISTE DES FIGURES.....	XXVII
LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS	XXXI
LISTE DES ANNEXES.....	XXXIV
CHAPITRE 1 INTRODUCTION	1
1.1 Contexte.....	1
1.1.1 Portrait de l’offre de mobilité pour les personnes en situation de handicap à Montréal	1
1.1.2 COVID-19 au Québec	5
1.2 Enjeux.....	8
1.2.1 Déséquilibre entre l’offre de TA et la demande	8
1.2.2 Disparités entre les personnes avec et sans handicap au niveau de l’offre de mobilité	10
1.2.3 Manque de connaissances en ce qui concerne les comportements de mobilité des PSH	11
1.3 Question de recherche	12
1.4 Objectifs et contributions.....	12
1.4.1 Contribution 1 – sous-objectif 1 : Ajustement des temps aux arrêts.....	14

1.4.2	Contribution 2 – sous-objectif 2 : Transfert de déplacements du TA vers le TC	14
1.4.3	Contribution 3 – sous-objectif 3 : Algorithme d'estimation de la population admissible au TA.....	15
1.4.4	Contribution 4 – sous-objectif 4 : Écart de comportement de mobilité entre les personnes avec et sans handicap	16
1.4.5	Contribution 5 – sous-objectif 5 : Persistance des impacts de la COVID-19 sur les comportements de mobilité des usagers du transport adapté de la STM	17
1.5	Structure de la thèse.....	18
CHAPITRE 2 REVUE DE LITTÉRATURE.....		20
2.1	Définitions et terminologies	20
2.1.1	Transport adapté.....	20
2.1.2	Handicap et déficience	29
2.1.3	Vieillesse.....	40
2.1.4	Aide à la mobilité	41
2.1.5	Synthèse spécifique	43
2.2	Planification des déplacements du TA	44
2.2.1	Outils de planification des déplacements	44
2.2.2	Temps de déplacement	45
2.2.3	Temps aux arrêts	47
2.2.4	Espace dans les véhicules.....	50
2.2.5	Synthèse spécifique	51
2.3	Transferts modaux	53
2.3.1	Transfert vers les modes actifs	53
2.3.2	Transfert vers les modes collectifs	55
2.3.3	Favoriser l'utilisation du transport collectif par les PSH	58

2.3.4	Alternative pour intégrer des usagers TA dans le TC régulier.....	65
2.3.5	Outil d'évaluation des transferts modaux.....	72
2.3.6	Synthèse spécifique	75
2.4	Marchabilité.....	77
2.4.1	Retombés pour les usagers du TA.....	80
2.4.2	Obstacles à la marchabilité.....	81
2.4.3	Incitatifs à la marche	84
2.4.4	Outils	86
2.4.5	Synthèse spécifique	95
2.5	Accessibilité universelle des infrastructures de transport.....	97
2.5.1	Avènement de l'accessibilité universelle	97
2.5.2	Principes d'accessibilité universelle.....	98
2.5.3	Minimiser les barrières à l'utilisation du TC	100
2.5.4	Méthode d'évaluation de l'accessibilité universelle des infrastructures de transport..	104
2.5.5	Synthèse spécifique	105
2.6	Captivité.....	106
2.6.1	Segmentation de marché	106
2.6.2	Captivité des PSH et des PA	108
2.6.3	Manque d'alternatives adaptées	109
2.6.4	Synthèse spécifique	114
2.7	Innovation et bonnes pratiques en transport adapté.....	116
2.7.1	Nouvelles technologies	116
2.7.2	Main d'œuvre	119

2.7.3	Admission.....	119
2.7.4	Modalités de service.....	121
2.7.5	Véhicules autonomes.....	122
2.7.6	Synthèse spécifique	124
2.8	COVID-19	126
2.8.1	Impacts de la COVID-19 sur le TC.....	126
2.8.2	COVID-19 et TA.....	129
2.8.3	Persistance des comportements de mobilité.....	132
2.8.4	Solutions développées	135
2.8.5	Synthèse spécifique	139
2.9	Synthèse.....	141
2.9.1	Liens entre la revue de littérature et les contributions de la thèse.....	141
2.9.2	Déserts de connaissances	153
CHAPITRE 3	DÉMARCHE DE L'ENSEMBLE DU TRAVAIL DE RECHERCHE	156
3.1	Modélisation	156
3.1.1	Régression linéaire multiple.....	156
3.1.2	Modèle de décomposition Oaxaca-Blinder	160
3.1.3	Modèle de survie	162
3.2	Données utilisées	166
3.2.1	Données du service de transport adapté de la STM	167
3.2.2	Données de Statistique Canada	170
3.2.3	Données enquête origine destination.....	172
3.2.4	Données de sondage de l'ARTM	173
3.2.5	Données de satisfaction de la STM	174

CHAPITRE 4	ARTICLE 1: ADJUSTING DWELL TIME FOR PARATRANSIT SERVICES	
		175
4.1	Abstract.....	175
4.2	Introduction	176
4.3	Literature review.....	177
4.3.1	Paratransit.....	177
4.3.2	Dwell time	178
4.4	Methodological framework	178
4.4.1	Dataset.....	178
4.4.2	Data cleaning.....	179
4.4.3	Context	180
4.4.4	Model	182
4.5	Results	185
4.5.1	Results of the multiple linear regression analysis	185
4.5.2	Discussion of Results	187
4.6	Implementation.....	189
4.7	Conclusion.....	192
4.8	Acknowledgement.....	193
CHAPITRE 5	ARTICLE 2: CRITERIA TO PRIORITIZE OPPORTUNITIES TO SHIFT PARATRANSIT TRIPS TO REGULAR TRANSIT NETWORK – MONTREAL CASE STUDY	
		194
5.1	Abstract.....	194
5.2	Introduction	196
5.3	Literature review.....	200
5.3.1	Universal Design in Public Transportation	200

5.3.2	Walkability and Wheelability.....	203
5.4	Methodological Framework	206
5.4.1	Dataset	207
5.4.2	CRITERION 1: User's Autonomy	209
5.4.3	CRITERION 2: Universal Design.....	210
5.4.4	CRITERION 3: Walking/rolling distance.....	211
5.4.5	CRITERION 4: Frequency.....	212
5.5	Results	213
5.6	Discussion.....	215
5.6.1	Limits	215
5.6.2	New criteria	216
5.6.3	Perspectives	220
5.7	Conclusion	220
CHAPITRE 6	ARTICLE 3: SHORT REPORT: AN ALGORITHM BASED ON THE CANADIAN SURVEY ON DISABILITY TO PROPOSE PARATRANSIT ELIGIBILITY OF THE QUEBEC'S POPULATION	222
6.1	Abstract.....	222
6.2	Introduction	224
6.3	Context.....	225
6.3.1	People with disabilities in Quebec	225
6.3.2	Public transport in Montreal.....	226
6.4	Methods	226
6.4.1	Canadian Survey on Disability.....	226
6.4.2	Eligibility algorithm	227
6.5	Results	230

6.5.1	Proportion of 2017 Quebec population eligible for paratransit services.....	230
6.5.2	Use of the STM paratransit service	231
6.6	Discussion.....	232
6.7	Conclusion	233
CHAPITRE 7 ARTICLE 4: ANALYZING MOBILITY GAPS BETWEEN PEOPLE WITH AND WITHOUT DISABILITIES USING OAXACA-BLINDER DECOMPOSITION METHOD		234
7.1	Abstract.....	234
7.2	Introduction	235
7.3	Literature Review	235
7.3.1	Mobility Disparities Faced by PWDs.....	235
7.3.2	Decomposition Methods	238
7.4	Context.....	239
7.5	Methodological Framework	240
7.5.1	Dataset.....	240
7.5.2	Application of the Oaxaca-Blinder Decomposition Method.....	241
7.6	Results	242
7.6.1	Mobility Gaps.....	242
7.6.2	Oaxaca-Blinder decomposition applications.....	244
7.6.3	Analysis of User Satisfaction with Regular Public Transit.....	248
7.7	Discussion.....	252
7.8	Conclusion	252
CHAPITRE 8 ARTICLE 5: PERSISTENT IMPACT OF COVID-19 PANDEMIC ON MOBILITY BEHAVIOUR OF PARATRANSIT USERS, MONTREAL CASE STUDY		254
8.1	Abstract.....	254

8.2	Introduction	256
8.3	Literature Review	258
8.4	Methodology.....	260
8.4.1	Dataset.....	260
8.4.2	Methodological Framework	261
8.5	Results	267
8.5.1	Categorical analysis of paratransit use decrease	267
8.5.2	Evolution of the frequency of use during the pandemic phases.....	269
8.5.3	Impact of the pandemic on the duration of use	269
8.5.4	Activity to travel time ratio	270
8.6	Discussion.....	272
8.7	Conclusion.....	276
CHAPITRE 9	DISCUSSION GÉNÉRALE.....	278
9.1	Synthèse des articles de la thèse	278
9.1.1	Ajustement des temps aux arrêts des services de TA.....	278
9.1.2	Méthodologie de priorisation du transfert des déplacements du TA vers le TC....	287
9.1.3	Algorithme pour estimer la proportion de la population admissible au TA.....	295
9.1.4	Étude des écarts de mobilité entre les personnes avec et sans handicap.....	298
9.1.5	Persistance des impacts de la COVID-19 sur les comportements de mobilité des usagers du TA.....	303
9.1.6	Synthèse	308
9.2	Futur du TA	310
9.2.1	Évolution des comportements de mobilité	310
9.2.2	Ajout de nouvelles alternatives	310

9.2.3	Extinction des services de TA	311
9.2.4	Évolution des services de TA	312
CHAPITRE 10 CONCLUSION		313
10.1	Contribution de la thèse	313
10.1.1	Aspects scientifiques	313
10.1.2	Aspects techniques	317
10.1.3	Aspects sociaux	317
10.1.4	Synthèse	318
10.2	Limites de la thèse	319
10.2.1	Considération des personnes ayant des déficiences intellectuelles	319
10.2.2	Portrait incomplet de la mobilité des usagers du TA et des PSH.....	320
10.2.3	Peu de contacts avec les usagers du TA	320
10.2.4	Peu de vulgarisation auprès du grand public.....	320
10.3	Perspectives de la thèse.....	321
10.3.1	Étudier les temps d'approche	321
10.3.2	Prévoir la demande en contexte postpandémique	321
10.3.3	Étudier les délais de réservation.....	322
10.3.4	Faire la liaison entre les innovations scientifiques et techniques et les impacts sociaux	322
BIBLIOGRAPHIE		324
ANNEXES		398

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1-1 : Structure de la thèse par articles	19
Tableau 2-1 : Types d'admissions au TA au Québec (MTMD, 2023a).....	23
Tableau 2-2 : Types d'admissions au TA aux États-Unis (Ranahan et al., 2018)	23
Tableau 2-3 : Types d'accompagnement permis pour les services de TA (MTMD, 2023a).....	24
Tableau 2-4: Caractéristiques des types de véhicules utilisés par les services de transport adapté	26
Tableau 2-5: Avantages et inconvénient des stratégies de zonage centralisé et décentralisé	28
Tableau 2-6: Définition utilisée par le service de transport adapté de la STM	30
Tableau 2-7: Types d'incapacité utilisés dans les enquêtes de Statistique Canada (Statcan, 2018b)	32
Tableau 2-8: Grandes catégories d'aptitudes du MDH-PPH	36
Tableau 2-9: Classification des différents types de déficience selon la CIF	38
Tableau 2-10 : Types d'aide à la mobilité	42
Tableau 2-11: Facteurs ayant un impact positif sur le transfert modal de l'automobile au TC.....	55
Tableau 2-12: Services et programmes visant à favoriser l'utilisation du TC par les PSH.....	59
Tableau 2-13: Caractéristiques, avantages, inconvénients, bonnes pratiques et incitatifs des services de mobilité flexible.....	66
Tableau 2-14: Caractéristiques, avantages, inconvénients, bonnes pratiques et incitatifs des navettes d'accès au réseau régulier pour les usagers du TA	69
Tableau 2-15: Caractéristiques, avantages, inconvénients, bonnes pratiques et incitatifs des services locaux d'autobus	71
Tableau 2-16: Synthèse des barrières à la marche	82
Tableau 2-17: Synthèse des incitatifs à la marche	84

Tableau 2-18 : Liste non exhaustive des outils de type audit permettant d'évaluer la marchabilité	89
Tableau 2-19 : Sources de données utilisées pour le calcul d'index de marchabilité.....	94
Tableau 2-20: Recommandations et obstacles associés à l'AU des services de TC régulier.....	100
Tableau 2-21: Barrières à l'utilisation des modes de transport.....	109
Tableau 2-22 : Bénéfices, barrières et recommandations associés à l'utilisation des véhicules autonomes en contexte de transport adapté.....	123
Tableau 2-23: Impacts de la COVID-19 sur le transport collectif	126
Tableau 2-24: Impacts de la COVID-19 sur les usagers et opérateurs de services de transport adapté	131
Tableau 2-25 : Liste des raisons pouvant expliquer la persistance des comportements de mobilité adoptés durant la pandémie de COVID-19 et implications pour les usagers du TA.....	132
Tableau 2-26: Solutions développées pour pallier les impacts de la pandémie de COVID-19 sur les services de transport collectif.....	136
Tableau 3-1 : Conditions d'application de la régression linéaire multiple	157
Tableau 3-2 : Avantages, inconvénients et utilité des différents modèles de survie couramment utilisés.....	165
Tableau 3-3: Sources de données utilisées dans le cadre du projet de recherche	166
Table 4-1: Variables used for multiple linear regression analysis	183
Table 4-2: Multiple Linear Regression Global Results.....	185
Table 4-3: Dwell time multiple linear regression model.....	186
Table 5-1: Limitation and disadvantages of each mode of transport for disabled people.....	196
Table 5-2: Barriers faced by individuals with disability when using RTN and recommendations for achieving UD.....	201
Table 5-3: Impacts of the pedestrian network characteristics on walkability/wheelability of PWDs, PWRM, OP and WU	203

Table 5-4 : Walking/rolling distance by types of disability	205
Table 5-5: Priority and corresponding proportion of paratransit trips that are suitable to be shifted to the RTN.....	214
Table 5-6: Limits and future solutions	215
Table 5-7: Further criteria and their implication on data gathering and impact on users	217
Table 6-1: Paratransit eligibility algorithm	228
Table 6-2: Results of the eligibility algorithm for the province of Quebec in 2017	231
Table 6-3: Results of the eligibility algorithm compared with the STM paratransit users in 2016	231
Table 7-1: Mobility disparities faced by PWDs identified in the literature	237
Table 7-2. Parameters of Oaxaca-Blinder decomposition method	241
Table 7-3. Comparative summary of the mobility of people with and without disabilities according to the 2018 OD survey	243
Table 7-4. Results of Oaxaca-Blinder decomposition methods	245
Table 7-5. ARTM survey results for women and older adults using paratransit for each mode	249
Table 7-6. Comparison of the level of satisfaction of women and elderly people with regular public transit services	251
Table 8-1: Summary of the COVID-19 impacts on paratransit users and operators identified in the literature review.....	259
Table 8-2: Portrait of paratransit users across the COVID-19 phases	261
Table 8-3: Definition of the times for TTR calculation	266
Tableau 9-1: Variables additionnelles pour le modèle d'ajustement des temps aux arrêts pour les services de TA	285
Tableau 9-2: Limites associées aux critères de priorisation de transfert de déplacements du TA vers le TC régulier	290

Tableau 9-3: Critères additionnels pour prioriser le transfert de déplacements du TA vers le TC régulier	292
Tableau 9-4: Limites des quatre analyses présentées dans l'article 5.....	306
Tableau 9-5: Perspectives d'analyses additionnelles pour mesurer les impacts de la COVID-19 sur le TA.....	307
Tableau 10-1: Synthèse des publications réalisées dans le cadre de la thèse de doctorat	315
Tableau 10-2: Synthèse des présentations réalisées dans la cadre de la thèse de doctorat	315
Tableau 10-3: Synthèse des contributions scientifique, technique et sociale du projet de recherche	318
Tableau A.1 Synthèse spécifique des articles cités dans la section 2.1 par ordre d'apparition dans le texte	397
Tableau A.2 Synthèse spécifique des articles cités dans la section 2.2 par ordre d'apparition dans le texte	400
Tableau A.3 Synthèse spécifique des articles cités dans la section 2.3 par ordre d'apparition dans le texte	404
Tableau A.4 Synthèse spécifique des articles cités dans la section 2.4 par ordre d'apparition dans le texte	413
Tableau A.5 Synthèse spécifique des articles cités dans la section 2.5 par ordre d'apparition dans le texte	420
Tableau A.6 Synthèse spécifique des articles cités dans la section 2.6 par ordre d'apparition dans le texte	421
Tableau A.7 Synthèse spécifique des articles cités dans la section 2.7 par ordre d'apparition dans le texte	425
Tableau A.8 Synthèse spécifique des articles cités dans la section 2.8 par ordre d'apparition dans le texte	427

LISTE DES FIGURES

Figure 1-1 : Territoire desservi par le transport adapté de la STM	4
Figure 1-2: Schématisation des liens entre les objectifs, les enjeux, les contributions, la méthodologie et les données associés au projet de recherche	13
Figure 2-1 : Type de raccompagnement pour le transport adapté.....	25
Figure 2-2 : Correspondance entre les types de déficience utilisés par la STM et les types d'incapacité utilisés par Statistique Canada	33
Figure 2-3: Classification internationale MDH-PPH. Reproduction de la « Classification internationale ‘Modèle de développement humain-Processus de production du handicap’ », par Fougeyrollas, P., 2021, F-1, p. 17.	35
Figure 2-4 : Correspondance entre les aptitudes du MDH-PPH et les types de déficience utilisés par la STM.....	37
Figure 2-5: Modèle de la classification internationale du fonctionnement	38
Figure 2-6: Correspondances entre les catégories de déficience de la CIF et les types déficiences utilisés par la STM	39
Figure 2-7 : Modularité de l'espace intérieur des véhicules de transport adapté (STM, 2023a)...	51
Figure 2-8: Facteurs associés à la marchabilité.....	79
Figure 2-9 : Arbre nuisant à la marchabilité (par Camille Garnier).....	84
Figure 2-10: Ligne du temps des études publiées sur les impacts de la pandémie sur la mobilité des PSH et sur les services de TA	130
Figure 2-11: Schéma des liaisons entre les thématiques de la revue de littérature et la contribution 1	144
Figure 2-12: Schéma des liaisons entre les thématiques de la revue de littérature et la contribution 2.....	146
Figure 2-13: Schéma des liaisons entre les thématiques de la revue de littérature et la contribution 3	148

Figure 2-14: Schéma des liaisons entre les thématiques de la revue de littérature et la contribution 4	150
Figure 2-15: Schéma des liaisons entre les thématiques de la revue de littérature et la contribution 5	152
Figure 3-1 : Illustration des cas de censure dans les analyses de survie	164
Figure 3-2 : Historique des enquêtes canadiennes sur l'incapacité	171
Figure 4-1: Categorization of time components for STM paratransit planning	180
Figure 4-2: Diagram of the methodological framework to estimate dwell times	180
Figure 4-3: Vehicles used by the STM paratransit service (A. Wheelchair Accessible Taxi, B. Regular Taxi, C. Minibus) (STM, 2019c)	182
Figure 4-4: Dwell time frequency distribution before and after the logarithmic transformation	185
Figure 4-5: Type of planned times that can be adjusted with STM's paratransit scheduling system	189
Figure 4-6: Results after new method implementation for the 9 scenarios	191
Figure 5-1: Evolution of the paratransit demand in Montreal: (a) Number of active paratransit users per year; (b) Number of paratransit trips per user per year; (c) Number of paratransit trips per year; (d) Number of new paratransit users and users who drop out of the service per year	198
Figure 5-2: Impacts of shifting paratransit trips to the RTN	199
Figure 5-3 : Synthesis of the methodology	206
Figure 5-4 : Main characteristics of the STM paratransit trips and users in 2019	208
Figure 5-5 : UD level for each metro station of the STM subway network	211
Figure 5-6: Example of walking distances to and from a metro station	212
Figure 7-1: Visual representation of mobility disparities and mobility indicators	236
Figure 7-2: Methodological step of the research	240
Figure 7-3: Breakdown of people with and without handicaps that have used the designated mode at least once during the study weekday according to the results of the 2018 OD survey ...	242

Figure 7-4: OB1 - Mobility Status analysis (binary).....	246
Figure 7-5: OB2 - Number of trips per day.....	247
Figure 8-1: Timeline of COVID-19 cases in Quebec, STM paratransit trips and associated preventive measures	257
Figure 8-2: Timeline of published papers related to COVID-19 impacts on PWDs mobility and paratransit services	260
Figure 8-3: Purpose, dataset and methods used for each analysis.....	262
Figure 8-4 : Schematization of data used for survival curves	265
Figure 8-5: Categorical analysis of the paratransit trips reduction during the 3 COVID-19 phases	268
Figure 8-6: Sankey diagram of paratransit use frequency.....	269
Figure 8-7: Survival analysis graph of STM paratransit users.....	270
Figure 8-8: Average duration of waiting, boarding, travel, alighting and activity for the 3 phases of the pandemic	271
Figure 8-9: Use of paratransit during the first year of the pandemic and before the pandemic..	274
Figure 8-10: Use of paratransit during the second year of the pandemic and before the pandemic	274
Figure 9-1: Retombées techniques de l'ajustement des temps aux arrêts pour le service de transport adapté de la STM.....	280
Figure 9-2: Impacts sociaux de l'ajustement des temps aux arrêts pour le service de transport adapté de la STM	281
Figure 9-3: Synthèse des contributions scientifiques, techniques et sociales de l'article 1	281
Figure 9-4: Schématisation de la problématique associée à la planification de déplacements vers des lieux publics achalandés	284
Figure 9-5: Synthèse des contributions scientifiques, techniques et sociales de l'article 2	289
Figure 9-6: Synthèse des contributions scientifiques, techniques et sociales de l'article 3	297

Figure 9-7: Synthèse des contributions scientifiques, techniques et sociales de l'article 4..... 301

Figure 9-8: Synthèse des contributions scientifiques, techniques et sociales de l'article 5..... 305

Figure 9-9: Schématisation des liens entre les contributions de la thèse 309

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

6MWD	6-minute walking distance
ADA	Americans with Disabilities Act
AFC	Automatic fare collection
APC	Automatic passenger counting
ARTM	Autorité régionale de transport métropolitain
ASRT	Adapted shuttle run test
AU	Accessibilité universelle
AVL	Automatic vehicle location
CDPH	Conventions relatives aux droits des personnes handicapées
CHIEF	Craig Hospital Inventory of Environmental Factors
CMM	Communauté métropolitaine de Montréal
CSD	Canadian Survey on Disability
CSHLD	Centres d'hébergement et de soins de longue durée
CTT	Commission de transport de Toronto
DI	Déficience intellectuelle
ECI	Enquête canadienne sur l'incapacité
FABS/M	Facilitators and Barriers Survey of environmental influences on participation among people with lower limb Mobility impairments and limitations
FADOQ	Fédération de l'Âge d'Or du Québec
FE	Facteurs environnementaux
FI	Facteurs individuels
FS	Facteurs sociaux
GPS	Global Positioning System
IANS	Imminent arrival notification system
IMI	Irvine-Minnesota Inventory
INSPQ	Institut national de santé publique du Québec
MAMH	Ministère des Affaires municipales et de l'Habitation

MDH-PPH	Modèle de développement humain – Processus de production du handicap
MQE	Measure of the Quality of the Environment
MTMD	Ministère des Transports et de la Mobilité durable
NHTS	National Household Travel Survey
OD	Origine-destination
OP	Older people
OPHQ	Office des personnes handicapées du Québec
OQLF	Office québécois de la langue française
PA	Personne âgée
PEAT	Path Environment Audit Tool
PG	Population générale
PSH	Personne en situation de handicap
PRC-HAN	Prevention Research Center – Healthy Aging Network
PT	Public transit
PWDs	People with disabilities
PWRM	People with reduced mobility
Q-PAT	Quick Pathways Accessibility Tool
RBQ	Régie du bâtiment du Québec
REM	Réseau express Métropolitain
RI	Ressources intermédiaires
RLM	Régression linéaire multiple
RPA	Résidence pour personnes âgées
RTC	Réseau de transport de la Capitale
RTL	Réseau de transport de Longueuil
RTN	Regular transit network
SDT	Stop dwell time
SIG	Système d'information géographique
SPACES	Systematic Pedestrian and Cycling Environmental Scan

SRB	Service rapide par bus
STL	Société de transport de Laval
Statcan	Statistique Canada / Statistics Canada
STM	Société de transport de Montréal
SWAN	Stakeholders Walkability/ Wheelablity Audit in Neighbourhoods
SWEAT	Senior Walking Environmental Assessment Tool
TA	Transport adapté
TC	Transport collectif / en commun
TCRP	Transit Cooperative Research Program
TSA	Trouble du spectre de l'autisme
UD	Universal Design
WU	Wheelchair user

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE A Tableaux synthèses des articles cités dans la revue de littérature.....	397

CHAPITRE 1 INTRODUCTION

Ce chapitre vise à présenter le contexte dans lequel s'inscrit cette thèse. De plus, il sera question des enjeux qui ont suscité la question de recherche qui est au cœur de la thèse. Finalement, les objectifs de ce projet de recherche seront présentés.

1.1 Contexte

Le contexte s'intéresse principalement au portrait de la mobilité dans la ville de Montréal en adoptant une vision axée sur le handicap. De plus, il sera question de la COVID-19 et de ses impacts, qui sont venus teinter les résultats de ce travail de recherche.

1.1.1 Portrait de l'offre de mobilité pour les personnes en situation de handicap à Montréal

La recherche présentée dans cette thèse de doctorat a été réalisée à Montréal et repose principalement sur les données du service de transport adapté de la Société de transport de Montréal (STM). Afin de contextualiser la stratégie de recherche utilisée pour chacune des contributions, il est essentiel de présenter les alternatives de mobilité offertes aux personnes en situation de handicap dans la ville de Montréal. Par conséquent, il sera question du réseau régulier de transport collectif, du transport adapté, des services de transport adapté privés et des modes actifs.

Réseau régulier de transport collectif

Dans l'agglomération de Montréal, on retrouve une seule société de transport collectif qui est la STM. Celle-ci opère plusieurs lignes d'autobus et un réseau de métro comportant quatre lignes et 68 stations. Le métro de Montréal a été inauguré en 1966 pour solutionner le problème de circulation sur l'île de Montréal. Lors de l'inauguration, le métro comportait 20 stations. Par la suite, plusieurs prolongements ont été entrepris jusqu'en 1988, pour un total de 65 stations (STM, 2022d). Cependant, à cette époque, le concept d'accessibilité universelle n'était pas encore présent et comme le métro de Montréal est sous-terrain, les stations comportent de nombreux escaliers (Hagg, 2009). Cependant, trois nouvelles stations ont été ajoutées à la ligne orange en 2007 pour desservir la ville de Laval et celles-ci sont toutes accessibles par ascenseurs. Ainsi, à ce jour, seulement 25 stations sur les 68 sont munies d'ascenseurs (STM, 2022a). L'avènement de la loi provinciale E20.1 assurant l'exercice des

droits des personnes handicapées en vue de leur intégration scolaire, professionnelle et sociale a poussé les sociétés de transport du Québec à mettre en place des plans d'accessibilité de leurs réseaux (Gouvernement du Québec, 2004). Grâce à cela, la STM travaille sur l'accessibilité de son réseau depuis plusieurs années. Des stations sont actuellement en rénovation pour offrir des ascenseurs aux usagers (STM, 2022a) et plusieurs autres améliorations ont été mises en place comme les pavés podotactiles sur les quais du métro. Néanmoins, le Québec accuse un retard sur les États-Unis par rapport à l'accessibilité universelle du transport collectif puisque ces derniers ont mis en place l'« *Americans With Disabilities Act* » (ADA) dès 1990, ce dernier étant beaucoup plus précis et strict au niveau de l'accessibilité que les lois canadiennes et québécoises.

Heureusement, pour ce qui est des voitures de métro, la majorité des principes d'accessibilité universelle sont respectés. En effet, on retrouve des places désignées pour les personnes en situation de handicap, de la signalisation visuelle et auditive, des quais d'embarquement au même niveau que les voitures du métro, etc. De plus, une attention particulière a été apportée à l'accessibilité universelle dans la conception des nouvelles voitures AZUR, inaugurées en 2016 (STM, 2022c)

Pour ce qui est du réseau d'autobus, deux composantes sont à considérer pour évaluer l'accessibilité: les arrêts d'autobus et les autobus eux-mêmes. Selon le plan d'accessibilité 2016-2020 de la STM, 88% des 9000 arrêts d'autobus sont accessibles et permettent l'ouverture de la rampe d'accès des autobus (STM, 2016-2020). Dans le plan d'accessibilité de 2012-2015, on mentionne que 30% des arrêts ont un abribus et que 98% des abribus sont accessibles (STM, 2012-2015). De plus, le plan prévoit l'ajout de 400 abribus, mais il n'y a aucune information à ce sujet dans le plan d'accessibilité de 2016-2020. En 2015, la STM possédait une flotte de 257 autobus articulés avec une rampe avant et 1456 autobus réguliers, dont 64% ont une rampe avant et 36 % ont une rampe arrière. L'objectif est que l'ensemble des autobus ait une rampe avant d'ici 2025.

En plus du réseau de métro et des lignes d'autobus actuelles, plusieurs nouveaux projets de transport collectif verront le jour dans les années à venir à Montréal. Heureusement, ceux-ci respecteront les principes d'accessibilité universelle. Le projet le plus imposant est le Réseau express métropolitain (REM) qui, à terme, comportera 26 stations et s'étalera sur 67 km. Ce nouveau réseau sera notamment connecté à trois lignes du métro de la STM et à l'aéroport de Montréal. L'ensemble des voitures et des stations du REM seront universellement accessibles grâce à des ascenseurs, à des parcours piétons

libres d'obstacles, à des sièges réservés, à de la signalisation braille et auditive, etc. (REM, 2019). D'autres projets de plus petite envergure sont aussi actuellement en construction, comme le service rapide par bus (SRB) sur la rue Pie-IX. Le SRB comportera 38 abribus entièrement accessibles aux personnes en situation de handicap et les véhicules seront également accessibles. Pour sa part, le projet de prolongement de la ligne bleue assurera lui aussi l'accessibilité universelle pour les cinq nouvelles stations de métro. Il est donc rassurant de voir que l'époque des services de transport collectif non universellement accessibles à Montréal s'estompe. Cependant, il demeure un grand travail à faire pour rendre accessibles chacune des stations de métro de la STM. De plus, la notion d'accessibilité universelle n'étant pas clairement définie, on peut se demander si les infrastructures de transport dites universellement accessibles le sont réellement.

Transport adapté

Le transport adapté (TA) est un service de mobilité offert aux personnes en situation de handicap qui ne sont pas en mesure d'utiliser le réseau régulier de façon autonome pour l'entièreté de leurs déplacements. La plupart du temps, le TA est un service à la demande, donc les usagers doivent réserver pour effectuer un déplacement. De plus, les déplacements sont de type porte-à-porte pour assurer la sécurité des usagers. Ainsi, les chauffeurs ont la responsabilité d'accompagner les usagers pour le trajet entre le véhicule et la porte de l'origine et de la destination. Afin d'optimiser les déplacements, les usagers peuvent être jumelés à d'autres usagers faisant un trajet similaire. Finalement, le service est généralement offert dans un territoire à un horaire et un tarif similaire à celui du service de transport collectif régulier présent dans la région.

À Montréal, le service de TA public est offert par la STM. Celui-ci a vu le jour dans les années 1970 grâce aux frères Forest, deux utilisateurs d'un fauteuil roulant (STM, 2022b). Cependant, en 1980, les sociétés de transport du Québec prennent les reines du transport adapté, à la demande du gouvernement du Québec. À la suite de cela, le service prend de l'ampleur avec de nouveaux minibus, un système de réservation informatisé, un comité d'admission et l'ajout de taxis.

De nos jours, ce service compte plus de 30 000 usagers qui effectuent plus de 4 millions de déplacements par an. Les personnes qui désirent utiliser le TA de la STM doivent se soumettre au processus d'admission et répondre aux critères d'admissibilité du ministère des Transports et de la Mobilité durable du Québec (MTMD, 2023a). De plus, le transport adapté de la STM est uniquement

offert aux résidents de l'agglomération de Montréal, mais ceux-ci peuvent demander des déplacements dans l'ensemble de la zone bleue et verte de la Figure 1-1. De plus, cette alternative de mobilité est offerte au même tarif que l'accès au réseau régulier de la STM.

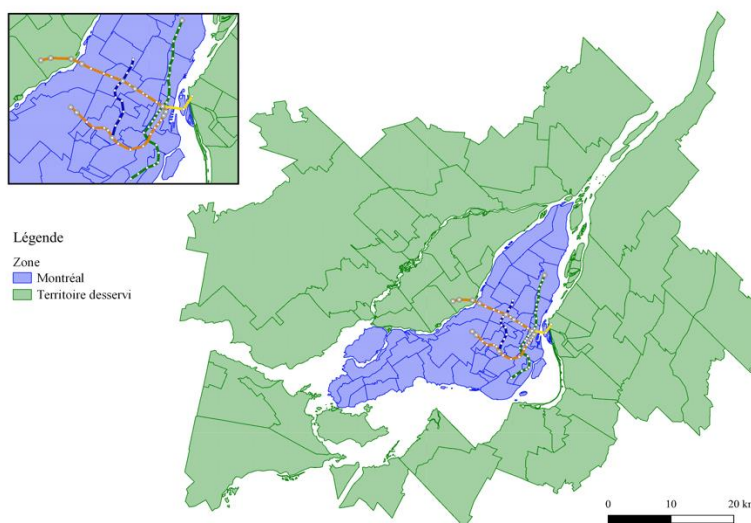


Figure 1-1 : Territoire desservi par le transport adapté de la STM

Services de transport adapté privé

Les PSH peuvent aussi utiliser les services de TA privé selon leurs besoins. Il existe une grande diversité de services dans la ville de Montréal. Plusieurs compagnies de taxis offrent des services adaptés grâce à des fourgonnettes accessibles et à des chauffeurs formés. Il existe aussi des services de transport médical uniquement utilisés pour les déplacements médicaux non urgents. De plus, certaines résidences pour personnes âgées offrent à leurs résidents des services de navettes gratuites ou à prix réduit pour faire certains de leurs déplacements, comme aller au centre commercial ou à l'épicerie. L'enjeu avec les services de TA privé est l'absence de collecte de données ou l'impossibilité d'avoir accès à ces données. Ainsi, lorsqu'on veut tracer le portrait complet de la mobilité des PSH, il est difficile de déterminer la part des services de TA privé.

Modes actifs

Les modes actifs tels que la marche et le vélo sont eux aussi essentiels à la mobilité des PSH, que ce soit pour aller d'un point A à un point B ou pour atteindre un autre mode de transport. Au Québec, l'Office des personnes handicapées du Québec (OPHQ) lutte pour des parcours piétons sans obstacle.

Ainsi, l'OPHQ a répertorié plusieurs caractéristiques et références pertinentes liées aux trottoirs, aux arrêts de transport collectif et aux travaux sur ou à proximité des trottoirs (OPHQ, 2021). On peut constater que les caractéristiques des infrastructures piétonnes qui favorisent la marchabilité des PSH permettent aussi d'améliorer l'expérience de la marche pour les personnes sans handicap. Ces caractéristiques permettent non seulement d'améliorer l'accessibilité, mais aussi la sécurité, la convivialité et l'efficacité de la marche. Malgré tout, il demeure que les infrastructures piétonnes de Montréal sont loin de répondre à l'ensemble des recommandations énoncées par l'OPHQ. L'audit Potentiel piétonnier actif sécuritaire réalisé dans 10 secteurs de Montréal et piloté par la Direction régionale de la santé publique du CIUSSS du Centre-Sud-de l'Île-de-Montréal a permis de faire plusieurs constats en lien avec les voies piétonnes (Paquin et al., 2018) :

- absence fréquente de trottoirs dans les secteurs industriels et les banlieues;
- largeur des trottoirs souvent inférieure à 1,5 m;
- revêtement des trottoirs souvent dégradé (fentes, bosses, crevasses, etc.);
- trottoirs parfois mal déneigés et glacés;
- discontinuités des trottoirs à certaines intersections;
- mesures déficientes de sécurité piétonne aux intersections;
- absence d'éclairage à l'échelle piétonne;
- manque de mobilier urbain (bancs, poubelles, art urbain, etc.).

La majorité des lacunes mentionnées ci-dessus peuvent rendre la marche moins agréable pour la population générale, mais pour une personne en situation de handicap, cela peut entraver sa capacité à marcher. Heureusement, la loi provinciale sur les compétences municipales de 2005 indique que :

« Toute construction ou réfection d'un trottoir doit être faite de manière à en faciliter l'accès aux personnes handicapées au sens de la Loi assurant l'exercice des droits des personnes handicapées en vue de leur intégration scolaire, professionnelle et sociale » (Gouvernement du Québec, 2005)

1.1.2 COVID-19 au Québec

En mars 2020, la pandémie mondiale associée à la COVID-19 est venue perturber plusieurs habitudes de vie de la population. Au Québec, ce sont les personnes âgées qui ont été le plus touchées par la COVID-19, et celles-ci représentent une grande part des usagers des services de TA. Ainsi, il sera

question des impacts de la pandémie sur les personnes âgées au Québec, mais aussi sur la mobilité en général.

Impacts sur les personnes âgées

Au Québec, la pandémie de COVID-19 a fortement atteint les personnes âgées (PA). En effet, 80% des décès survenus en 2021 ont touché les PA de 65 ans et plus (Statcan, 2021), notamment parce que les symptômes et les complications associés à la COVID-19 touchent plus fortement les PA (Holroyd-Leduc et al., 2020). Cependant, les PA vivant en résidence collective comme les Centre d'hébergement de soins de longue durée (CHSLD), les résidence pour personnes âgées (RPA) et les ressources intermédiaires (RI) ont été davantage touchées par le virus dû au manque de main-d'œuvre et à la rotation des employés d'agences, à l'absence de plan d'action adéquat et à la pénurie d'équipements médicaux (masques, gants, désinfectant, etc.), qui ont mené à de nombreuses éclosions dans les résidences (Beaulieu & Genesse, 2022). En effet, selon les données de l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ), 61,5% des personnes décédées de la COVID-19 depuis le début de la pandémie demeuraient en résidence collective (INSPQ, 2023). Pour tenter de limiter les éclosions, plusieurs mesures sanitaires plus strictes ont été mises en place pour protéger les personnes âgées : confinement, interdiction de visite, tests obligatoires pour les employés, etc. (INSPQ, 2022). Ces mesures ont accentué l'isolement social des PA; bien que ces premières mesures soient maintenant levées et qu'un vaccin soit disponible, les menaces de la COVID-19 ont continué à planer sur les personnes âgées et le risque perçu demeure élevé (Chauhan et al., 2021). De plus, les conséquences amenées par le confinement des PA ne sont pas à négliger. Selon une revue de littérature réalisée par Maarar et al. (2020), les mesures de confinement peuvent avoir trois conséquences importantes : sarcopénie (diminution significative de la masse musculaire), dépression et retard de prise de rendez-vous en soins des pathologies chroniques. De plus, le manque de main-d'œuvre a fait augmenter les cas de maltraitance dans les résidences collectives, menant à l'aggravation de certaines conditions médicales (Meloche, 2022). Ainsi, en plus des décès et des hospitalisations causées par la COVID-19, des impacts importants associés aux mesures de confinement se font encore ressentir à ce jour et entraînent des répercussions sur la santé et le bien-être des personnes âgées.

Impacts sur la mobilité

Dès le début de la pandémie, plusieurs chercheurs se sont intéressés aux répercussions de la pandémie sur la mobilité de la population et sur différents modes de transport collectif (Gkiotsalitis & Cats, 2021; Liu et al., 2020), privés (Buehler & Pucher, 2021) et partagés (Wang & Noland, 2021). L'impact le plus important est sans contredit la baisse importante de l'achalandage des services de transport collectif (régulier et adapté) qui a été constaté partout sur la planète (Ashour et al., 2021; Jenelius & Cebecauer, 2020; Rasca et al., 2021; Tiikkaja & Viri, 2021; Y. Wang et al., 2022). Cette baisse d'achalandage est à la fois associée à la diminution du nombre de déplacements par usager, mais aussi à la perte de certains usagers ayant opté pour d'autres modes de transport (Nie et al., 2022). Dans la grande région de Montréal, l'ARTM a enregistré une baisse de 90% des déplacements au plus fort de la pandémie (ARTM, 2022a); cette diminution d'achalandage a été associée à un déficit budgétaire pour plusieurs services de transport collectif (ARTM, 2022a). Pour les services de transport adaptés, les coûts de déplacements ont augmenté durant la pandémie (Nie et al., 2022). De plus, la pandémie a poussé la population à utiliser de nouveaux modes, notamment les modes actifs (Musselwhite et al., 2021) et l'automobile personnelle (Das et al., 2021; Eisenmann et al., 2021; Loa et al., 2021). Les causes de modification des comportements de mobilité associées à la COVID-19 sont nombreuses:

- les mesures sanitaires (confinement, fermeture des commerces et services non essentiels, distanciation, port du masque, etc.) (Cai et al., 2021; Labonté-LeMoyne et al., 2020);
- le passage au virtuel (télétravail, apprentissage en ligne, magasinage en ligne, etc.)(Chauhan et al., 2021; Irawan et al., 2022; Magassy et al.; Salon et al., 2021);
- la perception du risque (Parady et al., 2020);
- les déménagements (Zanolini & Morency, 2023).

Malheureusement pour les PSH, la pandémie est venue accentuer certaines disparités et barrières déjà présentes dans l'offre de transport. Par exemple, le port du masque a complexifié la communication entre les personnes (Epstein et al., 2021). De plus, Park et al. (2022) ont constaté que les impacts de la pandémie sur la mobilité des personnes en situation de handicap sont plus importants chez les PSH. Ainsi, il aurait été regrettable de faire fi des impacts de la COVID-19 dans cette thèse puisque celle-ci a encore aujourd'hui des répercussions sur notre quotidien.

1.2 Enjeux

Il y a trois grands enjeux qui sont rattachés aux services de TA. D'abord, il existe un écart grandissant entre l'offre de TA et la demande pour ce type de service. Ainsi, à long terme, les services de TA pourraient ne plus être en mesure de répondre à l'ensemble de la demande. De plus, il y a des disparités entre l'offre de mobilité disponible pour les personnes en situation de handicap et celle offerte au reste de la population, ce qui engendre des disparités au niveau de l'emploi, de l'éducation, de la vie sociale, etc. Finalement, les connaissances en lien avec les comportements de mobilité des PSH sont limitées à l'heure actuelle.

1.2.1 Déséquilibre entre l'offre de TA et la demande

L'un des principaux enjeux liés aux services de TA est qu'il y a un déséquilibre grandissant entre l'offre de TA et la demande. En effet, au Canada, une personne sur cinq âgée de plus de 15 ans vit avec un handicap qui limite ses activités quotidiennes, selon l'enquête canadienne sur l'incapacité de 2017 (Statcan, 2018b). De surcroît, cette proportion tend à croître dû au vieillissement de la population. Selon Statistique Canada, la population âgée de 65 ans et plus passera de 14% en 2009 à 23-25% en 2036 (Statcan, 2015). Cette tendance est aussi présente à l'échelle mondiale; selon le rapport "Perspectives de la population mondiale" des Nations Unies (2019), 16% de la population sera âgée de 65 ans et plus d'ici 2050, comparativement à 9% en 2019.

Malgré l'augmentation de la demande actuelle et projetée, la capacité des services de TA demeure limitée. Au Québec, la première explication de cet écart entre l'offre et la demande est la pénurie de main-d'œuvre, principalement de chauffeurs de taxi. Plusieurs services de TA dont celui de la STM collaborent avec des compagnies de taxi pour offrir un service plus polyvalent à leurs usagers. En réalité, la majorité des déplacements offerts par le service de TA de la STM est réalisée par des chauffeurs de taxi. Ainsi, si le nombre de chauffeurs de taxi chute, la capacité des services de TA est affectée. Trois sources de la pénurie de chauffeurs de taxi peuvent être identifiées. D'abord, l'adoption du projet de loi 17 (Assemblée Nationale du Québec, 2019) qui vise à déréglementer l'industrie du transport rémunéré de personnes par automobile a eu comme impact une diminution du nombre de chauffeurs de taxi traditionnel au profit de la multinationale Uber (RUTA Montréal, 2019). Avant l'avènement de la loi 17, les chauffeurs de taxi devaient posséder un permis de chauffeur de taxi et la tarification était stable. En 2014, Uber a fait son entrée au Québec et à la suite d'un projet

pilote qui a été prolongé à de nombreuses reprises, Uber s'est implanté dans la province (Coiquaud & Morissette, 2019). La multinationale a permis à des personnes ayant seulement un permis de conduire valide d'offrir des services de taxi à des tarifs dynamiques selon la demande. Malheureusement, les chauffeurs de taxi Uber ne sont pas formés pour offrir leur service à une clientèle en situation de handicap (RUTA Montréal, 2019). Cela rend difficile la collaboration entre Uber et les services de TA. Deuxièmement, la pandémie a grandement impacté l'industrie du tourisme, de la restauration et des bars, entraînant une baisse de la demande pour les services de taxis (La Presse, 2021). Même les chauffeurs de taxi qui travaillaient uniquement en collaboration avec un service de TA de la STM ont vu la demande diminuer. Ainsi, plusieurs chauffeurs ont dû trouver un autre emploi pour subvenir à leurs besoins. Maintenant que les risques associés à la pandémie diminuent et que les activités reprennent leur cours normal, la demande pour les services de taxis reprend alors que les chauffeurs ne sont plus au rendez-vous. Finalement, la hausse du coût de l'essence a poussé plusieurs compagnies de taxi à diminuer leur offre de service (Drouin, 2022).

En plus de la pénurie de main-d'œuvre, les services de TA font face à des enjeux financiers. Il est largement plus dispendieux pour les sociétés de transport de faire voyager des usagers en TA plutôt qu'en transport régulier (Grushka et al., 2020; Mindorff, 2019; Tan et al., 2019). En effet, à Richmond, en Virginie, le coût par déplacement est 7 fois plus élevé en TA que dans le réseau de transport collectif régulier (Fei & Chen, 2015). Cependant, afin d'offrir une alternative de transport équivalente, les usagers du TA paient généralement le même montant que ceux du réseau régulier (Lave & Mathias, 2000). Ainsi, malgré les subventions offertes par le ministère des Transports et de la Mobilité durable, les services de TA doivent jongler avec un budget restreint pour répondre à la demande croissante.

Si la demande continue de croître alors que les ressources demeurent les mêmes, les services de TA devront réduire ou limiter leur offre en rendant les critères d'admission plus stricts, en réduisant la zone desservie, en limitant les horaires du service, etc. (Ashour & Shen, 2022). Ainsi, si on veut développer des méthodologies pour améliorer les services de TA, il est essentiel d'augmenter la capacité du service ou de diminuer la demande. Cependant, il ne s'agit pas du seul enjeu lié au TA puisque même si on arrive à répondre à la demande, l'offre de mobilité disponible aux personnes en situation de handicap est loin d'être équivalente à celle offerte aux personnes sans handicap.

1.2.2 Disparités entre les personnes avec et sans handicap au niveau de l'offre de mobilité

Malgré l'existence de services de transport entièrement destinés aux PSH dans la majorité des grandes villes industrialisées (Lave & Mathias, 2000), un écart demeure entre l'offre de mobilité disponible aux PSH et aux personnes sans handicap.

Cet enjeu découle d'abord des caractéristiques des services de TA. En effet, il faut d'abord être admissible aux services de TA pour l'utiliser. Ainsi ce ne sont pas toutes les PSH qui peuvent bénéficier du service. De plus, une fois admise au service, une personne doit réserver son déplacement, ce qui offre moins de flexibilité que les autres modes de transport. De plus, certaines lacunes des services de TA impactent la satisfaction des usagers et la qualité de l'offre de mobilité. Dans la littérature, plusieurs problématiques associées aux services de TA ressortent, notamment le manque de ponctualité, l'absence ou la réduction du service la nuit, la longue durée de certains déplacements dû au détour pour les jumelages, etc. (Grushka et al., 2020; National Council on Disability, 2015). Finalement, la majorité des services de TA prévoient une longue fenêtre de temps pour l'embarquement (20 à 40 minutes), ce qui augmente grandement le temps d'attente pour les usagers (Feeley et al., 2016). Par conséquent, les usagers du TA n'ont pas réellement droit à un service équivalent à celui du réseau régulier.

Les disparités de mobilité sont aussi causées par le manque d'alternatives répondant aux besoins des personnes en situation de handicap. Les usagers du TA sont souvent captifs de ce service, car rien d'autre ne répond à leurs besoins (Benjamin et al., 1998). Les PSH peuvent faire face à des barrières financières, physiques ou intellectuelles lors de l'utilisation des autres modes de transport.

Ainsi, si on veut améliorer la mobilité des PSH, il est nécessaire d'améliorer la qualité des services de TA afin qu'ils soient davantage équivalents au réseau de TC régulier. De surcroît, il faut aussi diversifier l'offre de transport disponible aux PSH en mettant à leur disposition plus d'alternatives répondant à leurs besoins. Pour ce faire, il est essentiel de mieux comprendre les comportements de mobilité des usagers afin de mieux cerner leurs besoins.

1.2.3 Manque de connaissances en ce qui concerne les comportements de mobilité des PSH

Les PSH sont plus souvent marginalisées et invisibles dans les services de TC et dans la société en général puisqu'elles font face à l'isolation sociale. Dans le rapport portant sur l'isolement social au Canada rédigé par Keefe et al., il est écrit que : « l'isolement social est communément défini comme le fait d'avoir peu de contacts de piètre qualité avec autrui. Cette situation suppose moins de relations sociales et peu de rôles sociaux, ainsi que l'absence de rapport mutuel gratifiant » [traduction libre] (Keefe, 2006). Heureusement, de plus en plus de chercheurs s'intéressent aux enjeux sociaux liés aux handicaps. On retrouve donc beaucoup d'études qualitatives basées sur des sondages, des groupes de discussion, des observations sur le terrain, etc. Néanmoins, il y a moins de chercheurs dans le domaine du génie qui s'intéressent à ces mêmes enjeux dans le domaine du transport. Pourtant, ce ne sont pas les données qui manquent. L'ensemble des services de TA collectent des données lors de l'admission, de la réservation et parfois même en temps réel lors des déplacements. Plusieurs pays mènent même des enquêtes démographiques sur les incapacités, telle l'enquête canadienne sur l'incapacité (ECI) réalisée par Statistique Canada (Statcan, 2018b), sans oublier les enquêtes sur la mobilité, qui incluent de plus en plus de questions sur la présence de handicaps, telle l'enquête origine-destination (OD) réalisée par l'ARTM (2018). Finalement, quelques enquêtes ponctuelles s'intéressent plus spécifiquement à la mobilité des PSH, comme l'enquête sur les perceptions et les habitudes de mobilité des usagers du TA de l'ARTM (2020).

Ainsi, la problématique réside plutôt dans la valorisation de ces données et dans la diffusion et la vulgarisation des résultats. Il y a très peu de recherches qui s'intéressent à la mobilité des PSH qui utilisent le TA. De plus, on retrouve peu de comparaisons entre les comportements de mobilité des personnes avec et sans handicaps et cette comparaison est essentielle pour identifier les disparités et tenter d'amoindrir celles-ci. Finalement, les impacts de la pandémie de COVID-19 sur la mobilité des PSH sont encore méconnus.

L'identification des enjeux liés aux services de TA permet d'orienter le projet de recherche afin que celui-ci ait un impact réel à court, moyen et long terme sur la mobilité des PSH, mais aussi sur la société en générale.

1.3 Question de recherche

L'identification des enjeux liés aux services de transport adapté a permis de dégager la question de recherche qui est au cœur de cette thèse de doctorat. Celle-ci découle du désir sincère de faire une différence dans la mobilité des PSH tout en enrichissant les connaissances scientifiques dans le domaine du TA. De plus, elle devait être suffisamment ouverte pour englober l'ensemble des enjeux mentionnés précédemment. Ainsi, la question qui s'est imposée est :

Comment améliorer les services de transport adapté afin que ceux-ci répondent aux besoins des usagers actuels et futurs ?

La notion d'usagers actuels et futurs est essentielle puisque la demande est croissante et que les besoins des usagers évoluent. Ainsi, le projet de recherche vise à travailler sur des améliorations pérennes pour les services de TA. Cette question permet de cibler les objectifs du projet de recherche qui sont directement liés aux contributions de cette thèse.

1.4 Objectifs et contributions

Ce projet de recherche comporte un objectif et cinq sous-objectifs, chacun lié à une contribution. De plus, ceux-ci sont rattachés à un ou plusieurs enjeux précédemment identifiés. La Figure 1-2 schématise les relations entre les sous-objectifs, les contributions et les enjeux de la thèse, ainsi qu'avec la méthodologie et les sources de données. Ces deux derniers aspects seront abordés plus en détail dans les sections 3.1 et 3.2, respectivement. L'objectif fondamental de ce projet est de développer des méthodologies (outils, modèles et méthodes) permettant d'améliorer les services de TA (OF4), mais afin de lui conférer une perspective sociale, il est essentiel de réfléchir aux fondements de cet objectif de recherche, soit le désir de bonifier l'offre de mobilité destinée aux PSH (OF3) dans le but de réduire l'exclusion sociale (OF1) et d'améliorer l'accès aux opportunités (OF2).

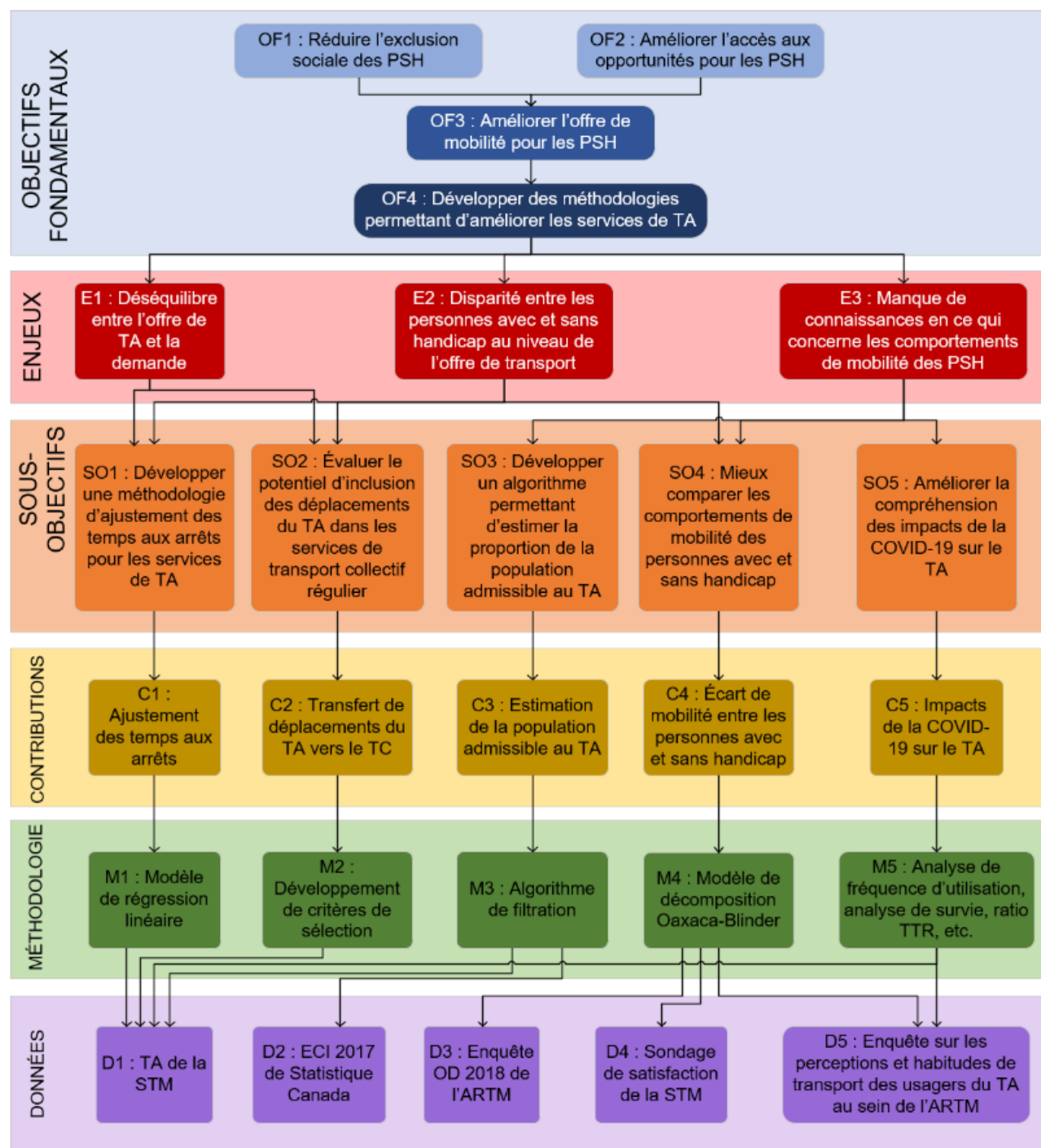


Figure 1-2: Schématisation des liens entre les objectifs, les enjeux, les contributions, la méthodologie et les données associés au projet de recherche

Ainsi, tel que représenté dans la Figure 1-2, les contributions de cette thèse ne suivent pas une suite logique et ne sont pas directement interreliées entre elles; ce qui les unit, c'est leur lien avec les enjeux de la thèse et le fait que leurs sous-objectifs soient tous associés à l'objectif fondamental de la thèse. Cette section vise à présenter les objectifs de chacune des contributions de ce projet de recherche en lien avec les trois enjeux identifiés dans la section 1.2.

1.4.1 Contribution 1 – sous-objectif 1 : Ajustement des temps aux arrêts

Le premier sous-objectif de cette thèse est de développer une méthodologie d'ajustement des temps aux arrêts pour les services de TA. Le choix de cet objectif découle d'abord de l'enjeu 1 (E1), puisque l'ajustement des temps aux arrêts a le potentiel d'améliorer l'efficacité des services de TA et d'ainsi offrir plus de déplacements avec les mêmes ressources. De plus, cette contribution se rattache aussi au deuxième enjeu (E2), puisque l'ajustement des temps aux arrêts est associé à la ponctualité et donc à la qualité du service offert. Cependant, d'autres aspects du TA auraient pu être étudiés, comme les temps de déplacements, ou encore l'outil de planification utilisé. Cependant, comme le démontre la revue de littérature, il n'existe à ce jour aucune méthodologie permettant d'ajuster les temps aux arrêts des services de TA (voir section 2.2). Cette première contribution vise donc à combler ce désert de connaissance. Ainsi, la première contribution (C1) consiste à développer une méthode permettant d'ajuster les temps aux arrêts des services de TA basée sur un modèle de régression linéaire multiple (M1), en utilisant les données du service de TA de la STM (D1). Ainsi, le TA sera en mesure de mieux répondre aux besoins des PSH. Cette première contribution du projet de recherche intitulé « *Adjusting Dwell Time for Paratransit Services* » est présentée dans le CHAPITRE 4.

1.4.2 Contribution 2 – sous-objectif 2 : Transfert de déplacements du TA vers le TC

Le deuxième sous-objectif consistant évaluer le potentiel d'inclusion des déplacements du TA dans les services de transport collectif régulier (SO2) est traité par la deuxième contribution (C2). Ce sous-objectif a été motivé par les deux premiers enjeux (E1 et E2), l'inclusion de certains déplacements du TA dans le TC ayant le potentiel de diminuer la surcharge du TA. De plus, à terme, si certains déplacements du TA sont intégrés dans le TC, les usagers seront accompagnés et formés pour utiliser une nouvelle alternative de transport, ce qui améliorera leur offre de mobilité. Ce premier objectif a aussi été sélectionné pour combler un écart de connaissance identifié dans la revue de littérature. En

effet, les transferts modaux sont de plus en plus étudiés, principalement pour réduire l'utilisation de l'automobile individuelle. Cependant, les études qui concernent l'inclusion de déplacements ou d'usagers du TA dans le TC sont très rares et traitent généralement de petits projets pilotes (voir section 2.3). Pour être mesure de réaliser un projet pilote, il faut pouvoir sélectionner des déplacements du TA qui sont réalisables dans le TC régulier sans compromettre la sécurité de l'utilisateur. Pour des services de TA offrant près de 3 millions de déplacements par année comme celui de la STM, il est très ardu de faire la sélection de déplacements transférables; malheureusement, aucune méthodologie n'existe pour faire cela efficacement. Ainsi, la contribution 2 vise à sélectionner et appliquer des critères qui permettront de prioriser le transfert de déplacements du TA vers le TC (M2). Pour établir ces critères, la revue de littérature a été utilisée en combinaison avec l'expertise du service de TA de la STM et les critères d'admission au TA du ministère du transport et de la mobilité durable du Québec. Les critères ont comme objectifs de prioriser la sécurité des usagers (autonomie et respect des capacités) et l'opérationnalisation du transfert. De plus, les critères permettent de filtrer les déplacements et non pas les usagers, car les caractéristiques des déplacements (distance de marche, station métro et arrêts d'autobus empruntés, fréquence du déplacement, etc.) peuvent grandement influencer le potentiel d'inclusion du déplacement dans le TC. Le but n'est donc pas de transférer des usagers du TA dans le TC pour l'entièreté de leurs déplacements, car ces personnes ont initialement été admises au TA car elle n'étaient pas en mesure d'utiliser le TC de façon autonome. Pour tester les critères, les données du TA de la STM ont été utilisées (D1). Malgré tout, la méthodologie développée dans le cadre de cette contribution peut être appliquée à d'autres services de TA possédant les données nécessaires, en modifiant ou non les critères selon leur contexte. Cette contribution est présentée au CHAPITRE 5 et est intitulée « *Criteria to Prioritize Opportunities to Shift Paratransit Trips to Regular Transit Network* ».

1.4.3 Contribution 3 – sous-objectif 3 : Algorithme d'estimation de la population admissible au TA

Le troisième sous-objectif consiste développer un algorithme permettant d'estimer la proportion de la population admissible au service de TA (SO3). À l'heure actuelle, la majorité des services de TA sont en mesure de connaître et de comprendre la demande pour leur service grâce à la collecte de données. Dans le cadre de cette thèse, il a été question de faire la revue de la littérature du

comportement de mobilité des usagers du TA. Bien qu'elle ait été trop succincte pour y consacrer une section, elle a permis de conclure que le handicap est souvent associé avec la captivité des usagers pour un seul mode de transport (voir section 2.6). Cependant, la littérature ne permet pas de conclure sur les causes de cette captivité. De plus, il n'existe pas de façon d'estimer la proportion de la population qui est admissible au TA, ce qui permettrait de la comparer avec la proportion de la population qui utilise réellement le TA. Ainsi, la troisième contribution consiste à estimer la proportion de la population qui est admissible au TA (C3). Pour ce faire, un algorithme de filtration a été développé (M3) et appliqué aux données de l'Enquête canadienne sur l'incapacité (ECI) de 2017 réalisée par Statistique Canada (D2), et les résultats ont été comparés avec les données du TA de la STM (D1). Cette estimation est essentielle pour mieux prévoir les ressources nécessaires et mieux comprendre les comportements de mobilité des PSH; cette contribution est donc associée au troisième enjeu (E3). L'article relié à cette contribution est présenté au CHAPITRE 6 et est intitulé « *Short Report: An Algorithm Based on the Canadian Survey on Disability to Establish Paratransit Eligibility of the Quebec's Population* ».

1.4.4 Contribution 4 – sous-objectif 4 : Écart de comportement de mobilité entre les personnes avec et sans handicap

Le deuxième enjeu de cette thèse concerne les disparités au niveau de l'offre de transport entre les personnes avec et sans handicap (E2), pour lesquelles cette thèse tente d'offrir des pistes de solutions. Néanmoins, il demeure essentiel d'identifier les écarts au niveau des comportements de mobilité entre les personnes avec et sans handicap (O4), tel qu'expliqué dans la quatrième contribution de ce projet de recherche; pour lutter contre une injustice, il est primordial de bien la comprendre. Tel que mentionné dans la présentation de la contribution 3, la littérature en lien avec les comportements de mobilité des usagers du TA est très limitée et ne permet pas tirer de conclusions claires, et encore moins d'en faire une comparaison avec la mobilité de la population générale. Cependant, la section 2.6.3 de la revue de littérature permet de conclure que les PSH ont moins d'alternatives de transport adaptées à leurs besoins; les conséquences de cela sur les comportements de mobilité demeurent toutefois inconnues. Ainsi, cette contribution vise à démontrer qu'il existe un écart au niveau des comportements de mobilité observés en fonction de l'offre de transport actuelle entre les personnes avec et sans handicap et tente d'identifier la source de ces écarts (C4). Cette recherche ne prend donc

pas en considération la demande latente issue de l'écart entre les besoins des usagers et l'offre disponible. Pour ce faire, le modèle de décomposition Oaxaca-Blinder (M4) a été appliqué aux données de l'enquête origine-destination (OD) de 2018 réalisée par l'ARTM et une analyse de la satisfaction des usagers du TC a été réalisée à partir des données de l'Enquête sur les perceptions et les habitudes de transport des usagers du TA au sein de l'ARTM (D4) et des données de sondage interne sur la satisfaction des usagers de la STM (D5). Cette contribution est également associée à l'enjeu 3 (E3) puisqu'elle permettra de mieux comprendre les comportements de mobilité des PSH. L'article qui présente la contribution 4 est intitulé « *Analyzing Mobility Gaps between People with and without Disabilities using Oaxaca-Blinder Decomposition Method* » et est présenté au CHAPITRE 7.

1.4.5 Contribution 5 – sous-objectif 5 : Persistance des impacts de la COVID-19 sur les comportements de mobilité des usagers du transport adapté de la STM

L'avènement de la pandémie de COVID-19 est venu teinter le plan de recherche de cette thèse en imposant l'ajout d'une contribution sur les impacts de la COVID-19 sur le TA (C5). Comme il s'agit d'un événement récent du point de vue de la science, la revue de littérature à ce sujet comporte de nombreux écarts de connaissance. En effet, aucune recherche basée sur des données passives de TA allant au-delà de la première année de la pandémie n'a été réalisée. De plus, les impacts sur les comportements de mobilité des usagers du TA ont été très peu étudiés (voir section 2.8). Ainsi, le dernier objectif de cette thèse est de mieux comprendre les impacts de la COVID-19 sur le TA (SO5). À cette fin, la contribution 5 cible les impacts dont il est question sur les comportements de mobilité des usagers du TA à Montréal et s'intéresse à la persistance de ces nouveaux comportements dans le temps. Diverses analyses ont été réalisées à partir des données du TA de la STM (D1) et de l'Enquête sur les perceptions et les habitudes de transport des usagers du TA au sein de l'ARTM (D4), dont une analyse de la fréquence d'utilisation du TA, une analyse de survie et le calcul du ratio temps d'activité/temps de déplacement (TTR) (M5). Cette contribution vise à améliorer les connaissances en lien avec les comportements de mobilité des PSH et rejoint donc l'enjeu 3 (E3). Cette contribution est présentée au 0 et s'intitule : « *Persistent Impact of COVID-19 Pandemic on Mobility Behaviours of Paratransit Users, Montreal Case Study* ».

1.5 Structure de la thèse

Le CHAPITRE 2 de cette thèse est consacré à la revue de littérature traitant de huit grandes thématiques :

1. Définitions et terminologies
2. Planification des déplacements du TA
3. Transferts modaux
4. Marchabilité
5. Accessibilité universelle des infrastructures de transport
6. Captivité
7. Innovation et bonnes pratiques en transport adapté
8. COVID-19

Par la suite, une synthèse de la revue de littérature permet de faire les liens entre les thématiques abordées et les contributions de cette thèse. De plus, il est question des déserts de connaissances identifiés à la lumière de la revue de littérature réalisée.

Le CHAPITRE 3 concerne pour sa part la démarche de l'ensemble du travail de recherche. Ainsi, les sources de données et les méthodes de modélisation utilisées pour les cinq contributions sont présentées.

Cette recherche étant une thèse par articles, les CHAPITRES 4 à 8 seront respectivement consacrés aux cinq articles rédigés et publiés ou soumis durant le doctorat. Chacun des articles a été rédigé en anglais car l'objectif était de les publier dans des revues anglophones, et l'usage de l'anglais permet de rejoindre un plus grand nombre de personnes. Le Tableau 1-1 présente les différents articles rédigés ainsi que leur statut et la revue dans laquelle ils ont été publiés ou soumis.

Tableau 1-1 : Structure de la thèse par articles

Article	Chapitre de la thèse	Statut	Revue
1 : Ajustement des temps aux arrêts	<i>CHAPITRE 4</i>	Publié	Transportation Research Record
2 : Transfert de déplacements du TA vers le TC régulier	<i>CHAPITRE 5</i>	Publié	Transport and Health
3 : Algorithme d'estimation de la population admissible au TA	<i>CHAPITRE 6</i>	Publié	Transport and Health
4 : Écart de comportements de mobilité entre les personnes avec et sans handicap	<i>CHAPITRE 7</i>	Soumis et en révision par les paires	Research in Transportation Business & Management
5 : Persistance des impacts de la COVID-19 sur les comportements de mobilité des usagers du TA de la STM	<i>CHAPITRE 8</i>	Soumis et en révision par les paires	Transport and Health

À la suite des cinq articles, le CHAPITRE 9 présente une discussion en lien avec chacun des articles, où sont présentées la contribution, les limites et les perspectives. De plus, une synthèse permet de faire le lien entre les articles au niveau des sources de données, des thématiques, de la méthodologie et des enjeux. La discussion aborde aussi le futur du TA.

Finalement, le CHAPITRE 10 permet de conclure la thèse en présentant la contribution globale de la thèse en plus d'inclure les limites et les perspectives du travail de recherche réalisé.

CHAPITRE 2 REVUE DE LITTÉRATURE

Le chapitre 2 est consacré à la revue de littérature associée à ce projet de recherche. Pour chacune des sections, des liens sont faits avec les contributions de cette thèse, et elles se terminent par une synthèse qui présente les éléments-clés et la liste des références citées. Cette revue de littérature s'amorce avec quelques définitions qui permettent d'établir les bases essentielles à la compréhension de cette thèse. Par la suite, il est question de la planification des déplacements du transport adapté, des transferts modaux, de la marchabilité et de l'accessibilité universelle des infrastructures de transport. Finalement, la captivité, les innovations en transport adapté et la COVID-19 sont abordées.

2.1 Définitions et terminologies

Que ce soit dans le domaine du transport adapté, du handicap ou du vieillissement, la terminologie et les définitions utilisées en français et en anglais varient d'un auteur à l'autre et il peut être difficile de s'y retrouver. C'est pourquoi cette revue de littérature s'amorce avec quelques définitions qui sont essentielles à la compréhension de cette thèse.

2.1.1 Transport adapté

Avant de regarder en détail les caractéristiques des services de TA, il est important de définir ce qu'est le TA. La traduction anglaise du terme transport adapté est « *paratransit* ». Initialement, ce terme était utilisé pour décrire les services de transport à la demande; cela inclut tous les services de transport collectif nécessitant une réservation (Lave & Mathias, 2000). C'est pourquoi, encore de nos jours, quelques auteurs utilisent cette terminologie pour décrire un service de transport en commun alternatif pour pallier les manques du réseau de transport public régulier, notamment dans les régions moins densément peuplées ou les pays en développement (Ahmed et al., 2017; Falchetta et al., 2021; Nasrullah et al., 2020). Cependant, le terme transport adapté et sa traduction sont plus souvent utilisés pour parler du service de transport destiné aux PSH et aux PA (Lave & Mathias, 2000). Pour clarifier la situation, certains auteurs et regroupements comme la NADTC (*National Aging and Disability Transportation Center*) utilisent le terme *ADA complementary paratransit* pour décrire un service offert aux personnes ayant une déficience et qui sont limitées dans leur utilisation du réseau de transport régulier (NADTC, 2020).

Le TA peut prendre différentes formes, mais trois caractéristiques sont toujours présentes. D'abord, le service est destiné aux usagers admissibles en vertu d'une limitation à utiliser le réseau de transport collectif régulier de façon autonome; le processus et les critères d'admission peuvent varier d'un service à l'autre. De plus, il s'agit d'un service de type « transport à la demande » (« *demand responsive* »). Cela veut dire que l'utilisateur doit faire une réservation pour effectuer le déplacement de son choix. Finalement, le TA est un service partagé (*shared-ride service*), c'est-à-dire que les usagers peuvent être jumelés avec d'autres usagers dans un même véhicule pour une partie ou la totalité de leur trajet.

Aux États-Unis, le TA est réglementé par l'*Americans With Disabilities Act* (ADA). Cette dernière est très détaillée, contrairement à la réglementation utilisée au Québec. Cependant, il est possible de constater que la majorité de la réglementation utilisée aux États-Unis est respectée par les services de TA du Québec. Afin de simplifier la compréhension de l'ADA, Gupta & al. (2010) listent six principaux points à respecter par tout service de TA :

- Le service de TA doit être offert dans une zone sensiblement semblable à celle du transport régulier. En fait, le TA doit couvrir une zone minimale de $\frac{3}{4}$ de mille (1,2 km) de part et d'autre des corridors de transport régulier (autobus et métro);
- Il doit être possible de réserver un TA pour le lendemain;
- Les heures d'ouverture des systèmes de réservation des services de TA doivent minimalement être les mêmes que les heures d'ouverture du réseau régulier.
- La tarification du TA ne peut pas excéder le double de la tarification du transport régulier;
- Il est interdit de prioriser les déplacements par le motif;
- Les heures de service de TA doivent être comparables à celles du réseau régulier.

Les autres caractéristiques des services de TA peuvent différer d'un service à l'autre selon les besoins de la clientèle, des ressources financières disponibles, du territoire d'opération, etc. Ces caractéristiques comprennent :

- Admission;
- Accompagnement;
- Raccompagnements;
- Déplacements;

- Véhicules;
- Zones de service.

Admission

La majorité des services de TA possèdent un processus d'admission; il faut répondre à certains critères pour pouvoir bénéficier des services de TA. Généralement, les services d'admission de TA se basent sur trois types d'informations pour prendre une décision en lien avec l'admission : les informations fournies par l'utilisateur potentiel, celles fournies par les professionnels de la santé et celles issues d'une évaluation fonctionnelle réalisée par le service de transport. Au Québec, c'est le ministère des Transports et de la Mobilité durable qui établit les critères (MTMD, 2023a). Pour être admissible, la personne doit répondre aux deux critères suivants :

1. Être une personne handicapée, c'est-à-dire une « personne ayant une déficience entraînant une incapacité significative et persistante et qui est sujette à rencontrer des obstacles dans l'accomplissement d'activités courantes »;
2. Avoir, sur le plan de la mobilité, des limitations justifiant l'utilisation d'un service de transport adapté. Seules les incapacités suivantes pourront être retenues aux fins de l'admissibilité :
 - l'incapacité de marcher sur une distance de 400 m sur un terrain uni;
 - l'incapacité de monter une marche de 35 cm de hauteur avec appui ou l'incapacité d'en descendre une sans appui;
 - l'incapacité d'effectuer la totalité d'un déplacement en utilisant les services de transport en commun habituels;
 - l'incapacité de s'orienter dans le temps ou dans l'espace;
 - l'incapacité de maîtriser des situations ou des comportements pouvant être préjudiciables à sa propre sécurité ou à celle des autres;
 - l'incapacité de communiquer de façon verbale ou gestuelle. Toutefois, cette incapacité ne peut pas, à elle seule, être retenue aux fins de l'admission.

Le MTMD précise aussi quatre types d'admissions possibles selon la situation (voir Tableau 2-1).

Tableau 2-1 : Types d'admissions au TA au Québec (MTMD, 2023a)

Type d'admission	Explication
Générale	Valide pour tous les déplacements et en tout temps
Partielle	Valide pour certains déplacements, mais en tout temps
Provisoire	Valide pour tous les déplacements, mais pour une période déterminée
Saisonnière	Valide pour tous les déplacements, mais pendant l'hiver seulement

Pour être admissible au transport adapté au Québec, la personne doit habituellement remplir un formulaire de demande d'admission et obtenir une attestation des incapacités d'un professionnel de la santé ou du réseau scolaire (MTMD, 2023b).

Aux États-Unis, l'ADA ne spécifie pas de critères d'admission spécifiques. Ainsi, chaque service peut choisir sa procédure d'admission. Ranahan et al. (2018) ont réalisé des entrevues avec 16 services de TA aux États-Unis et ont identifié trois types d'admissions fréquemment utilisés (voir Tableau 2-2).

Tableau 2-2 : Types d'admissions au TA aux États-Unis (Ranahan et al., 2018)

Type d'admission	Explication
Inconditionnelle	Toute personne n'étant pas en mesure d'utiliser le réseau de transport régulier, peu importe la raison
Conditionnelle	Toute personne n'étant pas en mesure d'utiliser le réseau de transport régulier sous certaines conditions
Temporaire	Pour les personnes dont la condition médicale ou le handicap est temporaire.

Le type d'admission est attribué aux usagers selon leur besoin et dans la perspective d'offrir le service uniquement lorsque cela est nécessaire afin de ne pas surcharger les services de TA.

Accompagnement

Selon le contexte, les usagers des services de TA au Québec peuvent ou non être accompagnés durant leurs déplacements. Le type d'accompagnement permis dépend du type de déficience et de la situation. Le Tableau 2-3 présente les différents types d'accompagnements permis ainsi que leur explication.

Tableau 2-3 : Types d'accompagnement permis pour les services de TA (MTMD, 2023a)

Type d'accompagnement	Explication
Obligatoire	L'utilisateur représente un danger pour lui-même ou pour les autres et doit donc obligatoirement être accompagné
Temporaire aux fins de familiarisation	L'utilisateur peut être accompagné lors de ses premiers déplacements pour faciliter l'intégration à la suite de son inscription au TA
Facultatif	L'utilisateur ne peut pas utiliser le réseau régulier même avec un accompagnateur et peut donc être accompagné s'il le désire lors de ses déplacements en TA
Pour besoins d'assistance à destination	À la discrétion du service de TA, l'utilisateur peut être accompagné s'il a besoin d'assistance à la destination
Pour responsabilité parentale	Un enfant de moins de 14 ans peut être accompagné par un membre de sa famille immédiate ou une personne responsable. Un autre membre de la famille âgé de moins de 14 ans peut aussi accompagner l'utilisateur. Un enfant de moins de 6 ans doit obligatoirement être accompagné.
Interdit	L'utilisateur qui serait en mesure d'utiliser le réseau régulier s'il était accompagné n'a pas le droit d'être accompagné lors de ses déplacements en TA.

Les accompagnateurs ont un impact sur la planification des déplacements puisque ceux-ci occupent une place supplémentaire dans le véhicule et peuvent avoir un impact sur le temps d'embarquement et de débarquement de l'utilisateur. Ainsi, il s'agit d'un paramètre important à prendre en considération dans la planification du déplacement.

Raccompagnements

Généralement, les services de TA utilisent plusieurs types de raccompagnements selon les besoins des usagers. Pour les usagers qui sont non autonomes en raison de leur déficience ou de leur âge (enfants), le raccompagnement de type gardiennage (*hand-to-hand*) est utilisé (National Council on Disability, 2015). Le gardiennage implique que l'utilisateur ne peut pas être laissé seul à sa destination. Le chauffeur est donc responsable de l'utilisateur jusqu'à l'arrivée d'une personne à qui il pourra céder la responsabilité. Lorsque l'utilisateur est autonome, les types de raccompagnements sont nombreux. Les services de TA peuvent utiliser le raccompagnement complet (*door-through-door*) qui consiste à accompagner l'utilisateur jusqu'à l'intérieur (exemple : réception de l'hôpital) à l'origine et à la destination (Menninger & Sedig, 2011), alors que le raccompagnement à la porte (*door-to-door*) s'arrête à l'extérieur de la porte (Peters & Bhusal, 2020). Certains services de TA vont plutôt laisser

les usagers sur le trottoir (*curb-to-curb*) à proximité des lieux d'origine et de destination (Aldaihani & Dessouky, 2003). Certains services de TA vont obliger les chauffeurs à faire un accompagnement complet ou de type gardiennage. D'autres services de TA vont plutôt l'offrir uniquement aux usagers qui en font la demande. Finalement, certains opérateurs vont plutôt décider du type de accompagnement en fonction des besoins de l'utilisateur (Ashour & Shen, 2022). La Figure 2-1 montre les types de accompagnements les plus fréquemment utilisés pour le TA.

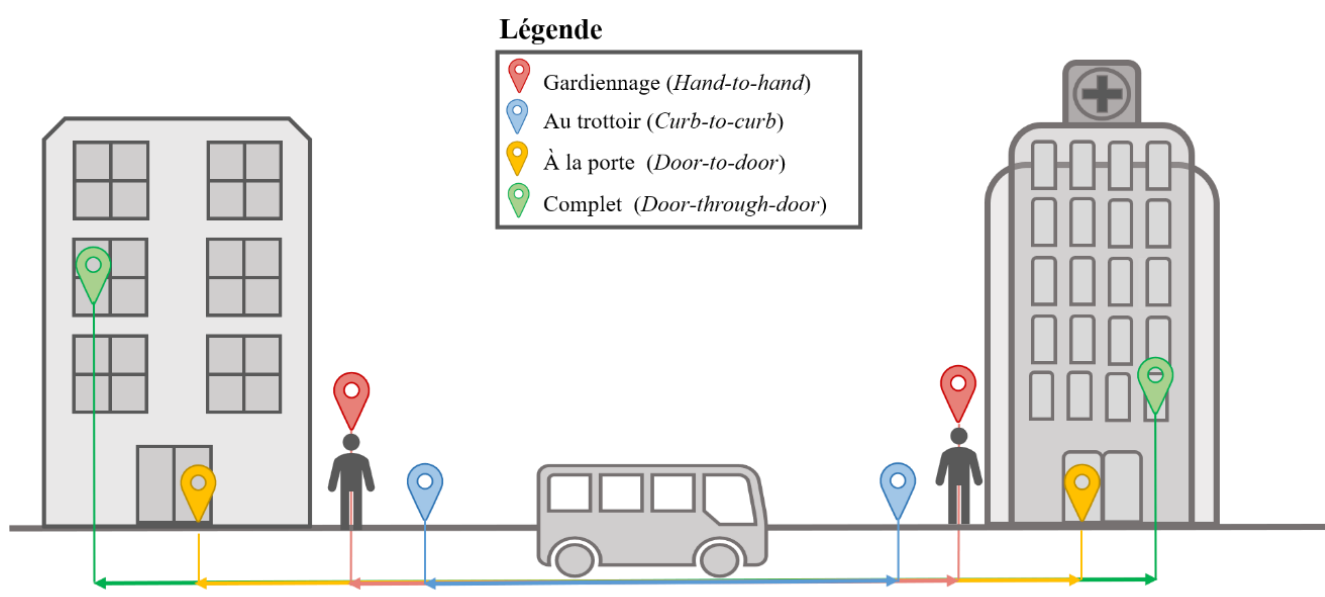


Figure 2-1 : Type de accompagnement pour le transport adapté

Déplacements

Chaque service de TA offre plusieurs types de déplacements. Dans la revue de littérature de Lave et Mathias (2000), on retrouve trois types de déplacements offerts par les services de TA :

- plusieurs-à-plusieurs (*many-to-many*);
- plusieurs-à-quelques-uns (*many-to-few*);
- plusieurs-à-un (*many-to-one*).

Le type plusieurs-à-plusieurs (*many-to-many*) permet aux usagers de partir de n'importe quelle origine vers n'importe quelle destination dans un territoire donné. Il s'agit du type de déplacement le plus flexible et il est souvent utilisé dans les villes qui n'ont pas de réseau régulier entièrement adapté. Le type plusieurs-à-quelques-uns (*many-to-few*) permet à l'utilisateur d'aller ou de revenir de lieux

prédéfinis (station de métro, centre commercial, épicerie, aéroport, etc.). C’est le cas des navettes d’accès au réseau régulier, qui permettent aux usagers autonomes d’accéder à un réseau régulier accessible à partir de n’importe quelle origine et vice-versa. Dans la littérature, le terme *feeder service* est utilisé pour décrire un service de navette qui permet de connecter le TA au réseau de transport en commun régulier (Hansen, 2018). Ce type de service est souvent utilisé pour réduire l’achalandage du TA et améliorer la flexibilité du service. Finalement, le type plusieurs-à-un (*many-to-one*) est utilisé dans deux situations. La première comprend les résidences pour PA et les centres pour PSH qui ont une navette privée pour leur clientèle; tous les déplacements partent d’une même origine pour y revenir plus tard. La deuxième situation survient lors d’événements ponctuels (spectacle, festival, événement sportif, etc.); des navettes sont alors offertes pour les PSH uniquement pour accéder à l’événement. Certains services de TA offrent plus d’un type de déplacement selon les situations, les usagers, mais surtout les besoins.

Véhicules

Le choix des véhicules utilisés pour le TA est souvent lié aux besoins des passagers; quatre types de véhicules sont utilisés dans le domaine. Les principales caractéristiques de ceux-ci sont présentées dans le Tableau 2-4.

Tableau 2-4: Caractéristiques des types de véhicules utilisés par les services de transport adapté

Véhicule	Image	Passager		Accessibilité	
Voiture régulière		Total :	4-7	Porte :	4
		Ambulant :	4-7	Rampe :	0
		Fauteuil :	0	Plateforme :	0
Fourgonnette adaptée		Total :	4-6	Porte :	4
		Ambulant :	2-4	Rampe :	1-2
		Fauteuil :	1-2	Plateforme :	0

Tableau 2-4: Caractéristiques des types de véhicules utilisés par les services de transport adapté (suite et fin)

Véhicule	Image	Passager	Accessibilité
Minibus adapté		Total :	10-22
		Porte :	1-2
		Ambulant :	12-18
Autobus adapté		Rampe :	0
		Fauteuil :	4-6
		Plateforme :	1-2
		Total :	25-30
		Porte :	2
		Ambulant :	16-22
		Rampe :	1-2
		Fauteuil :	8-12
		Plateforme :	1-2

De plus, le type de véhicule utilisé peut avoir un impact sur plusieurs dimensions du TA :

- la satisfaction des clients;
- le coût par déplacement;
- l'impact environnemental;
- l'efficacité.

D'abord, certains types de véhicules ne sont pas accessibles pour certains usagers. Par exemple, si un usager utilise un fauteuil motorisé de grande dimension, il est possible qu'il ne puisse pas utiliser les fourgonnettes adaptées. Outre cela, le type de véhicule peut grandement influencer le confort des usagers (Mindorff, 2019). En effet, plusieurs caractéristiques des véhicules (vibration, chauffage, climatisation, confort des sièges, etc.) peuvent améliorer ou réduire le confort des usagers. De plus, il a été démontré que l'usage d'une flotte diversifiée réduit les coûts par déplacement (Mindorff, 2019), les véhicules accessibles représentant un coût par déplacement plus élevé que les voitures régulières. De plus, les véhicules avec une grande capacité sont souvent les moins rentables, puisqu'ils sont rarement comblés (Mindorff, 2019). L'usage de véhicules à grande capacité peut aussi avoir un impact sur l'environnement puisqu'ils consomment davantage de carburant et ne transportent souvent qu'un seul passager (Grushka et al., 2020). Cependant, les minibus sont parfois nécessaires pour les groupes ou pour les personnes ayant des aides à la mobilité volumineuses.

Zone de service

La zone de service est le territoire desservi par le TA. Aux États-Unis, l'« *Americans With Disabilities Act* » oblige les sociétés de transport à offrir un service de TA couvrant un corridor de $\frac{3}{4}$ de mille (1,2 km) de chaque côté des lignes de transport régulier (Brennan, 2013). Ainsi, les PSH ont le même accès que les personnes qui utilisent le réseau régulier. Cependant, certains services de transport décident de couvrir une plus grande zone de service que celle prescrite par la loi; on parle alors d'une zone étendue. Malheureusement, certains territoires ne sont pas desservis par le TA et dans ce cas, on parle de zones « désertes », où il n'y a aucune option publique de transport pour les PSH (Grushka et al., 2020).

Dans leur articles, Kuo et al. (2013) parlent de stratégie de zonage centralisée et décentralisée. La stratégie centralisée considère toute la zone de service comme une seule région, tandis que la stratégie décentralisée utilise plusieurs régions. Les auteurs identifient plusieurs avantages et inconvénients pour chacune des stratégies (Kuo et al., 2013) (voir Tableau 2-5).

Tableau 2-5: Avantages et inconvénient des stratégies de zonage centralisé et décentralisé

Zonage	Centralisé	Décentralisé
Zone de service	1	Plusieurs
Gestion	Complexe	Simple
Préférence des chauffeurs	Non	Oui
Génération optimale d'horaires	Complexe	Simple
Nombre total de véhicules	Plus bas	Plus élevé
Distance parcourue à vide	Plus petite	Plus grande
Temps d'attente du client	Augmente	Diminue
Temps de parcours	Similaire	Similaire

Les deux types de zonage ont leurs forces et leurs faiblesses; le meilleur choix dépend de la zone à couvrir et des besoins des usagers. En somme, le zonage centralisé permet d'avoir une seule flotte de véhicules qui parcourt l'ensemble du territoire et qui est gérée par une seule instance. Pour sa part, le zonage décentralisé nécessite plusieurs flottes de véhicule qui sont assignées à une zone du territoire et qui sont gérées indépendamment, mais qui doivent interagir pour les déplacements entre les zones.

2.1.2 Handicap et déficience

Catégoriser le type de déficience est essentiel puisqu'il s'agit souvent d'une variable qui a un impact sur les comportements de mobilité et qui doit donc être prise en compte dans la modélisation de la demande et dans la planification des déplacements. En effet, Desharnais & Chapleau ont réalisé deux recherches permettant de conclure que le type de déficience peut avoir un impact sur les habitudes de mobilité (Desharnais & Chapleau, 2010, 2013). D'abord, en 2010, les auteurs ont réalisé des analyses descriptives afin de faire des liens entre les comportements de mobilité (déplacements par jour, distance moyenne, durée moyenne et pourcentage des déplacements en pointe) et les caractéristiques des usagers (âge, genre et déficience) (Desharnais & Chapleau, 2010). Cette recherche a permis de conclure que les usagers ayant des déficiences motrices et organiques sont généralement plus âgés et réalisent moins de déplacements par jour que les usagers ayant une ou plusieurs déficiences intellectuelles. Ce constat a été confirmé par la seconde recherche de Desharnais et Chapleau (Desharnais & Chapleau, 2013) qui a utilisé une méthode de regroupement en deux temps pour faire le lien entre les schémas de mobilité et les caractéristiques des usagers. Ils ont déterminé que les jeunes ayant une déficience intellectuelle (DI) composaient majoritairement un groupe d'usagers réalisant 53% des déplacements du TA, mais représentaient uniquement 23% des usagers. Ainsi, les usagers ayant une DI semblent plus mobiles. Il est donc important de classifier les types de déficiences et de standardiser les termes utilisés pour permettre les comparaisons et d'adapter l'offre de mobilité. À cette fin, quelques définitions provenant du service de TA de la STM seront utilisées.

Terminologie utilisée par le service de transport adapté de la STM

Le service de TA de la STM utilise certaines définitions en lien avec les caractéristiques des usagers afin d'être en mesure de planifier les déplacements. La classification des usagers permet de moduler certains paramètres de la planification tels que le temps aux arrêts, le type de véhicule utilisé, l'espace nécessaire dans le véhicule, etc. Le Tableau 2-6 présente des définitions provenant du service de transport adapté de la STM.

Tableau 2-6: Définition utilisée par le service de transport adapté de la STM

	Terme	Définition	Traduction anglaise
Mobilité	Ambulant	Un usager est classifié comme « ambulant » lorsqu'il peut se déplacer en marchant avec ou sans aide à la mobilité pour l'ensemble de ses déplacements en TA.	<i>Ambulatory</i>
	Fauteuil	Un usager est classifié comme « fauteuil » s'il utilise un fauteuil roulant motorisé ou manuel, un quadriporteur, un triporteur, etc., pour l'ensemble de ses déplacements en TA.	<i>Wheelchair</i>
	Variable	Un usager est classifié variable lorsqu'il utilise un fauteuil roulant motorisé ou manuel, un quadriporteur, un triporteur, etc., pour certains déplacements en TA. Dans ce cas, l'usager doit spécifier le type d'aide à mobilité utilisé à chaque réservation de déplacement.	<i>Variable</i>
Autonomie	Autonome	Un usager est classifié « autonome » s'il peut être laissé seul à la destination lorsqu'il utilise le TA	<i>Autonomous</i>
	Non autonome	Un usager est classifié « non autonome » lorsqu'il ne peut pas être laissé seul à la destination lorsqu'il utilise le TA. Ainsi le chauffeur doit utiliser le raccompagnement de type gardiennage	<i>Non-autonomous</i>
Transférabilité	Ambulant transférable	Un usager est classifié « ambulant transférable » s'il peut embarquer et débarquer du véhicule de TA sans utiliser la rampe ou la plateforme élévatrice.	<i>Transferable ambulatory</i>
	Ambulant non transférable	Un usager est classifié « ambulant non transférable » s'il ne peut pas embarquer ou débarquer du véhicule de TA sans utiliser la rampe ou la plateforme. Ainsi, une personne utilisant une marchette mais qui est incapable de monter les marches du minibus est classifiée « ambulant non transférable »	<i>Non-transferable ambulatory</i>
	Fauteuil transférable	Un usager est classifié « fauteuil transférable » s'il peut s'asseoir sur un siège du véhicule. Par exemple, une personne en fauteuil manuel qui peut se transférer sur le siège du taxi régulier est classifiée « fauteuil transférable »	<i>Transferable wheelchair</i>
	Fauteuil non transférable	Un usager est classifié « fauteuil non transférable » s'il doit demeurer dans son fauteuil durant le déplacement en TA. Par exemple, une personne quadriplégique en fauteuil motorisé est classifiée « fauteuil non transférable »	<i>Non-transferable wheelchair</i>

Tableau 2-6: Définition utilisée par le service de transport adapté de la STM (suite et fin)

	Terme	Définition	Traduction anglaise
Déficience	Motrice	Une déficience motrice atteint la mobilité ou la dextérité de l'utilisateur. Exemple : quadriplégie, arthrite, sclérose en plaques, etc.	<i>Motor</i>
	Organique	Une déficience organique atteint le fonctionnement de certains organes de l'utilisateur. Exemple : problème cardiaque, dialyse, trouble respiratoire, etc.	<i>Organic</i>
	Intellectuelle	Une DI est généralement diagnostiquée avant l'âge de 18 ans et atteint significativement les capacités cognitives de l'utilisateur. Exemple : Trisomie 21, polyhandicap, etc.	<i>Intellectual</i>
	Psychique	Une déficience psychique atteint les fonctions cognitives de l'utilisateur mais n'est pas associée à une DI. Exemple : Alzheimer, démence, autisme, etc.	<i>Psychic</i>
	Visuelle	Une déficience visuelle atteint partiellement ou totalement les fonctions visuelles de l'utilisateur. Exemple : cécité	<i>Visual</i>

De plus, le terme « usager », ou « *user* » en anglais, sera utilisé pour caractériser les personnes qui utilisent le TA puisqu'il s'agit d'un service public. Le terme « client » est utilisé lorsqu'il y a une entente contractuelle entre une personne et une entreprise ou un service privé (Larousse, 2023).

Types d'incapacité utilisés par Statistique Canada

En plus des données de la STM, cette thèse de doctorat emprunte les données de Statistique Canada, qui n'utilise pas la même terminologie. Depuis 1986, sur un cycle de cinq ans, Statistique Canada effectue des enquêtes post-censitaires sur les types d'incapacité. L'enquête canadienne sur l'incapacité (ECI) de 2017 a été utilisée dans le cadre de cette thèse; les résultats sont présentés dans la sous-section 3.2.2. Statistique Canada utilise le terme « incapacité », qui peut être défini par « la relation qui s'établit entre les structures et les fonctions corporelles, les activités de la vie quotidienne et la participation sociale, tout en tenant compte du rôle des facteurs du milieu. » . Ainsi, lorsqu'il sera question de l'ECI dans la thèse, le terme « incapacité » sera utilisé. Le Tableau 2-7 présente la classification des types d'incapacité utilisée par Statistique Canada.

Tableau 2-7: Types d'incapacité utilisés dans les enquêtes de Statistique Canada (Statcan, 2018b)

Type d'incapacité	Description de l'incapacité	% de la population québécoise ayant l'incapacité en 2017
Liée à la douleur	Personne dont les activités sont limitées en raison d'une douleur toujours présente ou qui revient de temps à autre.	7,70%
Liée à la flexibilité	Personne dont les activités sont limitées en raison de leur difficulté à se pencher ou à tendre les bras.	5,18%
Liée à la mobilité	Personne dont les activités sont limitées en raison de leur difficulté à se déplacer (marcher et utiliser des escaliers).	5,04%
Liée à la santé mentale	Personne dont les activités sont limitées en raison d'une condition d'ordre émotionnel, psychologique ou de santé mentale.	3,60%
Visuelle	Personne dont les activités sont limitées en raison de leur difficulté à voir.	2,48%
Auditive	Personne dont les activités sont limitées en raison de leur difficulté à entendre.	2,20%
Liée à la dextérité	Personne dont les activités sont limitées en raison de difficultés à se servir de leurs doigts pour saisir de petits objets.	1,94%
Liée à l'apprentissage	Personne dont les activités sont limitées en raison d'une difficulté d'apprentissage (dyslexie, hyperactivité, problème d'attention, etc.) autodéclarée ou diagnostiquée par un professionnel de la santé.	2,75%
Liée à la mémoire	Personne dont les activités sont limitées en raison de troubles de mémoire continus ou de périodes de confusion.	1,68%
Liée au développement	Personne ayant reçu un diagnostic d'une telle condition (trisomie, trouble dû au manque d'oxygène à la naissance, etc.), peu importe le niveau de difficulté ou la fréquence de limitation des activités.	0,67%
Inconnu	Personne dont les activités sont limitées en raison de tout problème de santé ou condition autre que les 10 types spécifiques d'incapacité évalués par l'enquête.	0,30%

Il est à noter que la majorité des personnes ayant une incapacité se retrouve dans plus d'une catégorie du Tableau 2-7. Les types d'incapacité utilisés par Statistique Canada ne concordent pas avec ceux utilisés par la STM, mais il est possible d'établir des correspondances (voir Figure 2-2). Il est important de mentionner que des personnes ayant certains types d'incapacité ne sont pas admissibles au service de TA de la STM en vertu des critères d'admission du ministère des Transports et de la Mobilité durable du Québec (MTMD, 2023a).

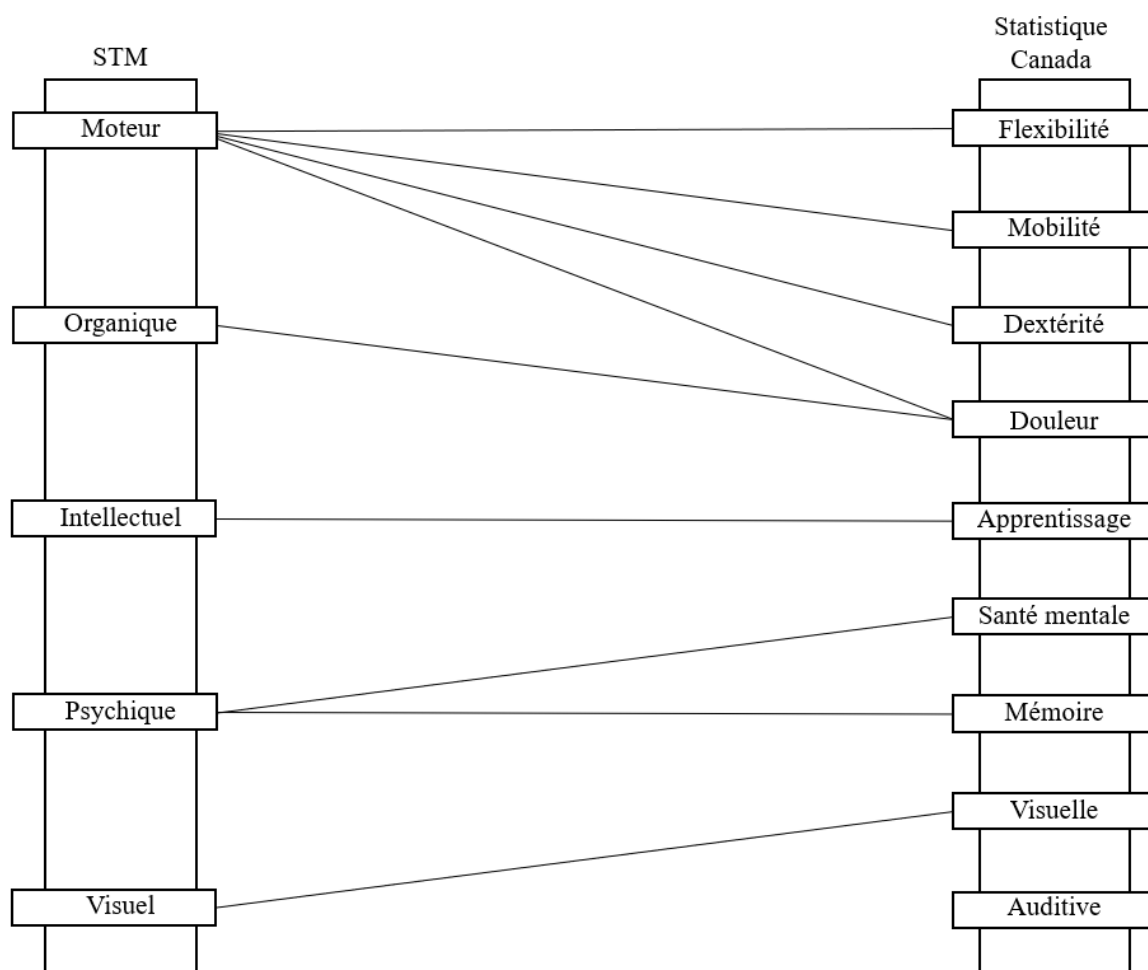


Figure 2-2 : Correspondance entre les types de déficience utilisés par la STM et les types d'incapacité utilisés par Statistique Canada

La terminologie utilisée par la STM et par Statistique Canada est opérationnelle et analytique; elle est utilisée principalement à l'interne et à des fins d'analyse. Elle peut être réductrice et dégradante pour les usagers, bien qu'elle permette de faire fonctionner le système de planification et d'en analyser les données. Cependant, pour ce qui est de la rédaction des articles et de la thèse, certains termes plus inclusifs et respectueux ont été choisis, comme le terme « personnes en situation de handicap » (PSH) (« *people with disability* » (*PWDs*)). Le choix de terminologie est inspiré du Modèle de développement humain – Processus de production du handicap (MDH-PPH) et de la Classification internationale du fonctionnement (CIF).

Modèle de développement humain – Processus de production du handicap

Une des classifications du handicap les plus utilisées à travers le monde est le MDH-PPH créé par le Réseau international sur le Processus de production du handicap (RIPPH) qui est basé au Québec (Fougeyrollas, 2021). La première version de cette classification date de 1998; une version bonifiée a été publiée en 2010. Dans le cadre du projet de doctorat, le MDH-PPH sera principalement utilisé pour sa vision du handicap; en effet, cette classification ne considère pas le handicap comme une caractéristique propre à une personne, puisque cette idée est discriminatoire en vertu de la Convention relative aux droits des personnes handicapées (CDPH) adoptée en 2006 par l'Organisation des Nations unies (ONU). Le handicap découle plutôt de l'interaction entre trois domaines conceptuels :

1. **Les facteurs personnels** → caractéristiques de la personne :
 - Systèmes organiques → composantes corporelles, Aptitudes → Capacité de faire une activité physique ou mentale,
 - Facteurs identitaires → Caractéristiques sociodémographiques, culturelles et économiques;
2. **Les facteurs environnementaux** → dimensions sociales et physiques :
 - Facilitateur → facteurs qui favorisent la réalisation des activités,
 - Obstacles → facteurs qui entravent la réalisation des activités.
3. **Les habitudes de vies** → Activités courantes ou rôles :
 - Situation de participation sociale → pleine réalisation des habitudes de vie,
 - Situation de handicap → réduction de la réalisation des habitudes de vie.

Le MDH-PPH est représenté à la Figure 2-3; celle-ci montre les interactions entre les différents domaines présentés ci-dessus.

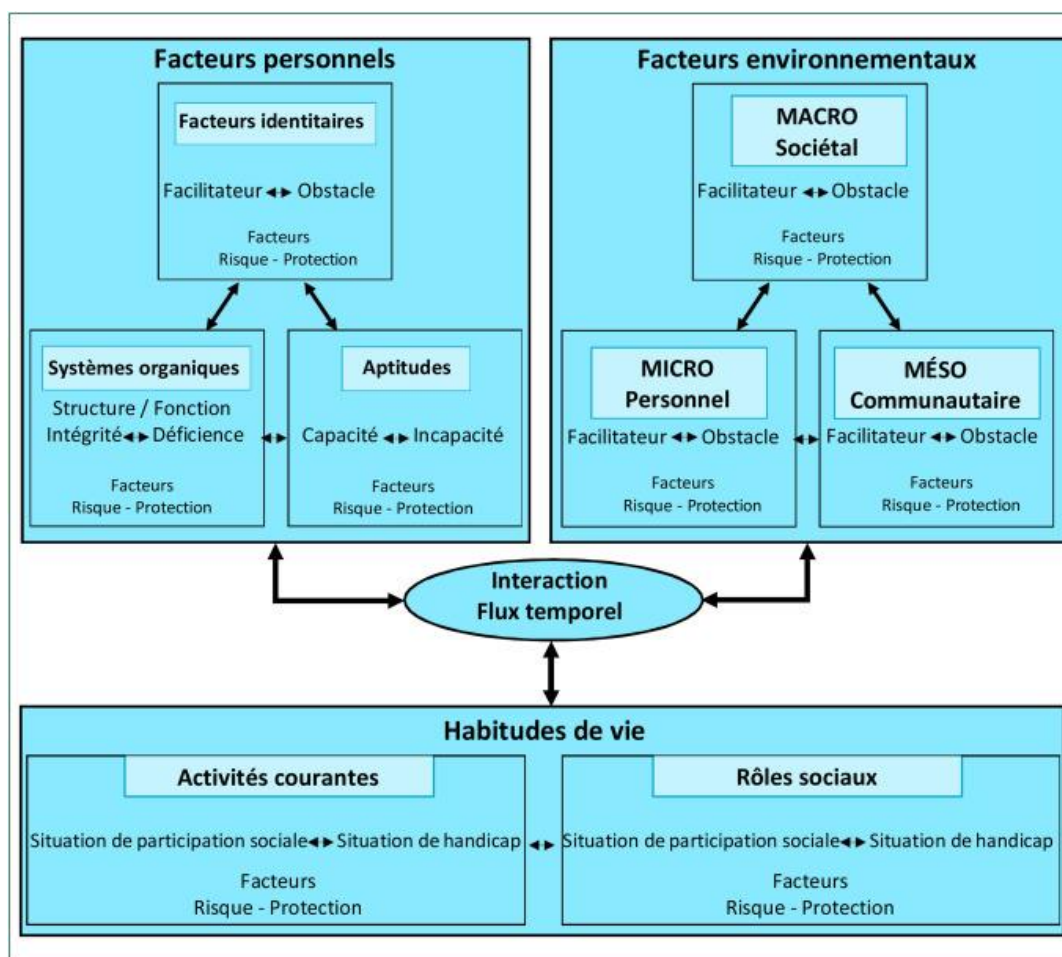


Figure 2-3: Classification internationale MDH-PPH. Reproduction de la « Classification internationale 'Modèle de développement humain-Processus de production du handicap' », par Fougeyrollas, P., 2021, F-1, p. 17.

Dans le cadre de ce projet doctoral, ce sont les aptitudes qui permettent de déterminer l'admissibilité des demandeurs au service de TA. Le MDH-PPH classe les aptitudes en dix catégories présentées dans le Tableau 2-8.

Tableau 2-8: Grandes catégories d'aptitudes du MDH-PPH

Aptitudes	Définition (Fougeyrollas, 2021)
Aptitudes liées aux activités intellectuelles	Aptitudes liées à la connaissance, à l'organisation ainsi qu'à l'utilisation des fonctions psychiques.
Aptitudes liées au langage	Aptitudes liées à communiquer par le corps, la parole ou l'écriture.
Aptitudes liées aux comportements	Aptitudes liées à la volition, l'affectivité et la manière d'agir.
Aptitudes liées aux sens et à la perception	Aptitudes liées à la réception et à l'interprétation d'information sur les éléments provenant de l'environnement ou de son corps.
Aptitudes liées aux activités motrices	Aptitudes liées au mouvement et au maintien de positions corporelles.
Aptitudes liées à la respiration	Aptitudes liées à la circulation d'air dans les voies respiratoires.
Aptitudes liées à la digestion	Aptitudes liées à l'assimilation d'aliments dans le tube digestif.
Aptitudes liées à l'excrétion	Aptitudes liées à l'élimination des déchets de l'organisme.
Aptitudes liées à la reproduction	Aptitudes liées à la procréation.
Aptitudes liées à la protection et à la résistance	Aptitudes liées à la protection ou à la résistance à une contrainte, un effort ou un facteur de l'environnement.

Encore une fois, les aptitudes définies par le MDH-PPH ne correspondent pas parfaitement aux déficiences définies par la STM. Néanmoins, des liens ont été établis dans la Figure 2-4.

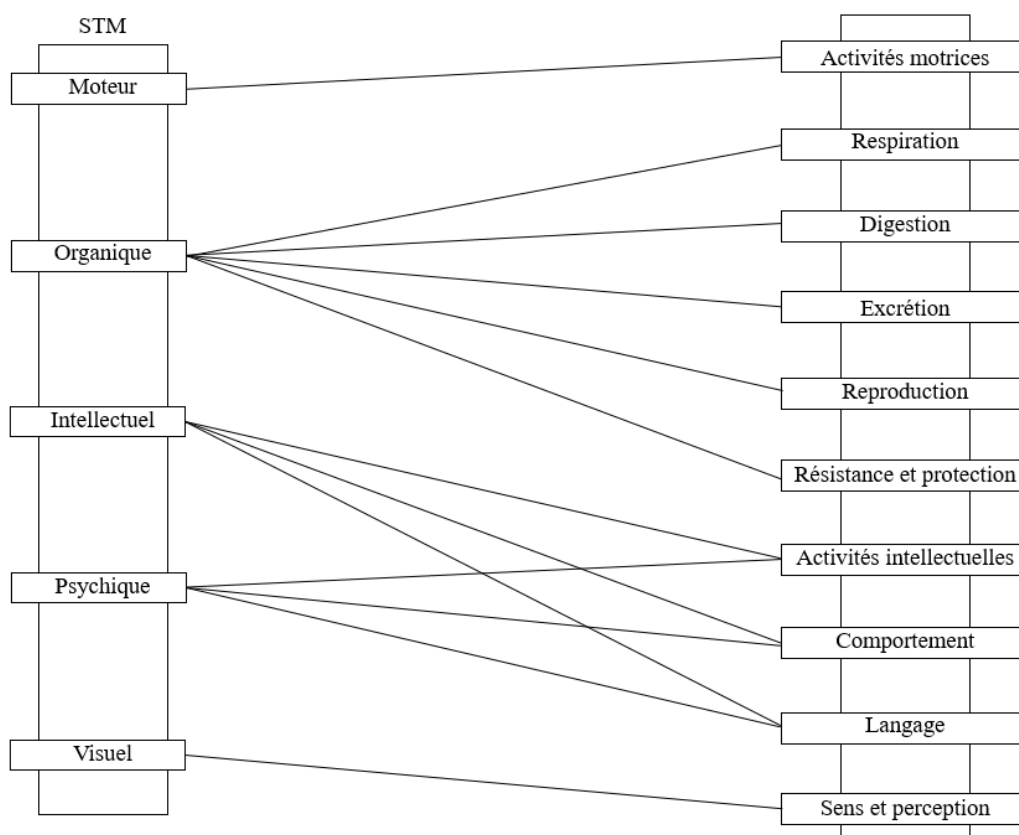


Figure 2-4 : Correspondance entre les aptitudes du MDH-PPH et les types de déficience utilisés par la STM

Classification internationale du fonctionnement

La CIF, créée par l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) est un autre modèle qui permet de classer les handicaps (OMS, 2001). La CIF a une vision du handicap similaire au MDH-PPH. En effet, un problème de santé découle d'une ou de plusieurs déficiences des structures anatomiques ou des fonctions organiques, qui limitent les activités quotidiennes ou restreignent la participation de l'individu à cause de facteurs environnementaux ou personnels (OMS, 2001). Selon la CIF, un « handicap sert de terme générique pour désigner les déficiences, les limitations d'activité ou les restrictions de participation » (OMS, 2001). La Figure 2-5 présente la structure du modèle de la CIF.

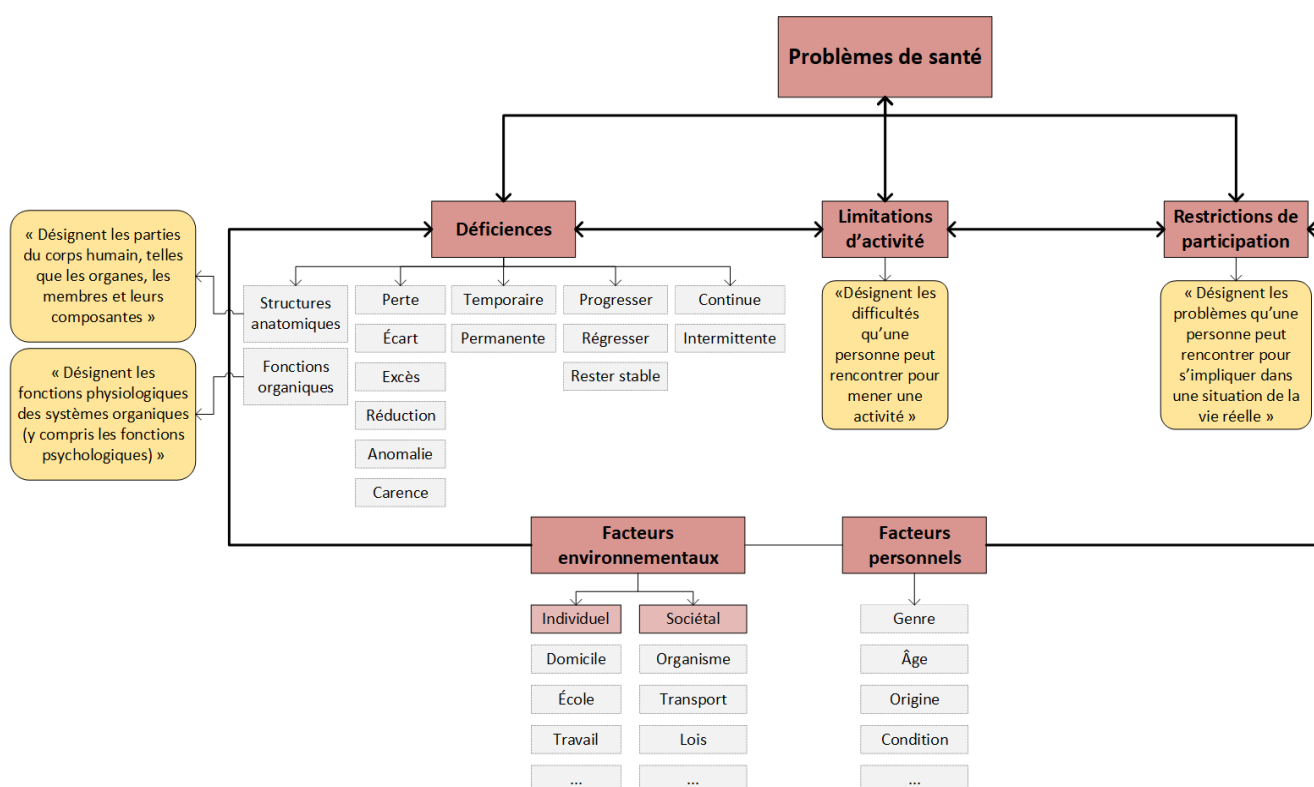


Figure 2-5: Modèle de la classification internationale du fonctionnement

La CIF classifie les déficiences dans huit catégories. Chaque déficience de cette catégorie comporte de nombreuses sous-catégories. Le Tableau 2-9 présente les catégories principales de la CIF.

Tableau 2-9: Classification des différents types de déficience selon la CIF

Déficience	Description selon la CIF
Mentale	Déficience des fonctions du cerveau, à la fois des fonctions mentales globales, comme la conscience, l'énergie et les pulsions, et des fonctions mentales spécifiques, comme la mémoire, le langage et les fonctions de calcul mental.
Sensorielles et douleur	Déficience des fonctions des sens, de la vue, de l'ouïe, du goût, etc., de même que de la sensation de douleur.
De la voix et la parole	Déficience des fonctions de production des sons et de la parole.
Cardio-vasculaire, hématopoïétiques, immunitaires et respiratoire	Déficience des fonctions impliquées dans les systèmes cardio-vasculaire, hématopoïétiques, immunitaires et respiratoire.
Digestive, métabolique et endocriniennes	Déficience des fonctions d'ingestion, de digestion et d'élimination, de même que des fonctions du métabolisme et des glandes endocrines.

Tableau 2-9: Classification des différents types de déficience selon la CIF (suite et fin)

Déficience	Description selon la CIF
Génito-urinaire et reproductive	Déficience des fonctions urinaires et reproductives, y compris les fonctions sexuelles et procréatrices.
Locomotrice et mouvement	Déficience des fonctions motrices et de la mobilité, y compris les fonctions des articulations, des os, des réflexes et des muscles.
De la peau et structure associée	Déficience des fonctions de la peau, des ongles, des cheveux et des poils

Un lien entre les catégories de déficience de la CIF peut être fait avec les types de déficience utilisés par le service de transport adapté de la STM (voir Figure 2-6)

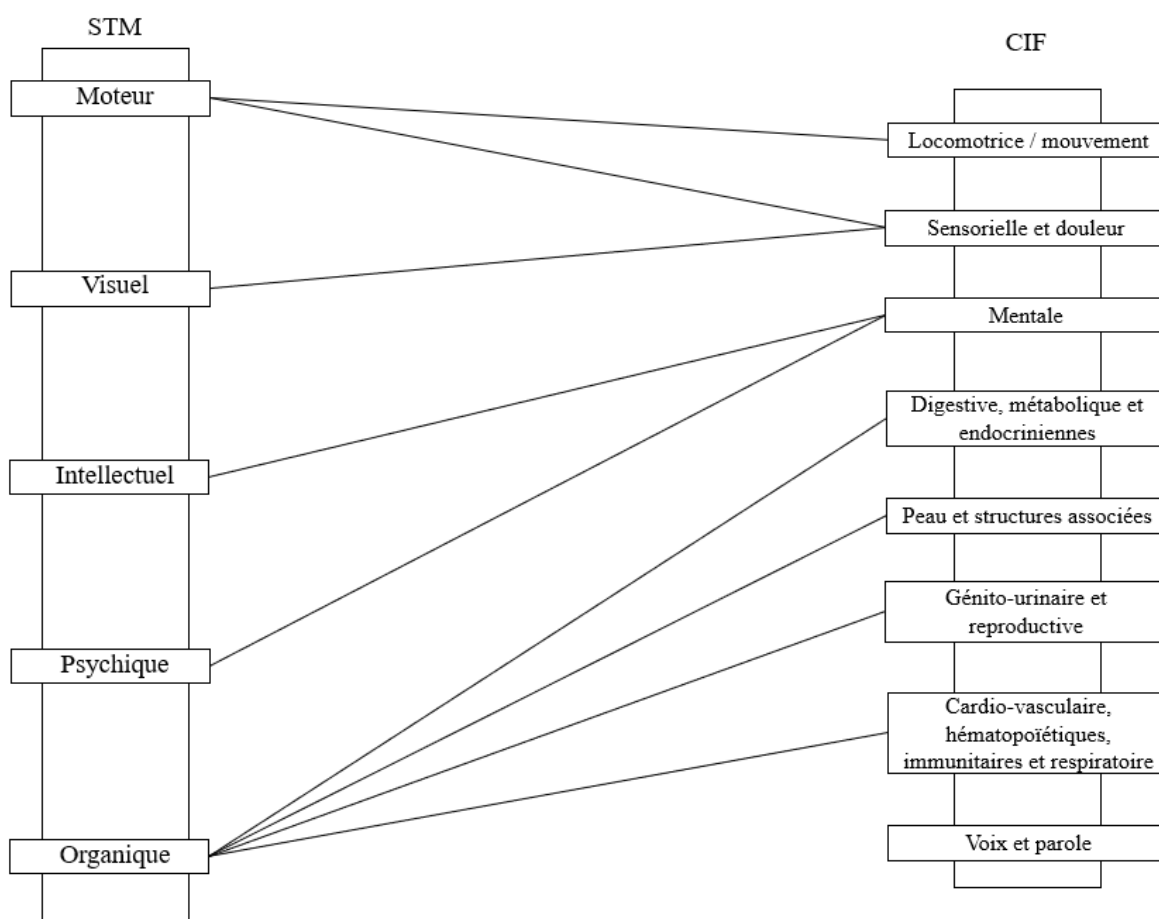


Figure 2-6: Correspondances entre les catégories de déficience de la CIF et les types de déficiences utilisés par la STM

Ainsi, la terminologie du MDH-PPH et de la CIF adopte une perspective sociale du handicap, soit que le handicap découle des obstacles induits par la société (infrastructures, politiques, services,

communauté, etc.) (Bascom & Christensen, 2017). La perspective sociale du handicap s'oppose à la perspective médicale, qui attribue plutôt le handicap à une condition médicale propre à un individu (Bromley et al., 2007). Heureusement, de nos jours, la majorité des gouvernements adopte la perspective sociale du handicap qui lutte pour vaincre les inégalités entre les personnes avec et sans handicap.

Terminologie en lien avec le handicap utilisé dans cette thèse

Chaque classification présentée ci-dessus utilise une terminologie différente. Il peut devenir difficile de s'y retrouver parmi les termes suivants : handicap, déficience, incapacité, limitation d'activité, etc. Ainsi, dans le cadre de cette thèse et dans le but d'alléger le texte, une terminologie a été adoptée dans le sens de la perspective sociale du handicap. Ainsi le terme « personne en situation de handicap (PSH) » ou « *people with disabilities (PWDs)* » en anglais sera utilisé pour caractériser les usagers du transport adapté, mais aussi pour décrire toute personne ayant une déficience des fonctions psychologiques, physiologiques ou anatomiques qui est limitée dans ses activités ou dont la participation à la vie en société est restreinte. Ainsi, ce n'est pas la déficience qui entraîne la limitation d'activité, mais plutôt les facteurs environnementaux et sociaux. L'Office des personnes handicapées du Québec explique que : « Le terme « personne en situation de handicap » a l'avantage de mettre l'accent sur la situation de la personne, plutôt que sur ses caractéristiques personnelles, ainsi que sur l'importance d'agir sur son environnement physique et social pour prévenir de telles situations. » (OPHQ, 2019). Cette phrase décrit bien la vision adoptée dans le cadre de cette thèse. Le terme déficience ou « *disability* » en anglais sera donc utilisé pour caractériser « toutes perte de substance ou altération d'une structure ou fonction psychologique, physiologique ou anatomique » (PAH, 2023). Ainsi, lorsqu'il sera nécessaire de caractériser les usagers en fonction de leur condition, le terme déficience sera favorisé. L'utilisation du terme « *disability* » plutôt que « *deficiency* » en anglais provient du fait que le terme « *disability* » est largement utilisé dans la littérature anglophone contrairement à « *deficiency* ».

2.1.3 Vieillesse

Bien que les services de TA soient dédiés aux PSH, il est aussi souvent question dans cette thèse de personnes âgées (PA). En effet, environ 70% des usagers du service de transport adapté de la STM

sont âgés de 65 ans et plus. Ainsi, les recherches en lien avec le vieillissement sont souvent applicables aux usagers des services de TA et permettent d'élargir la revue de la littérature.

La terminologie utilisée dans le domaine du vieillissement est très variable puisqu'il existe une grande diversité de processus de vieillissement et que certaines PA rejettent l'étiquette leur étant associée (Plante, 2023). De plus, chaque étude utilise une tranche d'âge différente pour caractériser les PA. Il n'existe pas de consensus scientifique quant à la tranche d'âge associée au groupe des personnes âgées (OQLF, 2023). Par exemple, l'Organisation mondiale de la Santé utilise le groupe d'âge de 60 ans et plus pour caractériser les PA (OMS, 2023), tandis que Statistique Canada (2023), utilise plutôt la tranche d'âge de 65 ans et plus. Néanmoins, selon les impacts du vieillissement démographique sur le transport, il serait préférable de séparer ce groupe en deux : 65 ans à 74 ans (jeunes retraités) et 75 ans et plus (retraités âgés), car les deux groupes ont des comportements de mobilité différents (Gagnon, 2023). Selon Ignace Olazabal (2017), avec l'augmentation de l'espérance de vie, il y a maintenant plusieurs étapes de la vieillesse qui ne sont pas toutes vécues au même âge selon l'individu. Ainsi, il reste ardu d'attribuer un groupe d'âge aux personnes âgées. Pour certains, la vieillesse est associée à la retraite (Caradec & de Singly, 2001); pour d'autres, le vieillissement est plutôt caractérisé par les capacités physiques et cognitives de l'individu. Ainsi, tout au long de cette thèse, le terme « personnes âgées » ou « *older adults* » en anglais sera utilisé, et la tranche d'âge associée aux PA sera déterminée en fonction de l'étude ou de la collecte de données de référence.

2.1.4 Aide à la mobilité

Selon la Fédération de l'Âge d'Or du Québec (FADOQ), les dispositifs d'aide à la mobilité sont « conçus pour améliorer la mobilité de leurs utilisateurs. Autrement dit, ils sont utilisés pour faciliter la marche, le déplacement d'un point à l'autre, le maintien ou le changement de position. » (FADOQ, 2023). Le terme « aide à la mobilité » peut être traduit par « *mobility aid* ». Cependant, dans la littérature, ce terme est principalement utilisé pour catégoriser les aides à la mobilité utilisées par les personnes malvoyantes et aveugles (Brabyn, 1985; Collins, 1985; Roentgen et al., 2008). La traduction appropriée pour « aides à la mobilité » est donc « *mobility device* ». Le Tableau 2-10 présente les six catégories d'aides à la mobilité ainsi que des exemples pour chaque type.

Tableau 2-10 : Types d'aide à la mobilité

Type d'aide à la mobilité	Description	Exemple
Orthèse	Vise à compenser un membre ou un organe qui a perdu sa fonction, ne s'est jamais développé ou est atteint d'une anomalie depuis la naissance,	Orthèse d'immobilisation du genou, collet cervical, corset dorsal, etc.
Prothèse	Vise à remplacer en totalité ou en partie un membre humain. Elle vise aussi à lui redonner sa fonction première et son aspect originel	Jambe artificielle, bras artificiel, etc.
Aide à la locomotion	Sert aux déplacements lorsque la marche est impossible ou difficile	Fauteuil roulant manuel ou motorisé, quadriporteur, etc.
Aide à la marche	Sert d'appui, ce qui facilite ou permet la marche.	Canne, marchette, béquille, etc.
Aide à la posture	Maintient une ou plusieurs parties du corps en position assise dans un fauteuil roulant ou dans une base de positionnement.	Ceinture de maintien, plastron, appui-tête, etc.
Aide à la verticalisation	Soutient le tronc et les membres inférieurs, ce qui permet la position debout	Déambulateur, verticalisateur, sangles de verticalisation

La majorité des services de TA utilisent les informations sur les aides à la mobilité utilisées par les usagers pour faire leur planification. Le service de TA de la STM inscrit au dossier de l'utilisateur uniquement les aides à la locomotion et à la marche puisque ces aides influencent la planification des déplacements. Par exemple, lorsqu'un usager utilise une aide à la mobilité volumineuse (exemple : très gros fauteuil motorisé), seul le minibus peut être utilisé pour réaliser ses déplacements puisque les taxis réguliers et adaptés ne sont pas suffisamment grands pour permettre le transport de l'utilisateur. Bien que ce cas soit plutôt rare, plusieurs usagers utilisant un fauteuil roulant sont non transférables, ce qui veut dire qu'ils ne peuvent pas quitter leur fauteuil pour s'asseoir dans le véhicule, ainsi le taxi régulier n'est pas une option adéquate pour effectuer leurs déplacements en TA. De plus, les aides à la mobilité peuvent influencer l'espace requis pour accueillir l'utilisateur dans les véhicules. Par exemple, si un usager utilise un quadriporteur, il faut prévoir l'espace pour le quadriporteur ainsi qu'une place assise pour l'utilisateur, puisque celui-ci ne peut pas rester assis sur le quadriporteur durant

le déplacement. En effet, la conception des quadriporteurs ne permet pas d'assurer la sécurité de l'usagers en cas d'accident routier.

L'espace nécessaire dans le véhicule a un impact important sur les possibilités de jumelage d'usagers. Finalement, l'utilisation de certaines aides à la mobilité peut impacter le temps nécessaire pour effectuer l'embarquement et le débarquement des usagers. Par exemple, les fauteuils roulants doivent être ancrés au sol des véhicules, ce qui augmente le temps aux arrêts. L'estimation des temps d'embarquement et de débarquement ayant un impact important sur la planification des déplacements, la première contribution de cette thèse a donc abordé ce sujet.

2.1.5 Synthèse spécifique

Cette sous-section de la revue de littérature a pour but de présenter la terminologie et les définitions utilisées dans le cadre de cette thèse en lien avec le transport adapté, le handicap, les déficiences, le vieillissement et les aides à la mobilité. L'objectif est d'établir les bases de la compréhension pour l'ensemble de la thèse et pour les articles qui la composent. Voici les éléments-clés qui ressortent de cette première section :

1. Le TA est un service de mobilité partagé et sur demande (nécessitant une réservation) destiné aux personnes ayant une déficience permanente et dont l'utilisation du transport collectif régulier est limité en totalité ou en partie;
2. Les modalités (admission, accompagnement, raccompagnement, déplacement, véhicule et zones de service du TA) peuvent varier d'un service à l'autre et selon le contexte (besoins de l'utilisateur, climat, destination, etc.);
3. Les définitions dans le domaine du handicap sont multiples et aucun consensus n'existe. Dans le cadre de la thèse, les termes « personnes en situation de handicap » et « déficience » seront favorisés dans le but de respecter la perspective sociale du handicap;
4. La définition de « personnes âgées » est ambiguë et variera en fonction de la source de données utilisée et de l'article cité;
5. La définition d'aide à mobilité semble faire l'unanimité dans le domaine scientifique; cependant, il existe une très grande variété d'aides à mobilité qui peuvent avoir un impact plus ou moins important sur la quantité et la gravité des obstacles rencontrés.

Cette première sous-section de la revue de littérature permet de conclure qu'il n'existe pas encore de consensus au niveau de la terminologie dans le domaine du handicap et du vieillissement. Cela fait en sorte que certains termes sont utilisés de façon maladroite ou erronée par certains auteurs. De plus, cela rend complexe l'analyse et surtout la combinaison de données, comme l'illustrent les Figure 2-2, Figure 2-4 et Figure 2-6.

Le Tableau A.1 présente l'ensemble des références citées dans cette section de la revue de littérature en ordre d'apparition dans le texte. Pour chacune des références, le ou les objectifs principaux sont présentés et lorsqu'applicable, les méthodes utilisées sont brièvement décrites.

2.2 Planification des déplacements du TA

La planification des déplacements pour les services de TC régulier représente déjà un processus complexe bien que l'horaire et le trajet demeurent fixes la majeure partie du temps. Comme le TA est un service à la demande, la planification doit être faite le jour même et modifiée en temps réel. En fonction de la demande et des ressources disponibles, les outils de planification tentent de faire une attribution optimale des ressources et d'établir les horaires. Ainsi, plusieurs entreprises ont développé des logiciels permettant de faire cette affectation pour les services de TA. Pour faire cela, les outils utilisent les estimations de temps de déplacement et les temps aux arrêts en plus de considérer l'espace disponible à l'intérieur des différents types de véhicule.

2.2.1 Outils de planification des déplacements

Le service de TA de la STM fait appel aux services de GIRO pour planifier ses déplacements. GIRO est une entreprise québécoise optimisant les services de TC et les services postaux partout à travers le monde (GIRO, 2023a). L'une des solutions développées par cette entreprise est GIRO/ACCÈS^{MC}, qui permet de gérer les services de transport à la demande et les services de TA. Ce logiciel est utilisé par de nombreux services de TA au Québec tel que la STM, la Société de transport de Laval (STL), le Réseau de transport de la Capitale (RTC), etc. Il est aussi utilisé par la Commission de transport de Toronto (CTT) et le Calgary Transit (GIRO, 2023b). Cet outil permet de faire la réservation de déplacements, la gestion des fournisseurs, la planification et l'optimisation des déplacements, l'évaluation des scénarios, des changements en temps réel et bien plus (GIRO, 2023b). Chaque service de TA peut facilement modifier les paramètres du logiciel (temps aux arrêts, espace des

véhicules, temps de déplacement, etc.). De plus, les sociétés de transport peuvent faire des requêtes de modification du logiciel afin que celui-ci soit plus cohérent avec le contexte dans lequel elles opèrent. Néanmoins, les requêtes peuvent être dispendieuses et impliquent des délais, ce qui rend l'outil moins malléable.

Il existe plusieurs autres logiciels permettant la gestion des services de TA :

- Ecolane (<https://www.ecolane.com/>)
- Trip Master (<https://tripmastersoftware.com/about/>)
- Remix (<https://www.remix.com/>)
- Routematch (<https://www.routematch.com/solutions/>)
- Moovit (<https://moovit.com/fr/>)
- TransLoc (<https://transloc.com/>)

Peu importe le logiciel utilisé pour planifier les déplacements en TA, trois composantes jouent un rôle essentiel : (1) le temps de déplacement, (2) le temps aux arrêts et (3) l'espace nécessaire dans le véhicule (Fu, 2002).

2.2.2 Temps de déplacement

Selon Turner et al. (1998), le temps de déplacement est défini comme le temps nécessaire pour parcourir un itinéraire entre deux points d'intérêt quelconques. La planification des temps de déplacement joue un rôle essentiel pour les services de TC (Moreira, 2008), notamment pour établir les horaires du service, des employés et d'utilisation des véhicules. De plus, ils sont communiqués aux usagers afin que ceux-ci puissent utiliser le service, et ils sont utilisés en temps réel par les centres de contrôle pour intervenir en cas de problème (panne, trafic, etc.) (Yu et al., 2014). Finalement, les temps de déplacement ainsi que la fiabilité de ceux-ci peuvent influencer le choix modal des usagers, (Bhat & Sardesai, 2006; Frank et al., 2008; Sweet & Chen, 2011), et également impacter la satisfaction de ces derniers vis-à-vis un mode de transport (Humagain & Singleton, 2021; Jang & Ko, 2019).

Comme l'estimation des temps de déplacement est essentielle à la planification des parcours, ceux-ci ont été largement étudiés et plusieurs méthodes ont été développées pour les prédire (Yu et al., 2014) : les séries temporelles (Smith & Demetsky, 1994), les réseaux de neurones (Smith &

Demetsky, 1994), les régressions *support vector machine* (Yu et al., 2014) et les techniques de filtration de Kalman (Cathey & Dailey, 2003). L'estimation des temps de déplacement est complexe car ils peuvent être très variables en fonction du moment de la journée, des conditions climatiques, de la congestion, etc. (Smith & Demetsky, 1994). Des modèles plus sophistiqués permettent de prendre ces variables en considération, mais la mise en place de ceux-ci est longue et ardue.

Le service de TA de la STM utilise une méthodologie en six étapes pour déterminer les temps de parcours utilisés pour faire les feuilles de route de chauffeurs :

- **Recueillir les données GPS** collectées par les systèmes AVL (Localisation automatique des véhicules) dans les véhicules du TA;
- **Obtenir les caractéristiques du réseau routier** grâce à une collaboration avec l'école Polytechnique Montréal (caractéristiques des 137 000 segments de rue);
- **Établir les modèles de vitesse** à partir des données GPS et de l'algorithme développé par Polytechnique Montréal, qui considère les éléments suivants :
 - Période de la journée (pointe AM, pointe PM, hors pointe, soir, et fin de semaine),
 - Direction (Nord, Sud, Est et Ouest),
 - Type de rue (Local, artère, autoroute),
 - Zone de congestion (25 polygones et 95 zones d'autoroute);
- **Calculer les matrices temps/distance** des cinq périodes de la journée à partir des vitesses (chemin le plus court entre les 1668 intersections majeures (IM));
- **Détermination des temps de parcours** : estimation du temps à vol d'oiseau entre l'origine et l'IM la plus proche + temps entre les deux IM + estimation temps à vol d'oiseau entre l'IM la plus proche et la destination en considérant :
 - Facteurs de vitesse,
 - Jour de la semaine,
 - Heure de la journée,
 - Type de véhicule (minibus, taxi adapté ou taxi régulier),
 - Situation spéciale (ex : tempête).

De plus, la STM revoit ses temps de parcours ponctuellement s'il y a des fermetures ou des travaux majeurs, de nouvelles vitesses de circulation, des modifications de réseau (sens unique, virage

interdit, etc.) ou des rues piétonnes saisonnières. Ainsi, plusieurs facteurs influencent les temps de parcours planifiés afin de s'approcher le plus possible du temps réel afin d'offrir un service fiable tout en optimisant l'utilisation des ressources.

Peu importe le mode transport, la diminution du temps de déplacement et la fiabilité de l'estimation sont des facteurs très importants. À cet effet, trois méthodes sont répertoriées dans la littérature: la priorisation (voie réservée, signalisation prioritaire, etc.), les mesures opérationnelles (structure des routes, trajet utilisé) et les mesures de contrôle (saut d'arrêt, modification de la vitesse, etc.) (Moreira, 2008). Comme les véhicules utilisés pour le TC sont généralement plus longtemps en mouvement qu'aux différents arrêts, la recherche s'intéresse principalement au temps de déplacement. Ainsi, les temps aux arrêts sont généralement sous-estimés, ce qui peut mener à des retards ou à une sous-utilisation des ressources.

2.2.3 Temps aux arrêts

Le temps aux arrêts pour les services de TC régulier (métro, autobus, train, etc.) est défini comme le temps nécessaire pour servir les passagers aux arrêts (Transportation Research Board, 2000). Ainsi, le temps aux arrêts a trois composantes : ouverture des portes, embarquement et débarquement des passagers, et fermetures des portes (Xin & Chen, 2016). Pour les services de TA, le temps aux arrêts a une composante supplémentaire : le temps pour accompagner l'utilisateur entre le véhicule et l'origine ou la destination. De plus, le temps aux arrêts pour les services de TA est généralement plus long, entre autres parce que l'embarquement et le débarquement de certains usagers nécessite l'usage d'une rampe d'accès ou d'une plateforme élévatrice.

Le temps aux arrêts pour les services d'autobus réguliers peut représenter de 9% à 26% du temps de déplacements (Levinson, 1983); ainsi, un ajustement adéquat des temps aux arrêts permet d'améliorer la ponctualité, la fiabilité et l'efficacité du service, ce qui facilite la planification et permet d'améliorer la satisfaction des usagers (Rashidi & Ranjitkar, 2015).

Type de données utilisées

Afin de réaliser des estimations de temps aux arrêts, Rashidi et al. (2023) identifie trois sources de données possibles :

1. Comptage automatique des passagers (APC), localisation automatique du véhicule (AVL) et système de perception automatique des paiements (AFC);
2. Caméra vidéo à bord du véhicule ou aux arrêts;
3. Collecte manuelle de données par observation et chronométrage.

Le premier type de données a l'avantage de pouvoir être utilisé à grande échelle rapidement lorsque la technologie est implantée à bord des véhicules (El-Geneidy & Vijayakumar, 2011). Pour ce qui est des données collectées par caméra vidéo, elles permettent de collecter des données sur les comportements des passagers (Dai et al., 2019; Kostyniuk & D'Souza, 2020). Cependant, ce type de collecte est longue et dispendieuse, et comporte des enjeux au niveau de la confidentialité (Fricker, 2011). La collecte manuelle de données permet de contourner le problème de confidentialité puisqu'il n'y pas d'enregistrement, mais il s'agit encore une fois d'une collecte laborieuse (González et al., 2012). De plus, les données de validation des cartes à puce dans les autobus et les informations sur l'utilisation rattachée au titre de transport peuvent être utilisées. Lei et al. (2017) ont notamment mesuré le temps entre deux validations consécutives pour vérifier si les personnes âgées ont besoin de plus de temps pour embarquer dans l'autobus.

Méthodologies utilisées pour estimer les temps aux arrêts

Plusieurs modèles peuvent être utilisés pour estimer les temps aux arrêts dans le but de faire une planification adéquate. Dans une revue de la littérature réalisée par Rashidi et al. (2023) trois types de modèles sont répertoriés. D'abord, les modèles de régression sont largement utilisés pour déterminer les facteurs exerçant une influence sur les temps aux arrêts (El-Geneidy & Vijayakumar, 2011; González et al., 2012; Kostyniuk & D'Souza, 2020; Lei et al., 2017; Levinson, 1983; Tirachini & Cats, 2020). Néanmoins, ce type de modèle comporte quelques inconvénients : il est difficile d'obtenir suffisamment de données pour faire une régression fiable; les conditions de normalité, d'erreur aléatoire et de multicollinéarité sont difficiles à satisfaire; lorsque le nombre de variables est élevé, le modèle devient complexe et la dépendance des variables est difficile à gérer; et ce type de modèle néglige les effets des valeurs aberrantes et des données manquantes (Rashidi et al., 2023). Le modèle probabiliste et les séries chronologiques sont aussi utilisés (Dai et al., 2019; Meng & Qu, 2013). L'avantage de ce type de modèle est qu'il utilise uniquement des données historiques et qu'il n'a pas besoin de prédiction de nombre de passagers ni des caractéristiques des véhicules,

contrairement aux modèles de régression (Rashidi et al., 2023). Cependant, dans le contexte du TA, le nombre de passagers à embarquer et à débarquer aux arrêts est une variable connue à l'avance lors de la planification. Finalement, les modèles basés sur l'intelligence artificielle (IA) ont aussi commencé à être utilisés pour estimer les temps aux arrêts (Rashidi et al., 2013; Xin & Chen, 2016). Bien que ce type de modèle ne soit pas encore largement utilisé, il permet d'obtenir de meilleurs résultats que les modèles précédemment présentés, en plus de n'avoir aucune contrainte et forme spécifique à respecter (Rashidi et al., 2023).

Facteurs impactant les temps aux arrêts

Dans la revue de littérature réalisée par Rashidi et al. (2023), une liste des facteurs exerçant une influence sur le temps aux arrêts a été réalisée. Plusieurs de ces facteurs sont aussi applicables au TA : nombre d'arrêts, âge et genre des usagers, nombre d'embarquements, capacité du véhicule, modes de paiement, moment de la journée, condition climatique, etc. Cependant, certains facteurs ne sont pas applicables aux services de TA : présence d'abribus, nombre de personnes debout dans le véhicule, etc. L'inverse est aussi vrai puisque certains facteurs présents lors de l'arrêt des véhicules de TA ne sont pas applicables au réseau de TC régulier (type de handicap, type de rampe ou de plateforme utilisé, type d'aide à mobilité, etc.)

Temps aux arrêts pour les services de TA

Selon la revue de littérature réalisée dans le cadre de cette thèse, aucune recherche n'a été réalisée sur les temps aux arrêts pour les services de TA, même que dans certains cas, le temps aux arrêts utilisé est le même pour l'ensemble des déplacements, peu importe le contexte (Fu, 2002), ce qui peut entraîner des retards ou une sous-utilisation des ressources. Cependant, quelques recherches se sont intéressées à l'impact des caractéristiques des usagers sur le temps aux arrêts. Lei et al. (2017) ont conclu que la présence de personnes âgées faisait augmenter le temps aux arrêts. De plus, Kostyniuk et D'Souza (2020) ont mené une étude sur l'impact de la présence d'aide à la mobilité et d'items encombrants (ex: valise) sur le temps aux arrêts pour un service régulier d'autobus au Michigan. Les auteurs ont démontré que la présence d'aide à la mobilité/d'items encombrants et l'utilisation de la rampe d'accès augmente le temps aux arrêts. Finalement, Feeley et al. (2016) ont étudié les bénéfices potentiels d'une application mobile permettant d'envoyer une notification d'arrivée imminente sur

les temps aux arrêts pour les services de TA. En plus de réduire le temps d'attente pour les usagers, ces systèmes de notification ont le potentiel de réduire le temps aux arrêts.

Il demeure néanmoins que plus de recherche est nécessaire pour évaluer les facteurs ayant un impact sur les temps aux arrêts des services de TA afin d'être en mesure de prévoir le juste temps pour l'embarquement et le débarquement des usagers. Celui-ci n'est pas le seul paramètre nécessaire pour planifier les déplacements; il est aussi nécessaire de connaître l'espace nécessaire pour chacun des usagers embarquant dans les véhicules.

2.2.4 Espace dans les véhicules

Afin de faire une planification adéquate des déplacements à l'arrêt, il est essentiel de connaître le nombre de personnes (usagers et accompagnateurs) qui embarquent et débarquent à chacun des arrêts. Cela permet de déterminer la capacité nécessaire du véhicule. Selon le type d'aide à mobilité utilisée ainsi que les besoins de l'utilisateur, un plus grand espace de véhicule peut être requis. Par exemple, une personne utilisant un quadriporteur devra avoir une place assise et une autre pour le quadriporteur. De plus, certains usagers ambulants ont besoin d'un espace plus grand à cause de leur gabarit ou d'une sensibilité aux contacts avec autrui. On retrouve très peu de littérature à ce sujet pour les usagers du TA. Quelques articles font mention des espaces réservés au fauteuil roulant dans les services de TC régulier. Il est notamment question du conflit qui survient lorsque l'espace dédié au fauteuil roulant est occupé par une poussette, un chariot ou autre élément encombrant (Cross, 2006; Pearson, 2018). Au Québec, l'ancrage des fauteuils roulants motorisés et manuels dans les véhicules de TC régulier n'est pas obligatoire; il n'est donc pas utilisé. Cependant, dans les véhicules adaptés (minibus adapté et taxi adapté), l'article 40 de la loi provinciale sur les véhicules routiers adaptés au transport de personnes handicapées stipule que :

« L'espace réservé à un fauteuil roulant doit avoir une largeur d'au moins 81 cm et une longueur d'au moins 130 cm. Cet espace doit être muni d'un dispositif servant à immobiliser le fauteuil roulant en position face vers l'avant de l'autobus ou du minibus et d'une ceinture de sécurité sous-abdominale ou d'une ceinture sous-abdominale et d'une ceinture-baudrier combinée, conformes à l'article 39. » (Gouvernement du Québec, 2022)

Ainsi, la majorité des véhicules utilisés pour le TA ont un espace modulable permettant d'accommoder un nombre variable de personnes ambulantes ou en fauteuil roulant (Dietrich véhicule,

2023). En effet, certains sièges peuvent être repliés ou déplacés pour permettre l'ancrage d'un fauteuil roulant (voir Figure 2-7).



Figure 2-7 : Modularité de l'espace intérieur des véhicules de transport adapté (STM, 2023a)

La majorité des services de TA utilise une flotte diversifiée de véhicules afin de pouvoir répondre aux différents besoins des usagers tout en minimisant les coûts (Mindorff, 2019). En effet, un opérateur pourrait décider d'utiliser uniquement des minibus pour offrir ses services de TA puisque ce véhicule permet de répondre aux besoins de l'ensemble des usagers, mais le coût par déplacement serait beaucoup plus élevé lorsqu'il n'y a qu'un usager ambulant à bord.

En somme, la planification des déplacements des services de TA nécessite la prise en considération de nombreux paramètres. De plus, les systèmes de planification se doivent d'être agiles pour s'adapter aux imprévus : absences (*no-show*), retards, bris mécaniques, annulations tardives (*late cancellation*), etc., qui sont très fréquents pour ce type de service (Mathias, 2005).

2.2.5 Synthèse spécifique

Cette sous-section vise à faire la synthèse de la section 2.2 de la revue de littérature portant sur la planification du TA. Cette revue de littérature s'intéresse d'abord aux outils permettant de faire la planification du TA. Il est ensuite question des trois composantes qui permettent de faire la planification des déplacements : le temps de déplacement, les temps aux arrêts et l'espace nécessaire dans les véhicules. Une attention particulière est apportée aux temps aux arrêts puisqu'il s'agit du

sujet de la première contribution de cette thèse. Voici les points clés en lien avec la section 2.2 de la revue de littérature :

1. Les outils utilisés pour faire la planification du TA doivent permettre de gérer des horaires chaque jour en fonction de la demande et ceux-ci doivent pouvoir être modifiés en cas d'imprévu;
2. Plusieurs recherches se sont intéressées au temps de déplacement, qui joue un rôle majeur dans la planification du TC et du TA;
3. Les temps aux arrêts ont un impact plus important pour les services de TA que pour le TC régulier puisque l'embarquement et le débarquement sont généralement plus longs;
4. L'espace nécessaire à un usager dans le véhicule joue un rôle important dans la planification puisque cela est directement associé à la capacité requise des véhicules.

L'écart de connaissance principal en lien avec cette sous-section de la revue de littérature est lié aux temps aux arrêts pour les services de TA. À ce jour, aucune méthodologie pour ajuster les temps aux arrêts des services de TA n'a été publiée. Pourtant, la majorité des services de TA utilisent un système de planification permettant de modifier les paramètres de temps aux arrêts. Ainsi, si une telle méthodologie existait, l'implantation de celle-ci à court terme serait possible et les bénéfices seraient potentiellement importants.

Le Tableau A.2 présente une synthèse (objectifs et méthodes) des articles cités dans cette section par ordre d'apparition dans le texte.

2.3 Transferts modaux

Les transferts modaux sont de plus en plus étudiés pour résoudre des problématiques en lien avec la mobilité; il s'agit donc d'une solution intéressante à considérer pour améliorer l'offre de mobilité pour les PSH. Cependant, pour qu'un déplacement du TA soit transféré vers un autre mode, l'usager devra fort probablement utiliser le réseau piétonnier pour effectuer une partie de son déplacement. . Ainsi, il est question des transferts modaux vers les modes actifs. De plus, une revue de littérature sur les transferts vers le service de TC régulier a été réalisée en synthétisant les facteurs favorisant ces transferts modaux. Un état de littérature en lien avec les transferts modaux chez les PA et les PSH est aussi présenté. Finalement, quelques outils d'évaluation des transferts modaux sont adressés.

2.3.1 Transfert vers les modes actifs

Les raisons de vouloir encourager un transfert modal vers la marche ou le vélo, qui représentent des modes actifs, sont multiples (Pisoni et al., 2022). Sur le plan humain, plusieurs études démontrent les bienfaits de l'activité physique sur la santé physique et mentale (Dons et al., 2018; Gordon-Larsen et al., 2009; Hamer & Chida, 2008; Mueller et al., 2015; Raustorp & Koglin, 2019). Sur le plan économique, autant à l'échelle individuelle qu'au niveau de la société (Laviolette, 2020), l'achat et l'utilisation des modes actifs sont nettement moins dispendieux que l'utilisation de l'automobile (Demoli, 2019). Dans le même ordre d'idées, les investissements nécessaires pour les infrastructures dédiées à l'automobile individuelle (route, stationnement, pont, autoroute, etc.) sont nettement plus grands que ceux nécessaires pour les modes actifs (La Presse, 2016), sans oublier que les usagers des modes actifs sont moins sédentaires et représentent donc une économie substantielle au niveau des frais de soins de santé (Mueller et al., 2017). Finalement, sur le plan environnemental, l'utilisation de l'automobile est nettement plus polluante que l'utilisation des modes actifs, et ce, pour l'ensemble des étapes du cycle de vie (Brand et al., 2021; Pisoni et al., 2019). Il faut également considérer que depuis quelques années, la taille des automobiles tend à augmenter sans pour autant transporter plus de passagers, aggravant les impacts des déplacements en voiture sur l'environnement, la santé et la sécurité (Laviolette, 2020).

Plusieurs recherches se sont intéressées aux façons de promouvoir la marche et le vélo, comme le témoignent les nombreuses revues de littérature faites sur le sujet (de Nazelle et al., 2011; Ogilvie et al., 2004; Ogilvie et al., 2007; Pucher et al., 2010; Winters et al., 2017a, 2017b; Yang et al., 2010).

Cependant, Scheepers et al. (2014) ont réalisé une revue de littérature portant sur le transfert de l'automobile vers les modes actifs. Celle-ci révèle que la qualité des recherches est faible et que les interventions ne sont généralement pas bien décrites. Dans cette revue de littérature, les auteurs classent les interventions favorisant les transferts modaux en quatre catégories : juridiques, économiques, communicationnelles et physiques (Scheepers et al., 2014). Un exemple d'intervention juridique serait l'instauration d'une rue piétonne. Les interventions économiques peuvent être des subventions ou des récompenses pour les piétons (Shoup, 1997). L'aspect communicationnel comprend les campagnes de promotion, la formation et le marketing visant à encourager les modes actifs (Goodman et al., 2013; Thomas et al., 2009). Finalement, les interventions physiques peuvent concerner la distribution de vélos (vélo partage, location de vélo, subvention pour l'achat de vélo, etc.) et l'amélioration des infrastructures cyclables et piétonnes (pistes cyclables, ajout de rues piétonnes, etc.) (Burbidge & Goulias, 2009; Noland & Ishaque, 2006; Occitanie, 2020).

Bien que les modes actifs représentent un mode de transport intéressant, ils ont aussi certains désavantages. La marche est une alternative réaliste seulement pour de courts déplacements; plusieurs recherches se sont intéressées à la distance de marche acceptable pour la population générale (Larsen et al., 2010; Seneviratne, 1985). Dépendamment du pays et du contexte de l'étude, la distance de marche acceptable varie entre 300 mètres et 1,7 kilomètre (Rahul & Verma, 2014). De plus, un sondage réalisé auprès de 350 individus ayant un handicap physique a révélé que ce type d'utilisateur accorde quatre fois plus d'importance au temps d'accès qu'au temps de déplacement (Márquez et al., 2022). Pour le vélo, la distance acceptable se situe plutôt entre 1,6 et 5,2 kilomètres (Rahul & Verma, 2014). Bien que cette dernière soit plus grande, ce mode de transport nécessite un certain niveau de forme physique; l'alternative du vélo à assistance électrique peut donc être intéressante pour les personnes en moins bonne condition physique, comme le confirment Kämper et al. (2016), qui concluent que celui-ci est une véritable alternative à l'automobile pour des distances allant jusqu'à 15 kilomètres. Les limites du vélo assisté sont toutefois nombreuses : le poids et le coût plus élevé, l'autonomie limitée, les problèmes techniques possibles, etc. (Louis & Morio, 2015). Finalement, les modes actifs sont aussi plus affectés par les conditions climatiques (pluie, neige, canicule), qui peuvent rebuter certains usagers (de Montigny et al., 2012; Zhao et al., 2019). Ainsi, le transfert modal complet vers les modes actifs n'est pas réaliste, d'où l'importance d'étudier les transferts vers les modes collectifs (métro, train, autobus, etc.).

2.3.2 Transfert vers les modes collectifs

De nombreux chercheurs se sont intéressés aux transferts modaux des modes privés vers les modes collectifs, et ce pour plusieurs raisons. Sur le plan environnemental, le TC émet beaucoup moins d'émissions polluantes que le transport privé (Ernst, 2005). Ensuite, l'utilisation des modes collectifs permet de réduire la congestion sur les routes en transportant plus d'usagers à l'heure sur une distance donnée (Rahman et al., 2020). Pour qu'un transfert modal de l'automobile vers le TC s'opère, deux types d'interventions peuvent être mises en place : rendre le TC plus attractif ou décourager l'utilisation de l'automobile (Batty et al., 2015). Les facteurs influençant le choix modal sont présentés dans le Tableau 2-11. Les types de facteur présentés dans le Tableau 2-11 sont issus de la revue de littérature réalisée par Olsson en 2003. Cependant, uniquement les facteurs associés au transfert modal vers le transport collectif ont été considérés. Le Tableau 2-11 présente aussi comment chacun des facteurs influence l'attractivité du TC ainsi que les références associées à ces constats.

Tableau 2-11: Facteurs ayant un impact positif sur le transfert modal de l'automobile au TC

Type	Facteur	Impacts	Réf
Facteurs associés à l'environnement	Distance d'accès	Distance entre l'origine et le point d'accès du mode de transport et entre le point de sortie du mode transport et la destination. Cette distance est idéalement parcourue à pied. Généralement, les modes ayant une distance d'accès plus courte sont plus attractifs.	[1]
Facteurs associés aux modes de transport	Durée de déplacement	Durée nécessaire pour effectuer un déplacement du point A au point B (comprends les attentes, les transferts, le déplacement, etc.). Dans la littérature, on distingue la durée réelle de la durée perçue, qui peut être influencée par de nombreux facteurs (confort, sentiment de sécurité, etc.) Généralement, une durée plus courte est plus attractive.	[1] [2] [3] [11]
	Distance	Distance parcourue pour atteindre le point B à partir du point A, incluant tous les modes utilisés. Généralement, une distance plus courte est plus attractive.	[2]
	Tarifs	Les coûts associés à l'utilisation du mode de transport (billet ou passe mensuelle, achat du véhicule, assurance, stationnement, etc.). Généralement, un coût plus faible est plus attractif.	[1] [3]

Tableau 2-11: Facteurs ayant un impact positif sur le transfert modal de l'automobile au TC (suite)

Type	Facteur	Impacts	Réf
	Fréquence	Fréquence de passage du mode de transport. Généralement les modes ayant une fréquence de passage plus élevée sont plus attractifs. Ce concept ne s'applique pas à l'automobile, qui est généralement continuellement disponible.	[3] [5] [11]
	Correspondance	Liaison entre deux modes de transport différents ou deux lignes d'un même mode pour réaliser un même déplacement entre un point A et B. Généralement, les options comportant moins de correspondance ou ayant des correspondances simplifiées (stationnements incitatifs, tarification intégrée, arrivées synchronisées, etc.) sont plus attractives.	[3]
	Vitesse	Vitesse du mode de transport utilisé. Certaines mesures peuvent accélérer la vitesse des modes collectifs : voies réservées, priorité aux intersections, etc. Généralement, les modes plus rapides sont plus attractifs.	[3] [5] [11]
	Disponibilité de l'information	La disponibilité de l'information permettant de planifier les déplacements (horaire des passages, localisation des arrêts, services disponibles, etc.) influence généralement positivement le choix modal.	[3]
	Signalisation	La présence de signalisation (appel auditif et visuel des arrêts, plan du réseau, etc.) dans les infrastructures de transport influence généralement positivement le choix modal.	[3]
	Services disponibles	La présence de certains services (toilette, dépanneur, téléphone public, wifi, etc.) dans les infrastructures de TC est un élément généralement attractif.	
Facteurs associés à l'expérience	Confort	Confort perçu par les usagers lors de l'utilisation des infrastructures de transport et des véhicules. Plusieurs caractéristiques influencent le confort : température, place assise, propreté, etc. Généralement, les alternatives plus confortables sont plus attractives.	[3] [11]
	Sécurité	Sécurité réelle et perçue par les usagers lors de l'utilisation du mode de transport. Généralement, les modes de transport plus sécuritaires sont plus attractifs.	[3]
	Convivialité	Facilité à utiliser le mode de transport et à obtenir de l'assistance en cas de besoin. Généralement, les modes de transport plus conviviaux sont plus attractifs.	[3]
	Fiabilité	Fiabilité du mode de transport (respect de l'horaire, fréquence de panne de service, etc.). Généralement, les modes de transport fiables sont plus attractifs.	[3] [4] [5]

Tableau 2-11: Facteurs ayant un impact positif sur le transfert modal de l'automobile au TC (suite et fin)

Type	Facteur	Impacts	Réf
Facteurs individuels	Amélioration	L'amélioration de la qualité du service (confort, fiabilité, rapidité, sécurité, etc.) favorise généralement les transferts modaux vers les modes collectifs.	[2] [10]
	Genre	Les femmes seraient plus enclines à faire un transfert modal vers le TC.	[1] [2]
	Âge	Les personnes plus âgées seraient plus enclines à faire un transfert modal vers le TC.	[1]
		Les jeunes seraient plus enclins à délaisser l'automobile pour utiliser les modes actifs et partagés.	[6]
	Permis de conduire	Les personnes n'ayant pas de permis de conduire seraient plus enclines à faire un transfert modal vers le TC.	[1]
	Transmutation	Généralement, le fait de déménager ou de changer d'emploi en milieu urbain est favorable au transfert modal vers les modes collectifs.	[6] [7] [8]
Mesure affectant le choix de mode	Conscientisation	La prise de conscience face aux enjeux environnementaux ou de santé associés au mode de transport privé peut être un déclencheur de transfert modal. Cette prise de conscience passe par l'éducation et la sensibilisation des individus.	[3]
	Ajout d'alternatives	L'ajout d'alternatives de transport (ligne d'autobus, prolongement de ligne de métro, ajout d'un SRB, etc.) favorise généralement le transfert modal vers les modes collectifs.	[1] [2] [9]
	Communication	La communication à la population en lien avec les alternatives disponibles de TC permet de rendre ces modes plus attractifs.	[3] [10]
	Mesures politiques	La mise en place d'incitatifs (rabais, stationnement gratuit, etc.) a le pouvoir de rendre le TC plus attractif.	[13]

[1]: (Satiennam et al., 2016); [2](Anwar & Yang, 2017); [3](Batty et al., 2015); [4](Chakrabarti & Giuliano, 2015); [5](Chakrabarti, 2017); [6](Soltani et al., 2019); [7](Dargay & Hanly, 2007); [8](Klinger & Lanzendorf, 2016); [9](Soomro et al., 2022); [10](Davison & Knowles, 2006); [11](Fröidh, 2003); [12](Persson, 1998); [13] (Olsson, 2003)

Le Tableau 2-11 présente divers facteurs pouvant influencer positivement ou négativement les choix modaux. Néanmoins, cette influence n'est pas homogène d'un individu à l'autre à cause de ses expériences passées, ses perceptions, etc. (Prayogi & Satwikasari, 2019). De plus, certains facteurs ont plus d'importance que d'autres pour les usagers potentiels. Batty et al. (2015) ont proposé une hiérarchie des facteurs basée sur une revue de littérature, plaçant l'accessibilité et la convivialité au

premier rang suivie par la fréquence/fiabilité, le confort, la sécurité, le coût, la vitesse et finalement l'impact environnemental. Certains aspects positifs peuvent pallier les aspects négatifs pour favoriser le transfert modal. Par exemple, Anwar et Yang (2017) ont testé l'impact de deux politiques de transport public sur le choix modal des usagers de l'automobile. Les auteurs ont pu conclure que l'ajout d'une ligne d'autobus directe aux heures de pointe entre un emplacement central et le campus avait le potentiel d'augmenter le transfert de l'automobile vers le transport collectif. La même conclusion a été observée avec la politique visant à offrir des stationnements incitatifs en périphérie urbaine. Pour leur part, Davison et Knowles (2006) ont étudié l'effet d'une politique gouvernementale visant à rendre le TC plus attractif à travers un programme nommé « *Bus Quality Partnerships* ». Ce programme inclut notamment des installations d'attente, un système d'information en temps réel pour les usagers, des véhicules faciles d'accès, des voies prioritaires pour le TC, etc. Bien que le programme semble prometteur, les auteurs concluent que les usagers du TC et les automobilistes ne sont pas conscients qu'un tel programme existe et que cela ne mène pas une augmentation significative des transferts modaux. Ainsi, il ne suffit pas de rendre le TC attractif; il faut que la population soit consciente des interventions et des améliorations instaurées (Batty et al., 2015).

2.3.3 Favoriser l'utilisation du transport collectif par les PSH

Pour transférer certains déplacements du TA vers le réseau régulier, il est essentiel de mettre des services en place pour faciliter cette intégration. En 2013, Thatcher et al. ont réalisé un guide visant à documenter les bonnes pratiques pour favoriser l'utilisation du TC régulier par les PSH. On y retrouve huit catégories d'interventions permettant la promotion de l'utilisation du TC régulier.

1. Marchabilité (voir section 2.4)
2. Accessibilité universelle des infrastructures de transport (voir section 2.5)
3. Promotion (visé à persuader la population d'utiliser le TC régulier)
4. Accès à l'information (information nécessaire pour utiliser le TC régulier)
5. Planification des déplacements
6. Formation des usagers
7. Incitatifs tarifaires
8. Alternatives aux services de TC régulier

Les deux premiers types d'intervention (marchabilité et accessibilité universelle) seront respectivement abordés en détail dans les sections 2.4 et 2.5. Plusieurs sociétés de transport au Québec et ailleurs dans le monde ont mis en place certaines de ces interventions. Le Tableau 2-12 présente des exemples d'implantation de service ou de programme.

Tableau 2-12: Services et programmes visant à favoriser l'utilisation du TC par les PSH

Services/ Programmes	Catégories	Exemple d'implantation	Description	Population visée
Promotion du TC régulier auprès des PA et des PSH	Promotion	EZ access program of Lane Transit Eugene, Oregon (Oregon Government, 2023)	Publicité (brochure, télévision, médias sociaux, etc.) visant à encourager les PA et les PSH à utiliser les services de TC régulier	PA et PSH
Site web	Accès à l'information	Site web de la STM	Le site web de la STM comporte l'ensemble des informations nécessaires (en français et en anglais) pour utiliser leurs services. De plus, le site est convivial et une barre de recherche permet d'accéder à des informations précises.	Tous
Service à la clientèle	Accès à l'information	Service à la clientèle de la STM (STM, 2023d)	L'ensemble des stations de métro de la STM ont un guichet permettant d'offrir plusieurs services aux usagers (achat de titre, remplacement de carte, etc.). Un employé est présent au guichet pour répondre aux questions des usagers, qui peuvent aussi être adressées par téléphone ou internet.	Tous

Tableau 2-12: Services et programmes visant à favoriser l'utilisation du TC par les PSH (suite)

Services/ Programmes	Catégories	Exemple d'implantation	Description	Population visée
Planificateur de trajet	Planification des déplacements	Google Maps	Le planificateur de déplacements en TC de Google Maps offre des options d'itinéraire tels que : moins de correspondances, moins de marche et accessible aux fauteuils roulants. Cependant, l'option d'accessibilité pour un fauteuil roulant n'est pas disponible partout.	Tous
Application mobile de compagnonnage	Formation des usagers	Programme compagnon de la STL (STL, 2023a)	Service de guidage en temps réel sur téléphone intelligent lors de l'utilisation du TC régulier et de la marche pour accéder au réseau ou pour rejoindre la destination. En cas de problème, le centre de contrôle peut intervenir pour venir en aide à l'utilisateur.	Personnes ayant une DI, un TSA ou la dysphasie ainsi que les PA
Service d'accompagnement en mobilité intégrée	Formation des usagers	SAMI du RTC (RTC, 2023)	Service d'information, de formation et d'accompagnement théorique et pratique pour l'utilisation du TC. Permet de se familiariser avec l'utilisation de l'autobus, des abribus et des postes informatiques pour la planification des déplacements grâce à des répliques grandeur nature.	Ouvert à tous, mais surtout utilisé par les PSH, les jeunes, les nouveaux arrivants et les PA

Tableau 2-12: Services et programmes visant à favoriser l'utilisation du TC par les PSH (suite)

Services/ Programmes	Catégories	Exemple d'implantation	Description	Population visée
Formation de groupe (« <i>Group travel training</i> »)	Formation des usagers	San Francisco Municipal Transportation Agency (SFMTA, 2023)	Session d'information préprogrammée en groupe visant à fournir des conseils pour l'utilisation du TC.	PSH et PA
Formation individualisée (« <i>Individualized travel training</i> »)	Formation des usagers	San Francisco Municipal Transportation Agency (SFMTA, 2023)	Formation personnalisée pour recevoir des instructions et des conseils pour utiliser le TC.	PSH et PA
Gratuité pour l'accompagnateur	Incitatif tarifaire	Programme de la STM (STM, 2023b)	Programme permettant aux usagers du service de TA de la STM d'être accompagnés gratuitement lorsqu'ils utilisent le TC régulier.	Usagers du TA
Gratuité pour les PA	Incitatif tarifaire	Horizon 65+ de la STL (STL, 2023b)	Programme visant à offrir les services de TC gratuitement aux personnes âgées de 65 ans et plus.	PA
Gratuité pour les usagers TA	Incitatif tarifaire	Freedom Q Card program of Houston METRO (Houston METRO, 2023)	Programme permettant aux usagers du service de TA d'utiliser le TC régulier gratuitement dès que leur admissibilité au TA est confirmée.	Usagers TA
Service de déviation d'itinéraire (« <i>Route deviation service</i> »)	Alternative aux services de TC	UTA Flex Routes of Utah transit authority (UTA, 2023)	Ce service permet aux usagers de demander d'embarquer ou de débarquer ailleurs qu'aux arrêts d'autobus dans une zone définie autour de la ligne d'autobus.	Parfois pour tous et parfois uniquement pour les PSH et les PA

Tableau 2-12: Services et programmes visant à favoriser l'utilisation du TC par les PSH (suite)

Services/ Programmes	Catégories	Exemple d'implantation	Description	Population visée
Service de déviation ponctuelle (« <i>Point deviation service</i> »)	Alternative aux services de TC	UTA Flex Routes of Utah transit authority (UTA, 2023)	Il s'agit d'un service similaire au transport à la demande avec réservation à l'avance, mais pour une zone restreinte et précise. De plus, ce type de service offre généralement quelques départs ou arrivées selon un horaire à des lieux achalandés (centre commercial, complexe d'habitation, etc.) pour lesquels aucune réservation n'est nécessaire.	Parfois pour tous et parfois uniquement pour les PSH et les PA
Service avec demande d'arrêt (« <i>Request stop service</i> »)	Alternative aux services de TC	Holiday on-demand Service of Guelph Transit (City of Guelph, 2023)	Il existe deux types de services avec des demandes d'arrêt. Le premier est une ligne d'autobus avec des arrêts fixes et des arrêts additionnels (déterminés par l'opérateur) qui peuvent être faits si une demande est faite. La deuxième option est un service à la demande où un usager peut demander un arrêt entre deux arrêts fixes.	Tous
Service de segment de trajet flexible (« <i>Flexible-route segments</i> »)	Alternative aux services de TC	Route 67 Bishop Driscoll, Texas (Koffman, 2004)	Service d'autobus régulier sur route et horaire fixe, mais avec des portions de trajet pour lesquelles le service change pour du transport à la demande	Tous

Tableau 2-12: Services et programmes visant à favoriser l'utilisation du TC par les PSH (suite et fin)

Services/ Programmes	Catégories	Exemple d'implantation	Description	Population visée
Service local d'autobus (« <i>Community bus service</i> »)	Alternative aux services de TC	Navette Or de la STM (STM, 2023c)	Il s'agit d'un service d'autobus traditionnel, mais qui dessert principalement les routes secondaires à l'intérieur des quartiers pour minimiser les distances de marche	Générallemen t pour la population générale, mais parfois destinée aux PA ou aux PSH
Navette d'accès pour les usagers du TA (« <i>Paratransit- to-fixed-route feeder service</i> »)	Alternative aux services de TC	DART's paratransit feeder service (DART, 2023)	Service de TA permettant aux usagers d'atteindre le réseau de TC régulier à partir d'une origine de leur choix ou d'atteindre une destination de leur choix à partir du réseau régulier.	Usagers du TA

Les interventions en lien avec la promotion, l'accès l'information et la planification sont essentielles pour encourager l'ensemble de la population à utiliser les services de TC (Taniguchi et al., 2005); un service parfait ne permettra pas à la population de changer ses habitudes de mobilité si elle ne connaît pas son existence et la façon de l'utiliser (Thatcher et al., 2013). Cependant, pour rejoindre les usagers du TA, il faut que la promotion du service soit ciblée et que l'accès à l'information et aux planificateurs de trajet soit accessible à l'ensemble des utilisateurs. L'intégration de ces derniers vers le TC passe également par la formation et l'accompagnement; comme présenté dans le Tableau 2-12, il existe plusieurs moyens de former/accompagner les usagers dans le TC régulier, soit les applications mobiles, la formation dans le TC, la simulation de situations réelles, etc. En revanche, chacune de ces interventions nécessite des ressources financières et humaines, d'où l'intérêt de plusieurs études pour leur coût-bénéfice. La conclusion est sans équivoque : il est avantageux d'investir dans la formation pour limiter le nombre de déplacements en TA (Menninger & Werly, 2014; Wolf-Branigin et al., 2011). Les programmes de formation permettent aux usagers du TA d'acquérir plus d'autonomie et de flexibilité au niveau de leur mobilité, et ce, autant pour les personnes avec des déficiences physiques qu'avec des déficiences intellectuelles (Pfeiffer et al.,

2020). Le service de TC Lane Transit District (LTD) à Eugene, en Oregon, a mis en place un projet pilote visant à former les usagers du TA à l'utilisation du TC régulier (Keehn et al., 2004). Ils ont d'abord utilisé un sondage pour identifier les usagers ayant le meilleur potentiel de succès selon plusieurs critères :

- Barrière physique et géographique;
- Proximité des arrêts d'autobus des origines et destinations désirées par les usagers;
- Expériences précédentes de formation des usagers;
- Craintes et barrières (médicale, physique ou émotionnelle) associées à la participation;
- Mode de communication et techniques plus familières à l'utilisateur;
- Mode d'apprentissage de l'utilisateur;
- Niveau de sensibilisation à la sécurité et aux étrangers;
- Capacité et expérience à traverser des intersections.

De plus, le LTD a mis en place plusieurs incitatifs pour encourager les usagers du TA à participer au projet pilote :

- Accompagnement durant les premiers déplacements;
- Badge d'identification pour les usagers avec leurs informations personnelles et de déplacement ;
- Passe d'autobus gratuite durant la formation;
- Assurance que la participation au projet pilote n'affecterait pas l'admissibilité au TA;
- Disponibilité d'un plan B pour les déplacements;
- Confidentialité;
- Certification de complétion du programme de formation pour chaque participant.

Bien que seulement 7 personnes aient complété le programme de formation, 6 d'entre eux ont continué à utiliser le TC régulier après la formation. Selon la société de transport, le plus gros enjeu est la résistance des proches vis-à-vis cette alternative (Keehn et al., 2004). Il est donc important de bien présenter le projet et de sensibiliser les proches aux bénéfices de la formation.

Les incitatifs tarifaires peuvent aussi être intéressants pour promouvoir l'utilisation du réseau régulier par les usagers du TA. Néanmoins, il est nécessaire de combiner ce type d'intervention avec de la

formation pour les usagers et des critères d'admissibilité au TA plus sévère. En effet, la majorité des villes qui offrent du TC régulier et du TA sont soumis à des lois sur les droits des personnes handicapées les obligeant à offrir le TA à un tarif équivalent ou légèrement supérieur au TC. Ainsi, si le TC est gratuit pour les PSH ou les PA, le TA devra l'être aussi. Les conséquences de cela ont été observées par certains opérateurs qui ont constaté une hausse de l'achalandage du TC régulier, mais aussi du TA suite à la mise en place d'incitatifs tarifaires (Thatcher et al., 2013). Dans cette situation, l'admission conditionnelle (selon la météo, le moment de la journée, etc.) ou le déplacement-par-déplacement peut être intéressant (Ranahan et al., 2018). Lorsque cela est possible, l'idéal est d'offrir le TC régulier gratuitement aux usagers du TA, mais de conserver la tarification pour le TA (Levine, 1997).

Finalement, les alternatives aux services de TC régulier peuvent être très intéressantes dépendamment du contexte. Le défi est de choisir la meilleure intervention et surtout de la mettre en place et d'en faire la promotion pour encourager les transferts modaux. Certains chercheurs se sont intéressés aux retombés et aux défis que représente l'intégration de l'utilisateur du TA dans le TC régulier, présentés dans la prochaine sous-section.

2.3.4 Alternative pour intégrer des usagers TA dans le TC régulier

Les alternatives au service de TA permettant d'intégrer certains déplacements ou certains usagers dans le TC régulier sont de plus en plus étudiées. En effet, la demande croissante pour les services de TA ainsi que le manque de ressources et de financement incite les sociétés de transport à évaluer d'autres options pour offrir des services de mobilité équivalents aux PSH (Ashour & Shen, 2022). Le passage qui suit vise à présenter les avantages et les inconvénients de chacune de ces alternatives en plus de synthétiser les bonnes pratiques pour favoriser les transferts des déplacements du TA.

Service de mobilité flexible

Les services de mobilité flexible (« *flexible transit system* ») incluent l'ensemble des services hybrides qui ne sont pas du transport à la demande traditionnel. Par exemple, les déviations d'itinéraire, les déviations ponctuelles et les demandes d'arrêts sont des services de mobilité flexible. Selon Koffman (2004), qui a écrit un livre sur le sujet, les services flexibles ont les caractéristiques suivantes :

1. Offerts dans une zone restreinte, généralement difficile à desservir avec le service traditionnel;
2. Offerts dans des périodes ou des secteurs où la demande est faible, parfois en remplacement des routes fixes et parfois en parallèle des routes fixes;
3. La majorité des services flexibles demandent une réservation avant l'utilisation.

Malgré les caractéristiques ci-dessus, les services de mobilité flexible varient beaucoup et chaque société de TC offre des modalités différentes. Ainsi, la sous-section ci-dessous se concentrera sur les options pouvant répondre aux besoins des usagers du TA dans le but de favoriser les transferts dans le réseau régulier : déviations d'itinéraire, déviations ponctuelles, demandes d'arrêts et segments de trajet flexibles. Le Tableau 2-13 présente les caractéristiques, les avantages, les inconvénients, les bonnes pratiques et les incitatifs des services de mobilité flexible.

Tableau 2-13: Caractéristiques, avantages, inconvénients, bonnes pratiques et incitatifs des services de mobilité flexible

	Service de déviation d'itinéraire	Service de déviation ponctuelle	Demande d'arrêts	Segment de trajet flexible
Caractéristiques à déterminer	Distance de déviation maximale admissible	[1] [2] Zone desservie [3]	[1] Taille du véhicule utilisé	[3] Zone desservie [3]
	Moyen de demander une déviation (réservation, demande auprès du chauffeur, etc.)	Mode de réservation : [1] application mobile, [3] appel téléphonique, en ligne, etc.	[1] Nombre et localisation des arrêts additionnels	[3] Mode de réservation : application mobile, appel téléphonique, en ligne, etc. [3]
	Horaire du service	[3] [1] Horaire du service	Horaire du service	[3] Horaire du service [3]
	Distance prédéterminée entre les arrêts	[3]		

Tableau 2-13: Caractéristiques, avantages, inconvénients, bonnes pratiques et incitatifs des services de mobilité flexible (suite)

	Service de déviation d'itinéraire	Service de déviation ponctuelle	Demande d'arrêts	Segment de trajet flexible
Avantages	Idéal pour répondre à une demande faible à modérée [1] [2]	Idéal pour répondre à une demande faible [1] [2]	Idéal pour répondre à une demande faible	Idéal pour répondre à une demande faible [3]
	En cas de demande très élevée, les usagers pourront toujours utiliser le service d'autobus régulier [1]	Offre plus de flexibilité aux usagers [1]	Généralement, aucun frais supplémentaire pour utiliser le service [3]	Souvent utilisé pour connecter les milieux ruraux aux grandes villes [3]
	Plus facile à opérer, planifier et gérer [1]	Généralement, l'utilisateur n'a pas besoin de faire une distance à pied pour utiliser le service [1]	Facile à opérer et à planifier [3]	
	Service intéressant pour les PSH et les PA [2]	Service intéressant pour les PSH et les PA [2]	Permet les réservations de dernière minute [3]	
	Largement utilisé par les services de TC [3]			
Inconvénients	Service plus contraignant pour les usagers [1]	Nécessite toujours une réservation [1]	Service moins flexible que les autres options [3]	Peu utilisé par les services de TC [3]
	Il faut prévoir beaucoup de temps supplémentaire aux arrêts pour offrir les déviations [3]	Si la demande est trop forte, certains usagers n'auront pas accès au service [1]		

Tableau 2-13: Caractéristiques, avantages, inconvénients, bonnes pratiques et incitatifs des services de mobilité flexible (suite et fin)

	Service de déviation d'itinéraire	Service de déviation ponctuelle	Demande d'arrêts	Segment de trajet flexible
Bonnes pratiques	Mise en place d'une politique de zéro refus d'une déviation réservée à l'avance	[1] Mettre en place un système de répartition automatisée pour faciliter la planification et la gestion	[1] Utilisé pour offrir un service dans des zones difficiles à desservir et où la demande est trop faible pour justifier une ligne fixe	[3] Offrir des zones restreintes ou de transport à la demande [3]
Incitatifs	Les services de mobilité flexible sont en soi des incitatifs à l'utilisation des services de TC réguliers. Ceux-ci représentent des alternatives intéressantes pour permettre aux usagers ayant des handicaps d'être en mesure d'utiliser les services d'autobus régulier.			

[1] : (Zheng et al., 2018); [2] : (Kim et al., 2019); [3] : (Qiu et al., 2015); [4] : (Koffman, 2004)

Plusieurs auteurs ont développé des modèles pour déterminer les caractéristiques idéales d'un service de déviation efficace et rentable, tout en satisfaisant la clientèle (Kim et al., 2019; Nourbakhsh & Ouyang, 2012; Yang et al., 2016; Zheng et al., 2018). Certains chercheurs ont également développé des méthodologies pour aider les sociétés de transport à choisir la meilleure option selon leur contexte (Nourbakhsh & Ouyang, 2012; Qiu et al., 2015; Zheng et al., 2018). En somme, les services de mobilité flexible peuvent être intéressants pour faciliter le transfert de certains déplacements du TA. Plusieurs conditions sont toutefois nécessaires : les véhicules et les arrêts doivent être accessibles; les usagers doivent avoir un certain niveau d'autonomie pour utiliser le service; et il faut que le service desserve les destinations désirées par l'utilisateur.

Navette d'accès au réseau régulier pour les usagers du TA

Les services de navette d'accès sont généralement utilisés pour rabattre les usagers résidents dans les quartiers moins densément peuplés vers des lignes d'autobus, de métro ou de train (I-Jy Chien, 2005). Ainsi, ce type de service n'est pas uniquement destiné aux PSH. En revanche, il peut s'agir d'une alternative au TA pour des villes ayant un réseau de TC régulier accessible, mais ne couvrant pas adéquatement l'entièreté du territoire occupé par les usagers (Thatcher et al., 2013). Généralement, il ne s'agit pas d'une option de remplacement du TA, mais plutôt d'une option complémentaire. Ainsi, certains déplacements de certains usagers peuvent être réalisés grâce aux navettes d'accès, qui sont

souvent des véhicules du service de TA utilisés pour reconduire les usagers aux points d'accès du réseau régulier ou pour aller les chercher à la sortie de celui-ci (Hansen, 2018). Pour assurer la réussite de l'implantation de cette alternative, il faut déterminer les caractéristiques et prendre en considération l'avantage et les inconvénients rattachés à celles-ci. Le Tableau 2-14 présente les caractéristiques, les avantages, les inconvénients, les bonnes pratiques et les incitatifs associés aux navettes d'accès au réseau régulier pour les usagers du TA.

Tableau 2-14: Caractéristiques, avantages, inconvénients, bonnes pratiques et incitatifs des navettes d'accès au réseau régulier pour les usagers du TA

Caractéristiques à déterminer	Transfert obligatoire ou facultatif	[1]
	Correspondances à l'intérieur du TC autorisées ou non	[1]
	Horaire du service (identique au TC, uniquement la semaine, etc.)	[1]
	Moyen de réserver (appel, application mobile, etc.)	[1]
	Délai de réservation	[6]
	Zone desservie	[6]
	Types de véhicules utilisés	[6]
	Tarification du service	[6]
Avantages	Permet de diminuer les coûts d'opération associés au TA	[1][2]
	Offre une nouvelle alternative de mobilité aux usagers du TA	[1][4]
	Idéal pour les zones de service étendues et difficiles à couvrir	[2]
	Déplacement plus court pour les usagers qu'en TA	[3]
	Augmentation de l'achalandage du TC	[3]
	Augmentation de l'autonomie des usagers du TA	[3]
	Diminution du temps à bord des véhicules du TA	[1]
	Réduction de la dépendance au TA	[1]
Inconvénients	Admissibilité conditionnelle au TA souvent nécessaire pour que les transferts s'opèrent	[2]
	Nécessite la mise en place d'incitatifs pour encourager les transferts volontaires	[2]
	Nécessite la mise en place de programmes de formation pour l'utilisation du TC régulier	[2]
Bonnes pratiques	Garantir un trajet en navette en cas de connexion manquée	[1]
	Débarquer/embarquer les usagers le plus près possible du point de connexion avec le TC	[1]
	Offrir des séances d'information, de sensibilisation et de formation aux usagers désirant transférer	[1]
	Éviter les déplacements très longs et les temps d'attente au point de connexion	[1]
	Mettre en place un système de réservation convivial	[1]

Tableau 2-14: Caractéristiques, avantages, inconvénients, bonnes pratiques et incitatifs des navettes d'accès au réseau régulier pour les usagers du TA (suite et fin)

Incitatifs aux transferts	Gratuité ou tarif réduit pour la portion en navette pour les usagers du TA qui effectuent un transfert avec le TC régulier	[1][5]
	Possibilité des réserver des déplacements avec la navette d'accès le jour même	[1]

[1] : (Hansen, 2018); [2] : (Weiner, 2008); [3] : (Tan & Hansen, 2015); [4] : (Thatcher et al., 2013); [5] : (Fei & Chen, 2015); [6] : (I-Jy Chien, 2005)

Un projet pilote de navettes d'accès au réseau régulier pour les usagers du TA a été inauguré en 2017 à Houston, au Texas. Un chercheur s'est intéressé au coût-bénéfice de l'implantation de cette nouvelle alternative au service de TA déjà en place (Hansen, 2018). L'utilisation du service de navette d'accès était volontaire et gratuite, et les usagers pouvaient réserver des déplacements le jour même. Ces deux incitatifs ont permis de transférer 0.2% (1844 déplacements) des déplacements du TA sur une période de 6 mois. Ce projet pilote a permis au chercheur de conclure que les coûts d'opération des navettes d'accès est 48% plus bas que celui du TA (Hansen, 2018).

Service local d'autobus

La littérature sur les services locaux d'autobus est restreinte. Cependant, ce type de service est très présent au Japon principalement pour desservir des zones moins densément peuplées (Okayama, 2009; Shiozu et al., 2017; Takebayashi & Nitta, 2010; Taniguchi et al., 2005). Les services locaux d'autobus sont aussi utilisés pour desservir des points d'attrait isolés des grands centres. C'est le cas du service « I system », situé sur les campus de l'Université de l'Illinois, qui a permis de grandement réduire la congestion automobile et la pénurie de places de stationnement aux abords de l'Université (Moriarty et al., 1991). Ce service local d'autobus a permis de doubler le nombre de déplacements dans la zone desservie. En revanche, ce type de service est généralement destiné ou utilisé par les PA qui désirent faire des déplacements locaux (épicerie, magasinage, activités sociales, etc.) durant la journée, à proximité de leur résidence (Okayama, 2009; STM, 2023c). Le Tableau 2-15 présente les caractéristiques, les avantages, les inconvénients, les bonnes pratiques et les incitatifs de ce type de services.

Tableau 2-15: Caractéristiques, avantages, inconvénients, bonnes pratiques et incitatifs des services locaux d'autobus

Caractéristiques à déterminer	Horaire du service	[1]
	Fréquence de passage	[1][5]
	Distance entre les arrêts	[1][5]
	Trajet des autobus	[1]
	Tarification	[1][2][4][5]
	Zone desservie	[1]
	Usagers admissibles	[1]
Avantages		[1] [3] [5]
	Service souvent destiné et utilisé par les PA	[6]
	Permet aux personnes vivant en périphérie d'avoir accès à du TC local	[1] [5]
	Réduit les zones de désert de service	[1]
	Augmente l'accès aux opportunités et aux services	[1] [5]
	Augmente la participation sociale	[1] [5]
	Réduit l'utilisation des modes privés	[1] [4] [6]
	Ajoute une alternative de transport	[1] [5]
Inconvénients	Faible coût d'opération	[2]
	Ce type de service n'est généralement pas très rentable	[1]
	Dans certains cas, le service doit être retiré, car il n'est pas suffisamment utilisé	[1]
	Souvent difficile à financer	[2]
Bonnes pratiques	Offrir le service dans des zones où la densité de population, les types de route et les autres caractéristiques opérationnelles sont uniformes	[1]
	Cesser d'offrir le service si la rentabilité est inférieure à un ratio de 50% des coûts d'opération	[1]
	Faire en sorte que le service soit simple à expliquer à la population	[1]
	Minimiser les distances de marche	[6]
Incitatifs aux transferts	Gratuité ou tarification réduite du service	[4] [5]
	Fréquence de passage élevée	[5]

[1] : (Takebayashi & Nitta, 2010); [2] : (Fei & Chen, 2015); [3] : (STM, 2023c); [4] : (Moriarty et al., 1991); [5] : (Okayama, 2009) : [6] : (Kawabata et al., 2010)

En somme, les services locaux d'autobus semblent être une alternative intéressante au service de TA, principalement pour les PA. Cependant, pour que les usagers du TA puissent utiliser ce service, il faut que les autobus et les arrêts soient universellement accessibles. En revanche, peu de recherche a

été faite à ce sujet; il est donc difficile de tirer des conclusions quant au transfert de déplacements du TA vers des autobus locaux.

2.3.5 Outil d'évaluation des transferts modaux

Certaines recherches ont permis de mesurer les impacts de l'ajout de nouvelles alternatives de transport ou de la bonification des certains modes existants sur le transfert modal. Il est beaucoup plus simple de quantifier les impacts a posteriori d'une intervention : Ernst (2005) a conclu que 20% des usagers utilisant le nouveau SRB de Jakarta en Indonésie étaient des utilisateurs de modes privés; à Houston, au Texas, c'est plutôt 72% des usagers du nouveau SRB qui étaient des usagers provenant de modes privés (Levinson, 2003). Ainsi, plusieurs facteurs peuvent avoir un impact sur le transfert d'un mode à l'autre, bien qu'une étude de cas ne permette pas de tirer des conclusions pour l'ensemble des situations. Certains chercheurs ont tenté d'identifier les facteurs ayant provoqué des transferts modaux, dont Soltani et al. (2019). Ils ont questionné 410 Australiens par rapport à leurs choix modaux dans les trois dernières années et les facteurs ayant influencé leurs choix. Les auteurs ont ensuite utilisé un modèle de choix discret pour déterminer quels facteurs ont un impact significatif sur les transferts modaux. Ce type d'analyse peut être utile pour comprendre les comportements de mobilité, bien qu'il s'agisse d'une analyse a posteriori du transfert. Ainsi, si l'objectif est de provoquer des transferts modaux, il est essentiel de développer des modèles permettant de les prédire et de déterminer leur impact potentiel dans un contexte précis.

Prédire les transferts modaux

Satiennam et al. (2016) ont utilisé des modèles de répartition modale (« *modal split models* ») basés sur une enquête de préférence pour prédire le choix modal des usagers de l'automobile et de la moto à la suite de l'ajout potentiel d'un SRB. Les enquêtes de préférence (« *Stated preference survey* ») sont largement utilisées pour déterminer le choix modal dans le domaine du transport (Hensher, 1994; Johnston et al., 2017); elles demandent aux répondants de choisir une option de transport parmi plusieurs choix ayant des caractéristiques différentes et de les classer par ordre de préférence. Le modèle de répartition modale de Satiennam (2016) a été développé récemment en appliquant la théorie de l'utilité aléatoire (« *Random Utility Theory* »); cette théorie est maintenant largement utilisée dans le domaine du transport pour prédire les choix modaux (Cascetta & Cascetta, 2009). Elle stipule qu'une personne choisit généralement l'option qu'elle préfère (souvent déterminée grâce

à une enquête de préférence) et qu'autrement, cela s'explique par des facteurs aléatoires (Cascetta & Cascetta, 2009). Anwar et Yang (2017) ont également utilisé une enquête de préférence pour déterminer l'impact des politiques de transport public sur le choix modal des usagers de l'automobile. Cette fois, les auteurs ont plutôt utilisé une régression logistique pour tenter de prédire le choix de modes des usagers selon un scénario. Ce type des modèles est idéal pour prédire une variable binaire (dans ce cas, choisir le TC ou non) en fonction des diverses variables (temps de déplacements, fréquence de déplacement, âge, sexe, etc.). Ce type de modèle permet d'identifier les facteurs ayant un impact significatif sur les choix modaux.

Ashour et Shen (2022) ont quant à eux développé une méthodologie pour estimer la proportion des déplacements du service de TA pouvant être transférés vers des services le jour même (« *same-day services* ») comme Uber, en partenariat avec les sociétés de TC. Pour ce faire, les auteurs ont développé trois critères :

1. La distance ou la durée du déplacement étant couverte par les subventions;
2. Les capacités de l'utilisateur à utiliser le service;
3. Le niveau d'efficacité du service de TA.

Ces trois critères ont été appliqués aux données de 2019 du service de TA de Seattle. Le premier critère est en lien avec le fait que les services de type Uber utilisent une tarification dynamique en fonction de l'achalandage. Ainsi, les auteurs ont déterminé les déplacements qui seraient entièrement couverts par la subvention de 40\$ par déplacement. Ce critère a permis de conclure que 63% à 70% des déplacements seraient transférables selon les scénarios. Pour le deuxième critère, les auteurs ont conclu que seuls les usagers qui bénéficient d'un accompagnement trottoir-à-trottoir pourraient utiliser la nouvelle alternative de transport puisque les chauffeurs ne sont pas formés pour les autres types de accompagnement et que la majorité des véhicules ne sont pas adaptés. Il s'agit du critère le plus restrictif avec seulement 29% des déplacements ayant le potentiel d'être transférés. Pour le troisième critère, les auteurs ont étudié les secteurs où le service de TA est offert et ont identifié des zones où la qualité du service de TA serait à risque si des déplacements étaient transférés vers la nouvelle alternative; en effet, pour que les services de TA soient efficaces, il doit y avoir un certain niveau de demande. Ainsi, en excluant les zones où la qualité du service de TA pourrait être à risque, 67% de déplacements avaient le potentiel d'être transférés. Finalement, en combinant les trois

critères, entre 11% et 15% des déplacements du TA pourraient être transférés vers un service le jour même, à court terme, sans faire aucun changement majeur. Cela permettrait aux usagers d'avoir plus de flexibilité dans leur déplacement tout en réduisant la croissance de la demande et des coûts associés au TA (Ashour & Shen, 2022). Cet article a été publié quelque mois après la publication de la deuxième contribution de cette thèse utilisant une méthodologie similaire, mais dans le but de transférer certains déplacements du TA dans le réseau de TC régulier. Après avoir établi des prévisions de transferts modaux, il est essentiel d'être en mesure d'évaluer les impacts potentiels de ceux-ci afin de pouvoir prendre des décisions éclairées.

Évaluer les impacts potentiels des transferts modaux

Rahman et al. (2020) ont utilisé la simulation à base d'agent (« *agent-based modeling* ») pour prédire les impacts du transfert modal de l'automobile vers le TC sur la congestion routière dans la ville de Dhaka, au Bangladesh. Les auteurs ont démontré qu'un transfert modal de 20% des automobilistes mènerait à une réduction de 12,8% du temps de déplacement. Pour leur part, Lan et al. (2021) ont étudié les impacts potentiels d'un transfert modal des modes routiers et aériens vers les modes ferroviaires sur les émissions de carbone. À cette fin, les chercheurs ont utilisé un modèle TIMES qui permet de considérer l'ensemble des dépenses énergétiques associées à divers scénarios de transfert modal, autant pour le transport de personnes que le transport de marchandises. Le modèle TIMES est largement utilisé pour évaluer les impacts environnementaux des transferts modaux (Allena-Ozolina et al., 2022; Daly et al., 2012; Daly et al., 2015). Trigg et Fulton (2012) ont également étudié l'impact de différents scénarios de transfert modal sur les émissions de CO₂. Les auteurs se sont toutefois plutôt intéressés au transfert de l'automobile vers le TC grâce à un modèle MoMo (« *IEA Mobility Model* »). Il s'agit d'une feuille de calcul Excel permettant d'estimer et de projeter des indicateurs de déplacement, de consommation d'énergie et d'émission de polluants selon divers scénarios (Fulton et al., 2009). Selon le scénario, les émissions de CO₂ associées au transport pourraient être réduites de 17% à 27% d'ici 2050 grâce au transfert modal.

Comme les recherches et les actions visant à intégrer certains déplacements des services de TA à même l'offre de TC régulier sont récentes et peu nombreuses, les impacts sur les usagers et sur les opérateurs sont encore inconnus (Ashour & Shen, 2022). Ainsi, dans le futur, il faudra mener des

études à ce sujet afin de s'assurer que les transferts aient des impacts positifs à la fois sur les enjeux sociaux, économiques et environnementaux.

2.3.6 Synthèse spécifique

Cette sous-section de la revue de littérature a fait état des connaissances en lien avec les transferts modaux, d'abord en présentant les facteurs pouvant favoriser les transferts vers les modes actifs et les modes collectifs. Par la suite, il a été question du transfert modal chez les PA et les PSH et plus précisément des alternatives au TC pouvant favoriser l'intégration des PSH. Finalement, les outils permettant d'évaluer les transferts modaux ont été présentés. Voici les points clés qui sont ressortis de la section 2.3 de la revue de littérature :

1. Le transfert vers le mode actif est une avenue réaliste pour les déplacements courts (ou pour accéder au TC), lorsque les conditions climatiques sont favorables et pour les personnes ayant les capacités physiques et intellectuelles pour franchir les barrières à la marche et au vélo.
2. Plusieurs facteurs peuvent influencer les choix modaux : fiabilité, sécurité, confort, convivialité, efficacité, etc.
3. Certaines mesures peuvent favoriser l'utilisation des modes collectifs au détriment des modes privés : stationnement incitatif, incitatif tarifaire, ajout de services (wifi, toilette, dépanneur, etc.). Ces mesures doivent être bien communiquées pour avoir un impact significatif.
4. Le transfert modal des usagers du TA vers le TC comporte de nombreux enjeux, mais plusieurs mesures en lien avec la marchabilité, l'accessibilité universelle, la promotion, l'accès à l'information, la planification des déplacements, la formation des usagers, les incitatifs tarifaires et les alternatives aux services de TC peuvent favoriser les transferts.
5. Parmi les alternatives aux services de TC régulier qui permettent de favoriser l'utilisation par des PSH, on retrouve les services de déviation d'itinéraire, les services de déviation ponctuelle, les services avec demande d'arrêt, les services de segments de trajets flexibles, les services locaux d'autobus et les navettes d'accès pour les usagers du TA.
6. Dans le domaine des transferts modaux, deux types d'outils sont utilisés, soit ceux pour prédire les transferts et ceux pour évaluer les impacts potentiels des transferts. Cependant,

très peu de recherche ont permis d'appliquer ces outils à l'étude des transferts modaux du TA vers le TC régulier.

La synthèse des recherches menées au sujet des transfert modaux permet d'identifier un écart de connaissance important concernant les usagers en situation de handicap. En effet, les transferts modaux sont présentés comme une solution à l'usage excessif des véhicules individuels, mais trop peu d'études ne s'intéressent à cette solution pour diminuer la surcharge du TA et améliorer l'offre de mobilité pour les PSH.

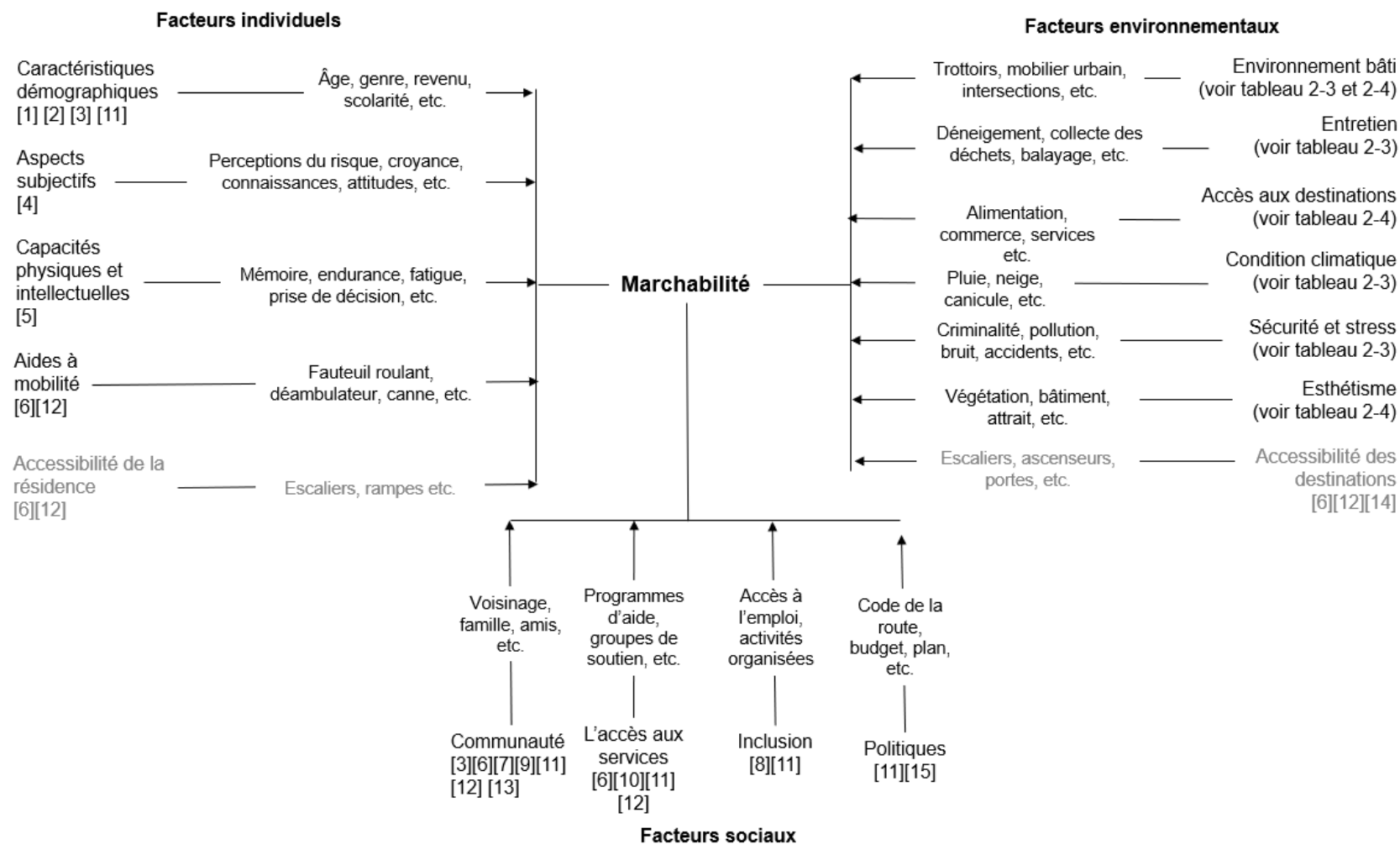
Le Tableau A.3 présente une synthèse des articles cités dans cette section de la revue de littérature en ordre d'apparition dans le texte.

2.4 Marchabilité

On retrouve de nombreuses définitions du terme « *walkability* », qui peut être traduit par le terme « marchabilité ». Lefebvre-Ropars (2017) mentionne que la marchabilité peut être vue comme l'expérience piétonne (caractéristiques perceptibles par le piéton) ou bien comme le potentiel piétonnier d'un environnement. Cette thèse s'appuie sur la définition de Southworth qui dit que « la marchabilité est une mesure de la manière dont l'environnement bâti soutient et encourage la marche en assurant le confort et la sécurité des piétons, en reliant les personnes à des destinations variées avec un délai et un effort raisonnables et en offrant des intérêts visuels au cours du déplacement dans le réseau piétonnier » [traduction libre] (Southworth, 2005). Cependant, la définition de Southworth n'inclut pas la notion d'inclusivité. En effet, un environnement respectant les principes de marchabilité devrait permettre à l'ensemble de la population de se déplacer à pied ou en fauteuil roulant. Ainsi, le concept de marchabilité se doit d'inclure la notion d'universalité. Comme le recommande Gray et al. (2012), les outils utilisés pour mesurer la marchabilité de l'environnement bâti devraient considérer la population en situation de handicap en incorporant les notions d'accessibilité universelle. Dans la littérature, le terme « *wheelability* » est aussi utilisé pour décrire des infrastructures piétonnes adaptées aux besoins de personnes utilisant un fauteuil roulant (Gan et al., 2021). Dans le cadre de cette thèse, le terme marchabilité inclut les notions d'inclusivité s'appliquant aux personnes en fauteuil roulant.

La marchabilité est un domaine d'étude transversal puisque celui-ci est lié à plusieurs autres domaines tels que l'inclusion sociale, l'accès aux opportunités, la santé, etc. Plusieurs facteurs peuvent avoir un impact sur la propension d'un individu à marcher (Gallagher et al., 2010); on retrouve d'abord les facteurs individuels (FI) regroupant les caractéristiques démographiques (Booth et al., 2000; van Lenthe et al., 2005; Wigan, 1995), les aspects subjectifs (Banister & Bowling, 2004), les capacités physiques et intellectuelles (Langlois et al., 1997) et les aides à mobilité (Gray et al., 2008). Plusieurs chercheurs se sont intéressés à la vitesse de marche selon le type de déficience et la conclusion est que la vitesse varie beaucoup selon les cas étudiés (Deuschle et al., 2011; Donini et al., 2013; Tolerico et al., 2007; Troosters et al., 1999; Waninge et al., 2011). Ainsi, les capacités des piétons influencent grandement les besoins des ceux-ci au regard des infrastructures piétonnes. Dans un monde idéal, les facteurs individuels ne devraient pas affecter la capacité et le désir d'utiliser la marche pour effectuer

ses déplacements quotidiens. Cependant, les réseaux piétonniers étant généralement bien loin d'être idéaux, les personnes ayant des facteurs individuels hors norme rencontrent souvent plus de barrières dans leurs déplacements actifs. Ainsi, les facteurs environnementaux (FE) tels que l'environnement bâti, l'entretien, la variété des destinations à proximité, les conditions climatiques, la sécurité et l'esthétisme, peuvent dans certains cas être des obstacles ou dans d'autres cas des incitatifs à la mobilité (voir Tableau 2-16 et Tableau 2-17). Finalement, les facteurs sociaux (FS) (Fougeyrollas et al., 1999) incluant la communauté (Booth et al., 2000), les services offerts, l'inclusion et les lois et réglementations peuvent aussi encourager ou décourager la population à marcher. La Figure 2-8 présente une synthèse des facteurs ayant un impact sur la propension de la population à marcher.



[1] : (Wigan, 1995); [2] : (van Lenthe et al., 2005) ;[3] : (Booth et al., 2000); [4] : (Banister & Bowling, 2004); [5] : (Langlois et al., 1997); [6] : (Gray et al., 2008); [7] : (Gallagher et al., 2010); [8] : (Battista & Manaugh, 2019); [9] : (Gan et al., 2021); [10] (Brownson et al., 2009); [11] : (Fougeyrollas et al., 1999); [12] : (Whiteneck et al., 2004); [13] : (Mahmood et al., 2020); [14] : (Stark et al., 2007); [15] : (Krambeck, 2006)

Figure 2-8: Facteurs associés à la marchabilité

Dans la Figure 2-8, deux facteurs sont identifiés en gris pâle puisqu'ils ne sont généralement pas directement associés à la marchabilité. En effet, l'accessibilité de la résidence et des destinations ne font pas partie du réseau piéton (Gray et al., 2008; Whiteneck et al., 2004). Néanmoins, lorsque l'origine et la destination répondent aux principes d'accessibilité universelle (voir sous-section 2.5.2), la marche devient parfois un mode de transport possible. En effet, certaines personnes ont besoin d'assistance pour franchir les barrières présentes à l'origine ou à la destination d'un déplacement, alors elles utilisent le TA pour réaliser un déplacement qui pourrait autrement être fait à pied.

Malgré la présence des facteurs individuels et sociaux, la marchabilité est principalement associée aux facteurs environnementaux. Ainsi, les sous-sections 2.4.2 et 2.4.3 présentent les obstacles et les incitatifs à la marche qui sont répertoriés dans la littérature. Mais d'abord, la sous-section 2.4.1 présente les impacts potentiels de la mise en place d'un réseau piétonnier respectant les principes de marchabilité sur les usagers du TA et les opérateurs de ce type de service.

2.4.1 Retombés pour les usagers du TA

L'amélioration des infrastructures piétonnes pourrait permettre de réduire l'achalandage des services de TA et ce, de plusieurs façons. D'abord, le fait de marcher au quotidien permet d'avoir une meilleure santé physique et mentale, ce qui peut retarder la nécessité d'avoir recours aux services de TA (Rippe et al., 1988); il est démontré que les PA marchent moins et que cela entraîne des problèmes de santé à long terme (Chad et al., 2005). Deuxièmement, si les infrastructures piétonnes étaient exemptes de barrières, la marche permettrait de réaliser des déplacements de courte distance qui sont actuellement faits en TA, faute d'accessibilité (Couture et al., 2023). Troisièmement, un réseau piétonnier qui respecte les principes de marchabilité permet d'optimiser les liaisons avec le réseau de TC régulier (arrêts d'autobus, stations de métro, etc.). En effet, Know et Akar (2022) ont démontré qu'un environnement favorisant la marche était positivement associé avec l'utilisation du TC régulier par les PSH; certains déplacements du service de TA pourraient donc être transférés plus aisément dans le réseau régulier. En somme, l'amélioration des infrastructures piétonnes permettrait d'ajouter une alternative de transport flexible, peu coûteuse, bénéfique pour la santé des usagers du TA. Il est d'autant plus important de rendre la marche accessible aux PSH puisqu'elles sont moins souvent détentrices d'un permis de conduire et n'ont pas autant de liberté et d'autonomie au niveau de leur mobilité que la population générale (Rahman et al., 2016). Finalement, l'amélioration des

infrastructures piétonnes aurait le potentiel d'accélérer et de faciliter les embarquements et débarquements du TA, ce qui, à terme, pourrait améliorer l'efficacité et la ponctualité du service. En effet, les usagers doivent parcourir une certaine distance à pied ou en roulant pour rejoindre les véhicules du TA, en étant habituellement accompagnés du chauffeur qui les aide à franchir les obstacles de leur l'environnement, ce qui retarde et nuit parfois aux embarquements et aux débarquements.

2.4.2 Obstacles à la marchabilité

Plusieurs auteurs ont réussi à identifier les obstacles ou les barrières à la marche pour les PSH et pour les PA. Fougeyrollas et al. (1999) définissent les obstacles comme étant des facteurs ou des situations qui entravent l'accomplissement des activités quotidiennes ou des tâches. Ces auteurs ont aussi défini trois niveaux d'obstacles : majeurs, moyens et mineurs. Un obstacle majeur empêche totalement la réalisation de l'activité ou de la tâche, comme chez une personne en fauteuil roulant qui ne peut pas prendre le métro à une station qui comporte uniquement des escaliers pour atteindre le quai. Les obstacles moyens entravent largement l'accomplissement d'une activité sans la rendre impossible; une durée de feux piétons insuffisante pour une personne utilisant un déambulateur est considérée comme un obstacle moyen. Finalement, un obstacle mineur entrave partiellement l'accomplissement d'une activité ou d'une tâche; le non-respect de la priorité aux traverses piétonnes par les conducteurs de véhicules est un obstacle mineur. Selon les capacités physiques et intellectuelles des piétons, le niveau de gravité d'un même obstacle peut varier.

Dans la littérature, on parle aussi de facilitateurs à la marche, qui peuvent être définis comme des facteurs ou des situations qui favorisent l'accomplissement d'activités ou de tâches (Fougeyrollas et al., 1999). Dans la majorité des cas, l'inverse de l'obstacle est un facilitateur. Par exemple, l'absence de trottoir est un obstacle à la marche alors que la présence de trottoirs est un facilitateur. Le Tableau 2-16 présente une synthèse des obstacles à la marche issus des facteurs environnementaux. L'ensemble des recherches mentionnées dans le Tableau 2-16 ne s'intéressent pas toutes directement à la marche; la majorité s'intéresse plutôt à l'impact de divers facteurs sur le vieillissement actif, la participation sociale, la réceptivité de l'environnement, etc. Effectivement, les facteurs individuels, environnementaux et sociaux ont des impacts qui vont bien au-delà de la marche, un environnement

lui étant peu propice entraînant inévitablement des répercussions sur la participation sociale de sa population.

Tableau 2-16: Synthèse des barrières à la marche

Facteur	Catégorie	Exemples d'obstacles	Référence
Environnement bâti	Trottoirs	Absence de trottoirs, surface endommagée ou inégale, étroite, haute, etc.	[2] [3] [5] [6] [7] [8] [9] [17][19] [20] [22] [23] [24] [25] [26] [27] [28] [31]
	Obstacles sur la voie piétonnière	Construction, achalandage élevé, sortie de garage, déchets, cycliste, terrasse sur les trottoirs, etc.	[1] [2] [8] [9] [17][19] [22] [23] [24] [25] [28]
	Intersections	Absence d'abaissement du trottoir, durée insuffisante pour traverser, mauvaise visibilité, absence de feux piétons, longue distance à traverser, absence de marquage au sol, complexité de l'intersection, etc.	[3] [4] [5] [7] [8] [9] [10] [16] [25] [17] [20] [26] [22] [23] [24] [27] [28] [31]
	Dénivelé	Pente, escalier	[1] [9] [17] [22] [23] [25] [26] [28]
	Circulation	Vitesse de circulation élevée, trafic dans les rues, nombre de voies, pistes cyclables, etc.	[3] [4] [8] [11] [20] [22] [23] [24] [25] [26] [31]
	Visibilité	Éclairage, vue obstruée	[2] [7] [11] [13] [20] [22] [24] [25] [26]
	Connectivité	Faible connectivité des rues, densité d'intersection, tortuosité, etc.	[1] [15] [22] [25] [29] [30]
	Signalisation	Absence de signalisation, signalisation complexe ou contradictoire, nom des rues, etc.	[22] [23] [24] [26] [27] [28]
Entretien	Déneigement	Neige sur les trottoirs, trottoir glacé, etc.	[2] [3] [7] [20] [27]
	Propreté	Collecte de déchets déficiente, saleté de la rue ou sur les trottoirs, etc.	[2] [11] [17] [20]
	Environnement bâti	Mobilier urbain abîmé, trottoir à refaire, bâtiment abandonné, graffiti, saleté, etc.	[24] [25] [28]
	Végétation	Végétation non entretenue, arbre diminuant la largeur des trottoirs, mauvaise herbe sur les trottoirs, etc.	[2] [20] [22] [23] [25]
Conditions climatiques	Intempéries	Neige, pluie, etc.	[2][19] [20][21]
	Températures extrêmes	Canicules, grand froid, etc.	[2][19] [20]

Tableau 2-16: Synthèse des barrières à la marche (suite et fin)

Facteur	Catégorie	Exemples d'obstacles	Référence
Sécurité et stress	Criminalité	Violence, arrestation, trafic de stupéfiants, manque de présence policière, vandalisme, etc.	[2] [11] [12] [13] [28]
	Itinérance	Personne insistante quémandant de l'argent	[2]
	Animaux	Chien sans laisse, excréments, etc.	[2] [20] [24] [28]
	Bruits	Klaxon, foule, voiture, etc.	[11] [13] [19] [20] [28]
	Pollution	Qualité de l'air, smog, odeurs désagréables, etc.	[20] [24] [25] [28]
	Comportement des automobilistes	Agressivité au volant, manque de courtoisie, non-respect du Code de la route, etc.	[16] [27]
	Accidents	Accident de la route, risque de chute, etc.	[24] [28] [31]

[1] : (Schreuer et al., 2019); [2] : (Gallagher et al., 2010); [3] : (Lockett et al., 2005); [4] : (Michael et al., 2006); [5] : (Risser et al., 2010); [6] : (Cao et al., 2010); [7] : (Negron-Poblete & Lord, 2014); [8] : (Bromley et al., 2007); [9] : (Lima & Machado, 2019); [10] : (Langlois et al., 1997); [11] : (Balfour & Kaplan, 2002); [12] : (Granner et al., 2007); [13] : (Huston et al., 2003); [14] : (King et al., 2005); [15] : (Saelens & Handy, 2008); [16] : (Distefano et al., 2021); [17] : (Borst et al., 2008); [18] : (van Lenthe et al., 2005) [19] : (Gray et al., 2008); [20] : (Fougeyrollas et al., 1999); [21] : (Whiteneck et al., 2004); [22] : (Moudon & Lee, 2003); [23] : (Cunningham et al., 2005); [24] : (Boarnet et al., 2006); [25] : (Pikora et al., 2002); [26] : (Michael et al., 2009); [27] : (Mahmood et al., 2020); [28] : (Troped et al., 2006); [29] : (Leslie et al., 2007); [30] : (Krizek, 2003); [31] : (Lesiack & Bargaoui, 2023)

Les obstacles à la marche étant nombreux, cela explique qu'encore aujourd'hui, la majorité des grandes villes ne sont pas en mesure d'offrir un réseau piétonnier accessible à tous. L'ensemble des éléments ne sont pas des obstacles majeurs pour l'ensemble de la population; pour la majorité, ils représentent plutôt des nuisances poussant parfois les piétons à modifier leur trajet ou à choisir un autre mode de transport. Finalement, certains obstacles à la marche peuvent être considérés comme des éléments facilitateur ou des incitatifs pour d'autres, et vice-versa. Par exemple, le fait d'avoir des arbres sur le trottoir permet d'offrir de l'ombre et un attrait visuel intéressant aux piétons, mais cela peut représenter un obstacle pour une personne utilisant un fauteuil roulant si l'arbre empiète sur la largeur praticable du trottoir, tel que présenté à la Figure 2-9.

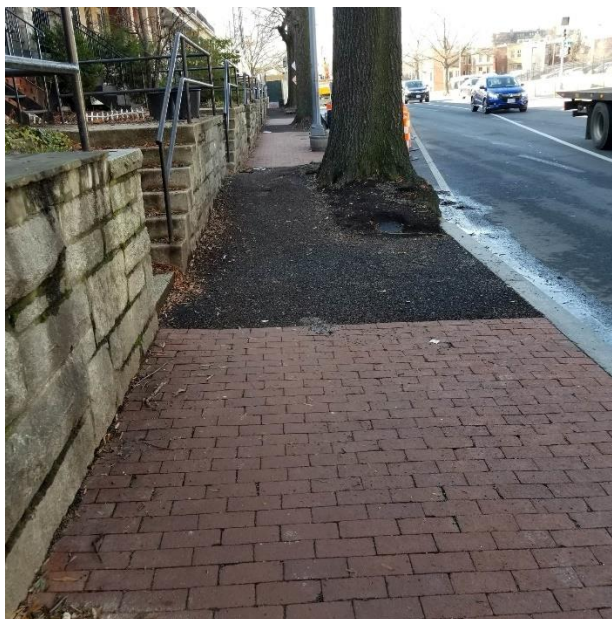


Figure 2-9 : Arbre nuisant à la marchabilité (par Camille Garnier)

Même si l'ensemble des barrières à la marche étaient éliminées, cela ne garantirait pas nécessairement un changement des habitudes de mobilité de la population. En effet, il faut que le transport actif soit aussi attractant que les autres modes, d'où l'importance de mettre des incitatifs en place, comme présenté à la prochaine sous-section.

2.4.3 Incitatifs à la marche

Certains obstacles à la marche peuvent être mitigés par la présence d'incitatifs. Par exemple, l'ajout de places assises (banc, abribus, table à pique-nique, etc.) peut amoindrir l'obstacle causé par un dénivelé élevé. Ainsi, les incitatifs sont des éléments qui ne sont pas essentiels à la marche, mais qui peuvent rendre celle-ci plus attractive, confortable, facile, conviviale, etc. Le Tableau 2-17 présente une synthèse des incitatifs à la marche répertoriée dans la littérature.

Tableau 2-17: Synthèse des incitatifs à la marche

Facteur	Catégorie	Exemples d'incitatifs	Référence
Environnement bâti	Mobilier urbain	Places assises, canopée piétonne, poubelles, abribus, abreuvoir, lampe chauffante.	[3] [4] [5] [6] [7] [12] [18] [20] [23] [24]
	Espace dédié aux piétons	Sentiers piétons, rues piétonnes, divisions physiques entre piétons et véhicules, corridors d'autonomie	[2] [9] [20] [27]

Tableau 2-17: Synthèse des incitatifs à la marche (suite et fin)

Facteur	Catégorie	Exemples d'incitatifs	Référence
Environnement bâti	Intersection	Refuge pour piétons, feux de circulation avec signal sonore, interdiction de virage à droite au feu rouge, augmentation du temps de traversée	[20] [21] [22] [28]
	Trottoir	Zone tampon ou barrière physique entre les piétons et les voitures	[20] [21] [22] [24]
	Circulation	Dispositifs d'apaisement de la circulation	[5] [21] [22]
	Densité	Forte densité de ménages	
Destinations à proximité	Alimentation	Épiceries, restaurants, dépanneurs, etc.	[2] [12] [13] [17] [20]
	Loisirs et culture	Parcs, centres sportifs, centres culturels, bibliothèques, etc.	[2] [11] [12] [13] [17] [20] [21] [24]
	Soins	Pharmacies, centres communautaires, clinique médicale, dentiste, hôpital, etc.	[2] [8] [14] [17]
	Services	Toilettes, boîtes postales, cabines téléphoniques, etc.	[17] [19] [20] [21] [23] [24]
	Commerces	Centres commerciaux, librairies, grandes surfaces, hôtels, etc.	[1] [9] [10] [11] [12] [15] [17] [20] [21]
	Transports	Arrêts d'autobus, station de métro, aéroport, etc.	[12] [15] [17] [20] [21] [23] [24]
	Éducation	Écoles, université, etc.	[17] [20]
Esthétisme	Diversité	Diversité des destinations et des opportunités à proximité	[25] [26]
	Attraits	Murales, monuments, architecture des bâtiments, art, etc.	[2] [3] [12] [19] [20] [21]
	Végétation	Platebandes, arbres, bac à fleurs, etc.	[2] [4] [6] [12] [17] [18] [19] [20] [21] [22] [24]
	Animaux	Oiseaux, chiens, chats, etc.	[17] [24]
	Étendues d'eau	Rivières, lacs, plages, fontaines, etc.	[2] [21]

[1] : (Schreuer et al., 2019) [2] : (Gallagher et al., 2010); [3] : (Lockett et al., 2005); [4] : (Michael et al., 2006); [5] : (Risser et al., 2010); [6] : (Negron-Poblete & Lord, 2014); [7] : (Bromley et al., 2007) [8] : (Granner et al., 2007); [9] : (Huston et al., 2003); [10] : (King et al., 2005); [11] : (Saelens & Handy, 2008); [12] : (Borst et al., 2008); [13] : (van Lenthe et al., 2005); [14] : (Booth et al., 2000); [15] : (Pikora et al., 2006); [16] : (Gray et al., 2008); [17] : (Fougeyrollas et al., 1999); [18] : (Moudon & Lee, 2003); [19] : (Cunningham et al., 2005); [20] : (Boarnet et al., 2006); [21] : (Pikora et al., 2002); [22] : (Michael et al., 2009); [23] : (Mahmood et al., 2020); [24] : (Troped et al., 2006); [25] : (Leslie et al., 2007); [26] : (Krizek, 2003); [27] : (Plante, 2023); [28] : (Lesiack & Bargaoui, 2023)

La proximité et la diversité des destinations accessibles à pied impactent grandement la propension de la population à marcher (Huston et al., 2003; Saelens & Handy, 2008; Schreuer et al., 2019). Si l'environnement bâti est idéal, mais qu'il n'y a aucune destination à atteindre, les gens marcheront uniquement par loisir et utiliseront d'autres modes pour atteindre leurs destinations. Plusieurs études se sont intéressées à la distance acceptable à parcourir à pied (Daniels & Mulley, 2013; Rodríguez-López et al., 2017; Yang & Diez-Roux, 2012). Cependant, ces distances sont souvent calculées pour la population générale, qui possède de bonnes capacités physiques et intellectuelles. La vitesse de marche moyenne peut significativement diminuer pour les PA (Alves et al., 2020), les personnes en fauteuil roulant (Tolerico et al., 2007), les personnes ayant un handicap intellectuel (Waninge et al., 2011), etc. Ainsi, pour qu'une PSH utilise la marche pour atteindre une destination, il faudra que celle-ci soit plus rapprochée du point d'origine que pour une personne n'ayant pas de handicap.

Afin d'éliminer les obstacles à la marche et de mettre en place les incitatifs appropriés, il est essentiel de se doter d'outils pour évaluer l'environnement piétonnier, tels que présentés à la prochaine sous-section.

2.4.4 Outils

Afin de favoriser les déplacements actifs, il est essentiel de développer des outils pour évaluer les facteurs associés à la marchabilité. Nombreux sont ceux qui ont été développés au cours des dernières années. Dans la revue de la littérature réalisée en 2012 par Gray et al., 82 outils d'analyse de la marchabilité ont été répertoriés. Il en existe trois types :

1. Les questionnaires et sondages pour évaluer les impacts des facteurs individuels, environnementaux et sociaux sur la marche, la participation sociale, le vieillissement actif ou autres;
2. Les audits pour évaluer l'environnement piétonnier, qui s'intéressent principalement aux facteurs environnementaux;
3. Les outils de calcul d'index de marchabilité d'un quartier, d'un segment de rue, d'une ville ou autres.

Les trois types d'outils sont essentiels pour être en mesure d'offrir un environnement favorable à la marche.

Questionnaires et sondage d'évaluation des impacts (mesures subjectives)

Les outils d'évaluation des impacts permettent d'identifier les éléments à améliorer pour diminuer les impacts sur les populations, notamment sur les PSH (Gray et al., 2008). De plus, ils peuvent aussi être utilisés pour évaluer la performance d'une intervention faite pour améliorer la marchabilité, en utilisant l'outil avant et après l'intervention. Finalement, ce type d'outil peut être utilisé pour comparer les impacts sur deux groupes différents, par exemple les personnes avec, et sans handicap (Whiteneck et al., 2004). Les outils évaluant les impacts mesurent souvent des obstacles ou des facilitateurs de façon subjective à l'aide d'échelles de magnitude et de fréquence. Parmi ces outils, on retrouve notamment MEQ, CHIEF, FABS/M, CHEC, etc. L'outil *Measure of the Quality of the Environment* (MQE), développé au Québec par Fougeyrollas et al. (1999), est le premier outil qui permet d'évaluer les impacts des facteurs individuels, environnementaux et sociaux sur la capacité des PSH à accomplir leurs activités. Les items inclus dans l'outil ont été déterminés à partir de l'ancêtre du MDH-PPH (Fougeyrollas, 2021). Par la suite, plusieurs autres outils se sont inspirés de celui-ci pour développer des versions améliorées ou s'appliquant à des contextes différents. L'outil développé par Fougeyrollas propose simplement une échelle de magnitude des barrières et facilitateurs, c'est-à-dire que les répondants doivent indiquer si l'item est un obstacle/facilitateur majeur, moyen ou mineur. Ainsi, la principale limite de l'outil est qu'il ne mesure pas la fréquence de rencontre des barrières et facilitateurs par le répondant. En 2004, Whiteneck et al. ont développé l'outil *Craig Hospital Inventory of Environmental Factors* (CHIEF), comportant 25 questions et permettant de quantifier et de mesurer l'impact de barrières sur les individus avec et sans handicap, car l'outil se veut inclusif. Le questionnaire a été développé par un panel d'experts en handicap, de professionnels de la santé, d'administrateurs de programmes, d'universitaires et de PSH. Ainsi, pour chacune des questions, une échelle de fréquence à 5 niveaux (*daily, weekly, montly, less than montly or never*) et une échelle de magnitude à 2 niveaux (*big problem or little problem*) sont utilisées. L'outil couvre une grande variété de facteurs, mais plusieurs items sont regroupés dans une même question, ce qui rend les résultats difficiles à interpréter. Cependant, il s'agit d'un outil permettant de faire un diagnostic rapide et il est idéal pour comparer les impacts sur les personnes avec et sans handicap. En 2008, Gray et al. ont mis au point l'outil *Facilitators And Barriers Survey of environmental influences on participation among people with lower limb Mobility impairments and limitations* (FABS/M) en réunissant 141 personnes ayant des déficiences physiques pour établir les

barrières et facilitateurs à leur participation sociale. Cet outil comporte 133 questions qui couvrent les facteurs individuels, environnementaux et sociaux, avec deux échelles à 4 niveaux pour évaluer la fréquence et la magnitude de chaque item. Néanmoins, la limite de cet outil est qu'il considère uniquement les personnes ayant des handicaps physiques. Pour sa part, l'outil *Community Health Environment Checklist* (CHEC) met l'accent principalement sur l'accessibilité des destinations et sur l'environnement bâti pour établir l'impact sur la réceptivité de l'environnement vis-à-vis des PSH (Stark et al., 2007).

Finalement, la marche exploratoire avec des usagers est aussi un outil de collecte de données subjectives permettant de recueillir les perceptions des usagers par rapport à l'environnement piéton (Plante, 2023). Ce type d'outil permet aussi de vulgariser certains concepts associés à l'environnement qui sont parfois difficiles à exprimer dans les sondages traditionnels.

Audits d'évaluation de l'environnement piétonnier (mesures objectives)

Les outils d'évaluation de l'environnement piétonnier sont principalement utilisés pour mesurer, quantifier ou identifier les facteurs environnementaux présents sur un territoire donné, généralement un segment de route. Ce type d'outil est aussi utilisé pour collecter des données sur les facteurs environnementaux. Ils prennent généralement la forme d'audit terrain, c'est-à-dire qu'une personne est responsable de parcourir un segment et de remplir un questionnaire de façon objective. L'évaluateur peut être un chercheur ou un usager. L'avantage de faire compléter l'audit par un usager (par exemple une PSH) est d'abord de pouvoir obtenir une évaluation à la fois objective et subjective, mais aussi d'identifier des barrières spécifiques à l'usager (Mahmood et al., 2020). Il s'agit d'une des façons de prendre en considération les PSH dans les audits. Cependant, cela demande de mettre en place un outil convivial et rapide à remplir. L'outil *Path Environment Audit Tool* (PEAT) a été développé dans le but de pouvoir être complété par des non-experts en incluant des photos et des figures pour faciliter la complétion (Troped et al., 2006). C'est aussi le cas de l'outil *Stakeholders Walkability/ Wheelability Audit in Neighbourhoods* (SWAN), qui comporte des questions subjectives pour collecter des informations additionnelles (Mahmood et al., 2020). L'autre façon d'impliquer les PSH est de les consulter lors de la conception d'audits afin d'inclure des items à évaluer (barrières et facilitateurs) qui ont un impact sur ce type d'utilisateurs. C'est ce qu'ont fait Cunningham et al. (2005)

pour développer l'outil *Senior Walking Environmental Assessment Tool* (SWEAT) en organisant des groupes de discussion avec des PA pour la conception de leur audit.

La majorité des outils demandent à l'évaluateur de faire une analyse objective en cochant la présence d'items, en quantifiant l'occurrence des items ou en sélectionnant une option pour caractériser un item. C'est le cas de l'outil *Irvine-Minnesota Inventory* (IMI), qui n'a pas été spécifiquement conçu pour prendre en considération les PSH, mais qui se veut inclusif (Day et al., 2006). Cet outil comporte uniquement des mesures objectives; cela permet donc d'obtenir une évaluation d'un segment de rue, mais les analyses sont limitées, car l'évaluateur ne peut pas ajouter d'éléments subjectifs. Pour sa part, l'outil *Systematic Pedestrian and Cycling Environmental Scan* (SPACES) ne prend pas les besoins des PSH en considération (Pikora et al., 2002), bien qu'il utilise des données provenant de plusieurs sources, ce qui en fait sa force. En effet, SPACE est un audit objectif qui inclut quelques questions subjectives sur les perceptions de l'évaluateur. L'outil inclut aussi des données géospatiales et des données de sources tierces, qui permettent de faire un portrait plus complet de l'environnement bâti.

Le Tableau 2-18 présente une synthèse non exhaustive des outils d'évaluation de l'environnement bâti associé à la marche, à l'activité physique ou à la participation sociale et prenant en considération les PSH ou les PA (personnes âgées). Comme les outils n'évaluent pas tous directement la marchabilité, certains outils comportent des questions qui sont en dehors des catégories identifiées dans la Figure 2-8.

Tableau 2-18 : Liste non exhaustive des outils de type audit permettant d'évaluer la marchabilité

Outil	Nom	Utilités	Collecte de données	Facteurs considérés	Avantages	Inconvénients
SPACE (Pikora et al., 2002)	Systematic Pedestrian and Cycling Environmental Scan	Mesurer les FE qui peuvent exercer une influence sur la marche et le vélo	Audit, données géospatiales (SIG) et données de sources tierces	FE: environnement bâti, entretien, destination, esthétisme FI: Capacité physique, aspects subjectifs	Combine plusieurs sources de données. Inclut des mesures objectives et subjectives.	Ne considère pas les personnes ayant des besoins particuliers.

Tableau 2-18: Liste non exhaustive des outils de type audit permettant d'évaluer la marchabilité (suite)

Outil	Nom	Utilités	Collecte de données	Facteurs considérés	Avantages	Inconvénients
SWEAT (Cunningham et al., 2005)	Senior Walking Environmental Assessment Tool	Comprendre l'influence des facteurs environnementaux sur l'activité physique des PA	Audit incluant des questions ouvertes subjectives	FE: Environnement bâti, entretien, sécurité, destination, attrait	Inclut des mesures objectives et subjectives Considère les besoins des PA.	Long à remplir à cause des questions ouvertes. Évalue uniquement les FE.
PRC-HAN (Kealey et al., 2005)	Prevention Research Center Healthy Aging Research Network Environment Audit tool	Évaluer les FE associés à l'activité physique des PA	Audit objectif par segments de la rue, accompagné d'interviews qualitatifs avec des PA	FE : Environnement bâti, destination et esthétique. FS : communauté	Prend en considération les PA. Contient des images et des figures pour aider l'auditeur.	Pas spécifique aux PSH.
IMI (Day et al., 2006)	Irvine – Minnesota Inventory	Permet d'identifier le lien entre plusieurs FE et la vie active, notamment la marche	Audit objectif par segments de rue	FE : Environnement bâti, entretien, sécurité, destination, esthétique	Évalue plus d'items que ses prédécesseurs. L'outil est inclusif.	Comporte uniquement des mesures objectives. Plusieurs FE ne sont pas évalués.
PEAT (Troped et al., 2006)	Path Environment Audit Tool	Évaluer les environnements piétons	Audit objectif par segment de rue	FE : Environnement bâti, esthétique, entretien, destination	Certains items prennent en considération les besoins des PSH. Couvre un large éventail de facteurs. Contient des images et des figures pour aider l'auditeur. Conçu pour être complété par les usagers.	N'évalue pas les facteurs en détail, il est donc idéal de le jumeler avec un outil plus précis. Contient uniquement des mesures objectives. Certaines mesures censées être objectives sont en fait subjectives.
Q-PAT (Rimmer et al., 2009)	Quick Pathways Accessibility Tool	Évaluer les trottoirs et intersections	Audit objectif par segment de rue	FE : Environnement bâti	Inclut quelques items pouvant s'appliquer aux PSH. Permet de collecter des informations précises sur les trottoirs et les intersections.	Comporte uniquement des mesures objectives. Évalue une faible variété d'items.

Tableau 2-18: Liste non exhaustive des outils de type audit permettant d'évaluer la marchabilité (suite et fin)

Outil	Nom	Utilités	Collecte de données	Facteurs considérés	Avantages	Inconvénients
SWEAT-R (Michael et al., 2009)	Senior Walking Environmental Assessment Tool - Revised	Comprendre l'influence des FE sur l'activité physique des PA	Version révisée de SWEAT et inspiré de IMI. Audit incluant quelques questions ouvertes et subjectives	FE: Environnement bâti, entretien, sécurité, destination, attrait	Inclut plus d'items que son prédécesseur SWEAT. Moins long à remplir que son prédécesseur puisque moins de questions ouvertes.	Évalue uniquement les FE. Conçu pour être complété par des chercheurs.
SWAN (Mahmood et al., 2020)	Stakeholders Walkability/ Wheelability Audit in Neighbourhoods	Mesurer la marchabilité des segments de route selon la perspective des PSH	Audit à petit échelle (segments de rue), prise de photo et documentation des barrières	FE : Environnement bâti, condition climatique, sécurité, entretien, destination FS: communauté	Outil facile à utiliser. Inclut des mesures objectives et subjectives. Évalue les FE et les FS. Conçu pour être complété par les usagers. Prend en considération les PSH.	Long à remplir, car beaucoup d'items à évaluer.
SWAN 13 (Gan et al., 2022)	Stakeholders Walkability/ Wheelability Audit in Neighbourhoods - 13	Mesurer la marchabilité des segments de route selon la perspective des PSH	Audit évaluant seulement 13 items des 85 items inclus dans SWAN	Environnement bâti, conditions climatiques, sécurité, entretien, destination FS: communauté	Rapide à compléter. Prend en considération les PSH. Évalue les FE et les FS.	Ne permet pas de faire un diagnostic précis de la marchabilité.

FE : Facteurs environnementaux; FI : Facteurs individuels; FS : Facteurs sociaux

Dans la revue de littérature des outils d'audit de l'environnement piétonnier et cycliste, Moudon et Lee (2003) concluent que la majorité des audits ne considèrent qu'une partie des facteurs environnementaux. Ainsi, la combinaison d'outils pourrait permettre d'obtenir un portrait plus précis de l'environnement piétonnier. Par exemple, un outil diagnostique comme PEAT (Troped et al., 2006) pourrait être combiné à un outil plus précis permettant d'évaluer certains items en profondeur, comme l'outil Q-PAT (*Quick Pathways Accessibility Tool*) (Rimmer et al., 2009). Hoehner et al.

(2005) ont proposé une méthodologie pour évaluer les facteurs environnementaux ayant un impact sur l'activité physique, à la fois de façon objective avec un audit et de façon subjective avec un sondage téléphonique. De plus, Moudon et Lee (2003) concluent aussi que les outils d'audit sont généralement bons pour tester sur seulement quelques segments de route avec peu d'observations, ce qui rend difficile la validation de ce type d'outil. Ainsi, les audits demeurent des outils intéressants, mais pour lesquels plus de temps, de recherches et de ressources financières sont nécessaires.

Index de marchabilité (donnée géospatiale)

Les index de marchabilité ou d'accessibilité sont utilisés pour donner une note à un territoire donné (segments de rue, quartiers, villes, etc.) afin de le comparer à un autre territoire (Krambeck, 2006), mesurer son évolution dans le temps ou pour voir l'impact du niveau de marchabilité sur divers aspects de la vie de la population : activité physique, participation sociale, accès aux opportunités, problèmes de santé, etc. (Glazier et al., 2012; Lam et al., 2022; Manaugh & El-Geneidy, 2011). Ainsi, chacun des critères utilisés pour calculer un index de marchabilité doit être pondéré en fonction de son impact sur la marche (Alves et al., 2020). Les index de marchabilité peuvent être calculés à l'aide de plusieurs sources de données (Brownson et al., 2009), dont les données spatiales qui peuvent être visualisées dans un système d'information géographique (SIG). Celles-ci permettent d'obtenir rapidement un résultat pour un territoire plus grand. Cependant, ce type de données nécessite la mise en place de collectes en amont ou le recours à des sources de données géospatiales. La validation de l'index de marchabilité repose donc sur la qualité et la quantité de données disponibles pour la zone à l'étude. Il est toutefois complexe de prendre en considération les besoins des PSH en utilisant uniquement des données spatiales et aucune mesure subjective; il faudrait collecter de l'information précise sur les éléments de l'environnement bâti mentionné dans les Tableau 2-16 et Tableau 2-17.

Parks et Schofer (2006) ont comparé l'index de marchabilité de certains quartiers de Chicago avec des données subjectives collectées par sondage et ont conclu que l'index de marchabilité pouvait remplacer les données subjectives. Cependant, l'outil développé ne prend pas en considération les PSH. De plus, certains index de marchabilité reposent sur des données d'audit comme le *Pedestrian Environment Quality Index* (PEQI) (San Francisco Department of Public Health, 2008), qui prend en considération les personnes en fauteuil roulant dans certains des items à évaluer. On retrouve aussi des index de marchabilité basés sur des sondages incluant des mesures objectives et subjectives. C'est

le cas du *Global Walkability Index* qui vise à comparer les villes entre elles et considère les PSH dans son analyse (Krambeck, 2006). Une autre source intéressante de données pour calculer les index de marchabilité est les applications mobiles permettant aux utilisateurs de déclarer les obstacles et les incitatifs (Alves et al., 2020). L'intégration de ce type de données aux données spatiales a un très grand potentiel. Néanmoins, le développement de ce type d'outil est long et coûteux, et l'application doit être utilisée par un grand nombre d'utilisateurs pour que le constat tiré puisse être valide. Une attention particulière doit être apportée lors de son développement pour bien intégrer les besoins des PSH. Un autre index de marchabilité est le Walk score ®, index qui combine trois facteurs environnementaux : la distance la plus courte pour atteindre une sélection de destinations, la densité d'intersections autour de l'origine et la distance entre les intersections, pour évaluer le potentiel de marche (Walk Score, 2023). Cet outil repose sur des données spatiales qui sont généralement disponibles dans la majorité des grandes villes, ce qui facilite grandement son utilisation. En 2018, Hall et Ram ont réalisé une revue de littérature des articles utilisant le Walk score ® et ont répertorié 42 articles. Carr et al. (2010) ont pour leur part tenté d'établir une corrélation entre le Walk score ® et des mesures objectives (donnée spatiale) et subjectives (perception des usagers). Les auteurs ont identifié une corrélation positive entre le Walk score ® et la connectivité, la densité résidentielle, l'accès au TC et la perception du potentiel d'activité physique offert par l'environnement. Ainsi, le Walk score ® est un outil permettant d'évaluer rapidement et facilement la marchabilité sans pour autant négliger d'aspects essentiels. Néanmoins, Carr et al. (2010) ont aussi identifié une corrélation positive entre le Walk score ® et le niveau de criminalité perçue. Cela est peut-être une indication que l'outil comporte quelques limitations et que ses résultats doivent être utilisés avec une certaine précaution. Le Tableau 2-19 synthétise les différentes sources de données pouvant être utilisées pour calculer les index de marchabilité ainsi que leurs avantages et inconvénients.

Tableau 2-19 : Sources de données utilisées pour le calcul d'index de marchabilité

Source de données	Avantages	Inconvénients	Exemples
Données spatiale			Walkability Index (Lefebvre-Ropars, 2017)
			Extended Walkability Index (Lefebvre-Ropars, 2017)
	Souvent disponibles en ligne gratuitement	Peu de FE peuvent être considérés	Indice de potentiel piétonnier (Robitaille, 2012)
	Données objectives faciles à comparer	Difficile de considérer les FS	Neighborhood Accessibility Index (Krizek, 2003)
	Analyse rapide des données pour de grands territoires.	Difficile de prendre en considération les PSH	GIS Walkability Index (Leslie et al., 2007)
			Walk score ® index (Walk Score, 2023)
Audit	Évalue un grand nombre de FE		
	Permet l'ajout de mesures subjectives	Collecte de données longue	PEQI (Pedestrian Environment Quality Index) (San Francisco Department of Public Health, 2008)
	Permet l'évaluation des FS et de FI	Difficile de couvrir un grand territoire	
	Considère les PSH		
Sondage	Permet la compilation de données objectives et subjectives	Collecte de données longue	
	Considérer les PSH	Difficile de comparer les résultats	Global Walkability Index (Krambeck, 2006)
	Évalue les trois types de facteurs	Les mesures subjectives biaisent les résultats	

Tableau 2-19: Sources de données utilisées pour le calcul d'index de marchabilité (suite et fin)

Source de données	Avantages	Inconvénients	Exemples
Application mobile	Permet de collecter des données sur un grand nombre de FE	Outils de collecte de données difficiles et coûteux à mettre en place	WIEH (Walkability Index for Elderly Health) (Alves et al., 2020)
	À terme, ce type d'outil permet la collecte des données pour un grand territoire	Nécessite l'implication de la population	
	Considère les besoins des PSH	Difficile d'impliquer les PSH et le PA	
	Recueille des mesures objectives et subjectives		

Comme le démontre le Tableau 2-19, plusieurs sources de données peuvent être utilisées pour calculer un index de marchabilité. Selon Brownson et al. (2009), il en demeure néanmoins que la qualité des données collectées influence grandement la fiabilité de l'index de marchabilité.

Finalement, les avis sont partagés quant à la meilleure façon d'évaluer l'environnement piétonnier. Certains auteurs mentionnent que les outils devraient utiliser uniquement des données objectives pour éviter les problèmes de concordance inter-observateurs (Parks & Schofer, 2006), tandis que d'autres auteurs concluent que l'utilisation de données objectives et subjectives est idéale pour inclure les personnes ayant des besoins particuliers (Cunningham et al., 2005). Ainsi, selon le contexte, les trois types d'outils sont pertinents. Cependant, les personnes ayant une déficience intellectuelle sont sous-représentées lors de la collecte de données avec l'ensemble de ces outils, puisque lorsque les PSH sont impliquées dans le processus de conception ou d'utilisation des outils, il s'agit pratiquement exclusivement de personnes ayant des handicaps physiques. Ainsi, les besoins des personnes ayant des handicaps intellectuels sont sous-représentés.

2.4.5 Synthèse spécifique

La section 2.4 de la revue de littérature visait à synthétiser les connaissances en lien avec la marchabilité, d'abord en établissant les retombés du respect des principes de marchabilité sur les usagers du TA, puis en listant les obstacles et les incitatifs à marche, et finalement en présentant les

différents outils permettant d'évaluer la marchabilité. Voici les points clés qui ressortent de cette section de la revue de littérature :

1. La marchabilité est influencée non seulement par les facteurs environnementaux, mais aussi par les facteurs individuels et sociaux;
2. L'amélioration des infrastructures piétonnes a le potentiel de réduire la surcharge du TA en favorisant les déplacements actifs qui permettent de garder la population plus en santé, en amenant certains usagers à faire les déplacements en TA à pied ou en roulant, et finalement en facilitant l'accès au réseau de TC régulier. De plus, l'amélioration du réseau piéton a le potentiel de réduire les temps aux arrêts en facilitant l'accès aux véhicules;
3. Il existe de nombreux obstacles et incitatifs à la marche, autant au niveau de l'environnement bâti, de l'entretien, des conditions climatiques, de la sécurité, des destinations à proximité que de l'esthétisme;
4. Il existe de nombreux outils pour évaluer la marchabilité : questionnaires et sondages d'évaluation des impacts, audit d'évaluations de l'environnement piétonnier et index de marchabilité.

La marchabilité est un domaine de plus en plus étudié selon la perspective de la population générale pour favoriser l'utilisation de la marche comme mode de transport. Ainsi, il demeure encore un écart de connaissance concernant la possibilité pour les PSH d'utiliser le réseau piétonnier, notamment au regard de son accessibilité.

Le Tableau A.4 présente la liste des références incluses dans cette section de la revue de littérature en ordre d'apparition dans le texte.

2.5 Accessibilité universelle des infrastructures de transport

Cette section de la revue de littérature reprendra essentiellement la sous-section 5.3.1 de la troisième contribution portant sur le transfert de déplacements du TA vers le TC régulier. Néanmoins, certains ajouts ont été faits grâce une revue de littérature actualisée et approfondie. L'accessibilité universelle (AU) des infrastructures de transport est un passage obligé pour favoriser leur utilisation par les PSH et les usagers du TA, c'est donc ce sujet qui sera abordé dans cette section.

2.5.1 Avènement de l'accessibilité universelle

À la fin de la Seconde Guerre mondiale, plusieurs militaires ont survécu à de multiples blessures grâce aux avancées médicales et certains sont revenus à la maison avec des handicaps. À la suite de cela, plusieurs gouvernements se sont dotés de lois pour protéger les droits des PSH (Centre for Excellence in Universal Design, 2023)

Le concept d'AU a été inventé par Ronald L. Mace vers les années 1970. M. Mace était un architecte, lui-même utilisateur d'un fauteuil roulant, et ardent défenseur des droits des PSH (Persson et al., 2015). Le travail qu'il a réalisé a grandement contribué à la mise en place de lois contre la discrimination aux États-Unis, notamment avec le « *Fair Housing Amendments Act* » en 1988, et surtout avec l'« *American Disabilities Act* » (ADA) de 1990 (Woodward, 2023). Ainsi, aux États-Unis, l'AU est réglementée cette dernière depuis 1990. L'ADA comporte notamment une réglementation sur l'accessibilité des routes, des bâtiments, des lieux publics, des trottoirs, des stationnements, etc. En revanche, au Québec, il faut remonter à 1975 pour que les droits des PSH soient protégés par l'article 10 par la Charte des droits et libertés de la personne:

« Toute personne a droit à la reconnaissance et à l'exercice, en pleine égalité, des droits et libertés de la personne, sans distinction, exclusion ou préférence fondée sur la race, la couleur, le sexe, l'identité ou l'expression de genre, la grosseur, l'orientation sexuelle, l'état civil, l'âge sauf dans la mesure prévue par la loi, la religion, les convictions politiques, la langue, l'origine ethnique ou nationale, la condition sociale, le handicap ou l'utilisation d'un moyen pour pallier ce handicap. »

(Charte des droits et libertés de la personne, 1975)

Cependant, c'est seulement en 2004 que le Québec s'est doté de la loi assurant l'exercice des droits des personnes handicapées en vue de leur intégration scolaire, professionnelle et sociale

(Gouvernement du Québec, 2004). Néanmoins, à ce jour l'AU n'est pas formellement réglementée au Québec, bien qu'il y ait une réglementation dans certains domaines comme le Code de construction du Québec, qui fournit un guide sur l'accessibilité des bâtiments (Régie du bâtiment du Québec, 2023).

2.5.2 Principes d'accessibilité universelle

L'AU est un terme largement utilisé à travers le monde, mais sa définition varie beaucoup d'un auteur à l'autre, en fonction du contexte (Rocque et al., 2011). Selon l'INSPQ : « L'accessibilité universelle est une approche inclusive qui prend en compte les différents besoins et les conditions de vie des individus. Elle vise notamment une utilisation équitable de l'environnement bâti. Ainsi, elle permet à toute personne de réaliser des activités de façon autonome et d'obtenir des résultats équivalents. » (INSPQ, 2021). Cependant, dans le cadre de cette thèse, c'est la définition du Comité montréalais d'étude sur l'accessibilité universelle qui sera utilisée. Ce comité a réalisé une revue de littérature afin d'élaborer une définition de l'AU dans une perspective évolutive. Ainsi, selon lui, l'AU est « le caractère d'un produit, procédé, service, environnement ou d'information qui, dans un but d'équité et dans une approche inclusive, permet à toute personne de réaliser des activités de façon autonome et d'obtenir des résultats équivalents. » (Rocque et al., 2011). Ainsi, il est important de voir l'AU comme un idéal vers lequel les villes doivent tendre. Le terme conception universelle (« *universal design* ») est aussi utilisé et selon le Nation Unies, il se définit comme : « la conception de produits, d'équipements, de programmes et de services qui puissent être utilisés par tous, dans tout la mesure du possible, sans nécessiter ni adaptation ni conception spéciale. » (Nation Unies, 2006). Dans le domaine de la conception universelle, on retrouve sept grands principes qui sont utilisés pour concevoir des produits, mais aussi de lieux permettant l'accès à tous (Center for Universal Design, 1997).

1. **Utilisation équitable** – La conception est utile et commercialisable auprès de personnes ayant des capacités diverses.
2. **Flexibilité d'utilisation** – La conception s'adapte à un large éventail de préférences et de capacités individuelles.

3. **Utilisation simple et intuitive** – L'utilisation de la conception est facile à comprendre, quelle que soit l'expérience, les connaissances, les compétences linguistiques ou le niveau de concentration actuel de l'utilisateur.
4. **Information perceptible** – La conception communique efficacement les informations nécessaires à l'utilisateur, quelles que soient les conditions ambiantes ou les capacités sensorielles de l'utilisateur.
5. **Tolérance à l'erreur** – La conception minimise les risques et les conséquences néfastes des actions accidentelles ou involontaires.
6. **Faible effort physique** – La conception peut être utilisée efficacement, confortablement et avec un minimum de fatigue.
7. **Taille et espace approprié** – Une taille et un espace appropriés sont fournis pour l'approche, la portée, la manipulation et l'utilisation, quelle que soit la taille, la posture ou la mobilité de l'utilisateur.

Néanmoins, le Comité Montréalais d'étude sur l'accessibilité universelle conclut que le design universel est un concept utopique et qu'il est préférable de référer au design contributif qui comprend cinq types de design:

1. **Design inclusif** : « [...] répondre aux besoins du plus grand nombre possible d'utilisateurs potentiels. » (Rocque et al., 2011);
2. **Design spécifique** : « [...] répondre aux besoins d'utilisateurs qui sont susceptibles d'éprouver des limitations et pour qui le design inclusif n'offre pas encore de solution. » (Rocque et al., 2011);
3. **Design d'interface** : « [...] intégration harmonieuse d'une adaptation ou d'un aménagement spécifique dans l'ensemble des mesures déjà prévues « pour tous », notamment en veillant à ce que cette intégration conserve tous les bénéfices en termes de résultats équivalents pour ses utilisateurs particuliers, tout en ne nuisant pas aux autres. » (Rocque et al., 2011);
4. **Design inclusif élargi** : « [...] processus évolutif de conception qui, dans une approche inclusive, combine les solutions élaborées par design inclusif et des adaptations d'abord conçues par design spécifique, puis intégrées harmonieusement par design d'interface afin de veiller à ce qu'un produit, procédé, service, environnement ou de l'information satisfasse

au caractère d'accessibilité universelle pour le plus grand nombre possible d'utilisateurs. » (Rocque et al., 2011);

5. **Design palliatif** : « [...] a trait à la conception de prothèses ou d'orthèses pour pallier des déficiences ou des incapacités. » (Rocque et al., 2011).

Ainsi, l'idée du design contributif semble plus appropriée. Cependant, dans le cadre des articles qui composent cette thèse, le terme « *universal design* » est utilisé car il est largement utilisé dans la littérature anglophone et les articles sont rédigés en anglais. De plus, les sept principes de design du Center for Universal Design seront utilisés pour faire des liens avec l'AU dans le monde du TC.

2.5.3 Minimiser les barrières à l'utilisation du TC

Dans la littérature sur l'AU des services de TC, on retrouve de nombreux articles visant à identifier les barrières à l'utilisation de ces services par les usagers en situation de handicap (Card et al., 2006; Dabelko-Schoeny et al., 2021; Park & Chowdhury, 2018). Grâce à l'identification de ces barrières, certains services de transport ont mis en place des interventions visant à améliorer l'AU de leurs services. Ces interventions sont évaluées grâce à des outils et des méthodes qui sont présentés à la sous-section 2.5.4. Grâce à cela, certains chercheurs ont pu faire des recommandations quant aux mesures à mettre en place pour rendre le TC accessible au plus grand nombre. Le Tableau 2-20 présente une synthèse des barrières et des recommandations associées, qui sont classifiées selon les sept principes d'AU présentés à la sous-section 2.5.2.

Tableau 2-20: Recommandations et obstacles associés à l'AU des services de TC régulier

Catégorie	Recommandation	Principe d'AU	Barrière	Réf.
Véhicules (autobus, métro, train, etc.)	Présence d'une rampe, d'une plateforme élévatrice ou d'une fonction d'abaissement du plancher fonctionnelle dans les autobus	1, 2, 6	TC inadéquat	[3] [4] [10]
			Absence de rampe / plateforme / abaissement	[1] [7] [10]
			Absence d'assistance pour l'embarquement	[5]
			Problématique avec les rampes / plateforme / abaissement	[4]
	Utilisation de sangle d'ancrage pour les fauteuils roulant	2, 5	Incapacité à sécuriser les fauteuils roulants dans les véhicules	[2] [4] [10]

Tableau 2-20: Recommandations et obstacles associés à l'AU des services de TC régulier (suite)

Catégorie	Recommandation	Principe d'AU	Barrière	Réf.
Véhicules (autobus, métro, train, etc.)	Sièges réservés	1, 6, 7	TC inadéquat	[3] [4] [10]
			Achalandage élevé	[4] [5] [10]
			Difficulté à maintenir son équilibre lorsque le véhicule est en mouvement	[1] [10]
	Espaces réservés	1, 7	TC inadéquat	[3] [4] [10]
			Véhicules à pleine capacité	[4] [5] [10]
			Fauteuil roulant trop volumineux/lourd	[4] [10]
	Annonce sonore et visuelle des arrêts	3, 4	Conducteurs qui n'annoncent pas les arrêts à voix haute	[4]
			Difficulté à trouver ou à reconnaître l'itinéraire lors de déplacements peu fréquents	[1] [2]
Stations	Courte distance à parcourir à l'intérieur des stations ou présence de tapis roulants	6	Effort physique trop important	[10]
	Présence d'escaliers roulants	1, 2, 6	TC inadéquat	[3] [4] [9]
			Station ou arrêt inaccessible	[4] [5] [6] [9]
	Présence de portes automatiques	1, 2, 6	TC inadéquat	[3] [4]
			Station ou arrêt inaccessible	[4] [5] [6]
	Présence d'ascenseurs	1, 2, 6	TC inadéquat	[3] [4] [10]
			Station ou arrêt inaccessible	[4] [5] [6] [10]
	Installation d'éclairage adéquat	5	Trop faible / trop forte luminosité	[1]
	Installation de climatisation	5	Chaleur / humidité	[1]
	Aménagement linéaire, en anneau ou en îlot	3	Difficulté à trouver ou à reconnaître l'itinéraire lors de déplacements peu fréquents	[10]
			Difficulté à s'orienter dans l'espace	[10]

Tableau 2-20: Recommandations et obstacles associés à l'AU des services de TC régulier (suite)

Catégorie	Recommandations	Principe d'AU	Barrière	Réf.
Arrêts d'autobus	Présence d'abribus	1, 7	TC inadéquat	[3] [4]
			Longue période d'attente	[5]
	Accès plain-pied	1, 2	Station ou arrêt inaccessible	[9] [10]
	Siège réservé	1, 6, 7	TC inadéquat	[3] [4] [5] [10]
Quai	Absence de vide entre le quai et le wagon	5	TC inadéquat	[3] [4] [10]
			Station ou arrêt inaccessible	[4] [5] [6] [10]
			Vide ou marche pour accéder aux véhicules	[4] [10]
Indications et support	Disponibilité de soutien	2, 3, 4	Insécurité	[5] [6] [7] [10]
			Difficulté à faire face aux situations inattendues	[1] [8] [10]
	Présence de personnel formé	2, 4, 5	Attitude inappropriée des chauffeurs	[2] [4]
			Chauffeurs refusant de s'arrêter	[2] [4]
			Chauffeurs manquant de connaissances	[4]
			Difficulté à faire face aux situations inattendues	[1] [8]
			Absence d'assistance pour l'embarquement	[5]
			Manque de compétences en mobilité / sécurité	[1]
			Difficulté à manœuvrer dans l'espace	[1] [8]
			Difficulté à utiliser la plateforme / rampe	[1] [8]
			Difficulté à s'orienter dans l'espace	[1] [8]
			Difficulté à trouver ou à reconnaître l'itinéraire lors de déplacements peu fréquents	[1] [8]
			Difficulté à comprendre / traiter l'information	[1] [8]
			Absence d'assistance pour l'embarquement	[5]
			Difficulté à faire les correspondances	[1] [8]

Tableau 2-20: Recommandations et obstacles associés à l'AU des services de TC régulier (suite et fin)

Catégories	Recommandations	Principes d'AU	Barrières	Réf.
Indications et support	Présence de braille, signalétique visuelle et sonore, et alarme	3,4	Difficulté à trouver ou à reconnaître l'itinéraire lors de déplacements peu fréquents	[4] [8] [10]
			Difficulté à faire les correspondances	[1] [8] [10]
			Difficulté à s'orienter dans l'espace	[4] [6] [8] [10]
	Formation pour les usagers	1, 2, 3, 5	Difficulté à s'orienter dans l'espace	[1] [4] [6] [8]
			Difficulté à faire les correspondances	[1] [8]
			Difficulté à trouver ou à reconnaître l'itinéraire lors de déplacements peu fréquents	[4] [8]
			Difficulté à manœuvrer dans l'espace	[1] [8]
			Difficulté à utiliser la plateforme / rampe	[1] [8]
Maintenance	Équipement fonctionnel	1,2,5	Problématique avec les rampes / plateforme / abaissement	[4]
			Ascenseurs / escaliers roulants en panne	[9]
	Déneigement	1,2,5	Surface enneigée ou glissante	[1] [3] [4]

[1] : (Crabtree et al., 2008); [2] : (Park & Chowdhury, 2018); [3] : (Bascom & Christensen, 2017); [4] : (Bezyak et al., 2017); [5] : (WenZhao & XiaoKuan, 2016); [6] : (Dabelko-Schoeny et al., 2021); [7] : (Lubin & Deka, 2012); [8] : (Thatcher et al., 2013); [9] : (Agneessens, 2023); [10] : (Steinfeld, 2001)

Les recommandations présentées dans le Tableau 2-20 peuvent rendre possible ou simplifier l'utilisation des services de TC régulier par les PSH. Cependant, elles peuvent aussi rendre plus agréable et favoriser l'utilisation de ce mode de transport pour la population générale. Dans certains cas, les mesures d'amélioration associées à l'AU mises en place permettent d'améliorer la rentabilité du service (Fearnley et al., 2011; Odeck et al., 2010).

2.5.4 Méthode d'évaluation de l'accessibilité universelle des infrastructures de transport

Puisque les 7 principes d'aménagement universel du *Center for Universal Design* ne sont pas assez précis pour établir les bonnes interventions à apporter aux infrastructures d'accueil du TC, il est nécessaire d'utiliser d'autres outils et méthodes d'évaluation de l'AU. Ainsi, lorsqu'une intervention est mise en place, il est essentiel d'évaluer celle-ci en amont lorsque possible et en aval pour apporter les correctifs si nécessaire. Fearnley et al. (2011) ont utilisé une enquête de préférence (« *Stated Preference survey* ») pour évaluer différentes mesures en lien avec l'AU du TC. Cette enquête a permis de connaître les mesures/interventions les plus importantes pour la population générale. L'information en temps réel, la présence d'abribus avec des places assises, l'annonce auditive et visuelle du prochain arrêt et le déneigement sont notamment des mesures ayant été évaluées favorablement par les répondants. La principale lacune de cette étude est que le nombre de répondants ayant un handicap était trop bas pour en tirer des conclusions spécifiques. Pour leur part, Unsworth et al. (2018) ont développé un outil permettant d'évaluer si les aides à la mobilité motorisées pouvaient entrer dans les autobus de TC, basé sur la numérisation 3D. À terme, cet outil permettra aux usagers de savoir s'ils sont en mesure d'utiliser les autobus, d'aider les opérateurs à faire l'achat de véhicules accessibles et de guider les constructeurs d'autobus dans leur conception. De plus, Hwanbgo et al. (2015) ont utilisé des enregistrements vidéo pour évaluer l'efficacité des autobus à plancher surbaissé. Cette étude a permis de faire plusieurs recommandations en lien avec la conception universelle de ce type d'autobus. D'abord, éviter que la place réservée aux PSH soit celle située au-dessus de la roue, car celle-ci est surélevée par rapport au sol. De plus, il est préférable d'éviter la présence de marches à l'intérieur des autobus et de favoriser un plancher égal ou en pente. De plus, les auteurs font aussi des recommandations en lien avec les dispositifs de demande d'arrêt, les mains-courantes, les dispositifs de fixation des équipements, et bien plus. De leur côté, Prasertsubpakij et Nitivattananon (2012) ont utilisé un sondage auprès de 600 usagers du métro de Bangkok pour connaître leur opinion vis-à-vis l'accessibilité du service. Les résultats du sondage ont permis d'identifier des lacunes en lien avec le confort, la sécurité et l'accessibilité aux stations. Les auteurs ont notamment recommandé l'ajout d'un service de navettes d'accès au réseau régulier. Rosa et al. (2020) ont aussi utilisé un sondage pour évaluer l'AU des arrêts d'autobus, mais cette fois auprès de touristes âgés. Le sondage a permis de conclure que l'AU est un critère très important pour les

usagers âgés. De plus, certaines problématiques associées aux bancs et à l'espace pour les personnes en fauteuil roulant ont pu être identifiées grâce à cette étude.

En somme, malgré la recherche faite dans le domaine de l'AU des services de TC, certaines disparités demeurent dans l'offre de transport pour les PSH. C'est ce dont il sera question dans la prochaine sous-section.

2.5.5 Synthèse spécifique

La section 2.5 de la revue de littérature visait à présenter une synthèse des connaissances en lien avec l'AU des infrastructures de transport, d'abord, en présentant un bref historique de l'avènement de l'AU, puis en présentant les principes d'AU qui sont utilisés dans de nombreux domaines. De plus, plusieurs recommandations pour minimiser les barrières à l'utilisation du TC par les PSH ont été présentées. Finalement, une synthèse des outils permettant d'évaluer l'AU des infrastructures de TC a été faite. Voici les points clés qui émergent de cette section de la revue de littérature.

1. L'idée de l'accessibilité universelle a vu le jour aux alentours des années 1970 mais encore à ce jour les principes d'AU ne sont pas appliqués partout.
2. Il y a sept grands principes qui doivent guider la conception de produits et de services pour favoriser l'utilisation par tous : utilisation équitable, flexibilité d'utilisation, utilisation simple et intuitive, information perceptible, tolérance à l'erreur, faible effort physique et taille et espace appropriés.
3. Les barrières à l'utilisation du TC régulier par les PSH sont nombreuses, ce qui explique que plusieurs services de TC régulier ne soient pas 100% accessibles malgré les recommandations identifiées.
4. Les méthodes d'évaluation de l'AU des infrastructures de transport émergent progressivement, mais plus de recherche dans ce domaine est nécessaire.

L'accessibilité universelle des infrastructures de transport est un sujet largement étudié, notamment en ce qui concerne les PSH. Cependant, les éléments qui permettent de rendre universellement accessible un service de TC sont nombreux et parfois difficiles à mettre en place; cela explique en partie pourquoi encore à ce jour, peu de services de TC sont universellement accessibles. De plus, n'existe pas d'indicateur applicable au TC qui permettrait d'évaluer l'AU. Ainsi, chaque service de

TC se disant universellement accessible l'est selon ses propres critères, trop souvent centrés sur la présence d'ascenseurs dans les stations de métro et de rampes d'accès dans les autobus.

Le Tableau A.5 présente une synthèse des articles cités dans cette section.

2.6 Captivité

La captivité des usagers du TA est une thématique centrale de cette thèse puisqu'elle affecte grandement les comportements de mobilité des usagers, analysés dans la contribution 4 de cette thèse (voir CHAPITRE 7), en plus d'influencer le transfert de déplacements du TA vers le réseau régulier, abordé dans la contribution 2 (voir CHAPITRE 5). La captivité est un sujet étudié par plusieurs chercheurs en mobilité et pas seulement en lien avec les PSH; il est souvent question de captivité dans la segmentation de marché utilisée pour faire des modèles de prévision de la demande en transport. L'étude de la captivité des usagers peut aussi être utilisée pour mieux comprendre les besoins des usagers et offrir des alternatives mieux adaptées (Haustein, 2012).

2.6.1 Segmentation de marché

La segmentation de marché est une technique largement utilisée en marketing pour classer les utilisateurs dans différentes catégories selon leurs caractéristiques. Elle est généralement utilisée « pour rechercher des opportunités de nouveaux produits ou bien des domaines où l'on pourrait repositionner un produit actuel, [ou] pour créer des messages publicitaires plus pertinents du fait d'une meilleure compréhension des consommateurs » [traduction libre] (Beane & Ennis, 1989). En marketing, il existe plusieurs types de segmentation et plusieurs méthodes selon le contexte, les données disponibles et les objectifs visés (Beane & Ennis, 1989). Dans le domaine du transport, la segmentation des usagers est notamment utilisée pour établir les interventions à mettre en place pour attirer de nouveaux usagers ou pour conserver les usagers actuels (Jacques et al., 2013). Généralement la segmentation est faite sur la base de quatre classes de variables : les habitudes de mobilité (fréquence des déplacements, modes utilisés, motifs des déplacements, etc.), le profil sociodémographique (âge, genre, revenu, etc.), les variables spatiales (localisation de la résidence, accès aux destinations, etc.) et les variables attitudinales (préférence, perception, style de vie, etc.) (Haustein & Hunecke, 2013). La segmentation peut être faite avec une ou plusieurs classes de variables.

De la fin des années 1980 jusqu'au début des années 2000, les usagers étaient segmentés en deux catégories, soit les usagers captifs (« *captive users* »), ayant une seule alternative de transport pour effectuer leurs déplacements, et les usagers ayant plusieurs possibilités (« *choice users* ») pour effectuer leurs déplacements (Beimborn et al., 2003; Krizek & El-Geneidy, 2007; Polzin et al., 2000). Initialement, deux modes étaient considérés pour la segmentation, soit le TC régulier et l'automobile individuelle (Beimborn et al., 2003; Jacques et al., 2013). Encore à ce jour, peu de recherches concernent la captivité d'autres modes de transport comme la marche (Kasuku, 2001; Tiwari, 2001), le taxi collectif (Tarigan et al., 2014) ou le TA. Dans la littérature, le terme dépendant (« *dependant* ») ou désavantagé (« *disadvantaged* ») est utilisé pour décrire les usagers captifs de certains modes (Jacques et al., 2013). Cependant, l'utilisation de cette segmentation comporte plusieurs biais menant à une interprétation conflictuelle et réductrice (Jacques et al., 2013). Ainsi, plusieurs auteurs ont utilisé des méthodes de regroupement basées sur des sondages pour établir des segmentations plus représentatives de l'ensemble des usagers, notamment basées sur la notion de captivité par choix. Pour sa part, Haustein (2012) a utilisé une méthode de regroupement K-moyennes (« *K-means* ») pour établir quatre segments d'usagers âgés basés sur les facteurs observés et sur les perceptions :

1. **Usagers captifs de l'automobile** (« *Captive Car Users* ») : ils ont une bonne accessibilité à l'automobile, un faible nombre de destinations accessibles à pied, une mauvaise perception du TC, de la marche et du vélo;
2. **Mobiles aisés** (« *Affluent Mobiles* ») : ils ont une très bonne accessibilité à l'automobile, des revenus élevés, un grand réseau social, une perception élevée de leurs besoins de mobilité et une mauvaise perception du TC, mais une bonne perception des autres modes;
3. **Mobiles autodéterminés** (« *Self-Determined Mobiles* ») : ils n'ont pas besoin d'être mobiles à tout prix, mais ont un bon accès à l'automobile et au TC, ils ont plusieurs destinations accessibles à pied et une très bonne perception de la marche et du vélo;
4. **Usagers captifs du TC** (« *Captive Public Transit Users* ») : ils ont un très faible accès à l'automobile, une bonne perception du TC, une mauvaise perception du vélo et de faibles revenus.

Krizek et El-Geneidy (2007) ont segmenté la population en deux catégories : les usagers (« *users* ») et les non-usagers (« *non-users* ») du TC régulier, et ils ont divisé la deuxième catégorie en deux sous-catégories : les usagers captifs de l'automobile ne pouvant ou ne voulant pas utiliser le TC et les

usagers potentiel qui seraient enclins à utiliser le TC mais qui ne l'utilisent pas. Pour leur part, Jacques et al. (2013) ont réalisé au sondage auprès 5016 étudiants et employés de l'Université McGill en avril 2011, puis ils ont utilisé la méthode de regroupement en deux étapes (« two-step cluster ») pour réaliser une segmentation selon l'utilisation et la satisfaction vis-à-vis quatre modes de transport (marche, vélo, TC et automobile). De cela a émergé une segmentation comportant quatre catégories (Jacques et al., 2013):

1. **Vrai captif** (« *true captivity* ») : individus ayant un faible niveau de praticité et un faible niveau de préférence par rapport aux alternatives de transport utilisées (13,6% des répondants);
2. **Utilitarisme** (« *Utilitarianism* ») : individus ayant un faible niveau de préférence mais un haut niveau de praticité par rapport aux alternatives de transport utilisées (9,0% des répondants);
3. **Dévoué** (« *Dedication* ») : individus ayant un haut niveau de préférence mais un faible niveau de praticité par rapport aux alternatives de transport utilisées (55,7% des répondants);
4. **Pratico-pratique** (« *Convience* ») : individus ayant un haut niveau de préférence et de praticité par rapport aux alternatives de transport utilisées (21,7% des répondant).

Il serait intéressant d'utiliser cette segmentation pour classifier les usagers des services de TA afin de comparer la répartition des usagers des autres modes de transport. Pour leur part, Félix et al. (2017) ont réalisé une revue de littérature de la segmentation des cyclistes et ont évalué et critiqué celle-ci afin d'établir une segmentation en trois catégories : les non cyclistes, les cyclistes potentiels et les cyclistes réguliers. En somme, la segmentation de marché en transport est largement utilisée, bien qu'il n'existe pas de consensus clair quant à la segmentation à utiliser; on retrouve toutefois très peu de recherche en lien avec la segmentation des PSH, et encore moins en lien avec le TA.

2.6.2 Captivité des PSH et des PA

Le fait d'être une PSH ou une PA est souvent évoqué pour expliquer la captivité envers certains modes de transport (Beimborn et al., 2003; Polzin et al., 2000), bien que très peu de chercheurs se soient intéressés au phénomène. Benjamin et al. (1998) ont réalisé un sondage auprès de 236 personnes admissibles au service de TA sans nécessairement être usagères, afin de connaître leur utilisation de différentes alternatives de transports existantes ou proposées par les auteurs. Les

résultats ont révélé que 54,4% des usagers étaient captifs d'un seul mode parmi l'automobile/conducteur (9,6%), l'automobile/passager (13,2%), l'autobus régulier (25,0%) et le TA (6.6%). Cependant, il n'y avait pas de comparatif avec la population générale. Une étude réalisée en contexte pandémique a révélé que les usagers à faible revenu et ayant un faible accès à l'automobile étaient les plus dépendants aux services de TA (Y. Wang et al., 2022). Une autre étude s'est intéressée à la mobilité des PSH faisant du tourisme (Freeman & Selmi, 2010; Yates, 2007); elle a conclu que les PSH sont encore plus captives et limitées lorsqu'elles font du tourisme car elles ne connaissent pas tous les services offerts et que certains services sont réservés aux résidents. Néanmoins, il est clair que de plus amples recherches sont nécessaires pour mesurer la captivité de ces usagers et comprendre les impacts sur leur quotidien.

2.6.3 Manque d'alternatives adaptées

L'une des raisons pouvant expliquer la captivité des usagers du TA est le manque d'alternatives de mobilité répondant à leurs besoins. Auparavant, la captivité était attribuée aux caractéristiques des usagers (âge, handicap, revenu, etc.) (Beimborn et al., 2003; Polzin et al., 2000), alors qu'en réalité, certains groupes sont plus captifs à cause des facteurs sociaux et environnementaux. Le Tableau 2-21 présente les éléments qui peuvent représenter une barrière à l'utilisation des différents modes de transport pour les PSH. Ce tableau reprend des éléments du Table 5-1 de la contribution 2, mais il a été traduit et enrichi avec de nouveaux éléments qui se sont ajoutés à la littérature depuis la publication de l'article.

Tableau 2-21: Barrières à l'utilisation des modes de transport

Mode	Barrière potentielle	Justification
Automobile comme chauffeur	Permis de conduire	Selon le sondage de l'ARTM, seulement 14% des usagers du TA de la STM ont un permis de conduire (ARTM, 2020).
	Accessibilité universelle	Certaines PSH ont besoin d'un véhicule adapté (plateformes, rampes, système d'ancrage, aides à la conduite, etc.) pour pouvoir embarquer et/ou conduire un véhicule. Ce type d'adaptation peut être très dispendieux (Darcy & Burke, 2018); heureusement, dans certaines villes; des subventions peuvent être accordées pour couvrir les frais d'adaptation (MTMD, 2020). Néanmoins, les délais d'obtention de la subvention peuvent être très longs et le processus, complexe (Turcotte, 2016).

Tableau 2-21: Barrières à l'utilisation des modes de transport (suite)

Mode	Barrière potentielle	Justification
Automobile comme chauffeur	Impact environnemental	L'automobile est l'un des modes de transport les plus polluants, surtout lorsqu'il est utilisé par un seul individu (Johansson et al., 2017).
	Coûts	L'utilisation d'une Civic LX pour parcourir 18 000 km coûtait 9000\$ par année en 2013 (CAA-Québec, 2013) et ce coût peut être largement augmenté pour un plus gros véhicule, sans oublier l'augmentation du coût de l'essence depuis 2013. De plus, les PSH ont généralement un revenu moins élevé que la population générale (OCDE, 2010)
	Capacités cognitives	L'utilisation de l'automobile comme conducteur nécessite certaines capacités cognitives (concentration, prise de décisions, réflexes, etc.); certaines PSH n'ayant pas ces capacités.
	Capacité physique	L'utilisation de l'automobile comme conducteur nécessite certaines capacités physiques (contrôle des mouvements, capacité à voir et à entendre, etc.), malgré les adaptations pouvant être faite sur l'automobile. De plus, certaines maladies ou handicaps mettant à risque l'état de conscience (épilepsie, somnolence excessive, problème cardiaque sévère, hypoglycémie sévère, etc.) restreignent la conduite automobile (SAAQ, 2021a).
Automobile comme passager	Accessibilité universelle	Certaines PSH ne peuvent pas être passager dans un véhicule qui ne comporte pas certaines adaptations. Ainsi, pour ces personnes, la majorité du temps le chauffeur du véhicule doit être un proche qui possède un véhicule adapté sinon ils ne peuvent pas utiliser cette alternative.
	Flexibilité	Cette alternative est moins flexible car elle dépend d'autrui : le chauffeur doit être disponible au moment et à l'endroit désiré par le passager, ce qui est très contraignant.
Autopartage comme chauffeur	Accessibilité universelle	Généralement, les véhicules utilisés pour offrir les services d'autopartage ne sont pas adaptés pour les PSH, car l'éventail des besoins est trop large. Par exemple, la flotte de véhicules utilisés par Communauto comporte quatre types véhicules standards, et la seule adaptation présente dans certains véhicules est le siège pour bébés (Communauto, 2023).
	Disponibilité du service	Les services d'autopartage sont de plus en plus répandus, surtout dans les grandes villes, mais il y a encore beaucoup de travail à faire pour que tous aient accès à ce type de service. De plus, même dans les villes où le service est présent, la demande est si forte qu'il peut être difficile de trouver un véhicule disponible au moment désiré (Bain, 2022).

Tableau 2-21: Barrières à l'utilisation des modes de transport (suite)

Mode	Barrière potentielle	Justification
Autopartage comme chauffeur	Capacités physiques	Il est essentiel d'avoir les capacités physiques nécessaires à la conduite, comme c'est le cas de l'automobile individuelle. De plus, la personne qui utilise l'autopartage doit pouvoir se rendre au véhicule (Changaival et al., 2021). Ainsi, l'utilisateur doit avoir les capacités physiques de se déplacer jusqu'au véhicule, ce qui n'est pas toujours possible pour les PSH.
	Capacité cognitive	La conduite d'une automobile partagée nécessite des capacités cognitives de la part du conducteur ce qui peut représenter une barrière pour certains usagers. Le conducteur doit être en mesure de prendre de décision, de s'orienter dans l'espace de se concentrer.
	Permis de conduire	Il est nécessaire de posséder un permis de conduire pour conduire une automobile partagée.
	Connaissance du service	Bien que l'autopartage soit un service de plus en plus utilisé dans les villes industrialisées, plusieurs personnes ne connaissent pas son existence.
Autopartage comme passager	Accessibilité universelle	Le besoin d'adaptations pour être en mesure d'embarquer ou de débarquer d'un véhicule standard peut être une barrière à l'utilisation de l'autopartage.
	Disponibilité du service	Encore une fois, l'autopartage n'est pas un service qui est offert partout, et le manque de véhicules peut être un enjeu.
	Flexibilité	Comme il s'agit d'une alternative qui demande l'assistance d'autrui, cette option est moins flexible et offre moins d'autonomie à l'utilisateur.
Modes actifs	Voir sous-section 2.3.6	Les obstacles aux modes actifs comme la marche ont été abordés dans la section 2.3.6. Plusieurs facteurs individuels, environnementaux et sociaux peuvent freiner l'utilisation de la marche, notamment les capacités physiques et cognitives, les conditions climatiques, le dénivelé, etc.
	Transport d'objets encombrants	L'utilisation des modes actifs pour transporter des objets encombrants (valise, épicerie, équipement de travail ou de loisir, etc.) est souvent limitée, voire impossible.

Tableau 2-21: Barrières à l'utilisation des modes de transport (suite)

Mode	Barrière potentielle	Justification
Transport collectif régulier	Voir sous-section 2.5.3	Plusieurs obstacles à l'utilisation du TC régulier ont été identifiés dans le Tableau 2-20. Les barrières peuvent être en lien avec les infrastructures d'accueil, les véhicules, l'assistance, la maintenance, etc. Les services alternatifs présentés dans le Tableau 2-12 peuvent toutefois éliminer ou diminuer l'effet de certaines barrières.
	Transport d'objets encombrants	Tout comme pour les modes actifs, le transport d'objets encombrants peut être complexe en TC.
	Disponibilité du service	Les services de TC opèrent rarement la nuit et à service réduit la fin de semaine ou hors des heures de pointe, et le territoire desservi est restreint.
	Efficacité	Le TC n'est pas toujours l'option la plus rapide pour aller du point A au point B (Hwang et al., 2020).
Taxi	Coût	Le taxi est une alternative de mobilité similaire au TA puisque les déplacements sont porte à porte, et certaines compagnies offrent des véhicules adaptés aux usagers qui en font la demande. L'avantage est que la réservation peut être faite le jour-même, mais les frais de déplacement doivent être assumés entièrement par l'utilisateur, ce qui en fait une alternative très dispendieuse.
	Accessibilité universelle	Bien que certains taxis soient adaptés, il peut parfois être difficile pour les usagers de trouver un véhicule à proximité répondant à leurs besoins, et les compagnies de taxis spécialisés sont aux prises avec une pénurie de main d'œuvre (Taxelco, 2022).
Transport adapté	Admissibilité	Pour utiliser le TA, il faut généralement répondre à certains critères d'admissibilité (MTMD, 2023a). Dans la majorité des cas, il faut que l'usage du TC régulier soit limité, ce qui n'est pas le cas pour toutes les PSH, limitant donc leur admission au TA. Pour les PSH admissibles, le processus d'admission peut être long et complexe, et ainsi représenter une barrière à l'utilisation de ce mode (Cross, 2007).
	Connaissance du service	Dans certaines villes, les services de TA sont peu connus des PSH, qui utilisent très peu ce service (Khan et al., 2022). Plusieurs PA voyant leur condition de santé se dégrader ne connaissent pas l'existence du service de TA puisqu'ils utilisaient d'autres modes dans le passé. De plus, il faut être en mesure d'utiliser l'internet ou être accompagné pour obtenir les informations nécessaires à l'utilisation (horaire, tarif, zone de desserte, etc.) et pour entamer le processus d'admission (Grushka et al., 2020).

Tableau 2-21: Barrières à l'utilisation des modes de transport (suite et fin)

Mode	Barrière potentielle	Justification
Transport adapté	Flexibilité	Les services de TA nécessitent généralement une réservation la veille du déplacement (Lave & Mathias, 2000). Cela enlève beaucoup de flexibilité au service et représente une barrière pour les déplacements de dernière minute (Venter, 2001). De plus, il peut être complexe de modifier ou d'annuler un déplacement en TA (Hwang et al., 2020).
	Transport d'objet encombrant	Les services de TA, incluant celui de la STM, n'autorisent généralement pas les usagers à transporter des objets qu'ils ne peuvent transporter eux-mêmes ou qu'ils ne peuvent garder sur eux durant le voyage, pour des raisons de sécurité et d'espace dans les véhicules (STM, 2023a), ce qui représente une limite pour les usagers désirant transporter des objets encombrants.
	Disponibilité du service	La majorité des grandes villes qui ont un réseau de TC offrent aussi un service de TA (Gupta et al., 2010). Cependant, plusieurs PSH vivant dans des régions plus éloignées n'ont pas accès à un service de TA. De plus, même dans les villes où le service est disponible, le territoire desservi et les heures d'opération ne couvrent pas toujours l'entièreté des besoins des usagers (Hwang et al., 2020).
	Fiabilité	La fiabilité (ponctualité) du service de TA peut être un enjeu à son utilisation, surtout pour les motifs de travail, d'école et de rendez-vous médicaux. (Grushka et al., 2020; Hwang et al., 2020).

Les barrières potentielles à l'utilisation des différents modes de transport présentés dans le Tableau 2-21 peuvent concerner l'ensemble de la population. Néanmoins, les PSH font face à davantage de barrières lors de l'utilisation des différents modes de transport, ce qui peut réduire leurs options de transport et les rendre captives du TA. L'ajout d'alternatives adaptées aux besoins des PSH comme celles présentées dans le Tableau 2-12 est une avenue intéressante pour élargir les options de ces usagers. Il est néanmoins nécessaire de travailler à rendre les modes traditionnels plus accessibles.

Les programmes de chauffeurs bénévoles permettent à n'importe qui ayant un permis de conduire et un véhicule d'offrir des déplacements à des usagers du TA en échange d'une légère compensation financière (Fei & Chen, 2015). Pour ces derniers, le déplacement est généralement gratuit puisque les frais sont déboursés par l'opérateur de TA. Ce type d'alternative a été mis en place dans quelques

villes aux États-Unis et permet d'éliminer la barrière associée au coût du taxi et celle associée à la disponibilité du service de l'automobile comme passager. (Meshram, 2018). Par exemple, à San Joaquin, en Californie, il y avait un programme permettant à la famille, aux amis et aux voisins des usagers du TA de recevoir une compensation lorsqu'ils conduisent les usagers du TA à des rendez-vous médicaux (Meshram, 2018). Cette alternative permet de réduire les coûts d'opération puisque la compensation financière est inférieure aux coûts par déplacement du TA. Cependant, ce type de service ne garantit pas la qualité du service puisque les chauffeurs bénévoles ne sont pas formés, ce qui pose parfois des enjeux de sécurité (Fei & Chen, 2015).

Bien que plusieurs usagers du TA soient captifs de ce service, les nombreuses barrières à son utilisation rendent certaines PSH plutôt captives d'autres modes de transport. Ainsi, il est essentiel de continuer d'innover dans le domaine du TA pour assurer que ce pilier de la mobilité de plusieurs PSH comporte le moins de barrières possible pour éviter l'isolement de ses usagers. Ces innovations sont présentées dans la section 2.7

2.6.4 Synthèse spécifique

La section 2.6 de la revue de littérature visait à présenter l'état des connaissances en lien avec la captivité dans le domaine du transport, d'abord en présentant la segmentation de marché d'où émerge la notion de captivité des PSH et des PA. Elle présentait ensuite une liste de barrières à l'utilisation de plusieurs modes de transport pour démontrer le manque d'alternatives adaptées aux besoins des PSH, cause de leur captivité au TA. Voici les éléments-clés qui ressortent de cette section de la revue de littérature.

1. La segmentation de marché est largement utilisée en transport pour attirer de nouveaux usagers et pour conserver les usagers actuels.
2. Les PSH rencontrent davantage de barrières dans l'utilisation de chacun des modes de transport, ce qui peut expliquer leur captivité au TA.
3. Les barrières à l'utilisation du TC peuvent expliquer la captivité des PSH pour d'autres modes de transport ainsi que leur isolement.

Il y a un écart de connaissance en lien avec la captivité des usagers du TA. En effet, la présence de handicap est souvent utilisée pour expliquer qu'une personne soit captive d'un seul mode de transport, sans en expliquer les causes sous-jacentes. De plus, ce phénomène est rarement quantifié, autant au

niveau du nombre d'alternatives de transport utilisées que du nombre de déplacements fait avec ces modes. Ainsi, on sait que les PSH sont captives du TA, mais la raison et l'ampleur du phénomène sont inconnus.

Le Tableau A.6 présente la liste des articles cités dans cette section de la revue de littérature en incluant les objectifs et les méthodes utilisées.

2.7 Innovation et bonnes pratiques en transport adapté

Depuis les débuts des années 2000, plusieurs innovations et façons de faire innovantes ont été mises en place au sein des services de TA, sans oublier qu'il s'agit d'un service qui demeurera pour les personnes plus limitées dans leur mobilité et lorsque la météo sera moins clémente, même si le TC régulier et l'environnement bâti deviennent entièrement accessibles, et surtout dans les territoires moins densément peuplés. De plus, avec les enjeux associés à la pénurie de main d'œuvre, l'augmentation de la demande et les coûts d'opération élevés, les opérateurs de TA sont motivés à mettre en place de nouvelles solutions pour améliorer leurs services (Keehn et al., 2004). Cette situation a aussi amené plusieurs chercheurs à s'intéresser aux différentes innovations en TA et à faire des recommandations de bonnes pratiques (Fei & Chen, 2015; Hiarano, 2002; Keehn et al., 2004; Meshram, 2018). Pour certaines de ces innovations, des études ont permis d'en établir les impacts positifs et négatifs sur la fiabilité, la rentabilité, l'efficacité, la sécurité, etc.; dans d'autres cas, il est encore trop tôt pour pouvoir tirer des conclusions. Cette sous-section présentera ces innovations ainsi que l'état des connaissances à leur sujet. Bien que la majorité des innovations ait pour but de réduire les coûts d'opération des services de TA, la qualité du service offert aux PSH demeure essentielle, puisque souvent il s'agit de la seule alternative de transport qui correspond à leurs besoins (Meshram, 2018).

2.7.1 Nouvelles technologies

Les nouvelles technologies sont de plus en plus présentes dans les services de TA. Selon Hiarano (2002), l'utilisation de ces nouvelles technologies fait partie des cinq façons d'améliorer les services de TA. Cependant, leur mise en place implique un investissement important, il est donc essentiel de s'assurer de son efficacité avant l'implantation (Keehn et al., 2004).

Réservation en ligne

La majorité des services de TA ont mis en place un site web permettant de réserver des déplacements. Cette technologie permet de diminuer la surcharge sur le service à la clientèle téléphonique et de diminuer les délais pour effectuer une réservation. De plus, l'utilisation d'un site web permet aux services de TA de communiquer rapidement les informations avec leurs usagers (guide d'utilisation, nouvelles politique, panne de service, etc.) mais aussi de recevoir de l'information des usagers

(forum, sondage, etc.) (Keehn et al., 2004). L'utilisation d'un site web ne permet toutefois pas d'éliminer le service de réservation par téléphone puisque certains usagers ne sont pas en mesure d'utiliser internet (Keehn et al., 2004).

Localisation automatique des véhicules (AVL)

Les systèmes AVL sont largement utilisés par les services de TC. Utilisés par les services de TA depuis le début des années 1990 (Kihl, 1993), ils permettent au département des opérations de connaître la localisation des véhicules en temps réel. Plusieurs enjeux importants sont à considérer pour utiliser les systèmes AVL dans les véhicules de TA. D'abord, le niveau de précision doit être d'environ 100 mètres, et cela est surtout important pour les points d'embarquement et de débarquement, puisque le véhicule ne suit pas une route fixe (Kihl, 1993). Toutefois, plus la précision sera élevée, plus les estimations seront précises (heure d'arrivée, localisation de l'embarquement /débarquement, temps de déplacement, etc.). Un autre enjeu est la fréquence d'envoi de la localisation (« *frequency of polling* »); encore une fois, plus la fréquence sera élevée, plus les estimations seront précises (Kihl, 1993). Selon le territoire couvert et la densité d'intersections, la fréquence d'envoi peut être plus ou moins élevée (Kihl, 1993). Finalement, la carte de référence utilisée peut aussi représenter un enjeu. Généralement, les services de TA couvrent un grand territoire et vont à des localisations précises. Ainsi, la carte utilisée doit à la fois couvrir l'ensemble du territoire et offrir un niveau de précision élevé.

De nombreux avantages sont associés aux systèmes AVL, notamment l'augmentation de la productivité et de la fiabilité (Fu & Xu, 2001), en plus de permettre de réduire les coûts d'opération. En effet, les systèmes AVL peuvent permettre d'éliminer plus de 300 kilomètres qui seraient inutilement parcourus par un chauffeur qui n'utiliserait pas le chemin optimal à chaque mois (Meshram, 2018). Ce type de système est aussi essentiel à d'autres technologies comme les notifications d'arrivée imminente.

Notification d'arrivée imminente

Les systèmes de notification d'arrivée imminente ou « *Vehicle Arrival Notification System* » (VANS) sont de plus en plus présents dans les services de TA dont la STM. Ils permettent aux usagers de connaître en tout temps la localisation du véhicule qui vient les chercher grâce à une application mobile (Donovan, 2000). Cela permet aussi d'envoyer une notification (texto ou téléphonique) à

l'utilisateur lorsque le véhicule est près du point d'embarquement (Gutesa et al., 2017). Ce type de système permet d'améliorer la ponctualité du service car les usagers peuvent se déplacer près du lieu d'embarquement à l'arrivée du véhicule, ce qui diminuera le temps d'embarquement, en plus de réduire le stress et la frustration associés au retard des véhicules (Gutesa et al., 2017). Cependant, cette alternative demande un investissement financier important pour le développement de l'application et l'installation des systèmes AVL (Fei & Chen, 2015).

Réponse vocale interactive (IVR)

Le système de réponse vocale interactive (IVR) est utilisé pour faire un rappel aux usagers du TA qu'ils ont un déplacement planifié le lendemain. Dans certains cas, cette technologie est aussi utilisée pour assister les usagers pendant la réservation ou l'annulation de leurs déplacements (Keehn et al., 2004; Meshram, 2018). Cette technologie a plusieurs avantages, dont la diminution du nombre d'appels faits au service à la clientèle, ce qui permet de diminuer les coûts d'opération (Fei & Chen, 2015; Keehn et al., 2004). De plus, elle donne la liberté aux usagers de réserver et d'annuler leurs déplacements plus facilement (Meshram, 2018). Finalement, elle permet d'améliorer la satisfaction des usagers en réduisant le temps d'attente téléphonique (Woodlief, 2003). Cependant, ce type de système est impersonnel et peut rendre la réservation plus difficile pour certains usagers du TA (Fei & Chen, 2015), puisque ce ne sont pas tous les usagers qui sont en mesure d'utiliser ce type de système; les services de TA doivent donc conserver la possibilité de parler à une personne ressource pour réserver un déplacement (Keehn et al., 2004). Un sondage mené auprès des usagers du service de TA de Winston-Salem a révélé que ceux-ci préféraient utiliser le système IVR pour faire leurs réservations car cela accélérerait le délai de réponse et de confirmation (Woodlief, 2003). Les résultats du sondage ont été appuyés par les données d'utilisation du système. Cependant, une étude menée auprès du même service de TA a démontré que l'intégration de l'IVR avait eu comme conséquence d'augmenter le nombre d'annulations de déplacements (Sengupta, 2002).

Système de positionnement global mobile

L'utilisation du système de positionnement global (GPS) qui se trouve dans les appareils mobiles des usagers du TA permet de les localiser afin d'accélérer et de faciliter le processus d'embarquement (Cevallos et al., 2009). En effet, il peut être complexe pour le chauffeur du TA de repérer les usagers, surtout à un endroit comportant plusieurs entrées comme un hôpital. Cevallos et al. (2009) ont testé

un prototype permettant au service de TA de géolocaliser les usagers et les véhicules de TA afin de pouvoir guider les chauffeurs en cas de besoin. Le principal enjeu avec cette technologie est sa précision, qui ne permet pas toujours de repérer adéquatement les usagers. Néanmoins, lorsque les bons outils sont sélectionnés, les auteurs concluent que l'utilisation de GPS mobiles permet d'améliorer le processus d'embarquement.

2.7.2 Main d'œuvre

Le TA est un service où l'employé joue un rôle très important. En effet, comme il s'agit d'un service dédié à des usagers ayant des besoins particuliers et variés, il est important que les chauffeurs soient bien formés, autant au niveau du service à la clientèle que de l'écoconduite.

Formation pour les chauffeurs

La formation des chauffeurs est essentielle pour offrir un service de qualité aux usagers ayant un handicap. Un groupe de discussion réalisé auprès d'usagers du service de TA du comté de Johnson au Kansas a révélé que les chauffeurs ne répondaient pas à l'entièreté des besoins des usagers (Keehn et al., 2004). Ainsi, les auteurs ont recommandé un programme de formation des chauffeurs.

Monitorer la conduite des chauffeurs

L'augmentation du coût de l'essence est un enjeu important pour les services de TA. Une des façons de réduire les coûts d'opération est de favoriser une écoconduite en réduisant la vitesse de circulation et en évitant de laisser le moteur allumé lorsque le véhicule est à l'arrêt. Ainsi, certains services de TA utilisent des systèmes (télématique et GPS) qui permettent de monitorer la conduite des chauffeurs en temps réel. Il est cependant recommandé de proposer une formation en ligne sur les comportements d'écoconduite auprès des chauffeurs avant de mettre en place ce type de technologie (Sullman et al., 2015). Plusieurs recherches ont permis de conclure que cette dernière permet de réduire les coûts d'opération (Meshram, 2018); cependant, aucune d'entre elles ne mentionne la possible résistance au changement des chauffeurs, qui peut nuire à l'implantation de la technologie.

2.7.3 Admission

L'admission des usagers au TA est un sujet sensible. Bien que le TA soit un service réservé aux usagers ne pouvant pas utiliser le TC régulier, la capacité d'utiliser le TC par les PSH n'est pas un critère facile à évaluer. Si les critères d'admission sont trop sévères, certaines personnes sont privées

de leur droit à la mobilité, tandis que si les critères sont trop flexibles, il y aura trop d'usagers et les opérateurs de TA ne seront plus en mesure de répondre à la demande adéquatement. Encore à ce jour, la majorité des services de transport utilise une admission binaire (admissible ou pas admissible) (Thatcher, 1993); cependant, plusieurs chercheurs ont étudié les bonnes pratiques en lien avec l'admission au TA et proposent des alternatives à cette approche afin d'améliorer les services de TA.

Admission déplacement-par-déplacement

L'admission déplacement-par-déplacement (« trip-by-trip »), recommandée par plusieurs auteurs, consiste à admettre les usagers au TA uniquement pour les déplacements qu'ils ne sont pas en mesure de faire dans le TC régulier (Ranahan et al., 2018; Thatcher et al., 2013). Par exemple, une personne en fauteuil roulant serait admissible pour un déplacement qui nécessite l'utilisation d'une station de métro n'ayant pas d'ascenseur. Ce type d'admission a le potentiel de réduire la demande pour le TA sans affecter le droit à la mobilité des usagers du TA. Selon le rapport du TCRP (« *Transit Cooperative Research Program* ») sur l'amélioration de l'estimation de la demande en TA, l'admission déplacement-par-déplacement pourrait réduire la demande de 48% (Koffman, 2007); ce type d'admission est toutefois plus complexe à gérer et demande plus de ressources en planification (Ranahan et al., 2018), ce qui explique qu'il ne soit pas encore largement utilisé.

Ajout d'usagers sans handicap

Dans certains contextes, il peut être judicieux de permettre à des usagers n'ayant pas de handicap d'utiliser le même service que les usagers du TA. Par exemple, à Philadelphie, un service de TA opère dans une zone où il y a un service de transport à la demande pour les PA. Ainsi, afin d'augmenter les jumelages et de réduire les coûts d'opération, certains déplacements du service de transport à la demande sont jumelés avec les usagers du TA dans des véhicule adaptés (Fei & Chen, 2015).

Implication des formateurs pour l'admission

Dans leur guide sur les façons de promouvoir l'usage du TC par les PSH, Thatcher et al. (2013) recommandent d'impliquer les personnes formatrices du TC régulier (pour les PSH) dans le processus d'admission au TA. Cette solution implique l'existence d'un service de formation à l'utilisation du TC régulier et la proximité de ce service avec le service d'admission au TA. Ainsi, lorsque cela est possible, cette collaboration permet de faciliter le processus d'admission, puisque les formateurs

savent exactement les tâches et actions que les usagers doivent pouvoir réaliser pour utiliser le TC régulier; ainsi, l'admission est réellement faite en fonction de la capacité de l'utilisateur à utiliser le TC régulier. De plus, ces personnes ont l'habitude de travailler avec les PSH, ce qui peut faciliter les entrevues d'admission.

2.7.4 Modalités de service

Les modalités d'un service de TA sont le type de véhicule utilisé, l'heure d'opération, le territoire desservi, le type de accompagnement, etc. Celles-ci peuvent grandement influencer non seulement la planification et la rentabilité du service, mais également la satisfaction des usagers. Ainsi, il y a un équilibre à trouver pour répondre à la fois aux désirs des usagers tout en conservant un service rentable.

Flotte mixte de véhicules

Cette innovation est utilisée par de nombreux services de TA dont la STM, qui utilise des minibus ainsi que des taxis réguliers et adaptés pour desservir ses usagers en situation de handicap. L'utilisation d'une flotte mixte de véhicules permet de réduire les coûts d'opération, car les plus petits véhicules sont généralement moins dispendieux à opérer. À Dallas, l'ajout de taxis pour offrir des déplacements en TA aura permis d'économiser 20 millions de dollars américains en 7 ans. Le désavantage à cette alternative est qu'il est plus difficile de monitorer la formation des chauffeurs de taxi, formation leur permettant de répondre adéquatement aux besoins des PSH. L'utilisation de véhicules plus gros devient toutefois plus avantageuse lorsqu'ils sont utilisés près ou tout près de leur capacité maximale. (Fei & Chen, 2015).

Planification de l'heure d'arrivée

Généralement, les déplacements du TA sont planifiés en fonction de l'heure de départ de l'origine. Ce type de planification n'est cependant pas adéquat lorsqu'il s'agit d'une activité pour laquelle l'heure d'arrivée est importante (travail, école, rendez-vous médical, etc.) (Fei & Chen, 2015). Ainsi, certains services de TA dont celui de la STM demandent aux usagers, lors de la réservation de leur déplacement, de spécifier l'heure de départ de l'origine, ou bien l'heure d'arrivée souhaitée à destination.

Interruption des déplacements récurrents au cours des vacances

La majorité des services de TA permettent à leurs usagers de réserver des déplacements récurrents d'une semaine à l'autre pour une certaine période. Cela permet d'éviter plusieurs appels au centre de réservation et de faire sauver du temps aux usagers. En revanche, lors des jours fériés ou des vacances, plusieurs usagers oublient d'annuler leur déplacement récurrent, entraînant des annulations tardives ou des absences non déclarées, très coûteuses pour le service de TA. Ainsi, une alternative est d'annuler automatiquement les déplacements récurrents lors des jours fériés et des périodes de vacances, en avertissant préalablement les usagers (Fei & Chen, 2015). Cela peut néanmoins occasionner de la frustration chez les usagers qui désirent conserver leurs déplacements durant ces périodes.

2.7.5 Véhicules autonomes

Selon la Société de l'assurance automobile du Québec (SAAQ), « par véhicule autonome, on entend un véhicule routier équipé d'un système de conduite autonome qui a la capacité de conduire un véhicule conformément au niveau d'automatisation de conduite 3, 4 ou 5 de la norme J3016 de la Society of Automotive Engineers International » (SAAQ, 2021b). Les niveau 3 à 5 correspondent à des véhicules où la conduite n'est pas assurée par l'humain, les niveau 4 et 5 ne comportant généralement pas de volants et de pédales pour permettre la conduite manuelle (Kuzio, 2021). Les recherches sur les véhicules autonomes et leur potentiel sont nombreuses depuis plusieurs années, les chercheurs voyant notamment les véhicules autonomes comme une option intéressante pour assurer les déplacements de TA (Riggs & Pande, 2022). Bien que les chercheurs et les usagers entrevoient plusieurs bénéfices potentiels aux véhicules autonomes, certaines barrières à l'utilisation de ceux-ci en contexte de TA demeurent (voir Tableau 2-22). Certains auteurs ont donc émis des recommandations pour favoriser la réussite de l'implantation de ce type de service (voir Tableau 2-22).

Tableau 2-22 : Bénéfices, barrières et recommandations associés à l'utilisation des véhicules autonomes en contexte de transport adapté

Bénéfices	Barrières	Recommandations
Permettrait de rendre le TA plus efficace [1] [5]	Manque d'accessibilité des véhicules [2]	Adapter les lois sur l'accessibilité des transports afin de prendre en compte les véhicules autonomes [2] [3] [5]
Permettrait d'offrir une mobilité plus flexible aux usagers du TA, dont la réservation tardive [1] [2] [5] [6]	Manque d'accessibilité de l'environnement bâti [2] [5]	Considérer les principes d'AU en amont de la mise en service [2] [6] [8]
Offre plus d'indépendance aux usagers du TA [2] [3] [5] [8]	Embarquement et débarquement du véhicule sans aide [2] [6]	Considérer l'ensemble des types de handicap dans le développement du service [4] [5]
Permettrait de réduire l'isolation sociale et d'offrir un meilleur accès aux opportunités [2] [6] [3]	Absence d'assistance humaine à l'intérieur du véhicule en cas de problème [2] [6]	S'assurer de l'accessibilité de l'information, des infrastructures et des véhicules [2]
Permettrait de réduire le coût par déplacement [5] [6]	Ancrage autonome des fauteuils roulant dans les véhicules [2]	Réfléchir à des solutions pour permettre à tous les usagers d'être en mesure d'embarquer et débarquer du véhicule seuls [2]
Permettrait d'élargir les heures de service [5]	Communication complexe avec l'interface du véhicule et le système de réservation [2] [5] [6] [8]	Offrir un moyen de communication simple, efficace et adapté à tous les types d'usagers à l'intérieur des véhicules [2] [5] [8]
Permettrait d'agrandir le territoire desservi [5]	Maintenance fréquente nécessaire pour les véhicules et les dispositifs d'accessibilité (rampes) [5]	Offrir l'espace nécessaire à l'intérieur des véhicules pour tous les types de fauteuils roulants [2]
Permettrait d'offrir un service plus sécuritaire puisque les erreurs humaines seraient réduites [6]	Potentielle résistance au changement, surtout chez les PA [1]	Réfléchir à un système d'ancrage des fauteuils roulant pouvant être utilisé par les usagers [2]
		Offrir la possibilité d'appeler une personne de soutien en cas de problème dans le véhicule [2]
[1] : (Khan et al., 2022) [2] : (Riggs & Pande, 2022) [3] : (Claypool et al., 2017); [4] : (Cregger et al., 2018); [5] : (Kuzio, 2021) [6] : (Hwang et al., 2020); [7] : (Krueger et al., 2016); [8] : (Ferati et al., 2018)		

Quelques projets pilotes impliquant des véhicules autonomes pour du transport à la demande ou destinés à des personnes ayant potentiellement un handicap ont déjà été mis en place dans certaines villes aux États-Unis (Riggs & Pande, 2022). À Détroit, il y a une navette autonome au « *Medical Center Heart Hospital* » depuis août 2020, qui est accessible aux PSH grâce à l'ajout d'une rampe et à la présence d'un employé à bord du véhicule (Riggs & Pande, 2022). À Arlington, au Texas, un projet pilote d'un an intitulé RAPID (« *Rideshare, Automation, and Payment Integration Demonstration* ») a été mis sur pied en 2021 et visait à intégrer cinq véhicules autonomes dans une zone de 1 mi² dans le centre-ville, à même le service de transport à la demande déjà en place (Foss, 2021). Cependant, bien que le service ne fût pas destiné spécifiquement aux PSH, il s'agit maintenant d'une avenue étudiée par les instigateurs (Etminani-Ghasrodashti et al., 2021; Khan et al., 2022). Il reste néanmoins beaucoup de travail à faire pour que les véhicules autonomes soient la norme en TA, et il demeure important de faire de la recherche en amont de leur implantation pour s'assurer que ces véhicules apportent des bénéfices autant aux opérateurs qu'aux usagers.

2.7.6 Synthèse spécifique

La section 2.7 visait à présenter les innovations et les bonnes pratiques en lien avec les services de TA. Ces innovations ont été regroupées par catégorie, soit les nouvelles technologies, la main d'œuvre, l'admission, les modalités de service et les véhicules autonomes. Pour la première catégorie, les innovations suivantes ont été présentées :

1. réservation en ligne;
2. localisation automatique des véhicules;
3. notification d'arrivée imminente;
4. réponse vocale interactive;
5. système de positionnement global (GPS) mobile.

Bien que ces technologies ne soient pas propres au TA, leur utilisation dans ce contexte permet d'améliorer l'efficacité du service et la satisfaction des usagers. Les bonnes pratiques en lien avec la main d'œuvre ont aussi été présentées, telles que la formation pour les chauffeurs et le monitoring de leur conduite. Ces deux pratiques permettent d'assurer la qualité du service rendu aux usagers. Du côté de l'admission, il a été question de l'admission déplacement-par-déplacement, de l'ajout d'usagers sans handicap dans certains trajets et de l'implication du département de formation dans le

processus d'admission. Pour les modalités de service, les innovations et les bonnes pratiques concernent l'usage d'une flotte mixte de véhicules, la planification de l'heure d'arrivée et l'interruption des déplacements récurrents durant les vacances.

Il a finalement été question de l'utilisation de véhicules autonomes offrant du TA. Cette option a un grand potentiel pour améliorer l'efficacité et la flexibilité du service tout en diminuant les coûts d'opération. Cependant, plusieurs barrières devront être adressées, notamment en lien avec l'assistance à bord, l'accessibilité des véhicules et des infrastructures, l'interaction avec l'interface, etc. Ainsi, de plus amples recherches seront nécessaires pour permettre à cette option de voir le jour.

Le Tableau A.7 présente la liste des articles cités dans cette section de la revue de littérature en ordre d'apparition dans le texte.

2.8 COVID-19

Cette section vise à faire état des connaissances en lien avec les impacts de la COVID-19 sur la mobilité et plus spécifiquement sur les usagers du TA. En effet, la dernière contribution de cette thèse aborde la persistance des impacts de la COVID-19 sur ces derniers; cette section de la revue de littérature synthétisera donc les études portant sur le sujet. Finalement, il sera question des solutions développées par les services de TC pour remédier aux impacts de la pandémie.

2.8.1 Impacts de la COVID-19 sur le TC

La COVID-19 a eu et a encore à ce jour des impacts majeurs sur de nombreux aspects de nos vies. Les répercussions de la COVID-19 ont touché autant les usagers, les opérateurs de transport que les villes. Les besoins de mobilité de la population ont grandement diminué dès le début de la pandémie, et ce, tous modes confondus (Badr et al., 2020). Comme il est difficile de respecter la distanciation physique dans le TC, surtout dans les autobus et le métro (Tirachini & Cats, 2020), ce mode de transport a été perçu par ses usagers comme dangereux au cours de la pandémie (Wang & Noland, 2021). Cette sous-section vise donc à synthétiser les impacts de celle-ci sur le TC en général (voir Tableau 2-23).

Tableau 2-23: Impacts de la COVID-19 sur le transport collectif

Impact	Références
Baisse importante de l'achalandage dans les premiers mois de la pandémie	[1][2][4] [5] [6] [7] [8] [11] [12] [13]
Reprise graduelle mais pas totale de l'achalandage suivant les différentes vagues de COVID-19	[2] [4] [5] [7] [8] [9] [13]
Reprise partielle de l'achalandage à la suite du relâchement des mesures sanitaires préventives	[5]
Reprise partielle de l'achalandage associé à la distribution gratuite de masques dans le métro	[5]
Baisse d'achalandage importante à la suite de l'annonce de périodes de confinement	[5] [7]
Diminution plus importante de l'achalandage les jours de semaine et aux heures de pointes et en soirée	[5] [13]
Déclin plus important de la mobilité dans les quartiers plus riches	[13]
Augmentation des déplacements locaux	[1] [4]
Rétrécissement des heures de pointe en avant-midi et en après-midi	[2]

Tableau 2-23: Impacts de la COVID-19 sur le transport collectif (suite et fin)

Impact	Références
Réduction de 50% du nombre total de déplacements par ménage durant la première vague de la pandémie	[8]
Transfert modal des modes collectif vers l'automobile individuelle	[3] [9] [13]
Transfert modal des modes collectifs vers les modes actifs	[10]
Changement potentiel des motifs de déplacement (récréatifs et sportifs au lieu de travail-domicile), favorisant le transfert modal du TC vers le vélo	[5]
Déclin important des déplacements domicile-travail, sociaux, récréatifs, de loisir et liés au magasinage	[11]
Baisse importante des revenus pour les sociétés de transport	[8] [12]
[1] : (Laimeur, 2023); [2] : (Bouchard, 2023); [3] : (Das et al., 2021); [4] : (Deschaintres & Dushina, 2023); [5] : (Deschaintres et al., 2022); [6] : (ARTM, 2022a); [7] : (Wang & Noland, 2021); [8] : (Tirachini & Cats, 2020); [9] : (Thombre & Agarwal, 2021); [10] : (Shortall et al., 2022); [11] : (Shakibaei et al., 2021); [12] : (Hörcher et al., 2022); [13] : (Wilbur et al., 2023)	

Comme présenté par le Tableau 2-23, plusieurs recherches concluent que l'achalandage a significativement diminué dans les premiers mois de la COVID-19. Hörcher et al. (2022) identifient trois raisons à cette perte d'achalandage :

1. La mise en place de mesures sanitaires préventives (confinement, fermeture de service et des activités, etc.);
2. Restriction sur l'usage du TC dû à la violation des règles de distanciation physique (ce n'est pas le cas au Québec);
3. Perception du risque d'infection associé à l'utilisation du TC.

Plusieurs autres auteurs associent la baisse d'achalandage du TC au télétravail, au magasinage en ligne et à l'école à distance (Das et al., 2021; Eisenmann et al., 2021; Hörcher et al., 2022; Loa et al., 2021). Cependant, Wilbur et al. (2023) ont conclu que la baisse d'achalandage du TC ne serait pas associée à la réduction des effectifs, soit du nombre de véhicules en opération. De plus, Badr et al. (2020) ont conclu que la réduction de la mobilité avait permis de ralentir le taux de croissance des cas de COVID-19. La baisse d'achalandage du TC a toutefois entraîné la baisse des revenus pour les sociétés de transport, poussant certains opérateurs à réduire leur offre de service.

Deschaintres et al. (2022) ont utilisé les séries chronologiques pour évaluer l'impact des mesures sanitaires préventives, puis leur assouplissement, sur l'utilisation du TC et sur sa corrélation avec

l'utilisation d'autres modes de transport (automobile, vélo et autopartage). Les auteurs ont notamment conclu que les confinements ont eu un effet immédiat et drastique sur les comportements de mobilité, tandis que les assouplissements des mesures sanitaires ont eu des effets graduels sur ceux-ci.

Des auteurs se sont aussi intéressés au transfert modal. Les usagers du TC auraient transféré leurs déplacements vers des modes de transport plus sécuritaires, c'est-à-dire où les risques de contagions étaient plus faibles, notamment les modes actifs (Shortall et al., 2022) et l'automobile (Das et al., 2021; Thombre & Agarwal, 2021). Pour les modes actifs, certaines villes ont même encouragé le transfert en améliorant les infrastructures piétonnes et cyclables, comme c'est le cas à Montréal, qui a ajouté des rues piétonnes et des pistes cyclables et a réduit les limites de vitesse de certaines artères névralgiques du transport actif (Mageau-Béland, 2023). Un sondage réalisé entre avril 2020 et mai 2020 en Inde a révélé que 18% des usagers du TC ont transféré leurs déplacements vers l'automobile individuelle durant la pandémie (Das et al., 2021). Le sondage permet de conclure que le transfert modal serait associé aux caractéristiques démographiques (transferts modaux principalement associés aux PA) et aux temps de déplacements (transferts modaux principalement pour les déplacements longs), mais aussi au surpeuplement propre à l'Inde et au manque d'hygiène dans le TC (Das et al., 2021).

En mai 2021, EXO a commencé à implanter des services de transport à la demande en remplacement de certaines lignes fixes locales et de lignes fixes de rabattement vers le train (Laimeur, 2023). Avant la mise en place de ce service, EXO avait déjà connu une baisse importante de son achalandage dû à la pandémie. Cependant, à la suite de cette implantation, il y a eu une reprise graduelle de la demande. Malheureusement, l'intégration d'un nouveau mode de transport après le début de la pandémie ne permet pas d'isoler l'effet de la pandémie sur ce mode. Néanmoins, l'opérateur a observé un changement des comportements de mobilité de ses usagers pouvant être associé à la pandémie; les usagers ont commencé à utiliser le transport à la demande pour effectuer beaucoup plus de déplacements locaux et vers les lignes de train, alors qu'avant la pandémie, le TC était principalement utilisé pour atteindre les modes lourds.

La pandémie a aussi des impacts sur les motifs de déplacement. En effet, la fermeture des activités et des commerces ainsi que la promotion du travail à distance ont réduit significativement le nombre de déplacements domicile-travail et pour les loisirs et le magasinage (Shortall et al., 2022). Le

changement de motif des déplacements a lui aussi influencé le choix du mode, privilégiant les modes actifs au transport collectif (Deschaintres et al., 2022).

Cette sous-section démontre que la pandémie a fortement influencé les comportements de mobilité des usagers du TC, et bien que le TA n'en fasse pas exception, les impacts ne sont pas les mêmes pour les deux types de services (voir sous-section 2.8.2).

2.8.2 COVID-19 et TA

La sous-section qui suit reprend essentiellement les éléments, traduits et enrichis, mentionnés dans la revue de littérature de la cinquième et dernière contribution de cette thèse (voir 0). La pandémie a eu comme effet d'exacerber certaines iniquités entre les personnes avec et sans handicap : accès à l'emploi (Epstein et al., 2021; Palm et al., 2022), accès à l'alimentation et aux soins de santé (Assi et al., 2022), participation sociale (Koon et al., 2022b) et bien plus. Elle a aussi aggravé et augmenté les barrières à l'utilisation du TC régulier pour les PSH. Par exemple, il est devenu plus difficile d'obtenir de l'assistance dans le TC régulier à cause de la distanciation sociale (Cochran et al., 2022), et plus difficile de communiquer avec des masques (Epstein et al., 2021). Park et al. (2022) ont même démontré via un sondage en ligne que les impacts négatifs de la COVID-19 sur la mobilité avaient été plus importants chez les PSH. La réduction de la mobilité a mené à l'augmentation de l'isolation sociale et à une réduction de l'accès aux soins et aux services pour les PSH (Koon et al., 2022b); ces impacts sont encore plus importants chez les usagers captifs du TC, notamment les usagers du TA (Cochran et al., 2022).

Comme la COVID-19 est un événement récent du point de vue de la recherche et que la menace du virus plane toujours, il y a encore peu de recherches et de conclusions en lien avec les impacts de la COVID-19 sur les usagers et les opérateurs du TA (Wilbur et al., 2023). Ainsi, la majorité des recherches sont basées sur des données transversales obtenues par sondages, entrevues et groupes de discussions ayant un faible échantillonnage peu représentatif (voir Figure 2-10). Par exemple, Ashour et al. (2021) ont analysé les impacts de la pandémie sur le TA en réalisant des enquêtes semi-structurées auprès d'employés du service de TA de Seattle. De plus, la majorité des articles portant sur le sujet provenant des États-Unis, il peut être laborieux d'en extrapoler les résultats à d'autres pays ayant eu une gestion différente de la pandémie. Seulement deux articles provenant du Canada ont été trouvés; le premier est une revue de littérature sur les impacts de la pandémie sur les PSH au

niveau de plusieurs aspect de leur vie (Lebrasseur et al., 2021). Le second a étudié les attitudes, les peurs et les préoccupations des patients sous hémodialyse durant la pandémie, en s'intéressant plus particulièrement aux déplacements entre la résidence et le centre de traitement (Beaudet et al., 2022).

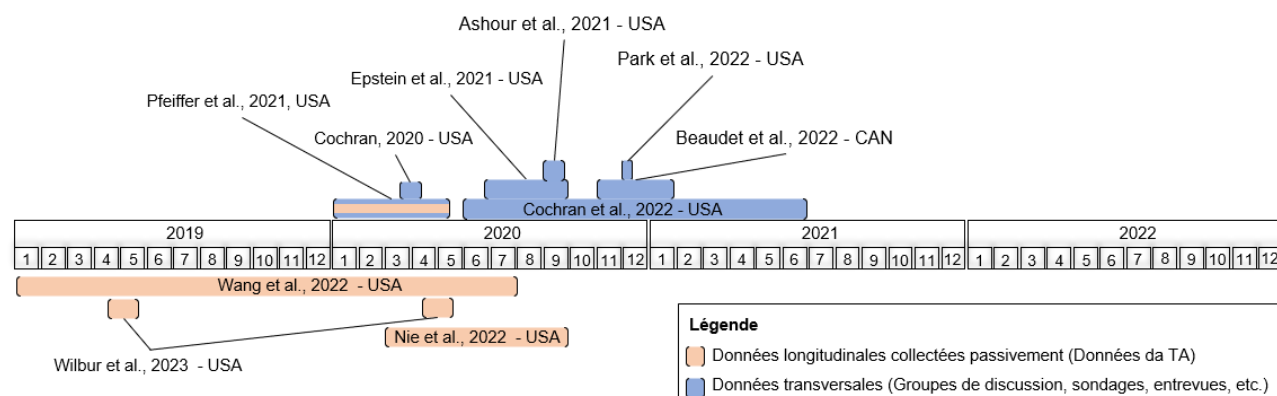


Figure 2-10: Ligne du temps des études publiées sur les impacts de la pandémie sur la mobilité des PSH et sur les services de TA

La pandémie ayant commencé il y a plus de trois ans, certains chercheurs ont commencé à utiliser des données longitudinales provenant de la collecte de données faite par les services de TA. Jusqu'à présent, seulement trois articles mentionnent l'utilisation de données longitudinales collectées passivement pour mesurer les impacts de la pandémie sur le TA (Nie et al., 2022; Y. Wang et al., 2022), dont un publié en avril 2023 (Wilbur et al., 2023). Wang et al. (2022) ont utilisé les données du service de TA du *King County Metro*, à Seattle, entre janvier 2019 et juillet 2020 pour comparer les comportements de mobilité des usagers avant et pendant la pandémie. Nie et al. (2022) ont pour leur part étudié les impacts de la COVID-19 autant sur les usagers que sur les opérateurs de TA en utilisant les données du service de TA de *ClasTran*, en Alabama, entre mars 2020 et septembre 2020. Wilbur et al. (2023) ont utilisé les données du service de TA de Nashville pour évaluer les impacts de la pandémie sur la mobilité des usagers du TA et la comparer avec celle des usagers du TC régulier. L'ensemble des impacts répertoriés dans la littérature de la COVID-19 sur le TA est synthétisé dans le Tableau 2-24, qui est tiré de la revue de littérature de la cinquième contribution de cette thèse (voir section 8.3).

Tableau 2-24: Impacts de la COVID-19 sur les usagers et opérateurs de services de transport adapté

Impacts	Références
Réduction significative du nombre de déplacements par jour	(Ashour et al., 2021; Nie et al., 2022; Y. Wang et al., 2022; Wilbur et al., 2023)
Décroissance de la demande pour le TA, similaire à celle du TC	(Wilbur et al., 2023)
Réduction de l'achalandage plus important durant la pointe AM et PM	(Wilbur et al., 2023)
Diminution temporaire du niveau de service (ponctualité, durée de déplacement, temps d'attente, etc.)	(Nie et al., 2022)
Amélioration de la ponctualité du service	(Ashour et al., 2021)
Réduction du nombre moyen de contacts et de la durée des contacts avec d'autres usagers du TA	(Nie et al., 2022)
Augmentation du coût par déplacement	(Nie et al., 2022)
Perte d'usagers	(Nie et al., 2022)
Usage du service principalement pour des déplacements essentiels	(Ashour et al., 2021; Y. Wang et al., 2022)
Réduction des interactions entre les usagers et les chauffeurs	(Ashour et al., 2021)

Les services de TA ont eux aussi mis en place plusieurs mesures afin d'offrir un service de mobilité sécuritaire en contexte pandémique. La STM a notamment réduit les jumelages dans les véhicules, ajouté des Plexiglas pour les chauffeurs et exigé une désinfection régulière des véhicules du TA. Malgré tout, l'ensemble des recherches concluent qu'il y a eu une baisse significative de l'achalandage des services de TA durant la pandémie, plus marquée au début de celle-ci. Wilbur et al. (2023) ont aussi conclu que l'achalandage du TA avait diminué de façon similaire à celle du TC régulier, bien que le TA à Nashville n'ait pas été restreint au cours de la pandémie, contrairement au TC. Cela indique que la perte d'achalandage du TA est entièrement associée à une diminution de la demande, l'offre de service étant restée inchangée durant cette période. En revanche, Nie et al. (2022) rapportent une baisse du niveau de service tandis que Ashour et al. (2021) mentionnent une amélioration de la ponctualité. Ainsi, la fluctuation de l'offre et de la demande a été influencée par le contexte, la méthodologie utilisée pour collecter les données et la période étudiée. Il est donc nécessaire d'effectuer plus de recherche pour déterminer les impacts qu'a eu la pandémie sur le niveau de service offert par le TA. De plus, certains impacts peuvent à la fois être positifs et négatifs, selon le point de vue emprunté. Par exemple, la diminution des contacts entre les usagers peut sembler positive dans le contexte où la distanciation physique est recommandée, sans oublier que certains

usagers préfèrent avoir plus d'espace dans les véhicules de TA. Cependant, les PSH étant plus souvent isolées socialement, le TA peut devenir pour elles une opportunité de socialiser, ce qui est plus ardu lorsque les contacts sont limités. Finalement, l'augmentation du coût par déplacement observé par Nie et al. (2022) est cohérente avec les constats faits pour le TC régulier.

En somme, il est clair qu'une étude plus approfondie sur le sujet est nécessaire pour identifier et quantifier les impacts de la pandémie sur le TA, ce qui a motivé l'ajout de la cinquième contribution à cette thèse.

2.8.3 Persistance des comportements de mobilité

Cette sous-section reprend essentiellement les éléments mentionnés dans les discussions de la dernière contribution de cette thèse (voir section 8.6). Cependant, les éléments ont été traduits et enrichis avec la littérature la plus récente (voir Tableau 2-25)

Tableau 2-25 : Liste des raisons pouvant expliquer la persistance des comportements de mobilité adoptés durant la pandémie de COVID-19 et implications pour les usagers du TA

Raison	Explication	Implications pour les usagers TA	Persistance du comportement
Fermeture des commerces et cessation des services	Au plus fort de la pandémie, plusieurs services et commerces ont dû fermer en réponse aux mesures sanitaires imposées par les gouvernements, tels qu'au Québec (INSPQ, 2022). Cela a nettement réduit les besoins de mobilité de la population.	La fermeture des commerces et des services a eu un impact majeur autant chez les usagers du TA que chez la population générale, sans oublier que certains usagers du TA sont plus vulnérables au virus et qu'on recommandait à ces personnes de rester à la maison, même après la reprise des activités.	Comme l'indique la recherche de Deschaintres et al., (2022), la réouverture a eu un impact graduel sur la mobilité de la population, contrairement au confinement qui a eu un impact immédiat sur les comportements de mobilité.

Tableau 2-25: Liste des raisons pouvant expliquer la persistance des comportements de mobilité adoptés durant la pandémie de COVID-19 et implications pour les usagers du TA (suite)

Raison	Explication	Implications pour les usagers TA	Persistance du comportement
Apprentissage en ligne	Partout à travers le monde, la pandémie a eu comme impact d'accélérer l'adoption des technologies de communication pour réaliser plusieurs activités du quotidien (travail, apprentissage, magasinage, etc.), ce qui a amené plusieurs personnes à réduire leur nombre de déplacements (Irawan et al., 2022).	Les impacts du télétravail et de l'apprentissage en ligne sont probablement moins importants chez les usagers du TA, puisque selon un sondage de l'ARTM, seulement 10% des usagers travaillent et 6% sont étudiants (ARTM, 2020). Bien que les PA utilisent de plus en plus les ordinateurs, des recherches démontrent que les PA rencontrent encore plusieurs barrières dans l'utilisation de l'internet pour le magasinage en ligne (Lian & Yen, 2014). Cependant, Bezirgani et Lachapelle (2021) concluent que le magasinage en ligne pourrait être une alternative à long terme pour les usagers rencontrant des difficultés de mobilité associées au vieillissement.	Selon une étude réalisée par la STL, le télétravail est le facteur qui affecte le plus la reprise de l'achalandage du TC (Deschaintres & Dushina, 2023). De plus, plusieurs études concluent que le télétravail et le magasinage en ligne demeureront après la pandémie (Chauhan et al., 2021; Javadinasr et al., 2021; Magassy et al.; Salon et al., 2021). Ainsi la persistance des technologies de communication dans notre quotidien devrait mener à une certaine persistance des nouveaux comportements de mobilité (Wilbur et al., 2023)
Magasinage en ligne			

Tableau 2-25: Liste des raisons pouvant expliquer la persistance des comportements de mobilité adoptés durant la pandémie de COVID-19 et implications pour les usagers du TA (suite)

Raison	Explication	Implications pour les usagers TA	Persistance du comportement
Perception du risque	Parady et al. (2020) ont démontré que la perception du risque associé à la COVID-19 augmentait la probabilité de rester confiné à la maison et de réduire ses déplacements (Beaudet et al., 2022). De plus, certaines personnes se sont tournées vers les modes de transport privé pour réduire leur exposition au virus (Das et al., 2021; Eisenmann et al., 2021; Hörcher et al., 2022; Loa et al., 2021)	Comme plusieurs usagers du TA font partie de la population plus à risque de complications des suites de la COVID-19, leur perception du risque est probablement élevée (Chauhan et al., 2021). De plus, au Québec, il y a eu de nombreuses éclosions dans les résidences collectives pour PA qui ont mené à de nombreux décès et hospitalisations (Beaulieu & Genesse, 2022)	Plusieurs services de TC ont observé une reprise graduelle de l'achalandage suivant la diminution des cas de COVID-19 (Badr et al., 2020; Bouchard, 2023; Deschaintres & Dushina, 2023; Deschaintres et al., 2022). Ainsi, plus la menace de la COVID-19 diminue, plus les impacts sur la mobilité diminuent.
Déménagement	Zanolini et Morency (2023) ont conclu dans leur étude que les jeunes couples étaient plus enclins à déménager et que le désir de se rapprocher des services et de la nature était la raison la plus fréquente de déménagement pendant la pandémie.	Puisque la majorité des usagers du TA sont des PA, il est peu probable que les déménagements expliquent la persistance des nouveaux comportements de mobilité.	Les personnes ayant déménagé durant la pandémie devraient conserver leurs nouvelles habitudes de mobilité puisqu'il s'agit généralement d'un changement à long-terme (Verplanken et al., 2008)

Tableau 2-25: Liste des raisons pouvant expliquer la persistance des comportements de mobilité adoptés durant la pandémie de COVID-19 et implications pour les usagers du TA (suite et fin)

Raison	Explication	Implications pour les usagers TA	Persistance du comportement
Redécouverte des modes actifs	Avec la fermeture de plusieurs activités et services, plusieurs personnes se sont tournées vers les modes actifs pour réaliser leurs déplacements récréatifs (Mageau-Béland, 2023). De plus, plusieurs personnes ont utilisé ces modes pour leurs déplacements quotidiens afin de réduire les probabilités de contracter la COVID-19 dans les lieux achalandés comme le TC (Musselwhite et al., 2021).	Un sondage de l'ARTM a révélé que 72% des usagers du TA à Montréal avaient réduit leur utilisation du TA durant la pandémie, mais que seulement 6% avaient augmenté leur utilisation des modes actifs (ARTM, 2020). Ainsi, la redécouverte des modes actifs n'a pas eu un aussi grand impact sur les usagers du TA que sur les personnes sans handicap, probablement dû aux barrières à l'utilisation de ces modes pour les PSH.	Salon et al. (2021) concluent que l'augmentation de l'utilisation des modes actifs est un comportement de mobilité qui devrait persister au-delà de la pandémie. Cependant, plus de recherche à ce sujet sera nécessaire.
Décès et hospitalisation	Malheureusement, plusieurs personnes sont décédées de la COVID-19. Au Québec, il y a eu 17 923 décès (INSPQ, 2023).	0,2% de la population Québécoise est décédée de la COVID-19, et la majorité de ces personnes étaient des personnes potentiellement admissibles au TA (PA et personnes ayant des maladies chroniques).	Les décès et les hospitalisations associées à la COVID-19 sont liés à la diminution de l'achalandage du TA.

La persistance des nouveaux comportements de mobilité est un sujet encore peu étudié. Certains constats se feront d'eux-mêmes au fil du temps. Néanmoins, la STL observe déjà une reprise des habitudes pré-pandémiques de mobilité chez les PA. En effet, à l'automne 2022, le nombre de déplacements en TC réalisé par des PA a atteint 88% du niveau prépandémique (Deschaintres & Dushina, 2023), notamment dû à la mise en place de la gratuité du TC pour les PA.

2.8.4 Solutions développées

Durant la pandémie de COVID-19, les sociétés de transport et les villes ont dû développer des solutions pour pallier les impacts de la pandémie et continuer d'offrir des services et des infrastructures de mobilité sécuritaires. Cette sous-section vise à faire une revue des solutions

développées durant la pandémie; certaines mesures étaient temporaires pour répondre à l'urgence sanitaire, alors que d'autres ont été développées en contexte pandémique mais continueront d'être utilisées dans le futur. Le Tableau 2-26 synthétise ces solutions.

Tableau 2-26: Solutions développées pour pallier les impacts de la pandémie de COVID-19 sur les services de transport collectif

Solution	Description	Objectifs
Indicateurs d'entassement (Bouchard, 2023)	La STM a mis en place un indicateur permettant à l'opérateur et aux usagers de voir en temps réel le niveau d'entassement (nombre de personnes dans l'autobus) en temps réel.	Permettre aux usagers de sélectionner un autobus où la distanciation sociale est possible. Permettre à l'opérateur d'identifier les autobus où il y a une surcharge.
Marge de manœuvre de 1% (Bouchard, 2023)	La STM a rendu disponibles 30 autobus par jour pour s'ajuster à la demande, qui était difficile à prévoir. Ainsi, elle pouvait ajouter des autobus sur les lignes en surcharge.	Permettre à l'opérateur de s'ajuster à la demande et diminuer l'achalandage dans les autobus en surcharge.
Développement d'un nouveau modèle de prévision de la demande (Deschaintres & Dushina, 2023)	La STL tente actuellement de développer un nouveau modèle de prévision de la demande permettant de considérer les impacts de la pandémie. Pour ce faire, elle teste un modèle maison, le modèle ARIMA, le modèle GBM et une combinaison de ces trois modèles.	Être en mesure de mieux prévoir la demande pour fin la fin de 2023 et 2024 afin de mieux répondre aux besoins des usagers.
Aide financière pour les sociétés de TC (ARTM, 2022a)	Le gouvernement du Québec a soutenu financièrement les sociétés de transport du Québec, qui ont subi une importante baisse de leur revenu durant la pandémie.	Permettre aux sociétés de transport de continuer d'offrir un service de TC semblable au niveau prépandémique.
Distribution gratuite de couvre-visages (ARTM, 2022a)	Le port du masque est devenu obligatoire dans le TC au Québec le 13 juillet 2020. Dès le 25 mai 2020, les quatre sociétés de transport de la région métropolitaine ont fait la distribution gratuite de masques et ont installé des distributeurs de gel hydroalcoolique dans leurs installations.	Favoriser le respect des mesures sanitaires préventives, réduire le risque de propagation de la COVID-19 et inciter la population à utiliser le TC.

Tableau 2-26: Solutions développées pour pallier les impacts de la pandémie de COVID-19 sur les services de transport collectif (suite et fin)

Solution	Description	Objectifs
Ajout de Plexiglas dans les autobus (ARTM, 2022a)	Les quatre sociétés de transport de la région métropolitaine ont fait l'installation de Plexiglas dans les autobus autour de la cabine des chauffeurs.	Réduire le risque des chauffeurs d'autobus de contracter la COVID-19 afin de limiter le nombre d'employés malades et ne pouvant pas travailler.
Mise en place de mesures encourageant la distanciation sociale (ARTM, 2022a)	Les quatre sociétés de transport de la région métropolitaine ont mis en place plusieurs mesures pour encourager la distanciation physique : marquage au sol, affichage dans les véhicules, siège condamné, etc.	Réduire les risques de propagation de la COVID-19 et inciter la population à utiliser le TC.
Embarquement obligatoire par la porte arrière (Tirachini & Cats, 2020)	Certaines sociétés de transport ont imposé ou recommandé aux usagers d'embarquer par la porte arrière de l'autobus	Cette mesure a été mise en place pour réduire le risque des chauffeurs de contracter la COVID-19. Cependant, pour les autobus n'ayant pas de système de validation de billet à l'arrière, cela a occasionné une perte de revenus.
Réduction du tarif du TC (Thombre & Agarwal, 2021)	Thombre et Agarwal (2021) mentionne que la réduction du tarif serait un bon incitatif à l'utilisation du TC en période post-COVID-19	Pallier les effets du transfert modal du TC vers l'automobile qui s'est opéré pendant la pandémie.
Gestion de la demande (Hörcher et al., 2022)	Mettre en place des méthodes de gestion de la demande dans le TC	Mieux gérer la demande afin de rendre possible la distanciation sociale dans les véhicules de TC.

Le service de planification de la STM s'est donné une marge de manœuvre en rendant disponible 1% de sa flotte d'autobus pour s'ajuster à la demande et soutenir les lignes en surcharge durant la pandémie (Bouchard, 2023). Elle a constaté que cette mesure offrait une flexibilité essentielle et à ce jour, ils ont décidé de maintenir cette marge de manœuvre. Plusieurs solutions ont également permis de rendre possible l'application des mesures préventives dans le TC : ajout de Plexiglas dans les véhicules, marquage au sol, distribution gratuite de masques, distanciation physique, ajout de distributeurs de gel hydroalcoolique, etc. Elles ont permis de rendre le TC plus sécuritaire, autant pour les usagers que pour les employés (ARTM, 2022a; Tirachini & Cats, 2020). De plus, ces solutions avaient aussi comme objectif, dans certains cas, d'encourager les usagers à reprendre

l'utilisation du TC. Néanmoins, la majorité des services de TC ont connu une forte baisse de leur revenu, et certains ont dû recourir à une aide financière gouvernementale afin de maintenir leurs services (ARTM, 2022a).

Hörcher et al. (2022) ont fait une revue de littérature des méthodes permettant de mieux gérer la demande pour être en mesure de respecter la distanciation sociale dans les véhicules de TC. Cinq méthodes ont été analysées :

1. Contrôle de l'afflux avec mise en file d'attente : consiste à mettre en place des infrastructures physiques permettant de contrôler le flux d'usagers en utilisant un système de file d'attente;
2. Tarification en fonction du moment et du lieu : consiste à faire fluctuer le prix du TC en fonction des périodes d'achalandage;
3. Réservation de la capacité avec réservation à l'avance : consiste à mettre en place un système de réservation pour utiliser le TC (largement utilisé dans le domaine ferroviaire);
4. Mise aux enchères de créneaux horaire : consiste à utiliser le principe des enchères pour émettre les billets de TC;
5. Système de crédits de déplacements négociables : consiste à répartir selon une règle prédéterminée des crédits de déplacements entre tous les résidents, qui peuvent se les échanger entre eux en fonction de leurs besoins.

Chacune de ces méthodes comporte des avantages et des inconvénients, et certaines d'entre elles ne sont pas réalistement applicables au TC (autobus et métro). De plus, dans un monde idéal, ce type de méthode ne devrait pas être utilisé pour le TC puisque celui-ci est une alternative à favoriser en contexte de crise climatique. Cependant, dans certaines villes, la pandémie a amené certains chercheurs à réfléchir à des solutions pour respecter la distanciation physique. La STM a pour sa part décidée de mettre en place un indicateur d'entassement pour les autobus, qu'elle a rendu disponible en temps réel aux usagers. Ainsi, l'utilisateur pouvait faire le choix d'utiliser ou non un autobus en surcharge. La STM a aussi mis en place une marge de manœuvre de 1% pour éviter les surcharges durant la pandémie, mais cette mesure restera en place car elle permet d'avoir plus de flexibilité dans la planification (Bouchard, 2023).

Maintenant que la menace de la pandémie semble diminuer, certains opérateurs de TC tentent de prévoir la demande en considérant l'impact de la pandémie pour mieux répondre à celle-ci. C'est le cas de STL, qui teste présentement plusieurs types de modèle de prévision pour sélectionner le plus performant (Deschaintres & Dushina, 2023).

2.8.5 Synthèse spécifique

Cette section de la revue de littérature avait pour but de synthétiser les impacts de la pandémie sur le TC régulier et sur le TA, autant du point de vue des usagers que des opérateurs. De plus, l'objectif était d'établir le niveau de connaissance en lien avec la persistance des nouvelles habitudes de mobilité et finalement, de dresser la liste des solutions mises en place par les sociétés de transport pour pallier les impacts de la pandémie et pour offrir des services de mobilité sécuritaires. Voici les point-clés de cette section de la revue de littérature :

1. L'impact le plus important de la COVID-19 sur le TC régulier et sur le TA est sans contredit la baisse significative de l'achalandage associée aux mesures préventives, aux restrictions d'accès, au télétravail, apprentissage en ligne et magasinage en ligne, et à la perception du risque de contracter la COVID-19.
2. Plusieurs chercheurs observent un transfert modal important du TC vers l'automobile individuelle, principalement parce que durant la pandémie, le TC était perçu comme un mode de transport dangereux du point de vue de la contagion.
 - Selon plusieurs chercheurs, il y aura une certaine persistance des nouveaux comportements de mobilité associés à l'utilisation des technologies de communication (télétravail et magasinage en ligne) et aux gains de popularité des modes actifs durant la pandémie. Néanmoins, la perception du risque associé à la COVID-19 semble être l'explication la plus plausible pour expliquer la persistance des nouveaux comportements de mobilité des usagers du TA.
3. Plusieurs solutions ont été développées pour faciliter le respect des mesures sanitaires lors de l'utilisation du TC : distribution gratuite de masques, installation de distributeurs de gel hydroalcoolique, marquage au sol pour favoriser la distanciation physique, ajout de Plexiglas dans les véhicules, etc.

4. Davantage de recherches seront nécessaires pour mieux comprendre les enjeux associés à la COVID-19 dans le domaine du transport et à ce stade, il est nécessaire de réfléchir à des façons de prévoir la demande en contexte postpandémique pour répondre aux nouveaux besoins de mobilité des usagers.

Comme la COVID-19 est encore un phénomène récent du point de vue de la science, il y a encore peu de recherche en lien avec les impacts de la pandémie sur le TA. La majorité des recherches sont soit basées sur des données transversales d'enquête, des groupes de discussion ou des entrevues réalisées avec de petits échantillonnages, ou sur des données longitudinales de services de TA, mais uniquement pour la première année de la pandémie. Ainsi, les résultats sont souvent peu représentatifs et ne permettent pas de tirer des conclusions en lien avec la persistance des nouveaux comportements de mobilité.

Le Tableau A.8 présente l'ensemble des articles (objectifs et méthodes) cités dans cette section par ordre d'apparition dans le texte.

2.9 Synthèse

Cette section vise à faire la synthèse de la revue de littérature en entier en faisant des liens avec chacune des contributions de la thèse. De plus, les déserts de connaissances identifiés dans la revue de littérature seront abordés.

2.9.1 Liens entre la revue de littérature et les contributions de la thèse

Le chapitre 2 de cette thèse est consacré à la revue de littérature en lien avec les cinq contributions qui seront présentées dans les prochains chapitres. La section 2.1 abordait la terminologie en lien avec le TA, le handicap, le vieillissement et les aides à la mobilité afin de faciliter la compréhension de cette thèse et d'établir les bases conceptuelles pertinentes. Cette section avait aussi comme objectif de faire le parallèle entre certains termes utilisés en anglais dans les articles composant ce projet de recherche et les termes utilisés en français dans le reste du document. La section 2.2 a fait une synthèse des connaissances en lien avec la planification du TA, qui comporte trois éléments : le temps de déplacement, le temps aux arrêts et l'espace alloué dans les véhicules. La planification du TA étant complexe, la tournée des véhicules changeant à chaque jour en fonction de la demande des usagers, les services de TA doivent se doter d'outils de planification performants qui sont présentés dans la sous-section 2.2.1. La section 2.3 aborde les transferts modaux, directement associés à la contribution 2 de cette thèse qui porte sur le transfert des déplacements du TA vers le TC régulier. Dans cette section, il est également question des transferts vers les modes actifs et les modes collectifs, mais aussi des façons de favoriser l'utilisation du TC régulier par les PSH, sans oublier les outils d'évaluation des transferts modaux, essentiels à la planification des transferts et à l'évaluation de leurs impacts à posteriori. Les sections 2.4 et 2.5 concernent respectivement la marchabilité et l'accessibilité universelle (AU) des infrastructures de TC, qui peuvent sembler être des sujets éloignés de cette thèse. Cependant, la marchabilité touche les temps aux arrêts (contribution 1) puisque les infrastructures piétonnes influencent le temps de déplacement du lieu vers le véhicule, et vice versa. La marchabilité, tout comme l'AU des infrastructures de TC, sont liées au transfert des déplacements du TA vers le TC (contribution 2) puisque les barrières dans l'environnement piétonnier et dans le TC sont liées aux critères permettant de faire le transfert des déplacements entre les modes. Ces sujets touchent aussi l'admission (contribution 3) des usagers, puisque certains usagers sont admis au TA dû à une incapacité d'utiliser le réseau piétonnier ou le TC régulier. Finalement, la marchabilité et

l'AU du TC touchent aussi la disparité au niveau de la mobilité entre les personnes avec et sans handicap (contribution 4), puisque les lacunes au niveau de l'environnement piétonnier et du TC peuvent exacerber les iniquités entre ces deux groupes d'usagers. La section 2.6 concerne la captivité qui touche grandement les usagers du TA. La captivité est directement associée aux écarts de mobilité entre les personnes avec et sans handicap (contribution 4); malgré tout, ce sujet demeure encore peu étudié à ce jour. La section 2.7 aborde les innovations et les bonnes pratiques en transport en lien avec les nouvelles technologies, la main d'œuvre, l'admission et les modalités de service. De plus, cette section aborde l'utilisation des véhicules autonomes et leur potentiel pour offrir des services de TA. L'ensemble des contributions de cette thèse sont associées à l'une ou l'autre des thématiques de la section 2.7 puisque les outils, les modèles et la méthode développés reposent sur les innovations et les bonnes pratiques, ou seront du moins influencés par celles-ci. Finalement, la dernière section concerne la COVID-19 et ses impacts sur le TC et le TA. La dernière contribution a été ajoutée à cette thèse en réponse à la pandémie de COVID-19 qui a fait son apparition au milieu de ce projet de recherche. Ainsi, il était essentiel de faire la revue de la littérature en lien avec ce sujet encore très récent, mais suscitant beaucoup d'intérêt du côté de la communauté scientifique.

Ainsi, il existe donc plusieurs liens entre les contributions de cette thèse et la revue de littérature présentée au chapitre 2. Les figures 2.11 à 2.15 visent à présenter ces liens directs (représentés par les lignes pleines et les thèmes en vert) et les liens indirects (représentés par des lignes hachurées et les thèmes en jaune)

Contribution 1

La contribution 1 touche un aspect opérationnel du TA, soit l'ajustement des temps aux arrêts. Les facteurs qui influencent ces derniers sont nombreux, et comportent de façon non exhaustive le type de handicap et d'aide à la mobilité, et les modalités du déplacement (type de véhicule, type de lieux, type de accompagnement, etc.). Une bonne connaissance des temps aux arrêts fait partie des éléments essentiels à une bonne planification du TA. Les temps aux arrêts sont impactés par la marchabilité car, les usagers doivent être en mesure de parcourir la distance qui sépare l'origine ou la destination du véhicule en étant habituellement accompagnés du chauffeur. Ainsi certaines barrières à la marche peuvent impacter le temps aux arrêts et même rendre impossible l'utilisation du TA dans certaines situations. Finalement, il existe en lien entre les innovations en TA et les temps

aux arrêts, notamment au niveau des nouvelles technologies qui ont le pouvoir de les réduire, tout en permettant une meilleure collecte de données pour les ajuster. La Figure 2-11 présente les relations entre les thématiques de la revue de littérature et la contribution 1.

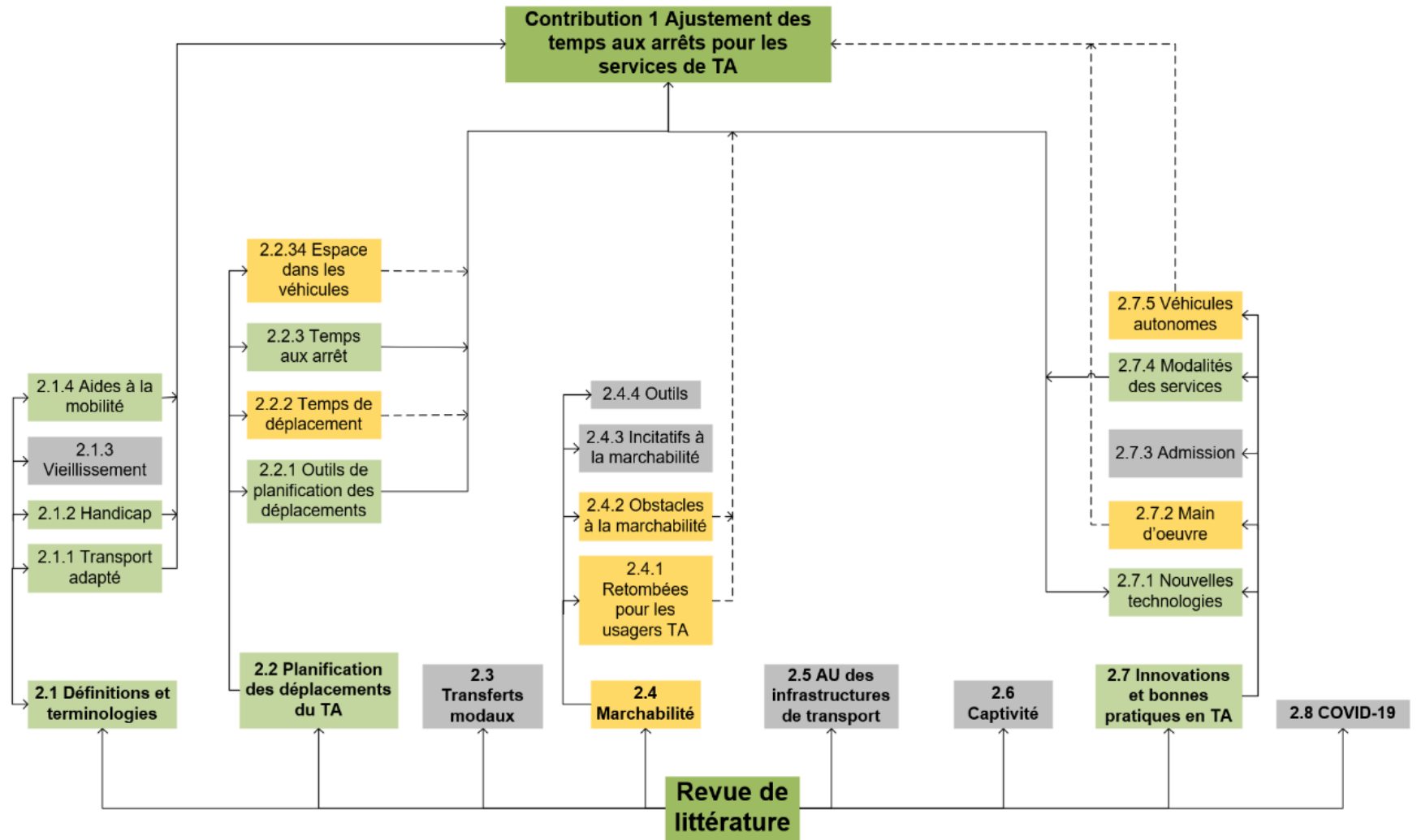


Figure 2-11: Schéma des liaisons entre les thématiques de la revue de littérature et la contribution 1

Contribution 2

La contribution 2 concerne le transfert de déplacements du TA vers le TC régulier et touche pratiquement tous les aspects de la revue de littérature, en commençant avec la section 2.3 qui traite des transferts modaux et des différents critères pour déterminer la transférabilité des déplacements. Le premier critère développé dans le cadre de cette contribution concerne le niveau d'autonomie des usagers, qui est fonction du type de handicap, des aides à la mobilité utilisées et de l'admission. Le deuxième critère se rattache à l'AU des infrastructures de transport, abordée dans la section 2.5. Le troisième critère s'intéresse à la marchabilité, sujet de la section 2.4. Finalement, le dernier critère est associé à la fréquence de déplacement, qui est un aspect plus opérationnel du TA. La captivité est également liée indirectement à cette contribution puisque les usagers dont les déplacements ne sont pas transférables vers le TC régulier sont les usagers qui sont potentiellement plus captifs du TA. Encore une fois, les innovations et les bonnes pratiques en TA sont aussi associées à cette contribution, surtout lorsqu'il est question d'admission déplacement-par-déplacement et de véhicules autonomes, qui pourraient être une alternative intéressante pour connecter de façon flexible les usagers du TA au réseau régulier. La Figure 2-12 présente les liens entre la revue de la littérature et la contribution 2.

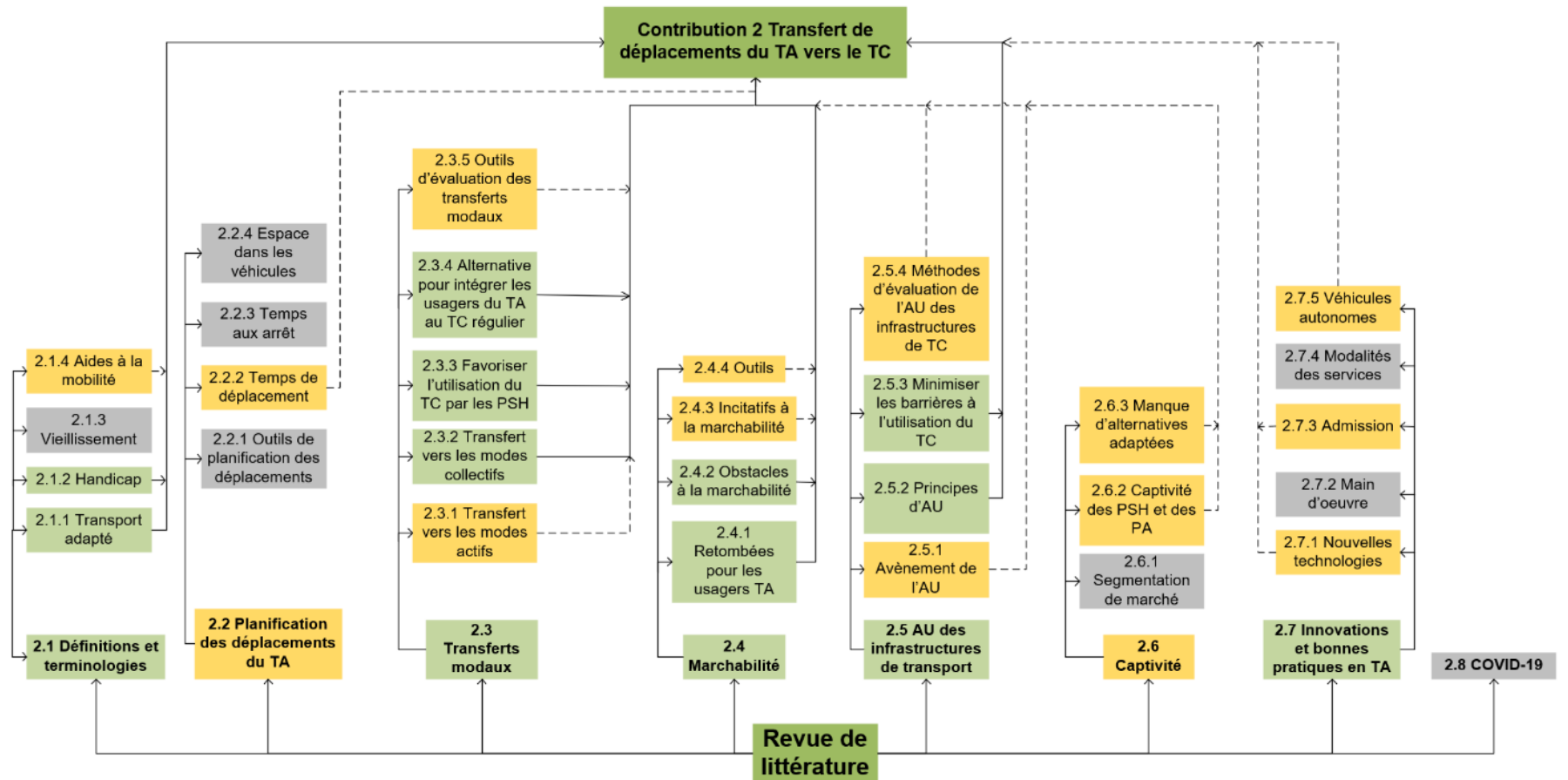


Figure 2-12: Schéma des liaisons entre les thématiques de la revue de littérature et la contribution 2

Contribution 3

La contribution 3 est un court article portant sur un algorithme visant à estimer la proportion de la population québécoise qui est admissible au TA, et à comparer celle-ci avec la population qui utilise le service. Comme cette contribution porte sur un aspect très précis du TA, elle ne touche directement que deux sujets de la revue de littérature, soit la terminologie et les innovations en lien avec l'admission et la main d'œuvre. Les critères d'admission au TA impliquent la marchabilité et l'accessibilité universelle du TC dans la mesure où pour être admis au TA, on ne doit pas être en mesure d'utiliser le réseau régulier seul. De plus, il existe un lien avec les transferts modaux car l'implantation de nouvelles alternatives de transport permettant d'intégrer le TA au TC régulier pourrait modifier les critères d'admission au TA. La Figure 2-13 présente les liaisons entre les sujets abordés dans la revue de littérature et la contribution 3.

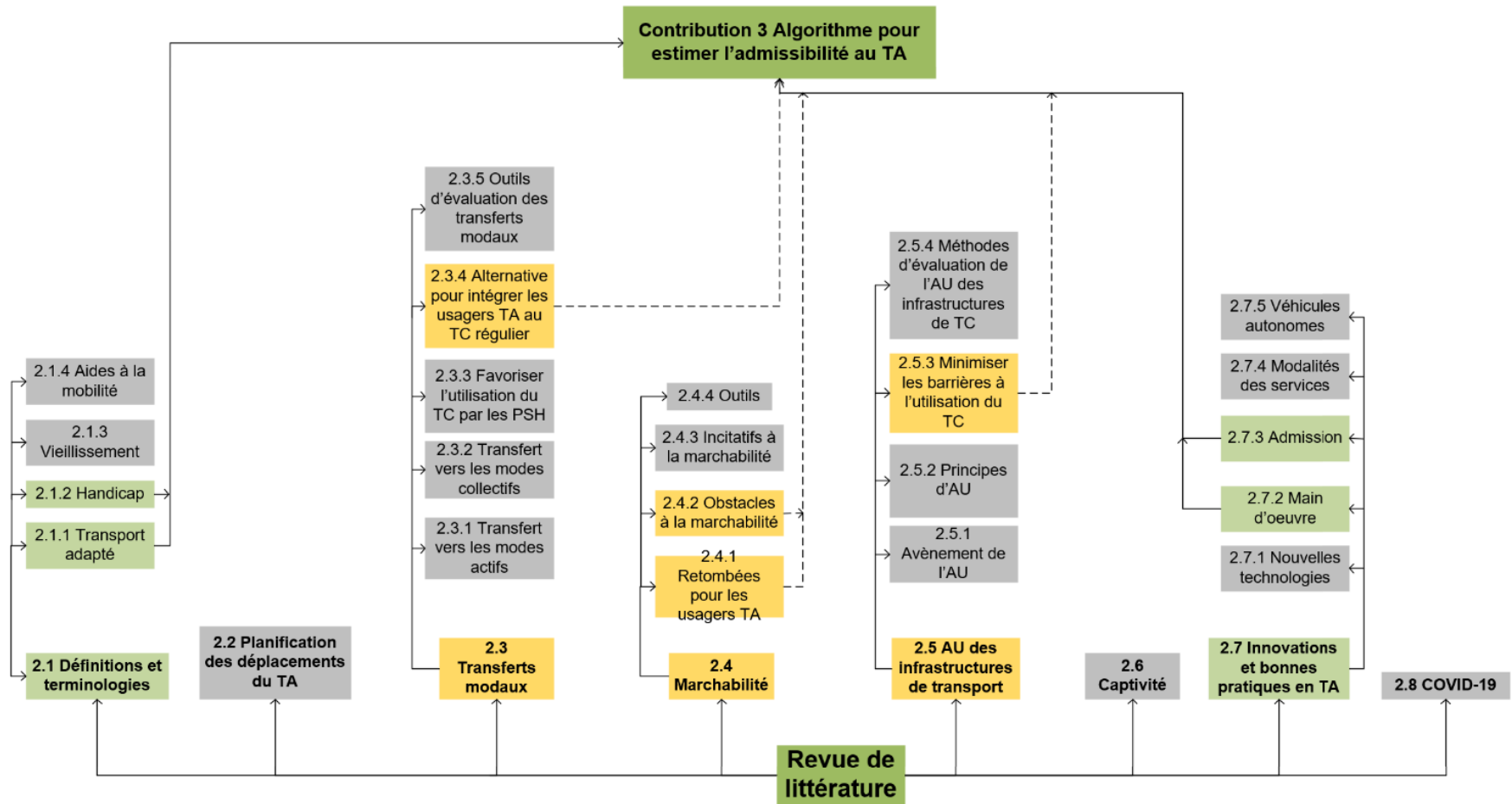


Figure 2-13: Schéma des liaisons entre les thématiques de la revue de littérature et la contribution 3

Contribution 4

Comme la contribution 2, la contribution 4 touche pratiquement l'ensemble des thématiques de la revue de littérature. Elle aborde les écarts au niveau de la mobilité entre les personnes avec et sans handicap et tente d'établir la source de ces écarts, soit potentiellement la disparité présente dans notre société autant au niveau de la mobilité que d'autres aspects de nos vies. Ainsi, il ne s'agit pas d'un article directement lié au concept de TA, mais plutôt à l'importance de ce type de service dans la société. L'article aborde les thématiques du vieillissement et du handicap, qui font partie des facteurs individuels impactant la mobilité. Il existe aussi des facteurs en lien avec l'environnement bâti dont font partie le réseau piétonnier (marchabilité) et les infrastructures de transport (AU). Les transferts modaux et la captivité des usagers sont aussi étroitement liés à cette contribution puisque le manque d'alternatives adaptées est l'une des sources de disparité entre les personnes avec et sans handicap. De plus, l'ensemble des innovations et des bonnes pratiques en TA permettent de lutter contre les disparités au niveau de la mobilité en offrant des alternatives de transport qui répondent aux besoins de l'ensemble des usagers. Finalement, la section sur la COVID-19 est liée à cette contribution puisque la COVID-19 est venue exacerber certaines disparités déjà présentes dans le monde de transport entre les personnes avec et sans handicap. La Figure 2-14 illustre les relations entre la revue de littérature et la contribution 4.

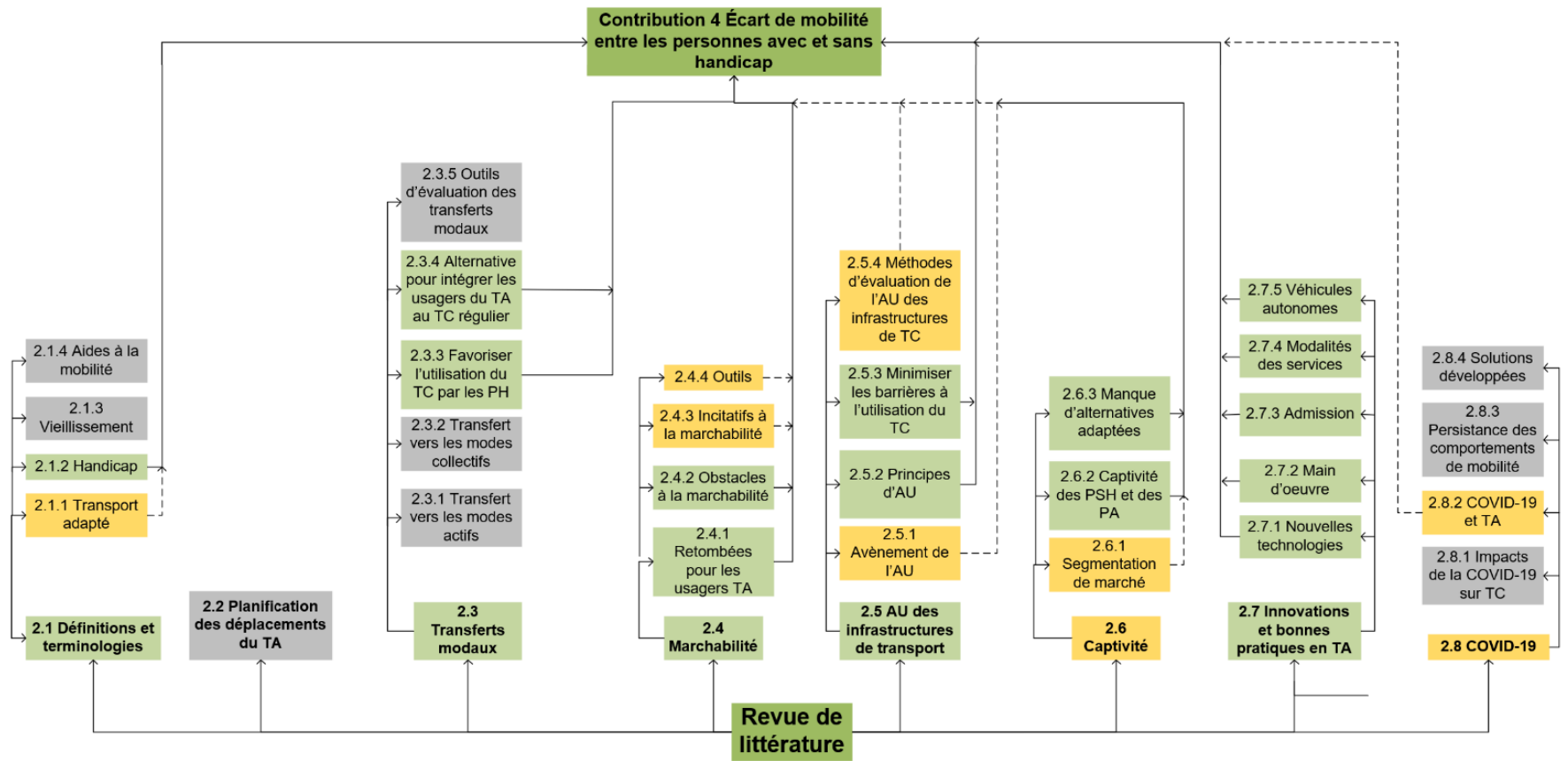


Figure 2-14: Schéma des liaisons entre les thématiques de la revue de littérature et la contribution 4

Contribution 5

La dernière contribution de cette thèse aborde la persistance des impacts de la pandémie de COVID-19 sur les comportements de mobilité des usagers du TA. Ainsi, plusieurs éléments de la section 2.8 sont directement liés à cette contribution, tout comme les éléments de la terminologie, puisque l'impact des variables associées à l'âge et aux types de handicap a été évaluée. De plus, les temps aux arrêts et le temps de déplacements sont aussi abordés dans cette contribution pour établir un ratio temps d'activité / temps de déplacement. La captivité des usagers du TA est indirectement liée à la contribution puisque les impacts de la COVID-19 ont été plus importants chez les usagers captifs. Finalement, les innovations associées aux nouvelles technologies et à la main d'œuvre ont permis aux services de TA de mieux réagir à la variation de la demande, notamment grâce à la qualité des données collectées. La Figure 2-15 montre les liens entre les thématiques de la revue de littérature et la contribution 5.

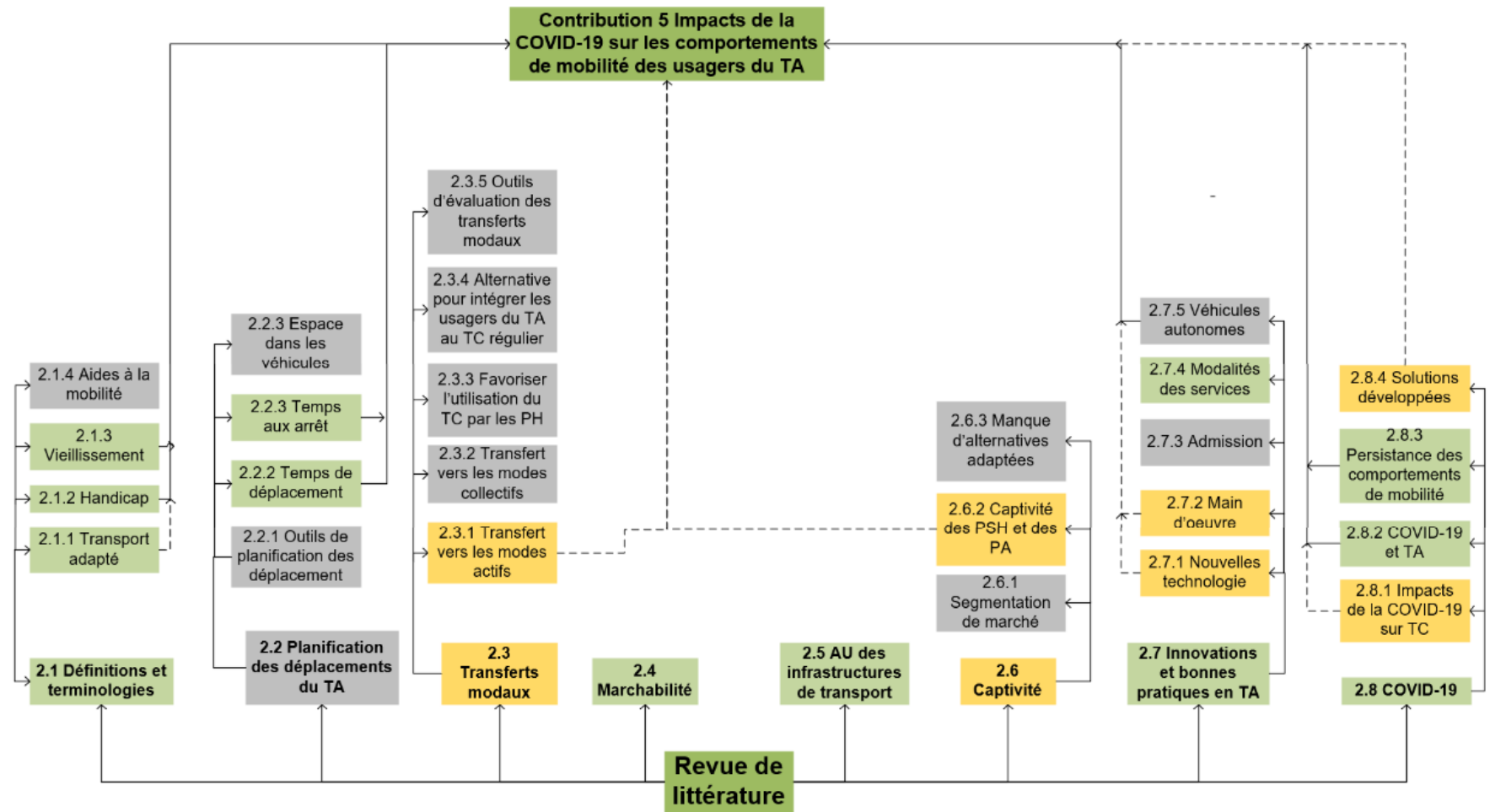


Figure 2-15: Schéma des liaisons entre les thématiques de la revue de littérature et la contribution 5

2.9.2 Déserts de connaissances

Cette revue de littérature permet d'identifier certains manques au niveau des connaissances; certains seront en partie comblés par cette thèse, tandis que d'autres demeurent et seront ajoutés aux limites de ce projet de recherche. Ainsi, cette sous-section vise à identifier les déserts de connaissances en lien avec les thématiques abordées dans la revue de littérature.

Faible considération des personnes ayant une déficience intellectuelle ou psychique

Un des constats qui émerge de la revue de littérature est que les personnes ayant une déficience intellectuelle ou psychique sont beaucoup moins considérées dans les recherches portant sur la mobilité que les personnes ayant une déficience motrice, organique ou visuelle. La principale cause de cela réside dans la difficulté à rejoindre cette population lors de la collecte de données. Ces personnes, qui sont admissibles au TA, ne sont généralement pas en mesure de répondre à des questions de sondage ou de participer à des groupes de discussion. Ainsi, il faut utiliser des méthodes de collecte adaptées, comme l'a fait l'ARTM en concevant un questionnaire adapté pour les usagers du TA ayant une DI ou déficience psychique (ARTM, 2020) ou encore demander à un proche de répondre au questionnaire pour ces usagers, comme l'a fait Statistique Canada pour son enquête sur l'incapacité (Statcan, 2018b). Une autre problématique réside dans le manque de précision des questions permettant l'identification du handicap. Par exemple, l'enquête OD réalisée en 2018 par l'ARTM comportait une question pour identifier la présence d'une déficience, mais le type de déficience n'était pas questionné (ARTM, 2018). Heureusement, la collecte passive de données opérationnelles faite par les services de TA comporte généralement des informations sur le type de déficience, permettant donc de faire des liens entre le comportement et le type de déficience, comme l'ont fait Desharnais et Chapleau, qui ont conclu que les usagers avec une DI ou déficience psychique ont des comportements de mobilité significativement différents des autres usagers (Desharnais & Chapleau, 2010, 2013).

Recherche principalement réalisée aux États-Unis

Parmi les 283 articles scientifiques cités dans la revue de littérature, 135 (48%) proviennent des États-Unis. En comptant uniquement les articles abordant des thématiques en lien avec la mobilité des PSH ou des PA, l'AU ou le TA, c'est près de 65% des articles qui proviennent des États-Unis. Cela est

expliqué par l'avènement de l'ADA en 1990, qui a encouragé plusieurs opérateurs en transport ainsi que les chercheurs à étudier le TA, les comportements de mobilité des PSH et surtout les solutions pour répondre de façon efficiente aux besoins de mobilité de ces personnes.

Bien que les États-Unis soient un pays similaire au Canada à plusieurs égards, le contexte des recherches (modalités des services de TA, climats, statuts économiques, etc.) peuvent grandement influencer les résultats et les recommandations. Ainsi, il est important que la provenance des recherches soit diversifiée afin que celles-ci soient représentatives des réalités partout à travers le monde.

Faible lien entre les aspects opérationnels du TA et les impacts sociaux pour les usagers

Cette thèse touche à la fois aux aspects opérationnels et stratégiques en lien avec le TA (modalités de service, planification, développement d'alternatives, etc.), mais aussi aux aspects sociaux de la mobilité des PSH (disparité, captivité, accès aux opportunités, participation sociale, etc.). Cependant, la majorité des recherches abordent l'un ou l'autre de ces aspects; les recherches portant sur les aspects opérationnels et stratégiques reposent sur des données longitudinales passives provenant des opérateurs de transport, tandis que les recherches qui traitent des aspects sociaux utilisent souvent des données de sondages, de groupes de discussions, d'entrevues, etc. Malheureusement, très peu de recherche utilisent ces deux types de données pour faire le pont entre ces deux aspects. La résultante de cela est parfois une discordance entre les constats, les solutions opérationnelles et stratégiques, et les impacts sociaux de ceux-ci. Il serait donc intéressant et bénéfique d'augmenter l'occurrence de la collaboration entre les chercheurs issus des sciences sociales et ceux issus du génie et des sciences pures.

Peu de recherche sur les alternatives de mobilité adaptée privée

Les PSH qui désirent se déplacer ont des options autres que le TC et le TA, plus méconnues. En effet, il existe des alternatives adaptées aux besoins des PSH qui se situent dans la sphère privée, ce qui implique que c'est l'utilisateur qui en assume les frais directement ou indirectement, par une institution privée ou communautaire. Par exemple, certaines compagnies de taxis disposent de véhicules adaptés et de chauffeurs formés pour offrir un service adapté; l'avantage de cette solution est que la réservation n'est pas nécessaire, mais en contrepartie, le service est beaucoup plus dispendieux pour l'utilisateur que le TA. Il existe aussi des RPA qui offrent à leurs résidents des navettes adaptées pour

certaines activités (épicerie, magasinage, loisir, etc.). Finalement, certains centres communautaires vont chercher leurs usagers à mobilité réduite à leur domicile pour leur permettre de participer à des activités, faire de la réadaptation, etc.

Bien que ces services alternatifs soient essentiels pour les PSH, la recherche les concernant est pratiquement inexistante, notamment en raison des difficultés d'accès aux données. Ces services ne collectent généralement pas de données de façon systématique et lorsqu'ils le font, les données sont difficiles d'accès. De plus, dans les enquêtes qui s'intéressent à la mobilité comme les enquêtes OD, ce type de service est souvent catégorisé comme étant un mode de transport « autre ». Ainsi, le portrait de la mobilité des PSH est souvent incomplet et les besoins de mobilité de ceux-ci sont souvent sous-estimés.

Peu de recherche sur la COVID-19 et la mobilité des PSH

Comme mentionné dans la sous-section 2.8.2, il y a encore peu de recherche en lien avec la COVID-19 et ses répercussions sur la mobilité des PSH et des usagers du TA. Cela s'explique notamment par le fait que la pandémie est très récente d'un point de vue scientifique. Néanmoins, ses impacts sont majeurs et justifient l'importance de combler le désert de connaissances en lien avec cet événement afin d'être que les opérateurs soient mieux préparés en cas de situation semblable.

En somme, la revue de littérature a permis de faire une synthèse des connaissances en lien avec les éléments-clés des cinq contributions qui composent cette thèse et d'identifier certains déserts de connaissances.

CHAPITRE 3 DÉMARCHE DE L'ENSEMBLE DU TRAVAIL DE RECHERCHE

Ce chapitre vise à présenter la démarche globale de ce projet de recherche. Cette thèse comporte cinq articles qui reposent sur l'utilisation de méthodologies différentes, sélectionnées dans le but d'atteindre les sous-objectifs de cette thèse. Ainsi, il sera d'abord question des trois principaux types de modélisation utilisés dans le cadre de cette thèse. Le reste de la méthodologie est détaillé dans chacun des articles qui compose la thèse. Par la suite, les sources de données utilisées pour appliquer les méthodologies sont présentées.

3.1 Modélisation

Cette section vise à présenter les différents modèles utilisés et les alternatives envisagées dans le cadre de cette thèse. De plus, le choix de chacun des modèles sera justifié.

3.1.1 Régression linéaire multiple

La régression linéaire multiple (RLM) est largement utilisée dans l'ensemble des domaines scientifiques, généralement pour analyser le lien entre une variable dépendante (y) et plusieurs variables indépendantes (x_i). Ce type de modélisation permet de valider ou d'infirmer l'hypothèse nulle (H_0) voulant qu'il n'y ait pas de relation linéaire entre la combinaison de variables indépendantes et la variable dépendante. Ce type de modélisation est une déclinaison de la régression linéaire simple visant à tenter de prédire une variable dépendante (y) en fonction d'une seule variable explicative (x). La RLM porte bien son nom puisque le modèle consiste à tenter de prédire (y) en fonction d'une équation linéaire (voir l'équation 3.1).

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \beta_p x_{ip} + e_i \quad 3.1$$

Où

y_i : Observation i de la variable dépendante

β_0 : Ordonnée à l'origine (constante)

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$: Coefficients

$x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ip}$: Observation i des variables explicatives

e_i : Erreur (résidus)

Dans l'équation 3.1, β_0 est l'ordonnée à l'origine; il s'agit de la valeur de y_i lorsque les variables explicatives sont nulles. $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$ sont les coefficients des variables explicatives et doivent être estimés pour être en mesure de prédire la variable dépendante. Finalement, e_i est le terme d'erreur qui est l'écart entre la valeur prédite et la valeur réelle. L'une des hypothèses de la RLM est que si on prend la moyenne des écarts entre les valeurs prédites de y_i et les valeurs réelles, le résultat sera de zéro.

L'utilisation de la RLM est restreinte par les nombreuses conditions d'application telles que présentées au Tableau 3-1. Ainsi, il s'agit d'une modélisation simple à réaliser et à interpréter lorsque les conditions d'application peuvent être respectées ou contournées.

Tableau 3-1 : Conditions d'application de la régression linéaire multiple

Condition	Explication	Test
Variable dépendante continue	La variable dépendante doit être continue : prendre toutes les valeurs possibles d'un intervalle de nombres réels	Examiner les valeurs de la variable dépendante
Variance des variables explicatives $\neq 0$	La distribution des variables explicatives doit présenter une certaine variance	Examen visuel : nuage de points et histogramme
Relation linéaire entre la variable dépendante et chacune des variables indépendantes	Chaque variable explicative doit présenter une relation linéaire avec la variable dépendante	Examen visuel : nuage de points de la variable dépendante en fonction de chaque variable indépendante
Aucune multicolinéarité parfaite	Les variables explicatives ne doivent pas être fortement corrélées	Matrice de corrélation bivariée de Pearson
Distribution normale des résidus	Les résidus doivent présenter une distribution normale	Test statistique : Test de normalité de Shapiro-Wilk, test de Kolmogorov-Smirnov, test d'Anderson-Darling, etc. Examen visuel : graphique de normalité, histogramme

Tableau 3-1 : Conditions d'application de la régression linéaire multiple (suite et fin)

Condition	Explication	Test
Homoscédasticité	La variance des erreurs résiduelles doit être similaire pour chaque variable indépendance	Examen visuel : graphique résidus vs valeur prédite, graphique racine carrée des résidus standardisés vs valeurs prédites, graphique quantile-quantile

Une fois que les conditions sont respectées, les variables explicatives à inclure dans le modèle doivent être sélectionnées. Pour réaliser cette sélection, on emploie un processus complexe qui doit être guidé par les objectifs visés et les hypothèses, la corrélation potentielle entre les variables indépendantes, le nombre d'observations disponibles, etc. La première étape consiste habituellement à lister les variables disponibles; ensuite, la façon dont les variables seront exprimées doit être déterminée. Par exemple, l'âge peut être utilisé sous forme de variable continue ou sous forme de catégorie. De surcroît, le nombre de catégories peut grandement impacter l'interprétation du modèle et la significativité de la variable; ainsi, chacune des options doit être testée pour faire un choix permettant le meilleur ratio entre complexité du modèle et justesse de l'estimation. Pour ce faire, deux mesures associées au coefficient de chacune des variables explicatives peuvent être utilisées : *p-value* et *t-statistic*. Plus la *p-value* est grande ou plus la *t-statistic* est petite, plus le coefficient donné est significatif. Par la suite, plusieurs méthodes peuvent être utilisées pour faire la sélection des variables à inclure dans le modèle. Le r-carré du modèle de RLM permet d'évaluer la proportion de la variation de la variable dépendante qui est expliquée par les variables indépendantes. Ainsi, plus le r-carré est grand, plus le modèle est performant. Néanmoins, l'ajout de variables superflues est évité pour simplifier l'interprétation finale. Trois méthodes peuvent être utilisées pour faire la sélection des variables :

1. **Régression hiérarchique** : Les variables sont ajoutées une à une ou par groupe au modèle, dans l'ordre déterminé par le chercheur. Celui-ci évalue comment chacun des ajouts contribue au modèle en fonction du r-carré;
2. **Régression avec entrée forcée** : Les variables sont ajoutées au modèle en un seul coup et le chercheur sélectionne celles qui ont un impact plus significatif à l'aide de la *p-value* ou de la *t-statistic*;

3. **Régression avec entrée progressive** : Les variables sont ajoutées (ascendantes) ou retirées (descendantes) du modèle une à une en fonction de leur niveau de corrélation avec la variable dépendante. Cette méthode nécessite habituellement l'utilisation d'une méthodologie telle que la fonction `stepAIC()` du « package » MASS dans RStudio. Elle permet d'obtenir un indicateur qui considère l'effet de la simplification du modèle sur la perte d'information. Ainsi, la performance du modèle peut être évaluée en pénalisant l'ajout de variables superflues.

Dans le cadre de la contribution 1, une RLM a été utilisée pour prédire les temps aux arrêts en fonction de différents facteurs. La RLM était tout indiquée dans ce cas puisque la variable dépendante (le temps aux arrêts) est continue et qu'il y avait plusieurs variables explicatives continues et catégorielles. De plus, ce type de modèle est largement utilisé pour déterminer les temps aux arrêts pour d'autres modes de transport (El-Geneidy & Vijayakumar, 2011; González et al., 2012; Kostyniuk & D'Souza, 2020; Lei et al., 2017; Levinson, 1983; Tirachini & Cats, 2020). Cependant, l'utilisation de ce modèle pour estimer les temps aux arrêts nécessite d'avoir une grande quantité de données, ce qui est parfois plus difficile avec les modes de transport comme l'autobus ou le métro. Pour le TA de la STM, cela n'était pas un enjeu puisque l'information est collectée d'emblée par les véhicules et que toutes les variables sont retraçables grâce au système de réservation. Le modèle a été généré par l'entremise de R Studio, ce qui a facilité la validation des conditions d'utilisation et l'interprétation des résultats. Un des problèmes rencontrés a été que la distribution des résidus n'était pas normale; pour contourner cela, la variable dépendante a subi une transformation logarithmique. D'autres méthodes auraient pu être envisagées, comme les modèles probabilistes ou les séries chronologiques, et l'intelligence artificielle commence à être utilisée pour estimer les temps aux arrêts. Dans le cadre de la première contribution de cette thèse la RLM a été sélectionné puisqu'elle permet d'identifier les variables qui contribuent de manière significative à la variation de la variable dépendante (le temps aux arrêts). Ainsi les facteurs les plus importants à prendre en considération peuvent être identifiés. La RLM est aussi indiqué dans un contexte où il y a une relation complexe entre les variables indépendante et la variable dépendante comme c'est le cas avec les temps aux arrêts.

Ce modèle a aussi été envisagé pour la contribution 5 afin d'expliquer le lien entre la baisse de l'utilisation du TA pendant la pandémie et les caractéristiques des usagers (âge, genre, déficience,

autonomie, etc.). Cependant, la trop forte corrélation entre plusieurs variables explicatives a rendu impossible l'utilisation de la RLM. Ainsi, une analyse catégorielle a été réalisée, permettant de faire une brève analyse et d'arriver à certains constats.

3.1.2 Modèle de décomposition Oaxaca-Blinder

Cette sous-section reprend plusieurs éléments de la sous-section 7.3.2 de la quatrième contribution de cette thèse. Néanmoins, davantage de précisions ont été incluses puisqu'il s'agit d'un modèle peu utilisé dans le domaine du transport, contrairement au modèle de régression linéaire. Le modèle de décomposition Oaxaca-Blinder est utilisé pour expliquer les écarts entre deux groupes au niveau d'une variable dépendante (Blinder, 1973; Oaxaca, 1973). Ainsi, il a été largement utilisé par les sciences sociales pour tenter d'expliquer les écarts salariaux entre les hommes et les femmes (Blinder, 1973; Lesik & Fallahi, 2011; Oaxaca, 1973; Ospino et al., 2010; Sen et al., 2012; Shah, 2020), et il commence à être de plus en plus utilisé dans différents domaines : en santé (Bauer et al., 2007; Sen, 2014; Taber et al., 2016), en immigration (LaLonde & Topel, 1992), en économie (Bourguignon et al., 2002; Le Thi Kim et al., 2021), et en transport (Etezady et al., 2021; Sherafati et al., 2017; Verreault & Morency, 2015). Dans ce dernier domaine, Etezady et al. (2021) ont analysé les écarts générationnels au niveau de quatre types de comportements de mobilité en Californie : pro-urbain actuel, pro-urbain à long-terme, pro-propriétaire de voiture et pro-environnement. Les auteurs ont identifié un faible écart entre les milléniaux et la génération X au niveau des comportements de mobilité, et les résultats suggèrent que les milléniaux pourraient avoir des comportements qui se rapprochent de ceux de la génération X en vieillissant. Pour leur part, Sherafati et al. (2017) ont étudié la différence au niveau des décès survenus après des accidents de la route entre les régions urbaines et rurales à Langerood, au Nord de l'Iran, grâce à ce même modèle. Les auteurs ont pu conclure que les personnes vivant en région rurale étaient plus à risque de mourir des suites d'un accident à cause du temps plus long entre l'accident et l'admission à l'hôpital. Finalement, Verreault et Morency (2015) ont utilisé le modèle de décomposition Oaxaca-Blinder pour étudier les écarts au niveau de plusieurs indicateurs de mobilité (déplacement par jour, mode de transport, motif des déplacements, distance parcourue, etc.) entre les personnes ayant elles-mêmes répondu à l'enquête origine-destination et celles dont les déplacements ont été rapportés par une autre personne du

ménage. Cela a permis de conclure qu'il est essentiel d'utiliser des variables de contrôle (âge, genre, etc.) lorsqu'on compare ces deux groupes.

Mathématiquement, le modèle de décomposition Oaxaca-Blinder peut être exprimé selon l'équation 3.2.

$$\Delta \bar{Y} = \bar{Y}_A - \bar{Y}_B \quad 3.2$$

Où

$\Delta \bar{Y}$: écart entre le groupe A et B

$\bar{Y}_A$: Variable dépendante pour le groupe A

$\bar{Y}_B$: Variable dépendante pour le groupe B

Dans le cas le plus simple, $\bar{Y}_A$ et $\bar{Y}_B$ peuvent être exprimés grâce à une régression linéaire simple (voir équation 3.3)

$$\bar{Y}_A = \bar{X}_A' \hat{\beta}_A \text{ et } \bar{Y}_B = \bar{X}_B' \hat{\beta}_B \quad 3.3$$

En remplaçant $\bar{Y}_A$ et $\bar{Y}_B$ dans l'équation 3.2 pour leur équivalent présenté dans l'équation 3.3, il est possible d'obtenir l'équation 3.4, qui peut être réarrangée pour obtenir l'équation 3.5.

$$\Delta \bar{Y} = (\hat{\beta}_0^A - \hat{\beta}_0^B) + \bar{x}_1^A \hat{\beta}_1^A - \bar{x}_1^B \hat{\beta}_1^B \quad 3.4$$

$$\Delta \bar{Y} = (\hat{\beta}_0^A - \hat{\beta}_0^B) + \hat{\beta}_1^B (\bar{x}_1^B - \bar{x}_1^A) + \bar{x}_1^B (\hat{\beta}_1^A - \hat{\beta}_1^B) + (\bar{x}_1^B - \bar{x}_1^A) (\hat{\beta}_1^A - \hat{\beta}_1^B) \quad 3.5$$

Où

$(\hat{\beta}_0^A - \hat{\beta}_0^B)$: Différence de base (« *Basic difference* »)

$\hat{\beta}_1^B (\bar{x}_1^B - \bar{x}_1^A)$: composition du groupe (« *Endowments* »)

$\bar{x}_1^B (\hat{\beta}_1^A - \hat{\beta}_1^B)$: Disparité (« *Coefficient* »)

$(\bar{x}_1^B - \bar{x}_1^A) (\hat{\beta}_1^A - \hat{\beta}_1^B)$: Interaction (« *Interaction* »)

L'analyse des résultats de la décomposition Oaxaca-Blinder passe inévitablement par la compréhension des quatre termes de l'équation 3.5. Le premier terme est la différence de base, qui est associé à l'effet des variables non incluses dans le modèle. Ensuite, l'effet de composition du

groupe quantifie l'écart qui provient des caractéristiques de chacun des groupes. Par exemple, si les différences salariales entre le groupe A et le groupe B sont étudiées, que seulement 25% des gens dans le groupe A ont un diplôme d'étude universitaire contre 75% pour le groupe B, et que les gens qui ont un diplôme universitaire ont généralement un salaire plus élevé, la composition des groupes pourrait expliquer une part importante de l'écart salarial entre les deux groupes. Le troisième terme est associé aux disparités entre les deux groupes; pour le même exemple de différence salariale, mais dans un cas où les deux groupes comparés auraient des caractéristiques similaires (niveau d'étude, expérience de travail, qualifications etc.), si le groupe B a un salaire moyen plus faible que le groupe A, cela serait attribuable à un effet de disparité. Finalement, le terme d'interaction est la part de l'écart associée à une interaction entre l'effet de composition (2^e terme) et l'effet de disparité (3^e terme).

Dans le cadre de cette recherche, le modèle de décomposition Oaxaca-Blinder a été utilisé pour la quatrième contribution afin d'étudier les écarts de mobilité entre les personnes avec et sans handicap. Quatre indicateurs ont été évalués pour la journée à l'étude : la proportion de personnes ayant réalisé au moins un déplacement, la moyenne de déplacements pour les personnes mobiles, la moyenne de déplacements en TC ou en TA pour les personnes mobiles, et la moyenne du nombre de modes utilisés. Un écart significatif a seulement été identifié pour les deux premiers indicateurs, alors la décomposition Oaxaca-Blinder a seulement été appliquée à ceux-ci. Afin de simplifier l'application du modèle, la méthodologie de Hlavac dans RStudio a été utilisée (Hlavac, 2018).

3.1.3 Modèle de survie

Les modèles de survie sont largement utilisés dans le domaine médical pour étudier le temps avant qu'un événement se produise (« *time-to-event* ») (George et al., 2014). Ce type d'analyse est souvent utilisé pour estimer la durée de survie ou le temps avant la rémission de patients à la suite d'un diagnostic (Hagar et al., 2014; Nagy et al., 2021; Pocock et al., 1982; Wojcik et al., 1998). Cependant, malgré l'utilisation du terme « survie », ce type de modèle est utilisé dans plusieurs autres domaines pour étudier le temps avant l'occurrence d'un événement quelconque. Par exemple, Arrow (1996) a utilisé l'analyse de survie pour étudier la relation entre la condition de santé et le risque d'être au chômage. Gury (2011) l'a pour sa part utilisée pour étudier le décrochage scolaire en France. Finalement, Niemeier et Morita (1996) l'ont utilisée pour comparer la durée d'activité hors domicile pour les femmes et pour les hommes; ils ont fait le constat que les femmes étaient 1,32 fois plus

susceptibles que les hommes de passer plus de temps à faire du magasinage en lien avec le soutien domestique et familial.

Depuis les années 2000, les modèles de survie sont aussi utilisés dans le domaine de transport : Fu et Wilmot (2006) ont estimé la probabilité qu'un ménage réussisse son évacuation en cas d'ouragan grâce à une analyse de survie; Kim et Bae (2021) l'ont sélectionnée pour étudier les retards sur les départs de vols; Gupta et al. (2009) l'ont utilisée pour étudier les risques associés au moment auxquels les piétons décident de traverser une intersection; et Son et Kim (2022) ont étudié le temps d'attente du service de transport à la demande pour les PSH à Séoul grâce à une analyse de survie. Cette dernière utilisation a permis de conclure que le temps d'attente variait en fonction du lieu et de la période de la journée, ce qui veut dire que le niveau de service n'était pas uniformément offert.

Une notion importante en lien avec les analyses de survie est la censure, ou « *censoring* » en anglais. La censure provient du fait que certains phénomènes étudiés par les modèles de survie peuvent se produire sur une très longue période, et qu'il est rare qu'une étude couvre l'entièreté de la période. Ainsi, on distingue trois types de censure :

1. **Censure à droite** : Lorsque le moment où se produit l'événement est inconnu (voir **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Par exemple, une personne faisant partie d'une analyse de survie reçoit un diagnostic de cancer en novembre 2009, mais en septembre 2015, cette personne cesse de donner des nouvelles. Comme il n'est pas possible de savoir si cette personne est décédée ou non, on dit que la donnée est censurée à droite;
2. **Censure à gauche** : Lorsque la date de début de la condition est inconnue (voir **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Par exemple, une personne faisant partie d'une analyse de survie a le cancer au début de l'étude mais n'est pas en mesure de fournir la date du diagnostic de la maladie. Dans ce cas, la donnée est censurée à gauche;
3. **Censure informative** : Lorsque le fait que la donnée soit censurée est associé à une probabilité plus ou moins élevée que l'événement se soit produit. Par exemple, une personne faisant partie d'une analyse de survie arrête de venir aux suivis puisque sa condition s'est détériorée et qu'elle n'est plus en mesure de se déplacer. Dans ce cas il s'agit de censure informative.

La Figure 3-1 illustre la censure à droite et à gauche ainsi que l'occurrence de l'événement et le début de la condition.

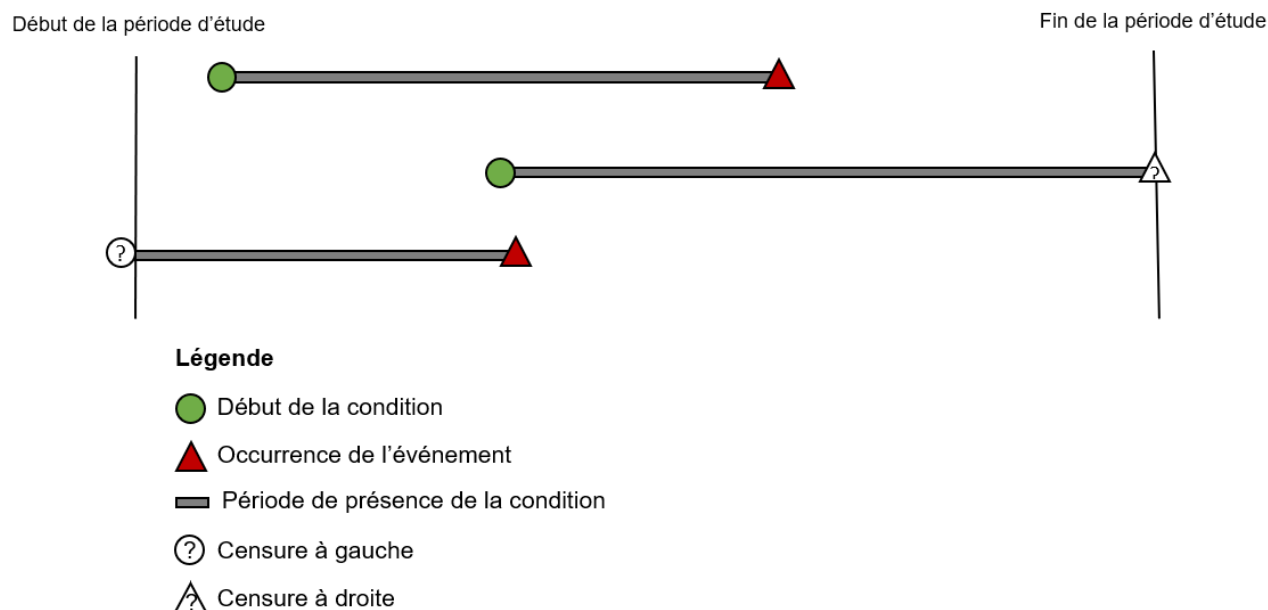
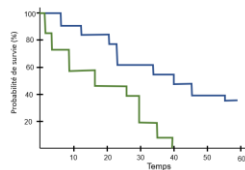
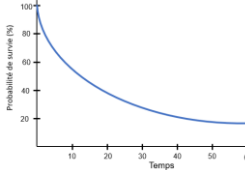
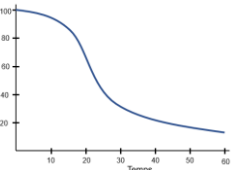
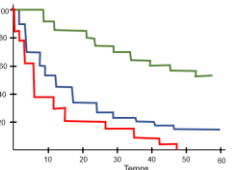


Figure 3-1 : Illustration des cas de censure dans les analyses de survie

En soit, les données censurées à gauche et à droite peuvent être incluses dans l'analyse de survie, mais selon le modèle utilisé, certaines manipulations doivent être faites pour être en mesure de les considérer. La censure informative ne peut toutefois pas être incluse dans l'étude car elle induit un biais. De plus, il faut éviter d'avoir une grande quantité de données censurées, sans quoi la validité du modèle sera compromise. Selon les objectifs visés par la recherche, plusieurs types d'analyse de survie peuvent être faits (Marin, 2020a). La fonction de survie $S(t)$ est utilisée pour calculer les probabilités de survivre au-delà du temps t . Selon le modèle utilisé, il peut être possible d'estimer $S(t)$ afin de faire des prévisions. Il existe aussi la notion de Hazard (HAZ), qui est la probabilité qu'une personne meure dans les prochaines secondes, sachant qu'elle est vivante maintenant. Finalement, le Hazard ratio (HR) est le ratio de chance qu'un événement se produise selon la présence ou l'absence de facteurs de risque; ces derniers sont des variables indépendantes qui peuvent faire fluctuer la survie. Selon le modèle utilisé, il peut être possible d'ajouter plus ou moins de facteurs de risque, et dans certains cas, le facteur de risque peut être uniquement catégoriel. Le Tableau 3-2 présente les avantages, les inconvénients et l'utilité de quatre modèles de survie fréquemment utilisés (Marin, 2020b).

Tableau 3-2 : Avantages, inconvénients et utilité des différents modèles de survie couramment utilisés

	Kaplan-Meier	Exponentiel	Weibull	Cox
Avantages	Facile à interpréter Permet d'estimer $S(t)$ Représentation visuelle intuitive	Permet d'estimer $S(t)$ Permet d'estimer HR Possède une forme fonctionnelle	Permet d'estimer $S(t)$ Permet d'estimer HR Possède une forme fonctionnelle	Permet au HAZ de fluctuer dans le temps Permet d'estimer HR
Inconvénients	Pas de forme fonctionnelle Ne permet pas d'estimer HR Quantité limitée de facteurs de risque Facteurs de risque catégoriels seulement	Considère que le HAZ est constant, ce qui est peu réaliste Représentation visuelle moins intuitive	Le HAZ peut décroître ou croître mais il ne peut pas fluctuer, donc peu réaliste Représentation visuelle moins intuitive	Ne permet pas d'estimer $S(t)$ Nécessite la validation de plusieurs hypothèses ou l'utilisation d'alternatives pour contourner les hypothèses
Aspect visuel				
Utilités	Faire des prédictions Représentation graphique	Faire des prédictions Comparer des groupes	Faire des prédictions Comparer des groupes	Idéal pour comparer des groupes

Pour la contribution 5 portant sur les impacts de la pandémie sur les comportements de mobilité des usagers du TA, l'un des questionnements était lié à la loyauté des usagers. L'objectif était de savoir si les usagers admis dans l'année précédant la pandémie ont été plus ou moins loyaux que les usagers admis pendant la pandémie. L'utilisation de l'analyse de survie dans ce contexte était tout à fait

désignée. Néanmoins, comme le cœur de la contribution n'était pas l'étude de la loyauté des usagers, une représentation graphique accompagnée d'une simple analyse était suffisante pour comprendre le phénomène sans alourdir inutilement l'article. Ainsi, les courbes de survie de Kaplan-Meier ont été utilisées afin de comparer visuellement la durée d'utilisation du service de TA de la STM (en mois) en fonction de la date d'admission des usagers. Dans ce contexte, le début de la condition est associé au premier déplacement réalisé en TA. L'évènement est l'arrêt de l'utilisation pour une période de plus de trois mois. La représentation visuelle de Kaplan-Meier a été sélectionnée puisque le graphique en escalier est plus intuitif à analyser et que l'aspect visuel demeure intéressant, autant pour une courte période d'étude que pour des périodes d'étude inégales entre les groupes étudiés.

3.2 Données utilisées

Les sources de données pour étudier le TA et les comportements de mobilité des PSH sont multiples. La problématique réside souvent dans le manque de ressources pour valoriser ces données. Dans le cadre de cette thèse, les données nécessaires pour mettre en application les outils, les modèles et les méthodes permettant d'atteindre les sous-objectifs étaient déjà collectées et prêtes à être utilisées. Ainsi, il a été décidé de ne pas faire de collecte additionnelle de données. Plusieurs sources de données existantes ont été utilisées; elles sont synthétisées dans le Tableau 3-3. Selon la contribution, la période et le territoire étudiés peuvent varier. Cela est précisé dans chacune des contributions.

Tableau 3-3: Sources de données utilisées dans le cadre du projet de recherche

Source	Données	Territoire	Collecte	Période	Utilisation
STM	Données d'admission	Montréal	Formulaire informatisé ou papier	2012 à 2023	Contribution 1 Contribution 2 Contribution 3 Contribution 5
	Données de réservation	Montréal	Appel téléphonique ou sur le site web de la STM		
	Données des déplacements	Montréal	Système AVL		
Statistique Canada	Données de l'enquête canadienne sur l'incapacité (ECI)	Québec et Canada	Enquête nationale téléphonique et informatisée postcensitaire au recensement	2017	Contribution 3

Tableau 3-3: Sources de données utilisées dans le cadre du projet de recherche (suite et fin)

Source	Données	Territoire	Collecte	Période	Utilisation
ARTM	Données de l'enquête sur les perceptions et les habitudes de mobilité des usagers du TA	Montréal	Enquête téléphonique et informatisée	2020	Contribution 4 Contribution 5
Enquête OD	Données de l'enquête OD	Montréal	Enquête téléphonique et informatisée	2018	Contribution 4
STM	Données de satisfaction des usagers	Montréal	Sondage	2019	Contribution 4

3.2.1 Données du service de transport adapté de la STM

Pour réaliser cette thèse de doctorat, il était nécessaire d'avoir accès aux données de services de TA. De plus, pour être en mesure d'appliquer les méthodologies des différentes contributions, il était primordial que les véhicules soit équipés d'un système AVL pour collecter des données sur la localisation des véhicules en tout temps. Ainsi, la collaboration avec le service de TA de la STM était idéale. Les données du service de TA de la STM ont donc été utilisées pour développer et tester la majorité des méthodes, des outils, et des modèles de cette thèse. D'abord, dans la première contribution, les temps aux arrêts obtenus grâce au système AVL, combiné à plusieurs variables collectées par le service de TA (nombre d'embarquement/débarquement, type de véhicule utilisé, mois de l'année, etc.) ont permis l'application de la régression linéaire multiple. De plus, les résultats de la première contribution ont été appliqués au système de planification du TA de la STM et ont apporté plusieurs bénéfices opérationnels. Ensuite, pour la deuxième contribution, les données ont été utilisées pour tester les critères d'inclusion de déplacements au TA. Les données ont aussi guidé les critères pouvant être développés. Pour la troisième contribution, les données de la STM ont été utilisées à titre de comparaison, le but étant d'établir la proportion de la population admissible au TA mais qui ne l'utilise pas. De plus, l'expertise d'une personne responsable de l'admission au TA de la STM a été mise à contribution pour valider l'algorithme de filtration de l'enquête canadienne sur l'incapacité. Finalement, pour la contribution 5, les données du TA ont été utilisées pour réaliser les quatre analyses en lien avec les impacts de la COVID-19 sur les comportements des usagers du TA.

Ces données sont idéales puisqu'elles couvrent l'année précédant la pandémie ainsi que ses deux premières années, et elles renferment des informations sur les caractéristiques des usagers, sur leurs déplacements et même sur la performance du service.

La STM collecte des données lors de l'admission des usagers, lors de la réservation des déplacements et durant les déplacements. Les données d'admission sont principalement collectées pour offrir un service adéquat aux usagers. Par exemple, il est nécessaire de connaître le type d'aide à la mobilité utilisé par un usager pour prévoir l'espace nécessaire dans le véhicule pour le loger ainsi que son aide à la mobilité. Les données d'admission (type de handicap, genre, date d'anniversaire, aide à mobilité, etc.) sont collectées lors de l'admission mais peuvent être modifiées au besoin, notamment si la condition de l'utilisateur évolue. Les données de réservation sont quant à elles utilisées pour la planification des déplacements, que la STM tente d'optimiser pour répondre à l'ensemble des déplacements avec un minimum de ressources. Il s'agit d'un défi de taille puisque les déplacements du TA changent à chaque jour. Cela veut dire que quotidiennement, un algorithme d'optimisation des tournées des véhicules est utilisé afin de déterminer les heures d'arrivée et de départ des véhicules à chacune des origines et des destinations, en plus de tenter de faire des jumelages d'usagers pour certaines portions de déplacements. Afin de permettre une certaine flexibilité à l'utilisateur, celui-ci peut spécifier son heure de départ ou d'arrivée pour un déplacement. Ainsi, en fonction du résultat de l'algorithme, les usagers vont recevoir une confirmation des détails de leurs déplacements. Finalement, les données collectées durant les déplacements sont amassées de façon passive grâce au système AVL (localisation automatique des véhicules) fonctionnant avec les mesures de position GPS par satellite. Desharnais et Chapleau (2013) identifient cinq grands bénéfices à l'utilisation des données opérationnelles collectées passivement par les sociétés de transport :

1. **Systémique** : Comme les données sont collectées et peuvent être analysées au quotidien, des interventions peuvent être mises en place rapidement pour améliorer la productivité et la qualité du service;
2. **Stratégique** : Une meilleure connaissance des données peut faciliter la prise de décisions au niveau stratégique;
3. **Économique** : Comme les données sont déjà collectées pour des raisons opérationnelles ou pour la gestion du budget, il n'est pas nécessaire d'investir de l'argent supplémentaire pour collecter des données supplémentaires;

4. **Méthodologique** : Les données collectées passivement n'impliquent pas de sondage à faire auprès des usagers. De plus, cela permet d'obtenir des données pour chacun des jours d'opération de façon simple et efficace;
5. **Informationnel et analytique** : Les possibilités d'analyse de ce type de données désagrégées et spatiotemporelles sont infinies, sans oublier que les données longitudinales permettent de faire des analyse multi-jours et multi-périodes.

À l'interne, la STM utilise ses données pour l'ensemble des raisons énoncées par Desharnais et Chapleau. D'abord, elle valide les paramètres utilisés pour la planification comme les durées de déplacement et les temps d'embarquement dans le but de faire des ajustements stratégiques. De plus, ces données sont précieuses pour développer des indicateurs de performance liés à la ponctualité, à la durée des déplacements ou à l'attente, permettant de prendre des décisions stratégiques. L'ensemble des données collectées par le service de TA peuvent être valorisées pour développer des outils, des méthodes et des modèles permettant d'améliorer les services de TA.

Dans le cas de la STM, l'ensemble des données sont accessibles avec le logiciel SQL Server. Afin de préserver la confidentialité des usagers, les données sont anonymisées. De plus, de nombreuses manipulations ont été faites pour éliminer les erreurs, identifier les valeurs manquantes, normaliser certains champs, etc. Par exemple, les champs en lien avec les aides à la mobilité utilisées par les usagers comportant le code de chaque item étaient séparés par des virgules; afin de pouvoir utiliser cette variable, il a fallu diviser les champs en plusieurs champs. De plus, il a fallu distinguer trois types de données pour les informations des déplacements (origine, destination, heure d'arrivée, heure de départ, durée, distance, etc.) :

1. Demandées : Paramètres du déplacement demandé par l'utilisateur lors de la réservation;
2. Planifiées : Paramètres du déplacement après la planification des tournées;
3. Réelles : Paramètres réels du déplacement collecté par les GPS à l'intérieur du véhicule.

Selon l'analyse à réaliser, le type de données à utiliser peut varier, tel que spécifié dans chacune des contributions. Les données d'admission et de réservation sont disponibles pour les années 2012 à aujourd'hui. En revanche, les données en lien avec les déplacements en temps réel sont partiellement disponibles pour 2014 et 2015 puisque seulement les minibus avaient des GPS. Les données deviennent disponibles pour l'ensemble des déplacements à partir de 2016.

3.2.2 Données de Statistique Canada

La troisième contribution de cette thèse visait à établir la proportion de la population québécoise admissible au TA pour ensuite l'appliquer à l'agglomération de Montréal et la comparer aux données d'utilisation du TA de la STM. Pour faire cette estimation, il fallait une source de données représentant l'ensemble de la population en situation de handicap et comportant des variables précises sur le type de handicap et les limitations associées. Ainsi, les micro-données de l'enquête canadienne sur l'incapacité (ECI) réalisée par Statistique Canada se sont avérées être une bonne alternative pour réaliser cette contribution.

Il s'agit d'une enquête postcensitaire réalisée auprès de certains répondants ayant mentionné dans le questionnaire long du recensement vivre avec un handicap limitant leurs activités quotidiennes. Cette enquête aborde de nombreuses thématiques telles que le type de handicap, les services utilisés, l'éducation, l'emploi, la discrimination, etc. Les résultats de l'enquête sont pondérés selon la province, le groupe d'âge, le type de handicap et la fréquence de la limitation associée au handicap, afin d'être représentative de l'ensemble de la population. Comme le recensement, l'ECI est généralement réalisée aux 5 ans. Cependant, dans les dernières années, l'enquête a été modifiée à plusieurs niveaux, rendant impossible la comparaison des résultats (Statcan, 2018a, 2018b). Comme la Figure 3-2 le démontre, trois enquêtes différentes ont été réalisées dans les 36 dernières années au Canada pour collecter des données sur la population en situation de handicap. Même si l'enquête ECI a gardé le même nom en 2012 et en 2017, les deux enquêtes ne peuvent pas être comparées, notamment parce que la méthode de collecte a été modifiée, et le contenu, élargi.

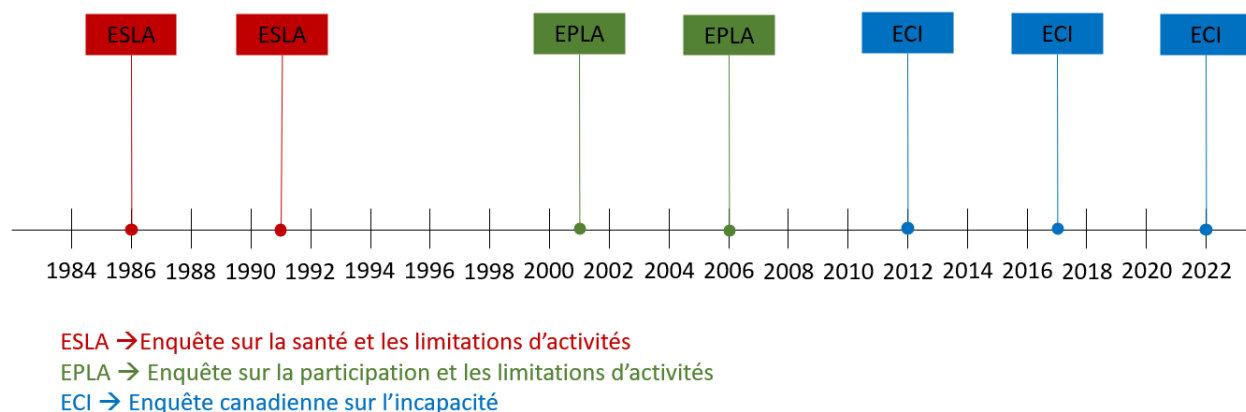


Figure 3-2 : Historique des enquêtes canadiennes sur l'incapacité

Une autre limitation de cette enquête est qu'elle exclut les personnes âgées de moins de 15 ans. Mais la limitation majeure de l'ECI, est que les personnes vivant en résidence collective comme les résidences pour personnes âgées (RPA) et les centres d'hébergement et de soins de longue durée (CHSLD) ne sont pas incluses dans l'enquête car celles-ci sont plus difficiles à rejoindre. Comme les personnes vivant dans ces résidences le sont souvent à cause d'un handicap, il est possible que la proportion de PSH soit sous-estimée. Finalement, il est possible de constater que la proportion de PSH est largement plus faible au Québec que dans les autres provinces et ce, pour l'ensemble des enquêtes réalisées dans les dernières années. En effet, dans l'ECI 2017, 16% de la population québécoise s'identifiait comme étant en situation de handicap comparativement à 22% pour le reste du Canada. La raison de cet écart significatif demeure obscure. MacKenzie (2014) a consacré une thèse entière à tenter d'expliquer les écarts entre les provinces. Il a été en mesure d'expliquer pourquoi certaines provinces avaient une proportion plus élevée de PSH, cependant, le constat demeure flou pour la province de Québec. Une des hypothèses avancées est qu'il s'agit d'une enquête basée sur la perception de handicap, ainsi, il est possible que les québécois se perçoivent comme étant moins handicapés, notamment à cause de leur contexte social et des services offerts.

Dans le cadre de cette thèse, l'ECI a été utilisée pour la contribution 3 afin de développer un algorithme pour estimer la proportion de la population admissible au service de TA. Malheureusement, l'enquête ne consacre pas de section spécifique à la mobilité; quelques questions abordent le TA, mais celles-ci ne permettent pas de tirer des conclusions sur les besoins et l'utilisation

des différents modes de transport. Heureusement, l'ARTM a inclus une question sur la présence de handicap dans sa plus récente version de l'enquête OD ce qui donne espoir pour de futures analyses.

3.2.3 Données enquête origine destination

Pour la contribution 4, l'objectif était d'établir les écarts de mobilité entre les personnes avec et sans handicap. Ainsi, cela nécessitait une source de données détaillant les comportements de mobilité tous modes de transport confondus, et ce, pour les personnes avec et sans handicap. L'enquête OD de 2018, réalisée conjointement entre l'ARTM, Exo, la STM, la STL, le RTL, le MTMD le MAMH et la CMM répondait à ces critères.

Au total, l'enquête a été complétée par 74 000 ménages et permet d'obtenir les informations sur 360 000 déplacements (ARTM, 2018). Elle couvre un territoire s'étendant au-delà de la région Métropolitaine de Montréal, mais dans le cadre de cette recherche, seules les données pour l'agglomération de Montréal ont été utilisées. Cette enquête est réalisée tous les 5 ans depuis 1970, et la collecte de données était entièrement faite au téléphone jusqu'en 2018, lorsqu'un questionnaire en ligne a été ajouté. Le but de l'enquête est de tracer un portrait de la mobilité de la population pour l'ensemble des modes de transport. Les répondants sont amenés à répondre à des questions démographiques (âge, genre, occupation etc.); ils doivent ensuite lister l'ensemble des déplacements faits dans la journée précédant la complétion du questionnaire. Selon le contexte, deux types d'enquêtes sont utilisés : les enquêtes-ménage et les enquêtes-personne (Mongeon-Bourbonnais, 2016). Pour les enquêtes-ménage, un seul répondant doit remplir le questionnaire pour l'ensemble des membres du ménage; pour l'enquête-personne, le répondant doit uniquement déclarer ses propres déplacements. Généralement, les enquêtes-personne sont réalisées dans les entreprises ou les écoles.

En 2018, la collecte de données a été effectuée à l'automne, donc les réponses reflètent la mobilité de la population pour une journée normale de semaine au cours de cette saison. Comme la complétion du questionnaire est volontaire, les résultats sont pondérés afin d'être représentatifs de l'ensemble de la population. En 2018, une nouvelle question a été ajoutée afin d'identifier si le répondant ou un membre de son ménage avait un handicap limitant sa mobilité quotidienne. Cette question a permis d'établir le portrait de la mobilité des PSH et de la comparer à la population générale, tel que présenté dans la quatrième contribution de cette thèse. Néanmoins, les analyses demeurent limitées puisque le type de handicap des répondants est inconnu. De plus, il est possible de savoir si un répondant a utilisé

le TA durant la journée à l'étude, mais il impossible de savoir quelles personnes sont utilisatrices du TA. L'ajout d'une question sur l'admissibilité au TA permettrait d'établir la part modale de celui-ci dans les habitudes de mobilité des PSH, ainsi que plusieurs autres indicateurs. En 2020, l'ARTM a mené un sondage auprès des utilisateurs du TA de la région métropolitaine de Montréal, ce qui a permis d'obtenir un portrait plus détaillé de la mobilité des usagers du TA. Celle-ci ont été utilisées pour les contributions 4 et 5.

La réalisation de l'enquête de 2018 comportait quelques problématiques, dont le taux de réponse en baisse, un biais démographique causé par le fait que les répondants rejoints par ligne téléphonique sont majoritairement âgés, ainsi que de forts taux de réponse pour les collectes de données en porte-à-porte, mais pour une région démographique très petite. Également, plusieurs sondages n'ont pas été complétés en entité et la raison de l'abandon est inconnue. Plusieurs solutions sont envisagées pour les prochaines enquêtes afin de réduire le fardeau pour les répondants, de réduire les abandons en porte-à-porte, d'augmenter les répondants employeurs, etc. (Harding et al., 2023).

3.2.4 Données de sondage de l'ARTM

En 2020, l'ARTM a réalisé un sondage auprès des utilisateurs du TA afin de connaître leurs perceptions et leurs habitudes de mobilité pour l'ensemble des modes de transport utilisés (ARTM, 2020). Cette source de données a été utilisée plutôt à titre de complément pour enrichir les réflexions incluses dans la contribution 4 et 5. Dans la contribution 4, elle a été utilisée pour étudier l'hypothèse que les écarts de mobilité proviennent d'une insatisfaction des PSH vis-à-vis l'offre de transport. Pour la contribution 5, ce sont les deux questions en lien avec les impacts de la COVID-19 sur l'utilisation du TA qui ont été utilisées pour amener un angle différent à l'analyse des données du TA de la STM.

Ce sondage a été réalisé par téléphone et en ligne entre le 27 juillet et le 22 septembre 2020 par 1500 usagers du TA de la STM, de la STL, de la RTL et d'Exo. Les résultats ont été pondérés en fonction de la région, du genre, de l'âge et de la limitation principale du répondant. Dû au contexte pandémique, la majorité des questions mentionnaient aux répondants de faire fi de la COVID-19 pour refléter un contexte plus conventionnel, pré-pandémique. Les objectifs du sondage étaient d'obtenir le portrait sociodémographique des usagers, de comprendre leurs habitudes de mobilité, de déterminer l'impact des saisons sur leur utilisation des modes de transport, d'évaluer leur perception et leur satisfaction par rapport à différents modes de transport et de comprendre leurs habitudes d'achat de

titres de transport. Le grand avantage de ce sondage est qu'il considère l'ensemble des modes de transport; il a donc permis de faire la lumière sur la mobilité globale des usagers du TA. Il a été utilisé dans la quatrième contribution pour évaluer la satisfaction des usagers du TA vis-à-vis chacun des modes de transport, et plus précisément pour le TC régulier (autobus et métro).

Le sondage de l'ARTM s'est aussi intéressé aux impacts de la pandémie. En effet, une première question demandait aux usagers d'évaluer leurs habitudes de mobilité actuelles versus leurs habitudes pré-pandémiques. Une deuxième question leur demandait de prévoir l'utilisation des différents modes dans la prochaine année, soit la deuxième année de la pandémie. Les résultats de ces deux questions ont donc été utilisés dans la cinquième contribution de cette thèse.

3.2.5 Données de satisfaction de la STM

Dans la contribution 4, une analyse de la satisfaction des usagers du TA vis-à-vis les services de TC de la STM a été réalisée à l'aide des données du sondage de l'ARTM. Comme cette contribution s'intéressait aux écarts de mobilité entre les personnes avec et sans handicap, il était nécessaire de trouver un comparatif au niveau de la satisfaction. C'est pourquoi les données de satisfaction collectées par la STM ont été utilisées.

La STM collecte fréquemment des données en lien avec la satisfaction des usagers du TC régulier (autobus et métro); il s'agit de données collectées dans le but d'améliorer le service. Elles sont collectées par l'entremise de sondages en personne, directement dans le TC. Le sondage aborde plusieurs sujets tels la ponctualité, la fiabilité, la sécurité, le confort, la propreté, etc. Les répondants doivent donner une note de 1 à 10 pour chacun des énoncés en fonction de leur niveau de satisfaction. De plus, le sondage comporte quelques questions démographiques, soit l'âge et le genre de l'utilisateur. Dans le cadre de cette thèse, les données de 2019 (8 193 sondages) ont été utilisées pour comparer la satisfaction des usagers sans handicap pour le TC régulier avec celle des usagers du TA qui utilisent le réseau régulier. Il a été décidé d'utiliser les données de 2019 même si des données plus récentes existaient afin de supprimer les impacts de la pandémie sur les résultats.

CHAPITRE 4 ARTICLE 1: ADJUSTING DWELL TIME FOR PARATRANSIT SERVICES

Rédigé par :

Camille Garnier, Martin Trépanier et Catherine Morency

Publié le 9 septembre 2020 dans :

Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board,

Volume 2674, Issue 9, DOI : <https://doi.org/10.1177/0361198120931099>

4.1 Abstract

Paratransit (door-to-door public transit services for people with disabilities) is a key element of the public transit system. This type of service can be very costly to operate, yet it is essential for social inclusion. The aim of this study was to develop a quantitative approach to estimate paratransit dwell times and improve trip scheduling. Dwell time is defined as the time required for a vehicle to stop to board or alight passengers. Data collected by the paratransit department of the *Société de transport de Montréal* (STM), the Montreal public transit agency, between September 2014 and May 2018 was used to estimate a dwell time model. Over 5 million data points were analyzed using a multiple linear regression model. The model takes into consideration the type of vehicle used, passenger characteristics (ambulatory or wheelchair passenger, support person), the activity performed at the stop (boarding or alighting), the stop location, the time, day, and month the trip took place on, and the type of place (residential or non-residential) served. The results reveal all these variables have a significant impact on dwell times. Using these results, a method was developed to improve estimated dwell times in STM's paratransit scheduling system. The new method was implemented on August 1, 2018. The difference between planned and actual travel times was measured, before and after the implementation of the new method. The results show the on-time performance of the service was improved which helped optimize routes and reduce associated operational costs.

Keywords: Paratransit, dwell time, multiple linear regression analysis, data mining

4.2 Introduction

The most recent Canadian Survey on Disability found that one in five Canadians has one or more disabilities that limited them in their daily activities (Statcan, 2018a). In addition, declining autonomy, especially relating to mobility, contributes to exclusion and loneliness in disabled and elderly people (Leistner & Steiner, 2017; Rapegno & Ravaud, 2017). Paratransit, a flexible door-to-door public transit service, is an alternative mode of transportation for people with physical or mental disabilities. The *Société de transport de Montréal* (STM) operates this type of service in the agglomeration of Montreal, located in the province of Quebec, Canada (STM, 2019b). This paratransit service is in line with the Government of Canada's new bill to create standards and laws to improve accessibility in Canada (Government of Canada, 2019). Quebec is also endowed with a law that enforces the rights of people with disabilities (Government of Quebec, 2004)¹. It stipulates that transportation companies, such as the STM, must adopt a development plan to provide safe public transportation for people with disabilities in a timely manner (Government of Quebec, 2004). The STM's 2016-2020 plan presents several concrete actions to make the public transit network more universally accessible (STM, 2016-2020). In the meantime, however, since the public transit network is not fully accessible to the entire population, improving paratransit services remains essential.

Nowadays, on-time performance is a key aspect of customer loyalty for all types of public transit (Rudnicki, 1997). Two parameters can affect on-time performance: running time and dwell time at bus stops (Ji et al., 2018; Sadeghpour & Ögüt, 2017). Transit agencies have a good knowledge of running time and can rely on powerful analytical tools. Unfortunately, it is more difficult to estimate dwell times, which are defined as the time required for a vehicle to stop to board or alight passengers. The aim of this study was to develop a quantitative approach to estimate paratransit dwell times and improve trip scheduling. The model takes into consideration the type of vehicle used, passenger characteristics (ambulatory or wheelchair passenger, support person), the activity performed at the stop (boarding or alighting), the stop location, the time, day, and month the trip took place on, and the type of place (residential or non-residential) served. The model was also used to modify the STM's paratransit scheduling system's parameters. This paper starts with a literature review, followed by a

¹ Correction: **A law also exists in Quebec that enforces** the rights of people with disabilities (Government of Quebec, 2004)

description of the data, context, and methodology. The results are then presented and analysed. Lastly, the implementation of the method to improve STM's paratransit on-time performance and the research limitations are highlighted.

4.3 Literature review

There is a large body of research dedicated to bus stop dwell times for public transit services. It is also quite common to find research on paratransit. However, research projects that combine these two topics are rare. Nonetheless, dwell times have a much greater impact on paratransit's total travel time than on regular transit's (Levinson, 1983). Therefore, it is essential to expand the knowledge relating to paratransit service dwell times.

4.3.1 Paratransit

Paratransit can take different forms depending on the region of the world (Mulley & Nelson, 2016) and is one of the available services which can meet the needs of disabled persons (WenZhao & XiaoKuan, 2016). In general, paratransit is a service used by people living with a disability who cannot use the regular public transit network (Code, 2008; Transport Ministry of Quebec, 1998). Customers must book their trip in advance to reserve their seat. The operating agency optimizes the routes to pickup all scheduled passengers. This type of service has been shown to reduce social isolation (Leistner & Steiner, 2017; Rapegno & Ravaud, 2017) as it allows customers to travel daily. As the population of Quebec ages, the demand for this type of service is expected to increase in the coming years (Fordham et al., 2017).

Planning paratransit services is challenging. The diversity of customer needs and of destinations served leads to a great variability in travel times. Fortunately, in some cases, transit agencies collect high quality data through their paratransit services (Desharnais & Chapleau, 2010). Analysing this dataset makes it possible to identify travel behaviour patterns (Desharnais & Chapleau, 2013), to evaluate the best location for new transport infrastructure (Deka et al., 2017), to create key performance indicators (Morse et al., 2017), to develop an imminent arrival notification system (Gutesa et al., 2017), etc. Despite this, there is still a lot of untapped potential and possible improvements to existing methods.

4.3.2 Dwell time

Dwell time at stop is important for all types of transport: maritime (Soltani et al., 2015), aviation (Mumayiz, 1990), train (Lin & Wilson, 1992) and bus (Lin & Wilson, 1992)². Contrary to what many might believe, dwell time represents a large proportion of total travel time, between 26% and 50% (Sadeghpour & Ögüt, 2017). Several factors can influence dwell time. In the case of public transit, vehicle characteristics such as the number of doors, door configuration and widths, floor height, fare-collection policies, etc. (Arhin et al., 2016; Fernández et al., 2010; Ji et al., 2018; Levinson, 1983; Wang et al., 2016) as well as factors directly linked to the service such as the number of customers at the stop, bus occupancy rate, etc. (Fernández et al., 2010; Levinson, 1983) all influence dwell times. External factors like the weather, the location, the territory, etc. (Hofmann & O'Mahony, 2005) also have an effect. Finally, there are customer characteristics that can change individual boarding or alighting times: age, gender, disability, luggage, etc. (Lei et al., 2017; Sadeghpour & Ögüt, 2017). Whether these variables have a similar impact on paratransit dwell times is not known.

4.4 Methodological framework

4.4.1 Dataset

The data used in this research was provided by STM's paratransit service. It is extracted every evening from the GIROACCES tool (Giro, 2022), which is used to plan the paratransit service. The data is then stored in a relational database on an SQL server. Finally, a series of data processing methods is applied using an in-house algorithm to measure on-time performance. Unlike STM's smart card data pertaining to the regular network, with which it is not possible to identify passengers' destinations (Deschaintres et al., 2019; Dubos-Golain et al., 2017; Lei et al., 2017; Morency et al., 2007) , paratransit data is detailed and complete. It is possible to obtain the place of departure and arrival, the activities performed by the vehicle (run, board, alight), the type of vehicle in use, if a passenger has a wheelchair, etc. (DiPetrillo & Lubin, 2015).

Currently, the STM provides about 10,000 paratransit trips each day. To have a significant sample, the data was collected between September 15, 2014, and May 1, 2018. Overall, 7.45 million records

² Correction: Dwell time at **stops** is important for all types of transport: maritime (Soltani et al., 2015), aviation (Mumayiz, 1990), train (Lin & Wilson, 1992) and bus (Lin & Wilson, 1992)

were collected, which constitute a sample of all trips. Not all vehicles are equipped with a GPS device, so only some trips are recorded. Each record contains the information relating to the arrival and departure of a single customer at a stop, however more than one passenger can board or alight at a given stop. Records were aggregated to obtain grouped stop data. Following this step, the number of records was 6.57 million.

4.4.2 Data cleaning

After grouping, some observations were eliminated because they were not representative of the normal situation. First, stops for which there was no GPS match were removed. No GPS match occurs when the vehicle does not come to rest in the pre-set zone, when the GPS is defective, or when the trip is cancelled late. This sorting removed 2.5% of the data. The second source of exclusion is related to on-time performance policies. The STM has a policy that prevents drivers from arriving ahead of schedule at the boarding location if the vehicle is initially empty. This practice is proscribed by the STM because it can cause unnecessary stress to the rider. So, events where the driver was more than five minutes ahead of the scheduled arrival time and no passenger was descending were eliminated from our analysis. In addition, there is also a policy on customer delays. If the passenger has not appeared 15 minutes after the scheduled arrival time, the driver can leave without the rider. These types of events were also excluded from the study. Dwell time is calculated from the moment when the GPS detects that the vehicle is stopped in front of the planned location (see Figure 4-1). Thus, if the driver arrives at the location in advance or if the customer is late, then the dwell time will be greater than the time needed to board the person. In summary, if the driver or customer did not respect the policies established by the STM then the data has been excluded from the analysis. In our data sample, this situation occurred on 18.7% of the stops. Finally, the data related to unusual events was also eliminated. When an unusual event occurs, the driver signals it, and the data is then flagged accordingly. After the data removal step, the total number of data points dropped to 5.07 million (Viau & Bouchard).

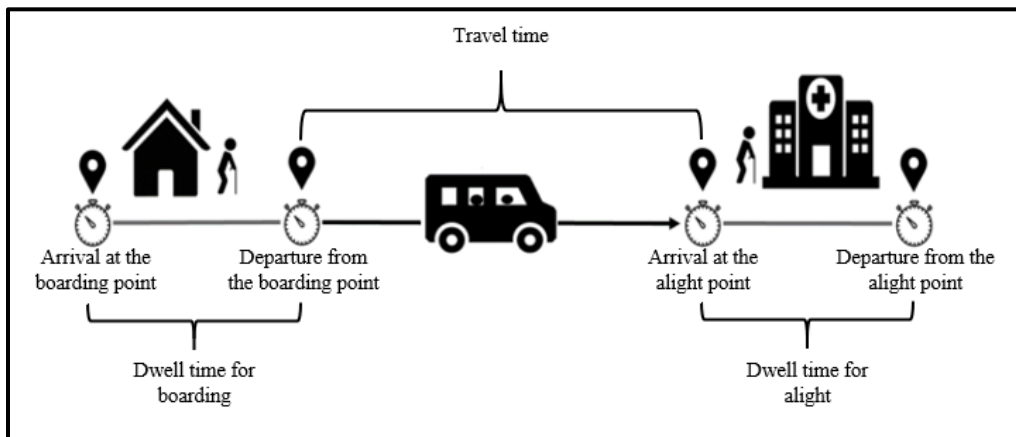


Figure 4-1: Categorization of time components for STM paratransit planning

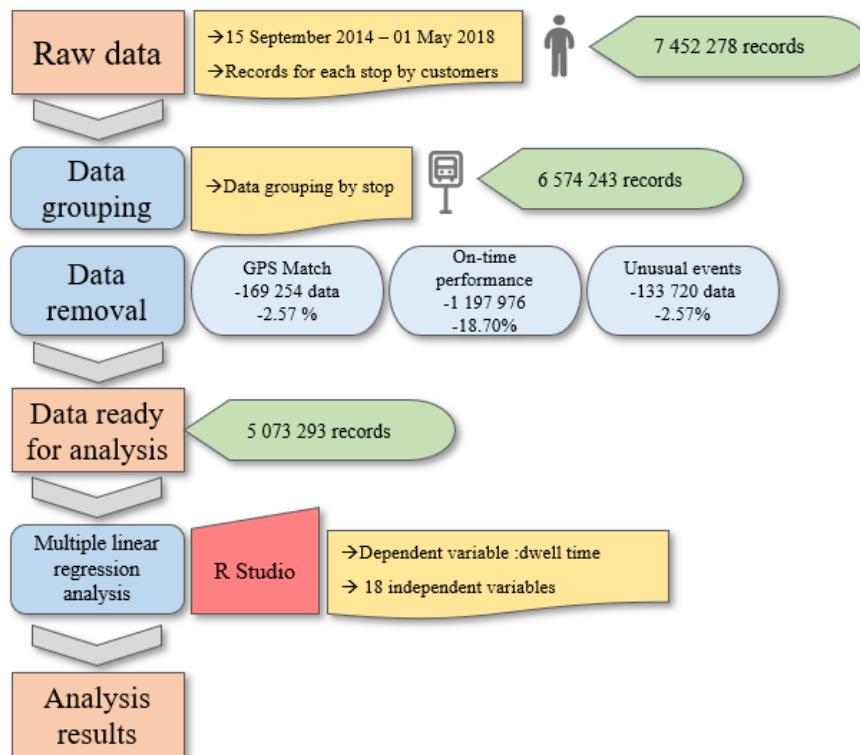


Figure 4-2: Diagram of the methodological framework to estimate dwell times

4.4.3 Context

Territory

The STM operates public transit in the agglomeration of Montreal (Island of Montreal), located in the province of Quebec, Canada. In 2018, the population of the Island of Montreal reached 2,029,379

inhabitants (Institut de la statistique Québec, 2019). Montreal is the city with the highest population density in Quebec with 4,015.5 inhabitants/km² (Institut de la statistique Québec, 2019). Only residents of the Island of Montreal have access to the STM's paratransit service. Similar services are available in other cities. However, a customer may request to travel within a larger territory. The Island of Montreal is accessible through bridges and a tunnel that are usually congested at peak hours. Population density off the Island of Montreal is lower and there is less congestion. In addition, there is a network of four underground subway lines consisting of 68 stations (STM, 2019a). Only 14 stations are currently equipped with elevators (STM, 2022a). Montrealers can also count on a large bus network of 1,800 vehicles running on more than 200 bus lines (STM, 2019a).

Climate

The climate in Quebec is highly variable depending on the season. The coldest month is January with an average temperature of -10°C (14°F) (Ville de Montréal, 2019). The winter period (December, January, and February) brings snow precipitation, cold weather and high winds. In contrast, the hottest month is July with an average temperature of 22°C (70°F) ((Ville de Montréal, 2019). During this period, Quebec can be plunged into heat waves: this great variability in temperatures causes problems with roads and transportation.

Vehicle

The STM uses three types of vehicles to move people with disabilities. This provides more flexibility and versatility in addition to reducing operating costs. First, the STM has 80 minibuses (Figure 4-3 C). Drivers are hired and trained to drive these. Minibuses can accommodate up to six wheelchair passengers and 16 ambulatory passengers (retractable seats). This vehicle has a side lift platform and a front door with three steps (STM, 2019c). Moreover, the STM can count on 10 taxi companies to transport customers. In fact, 89 % of paratransit trips are made by taxi (STM, 2019c). Regular taxis (Figure 4-3 B) transport ambulatory passengers or those using a folding wheelchair that can be transferred to the vehicle. This type of taxi can accommodate a maximum of four passengers. Wheelchair accessible taxis have a ramp and can accommodate two wheelchair passengers and three ambulatory passengers.



Figure 4-3: Vehicles used by the STM paratransit service (A. Wheelchair Accessible Taxi, B. Regular Taxi, C. Minibus) (STM, 2019c)

4.4.4 Model

As shown by the literature review, dwell times can vary greatly depending on several factors. Therefore, the multiple linear regression analysis was selected for this research (Boston University, 2013). Indeed, this analysis is used to assess the association between two or more independent variables and a single continuous dependant variable (Boston University, 2013). The list of variables used in the model is detailed in Table 4-1. The choice of variables was made based on available information and some preliminary analysis.

Table 4-1: Variables used for multiple linear regression analysis

#	Variable name	Type	Description	Values
1	Dwell time (DT)	Endogenous Continuous	Duration of the stop	(31...599) Seconds
2	Day type (d)	Exogenous Binary	Day of the week (weekend or weekday)	(0/1) Weekend (1) Week (2)
3	Month type (m)	Exogenous Binary	Winter month or not	(0/1) Winter months → December, January, and February (1) Other months (2)
4	Period (p)	Exogenous Binary	Period of the day	(1/3) AM Peak: 7:00 am – 9:30 am (0/1) Off-peak: 9:30 am – 2 :30 pm (0/1) reference value PM peak: 2 :30 pm – 6:30 pm (0/1)
5	Vehicle (v)	Exogenous Binary	Type of vehicle used to transport customers	(1/3) Minibus (0/1) Regular taxi (0/1) Wheelchair accessible taxi (0/1) reference value
6	Number of ambulatory passengers boarding (nab)	Exogenous Integer	Number of ambulatory passengers that boarded at this stop	(0...10)
7	Number of wheelchair passengers boarding (nwb)	Exogenous Integer	Number of wheelchair passengers that boarded at this stop	(0...10)
8	Number of support persons boarding (nacb)	Exogenous Integer	Number of support persons that boarded at this stop	(0...10)
9	Number of ambulatory passengers alighting (nad)	Exogenous Integer	Number of ambulatory passengers that alighted at this stop	(0...5)
10	Number of wheelchair passengers alighting (nwd)	Exogenous Integer	Number of wheelchair passengers that alighted at this stop	(0...8)

Table 4-1: Variables used for multiple linear regression analysis (continued and end)

#	Variable name	Type	Description	Values
11	Number of support persons alighting (nacd)	Exogenous Integer	Number of support persons that alighted at this stop	
12	Territory (t)	Exogenous Binary	The stop was located on the Island of Montreal	(0/1) True (1) False (2)
13	Place served (p)	Exogenous Binary	Type of place served by the stop	(0/1) Non-residential (1) Residential (2)

The equation of linear regression is therefore,

$$DT = a_0 + a_1d + a_2m + a_3p_1 + a_4p_2 + a_5p_3 + a_6p_4 + a_7v_1 + a_8v_2 \quad (4.1)$$

$$+ a_9v_2 + a_{10}naba_{11}nwb + a_{12}nacb + a_{13}nad + a_{14}nwd + a_{15}nacd + a_{16}t + a_{17}p + \varepsilon^3$$

Variables 6 to 8 consider the passengers boarding the vehicle and not those who were already onboard. In addition, support persons are only counted in variable 8 and 11, they are not counted in the number of ambulatory passengers.

Furthermore, observed dwell times were highly variable and did not have a normal distribution. Figure 4-4 shows that the curve was highly skewed to the right. A logarithmic transformation was used to correct this before running the multiple linear regression model.

³ ε : error

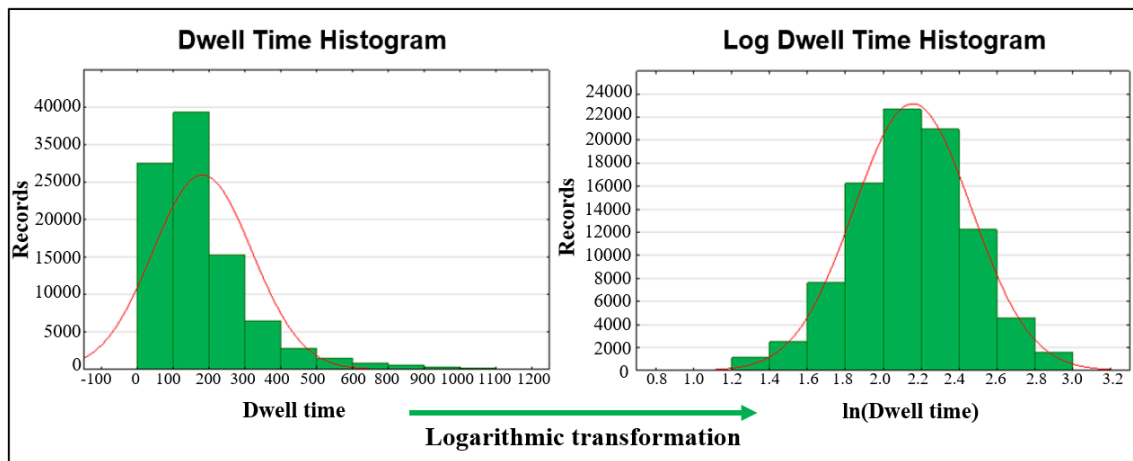


Figure 4-4: Dwell time frequency distribution before and after the logarithmic transformation

4.5 Results

4.5.1 Results of the multiple linear regression analysis

RStudio was used to obtain the coefficients for the multiple linear regression model. Table 4-2 shows the model performs well.

Table 4-2: Multiple Linear Regression Global Results

Indicator	Description	Value
Coefficient of Determination (<i>R-squared</i>)	Percentage of variable response that is explained by the linear model (43)	0.2295
Adjusted Coefficient of Determination (<i>Adjusted R-squared</i>)	R-squared that has been adjusted for the number of predictors (43)	0.2294
P-Value	The probability of finding the results when the null hypothesis of study question is true. A low P-value indicated that the data is likely to be a true null (43)	2.2e-16
F-Statistic	Indicates if a group of variables are jointly significant. If the P-value is less than the F-statistic, then the regression model fits the data better than the model with no independent variable (43)	9.66e+04

Based on the results shown above, the independent variables in the model explain 22.9% of the variation in the dwell times. A model with greater explanatory power could have been expected, however, dwell times can be highly variable (see Figure 4-4) for two similar stops (same customer,

same place, same vehicle, same period, etc.). It is of interest to highlight that the P-Value is smaller than the F-Statistic, which indicates that the linear regression model explains the variation better than a model without independent variables (The Minitab Blog, 2019). Therefore, the choice of the model is appropriate. The coefficients of each of the variables, which can be found in the Table 4-3, were examined to determine their impact on dwell times.

Table 4-3: Dwell time multiple linear regression model

	Coefficient	Standard error	Significance Test	P-value
Intercept	105.3916	1.4844	70.998	0.00000
Day type (weekend)	0.6165	1.0196	0.605	0.545390
Month type (Winter)	14.0569	0.7876	17.848	0.000000
Period (Off Peak)	NA	NA	NA	NA
Period (AM Peak)	-14.4297	0.9153	-15.765	
Period (PM Peak)	-2.8011	0.8315	-3.369	0.000756
Vehicle (Minibus)	22.2506	1.8203	12.223	0.000000
Vehicle (Regular Taxi)	-6.2329	1.2762	-4.884	0.000000
Vehicle (Wheelchair accessible Taxi)	NA	NA	NA	NA
Number of ambulatory passengers boarding	86.1057	0.8696	99.012	0.000000
Number of wheelchair passengers boarding	164.4240	1.5842	103.792	0.000000
Number of support persons boarding	39.7819	1.3875	28,672	0.000000
Number of ambulatory passengers alighting	17.3073	0.8668	19.968	0.000000
Number of wheelchair passengers alighting	97.7455	1.5891	61.510	0.000000
Number of support persons alighting	-8.5433	1.3886	-6.152	0.000000
Territory (off Island of Montreal)	37.9291	2.7940	13.575	0.000000
Place (Non-residential)	22.3110	0.7772	28.708	0.000000

The Table 4-3 reveals some interesting information. It can be noted that alighting has a lesser effect on dwell times than the other variables. Also, three variables have a negative coefficient, which means that when the value increases or is true, dwell times decrease.

4.5.2 Discussion of Results

Moment of occurrence

First, according to the model above, it is possible to determine that a trip occurring on a weekend will have no effect on dwell times. Indeed, the p-value for this variable is larger than 0.05 so there is no significant impact on the dependant variable, unlike other variables. Stops occurring during peak hours have a shorter stop time than those in the off-peak period. This can be attributed to drivers taking more time to board and alight passengers when their schedule is less busy. Also, drivers often try to accumulate some extra time in the morning to take a break before starting the second part of the day. Finally, during the winter months (December, January, and February), dwell time is 15 seconds longer overall. It is recognized in the literature that the weather has a significant impact on transit efficiency (Hofmann & O'Mahony, 2005) and travel behaviour patterns (Dubos-Golain et al., 2017; Khattak & De Palma, 1997). With the analysis carried out here, it is possible to conclude that winter weather (snow and cold) has an impact on paratransit dwell times. Indeed, the snow and the cold can slow the movement of customers as they approach the vehicle, and it is more difficult to lower the vehicle ramps.

Vehicle Activity

The model clearly shows longer boarding times than alighting times for all three types of passengers (ambulatory and wheelchair passengers, as well as support persons). This phenomenon was predictable because when boarding, customers may arrive late, extending the time at the stop. This is not possible when alighting.

Vehicles

Minibuses are the vehicles with the longest dwell times. Using this type of vehicle increases the duration of stops by 22 seconds compared to wheelchair accessible taxis. Regular taxis on the other hand have a 6-second shorter dwell time. This can be explained by the type of mobility aid the vehicle accommodates. Regular taxis can only accommodate folding wheelchairs, while minibuses and wheelchair accessible taxis accommodate all types. Rigid wheelchairs must be anchored to the floor according to a specific procedure (Government of Quebec, 2019). This procedure takes some time and varies for different types of wheelchairs. Minibuses can accommodate larger and more complex

mobility aids - that take longer to anchor - than wheelchair accessible taxis. The difference in dwell times can be attributed to this.

Passengers

Unsurprisingly, wheelchair passengers spend more time boarding or alighting than ambulatory passengers. Dwell time is increased by 164 seconds for each wheelchair passenger at a stop, compared to an ambulatory passenger, which adds 86 seconds. As mentioned above, serving a customer with a wheelchair requires a longer security procedure. In addition, drivers must lower the ramp or lifting platform. The presence of a support person also increases the boarding time, but the alighting time is reduced. This is because support persons can assist the passenger they are with, which reduces the driver's task. Most of the time, support persons are relatives or friends. It is important to mention that passengers who would be able to use regular transport if they were accompanied are not entitled to be accompanied by a support person in paratransit.

Territory

Stops located off the Island of Montreal take 37 seconds longer than those located on the Island. This can be explained by the waiting policy for customers who are late. Drivers must wait a maximum of 15 minutes for a rider to arrive. During the 15-minute wait period, the operation center will try to contact the customer. If this does not work, the driver will be authorized to leave without the rider. However, when the stop is off the Island of Montreal, the operation center will ask the driver to wait longer to avoid the costs of sending another vehicle later. Stops on the Island of Montreal are easier to serve, since there is a higher density of vehicles. It is often possible to reorganize a tour when a customer is late and misses the ride.

Place served

In Quebec, the accessibility of buildings is regulated by the *Régie du bâtiment du Québec* (RBQ) (Régie du bâtiment du Québec, 2019). As a result, many non-residential places, such as commercial or institutional buildings, and new residential buildings are subject to regulations related to universal accessibility. This explains the addition of 22 seconds when serving non-residential places⁴. It would

⁴ Correction: This **does not explain** the addition of 22 seconds when serving non-residential places

have been more accurate to assess the variability according to the accessibility of the building, but this information is not available.

4.6 Implementation

The methodology developed in the research project made it possible to adjust the boarding and the alighting times for STM's paratransit service. However, the scheduling system used by the STM does not allow taking all the studied variables into account to adjust dwell times. The variables that can be used are the trip purpose, the number of passengers boarding, the number of passengers alighting, the number of ambulatory and wheelchair passengers, the type of vehicle, the type of place served and if it's a winter month (Figure 4-5). Changes to the operating system would be required to include other variables.

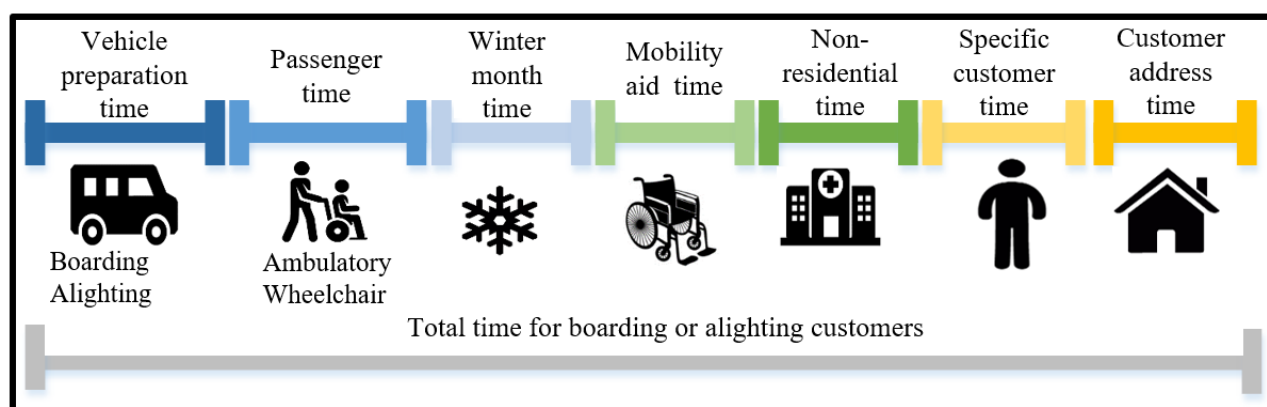


Figure 4-5: Type of planned times that can be adjusted with STM's paratransit scheduling system

Dwell times estimates were last modified in STM's paratransit scheduling system. New adjustments were made to the scheduling system based on the dwell time multiple linear regression model devised for this study. The approach was first validated by simulating a complete day of activity using the new estimated dwell times in a test version of the system⁵. After the simulation, the schedule produced using the dwell time model was compared to the original one to ensure the validity of the results. This validation showed the new planned travel times did not leave enough leeway for the drivers. It was decided, in collaboration with the STM, to increase the new dwell times by 5%. The new scheduling

⁵ Additional explanation: All the actual dwell times for a regular day of operation were compared to the scheduled dwell times using the old parameters used by the STM and with the new scheduled dwell times using the parameters obtained through the methodology developed in this contribution for different scenarios.

approach was implemented on August 1st, 2018. All the schedules generated after this date are based on the results of our study.

Two indicators were used to evaluate the performance of the new schedules based on the dwell time model. The first indicator was the average difference between the actual duration of the stops and the planned duration. This first indicator can help ensure that the planned duration is closer to reality. It is important that this gap remains positive because drivers must have the leeway to perform the protocol. The protocol includes the boarding and the alighting of the customers but also the payment, the escort, the fixing of the wheelchair, etc. The second indicator was the standard deviation of the previous measure. The goal is to minimize the standard deviation to reduce the cases where there is too much, or not enough time planned. The results are presented (Figure 4-6) under different scenarios to help ensure schedules perform well under all conditions.

- Scenario 1: Global, no filter is applied
- Scenario 2: When the number of passengers is equal to 1
- Scenario 3: When the number of passengers is equal to 2
- Scenario 4: When the number of passengers is equal to 3
- Scenario 5: When the stop is made in front of a non-residential place
- Scenario 6: Boarding only
- Scenario 7: Alighting only
- Scenario 8: Ambulatory passenger only
- Scenario 9: Wheelchair passenger only

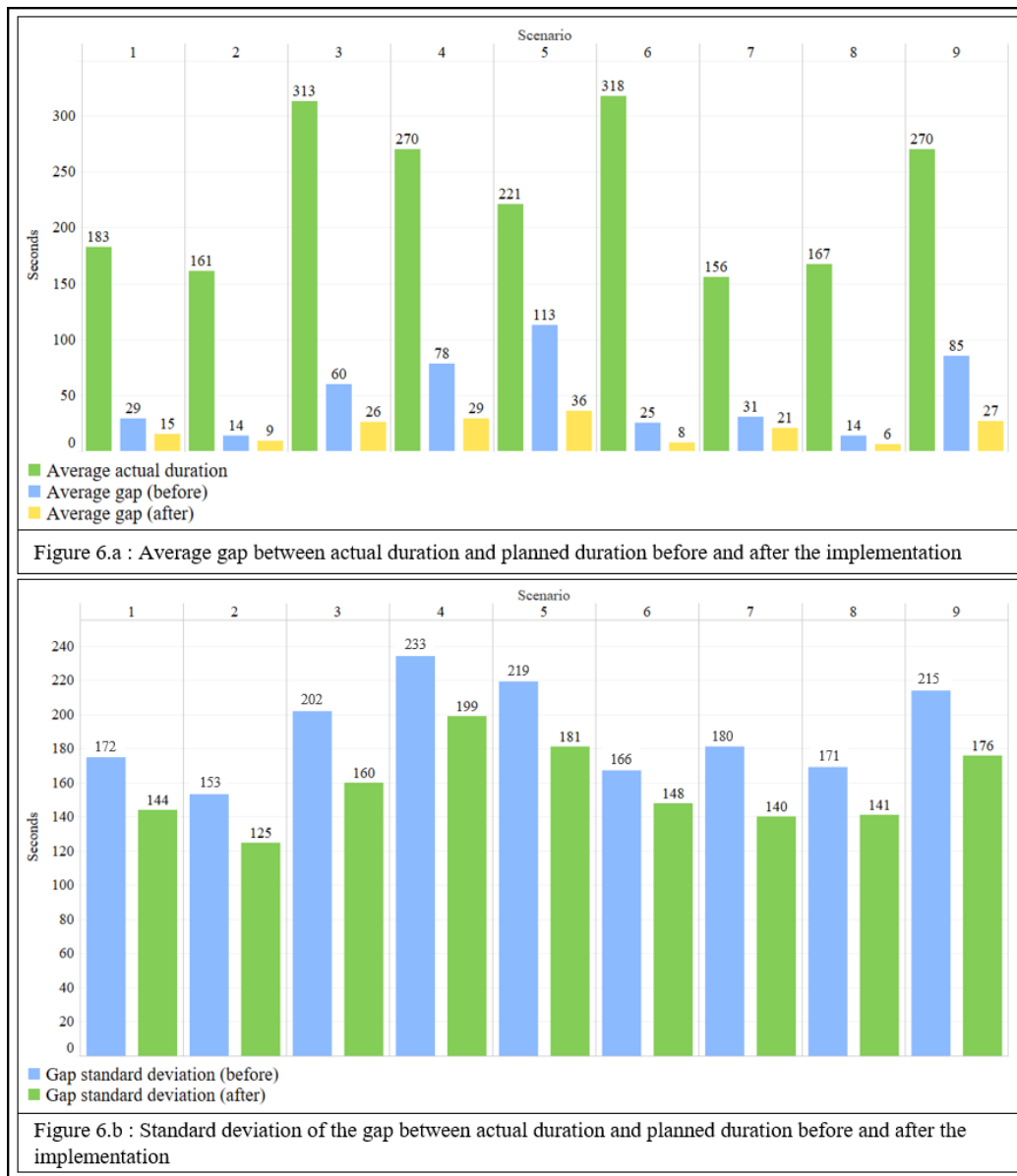


Figure 4-6: Results after new method implementation for the 9 scenarios

Note the gap has been reduced in all 9 scenarios using the new dwell time estimating approach. In addition, the gap remains positive providing drivers with more room for maneuver. Also, the standard deviation has been reduced for all scenarios showing extreme cases have been reduced. Finally, a major change was made when serving non-residential places since too much time was spent in serving these destinations before. Initially, the dwell time estimates for serving non-residential places were based on occasional observations and timing. In fact, a project had been carried out to time a series

of boarding and alighting to estimate the dwell time. As a result, dwell time was often overestimated, and this had an impact on overall route planning.

Better and more accurate planned travel times makes it is easier for drivers to adhere to their schedule⁶. Thus, their work is more pleasant and less stressful. Moreover, adherence to schedule improves on-time performance as well as service quality. Finally, dwell times were reduced overall, improving the efficiency of the service since it is possible to serve more trips with the same number of vehicles and drivers. This has an impact on operating costs.

4.7 Conclusion

The multiple linear regression model devised for this study explains 22.7% of the variability of stop dwell time for STM paratransit trips that took place between 2014 and 2018. Moreover, it is possible to conclude that trips occurring during winter months, as well as the number of boarding passengers, the number of alighting passengers, the use of a minibus, the number of wheelchair passengers, serving a non-residential place and serving a stop located off the Island of Montreal generally increase dwell times. Finally, other variables, such as the use of a regular taxi, the number of ambulatory passengers and the presence of a support person reduce dwell times.

There are limitations. The analysis was based on a large amount of data, and these included a wide variety of information. Despite this, some parameters could not be studied. For example, the variability associated with drivers would have been an interesting element, but it would have greatly complicated the model. Furthermore, this information is quite sensitive and difficult to obtain. It would also have been interesting to look at other characteristics associated with the passenger such as the type of disability, age, gender, seniority (date of registration for paratransit) etc. Unfortunately, this type of information was not available. It would also be interesting to add information on trips like the trip purpose or origin-destination land-use. Finally, adding a weather-related variable may have improved the model. For instance, by identifying stops made during a snowstorm or heat wave. The transport of people with disabilities involves a lot of unforeseen events which can make dwell times difficult to predict. Nevertheless, it remains essential to determine the factors that have an impact on boarding and alighting times to help optimize operations.

⁶ Correction: Better and more accurate planned travel times makes **it easier** for drivers to adhere to their schedule

Research can improve the service provided to the customer since it improves the service's on-time performance. Concurrently, this makes it possible to optimize vehicle routing and serve more trips using the same fleet. Such improvements can generate cost savings. Moreover, improving estimated dwell times is useful for developing an imminent arrival notification system (IANS), which would greatly improve customer experience. The STM recently implemented an IANS for its paratransit customers. This system notifies customers when the vehicle is less than 15 minutes away from their pickup location. Accounting for more accurate dwell times makes these notifications more reliable. The IANS helps customers arrive at the stop in a timely manner which also contributes to improving the service's on-time performance.

4.8 Acknowledgement

The authors wish to acknowledge the *Société de transport de Montréal* for the data access and financial support. The authors also would like to thank Mitacs for its financial support. It is also important to highlight the mentoring work done by Julie Rémillard, and Serge Morissette. The authors also want to thank the Paratransit Committee and the TRB's reviewers for their comments. Finally, thanks to Assumpta Cerda for the correction of the article.

CHAPITRE 5 ARTICLE 2: CRITERIA TO PRIORITIZE OPPORTUNITIES TO SHIFT PARATRANSIT TRIPS TO REGULAR TRANSIT NETWORK – MONTREAL CASE STUDY

Rédigé par :

Camille Garnier, Martin Trépanier et Catherine Morency

Publié le 15 février 2022 dans :

Journal of Transport & Health

Volume 24, 101338, DOI : <https://doi.org/10.1016/j.jth.2022.101338>

5.1 Abstract

Introduction: Mobility is an important tool for the social inclusion of PWDs (people with disabilities). Unfortunately, the number of paratransit users, in most cities, is rapidly growing while resources remain limited. Paratransit is one of the rare public transport services that are adapted to the needs of users with disabilities. Still, it may be possible to shift some paratransit trips to the RTN (regular transit network). The aim of this paper is to develop and test criteria to identify paratransit trips that could be shifted to the RTN with the best potential of success.

Methods: Four criteria are proposed to identify these trips. 1) The autonomy level of paratransit users: they must be able to use the RTN by themselves. 2) The universal design of each metro station, bus stop and vehicle. 3) The spatial location of both origin and destination of the trips and their proximity to the RTN, to avoid long walking/rolling distances. 4) The frequency of the trips: how many times over a year does a user performs a specific trip⁷. We propose a method to evaluate these criteria.

Results: These four criteria allow prioritizing paratransit trips that could be shifted the RTN with the most potential of success⁸. With these criteria, the safety and the satisfaction of users could be maintained while reducing operation costs of paratransit services. The method has been applied to

⁷ Correction: 4) The frequency of the trips: how many times over a year does a user **perform** a specific trip

⁸ Correction: These four criteria allow prioritizing paratransit trips that could be shifted **to** the RTN with the most potential of success.

the paratransit trips of the STM (Montreal Transit Authority) and 15% (400 000 trips) of them could be shifted to the RTN in short term.

Conclusion: This research is a step forward to shift paratransit trips to RTN. Still, the proposed criteria need to be refined and more criteria could be added to improve the prioritization of most promising paratransit trips. Nevertheless, the application of this methodology can assist stakeholders in making choices about the mobility services for PWDs.

Keywords: Paratransit, Universal Design, Walkability/wheelability, People with Disabilities, Trips Transferability, Transit Services

5.2 Introduction

The number of alternatives to travel from an origin to a destination is increasing in most large cities. Indeed, emerging modes such as carsharing, bikesharing, electric scooter, and ride sourcing provide a wide variety of mobility options, in addition to traditional modes such as individual cars and public transport which are also evolving. Unfortunately, the situation is not as enviable for people with disabilities (PWDs). These people are facing more challenges when using various travel modes (Ruvolo, 2020). In consequence, PWDs are often captive of paratransit services (Benjamin et al., 1998). This situation increases risk of social exclusion and lack of opportunities (Bascom & Christensen, 2017; Cochran, 2020b; Jansuwan et al., 2013; Sze & Christensen, 2017) for individuals with disabilities. Table 5-1 presents the limitations and disadvantages faced by PWDs with respect to their ability to use each mode.

Table 5-1: Limitation and disadvantages of each mode of transport for disabled people

Modes of transport	Limitations	Disadvantages	Justifications
Personal vehicle as driver	Driver's license	Cost	To drive a vehicle, you need to have a driver's license and some PWDs do not have the possibility to get one. Furthermore, owning a car is expensive and PWDs typically have lower incomes than average (OCDE, 2010).
Personal vehicle as passenger	Universal design	Flexibility	The vehicle must be adapted to the limitation of the passenger. Using this mode requires the help of another person, which reduces the flexibility for disabled travelers.
Carshare as driver	Driver's license Universal design Access distance	Cost	To use carsharing services, the traveler must own a driver's license, the vehicle must be adapted to the limitations and the user must be able to access the vehicle (by walking for instance). The cost of this service can also be considered expensive.
Carshare as passenger	Universal design	Flexibility	To use carsharing services as a passenger, the vehicle must be adapted to the limitations of the passenger. This mode is also restrictive because it requires the help of another person.
Active transport	Physical condition Autonomy	Long distance	To be able to travel by walking/rolling, PWDs need to have a good physical condition or mobility aid and must be autonomous or accompanied. Finally, only short distances can be reached.

Table 5-1: Limitation and disadvantages of each mode of transport for disabled people (continued and end)

Modes of transport	Limitations	Disadvantages	Justifications
Regular transit	Universal design Autonomy	Comfort	To use public transport, disabled users must be autonomous or accompanied. The public transport must also be accessible. Hence, some disabled or older travelers need higher levels of comfort during their trips (Allen et al., 2018).
Taxi	Universal design	Cost	The taxi vehicle must be adapted to the need of the passenger, and it is very expensive to use.
Paratransit	Eligibility	Flexibility	Paratransit is a good option if the person is eligible, but using it often requires a priori reservations, so it is not fully flexible.

Table 5-1 shows that alternatives are limited for PWDs. Nevertheless, active modes, paratransit and public transport seem promising. Paratransit is a service for people whose disability limits their access to the RTN (regular transit network). Furthermore, paratransit is often an on-demand shared-ride service. Indeed, it often requires a reservation to be made up to 24 hours in advance, a feature that reduces its flexibility (Lave & Mathias, 2000). In the United States, Bradley and Koffman (2012) conducted a study among several paratransit services. They concluded that, despite the increase in paratransit users, their average number of trips per year is decreasing. It is because the pool of users is aging and that older travelers make fewer trips. The Montreal paratransit service is facing the same situation, but the growth in the number of users outperforms the decrease in the number of trips per user as can be seen in Figure 5-1. Consequently, the STM provides more trips each year and has some difficulty tackling with this increasing demand. Over a five-year period (from 2014 to 2019), the number of active users per year has increased by 22% (Figure 5-1.a) and the number of yearly trips per user has decreased by 7 % (Figure 5-1.b). Consequently, there has been a 15% increase in the total number of trips per year in the system (Figure 5-1.c) over these five years. An active user is a user who did at least one trip over the year. Figure 5-1.d shows that over the years, the number of new active users is quite stable, but the number of users dropping out from the system has decreased significantly, by almost 75% over five years.

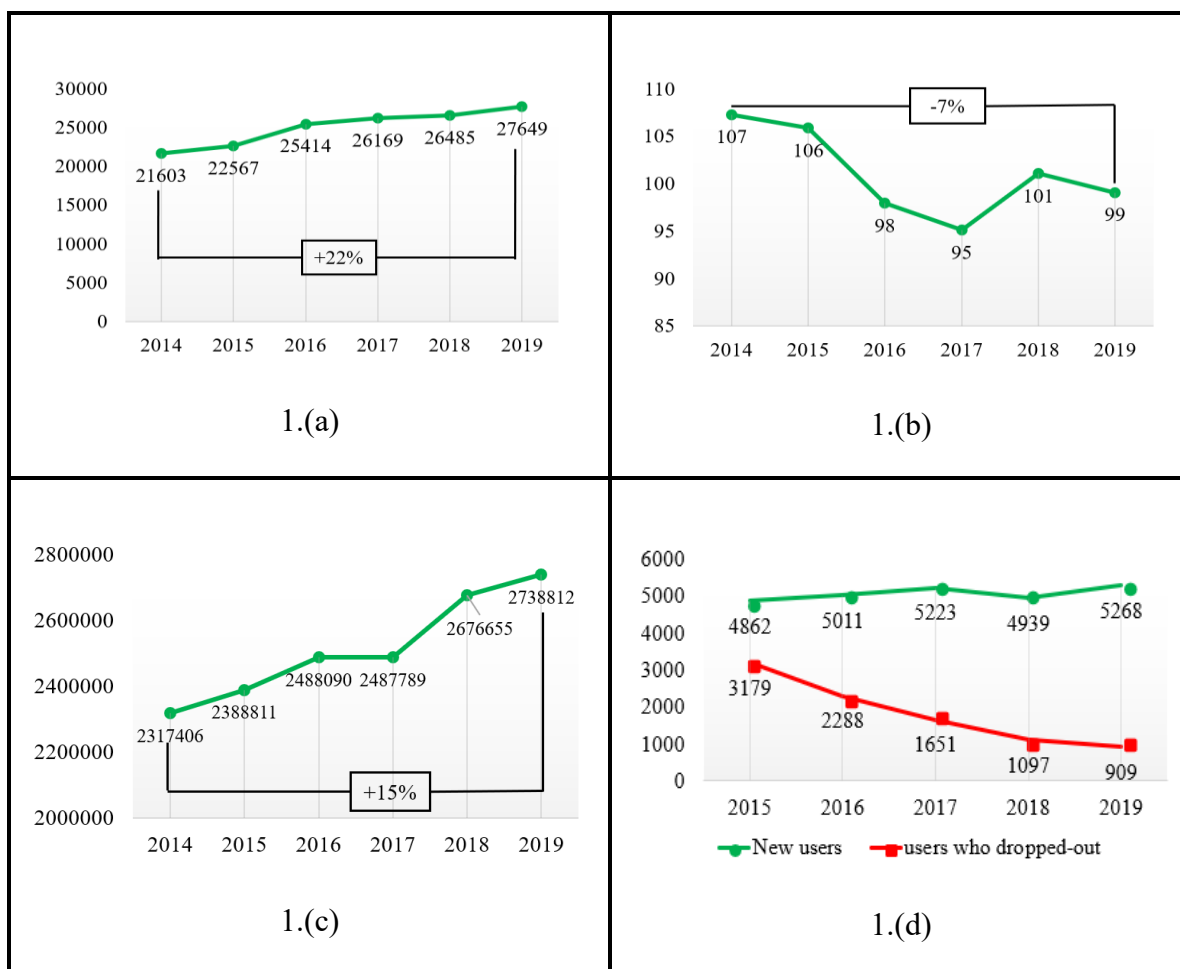


Figure 5-1: Evolution of the paratransit demand in Montreal: (a) Number of active paratransit users per year; (b) Number of paratransit trips per user per year; (c) Number of paratransit trips per year; (d) Number of new paratransit users and users who drop out of the service per year

Figure 5-1 shows that the STM paratransit is growing, but unfortunately the resources are not growing as fast. If no alternative is put forward to meet the growing demand, mobility of PWDs will be negatively impacted. The use of RTN by paratransit users is an interesting solution to respond to the growing demand for paratransit services since it is less expensive to operate and has some advantages for paratransit users (see Figure 5-2)⁹. Unfortunately, users with disabilities frequently face barriers in using public transport (Bascom & Christensen, 2017; Bezyak et al., 2017). One relevant question is whether it is possible to benefit from the advantages of public transport without facing travel

⁹ Correction: The **use** of RTN by paratransit users is an interesting solution to respond to the growing demand for paratransit services since it is less expensive to operate and has some advantages for paratransit users (see Figure 5-2)

barriers. A solution could be to target the paratransit trips that could be done using the RTN without encountering barriers. But how do we target the right trips? The aim of this research is to develop and test criteria to select which paratransit trips could be potentially shifted to the RTN with the most chances of success. It is a necessity to aim for a systematic selection approach because of the large amount of paratransit trips and to ensure equity in the process. The criteria have been tested on the paratransit trips of the Montreal Transit Authority (STM) to establish the priority for the trips transfer. This method can speed up the transfer process and provide positive impacts to the paratransit users, paratransit service and society (Ranahan et al., 2018). All these impacts are shown in Figure 5-2.

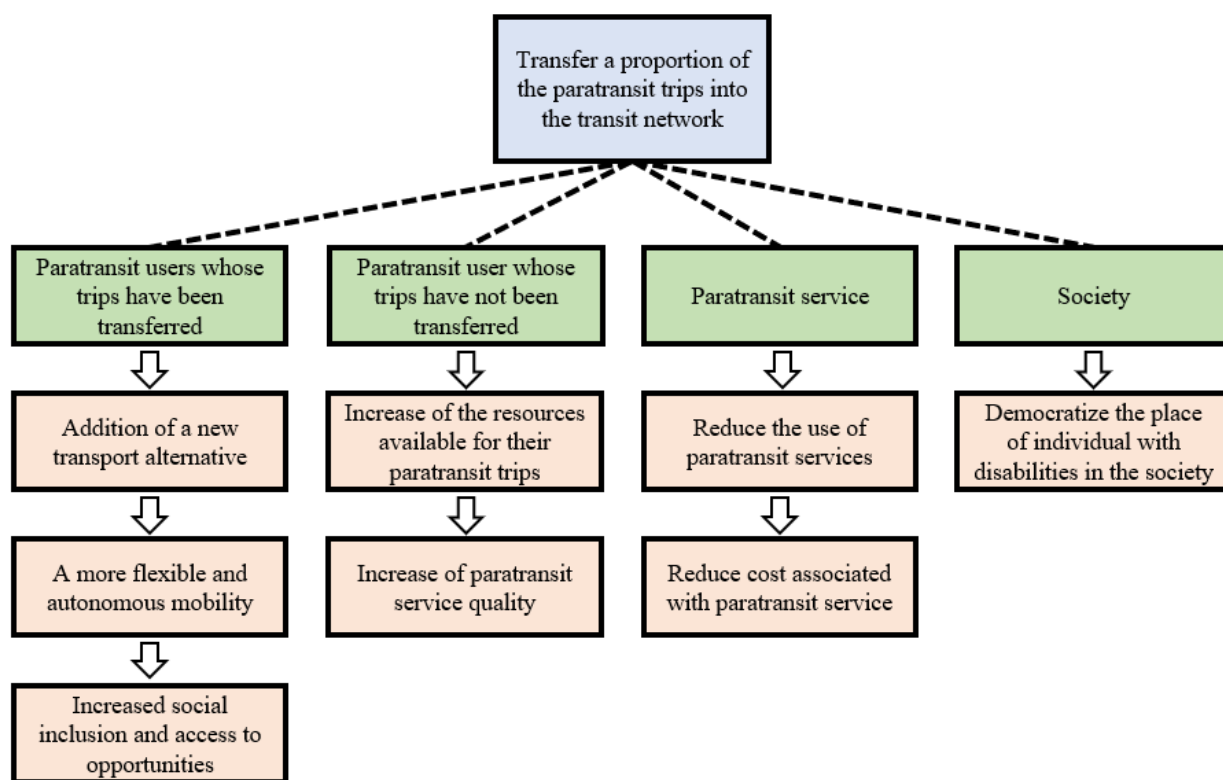


Figure 5-2: Impacts of shifting paratransit trips to the RTN

Figure 5-2 shows that transferring paratransit trips to RTN can have positive impacts on users. First, users whose trips will be transferred will not be longer captive of the paratransit services¹⁰¹¹. They

¹⁰ Additional explanation: A user is captive to a mode of transportation when they do not have any other transportation alternative for their travels. Thus, by transferring certain trips to regular transit network, a new transportation option becomes available to the user, who is no longer captive.

¹¹ Correction: First, users whose trips will be transferred will **no** longer **be** captive of the paratransit services.

will have a more flexible mobility since no reservation is needed to use the RTN and night service is available. With a more flexible mobility these individuals will have access to more opportunities, consequently improving their social inclusion (Bascom & Christensen, 2017). Also, users whose trips will not be transferred will have a better access to paratransit services since more resources will be available to meet their needs. For the operator, the main impact is related to operational costs. It is less expensive provide services in the RTN than with a paratransit service¹². Finally, the trips shifting can also democratize the place of PWDs in society by making them more visible in the RTN.

This paper first proposes a literature review on universal design in public transportation and on walkability/wheelability. Then, the methodology of this research and the results applied to the case of Montreal are presented. Finally, a discussion describes the limits, new criteria to refine the prioritization process and the perspectives.

5.3 Literature review

The knowledge about the criteria to shift paratransit trips to the RTN is sparse and fragmented. Most of the papers found focus on a single criterion without linkage to other criteria. The literature review explores two main elements: the universal accessibility of public transport systems, and walkability for individuals with disabilities.

5.3.1 Universal Design in Public Transportation

The principle of UD (Universal design) comes from how a handicap is perceived by the society. In the literature, there are three major perspectives of the handicap: medical, social, and biopsychosocial. The medical perspective can be generalized by the idea that the handicap is a medical condition which is attributed to an individual (Bromley et al., 2007). More recently, the social perspective has emerged – the disabilities now stem from the society by how the infrastructure is designed and how the planning is done (Bascom & Christensen, 2017). Finally, the biopsychosocial perspective regroups the biological, psychological, and social aspects of the disabilities (Lid & Solvang, 2016). The concept of UD emerged along with the social perspective of the handicap. A place is universally designed when all individuals can use it without facing any barriers regardless of their handicap, age, gender, income, etc. (Hagg, 2009). UD mostly concerns infrastructures, but sometimes natural factors

¹² Correction: It is less expensive **to** provide services in the RTN than with a paratransit service

such as weather, elevation and noise are considered (Fougeyrollas, 1993). This concept can be applied to transportation services to provide fair mobility for all. Each country, and even each city, uses different regulations for the UD of transportation services (Sze & Christensen, 2017). A lot of researchers focus on the barriers faced by PWDs or older people when using transportation services. However, apart from the article of law and regulation, it is hard to find literature on how to design transportation infrastructures for all. Nevertheless, the National Council on Disability (2015) proposed a review of good practices for the use of transportation services by PWDs. UD of transportation services includes a lot of components: vehicles, stations, bus stops, platforms, information, and maintenance. Table 5-2 presents recommendations for the UD of all these components as well as the associated barriers that are mitigating.

Table 5-2: Barriers faced by individuals with disability when using RTN and recommendations for achieving UD¹³

Categories	Recommendations	Barriers	References
Vehicles (buses, metro, train, etc.)	Presence of a functional bus ramp, lift, and kneelers	Inadequate public transportation	[3], [4]
		No lift/ramp/kneeler	[1], [7]
		No assistance to board the bus	[5]
		Issues with lifts	[4]
	Use of anchor straps in buses	Unable to secure wheelchair	[2], [4]
	Reserved seats	Inadequate public transportation	[3], [4]
		Crowding	[4], [5]
		Inability to maintain balance on moving vehicle	[1]
	Reserved spaces	Inadequate public transportation	[3], [4]
		Vehicle full	[4], [5]
		Wheelchair is too big/heavy	[4]
	Availability of stop announcement	Drivers not calling out stops	[4]
		Inability finding or recognizing route way during infrequent trips	[1], [2]
Stations	Presence of escalators	Inadequate public transportation	[3], [4]
		Inaccessible stop/station	[4], [5], [6]
	Presence of automatic doors	Inadequate public transportation	[3], [4]
		Inaccessible stop/station	[4], [5], [6]
	Presence of elevators	Inadequate public transportation	[3], [4]
		Inaccessible stop/station	[4], [5], [6]

¹³ Correction: Barriers faced by individuals with **disabilities** when using RTN and recommendations for achieving UD

Table 5-2: Barriers faced by individuals with disability when using RTN and recommendations for achieving UD (continued and end)

Categories	Recommendations	Barriers	References
Stations	Installation of adequate lighting	Low light/bright light	[1]
	Installation of air conditioning	Heat/humidity	[1]
Bus stops	Presence of bus shelters	Inadequate public transportation	[3], [4]
		Long waiting time	[5]
Platform	Reserved seats	Inadequate public transportation	[3], [4]
	Proper gaps between platforms and rail cars	Inadequate public transportation	[3], [4]
		Inaccessible stop/station	[4], [5], [6]
		Gap or step to vehicles	[4]
Indications and support	Availability of human support	Unsafety	[5], [6], [7]
		Dealing with unexpected situations	[1]
	Presence of trained staff	Inappropriate driver attitude	[2], [4]
		Drivers refuse to stop	[2], [4]
		Drivers lack knowledge	[4]
		Dealing with unexpected situations	[1]
		No helps to board the bus	[5]
		Lacks community mobility/safety skills	[1]
	Availability of accompanist	Inability to maneuver to secure areas	[1]
		Inability to maneuver onto or stand on lift	[1]
		Inability to navigate public system	[1]
		Inability finding or recognizing route during infrequent trips	[1]
		Processing/understanding information	[1]
		No helps to board the bus ¹⁴	[5]
		Transferring between routes	[1]
	Presence of braille, visual and audible signage, and alarm	Drivers not calling out stops	[4]
		Inability finding or recognizing routes for infrequent trips	[1]
		Transferring between routes	[1]
		Inability to navigate within the public system	[4], [6]
Maintenance	Accessible device	Problems with lifts	[4]
	Snow removal	Climate conditions: cold, snow, ice, etc.	[1], [3], [4]
[1]: (Crabtree et al., 2008); [2]: (Park & Chowdhury, 2018); [3]: (Bascom & Christensen, 2017); [4]: (Bezyak et al., 2017); [5]: (WenZhao & XiaoKuan, 2016); [6]: (Dabelko-Schoeny et al., 2021); [7]: (Lubin & Deka, 2012)			

¹⁴ Correction: No **help** to board the bus

Unfortunately, the principle of UD cannot be fully applied because an accommodation for one person can be a barrier for another one (Crabtree et al., 2008; Lid & Solvang, 2016). For example, if operators add textured stripes on the metro platform to help blind users, it can make it more difficult for travelers using a wheelchair to board the vehicle. In addition, even if the principle of UD is applied to the RTN, the barriers in the pedestrian infrastructure will remain. Therefore, walkability is an important component to consider in the transfer of paratransit trips to the RTN.

5.3.2 Walkability and Wheelability

Universal design of public transportation is essential, but without an adequate pedestrian network, some of PWDs will not be able to reach the service. Therefore, the walkability and wheelability studies have an important place in the prioritization of paratransit trips that could be transferable. Walkability can be described by how well the pedestrian network is designed to promote and facilitate walking or rolling when a wheelchair is used. It has been proved that walkability and wheelability have an important impact on physical health (Fogal et al., 2019), mental health (Wang et al., 2019), social participation (Schreuer et al., 2019) and access to opportunity (Lima & Machado, 2019).

Table 5-3 presents a summary of the negative (red) and positive (green) impacts of pedestrian network characteristics on the walkability/wheelability of PWDs (people with disabilities), PWRM (people with reduce mobility), OP (older people) and WU (wheelchair users) found in the literature.

Table 5-3: Impacts of the pedestrian network characteristics on walkability/wheelability of PWDs, PWRM, OP and WU

Categories	Characteristics	Population	References
Sidewalks	Absence of sidewalks	OP	[2] [3] [6] [7]
	Sloping garage exits	PWRM	[9]
	Bad sidewalks surface ¹⁵	OP	[5] [7]
	Uneven Surfaces	PWRM and WU	[3] [8] [9]
	Crowded Sidewalks	PWDs and WU	[1][8]
	High sidewalk	WU	[8]
	Narrow sidewalks	WU and PWRM	[8] [9]
	Sidewalk construction	PWRM	[9]
	Lack of lowered sidewalks	WU and PWRM	[8] [9]
	Sidewalks overgrown with weeds	OP	[2]

¹⁵ Correction: Bad **sidewalk** surface

Table 5-3: Impacts of the pedestrian network characteristics on walkability/wheelability of PWDs, PWRM, OP and WU (continued and end)

Categories	Characteristics	Population	References
Slopes	Presence of slope	PWDs and PWRM	[1][9]
Weather	Cold weather	OP	[2]
	Rainy weather	OP	[2]
	Icy sidewalk	OP	[2] [3] [7]
	Snowy Sidewalk	OP	[2] [3] [7]
Intersection	Short Crossing time	OP	[3][4][5] [7][10]
	Poor visibility at the intersection	OP	[3]
	Busy Intersection	OP	[3]
	Lack of traffic lights	OP	[3]
	Long crossing distance	OP	[5]
	Clearly marked crosswalk	OP	[7]
	Intersection with pedestrian count	OP	[7]
Traffic	High car speed traffic	OP	[3]
	Heavy traffic	OP and WU	[4] [8]
	Low speed limits	OP	[5]
	Traffic calming devices	OP	[4]
Lighting	Poor lighting	OP	[7]
Urban furniture	Place to sit	OP	[3][4][5][7]
	Pedestrian canopy	OP	[7]
	Garbage can	WU	[8]
Aesthetic	Presence of interesting things to observe	OP	[3]
	Presence of vegetation	OP	[4] [7]
	Absence of graffiti	OP	[4]
[1]:(Schreuer et al., 2019); [2]:(Gallagher et al., 2010); [3]:(Lockett et al., 2005); [4]:(Michael et al., 2006); [5]:(Risser et al., 2010); [6]:(Cao et al., 2010); [7]:(Negron-Poblete & Lord, 2014); [8]:(Bromley et al., 2007); [9]:(Lima & Machado, 2019); [10]:(Langlois et al., 1997)			

Some of the characteristics presented in Table 5-3 encourage mobility like cleanliness, aesthetic, and vegetation, but they are not essential for PWDs. Hence, some characteristics of the pedestrian network are critical for PWDs like slopes, intersections, and complexity of the path. Unfortunately, the level of importance of each pedestrian characteristic is not the same for everybody – it depends on the disability, age, gender, capacity, experience, etc. (Jeong et al., 2018; Lid & Solvang, 2016). Therefore, it is hard to design pedestrian networks that suit all. It is however possible to establish walkability index for certain types of disability (Lima & Machado, 2019; Orellana et al., 2020) or for

older people (Marquet et al., 2017), but most of the time it is done only for small areas, because data collection is laborious.

In most cities, pedestrian characteristics listed in Table 5-3 are not known for all paths of the pedestrian network. To counter that, it is often possible to measure walking distance with tools like QGIS, but it requires to know how far PWDs can walk or roll. To establish this distance, the 6MWD (6-minute walking distance) test is a good indicator, widely used in the literature. It establishes the maximum walking distance to six minutes for PWDs (Casanova et al., 2011). In the systematic review of Salbach et al. (2015), two values have been found for the population of Canada without disability.

$$6MWD = 970.7 - 5.5(\text{age in years}) + 56.3(\text{sex, men} = 1 ; \text{women} = 0) \quad (5.1)$$

(Hill et al., 2011)

$$6MWD = 868.8 - 2.99(\text{age in year}) - 74.7(\text{sex, men} = 0; \text{women} = 1) \quad (5.2)$$

(Gibbons et al., 2001)

It means that the average walking distance for a man of 50 years old, over a duration of six minutes, is between 719 and 752 meters. Reference values are also available for certain types of disability or for mobility devices used (see Table 5-4). Other methods are also used in the literature to establish a walk/roll distance: survey, maximum distance of continued movement, speed indicator for power wheelchairs, etc. (See Table 5-4).

Table 5-4: Walking/rolling distance by types of disability

Disability	Walking distance	Methods	Reference
Obese Subjects (BMI>40 kg/m ²)	Men: 444.3 ± 106 m in 6 min Women: 418.8 ± 80 m in 6 min	6MWD	(Donini et al., 2013)
Patients with systemic sclerosis	491 m in 6 min	6MWD	(Deuschle et al., 2011)
People in rehab power wheelchairs	4.5 to 8 mph: 605 m to 1300 m in 6 min	Speed indicated by the manufacturer	(Quantum, 2021)
People with severe intellectual or sensory disabilities	389 ± 109 m in 6 min	6MWD	(Waninge et al., 2011)
Healthy elderly (50-85 years old)	631 ± 93 m in 6 min	6MWD	(Troosters et al., 1999)

Table 5-4: Walking/rolling distance by types of disability (continued and end)

Disability	Walking distance	Methods	Reference
Boys (4-12 years old) with Duchenne muscular dystrophy	366 ± 83 m in 6 min	6MWD	(McDonald et al., 2010)
Manual wheelchair users	215.6 ± 119.8	Max Distance of Continued Movement	(Tolerico et al., 2007)

Table 5-4 shows that the walking/rolling distance varies a lot depending on the type of disability studied. Unfortunately, walking distance is not available for every type of disability in the literature, more studies are needed. However, the information provided by Table 5-4 establishes walking/rolling distance boundaries for PWDs.

5.4 Methodological Framework

This section presents the method used to develop the criteria to determine which paratransit trips is more promising for shifting to the RTN. The section also provides details about the parameters to measure each criterion. Figure 5-3 presents a synthesis of the methodology and the results for each criterion.

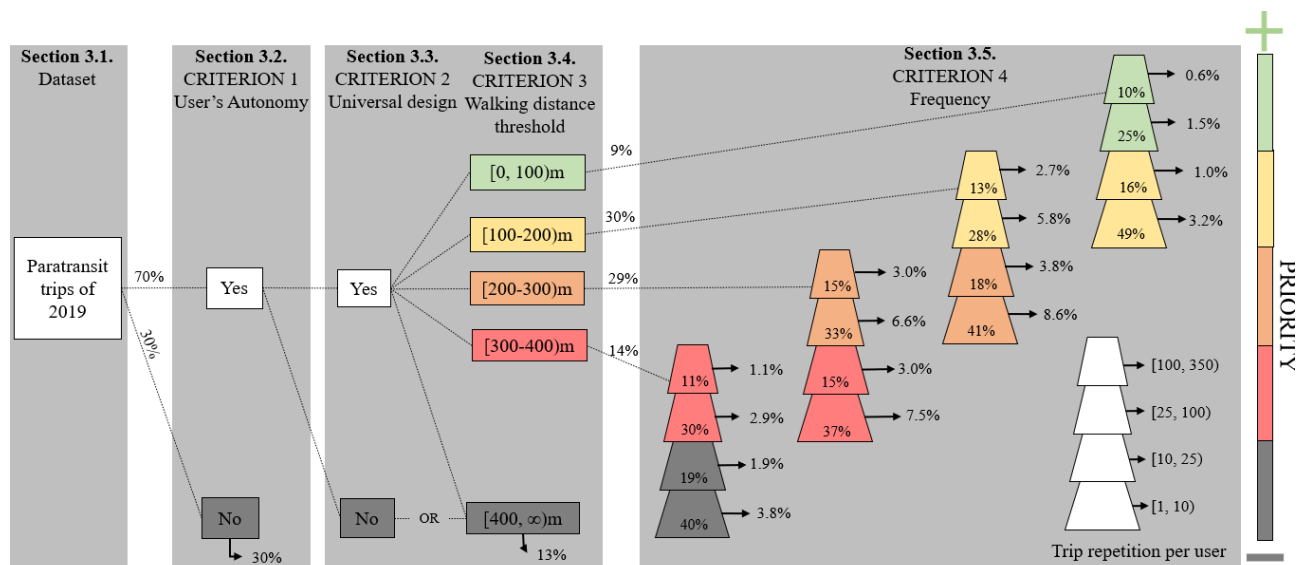


Figure 5-3 : Synthesis of the methodology

The criteria used in this research result from the literature review, admissions policy of paratransit services in Quebec (Transport Quebec, 1998) and discussion with the industrial pattern (STM)¹⁶.

5.4.1 Dataset

Most of the time, paratransit datasets are of high quality namely because they contain information on users. At the STM, the data is collected at three stages. First, at the admission of the users. When a user is tagged as eligible (Transport Ministry of Quebec, 1998) she or he must provide basic information (age, gender, type of disabilities, mobility aids, home address, etc.). In this research, all information is anonymized. Second, when a user makes a reservation, she or he must provide information about the trip he wants to make (origin and destination, time, date, etc.). Finally, during the trip, the STM collects real-time GPS data (arrival time, departure time, spatial location, type of vehicle, etc.). This data (between 2007 and 2009) has been used by Desharnais to conduct a descriptive characterization of paratransit demand (Desharnais & Chapleau, 2010). The same author used the same data in two papers on the topic with respectively 4 days (26,517 recorded trips) and one year (1,393,291 recorded trips) of data (Desharnais & Chapleau, 2010, 2013). Apart from these authors, STM paratransit dataset has only been used by Garnier for a paper proposing a methodology to adjust paratransit dwell time (Garnier et al., 2020). In the current research, this dataset is used for an analytical purpose and to elaborate criteria. This research is based on the data from 2,738,812 paratransit trips conducted between January 1st, 2019, and January 1st, 2020. Data validation was conducted to remove aberrant data before moving on with the analysis. Indeed, all the data for which no GPS match was found and trips with late cancellation were eliminated. After the data cleaning, 2,023,671 trips remain. All these data are strictly anonymized and confidential.

This data set is used for a wide range of analysis such as developing a typology of users and a general characterization of the trips they made. Figure 5-4 shows the features of the STM paratransit users and their trips in 2019.

¹⁶ Correction: The criteria used in this research **results** from the literature review, admissions policy of paratransit services in Quebec (Transport Quebec, 1998) and discussion with the industrial pattern (STM)

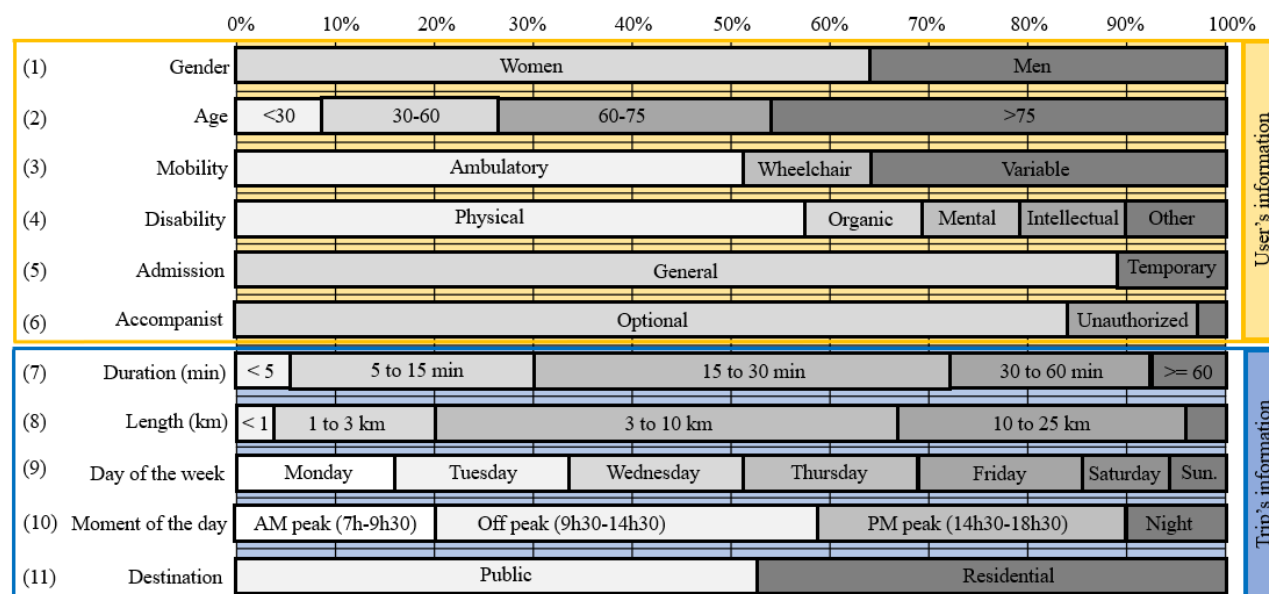


Figure 5-4 : Main characteristics of the STM paratransit trips and users in 2019

Figure 5-4 allows drawing six conclusions about the STM paratransit users. (1-2) There are more women than men who use the service and almost half of the users are 75 years and older. (3) Half of the users are ambulatory, meaning they can walk with or without mobility aids. The other half uses a wheelchair for some or all their trips. (4) Half of the users have a physical disability. It is important to mention that the STM data gives information about the main disability of the users but most of them have more than one. (5) Most of the admissions are general meaning users can use the service for all their trips and for an unlimited period. Other admission can be temporary or partial. (6) Most users have the possibility to be accompanied during their trips. A user can have an accompanist¹⁷ only if he would not be able to use the RTN if accompanied. For example, an Alzheimer user is not allowed to travel with an accompanist since it would allow him to use the RTN. A tiny proportion of the users must be accompanied: most of the time it is for safety reasons. Those users have important propensity to have a behaviour that could endanger other users, the driver or themselves.

Figure 5-4 also presents general characteristics of STM paratransit trips. (7) The duration of the trips is the planned time for the boarding, the travel, and the alighting. The travel time may include detours for other passengers. Almost half of the trips have a planned duration of 15 to 30 minutes but 8% of the trips exceed one hour. (8) The indicator on the travel length represents how far the users want to

¹⁷ Accompanist = Companion

go – it is the travel length on the road network without any detours. 46% of the trips have a length between 3 km and 10 km. (9) Paratransit trips mostly occur during the weekday with a practically equal distribution over the five days. (10) Many trips occur during the off-peak period because paratransit users frequently do half day of work, go to medical appointment, or go shopping during this period. (11) Unfortunately, information on trips purpose is incomplete because no questions are asked to the users about it¹⁸. The information that is available is whether the destination is a residential location or a public place. It is almost half-and-half for residential and public destinations.

5.4.2 CRITERION 1: User's Autonomy

This first criterion allows selecting paratransit trips made by users who would be able to use the RTN by themselves. Indeed, the autonomy of the user must be considered in the evaluation of potentially transferable trips to ensure the safety of users. The users who have been admitted based on the requirements of the paratransit policy admission below are not considered autonomous in this research (Transport Ministry of Quebec, 1998).

- Inability to orient oneself in time or space.
- Inability to control situations or behaviours that could be harmful to one's own safety or that of others.
- Inability to communicate verbally or use gesture. However, this incapacity cannot by itself be retained for the purpose of admission.

It is difficult to evaluate the level of autonomy of each user because the STM does not have an indicator on the autonomy level. To approximate the proportion of autonomous users, the information on disability type is used. All users with intellectual or mental disabilities are considered captive of the paratransit service. Most paratransit users with mental or intellectual disability have issues with at least one of the following elements: orientation, decision-making, communication, etc. So, in general, they would not be able to use the RTN by themselves. In 2019, 82% of the paratransit users are considered autonomous but have made only 70% of the trips. Indeed, autonomous users have a lower trip frequency in the paratransit system.

¹⁸ Correction: Unfortunately, information on **trip** purpose is incomplete because no questions are asked to the users about it.

5.4.3 CRITERION 2: Universal Design

The second criterion is related to the level of UD of the RTN. To consider a trip to be transferable to the RTN, the points of entry and exit (bus stop or metro station) must be accessible. Furthermore, all the vehicles (buses and metro) used during a trip must be accessible. A geographical information system with the information about the UD of the RTN have been used to determine which station and bus stop the users would encounter if their trips were transferred to the RTN. This criterion was selected based on the following requirements of the admission policy (Transport Ministry of Quebec, 1998).

- Inability to climb a 14-inch-high step with support or inability to descend one without.
- Inability to complete the entire trip using regular public transportation.

A total of 58% of the paratransit users have a physical disability meaning that the transit access points must be fully accessible for a trip to be considered transferable. To be 100% accessible, the RTN must respect the recommendations reported in the literature review and this must be the case for all the infrastructure (buses, metro, metro stations, bus stops, etc.).

The Montreal's public transportation network was mostly built between 1960 and 1980 (STM, 2022d). However, the concept of UD was born in 1990 in Canada (Hagg, 2009). Therefore, most stations are not accessible. The more recent stations like the three stations inaugurated in 2007 (Montmorency, De la Concorde and Cartier) are accessible. The STM network has 15 stations over 68 that are fully accessible and 14 more that are in the process or are planned to become accessible. Nevertheless, 89% of the bus stop and all vehicles are universally design. For this study, only the metro stations and the bus stops that are already accessible are considered. Figure 5-5 presents the level of universal accessibility of the STM metro stations.

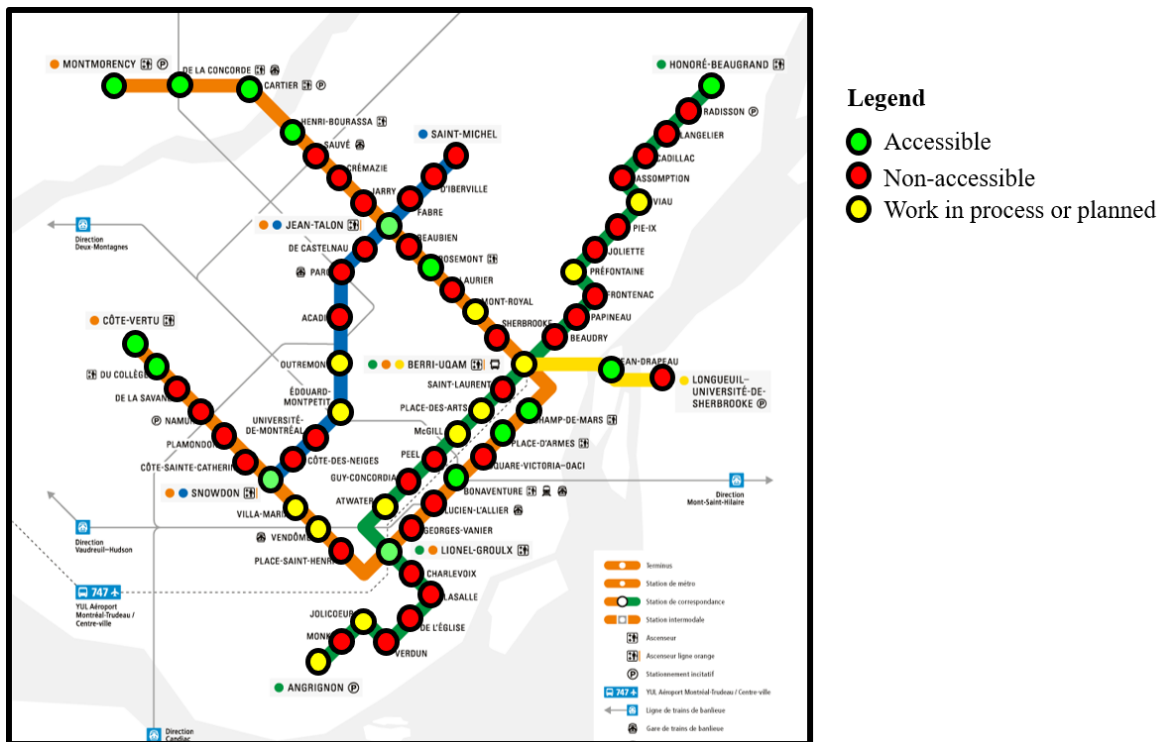


Figure 5-5 : UD level for each metro station of the STM subway network

5.4.4 CRITERION 3: Walking/rolling distance

The third criterion is that the origin and the destination of the trip must be within a reasonable distance from a metro station or a bus stop. The literature has shown that walkability and wheelability have a major impact on the mobility of PWDs. While this study currently does not account for walkability/wheelability per se, it uses a distance threshold to filter trips. Hence, this study considers that a user must be able to reach the transit network by himself to consider his trips to be potentially transferable to the RTN. This criterion stems from the following admission policy requirement.

- Inability to walk 400 meters on level ground (Transport Ministry of Quebec, 1998).

However, it is difficult to know what distance a user is willing or able to travel to access a transit stop. It depends on the type and severity of the disability. Table 5-4, in the literature review, allows establishing five ranges of distance.

- D1: [0, 100) meters
- D2: [100, 200) meters
- D3: [200, 300) meters

- D4: [300, 400) meters
- D5: [400, ∞) meters

The first four ranges, with walking or rolling distance between 0 and 400 meters, are considered acceptable to consider trips to be transferable, because access can be done within five minutes depending on the type of disability. The last range includes all distances that exceed 400 meters – these trips are classified in the last priority level for the paratransit trip transfer process. All origin and destination points of the paratransit trips are available in the database and the spatial location of the bus stops and metro stations are also available. So, the access walking segment for the origin and destination have been calculated for every paratransit trip. The maximum between access and egress walking segments of the potential transit route is used to assess what would be the maximum distance to walk/roll if the RTN was used for the trip. This analysis was conducted in QGIS using road network distances. Figure 5-6 presents the example of access distance to a metro station and all the origin and destination points (from paratransit trips) it includes.

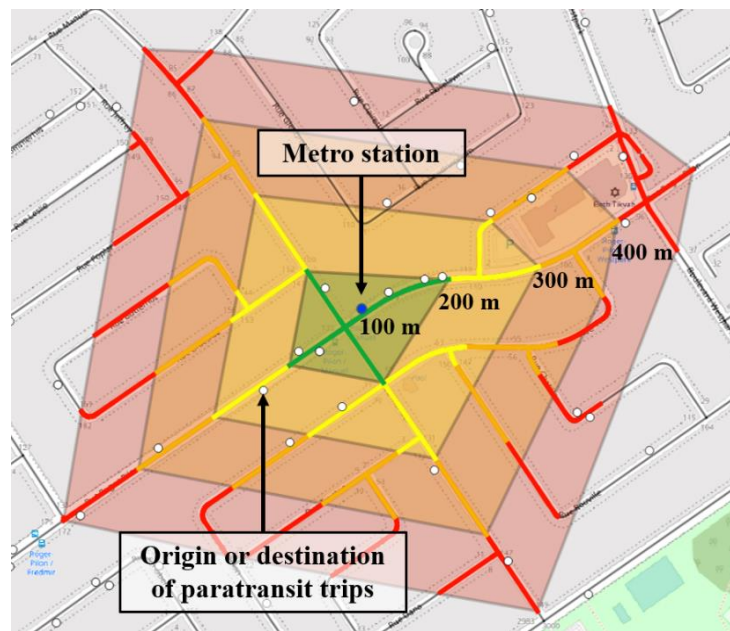


Figure 5-6: Example of walking distances to and from a metro station

5.4.5 CRITERION 4: Frequency

The transfer of a paratransit trip to the RTN represents an investment of time and money for the service provider as well as an important adaptation from the user. Indeed, paratransit users must be

trained and assisted for their first use of the RTN. This process needs to be repeated for each new trips of a user. Therefore, it is important to select trips that frequently occur over a year to maximize benefits. For example, if a user makes the same trip (same origin and destination) three time a week, the transfer process is done once, but more than 150 trips are transferred. So, this criterion emerges from discussions with the STM paratransit service to make a better use of the resources and minimize the impacts on the users. In 2019, more than 90% of the trips have been made only once in the year but some users made the same trip more than 100 times. To classify this criterion, four arbitrary ranges of frequency based on the number of uses per week are used:

- F1: [100 – 350) times per year (more than 2 times a week)
- F2: [25 – 100) times per year (once every two weeks to twice a week)
- F3: [10 – 25) times per year (once every four weeks to once every two weeks)
- F4: [1 – 10) times per year (once a year to once every four weeks)

The trips that are more frequently done by a single user are a priority because they reduce paratransit overload faster with less transfer process imposed to users. Thereby, more resources to accompany paratransit users into RTN will be available and this will increase the chance of success.

5.5 Results

When the four criteria are applied together, it is possible to establish a list of priority to identify paratransit trips that could potentially be shifted to the RTN. For each combination of criteria, a proportion of potentially transferable trips is estimated, and a priority level as been assigned¹⁹.

Table 5-5 presents these priorities and corresponding proportions. To establish the priority level, it was first necessary to determine the importance of each criterion with respect to the others. The most important criterion is the autonomy level because the user safety is primordial. The walking distance from a universal design access point (combination of criteria 2 and 3) is the second most important criterion. The walking distance has less impact on the safety than user autonomy level but has an impact on the satisfaction level. While the frequency criterion has an impact on transfer process optimization. Even though the criteria can be classified in order of importance, it is difficult to

¹⁹ Correction: For each combination of criteria, a proportion of potentially transferable trips is estimated, and a priority level **has** been assigned.

determine whether it is better to shift a very frequent trip with a walking distance of 200 meters or an infrequent trip with a walking distance of 100 meters. Therefore, there is five priority levels that regroup combination of criteria that are considered equivalent²⁰. The priority number one is for trips done by autonomous users, with a maximum walk/roll distance of 100 meters to an access point that respect the principle of universal design and with a trip frequency of more than 25 times per year. 2.1% of the trips (~56 000 trips) meet all these requirements and are the first target for a potential trips transfer. It may not seem like much, but the purpose is to help stakeholders select the most promising paratransit trips to shift to the RTN. Furthermore, in the short term, it is realistic to plan a gradual integration of trips corresponding to priority 1 and 2 can in the regular network without disruption.

Table 5-5: Priority and corresponding proportion of paratransit trips that are suitable to be shifted to the RTN

Criterion 1 User's autonomy	Criterion 2 Universal design	Criterion 3 Walking distance threshold	Criterion 4 Frequency	Results	Priority
Autonomous	Origin and destination access point are universal design	D1: < 100m	F1: [100-350)	0.6%	1
			F2: [25-100)	1.5%	1
			F3: [10-25)	1.0%	2
			F3: [1-10)	3.2%	2
		D2: [100-200) m	F1: [100-350)	2.7%	2
			F2: [25-100)	5.8%	2
			F3: [10-25)	3.8%	3
			F3: [1-10)	8.6%	3
		D3: [200-300) m	F1: [100-350)	3.0%	3
			F2: [25-100)	6.6%	3
			F3: [10-25)	3.0%	4
			F3: [1-10)	7.5%	4
		D4: [300-400) m	F1: [100-350)	1.1%	4
			F2: [25-100)	2.9%	4
			F3: [10-25)	1.9%	5
			F3: [1-10)	3.8%	5
Not UD	D5: >= 400m		12.4%	5	
Non-autonomous				30.0%	5

²⁰ Correction: Therefore, there **are** five priority levels that regroup combination of criteria that are considered equivalent.

The priorities 1 to 16 are feasible without any modification of the infrastructure of the RTN²¹. However, for priority 17, a feeder service or universal design upgrade is necessary because origin or destination of these trips are too far from a universally design access the RTN²². For the last priority, a permanent accompaniment service must be set up because non-autonomous users cannot navigate alone in the RTN. In conclusion, all the trips are potentially transferable into a universal design RTN, but some are easier to shift.

5.6 Discussion

This research is a first step in the right direction to shift some of the paratransit trips to RTN. Some criteria presented in this research have limits described in section Limits. Furthermore, new criteria could be added to refine the prioritization. They are presented in section New criteria. Even though the development of the criteria has been realized in collaboration with the STM paratransit service, the method used can be applied by other services to guide decision-making about shifting paratransit trips to RTN. Section Perspectives presents the perspectives of this research for other paratransit services and policymakers.

5.6.1 Limits

The methodology used in this research is limited by the data and the tools available. Each criterion presents some limits, and some improvements could be included to enhance the results. Table 5-6 synthesizes the limits and perspectives to further improve this research.

Table 5-6: Limits and future solutions

Criteria	Limits	Future solutions
1: User's autonomy	The level of autonomy is unknown at individual level	Assess the autonomy level at the admission and reevaluate all the current users
	Users with intellectual and mental disabilities are excluded	Provide training and permanent accompaniment for the use of the RTN
2: Universal design	Paratransit users do not have the same needs in terms of universal accessibility	Conduct a survey to more precisely identify needs

²¹ Correction: The **combinations** 1 to 16 are feasible without any modification of the infrastructure of the RTN.

²² Correction: However, for **combination** 17, a feeder service or universal design upgrade is necessary because origin or destination of these trips are too far from a universally design access the RTN.

Table 5-6: Limits and future solutions (continued and end)

Criteria	Limits	Future solutions
3: Walking/rolling distance	Paratransit users have different capacities of mobility, and they can walk or roll different distances	Develop an indicator of walkability that depends on the type of disability and accounts for other features of walkability.
	All trips ending or starting far from the RTN are not transferable	Evaluate the opportunity of providing feeder services to RTN.
4: Frequency	Trips made by users may change and the most frequent trips are not the same each year	Reevaluate this criterion each year

The limits presented in Table 5-6 are directly related to a criterion used in this study. Nevertheless, the largest limit is related to the fact that each paratransit user is different. Each type of disability comes with different physical limitations, social abilities, mental capacities, etc. All these characteristics can be variable even for people with the same type of disability. It is thus hard to develop criteria that can fit this heterogeneity of users. Therefore, the criteria are supposed to be used to target trips that can be shifted with a greater potential for success. Nonetheless, after the first step of the trip selection process proposed in this research, a case-by-case evaluation of users and trips must be done to guarantee the safety of everyone.

5.6.2 New criteria

With the data and the tools available at this time, four criteria have been developed to prioritize the transfer of paratransit trips in the RTN. In the future, more criteria could be added to refine the prioritization and increase users' satisfaction, comfort and security and reduce resistance to change. Table 5-7 presents further criteria with a short description and the necessary data to implement them.

Table 5-7: Further criteria and their implication on data gathering and impact on users

Criterion	Description	Necessary data	Availability	Perspective
N1	Travel time	Prioritize trips that have an estimated duration in the equivalent RTN and are shorter than using paratransit.	Duration of paratransit trips including waiting time, boarding travel time and alighting.	The travel time is directly related to the satisfaction of the user. If the criterion is considered, there will be less resistance to change .
		Estimated duration of paratransit trips when carried out using the RTN.	Most paratransit services already collect data on-board. These data are available if a trip calculator that considers universal design and walkability exists	
N2	Number of correspondences	Prioritize the transfer of paratransit trips that can be done with least correspondences in RTN.	Number of transfers if the paratransit trip is carried out using the RTN Also available if a trip calculator that consider universal design and walkability exists	When the number of transfers increases, it is more stressful and physically demanding for the user. It is related to the user satisfaction, comfort, and security (Crabtree et al., 2008)
N3	Walkability index	Prioritize trips that have the best walkability index for the entire trip when it is made using the RTN	Data are necessary about slope, sidewalk condition, urban furniture, intersections, etc. Depending on the paratransit service covered area, some of these data are available. To have the best walkability index, large data gathering is needed.	With a reliable walkability index, it will be possible to avoid transferring trips where users may encounter obstacles. This criterion is related with user satisfaction and security .

Table 5-7: Further criteria and their implication on data gathering and impact on users (continued and end)

Criterion	Description	Necessary data	Availability	Perspective
N4 User's opinion	Prioritize trips that are made by users that are willing to do some of their trips using the RTN with training and accompaniment.	Opinion of each user about use of the RTN	For most paratransit services, this information is not available. User interview or questionnaire is necessary.	This criterion allows reducing resistance to change of the users and increasing satisfaction .
N5 Weather	Prioritize trips transfer when the weather is favorable.	Weather conditions	This information is known in real time or slightly ahead of time. So, that implies to reevaluate this criterion every day and cancel some trips transfer.	This criterion reduces risk of falling because of the snow or ice and decreases discomfort related to cold and heat wave.
N6 RTN crowding	Prioritize paratransit trips that are outside of the peak hours of the RTN line they use when they are shifted	Peak hours of each line in each direction for buses and metro	This information is available for most RTN but the route used to shift the trips need to be known. So, a trip calculator that considers universal design and walkability is necessary.	This criterion prevents from accentuating the problem of RTN crowding and favors the comfort , the security , and the satisfaction of paratransit users.

In the future, most of the criteria presented in Table 5-7 could be added to the four criteria used in this research to better prioritize the shifting of paratransit trips. Nevertheless, each of the proposed criteria requires the availability of certain data. For criteria N1, N2 and N6, a trip calculator that considers universal design level of RTN infrastructure and walkability index is necessary. One tool that can be used to project paratransit trips to RTN is Transition (Bourbonnais et al., 2017). This tool allows simulating optimal trips for origin and destination using pedestrian and transit networks.

Pedestrian and transit networks in Transition can be modified. This means that a walkability index could be added to favor or avoid certain paths. It also means that not universally designed stations and bus stops could be removed from the RTN. Furthermore, Transition considers schedule of each line of the RTN, thus it would be possible to remove metro or bus passages that are already at maximum capacity on certain lines. Another interesting available feature is that the walking thresholds can be modified so it is possible to consider capacity of a diversity of paratransit users. Finally, this tool provides indicators on travel length and duration, number of transfers, waiting time, walking time, etc. Currently, even if Transition is in development, a functional version is available for the city of Montreal. To use it for the development of the criteria in Table 5-7, some modifications of the underlying network are needed.

The main challenge in the proposed criteria is related to the walkability index (N3). The pedestrian network of Montreal is large and in constant evolution. To be able to evaluate each section of the network, a lot of resources and time need to be invested. Some tools can be used to facilitate this laborious task. Canas et al. (2021) have used social media to collect information about pedestrian network namely regarding safety, comfort, pleasure, and vibrancy to establish a walkability index. This method can accelerate the data gathering if the population is involved.

For criterion N4 in Table 5-7, user interviews or questionnaires are needed. For a large paratransit service like the STM, it represents a long process. However, previous criteria could be used to do a first prioritization and then interviews, or questionnaires could be used with a target group of users. Furthermore, paratransit users are easy to contact because their address and phone number are available to the paratransit service.

Finally, the criterion on the weather (N5) is the easiest to put in place. Indeed, when the shift from paratransit to RTN will be made, paratransit service will have to evaluate the predicted weather and offer paratransit trips to users whose trips have been shifted if the weather is not favorable.

Despite all the criteria presented and recommended in this research, the shifting process will remain difficult for paratransit users and service. Some of the paratransit users could resist such change or perceive the shift to the RTN negatively. Therefore, it will be important to include paratransit users in the decision-making and propose incentives like fare reduction to promote changes in behaviours. It is also important to demonstrate the benefits of shifting to the RTN such as reduced travel time and

increased flexibility. The training of paratransit users and transitional programs are also important to improve the chance of successful transfers. Finally, it has been demonstrated that individual with disabilities can slow down transit operations namely boarding time or walking speed on platforms (Garnier et al., 2020; Kostanjsek et al., 2013; Sharifi et al., 2016). Therefore, it is important to train the employees of the RTN and to promote the presence of people with disabilities in the RTN.

5.6.3 Perspectives

The method developed in this research can be applied to paratransit services that collect the necessary data (trip origin and destination, levels of universal design of RTN infrastructure users' autonomy level, trips frequency). Nevertheless, some of the paratransit services have a decreasing demand for their service or have enough resources to respond to the growing demand (Bradley & Koffman, 2012). In this case, paratransit trips shifting is not necessary. However, for paratransit services facing similar issues than STM with respect to paratransit services, all the criteria can be adapted to the available data. For example, for a city which bus line is not served by universal design buses but that has an ideal metro network, the criterion 2 can only consider the metro station as an access point to the RTN. Another example is that some of the paratransit services, mostly in the United States after advent of the ADA act, have established a rigorous eligibility process that could allow refining the autonomy level criteria (De Alba, 1992; Ranahan et al., 2018). The advantage of paratransit service is that a lot of data are collected, and decision makers could use the four criteria methods as a guide on how to use these data.

At another level, this research can help the policy-makers to identify the priority to accelerate and facilitate the shifting of some of the paratransit trips. For example, in the city of Montreal, less than half of the metro stations are universally designed. This research can guide the decision regarding which stations should be adapted first to shift more paratransit trips. Policy-makers can also facilitate the shifting process by establishing incentives for the use of the RTN by PWDs, like fare reduction, accompaniment, feeder services, etc.

5.7 Conclusion

In conclusion, this research proposed and quantified criteria to select paratransit trips that can be shifted to the RTN with more chance of success. Four criteria have emerged from the admission

policy, literature review and discussion with the industrial partner: the level of autonomy of the users, the universal design of the RTN, the walking/rolling distance to transit nodes and the trip frequency. These criteria allow establish priority categories for trips transfer²³. The integration of paratransit trips into the RTN can bring benefits to paratransit service and users. Indeed, the autonomous users would have more flexibility in their mobility and the non-autonomous users would have a better service since more resources would be available to meet their needs. Furthermore, there are also advantages for paratransit services. Providing mobility services with the RTN reduces paratransit operating costs and can allow to meet the growing demand using the available resources.

²³ Correction: These criteria allow establish priority categories for trips **transfers**

CHAPITRE 6 ARTICLE 3: SHORT REPORT: AN ALGORITHM BASED ON THE CANADIAN SURVEY ON DISABILITY TO PROPOSE PARATRANSIT ELIGIBILITY OF THE QUEBEC'S POPULATION

Rédigé par :

Camille Garnier, Martin Trépanier et Catherine Morency

Publié le 31 octobre 2022 dans :

Journal of Transport & Health

Volume 27, 101512, DOI : <https://doi.org/10.1016/j.jth.2022.101512>

6.1 Abstract

Background: Paratransit is a mobility alternative provided to PWDs (people with disabilities) facing issues using the regular transit network. In Montreal (Canada), the demand for this type of service is growing due to population aging. Admissibility to paratransit services is based on various eligibility criteria.

Objective: The aim of this research is to estimate the share of people residing in Quebec which is eligible for paratransit services and to estimate the latent demand (number of eligible people) for the STM (Montreal Transit Authority) paratransit service.

Methods: To determine the share of people eligible for the paratransit services, a filter algorithm has been developed based on eligibility criteria of the Quebec Ministry of Transportation. This algorithm is used to filter the results of the 2017 CSD (Canadian Survey on Disability). The results are applied to the Montreal's population and compared with the current use of the STM paratransit service to estimate a latent eligible population.

Results: In Quebec, 5% (296,130) of the population is considered eligible for paratransit services based on the filter algorithm. In Montreal, 1.7% (23,787) of people are STM paratransit users. This represents only 33% of the eligible population. So, the latent eligible population of the STM paratransit service amounts to more than 50,000 people.

Conclusion: Mobility of PWDs has an important impact on social inclusion and access to opportunities. Therefore, it is essential to identify the eligible population and to understand why eligible people are not using the provided services.

6.2 Introduction

Access to mobility services for PWDs (people with disabilities) has been shown to allow access to more opportunities (Lubin & Deka, 2012; Smith & Oh, 2018) and reduce social exclusions (Bascom & Christensen, 2017; Levasseur et al., 2015; Paez et al., 2009; Rapegno & Ravaud, 2017; Wasfi et al., 2017)²⁴. Unfortunately, PWDs have less mobility options and frequently face barriers when using them (Bezyak et al., 2017; Remillard et al., 2022). Paratransit services are one of the adapted alternatives that answers mobility needs of PWDs and for some people it is the only option (Benjamin et al., 1998). This service is designed for individuals who are unable to use the regular transit network independently, enabling them to travel within the serviced area. Most paratransit services have these characteristics (Gupta et al., 2010; Lave & Mathias, 2000):

1. Use adapted minibuses, adapted vans, or regular vehicles.
2. Require people to be eligible to use the service.
3. Require a reservation to use the service.
4. Paratransit price cannot exceed twice the fixed-route fare (in United States).
5. Provide service during the same hours and for the same area as the regular network.
6. Provide door-to-door trips.

Furthermore, most paratransit services collect data about the use of their service, and they know exactly how many users they have. However, it is hard to know what proportion of the population is eligible for paratransit. This research proposes a filter algorithm to determine this share. Most countries study the population with disabilities using surveys (Kostanjsek et al., 2013) on which the algorithm could be used. In this research, we apply the proposed filter algorithm on the 2017 Canadian survey on disability (Statcan, 2018a). The share of eligible people in an area allows estimating the latent eligible population of paratransit services such as the one provided by STM (Montreal transit authority). This brief report first describes the context of PWDs in Quebec. Then the dataset and the filter algorithm are described in the method section. Finally, the results for the province of Quebec and more specifically for the City of Montreal are presented. A discussion is finally proposed.

²⁴ Correction: Access to mobility services for PWDs (people with disabilities) has been shown to allow access to more opportunities (Lubin & Deka, 2012; Smith & Oh, 2018) and reduce social **exclusion** (Bascom & Christensen, 2017; Levasseur et al., 2015; Paez et al., 2009; Rapegno & Ravaud, 2017; Wasfi et al., 2017).

6.3 Context

This research focuses on the Province of Quebec and more specifically on the City of Montreal. The context is important to better understand the necessity of an algorithm to estimate the paratransit eligible population and the results that can be obtained with such algorithm. First, a portrait of the population living with disabilities in Quebec is drawn and then an overview of the public transportation system available in Montreal is presented.

6.3.1 People with disabilities in Quebec

Canada and Quebec adopted legislation to protect the rights of persons with disabilities following the United Nations Declaration of the Rights of Persons with Disabilities in 1975. Thus, in 1978, the Act to secure handicapped persons in the exercise of the rights has been unanimously adopted to promote the professional and social integration of people with disabilities (Government of Quebec, 2004). The same year, the government of Quebec created the Office of Quebec Disabled People (OQDP). Hence, since the 1980s, the rights of PWDs are better recognized and the population is more sensitive to the reality of people living with disabilities. A real change in accessibility to services including transport can be seen from 1990 with the advent of social perspective of disability.

Previously, the medical perspective of disability attributed a physical or mental disorder to an individual without consideration for social factors (Haegele & Hodge, 2016). The social perspective of disability considers that disability is not only a consequence of a medical condition but also of social factors such as access to services, social interactions, accessibility, etc. (Fougeyrollas, 1993). From the moment that societies have embraced the social perspective of disability, several services and infrastructures have been made accessible and this includes public transportation services.

Nowadays, 16% of the Quebec's population aged 15 years and over has a disability that limits their daily activity, according to the most recent Canadian Survey on Disability. This proportion tends to increase due to population aging (Statcan, 2018c). More than 55% of PWDs are women and 7.9% live in a collective dwelling (residences for senior citizens or health care and related facilities) and the remaining live in private houses (Statcan, 2018b). Furthermore, the OQDP concludes that PWDs are, in proportion, more likely to live alone, not have a high school diploma, and not have a job (Office of disabled people of Quebec, 2020).

6.3.2 Public transport in Montreal

The Montreal regular transit network is composed of four metro lines with a total of 68 stations, and of an 1800-bus system, all operated by the STM (Montreal Transit Authority). In 2021, only 16 of the metro stations were accessible by elevators and 14 others were in the process of becoming accessible (STM, 2022a). This lack of accessibility to the metro network is the result of constructions dating from the 1960s (Hagg, 2009). At this time, the medical perception of the handicap was ubiquitous to the detriment of the principle of universal design since the disability was only perceived as a medical condition and not as a disability resulting from social factors such as accessibility to public transport services (Lid & Solvang, 2016a). Fortunately, in 2004, article 67 of section V of the E20.1 law was put in place by the Quebec government to accelerate and guarantee universal accessibility to public transport infrastructures. This article stipulates that transport companies “must, within the year following December 17th, 2004, submit for approval to the Minister of Transport a development program for the purpose of providing, within a reasonable period, public transportation for handicapped persons within the territory served by it.” (Government of Quebec, 2004). Nevertheless, the bus network is almost fully accessible with all buses and 89% of the bus stops being accessible to PWD (STM, 2022a).

PWDs who live in Montreal can also count on the STM paratransit service for their mobility. This paratransit service has similar characteristics to those found in the United States (Lave & Mathias, 2000). With a reservation, eligible users can benefit from an adapted mobility service to travel between an origin and a destination of their choice in the served area. The Montreal paratransit service covers an area wider than the Montreal Island, but the users must be resident of the Island to be admissible. Furthermore, the paratransit service is provided at the same fare as the regular transit network and within the same operating hours. The STM paratransit service reservation data used in this research reveals that in 2019, approximately 25,000 active users conducted more than 3 million trips.

6.4 Methods

6.4.1 Canadian Survey on Disability

The dataset used for this research comes from Statistics Canada through the Quebec Inter-university Center for Social Statistics (QICSS). This collaboration allowed using microdata of the CSD (Canadian Survey on Disability) of 2017. The CSD is a postcensal survey meaning the sample is targeted based on

answers given in the previous census (Statcan, 2018a). The CSD is based on self-reported data through online questionnaires or phone-based interviews and has a sample of 50,000 people. It is also a transversal survey where each respondent is weighted to be representative of the population. The sample stratification is based on:

- provinces (10) or territories (3);
- age groups ([15-24], [25-44], [45-64], [65-74]. and >-75);
- type of disabilities (vision, hearing, physical, cognitive, mental health, and others);
- disability frequency (how often the disability limits your daily activities) (never, sometimes, often, and always).

The CSD has three limitations that affect the results of this study. First, changes have been made to the survey through the years, so the results cannot be compared from one year to another. Second, this survey excludes people living in collective dwellings (senior citizens residences, nursing homes, hospitals, etc.). This is an important limitation considering that many people in collective residences are there due to a handicap. The CSD also excludes people under 15 years old. Third, a large gap is observed between the proportion of people that declare a disability in Quebec and the rest of Canada. Indeed, in Quebec, this proportion is around 16% compared to an average of 22% for the other Canadian provinces. Various assumptions have been proposed to explain this gap; Mackenzie (2013) devoted his thesis on this topic but there is still no clear explanation for such differences (MacKenzie, 2014)²⁵. Since this survey is based on respondents' perception of disability, it is likely that Quebecers perceive themselves to be less disabled than the population of other provinces and it could be due to the level of access to services well adapted to PWDs. Indeed, if more services and infrastructures are adapted to the needs of PWDs, some of them may not perceive themselves as disabled. Nevertheless, with these limits in mind, the CSD has great potential to conduct further analysis.

6.4.2 Eligibility algorithm

To be a user of the paratransit service in Quebec a person meet the following criteria as elaborated by the Quebec Ministry of Transportation (Transport Ministry of Quebec, 1998)²⁶:

²⁵ Correction: Various assumptions have been proposed to explain this gap; Mackenzie (2013) devoted his thesis **to** this topic but there is still no clear explanation for such differences (MacKenzie, 2014).

²⁶ Correction: To be a user of the paratransit service in Quebec a person **must** meet the following criteria as elaborated by the Quebec Ministry of Transportation (Transport Ministry of Quebec, 1998)

1. be a handicapped person, that is “a person with a deficiency causing a significant and persistent disability, who is liable to encounter barriers in performing everyday activities.”
2. Have limited mobility justifying the use of a paratransit service. Only the following disabilities are considered for eligibility:
 - 2.1. the inability to walk 400 meters on even ground;
 - 2.2. the inability to go up a step 35 centimeters high with support, or step down without support;
 - 2.3. the inability to make an entire trip using regular public transportation;
 - 2.4. the inability to keep track of time or find one’s bearings;
 - 2.5. the inability to master situations or behaviours that could represent a danger to the person or others;
 - 2.6. the inability to communicate orally or through sign language. Note that, by itself, this disability does not constitute a criterion for eligibility.

These criteria were used to build an algorithm that filters the CSD microdata to determine the eligible population²⁷. Unfortunately, the Quebec Ministry of Transportation criteria make room for interpretation. Therefore, an eligibility advisor of the STM was consulted to validate the algorithm. The algorithm is built based on the type of disability, the severity, and the frequency (Table 6-1) and the results are grouped by age cohort. This algorithm allows filtering the CSD to obtain only the samples of users that are potentially eligible for paratransit services.

Table 6-1: Paratransit eligibility algorithm

Disability	Question	Admissible answer
Vision	[With your glasses or contact lenses, which/which] of the following best describes your ability to see?	3: A lot of difficulty seeing
		4: You are legally blind
		5: You are blind
	AND	
	How often does this [difficulty seeing/seeing condition] limit your daily activities?	4: Often
		5: Always
OR		

²⁷ Additional explanation: Some eligibility criteria for paratransit are subjective, making the development of the algorithm complex. Additionally, the survey questions and response choices are also subjective. Thus, the algorithm aims to represent the decision-making process that an eligibility advisor would undertake based on the respondent's answers.

Table 6-1: Paratransit eligibility algorithm (continued)

Disability	Question	Admissible answer
Mobility	How much difficulty do you have walking on a flat surface for 15 minutes without resting?	3: A lot of difficulty
		4: You cannot do at all
	OR	
	How much difficulty do you have walking up or down a flight of stairs, about 12 steps without resting?	3: A lot of difficulty
		4: You cannot do at all
	AND	
	How often [does this difficulty walking/does this difficulty using stairs/do these difficulties] limit your daily activities?	4: Often
		5: Always
OR		
Flexibility	How much difficulty do you have bending down and picking up an object from the floor?	4: You cannot do at all
	OR	
	How much difficulty do you have reaching in any direction, for example, above your head?	4: You cannot do at all
	AND	
	How often [does this difficulty bending and picking up an object/does this difficulty reaching/do these difficulties] limit your daily activities?	5: Always
OR		
Dexterity	How much difficulty do you have using your fingers to grasp small objects like a pencil or scissors?	4: You cannot do at all
	AND	
	How often does this difficulty using your fingers limit your daily activities?	5: Always
OR		
Pain	Do you have pain that is always present?	1: Yes
	AND	
	How often does this pain limit your daily activities?	5: Always
	AND	
	When you are experiencing this pain, how much difficulty do you have with your daily activities?	4: You cannot do at all
OR		

Table 6-1: Paratransit eligibility algorithm (continued and end)

Disability	Question	Admissible answer
Development	Has a doctor, psychologist or other health care professional ever said that you had a developmental disability or disorder?	1: Yes
	AND	
	How often are your daily activities limited by this condition?	2: Rarely
		3: Sometimes
		4: Often
		5: Always
	AND	
	How much difficulty do you have with your daily activities because of this condition?	2: Some difficulty
		3: A lot of difficulty
		4: You cannot do most activities
OR		
Memory	Do you have any ongoing memory problems or periods of confusion?	1: Yes
	AND	
	How often are your daily activities limited by this problem?	3: Sometimes
		4: Often
		5: Always
	AND	
	How much difficulty do you have with your daily activities because of this problem?	3: A lot of difficulty
4: You cannot do most activities		

6.5 Results

6.5.1 Proportion of 2017 Quebec population eligible for paratransit services

The CSD is a weighted survey, so results can only be obtained from the available stratification. Furthermore, the eligibility policy used to elaborate the algorithm only concerns the Quebec province, so results are not available for other provinces or territories. Table 6-2 presents the results by age group and by type of disability. The sum of the proportion by type of disability is over 100% because some people have many disabilities and are considered eligible for more than one type of disability.

Table 6-2: Results of the eligibility algorithm for the province of Quebec in 2017

Age groups	Quebec's population	Eligible Quebec population	Eligible proportion	Types of disability	Number of eligible people	Proportion of the eligible population
[15-24]	914,520	18,500	2%	Vision	37,910	13%
[25-44]	2,034,910	42,730	2%	Mobility	192,210	65%
[45-64]	2,293,300	116,010	5%	Flexibility	19,230	7%
[65-74]	823,240	52,090	6%	Dexterity	3,790	1%
>=75	461,840	66,800	14%	Pain	53,220	18%
Total	6,527,810	296,130	5%	Development	47,340	16%
				Memory	56,050	19%

Table 6-2 shows that 5% of the Quebec population is admissible to paratransit services. This proportion is reduced to 2% for people under 45 years old and increased to 14% for people aged 75 and over. Another interesting finding is that 65% of the admissible population has a mobility disability and 19% has a handicap related to memory.

6.5.2 Use of the STM paratransit service

The proportion of the population eligible for paratransit is small, but much larger when compared to the proportion of the population that uses paratransit services. Unfortunately, no province-wide dataset is available to assess the number of paratransit users for all the services provided in Quebec. Nevertheless, the STM paratransit service has provided its dataset for research purposes, and it allows to compare real usage with the algorithm results. To make the comparison, the results for Quebec must be assigned to the city of Montreal. Thereby, the eligible proportion by age groups has been transposed to the number of people in each age group in Montreal in 2016 (Statcan, 2016) (see Table 6-3).

Table 6-3: Results of the eligibility algorithm compared with the STM paratransit users in 2016

Age groups	Montreal's population (Statcan census)	Eligible proportion (CSD dataset)	Eligible Montreal population	Paratransit users (STM dataset)	Proportion of users	Proportion of the eligible population who are users
[15-24]	205,715	2%	4,114	946	0.46%	23%
[25-44]	533,415	2%	10,668	1,931	0.36%	18%
[45-64]	426,765	5%	21,338	5,111	1.20%	24%
[65-74]	141,635	6%	8,498	4,348	3.07%	51%
>=75	131,390	14%	18,395	11,451	8.72%	62%
Total	1,438,920	5%	71,946	23787	1.65%	33%

Table 6-3 shows that only 1.65% of the Montreal population is using the paratransit service. It represents 33% of the eligible population estimated by the algorithm. It is possible to conclude that the latent eligible population of the STM paratransit is over 50 000 people (67% of the eligible population). That means that 67% of these people use other mobility modes or are confined at home. For the population under 65 years old the latent eligible proportion is over 75%.

6.6 Discussion

In a sense, it is good news that not all the eligible people are users of the paratransit service provided by the STM because the resources are limited and the costs of operating such service are high (Mindorff, 2019b; Tan et al., 2019). For PWDs the situation can be worrying because mobility is a driver of well-being. Many reasons may explain the gap between the number of eligible people and the number of paratransit users. These reasons are listed below.

1. Some PWDs use other mobility modes like private paratransit services from collective dwellings, private car, active mode, etc. rather than the STM paratransit service.
2. Some PWDs receive help from family members to conduct trips.
3. Paratransit supply may not satisfy the needs of PWDs, and they therefore prefer to use other modes.
4. Some PWDs are forced or choose to stay home.
5. The STM's paratransit service may not be known by all PWDs, or some people may not be able to subscribe by themselves.

(1) In Montreal, a lot of private residences for senior citizens provide shuttle services to their residents for shopping, groceries, social activities, etc. The information about this type of service is not centralized thus impeding the ability to quantify users. (2) 68% of the eligible population identified with the algorithm receive help to go to their appointments and shopping. Furthermore, 48% of the eligible population live with a family member who helps them daily. PWDs who receive all the help they need to make their trips may not need the paratransit services. (3) Bezyak et al. (2017) have identified factors that hinder the use of paratransit: lack of flexibility and punctuality, long waiting times, inappropriate drivers' attitudes, no-show policy, etc. Nevertheless, a survey conducted by the ARTM (Metropolitan Regional Transportation Authority) among Montreal paratransit users revealed that 81% of the users give a score of 8/10 or more in relation to their satisfaction with the service provided. (4) Several research have established that PWDs

have more sedentary behaviours than people without disability (Carty et al., 2021; Ghosh et al., 2021; Oviedo et al., 2017) and this trend is not likely to improve with the COVID-19 pandemic. Indeed, the CSD was realized before COVID-19 and 24% of the respondents that are eligible for paratransit services were housebound, mostly because they feared for their safety or because they thought that leaving the house might make their situation worse. Furthermore, 76% of the eligible population are neither student nor worker, and might not need to go outside often, making paratransit services unnecessary for them. (5) Information about paratransit services is mostly on the internet or transmitted by local organizations. The eligibility process can be complex and require communication by phone or e-mail. Although websites of paratransit services are generally adapted, PWDs may encounter more difficulties using new technologies (Weiss, 2013).

6.7 Conclusion

This research proposes a method to estimate the proportion of the Quebec population that is eligible for paratransit services. Also, the latent eligible population of the STM paratransit service is estimated. The algorithm developed in this paper can be adapted, based on a local survey of PWD's, to eligibility requirements of any paratransit service. One limitation of this study is that we assume the population of Montreal has the same PWD's attributes as the population of the whole province, which may not be the case. Communication of the results with paratransit service operators allows them to better evaluate the eligible population and take actions to provide their services to more PWDs. The results of this research could also be used to develop attractiveness indicators of the paratransit services. The number of eligible people that use a service for a certain period is an indication of service attractiveness. Attractiveness is a good indicator of the service performance (Kopp et al., 2006). It can be compared with other services or past performances and be monitored over time.

CHAPITRE 7 ARTICLE 4: ANALYZING MOBILITY GAPS BETWEEN PEOPLE WITH AND WITHOUT DISABILITIES USING OAXACA- BLINDER DECOMPOSITION METHOD

Rédigé par :

Camille Garnier, Martin Trépanier et Catherine Morency

Soumis le 16 octobre 2023 dans :

Research in Transportation Business & Management

7.1 Abstract

Some population groups have lower propensity to be mobile than others. The reasons for this divergence in tendencies are difficult to assess, namely since some of these groups are typically less observed and analyzed in regular surveys. The aim of this research is to compare the mobility of people with and without disabilities. Data from the 2018 Origin-Destination survey for Montreal City (Canada) is used to calculate four mobility indicators. 54% of the people with disabilities are immobile during a typical weekday compared to 17% for the other group. To understand the source of the mobility gaps, two estimations with Oaxaca-Blinder decomposition method are used. A portion of this gap is explained by different characteristics of the two groups (proportion of older adults, workers, and people with driver license). The gap is also explained by disparities between people with similar characteristics. Women and older adults with disabilities are less mobile than women and older adults without disabilities. The analysis of people with and without disabilities satisfaction suggests that the perception of public transportation services (PT) is a factor associated with the mobility gap between the two groups, but further research will be necessary.

Keywords: Mobility disparities; Mobility indicators; Decomposition methods; People with disabilities; Satisfaction; Public Transportation

7.2 Introduction

In Canada, one-fifth of people aged 15 years and older have a disability that limits their daily activities (Statcan, 2018c). Nevertheless, it is rare to see a person in a wheelchair in the subway or a person with an intellectual disability at the bus stop. These people are often forgotten because they are rarely present in regular public transit services. Moreover, mobility is essential for social participation and access to opportunities, and this is also true for people with disabilities (PWDs) (Bascom & Christensen, 2017; Ipsen & Repke, 2022; Levasseur et al., 2015). Does the mobility behaviour of people with disabilities really differ from those of people without disabilities or is it just a matter of perception? Unfortunately, mobility gaps between people with and without disability are hard to assess since few surveys are conducted including both groups and other surveys targeting either group are difficult to compare. The determinants of mobility gaps are important to study to establish if there is a disparity. Indeed, it is possible to question the sources and the consequences of these mobility gaps: social factors (legislation, inclusiveness, community, etc.), environmental factors (accessibility of the built environment, access to the destination, etc.) and individual factors (physical and mental abilities, demographic characteristics, etc.) or they are related to the composition of the groups studied. This is the central topic of this paper. It first presents some background elements relevant to the research, then focuses on the context and the methodology, continues with the presentation of the results, and closes with a discussion on the various findings and research perspectives.

7.3 Literature Review

The literature review presents background elements related to mobility disparity faced by PWDs. Decomposition methods are also discussed justifying the use of the Oaxaca-Blinder methods in the context of this research.

7.3.1 Mobility Disparities Faced by PWDs

Most people are aware that PWDs face more challenges and barriers in their daily life and that mobility is not an exception. It is often mentioned that elevators in metro stations or access ramps in buses are essential, but mobility disparities are more diverse than that. Figure 7-1 shows the different categories of disparities faced by PWDs in relation to transportation modes and access to destinations. Table 7-1 presents examples of mobility disparities, by category, found in the literature. All these disparities may

have an impact on mobility indicators. Nevertheless, characteristics of users unrelated to disabilities may also influence mobility indicators (examples: gender, age, income, etc.). For example, elderly people tend to be more immobile than people from younger generations.

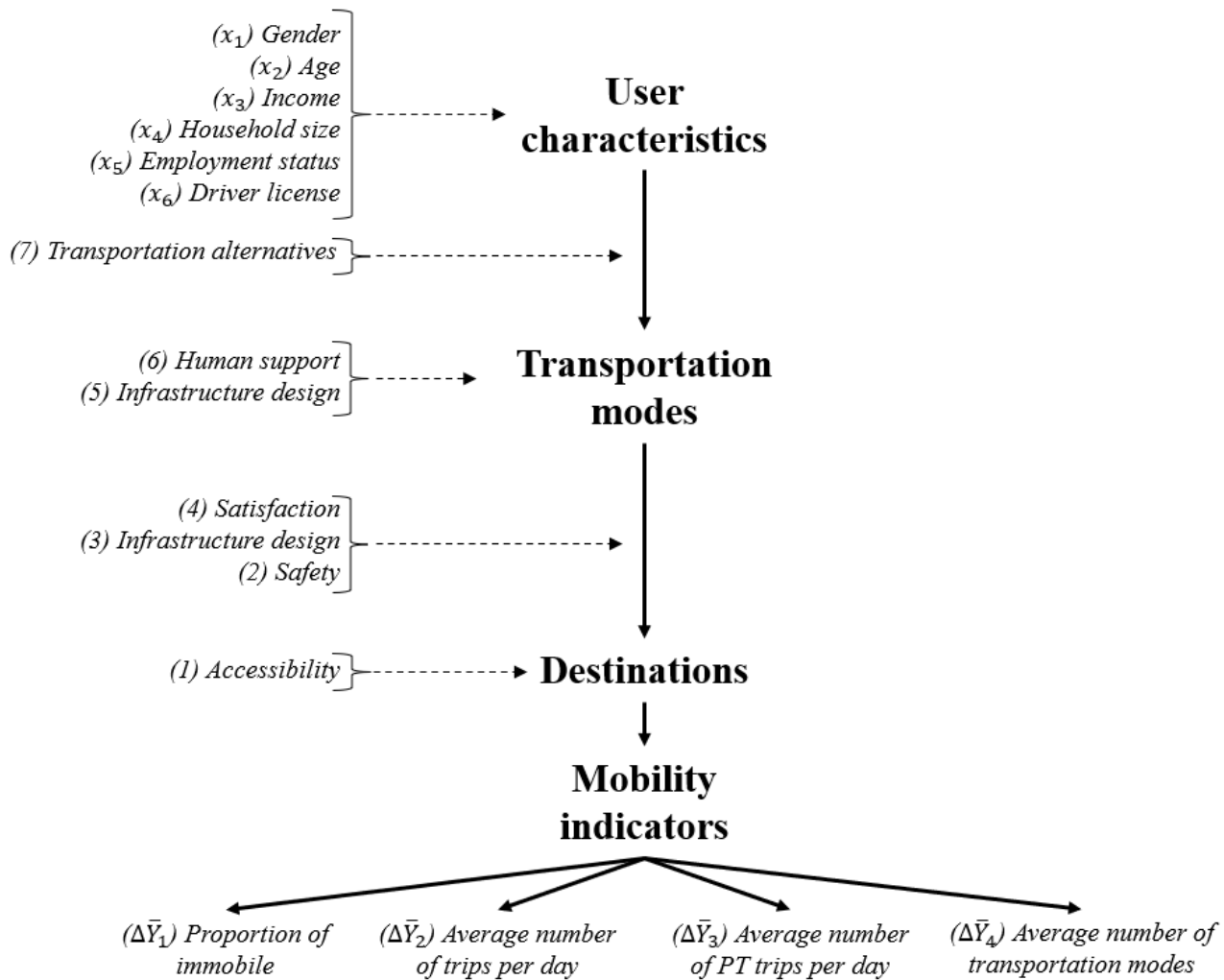


Figure 7-1: Visual representation of mobility disparities and mobility indicators

Table 7-1 reveals that PWDs face different types of mobility disparities. Unfortunately, mobility disparities between people with and without disabilities are hard to quantify since they are mostly qualitative, or data are missing. However, it is possible to quantify the mobility gap based on mobility indicators calculated for the two groups. In this research, four indicators are used: Proportion of immobile, average number of trips per day, average numbers of public transportation services (PT) trips per day and, average number of modes per day. If mobility gaps are identified for an indicator, it may be a sign that

there is a disparity related to transport supply, but other types of disparity may influence mobility behaviours of PWDs. These other disparities will be discussed in the discussion section of this article.

Table 7-1: Mobility disparities faced by PWDs identified in the literature

Categories	Descriptions	Disparities	References
(1) Accessibility	Transport infrastructure enables individuals to reach various destinations such as grocery stores, workplaces, hospitals, and more.	Less accessible job using public transport	(Grisé et al., 2019)
		Pedestrian network less accessible to reach building and activities	(Vale et al., 2017)
		Wheelchair users do not reach their destination in 20% of cases	(Meyers et al., 2002)
(2) Safety	Device and procedures put in place to ensure the user's safety during their travel.	More safety devices are needed for PWDs (curb distance, tie-down-equipment, driver assistance, ramp slopes/surface, etc.) and they are not always available.	(Meyers et al., 2002)
(3) Connectivity	The design of the transportation network enables users to travel directly without the need for detours.	Smaller accessible pedestrian network length	(Vale et al., 2017)
(4) Satisfaction	Satisfaction of the transportation service by users regarding waiting time, frequency, comfort, etc.	PWDs' comfort depends on specific infrastructure elements (ramp design, suspension, door width, designated spaces, etc.) that are not always present	(Wretstrand et al., 2008)
(5) Infrastructure design	Transport infrastructure design free of barriers.	Wheelchair users frequently face physical barriers using PT	(Meyers et al., 2002)
(6) Human support	Human support available and trained to help users.	Bus drivers' attitudes and ignorance of PWDs' needs is a barrier to using PT	(Park & Chowdhury, 2018)
		Some wheelchair users report no personal assistance using PT	(Meyers et al., 2002)
		Behaviour of drivers has an important impact on PWDs' safety and comfort	(Wretstrand et al., 2008)
(7) Alternatives	Number of mobility alternatives users can consider for their trips.	More captive users of a single mobility mode	(Benjamin et al., 1998)

7.3.2 Decomposition Methods

Decomposition methods are used to validate the source of gaps between groups. The Oaxaca-Blinder decomposition can explain the difference in dependent variable for two distinct groups (Blinder, 1973; Oaxaca, 1973). Initially, in 1973, this method was developed to explain the gap in salaries between men and women. The purpose was to find out if the gap was attributable to the composition of the groups (study level, age, experience, etc.) or if the gap was a sexism effect (Blinder, 1973; Oaxaca, 1973). Subsequently, this method has been used in many fields such as health (Bauer et al., 2007; Taber et al., 2016), land studies (Munn & Hussain, 2010), immigration (LaLonde & Topel, 1992), transportation (Etezady et al., 2021; Jann, 2008; Verreault & Morency, 2015, etc.) The application of this method has been greatly simplified by software implementations in Stata (Fairlie, 2005; Watson, 2002) or R (Hlavac, 2018). With either software, it is possible to easily obtain the basic difference, endowment, coefficient, and interaction terms to explain the gap. The basic difference represents the effect of variables that are not included in the model. The endowment terms quantify the effect of group composition. For example, if the gap in the average number of trips per day between men and women is studied and there are more men with a driver's license explaining the gap than it is an endowment effect. The coefficient term quantifies the effect attributable to discrimination. In the same example, if women with driver licenses make less trip than men with driver licenses, it is a coefficient effect. Finally, the interaction term quantifies the effect of interaction between endowments and discrimination. When the model is not able to assign the effect to discrimination or group composition, the interaction effect is high. So, the purpose is to minimize the third term. Mathematically, the gap between the two groups ($\Delta\bar{Y}$) is noted as:

$$\Delta\bar{Y} = \bar{Y}_A - \bar{Y}_B \quad (7.1)$$

If $\bar{Y}_A$ and $\bar{Y}_B$ can be expressed as a linear regression $\bar{Y}_A = \bar{X}'_A \hat{\beta}_A$ where $\bar{X}'_A$ is the mean values of explanatory variable and $\hat{\beta}_A$ is the coefficient of the regression. Thereby, equation (7.1) can be transformed as:

$$\Delta\bar{Y} = (\hat{\beta}_0^A - \hat{\beta}_0^B) + \bar{x}_1^A \hat{\beta}_1^A - \bar{x}_1^B \hat{\beta}_1^B \quad (7.2)$$

Equation (7.2) can be rearranged to obtain the four terms (basic difference, endowments, coefficients, and interaction) as shown in equation (7.3):

$$\Delta\bar{Y} = (\hat{\beta}_0^A - \hat{\beta}_0^B) + \hat{\beta}_1^B (\bar{x}_1^B - \bar{x}_1^A) + \bar{x}_1^B (\hat{\beta}_1^A - \hat{\beta}_1^B) + (\bar{x}_1^B - \bar{x}_1^A) (\hat{\beta}_1^A - \hat{\beta}_1^B) \quad (7.3)$$

Other methods are also found in the literature, like the econometric model of Havet et al. (2021). The authors use this model to explain mobility gaps between men and women. Another interesting method is the Age Period Cohort Characteristic (APPC) model (O'Brien, 2000). This model is used to explain the variation between cohorts of different groups for indicators of mobility (average numbers of trips, proportion of immobile, etc.). This implies having access to chronological data. In her thesis, Plouffe (2014) exploited these methods to explain the evolution of various travel indicators over a 20-year period accounting for age, gender, and cohorts.

7.4 Context

This research focuses on the city of Montreal (Quebec, Canada). The Montreal regular transportation network is composed of four metro lines with a total of 68 stations, and a bus network served by more than 1800 buses, all operated by the STM (Montreal Transit Authority). In 2021, only 16 of the metro stations were accessible by elevators and 14 others are in the process of becoming accessible (STM, 2022a). This lack of accessibility to the metro network is the result of construction dating from the 1960s (Hagg, 2009). At that time, the medical perception of the handicap was ubiquitous to the detriment of the principle of universal design (Lid & Solvang, 2016). Fortunately, in 2004, the article 67 of section V of the law E20.1 was put in place by the government of Quebec to accelerate and guarantee the universal accessibility of public transit infrastructure (Government of Quebec, 2004). Possibly as a result, the bus network is almost fully accessible with all buses and 89% of bus stops accessible (STM, 2022a).

PWDs who live in Montreal can also count on the STM paratransit services for their mobility. This paratransit service has similar characteristics to those found in the United States (Lave & Mathias, 2000). With a reservation, eligible users can benefit from an adapted transportation service for trips with an origin and a destination of their choice in the served area. The Montreal paratransit service covers an area wider than the Montreal Island, but the users must be resident of the Island to be admissible. Furthermore, the paratransit service is provided at the same fare as the regular transit network and within the same operating hours. The STM paratransit service has approximately 25,000 active users that conducted more than 3 million trips in 2020.

7.5 Methodological Framework

The methodology section is divided in two parts: datasets and, application of Oaxaca-Blinder decomposition method. Figure 7-2 summarizes the methodological steps of this research.

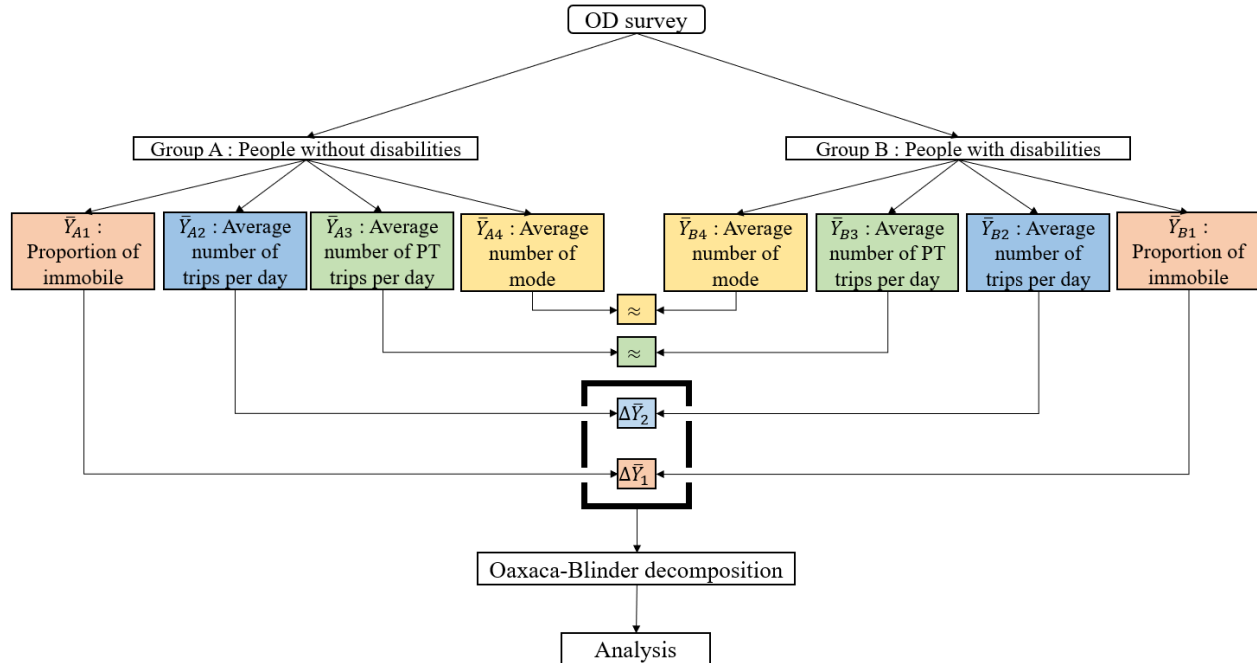


Figure 7-2: Methodological step of the research.

Four mobility indicators were calculated for the two groups studied, but significant differences were only observed for the first two indicators. Thus, the Oaxaca-Blinder decomposition method was applied only to the first two indicators, namely the proportion of immobile and the number of trips per day.

7.5.1 Dataset

The dataset used in this research is an extraction of the 2018 Montreal OD Survey realized by regional metropolitan transportation authority (ARTM) (ARTM, 2018). This OD Survey has been conducted every five years since 1970, but the first time it included a question on disabilities was in 2018. This facilitated the examination of travel behaviors among people with disabilities (PWDs). Given that the sample is weighted to enable statistical inference at the total population level, it becomes possible to determine the preferred travel mode during an average weekday in the fall. This dataset allows us to obtain three mobility

indicators for each group: the proportion of immobility, the average number of trips per day, and the average number of public transportation trips per day. With these three indicators, it is possible to perform three Oaxaca-Blinder decomposition and identify the source of mobility gaps between people with and without disabilities.

7.5.2 Application of the Oaxaca-Blinder Decomposition Method

The purpose of this research is to compare and explain mobility gaps between disabled people and non-disabled people. The Oaxaca-Blinder (OB) method was applied using the Hlavac (2014) package in R. Although four mobility indicators have been considered, only two significative mobility gaps have been identified between the two groups so, only two OB have been performed. Table 7-2 presents the variables used for the two OB applications and equation (7.4).

Table 7-2. Parameters of Oaxaca-Blinder decomposition method

	Dependent variable ($\Delta\bar{Y}_i$)	Indicator variable	Model type	Independent variables (x_j)
OB1	Immobile (1 = Mobile; 0 = Immobile)	A: People without disability B: People with disabilities	Logit model	x_1 : Women (binary) x_2 : Aged 65 and older (binary) x_3 : Low income ¹ (binary) x_4 : Live alone (binary) x_5 : Worker (binary) x_6 : Driving license (binary)
OB2	Number of trips per day	A: Mobile people without disability B: Mobile people with disabilities	Linear regression model	

¹ Income of 30,000 Canadian dollars and less

$$\Delta\bar{Y}_2 = (\hat{\beta}_0^A - \hat{\beta}_0^B) + \sum_{j=1}^6 \hat{\beta}_j^B (\bar{x}_j^B - \bar{x}_j^A) + \sum_{j=1}^6 \bar{x}_j^B (\hat{\beta}_j^A - \hat{\beta}_j^B) + \sum_{j=1}^6 (\bar{x}_j^B - \bar{x}_j^A) (\hat{\beta}_j^A - \hat{\beta}_j^B) \quad (7.4)$$

OB1: The aim of the first application is to explain the differences between people with and without disability in relation with immobility. For the dependent variable, one means that the person has declared at least one trip during the study day (mobile) and zero means that no trip has been declared (immobile). Given that the dependent variable is binary, the OD decomposition is used with a logit model.

OB2: In the second application, only the observations of mobile people are considered because the aim is to explain the difference in the average number of trips per day of individuals with and without handicap with no consideration of the mode used.

7.6 Results

The results are presented in two steps: 1) mobility gap between people with and without handicap 2) results of the two Oaxaca-Blinder decomposition applications to explain the mobility gap between the two groups.

7.6.1 Mobility Gaps

In total, 62,785 people have been declared as having a disability that limits their mobility in Montreal according to the 2018 OD survey. Figure 7-3 presents the proportion of people with and without handicaps, living on the Montreal Island, that have at least used the various modes once during the observation day.

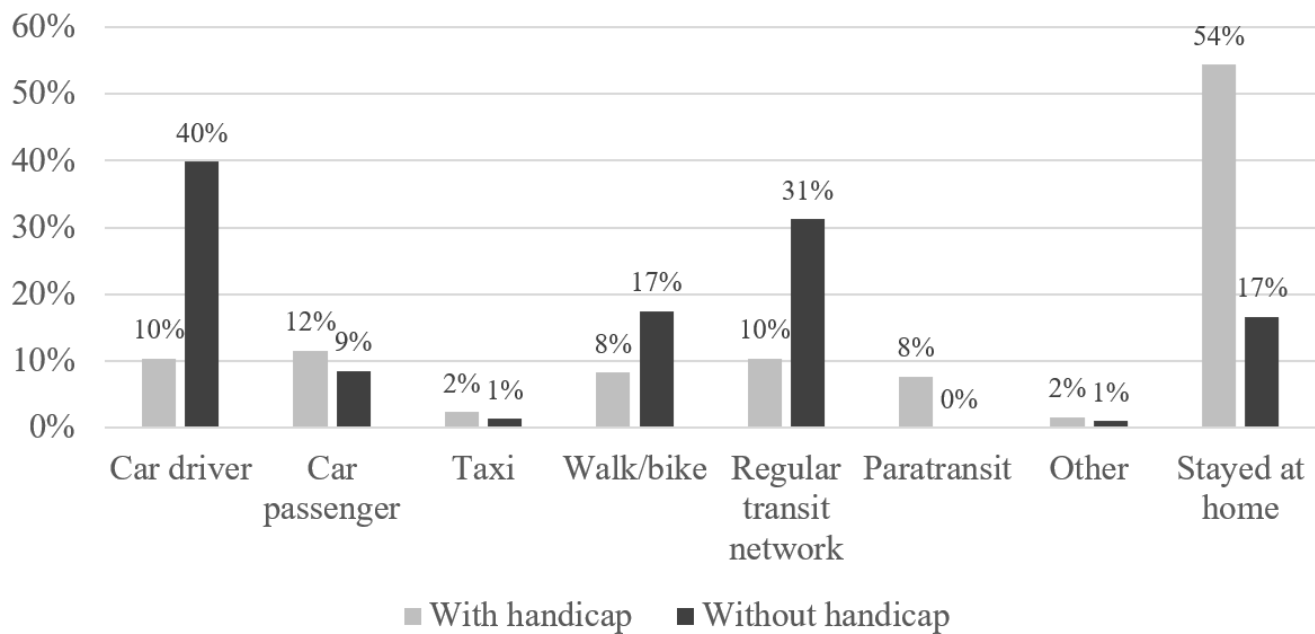


Figure 7-3: Breakdown of people with and without handicaps that have used the designated mode at least once during the study weekday according to the results of the 2018 OD survey

Figure 7-3 reveals that more than 50% of PWDs have declared no trips during the survey day versus 17% for people without disability. Also, 8% (5 023 people) of the population with disability have used paratransit during the day of observation. Apart from paratransit, PWDs also use the car as a passenger or

driver and the regular transit network. It is important to mention that people that mention a handicap in the OD survey are not necessarily eligible to the paratransit service of the STM so, they must use other modes.

Table 7-3 presents the results for the mobility indicators used in this study. The first indicator is the proportion of immobile during a typical weekday of fall, as estimated by the OD survey. Immobile means that the person has declared zero trips during the survey day. The second indicator is the average number of trips per day. This indicator is only calculated using the people that made at least one trip. The third indicator is the number of trips using public transit service (regular transit network and paratransit service). Again, the indicator only considers people that made at least one trip using PT service during the survey day. Finally, the fourth indicator is the number of modes used during the day of observation. The aims of this indicator were to identify if PWDs are more captive to one mode than people without disabilities.

Table 7-3. Comparative summary of the mobility of people with and without disabilities according to the 2018 OD survey

	$\Delta\bar{Y}_1$ Proportion of immobile	$\Delta\bar{Y}_2$ Average number of trips	$\Delta\bar{Y}_3$ Average number of PT trips	$\Delta\bar{Y}_4$ Average number of modes
People with disabilities	54%	2.52 ± 1.50	2.064 ± 1.12	1.14 ± 0.40
People without disability	17%	2.85 ± 1.69	2.062 ± 1.14	1.19 ± 0.44

Table 7-3 shows a gap of 37% for the first indicator in favor of people without disabilities. A gap of 0.33 trips is also observed in the average number of trips. For these two gaps, it would be interesting to know whether it is attributable to the composition of the group or to disparity in mobility supply. However, gaps $\Delta\bar{Y}_3$ and $\Delta\bar{Y}_4$ are not significative so Oaxaca-Blinder method cannot be applied. Nevertheless, the lack of difference for these two indicators is interesting and an analysis on this subject is presented in the discussion section.

7.6.2 Oaxaca-Blinder decomposition applications

To better understand the results (Table 7-4, Figure 7-4 and Figure 7-5) short definitions are provided below. Note that for OB1, the results are in percentage because the dependent variable is binary. For OB2 the results are in number of trips.

Group A: Average value of the dependent variable for group A (people without a disability).

Group B: Average value of the dependent variable for group B (people with a disability).

Difference: Difference between the average value of the dependent variable for groups A and B.

Endowments: Part of the *difference* that is explained by the characteristics of the two groups. The smaller the p-value the more significant the endowments.

Coefficients: Part of the *difference* that is explained by a disadvantage of one of the groups. The smaller the p-value the more significant the coefficients.

Interaction: Part of the *difference* that is explained by the interaction between the endowments and the coefficients. The smaller the p-value the more significant the interaction.

Mean difference: Gap between the two groups for each independent variable, for example there is 6.94% more women in group B than in group A.

Beta difference: Quantification of the disadvantage of being in group B for each independent variable. Example: People with disabilities who are employed are 17% more likely to be mobile than people without disabilities who are employed.

Endowment's graph: Each band illustrates how much the gap between the two groups (*mean difference*) explains the difference in the dependent variable.

Coefficient's graph: Each band illustrates the intensity of the disadvantage related with each independent variable. If the band goes in the positive direction, group B is disadvantaged and inversely.

Interaction's graph: Each band illustrates the strength of the interaction between the endowment and the coefficient for each independent variable. This is the portion for which it is not possible to draw a clear conclusion.

Table 7-4. Results of Oaxaca-Blinder decomposition methods

OB1: Immobile (binary)							
Group A	17.51%	Endowments		Coefficients		Interaction	
Group B	53.77%	<i>Coefficient</i>	<i>p-value</i>	<i>Coefficient</i>	<i>p-value</i>	<i>Coefficient</i>	<i>p-value</i>
Difference	35.26%	26.45%	0.013	20.98%	0.010	-12.17%	0.013
	Intercepts	women	65 and over	Low income	Live alone	worker	Driver license
Mean difference	0.00	-6.94%	-39.11%	-20.77%	-22.16%	44.63%	47.89%
Beta difference	22.68%	3.42%	3.03%	-4.63%	-0.13%	-17.79%	-7.80%
OB2: Number of trips per day							
Group A	2.85	Endowments		Coefficients		Interaction	
Group B	2.57	<i>Coefficient</i>	<i>p-value</i>	<i>Coefficient</i>	<i>p-value</i>	<i>Coefficient</i>	<i>p-value</i>
Difference	0.29	0.21	0.052	0.11	0.036	-0.03	0.053
	Intercepts	women	65 and over	Low income	Live alone	worker	Driver license
Mean difference	0.00%	-3.49%	-32.01%	-20.07%	-21.81%	42.59%	41.10%
Beta difference	0.093	0.130	0.010	-0.120	-0.034	-0.164	0.038

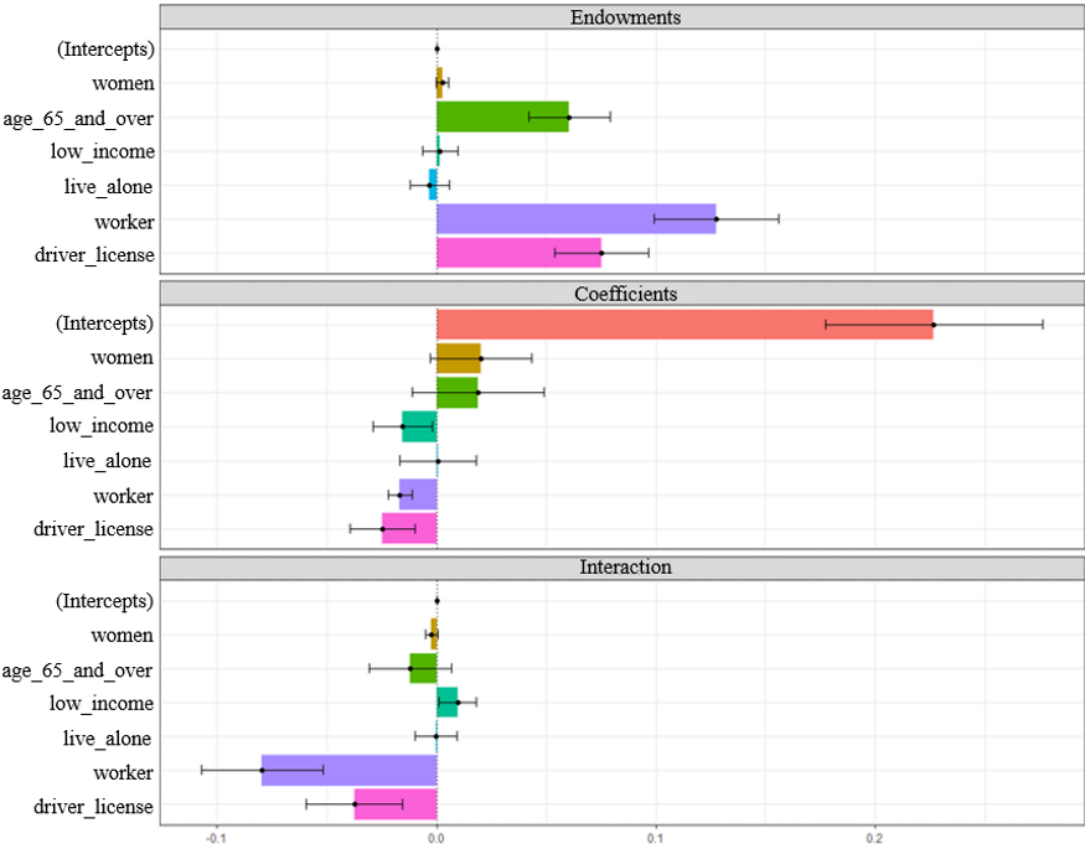


Figure 7-4: OB1 - Mobility Status analysis (binary)

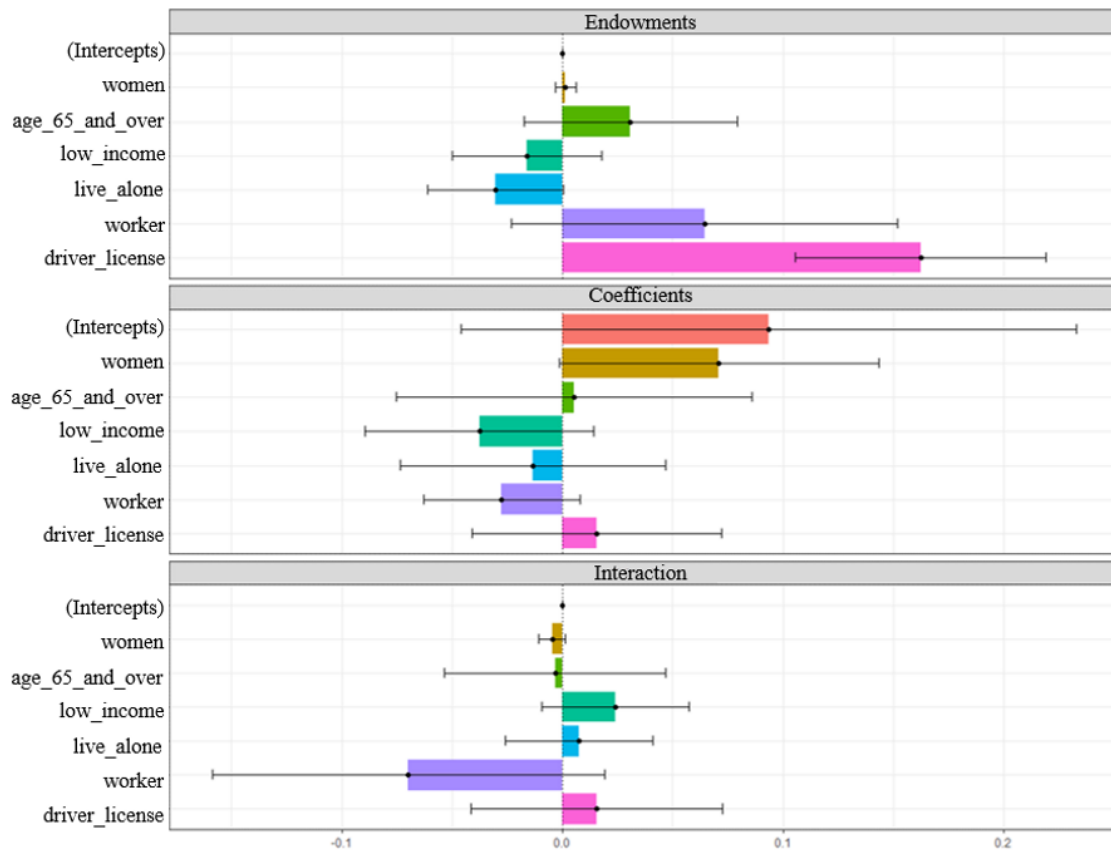


Figure 7-5: OB2 - Number of trips per day

Since the confidence intervals for several coefficients are very wide, the precision of the estimates is limited (see Figure 7-4 and Figure 7-5). Nevertheless, it is still possible to make observations related to the results presented in Table 7-4.

- Observation 1: There are more older adults in group B (people with disabilities), and this has an impact on the proportion of immobile people and on the number of trips per day.
- Observation 2: There are more workers and people with a driving license in group A (people without disability) and this has an impact on the proportion of immobile people and on the number of trips per day.
- Observation 3: As Beta differences are greater than zero for the gender (women) and age (older adults) variables, people with these characteristics in group B are more likely to be immobile and make fewer trips per day compared to people with the same characteristics in the other group.

Therefore, PWDs with these characteristics are disadvantaged in comparison with those from group A.

- Observation 4: As Beta differences are lower than zero for the income (low income) and household size (living alone) and employment status (worker) variables, people with these characteristics in group B are less likely to be immobile and make fewer trips per day compared to people with the same characteristics in the other group.
- Observation 5: As Beta differences is lower than zero for the driver license variable, people with a driver license in group B are less likely to be immobile and make fewer trips per day compared to people with the same characteristics in the other group.

The above observations are surprising, and it is difficult to make hypotheses to explain them without additional sources of data. One hypothesis that could explain Observation 3 is that women and older adults with disabilities are less satisfied with the transportation services. This hypothesis will be explored in the next section. However, it is also probable that the explanation for the observations presented above goes beyond transportation services and may stem from discrimination within society, which will be addressed in the discussion of this article.

7.6.3 Analysis of User Satisfaction with Regular Public Transit

The use of the Oaxaca-Blinder decomposition method made it possible to identify that women and older adults with disabilities face disparity. However, it remains difficult to explain these results with only the information collected through the OD survey. User satisfaction and perceptions of mobility services may impact the use of these modes of transport (De Oña, 2020; Delbosc & Currie, 2012; Minelgaité et al., 2020; De Vos et al., 2020). Fortunately, ARTM has carried out a survey on the perceptions and mobility habits of paratransit users in 2020 (ARTM, 2020). This survey was conducted during the pandemic, but the respondent was asked to ignore the change caused by the COVID-19 pandemic. This survey was conducted among 1,500 paratransit users in the metropolitan area of Montreal through an online and telephone questionnaire. The questionnaires are mainly composed of qualitative questions related to transportation habits, satisfaction with different modes of transport and the sociodemographic characteristics of users. All results have been weighted according to the region, gender, age, and main limitation to represent all paratransit users. The advantage of this survey is that it targets paratransit users

but questions them about the use of all modes of transport. All these datasets help to better explain the results of this research.

The survey on the perception and mobility habits of paratransit users realized by the ARTM contains results on women and older adults' satisfaction with the different modes of transport used. Table 7-5 presents the overall satisfaction based on a scale between 1 (lowest) and 10 (highest) for each mode. Also, respondents had to evaluate 14 criteria on a scale of 1 to 10 for each mode of transport. The satisfaction criteria are listed below.

- **Physical effort:** Not at all physically demanding
- **Punctuality:** Travel time is predictable
- **Flexibility:** Allows me to move where I want when I want
- **Planification:** Easy to plan
- **Usability:** Easy to use
- **Reliability:** Reliable (without service failure)
- **Time efficient:** Offers the fastest route
- **Safety:** Make me feel safe
- **Courtesy:** Employees are courteous
- Not stressful
- **Autonomy:** Allows me to be independent and in control
- **Value:** Affordable
- **Comfort:** Provide a comfortable environment
- **Assistance:** Offer all the assistance I need

Table 7-5. ARTM survey results for women and older adults using paratransit for each mode

Mode	Women	Older adults
STM Paratransit minibus	8.5	8.8
STM Paratransit taxi	8.5	8.7
STM Subway	5.3	5.2
STM Regular buses	5.9	6.2
Car	8.4	8.5
Walk/roll	6.6	6.6

Table 7-5 shows that women and older adults have generally similar levels of satisfaction for each mode. Also, both groups are very satisfied with paratransit services and cars. However, the level of satisfaction for the subway and the regular buses is low and this may be an explanation for the lower mobility level of women and older adults with disability. Therefore, it would be interesting to compare their regular public transit service satisfaction with the satisfaction of women and older adults without disabilities.

The STM frequently assesses user satisfaction with the bus and subway network. In 2019, 13,816 survey responses were collected, including 8,193 by women and 1,454 by people aged 65 and over. Unfortunately, the STM does not use the same survey as the ARTM, however, several elements can be compared and are listed below.

1. **Punctuality:** Overall, in the last 7 days, how satisfied were you with the punctuality of the bus
2. **Reliability:** Overall, in the last 7 days, how satisfied were you with the reliability of the subway
3. **Safety:** How satisfied are you with the feeling of safety on the bus and subway
4. **Courtesy:** How satisfied are you with the attitude of the bus drivers and subway changers
5. **Comfort:** How satisfied are you with the crowding in the bus and subway
6. **Cleanliness:** How satisfied are you with the cleanliness of the bus and subway
7. **Frequency:** How satisfied are you with the waiting time before taking the bus and the subway

For each satisfaction criteria, respondents had to give a score from 1 to 10. Some criteria have been evaluated only for the bus or the metro while others have been evaluated for both modes, in this case the average of the two ratings is used for the comparison. As the ARTM carried out its survey in 2020 but users had to ignore the impacts of the pandemic, these data are compared with the STM's satisfaction data for 2019. Table 7-6 presents the results of the comparison for women and older adults with and without disabilities.

Table 7-6. Comparison of the level of satisfaction of women and elderly people with regular public transit services

	With disabilities		Without disabilities	
	Women	Older adults	Women	Older adults
Physical effort	5,6	5,3	na	na
Punctuality	6,9	6,5	6,8	7,7
Flexibility	6,1	6,1	na	na
Planification	6,6	6,6	na	na
Usability	5,9	6,3	na	na
Reliability	6,9	6,6	8,0	8,5
Time efficient	6,5	6,4	na	na
Safety	6,2	6,3	8,6	9,0
Courtesy	7,7	7,4	8,5	8,9
Not stressful	5,7	5,7	na	na
Autonomy	5,2	5,6	na	na
Value	6,9	7,2	na	na
Comfort	5,8	5,8	7,1	7,9
Assistance	5,3	5,4	na	na
Cleanliness	na	na	7,6	8,0
Frequency	na	na	7,6	8,1

Table 7-6 reveals that the satisfaction of women and older adults with disabilities is lower than that of people without disabilities. The largest gap is observed for the criterion related to safety. Also, women and older adults have a low level of satisfaction for the criteria related to physical effort, autonomy, and assistance. However, these criteria are not evaluated by the satisfaction survey of users without disabilities. Furthermore, for the elements assessed by both questionnaires, drawing conclusions is challenging due to differences in question formulation. Nevertheless, the satisfaction level of women and elderly individuals with disabilities is lower for all elements. The fact of not being satisfied by regular public transit services may slow down the mobility of PWDs and this may partly explain the mobility gap between people with and without disability. Furthermore, some users with disabilities may use other modes of transport that are less flexible, more expensive, requiring the help of others, etc. Nevertheless, the difference in mobility behaviour is also the consequence of the disparity present in society.

7.7 Discussion

Two important considerations stem from the results obtained following the analysis of the differences in the level of mobility behaviour between people with and without disabilities. First, there are disparities in the mobility supply which can lead to disparities on a larger scale. For example, does the fact that public transport is not 100% universally accessible reduce access to employment opportunities for people with disabilities? Grisé et al. (2019) conducted a study to compare access to jobs using the regular public transport for people using a wheelchair and for the general population. They conclude that in Montreal, wheelchair users have access to 46% of the jobs that are accessible for the general population.

The literature review presented in this article shows that there are various categories of mobility disparities that affect mobility behaviour of users. However, is this the only reason to explain the gaps found in this research? It is likely that other disparities in our society affect the mobility needs of people. For example, if a person does not have a job and has a limited social network, it is possible that this person has lower trip frequency. Several studies and surveys have shown that PWDs have a lower employment rate than the general population (Heera & Devi, 2016; Stapleton, 2003; Statcan, 2018a). Disparities in employment can lead to further disparities in income, socialization and more (Schur, 2002). Another source of disparity that can explain the gap in mobility is destination accessibility. When a place does not respect the principle of universal accessibility, it is unlikely that a person with special needs will travel to this place. Fortunately, many researchers are interested in this subject and develop tools to evaluate accessibility and improve it (Bodaghi & Zainab, 2013; Calder et al., 2018; Chan et al., 2009). Nevertheless, there is still work to be done to achieve universal accessibility.

This research has identified mobility gaps between people with and without disabilities. Unfortunately, the sources and consequences of these gaps are multiple and difficult to identify. However, they may reflect disparities that go well beyond mobility.

7.8 Conclusion

This research enables the identification and measurement of mobility gaps between people with and without disabilities. Individuals with disabilities in Quebec exhibit less frequent and less diversified mobility. Additionally, the Oaxaca-Blinder decomposition method enables us to conclude that women and older adults experience disparities in mobility. However, the opposite trend is observed for people with

disabilities when they have low income, when they live alone or when they have a job. One of the hypotheses to explain the mobility disparity experienced by women and older adults is their satisfaction with the transport supply. Thus, two different satisfaction surveys regarding regular public transit in Montreal were compared and the conclusion is that women and older adults with disabilities have a low satisfaction level with all the elements evaluate. Thus, it is important to make public transport more attractive for people with disabilities, by focusing on the physical effort required, the stress generated and the independence for users with disabilities. Nevertheless, other disparities in the society may influence mobility behaviour of PWDs (employment, income, inclusivity, etc.). Thus, this study initiates a reflection that goes well beyond mobility and the transport offer.

CHAPITRE 8 ARTICLE 5: PERSISTENT IMPACT OF COVID-19 PANDEMIC ON MOBILITY BEHAVIOUR OF PARATRANSIT USERS, MONTREAL CASE STUDY

Rédigé par :

Camille Garnier, Martin Trépanier et Catherine Morency

Soumis le 1^{er} juin 2023 dans :

Journal of Transport & Health

8.1 Abstract

Introduction: COVID-19 pandemic has had and still has impacts on many aspects of society. This crisis has exacerbated certain injustices among various population groups. Mobility was already an issue for people with disabilities (PWDs) with limited travel options and numerous daily barriers.

Methods: The aim of this study is to identify and measure the impact of the pandemic on the mobility of paratransit users. To do this, trip data from the paratransit service of the Montreal transportation authority (STM), covering the March 2019 to March 2022 period, are used. Four analyzis are carried out: (1) categorial Analysis to evaluate the link between users' characteristics and mobility behavior during the pandemic, (2) frequency use during the various pandemic phases, (3) retention rate using survival analysis of paratransit users depending on admission date and (4) evolution of the activity time to travel time ratio.

Results: The categorial analysis reveals that only the type of disability had a different effect on the modification of the behaviors of paratransit users. Furthermore, users who began using paratransit service during the pandemic seem more loyal than users who started before COVID-19. Only 22% of users who reduced their travel in the first year of the pandemic resumed their mobility behavior in the second year of the pandemic. Finally, waiting times and travel times for paratransit decreased due to ridership lost caused by the COVID-19. However, activity duration has slightly decreased.

Conclusion: These results raise questions about the persistence of the impact of the COVID-19 pandemic. Thus, some perspectives on the stickiness of new mobility behaviors are proposed.

Keywords

Paratransit, COVID-19, travel behavior, people with disabilities, stickiness of behavior

8.2 Introduction

The COVID-19 pandemic had and continues to have repercussions all over the world and the city of Montreal is no exception. Montreal is the main city of the Quebec province and the second most populated in Canada after Toronto. It gathers a population of 1,78 million inhabitants over a 365 km² area; the Greater Montreal Area which comprises it includes more than half the Quebec's population. Montreal is a dense city and multiple transportation services are available for the population. First, the Montreal Transit Authority (STM) provides public transportation services, which include four subway lines, 225 bus lines, a paratransit service, and on-demand transportation services. The STM paratransit service is proposed to people with disabilities (PWDs) that are not able to use the regular transit network by themselves. This service provides on demand door-to-door share rides with minibus and taxi. Montreal also has a bikesharing and carsharing service, which can be combined with the regular STM services. Furthermore, there is pedestrian network in the city center with an underground network often used during more extreme weather, but this network is not fully accessible for PWDs (Hagg, 2009). Furthermore, the pedestrian network includes various barriers that make it harder for people with and without disabilities to easily walk to various destinations (example: some neighborhoods on outskirts have no sidewalks, some complex intersections do not propose enough time to cross the street, sometimes there is snow or ice on the sidewalks, etc.). Transit services are also less developed and efficient in the city outskirts. Fortunately, several public transportation projects are currently under construction, including a light subway network, a rapid bus service and an extension of the existing blue subway line.

In Quebec, the first COVID-19 case was detected on February 27, 2020, and the health emergency was declared two weeks later. Several preventive health measures (closure of non-essential businesses, curfew, wearing mask, vaccination passport, etc.) were quickly put in place by the government following public health recommendations as shown in Figure 8-1. The provincial government has modulated preventive measures depending on the intensity of COVID-19 waves and vaccination campaigns success (INSPQ, 2022). From the start of the pandemic, public transportation services ridership decreased. According to the Metropolitan Regional Transportation Authority (ARTM), public transit ridership in the Montreal metropolitan area fell by 90% at the peak of the pandemic, which has led to significant budget deficit (ARTM, 2022b). Fortunately, ridership has gradually increased but has still not reached the pre-pandemic level. The STM's paratransit service does not seem to be an exception to the trend observed in regular

transit networks. As shown in Figure 8-1, the number of paratransit trips per day decreased drastically following the announcement of the health emergency. Despite the preventive measures put in place such as pairing restriction, addition of Plexiglas and obligation to wear a mask, paratransit ridership remains below pre-pandemic level. It is worrying to see the decrease in paratransit ridership, since it is often the only option available for PWDs (People with disabilities). Indeed, it is a door-to-door shared mobility service offered to PWDs who are unable to use the regular transit network by themselves. It was normal to see the ridership decrease at the beginning of the pandemic with the closure of non-essential businesses, the curfew, the implementation of mandatory teleworking, etc. However, now that the situation has more or less recovered and that the population has learned to live with COVID-19, it is surprising to see that paratransit trips remain below the pre-COVID-19 level since the number of users and trips was increasing before the pandemic.

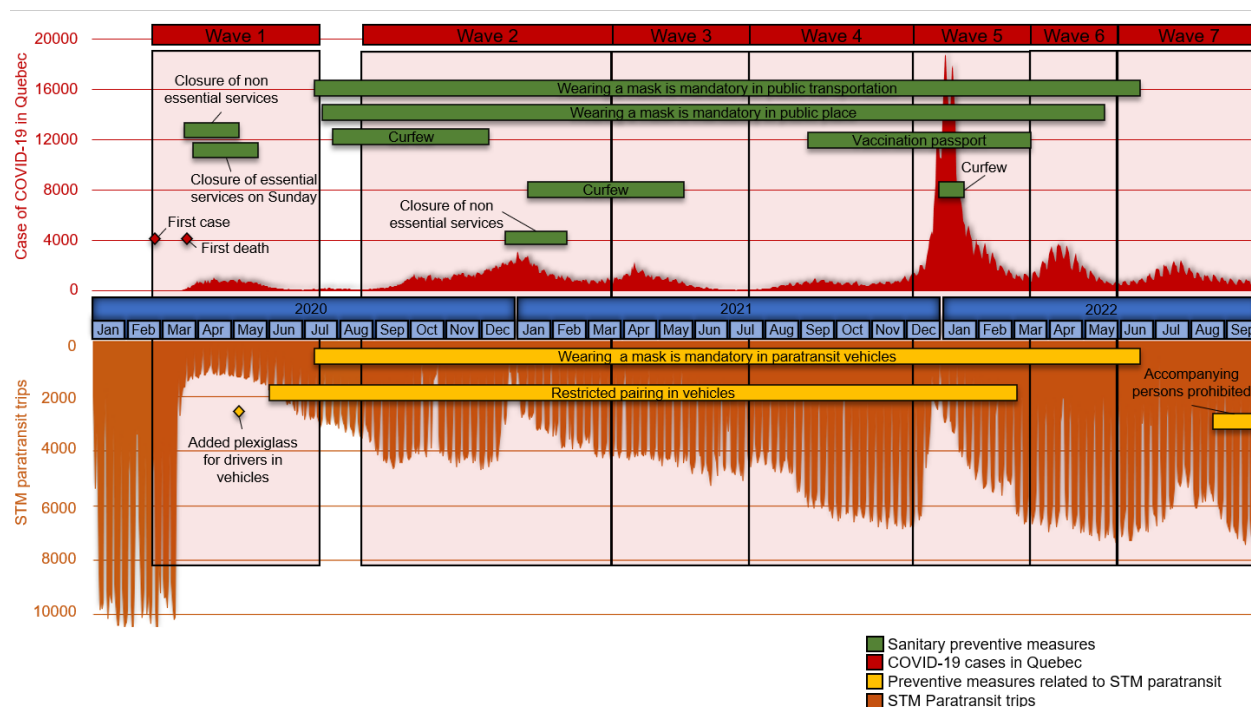


Figure 8-1: Timeline of COVID-19 cases in Quebec, STM paratransit trips and associated preventive measures

It is already clear that COVID-19 had a significant impact on paratransit services and use in Montreal. However, the objectives of this research are to identify and quantify these impacts on paratransit users in Montreal and assess stickiness of travel behaviours caused by the pandemic. First, a literature review

summarizes the impacts of COVID-19 on paratransit services around the world. Second, the methods detail and the results for each indicator are presented. Finally, perspectives on the stickiness of the new travel behaviours of paratransit users are proposed.

8.3 Literature Review

It is indisputable that COVID-19 had and continues to have significant impacts on the entire population. Furthermore, the pandemic has exacerbated inequities between people with and without disabilities such as difficulty to finding a job (Epstein et al., 2021; Palm et al., 2022) access to food and health care (Assi et al., 2022), access to family and friends (Koon et al., 2022a), etc. Furthermore, the barriers encountered by PWDs in public transport have worsened. For example, it has become more difficult to obtain assistance in public transport due to social distancing (Cochran, 2020a) and more difficult to communicate with mask (Epstein et al., 2021). Park et al. (2022) have demonstrated through an online survey that the pandemic had greater negative impacts on travel behaviours of PWDs. Several reasons have led users to reduce their travel, the fear of contracting COVID-19 (Beaudet et al., 2022), the cancellation of their activities, etc. The decrease mobility of PWDs has led to social interaction decrease, reduced access to services and care, etc. (Koon et al., 2022a). These impacts are even more severe among captive users of public transportation services such as paratransit ones (Cochran et al., 2022).

Most of the research addressing the impacts of COVID-19 on paratransit users and operators are based on surveys, interviews or focus groups with a small sample and at a specific time. For example, Ashour et al., (2021) analyzed the impact of the pandemic on paratransit by conducting semi-structured interviews with Seattle paratransit service employees. Now that the pandemic has lasted for more than three years, it is possible to use passive data from paratransit services to observe impacts on all users and over a longer period. Only two papers mention the use of passive paratransit data to analyse the impacts of COVID-19 on users and operators (Nie et al., 2022; Y. Wang et al., 2022). Wang et al., (2022) used data from King County Metro paratransit service in Seattle between January 2019 and July 2020 to compare behaviours before and during COVID-19. Nie et al., (2022) studied the COVID-19 impacts on users and paratransit operator using data from the ClasTran paratransit service in Alabama between March 2020 and September 2020. The observed impacts of COVID-19 on paratransit users and operators are summarized in Table 8-1.

Table 8-1: Summary of the COVID-19 impacts on paratransit users and operators identified in the literature review

Impacts	References
Significant reduction of trips per day	(Ashour et al., 2021; Nie et al., 2022; Y. Wang et al., 2022)
Temporary reduction in level of service (punctuality, trip delay, waiting time, etc.)	(Nie et al., 2022)
Reduction of the average number and average contact duration with co-riders	(Nie et al., 2022)
Improved service punctuality	(Ashour et al., 2021)
Significant increase in cost per trip	(Nie et al., 2022)
Loss of users	(Nie et al., 2022)
Use of the service mainly for essential trips	(Ashour et al., 2021; Y. Wang et al., 2022)
Reduced interaction between drivers and users	(Ashour et al., 2021)

Despite all the preventive measures taken by paratransit operators (vehicle disinfection, fewer passenger per vehicle, addition of Plexiglas, etc.), the pandemic has led to strong negative impacts on users and operators (see Table 8-1). However, Ashour et al. (2021) identified a positive impact of the pandemic on paratransit. Indeed, drivers who took part in their interviews mentioned that the decrease in ridership makes it easier to adhere to the planned schedules. Therefore, this improves service punctuality for users who have continued to use it. On the other hand, Nie et al. (2022) identified an impact that has positive and negative consequences. The diminution of contact between users may seem positive since users have more space in the vehicles and trips are more direct (less detour to board and alight other users). However, several researchers mention that PWDs face more social exclusion (Bascom & Christensen, 2017; Cochran, 2020b; Rapegno & Ravaud, 2017) and the reduction in interactions with other users may not be good news for them. However, several impacts of the pandemic on PWDs mobility remain unknown and justify the need for further research.

As shown in Figure 8-2, the papers examining the impacts of the pandemic on the travel behaviours of PWDs and on paratransit services are mainly based on data collected before 2021 and are mainly from the United States using active data (focus group, survey, interview). This is confirmed by Lebrasseur et al. (2021) who carried out, in 2021, a literature review on the impacts experienced by people with physical disabilities during the pandemic. The authors concluded that further study was needed to better assess the various impacts. This paper intends to fill this gap by using admission, reservation and AVL (automatic

vehicle localisation) data of the STM paratransit services to carry out four analyzes related to the changes in user's travel behaviors. In addition, most research have been carried out in the United States, but COVID-19 impacts on PWDs mobility behaviors may not be the same everywhere around the world. Thus, this research allows to compare the impacts observed in the United States with those observed in Canada.

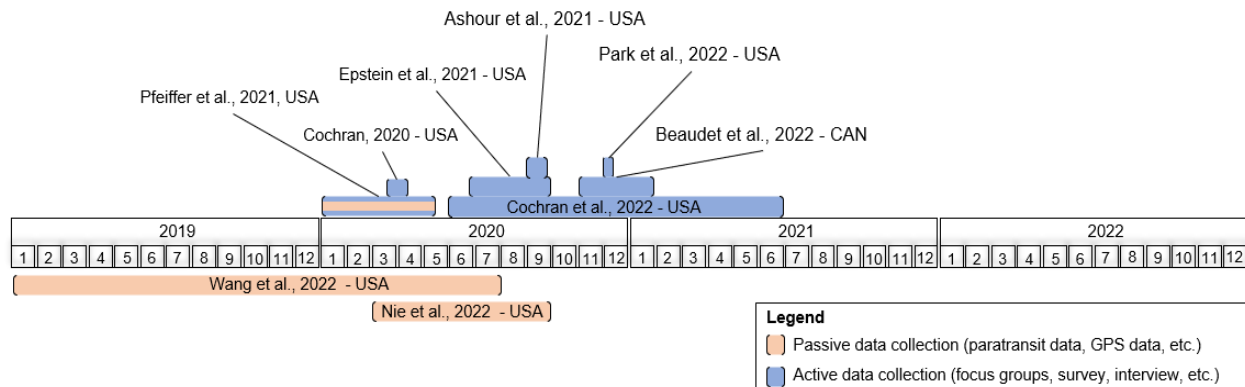


Figure 8-2: Timeline of published papers related to COVID-19 impacts on PWDs mobility and paratransit services

8.4 Methodology

This section presents the data used for this research in addition to the details of the four analyzes carried out to better understand the new travel behaviour of the STM paratransit users caused by the COVID-19 pandemic.

8.4.1 Dataset

The dataset used in this research come from the STM, the paratransit service provider. The four analysis presented in this research rely on data from all STM paratransit users (not only a sample of users) between March 2019 and March 2022. The STM collects data during the admission process about users' characteristics. Table 8-2 presents the characteristics of active users for the three phases of the COVID-19. The users' profile remains across the three phases at the exception of a slight decrease in the proportion of older adults. In addition to the data collected during the admission process, information is also gathered during the trip reservation and in real time during the trips (AVL data). This data provides information about location, duration, moments of the day, and frequency of the trips. These data are used in this research to measure various indicators for the three COVID-19 phases in Montreal.

- Phase 0 (before COVID-19): 2019-03-13 to 2020-03-12
- Phase 1 (first year of COVID-19): 2020-03-13 to 2021-03-12
- Phase 2 (second year of COVID-19): 2021-03-13 to 2022-03-12

These temporal cut-offs were chosen based on the date of the declaration of the public health emergency in Quebec, which was March 13, 2020.

Table 8-2: Portrait of paratransit users across the COVID-19 phases

Characteristic	Definition	Values	Proportion of active users		
			P0	P1	P2
Gender (Binary)	Gender of the user	Women (1)	64%	63%	63%
		Men (0)	36%	37%	37%
Age (categoric)	Age group of the user as of March 13, 2019	1: <25	4%	4%	4%
		2: [25-45)	8%	9%	8%
		3: [45-70)	23%	26%	26%
		4: >=70	65%	62%	60%
Disability (Binary)	Presence or absence of each of the four disabilities in a user. A user may have more than one disability type	Motor ¹ (0/1)	74%	73%	73%
		Mental ² (0/1)	25%	25%	24%
		Organic ³ (0/1)	21%	22%	22%
		Visual ⁴ (0/1)	7%	6%	6%
Autonomy (Binary)	A user is autonomous if they can be left alone at their destination when they use paratransit	Yes (1)	82%	83%	84%
		No (0)	18%	17%	16%
Active users			28,333	21,711	21,480

(1) Motor disabilities affect the physical capacity of users (ex: paralysis, spina bifida, amputation, etc.) (2) Mental disabilities include intellectual (ex: Trisomy 21, Angelman syndrome, Williams syndrome, etc.) and psychic (ex: Alzheimer, dementia autism, etc.) disabilities (3) Organic disabilities affect users’ organs (heart problems, renal insufficiency, etc.) (4) Visual disabilities affect the sight of users (ex: blindness)

8.4.2 Methodological Framework

As part of this research, four analyzes have been conducted. The first analysis aims to investigate whether the COVID-19 affected all types of paratransit users uniformly. Linear regressions were initially estimated to clarify factors affecting the decrease in trip frequency. However, it became evident that the explanatory variables (such as gender, age, disability, autonomy, etc.) exhibited strong correlations that limited the relevance of regression analysis. Categorical analysis based on gender, age groups, disability, and user autonomy were hence used to examine the reduction in trip frequency. Visualisation of the categorical

analysis highlight the most relevant findings. The other three analysis examine the evolution of the impacts of throughout the various phases of the pandemic.

The second analysis seeks to investigate how user trip frequency fluctuated during these phases. Trip frequency is a pivotal metric for resource planning within paratransit services as well as gauging the pandemic's effects on behavior and overall quality of life. To simplify the presentation of the findings, a Sankey diagram is used, providing clear depiction of user transition within different categories of trip frequency.

The third analysis centers on an indicator that is relatively underutilised in the paratransit domain but proves relevant in the context of the pandemic. User loyalty, a seldom-studied aspect due to the typically high costs associated with retaining paratransit users, can offer insight into resource planning and service quality assessment during the pandemic. To evaluate the loyalty of users, a survival model is employed, specifically the Kaplan-Meier curve. This curve illustrates the proportion of users who continue to utilize the service over time.

The fourth and final analysis concentrates on the activity-to-travel time ratio. Travel time pertains to the time efficiency of the paratransit service (including waiting time, boarding time, travel duration, etc.) while activity time is contingent on user needs and available opportunities. This indicator provides insight into the evolution of the service's effectiveness and the changing needs and opportunities of users during different phases of the pandemic. Figure 8-3 propose a synthesis of the methods, the dataset, and the purpose of each analysis.

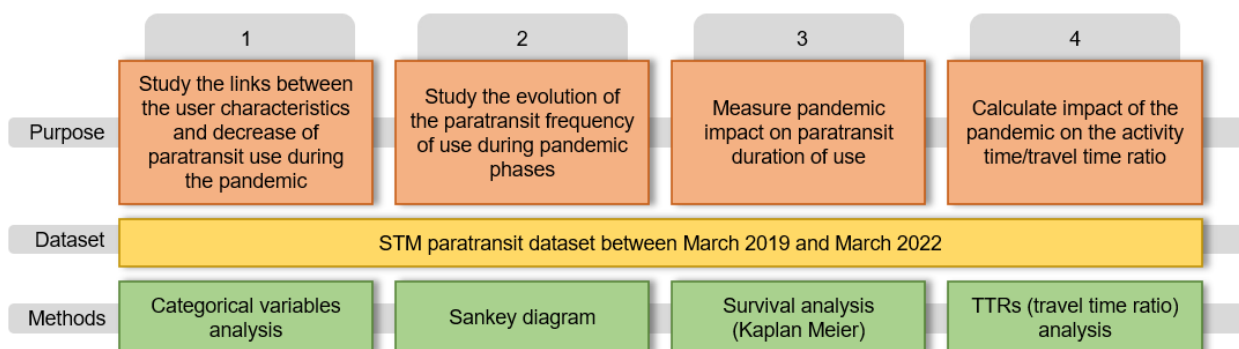


Figure 8-3: Purpose, dataset and methods used for each analysis

Categorical variables analysis

Table 8-2 concludes that the demographic portrait of STM paratransit users have not changed significantly during the observation period. However, users may have changed their travel behaviour differently depending on their characteristics. As shown in Figure 8-1, the number of trips per day strongly decreases in the first months of the pandemic (84% fewer trips per day in the three months following the health emergency announcement than during the previous three months). Subsequently, the number of trips began to increase following the waves of COVID-19 cases. In September 2022, the number of trips reached 70% of its pre-pandemic level. To determine whether there is a link between the decrease in number of trips per year per active user during the three COVID-19 phases and per user characteristic, a categorical analysis is employed. This method is chosen because explanatory variables are highly correlated, making it challenging to use a linear regression model. The categorical analysis in this research involves calculating the average number of trips per year per user for each of the possible combinations of explanatory variables:

- Gender (W: women; M: Men)
- Disability (Mtr: Motor; Mntl: Mental; Orgc: Organic; Vsl: Visual)
- Autonomy (A: Autonomous; N-A: Non-Autonomous)
- Age (≤ 25 ;]25-45];]45-70]; > 70)

The autonomy variable is based on an indication provided to drivers, allowing them to determine whether a user can be left alone at their destination. This indication is used for users with a mental disability and may influence mobility behaviours.

The analysis is conducted for each COVID-19 phase to enable comparison. Only the combinations representing at least 1% of the users are analyzed, and in total, these combinations cover 95% of the users.

Trip frequency analysis

To study the frequency of use of the STM's paratransit service, the number of trips during each phase of the pandemic is determined for each active user in 2019 and for all those who were admitted thereafter. Depending on the number of trips made, users are classified into one of four arbitrary frequency levels.

1. Frequently (more than once a week)

2. Occasionally (between once a month and once a week)
3. Rarely (once a month or less)
4. Never (no travel or users who left the service)

Subsequently, a visual representation using a Sankey diagram was made to see the movement of users between the different levels of frequency during the three pandemic phases. The limit of this analysis is that when users have not used the service during a phase, it is not possible to know if they have definitively left the service or if they simply stopped for a while. Thus, these two scenarios are grouped in the “never” category.

Survival analysis

The survival analysis is used to study the duration of paratransit use. This statistical procedure was initially used in the medical and biological fields, mainly to study the survival or remission of patients with disease or undergoing treatment (Nagy et al., 2021; Pocock et al., 1982). However, the survival analysis is also applicable to travel behaviours (Ghasri et al., 2018; Pusateri et al., 2020). Thus, survival (duration of use) of users who start using a mode of transport can be examined using such method.

The impact of certain factors on survival can be measured or predicted using survival models. However, the objective in this research is to assess whether the admission period affects the duration of use of the paratransit service (loyalty). With this goal in mind, the Kaplan-Meier curves (Rich et al., 2010) are the ideal tool for visually observing loyalty in relation to the admission period. These curves enable the illustration of the proportion of users who remain active over the months. The difficulty in this research is that there is no precise end of the use such as an unsubscription. Thus, the event occurs when the user makes their last trip. To determine if it is the last trip, it is necessary to check if the user has made other trips at later dates. However, here the period studied is recent so it not possible to verify inactivity over a long period of time. In this paper, we assume a user drops the service if they do not travel using it for 3 months.

To study the impacts of admission date on loyalty of paratransit users, eight admission periods of four months were considered, these are illustrated by the colored bands in Figure 8-4. Only users who made their first trip during one of the admission periods considered are included in the survival analysis regardless of the duration of use (see situation [1], [4] and [5] in Figure 8-4). However, even if the date of the last trip is outside the study period (between March 2019 and March 2022), the users can be included

since the right censoring is considered by the modeling used (see situation [2] in Figure 8-4). When the time of occurrence of the event is unknown, the recording is right censored. On the other hand, if a user stops using the service for a period of more than 3 months and then resumes its use, the second period of use is not considered (see situation [3] in Figure 8-4).

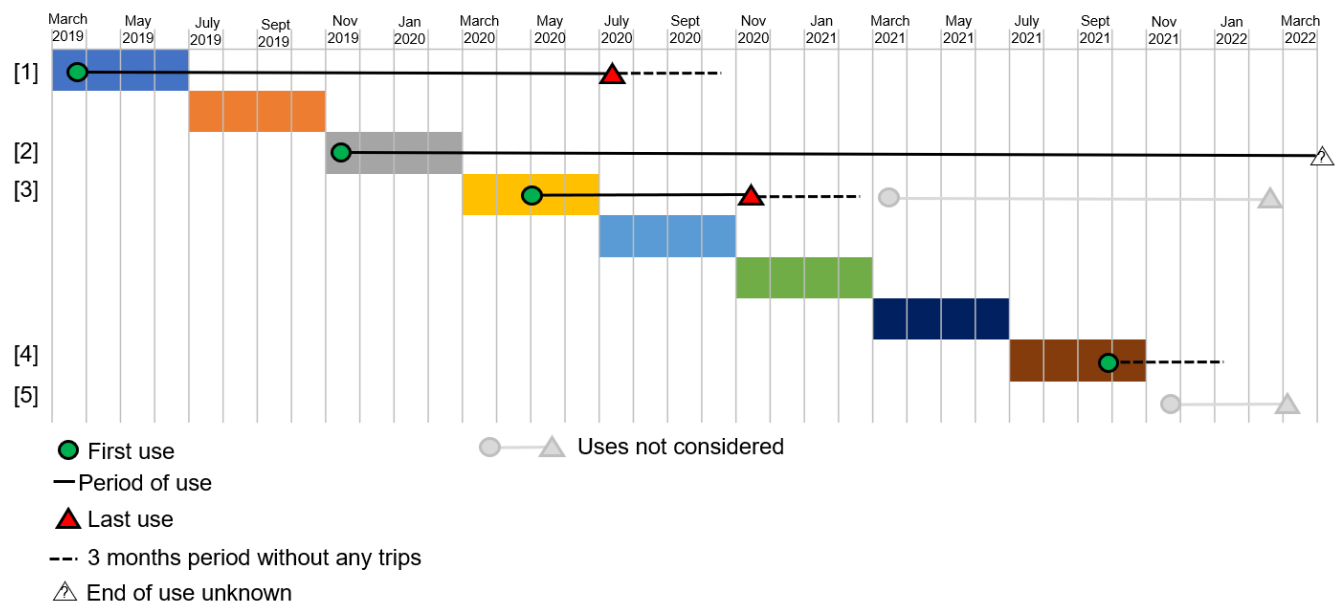


Figure 8-4 : Schematization of data used for survival curves

The objective is to assess whether users accustomed to the service are more likely to persist in using the paratransit service during pandemic and to see if the pandemic has reduced the duration of use.

Travel-time ratio (TTR)

The travel-time ratio (TTRs) is an indicator frequently used in the literature to characterize activity-travel behaviour. This is the ratio between the time needed to travel to an activity compared to the time spent doing this activity (work, shopping, leisure, etc.) (Dijst & Vidakovic, 2000). TTR can be calculated using equation 8.1 where, T_t is the travel time et T_a is the activity time or stay time. A TTR close to 1 indicates that travel time is high compared to activity time and the opposite if the ratio is close to 0. Several factors can have an impact on the TTR, the mode of transport used (D. Wang et al., 2022), the trip purpose (Dijst & Vidakovic, 2000), the socio-demographic characteristics of the users (Susilo & Dijst, 2010), the cost of the trip (Yang & Timmermans, 2013), etc. In addition, some studies conclude that there is a trade-off

between activity time and travel time. If the trip is longer the activity will be shorter since the time available during the day is limited (Mao et al., 2018; Susilo & Dijst, 2009).

$$TTR = \frac{T_t}{T_a + T_t} \quad (8.1)$$

In this research, the average TTR is calculated for each phase of the pandemic to see its evolution. Thus, the average activity and trip times were calculated based on location stop algorithm that used AVL system (automatic vehicle location) data of paratransit vehicles. Trip time includes waiting time, boarding time, travel time and alighting time. The definition of each of the times is presented in Table 8-3.

Table 8-3: Definition of the times for TTR calculation

Trip time	Waiting time	The STM's paratransit service provides a 30-min window in which the vehicle may arrive at the origin of the trip. Thus, the waiting time begins at the beginning of the 30-min window and ends when the vehicle arrives.
	Boarding time	Boarding time begins when the vehicle stops at the origin and ends when the vehicle leaves the origin.
	Travel time	Travel time begins when the vehicle leaves the origin and ends when the vehicle arrives at the destination.
	Alighting time	Alighting time starts when the vehicle stops in front of the destination and ends when the vehicle leaves the destination.
Activity time		Activity time begins when the vehicle leaves the destination and ends when the 30-min window for the return begins.

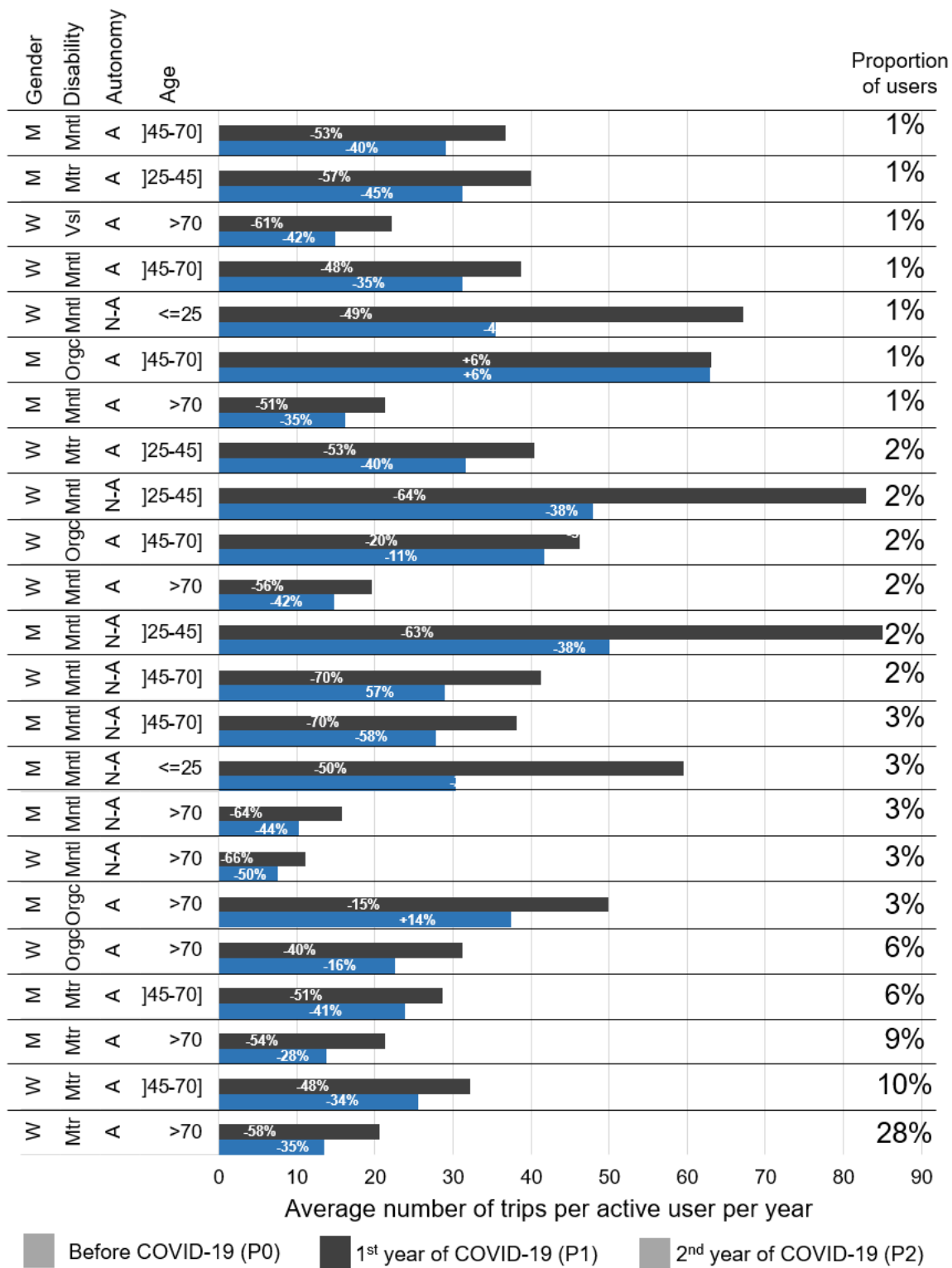
This analysis required data to be cleaned beforehand because, in some cases the stop location is missing and the algorithm fails to identify the stop at the origin or at the destination. The main limitation of this analysis is that in some cases the activity duration is unknown, mainly when users use the service only for the outward or return journey. Furthermore, when a user requests a trip to a destination on the city outskirts and the duration of the activity is short, the paratransit vehicle may stay on site. Since the vehicle never leaves the location, the activity duration is zero. The durations presented in Figure 8-6 are used to assess the impact of the pandemic on the paratransit performance and on the travel-activity behaviour of users. To ensure that the differences between the phases are not due to chance, a significance test is performed. As the duration distribution is not normal the Wilcoxon test is used (Woolson, 2008).

8.5 Results

The number of active users has decreased by 24% since the start of the pandemic and this has led to a 67% reduction in the number of trips between phase 0 and 1 and of 50% between phase 0 and 2. Thus, some users have completely stopped using paratransit and others have reduced the number of trips they do using the system. The following section presents the results of the four analyzes carried out to assess the impacts of the pandemic on the travel behaviour of users of the STM's paratransit service.

8.5.1 Categorical analysis of paratransit use decrease

Figure 8-5 presents the results of the categorical analysis. Paratransit users have been categorized based on four characteristics: gender, disability, autonomy, and age. To streamline the figure, only the combinations representing the largest proportion of users, ranging from 28% to 1%, are depicted, accounting for 95% of all users. The most prevalent combination consists of women aged over 70 years old with a motor disability and independent status. However, as illustrated in Figure 8-5, this category does not represent the group that made the most trips. In fact, while most paratransit users are older adults, they tend to make fewer trips per year. Regarding the decrease in the number of trips during different phases of the pandemic, several observations can be made. First, on average, paratransit users reduced their trips by 45% between phase 0 (46 trips per year per user) and phase 1 (25 trips per year per user). This reduction decreased to 31% between phase 0 and phase 2. Second, users with a mental or visual disability significantly reduced their trips during phase 1 (decreasing of 60% or more) and then gradually resumed their trips, without however reaching the pre-pandemic level. Third, individuals with organic disabilities showed the smallest reduction in trips and, in some cases, even increased their frequency. Therefore, the type of disability had varying effect on change in travel behavior during the pandemic. However, mobility behavior does not seem to have been significantly influenced by age and gender.



W: Women; M: Men; Mtr: Motor; Mntl: Mental; Orgc: Organic; Vsl: Visual; A: Autonomous; N-A: Non-autonomous

Figure 8-5: Categorical analysis of the paratransit trips reduction during the 3 COVID-19 phases

8.5.2 Evolution of the frequency of use during the pandemic phases

Figure 8-6 presents a Sankey diagram for the frequency of use during each phase of the COVID-19 pandemic. Here are some interesting findings from the analysis of the frequency of use:

1. The retention rate for phase 1 of the pandemic is 68%, indicating that 68% of active users in 2019 remain active during the first year of the pandemic. In phase 2, the retention rate increased to 58%.
2. Among active users in phase 0, 22% used the paratransit service as much or more during the pandemic.
3. Among the active users in phase 0 who reduced their number of trips during phase 1, 27% increased their number of trips again in phase 2.
4. Among active users during phase 1, 6.6% were new users, and for phase 2, 8.7% were new users.

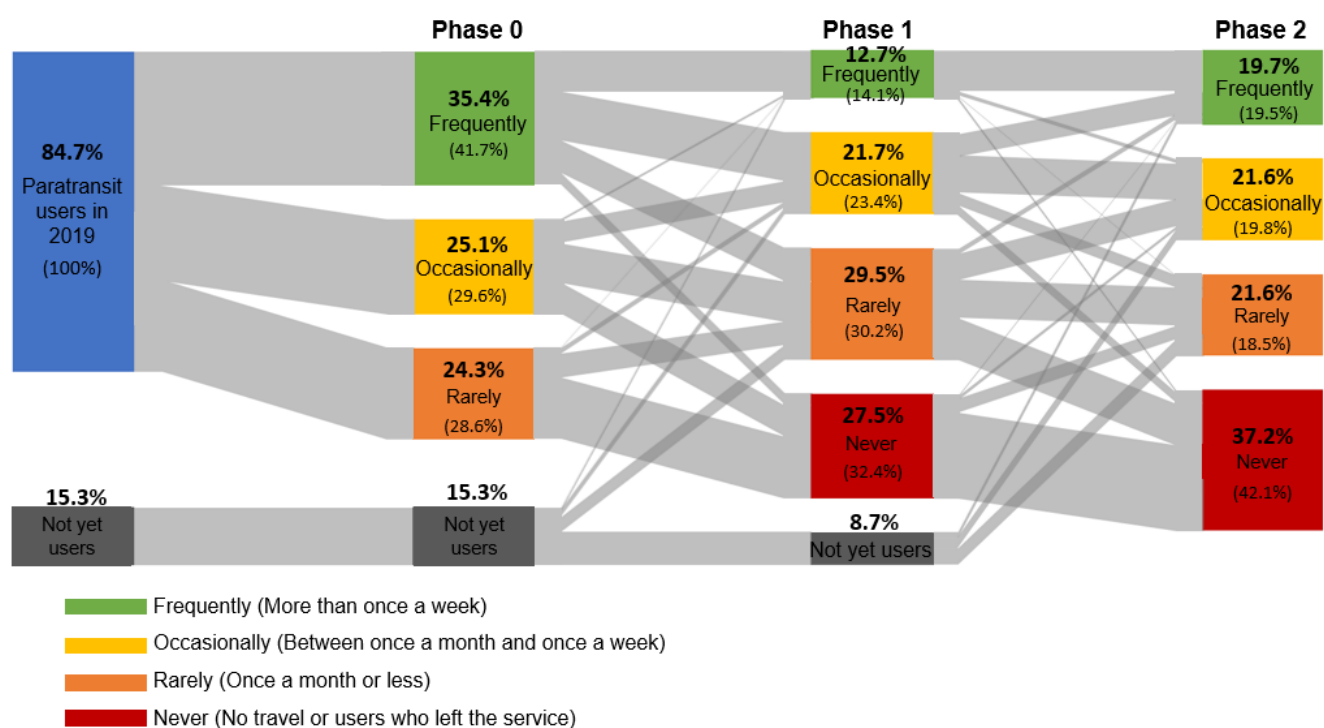


Figure 8-6: Sankey diagram of paratransit use frequency

8.5.3 Impact of the pandemic on the duration of use

The survival analysis of paratransit users according to their date of registration reveals that users who registered during the pandemic are more loyal than users registered before the pandemic (see Figure 8-7). Indeed, among users who registered during the pandemic, the proportion of users who left the service in

the first month following registration is lower. However, this phenomenon is more significant for users registered in the 6 months following the start of the pandemic. Therefore, it seems that user loyalty will tend to return to the pre-pandemic normal in the coming months. The start of the pandemic had a greater impact on the loyalty of users who registered 9 to 6 months before the pandemic with only 40% of users still active in March 2022. However, it cannot be ruled out that some users will start using the service again in the months to come.

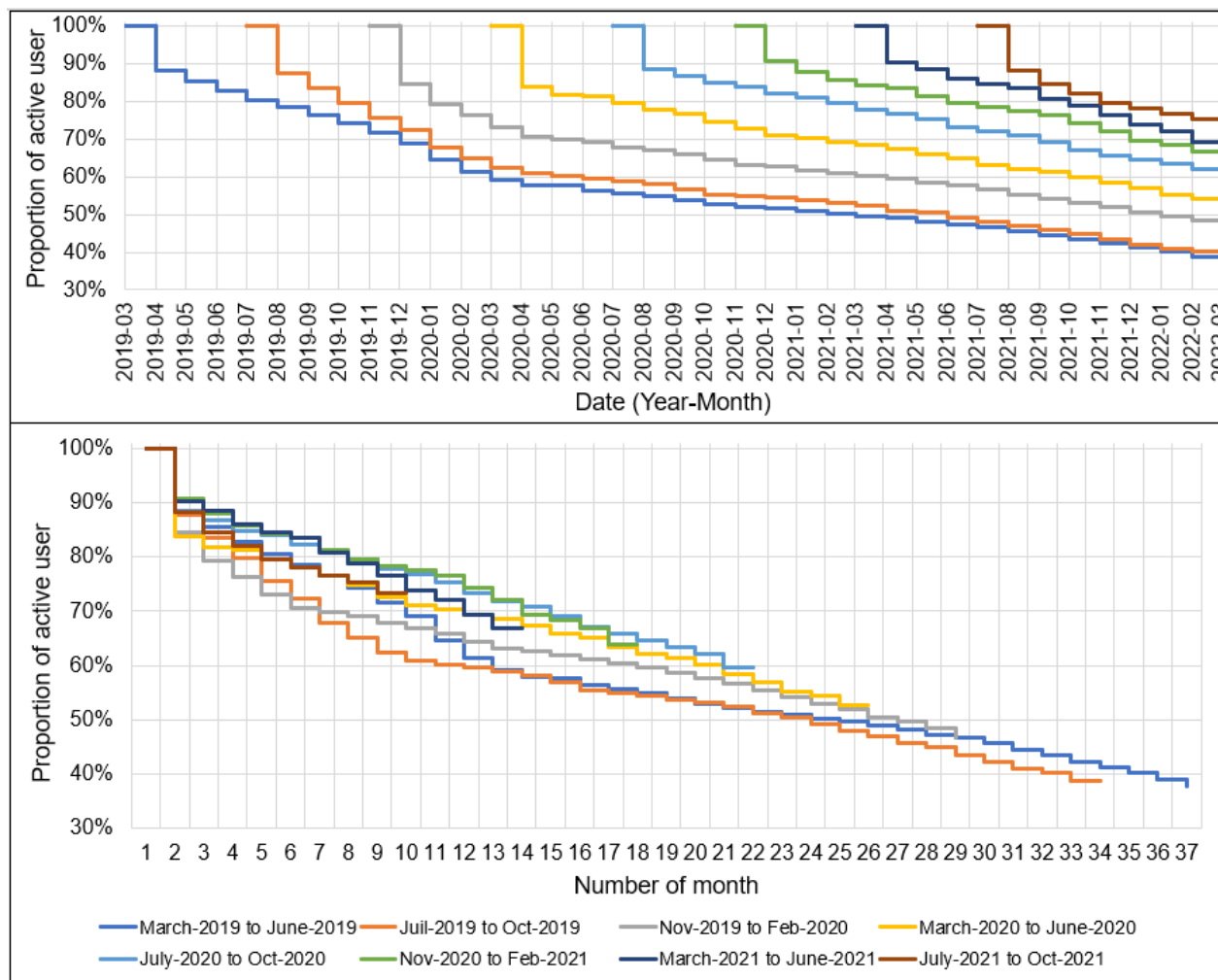


Figure 8-7: Survival analysis graph of STM paratransit users

8.5.4 Activity to travel time ratio

Waiting time and travel time are two essential elements of user satisfaction (Cantwell et al., 2009). As Ashour et al. (2021) have identified, the quality of the paratransit service improved during the start of the

pandemic due to the ridership drop. The same phenomenon is observed for the STM's paratransit service. Waiting and travel times have decreased slightly since the start of the pandemic (see Figure 8-8). Four Wilcoxon tests were conducted to assess whether waiting time, travel time, trip time, and activity time significantly differed between phases 0 and 1. These same four tests were also conducted for phases 0 and 2. Since all the Wilcoxon test statistics exceeded the critical values of the Wilcoxon tables for a significance level of 0.05, it is possible to reject the null hypothesis that waiting time, travel time, trip time and activity time are equivalent between phase 0 and 1, as well as between phase 0 and 2.

The first hypothesis to explain the decrease of travel time is the decrease in travel distance. However, the average travel distance did not change. So, the decrease is probably due to the limitation of pairing which leads to fewer stops and detours. The same trend should have been observed for the boarding and alighting time, however, the distancing rules made the work of paratransit drivers more complex (Weiner & Armenta, 2020). Hence, even if there were fewer users to board at the stop, the duration remained similar. In the end, the average duration of a trip decreased by 8 minutes between phase 0 and 1 and increased by 3 minutes between phase 1 and 2. This is consistent with the re-increase in ridership. The activity duration also decreased slightly as shown in Figure 8-8.

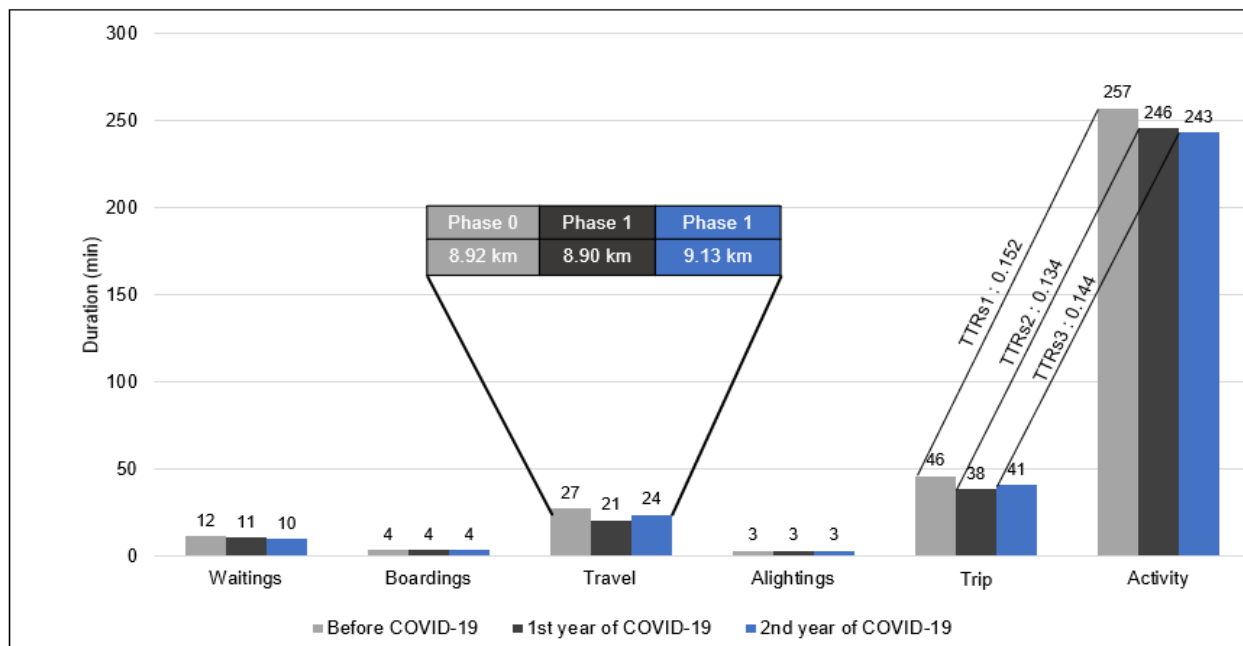


Figure 8-8: Average duration of waiting, boarding, travel, alighting and activity for the 3 phases of the pandemic

Before the pandemic, the TTR was 0.155 so 15% of activity-trip time was associated with the trip component. The TTR decreased to 13% in the first year of the pandemic and for the second year of the pandemic the value is closer to the 15% observed before the pandemic.

8.6 Discussion

The categorical analysis reveals that the type of disability influenced users' modifications in travel behaviour during the pandemic. Specifically, individuals with a mental or visual disability reduced their trips significantly more during the first phase of the pandemic, while those with an organic disability maintained similar travel habits. This difference can be attributed to the fact that individuals with mental or visual disabilities often have recurring activities outside (work, school, a program for people with intellectual disabilities, etc.) which were completely halted during the first phase of the pandemic. In contrast, people with organic disabilities, who often have ongoing medical appointments (e.g.: dialysis), continued these essential visits during the pandemic.

The results of the categorical analysis partially explain the findings of the frequency analysis, which revealed that 22% of users either maintained or increased their number of trips during the pandemic, consistent with the behaviours observed among people with organic disabilities. However, it is important to note that the categorical analysis only includes users who made at least one trip during the year, for each phase of the pandemic. Thus, it does not allow to draw conclusions about users who stopped using the STM's paratransit service. The frequency analysis reveals that the user retention rate was 68% for phase 1 and 58% for phase 2, indicating that many users discontinued using the service. Various hypotheses can explain this, including a change in mode of transport, the fear of contracting COVID-19, and isolation due to the closure of non-essential services.

The survival analysis enables us to conclude that users admitted during the pandemic exhibit greater loyalty to the paratransit service compared to those admitted before the pandemic. These findings can be explained by the fact that, during the pandemic, non-essential activities were restricted by the government, prompting new users register primarily for essential trips. This reduced the proportion of users registering for merely testing the service without a specific need. Another hypothesis is that the quality of paratransit service improved during the pandemic, influencing the loyalty of new users. The analysis of activity-to-travel ratio reveals that waiting times and travel time decreased during the pandemic, due to fewer stops and detours.

An additional observation related to the analysis of activity-to-travel ratio is that activity time slightly decreased during the pandemic. Users primarily used paratransit for shorter activities, likely due to the prohibition or remote execution of several long activities, such as work, leisure, and social gatherings. With the gradual return to normalcy, it is expected that the duration of activities will increase again, but activity time continued to decrease during phase 2. Therefore, ongoing research is necessary to further investigate the activity-to-travel time ratio.

The results of the four analyses conducted in this research raise two questions:

1. Why did paratransit users change their use during the pandemic?
2. Will the new travel behaviours of paratransit users stick, and why?

To answer these two questions, a literature review was carried out and survey data from the ARTM (metropolitan regional transportation authority) were analyzed. Indeed, ARTM provided micro-data from a survey on the perception and travel habits of paratransit users carried out among 1,500 paratransit users of the metropolitan area of Montreal between July 27th and September 22nd of 2020 (ARTM, 2020). The survey was conducted through an online and telephone questionnaire and all the results were weighted according to region, gender, age, and main limitation of the respondent. This survey had several objectives namely draw a socio-demographic portrait of paratransit users, evaluate paratransit users' perception with respect to several transportation modes, measure paratransit users' satisfaction regarding paratransit services, etc.

The ARTM survey provides additional information on paratransit users in Montreal: their main occupation, their family status, and their use of other modes of transport. For most of the survey, the respondents were asked to disregard the impact of COVID-19 on travel behaviour and perception. However, two questions concerning the impacts of the pandemic on the use of different transportation modes were asked at the end of the survey. The results of these two questions are compared with the real use of paratransit services as observed in this research. For the first question, respondents had to compare their use during the first year of the pandemic to their use before the pandemic. As the survey was conducted during the first year of the pandemic, the question was interested in the perception of paratransit use. This perception can be compared with the actual results of STM's paratransit use (see Figure 8-9). The second question asked respondents to compare their future use (second year of the pandemic) of paratransit to their use before the pandemic. This forecast can also be compared with the actual results of

STM paratransit use (see Figure 8-10) To compare the data from both the ARTM and the STM, the evolution of the number of trips in the three phases of the pandemic has been divided into three categories:

- Less often than before: 20% less trips than before or less
- As often as before: Between 20% more and 20% less trip
- More often than before: 20% more trips than before or more

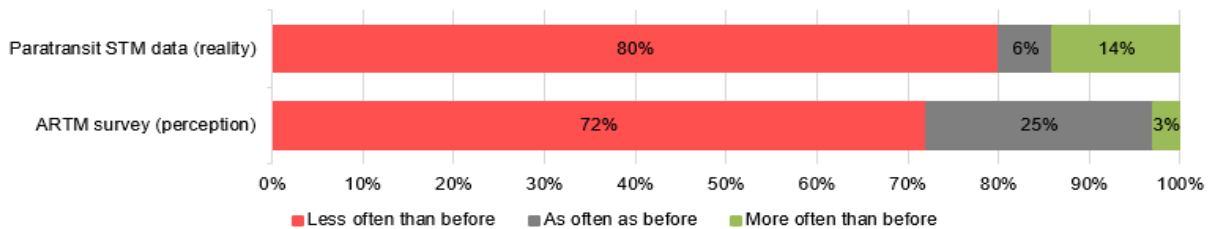


Figure 8-9: Use of paratransit during the first year of the pandemic and before the pandemic

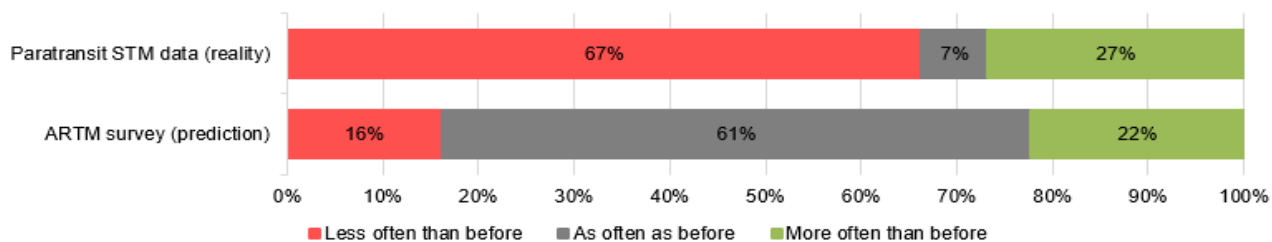


Figure 8-10: Use of paratransit during the second year of the pandemic and before the pandemic

Figure 8-9 shows that, overall, users have a correct perception of their travel behaviours before and during the pandemic. However, Figure 8-10 shows that respondents greatly overestimated their use for the second year of the pandemic. The main hypothesis to explain this is that the population did not expect the pandemic to last so long. Users therefore thought they would quickly return to their pre-pandemic habits. As of April 2023, the pandemic is still not over. The population is learning to live with the virus and vaccines have greatly reduced deaths and hospitalizations. Therefore, there is a gradual return to the pre-COVID reality. Still, there is a stickiness of new travel behaviours. It is difficult to predict whether paratransit users will return to their pre-pandemic travel behaviours since the COVID-19 pandemic is an exceptional event and there is no equivalent comparative on which to base assumptions in modern times. With this information, it is possible to confirm and refute whether the findings related to the decrease in trip frequency made by previous studies also apply to paratransit users. The reasons that led the population to change its travel behavior during the pandemic are described below. The implications for paratransit

users and the hypotheses that can explain the possible persistence of new travel behaviors are also provided.

1. **Closure of activities and services:** At the height of the pandemic, the Quebec government banned several non-essential activities and businesses (INSPQ, 2022). This resulted in a significant decrease in population mobility. While this closure affected both paratransit users and general population, individuals with disabilities, who are often more vulnerable to the virus, were advised to stay home. The reopening of shops and the resumption of activities should lead the population to return to its pre-pandemic travel habits.
2. **Teleworking, E-learning and online shopping:** The pandemic accelerated the adoption of information and communication technology worldwide, leading to a reduction in trips (Irawan et al., 2022). The impacts of teleworking and e-learning may be less pronounced among paratransit users, as the majority are older adults, with only 10% being workers and 6% being students according to the ARTM survey. Although older adults are increasingly using computers (Wagner et al., 2010), studies indicate that they face more barriers to online shopping (Lian & Yen, 2014). However, Bezirgani and Lachapelle (2021), suggest that online shopping could become a long-term alternative for people with mobility challenge associated with aging. Several studies predict that the increase in teleworking and online shopping will persist after the pandemic (Chauhan et al., 2021; Javadinasr et al., 2021; Magassy et al.; Salon et al., 2021).
3. **Risk perception:** Parady et al. (2020) demonstrated that the perception of risk associated with COVID-19 was linked to staying at home and a decrease of mobility. Given that many paratransit users fall into the high-risk category for COVID-19 (older adults and people with chronic illnesses), it is likely that their risk perception is higher (Chauhan et al., 2021). In Quebec, numerous COVID-19 outbreaks occurred in CHLSD (Residential and Long-Term Care Centres) and in residences for the older adults, leading to hospitalizations and deaths (Beaulieu & Genesse, 2022). Figure 8-1 shows that users tend to return to the paratransit service as the COVID-19 risk decreases (reduction in cases, vaccination, etc.). Thus, demand should continue to increase if unless new source of risk emerge.
4. **Household move:** Zanolini and Morency (2023) found that young couples were more willing to move during COVID-19, often driven by the desire to be close to services and nature. Research by Verplanken et al. (2008), suggests that people who moved during the pandemic are likely to

maintain their new travel habits, as moving is a long-term decision. However, this theory does not apply well to paratransit users, who are mostly older adults already located near essential services.

5. **Use of active mode:** The change in travel habits was not universally negative, as some individuals rediscovered active modes of transportation (walking, cycling, etc.) during the pandemic (Musselwhite et al., 2021). Salon et al. (2021) identified the increased use of active modes as a lasting phenomenon. In the ARTM survey, 72% of paratransit users reported using paratransit less than before the pandemic, while only 6% used active modes more.
6. **Use of private mode:** To reduce the risk of COVID-19 transmission in public transport, some individuals turned to private modes of transport such automobile. (Das et al., 2021; Eisenmann et al., 2021; Loa et al., 2021). Although current studies can not draw definitive conclusions about the future of the transition between public and private modes, researchers agree that public transport must become more attractive, safe, and efficient. (Das et al., 2021; Eisenmann et al., 2021; Loa et al., 2021). According to the ARTM survey, only 14% of paratransit users hold a driver's licence, yet 10% mentioned using private cars more compared to the pre-pandemic phase.
7. **Death and hospitalisation:** Unfortunately, many people lost their lives during the pandemic, with 17,923 COVID-19 related deaths in Quebec (INSPQ, 2022). While only 0.2% of the Quebec population passed away during the pandemic, the majority were likely eligible for paratransit service (older adults or people with chronic illnesses). Thus, the death of some paratransit users may partly explain the drop in ridership.

There are many reasons to explain potential persistence of new travel behaviors of the population. Nevertheless, not all the reasons are applicable to paratransit users (PWDs and older adults). The perception of the risk of death and hospitalisation seems to be the more plausible explanation of the stickiness of the paratransit users' new travel behaviors.

8.7 Conclusion

COVID-19 had major impacts on paratransit users' travel behaviours. Indeed, many users have stopped or reduced their use of the STM's paratransit service. However, users who start using the service during the pandemic are more loyal to the service. Furthermore, during the pandemic, the quality of service has

improved (reduction of waiting and travel time). Among all the reasons mentioned in discussion, the perception of risk seems the most plausible to explain the stickiness of new travel behaviours of paratransit users. Indeed, most paratransit users are part of the population segments most vulnerable to COVID-19, which would explain why they fear contracting the virus in public transit or when visiting public places. Thus, the more the risks associated with COVID-19 decrease, the more paratransit ridership should increase again.

This research has contributed to broadening knowledge on the impacts of the pandemic on PWDs and on mobility. The results of the analyzes allow to better understand the new travel behaviours of users and provides insights into how to provide a service more suited to PWDs' needs.

Nevertheless, this research has several limitations that should be taken into consideration. Although the STM's paratransit is a service like those found in most industrialized cities, the results of this research cannot be considered representative of other paratransit services without validation since the context is not the same (preventive measure, weather, size of paratransit service, etc.). However, it would be possible to carry out the analyzes presented in this research with other paratransit operators. This would enable the comparison and identification of best practices in the event of another pandemic or extreme situation. Another important limitation of this research is that the pandemic is not over at the time of the paper preparation. Thus, it will be important to redo the analyzes for the upcoming phases of the pandemics.

Despite the reasons discussed, only time will reveal the long-term impacts of the pandemic. Therefore, further research will be needed. In the future, it would be interesting to analyze the impacts of the pandemic on paratransit service operators: cost per trip, loss of resources, service efficiency and punctuality, etc. In addition, since many users have stopped using paratransit, it would be important to know if these users have transferred to other modes or if they are isolated at home. Finally, as many paratransit services are struggling to meet demand, it is possible to question the impact of users returning to paratransit service and, above all, to provide resources to meet this demand or put new mobility alternatives available and adapted to PWDs.

CHAPITRE 9 DISCUSSION GÉNÉRALE

Ce chapitre vise d’abord à discuter des contributions, des limites et des perspectives de chacun des articles qui composent cette thèse. Il sera ensuite question des liens entre ceux-ci. Une discussion sera finalement amorcée en lien avec le futur du TA.

9.1 Synthèse des articles de la thèse

La contribution de chacun des articles est présentée selon trois angles: l’aspect scientifique, l’aspect technique et l’aspect social. Au niveau scientifique, chacun des articles a pu contribuer à l’avancement des connaissances grâce à la valorisation des données, au développement de méthodologies et à l’utilisation de modèles dans de nouveaux contextes. Les articles de cette thèse touchent aussi l’aspect technique puisque le projet de recherche a été réalisé en collaboration avec la Société de transport de Montréal, permettant l’utilisation de leurs données d’opérations et l’implantation de certaines solutions. Ainsi, certains articles ont contribué ou contribueront dans l’avenir à améliorer les opérations du TA de la STM et d’autres services de TA qui choisiront d’appliquer les méthodologies développées dans le cadre de cette thèse. Finalement, ce projet de recherche comporte une dimension sociale puisqu’il s’intéresse à la mobilité des PSH, qui constituent une tranche de la population qui a tendance à être marginalisée. En effet, la mobilité est l’un des vecteurs importants pour la participation sociale et l’accès aux opportunités, d’où le potentiel de retombées sociales des articles proposés.

Au niveau des limites, elles ont majoritairement été abordées dans chacun des articles, mais nous reprendront ici ces éléments décrits dans les articles, en les traduisant et en les bonifiant. De plus, avec le recul, de nouvelles limites ont été identifiées et seront ajoutées dans cette discussion.

Finalement, au niveau des perspectives, elles ont été abordées partiellement dans les articles. À la suite de présentations dans des congrès et auprès de sociétés de transport, d’autres perspectives ont émergé et seront donc abordées dans ce chapitre. Il sera question des perspectives en lien avec la méthodologie (comment la méthodologie pourrait-elle être améliorée?) et des perspectives en lien avec la suite de la recherche (les prochaines étapes, le potentiel inexploré, etc.).

9.1.1 Ajustement des temps aux arrêts des services de TA

L’article 1 (CHAPITRE 4) avait pour but le développement d’une méthodologie permettant d’ajuster les temps aux arrêts pour les services de TA. L’article documente donc le développement de cette

méthodologie par le biais de modèles de RLM, mais également son implantation au sein du service de TA de la STM.

Contributions

Du point de vue scientifique, une revue de littérature exhaustive a permis de conclure qu'à ce jour, il s'agit du premier article présentant une méthodologie pour ajuster les temps aux arrêts des services de TA. De plus, très peu de recherche a été faite sur les temps aux arrêts du TA et même les temps aux arrêts pour le service de TC régulier dans le contexte d'embarquements et de débarquements de PSH. De plus, l'utilisation du modèle de RLM pour identifier et quantifier les facteurs ayant un impact sur les temps aux arrêts constitue une innovation du point de vue scientifique. De surcroît, cette méthodologie pourrait être appliquée à d'autres services de TA possédant les données nécessaires. En effet, ce ne sont pas tous les services de TA qui mesurent leurs temps aux arrêts réels, et cette information est essentielle à l'application de la RLM. Finalement, cette contribution a permis de valoriser les données du TA et plus particulièrement les temps aux arrêts obtenus grâce au traitement des données AVL collectées par les véhicules du TA.

Ce projet de recherche a aussi permis des avancements du point de vue technique, qui ont été constatés à la suite de l'implantation des nouveaux temps aux arrêts à même le service de TA de la STM. La cascade des impacts sur ce dernier est présentée dans la Figure 9-1. Il est important de mentionner qu'il s'agit d'impacts observés à la STM et qu'ils pourraient être différents si la méthodologie était implantée ailleurs. Dans un premier temps, l'ajustement des temps aux arrêts a permis d'avoir des temps planifiés plus représentatifs de la réalité (a). En effet, avant l'implantation des nouveaux temps aux arrêts, le temps pour effectuer certains arrêts était parfois insuffisant, parfois excédentaire. Ainsi, l'ajustement des temps a rendu les véhicules plus ponctuels (c), entraînant un impact positif sur la satisfaction des usagers (d). De plus, une meilleure planification de l'horaire permet de réduire le stress des chauffeurs (e), ce qui a le potentiel d'améliorer les conditions de travail des chauffeurs (f) tout en améliorant le taux de rétention, qui est un enjeu critique dans le contexte actuel de pénurie de main d'œuvre.

L'autre aspect important est que les temps aux arrêts du service de TA de la STM ont été, globalement, légèrement réduits (g). Ainsi, il est devenu possible de planifier plus de déplacements avec le même nombre de ressources (chauffeurs et véhicules) (h). À terme, cela a permis de réduire les coûts d'opération du service (i), qui est un enjeu important pour les sociétés de transport.

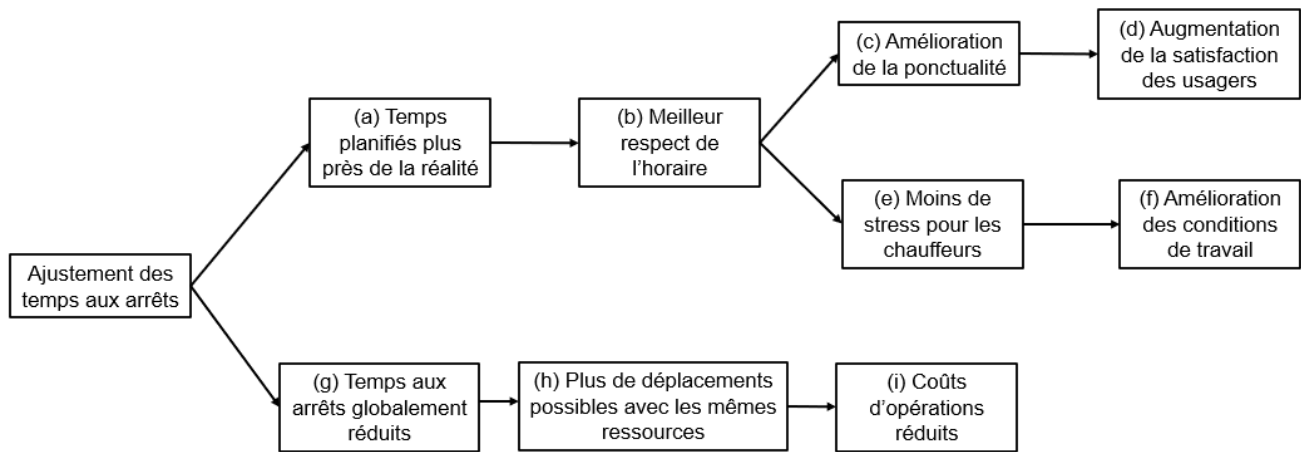


Figure 9-1: Retombées techniques de l'ajustement des temps aux arrêts pour le service de transport adapté de la STM

Ce projet de recherche a aussi eu une cascade d'impacts sociaux. En effet, lorsque les services de TA sont optimisés, cela contribue directement à améliorer la mobilité des PSH. Il est démontré que la mobilité permet de réduire l'isolation sociale et d'améliorer l'accès aux opportunités, enjeux importants pour les PSH. Concrètement, le fait que la ponctualité soit meilleure (a) permet d'améliorer la qualité du service (b). Ainsi, les usagers peuvent être sûrs d'arriver à l'heure au travail, à l'école, à leurs rendez-vous médicaux, etc. De plus, le fait de réduire le stress des chauffeurs (c) améliore la qualité du service (b), car les chauffeurs sont plus disposés à répondre aux besoins des usagers. De plus, les chauffeurs disposent du temps nécessaire pour faire l'embarquement et le débarquement des usagers en toute sécurité limitant ainsi les incidents.

De surcroît, comme les temps ont été globalement réduits (d) le service de TA de la STM est en mesure d'offrir plus de déplacements avec les mêmes ressources (e). Cela permet d'augmenter la disponibilité du service pour les usagers actuels et futurs (f).

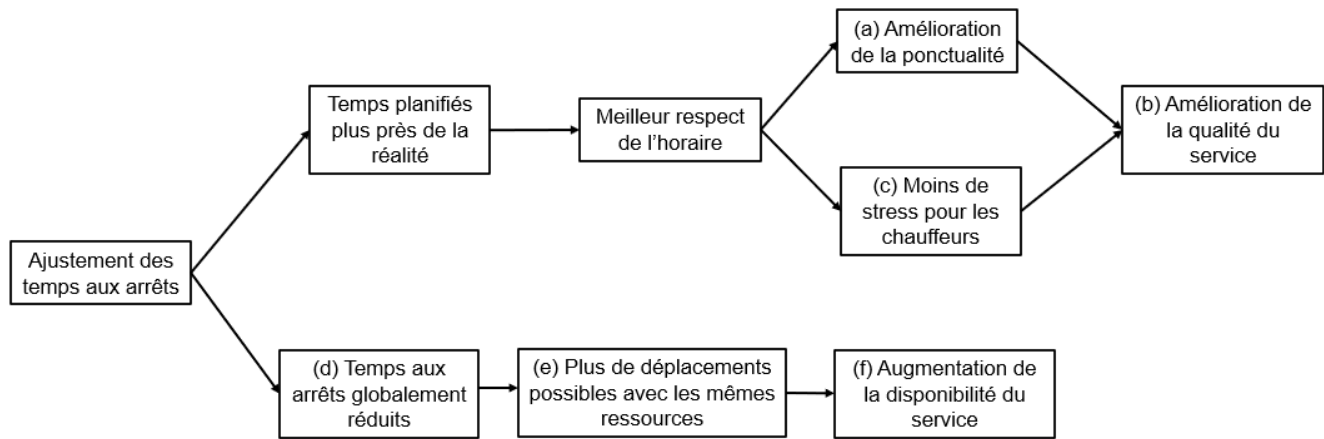


Figure 9-2: Impacts sociaux de l'ajustement des temps aux arrêts pour le service de transport adapté de la STM

Globalement, l'article 1 a permis de contribuer à faire le pont entre les trois aspects essentiels (scientifique, technique et social) pour qu'une recherche ait des retombées positives réelles. La Figure 9-3 présente la synthèse de la contribution de l'article 1. Les flèches pleines représentent les contributions concrètes du projet de recherche tandis que les flèches à tiret représentent des impacts potentiels.

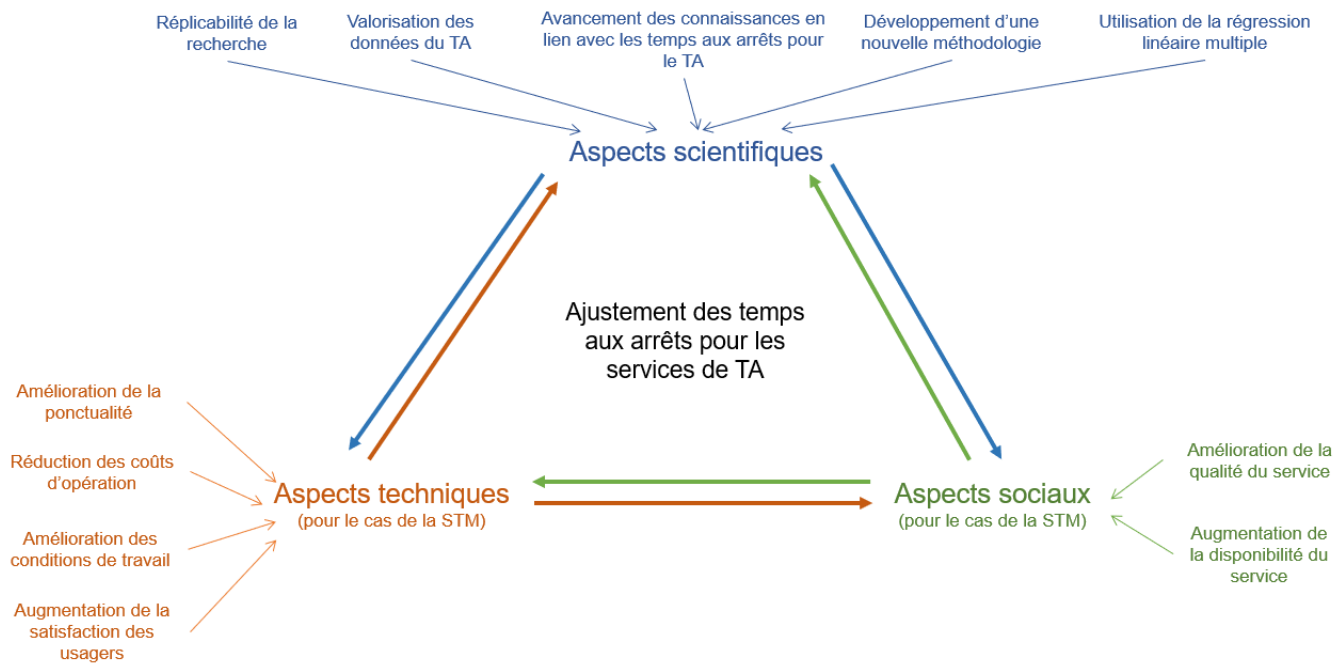


Figure 9-3: Synthèse des contributions scientifiques, techniques et sociales de l'article 1

Dans le cas de ce premier article, il est plus évident d'identifier la contribution vis-à-vis les trois aspects puisque la méthodologie a été implantée et qu'il est donc possible de constater concrètement les impacts; ce n'est toutefois pas le cas pour les autres contributions. En effet, il sera nécessaire de poser des hypothèses et de faire appel à la revue de littérature pour être en mesure d'identifier certains impacts.

Limites

Comme il s'agissait du premier modèle permettant d'ajuster les temps aux arrêts, plusieurs limites méthodologiques ont été identifiées. D'abord, au niveau de la collecte de données, l'article repose sur l'utilisation des données de temps aux arrêts obtenues grâce à l'algorithme de détection d'arrêts, qui comporte lui-même des limites, identifiées lors de l'élimination des données de l'analyse. D'abord, dans certains cas (2,6% des arrêts), aucun temps aux arrêts n'est obtenu, car le véhicule ne s'arrête pas à proximité de la zone prédéterminée pour faire l'embarquement ou le débarquement. Cela peut se produire lorsqu'il est impossible d'atteindre la zone prédéterminée (congestion, travaux, etc.) et que le chauffeur doit se diriger vers un autre emplacement. D'autres cas n'ont pas été pris en compte dans l'étude, soit les événements imprévus (panne de véhicule, absence du gardiennage, usagers en détresse, etc.) qui surviennent aux arrêts. Lorsqu'un chauffeur rencontre un imprévu, il peut le signaler sur la tablette électronique qui est dans le véhicule pour obtenir l'aide de centre de contrôle. L'activation de ce signal est enregistrée dans les données de l'arrêt, mais on ne peut pas connaître la nature de l'imprévu. Ainsi, tous les arrêts où un signalement d'événement imprévu a été fait ont été retirés de l'étude (2,6% des arrêts). Dans les deux cas, les enregistrements qui ont été retirés de l'étude sont associés à des événements qui allongent le temps aux arrêts, faisant en sorte que le modèle sous-estime sans doute les temps prévus aux arrêts. Une autre situation qui a été exclue de l'étude est lorsque le chauffeur arrive plus de 5 minutes d'avance sur la plage d'arrivée prévue pour l'embarquement. Cette pratique est proscrite par la STM puisque cela stresse inutilement les usagers. Ainsi, il est demandé aux chauffeurs de se stationner en retrait du lieu d'embarquement et d'attendre l'heure du début de la plage pour s'approcher de la zone prédéterminée. Néanmoins, 18,7% des arrêts réalisés par les chauffeurs ne respectent pas cette consigne et ont été exclus de l'étude. Comme il s'agit d'une grande proportion des déplacements, il aurait pu être intéressant de les considérer; il aurait fallu soustraire le temps où le chauffeur est en avance sur le début de la plage planifiée, mais cela implique de poser l'hypothèse que les chauffeurs attendent le début de la plage pour faire l'embarquement même s'ils sont déjà devant le lieu, ce qui n'est pas nécessairement le cas.

Au niveau méthodologique, certaines variables utilisées dans le modèle auraient pu être améliorées. Par exemple, la variable associée aux mois d'hiver est une variable binaire qui est égale à 1 si l'arrêt a lieu en hiver. Dans un monde idéal, il aurait fallu tester si d'autres types de variable (tempête de neige, température très froide, accumulation de neige au sol, etc.) associées à l'hiver étaient plus significatives. Pour faire cela, il aurait fallu combiner les données du TA avec les données météorologiques. C'est aussi le cas pour la variable associée au type de lieu (public ou résidentiel); il aurait été intéressant d'utiliser plusieurs catégories de types de lieux (magasinage, loisir, santé, travail, etc.), mais cette information n'étant pas disponible dans les données de la STM, il aurait fallu trouver d'autres sources de données.

Une autre des limites est que le modèle de RLM explique uniquement 23% de la variation du temps aux arrêts, ce qui peut sembler faible. Toutefois, les temps aux arrêts des services de TA sont typiquement très variables, c'est-à-dire que pour un arrêt à un même endroit, dans le même contexte et avec le même usager, des imprévus peuvent survenir et influencer le temps aux arrêts. Comme il s'agit d'un service dédié à des personnes ayant des besoins particuliers, toutes sortes de situations peuvent se produire; l'ajout de certaines variables aurait donc pu permettre d'expliquer une plus grande proportion de la variabilité, et il s'agit justement de l'une des perspectives de la recherche.

Ensuite, une limite technique liée à la collecte de données n'est pas abordée dans l'article. Actuellement, la STM utilise les temps de déplacement et les temps aux arrêts pour faire la planification des déplacements. En revanche, dans certains cas, un troisième type de temps peut intervenir. Lorsqu'un véhicule de TA arrive à proximité de la destination, il doit être le plus près possible de l'entrée. Il est donc possible qu'il doive attendre le départ d'un autre véhicule ou encore qu'il doive parcourir une certaine distance dans un stationnement congestionné. Il s'agit donc du temps d'approche, qui peut autant intervenir à l'arrivée du véhicule qu'au départ de celui-ci. La méthode de planification des déplacements du TA de la STM ne permet actuellement pas de considérer directement le temps d'approche (voir Figure 9-4). En effet, le temps de déplacement est déterminé en fonction des vitesses estimées sur chaque segment de route, alors que cette information est inconnue pour les stationnements. Les temps aux arrêts sont quant à eux mesurés lorsque le véhicule est arrêté, ce qui néglige le temps passé aux abords d'un lieu achalandé (hôpital, centre commercial, etc.). Ainsi, le temps total pour effectuer le transport est calculé en fonction de l'embarquement, du déplacement et du débarquement, mais peut s'avérer insuffisant. Pour pallier cela, un temps additionnel aux arrêts est prévu pour certains lieux publics, mais cela est déterminé arbitrairement en fonction de commentaires des chauffeurs. Les données collectées par les services de TA

pourraient éventuellement permettre d'évaluer le temps d'approche, mais il faudrait mettre en place un algorithme pour obtenir systématiquement cette information.

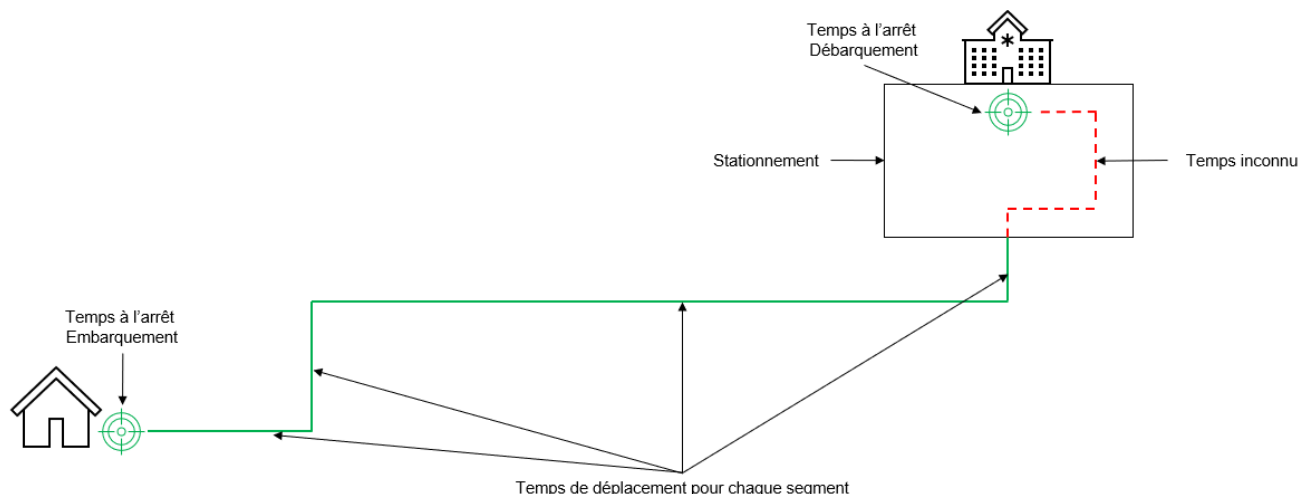


Figure 9-4: Schématisation de la problématique associée à la planification de déplacements vers des lieux publics achalandés

Il y a aussi une limite associée à l'implantation de la solution. En effet, les chauffeurs ont été avisés que les temps aux arrêts avaient été ajustés, ce qu'ils ont pu constater en observant la planification de leurs tournées. Ils ne voient pas spécifiquement le temps accordé pour chaque arrêt, mais ils voient les heures auxquelles ils devraient arriver à chacun des points d'embarquement et de débarquement; en fonction du temps accordé, les chauffeurs ont possiblement modifié leurs comportements pour être plus rapides dans certains cas et plus lents dans d'autres cas. Ainsi, le fait d'avoir avisé les chauffeurs a peut-être eu des impacts inconnus sur leur prestation de service.

Perspectives

Les perspectives au niveau de la méthodologie sont nombreuses, surtout au niveau des variables incluses dans le modèle. En effet, les modèles utilisés pour estimer les temps aux arrêts comportent certaines variables (nombre d'embarquements, période de la journée, type de véhicule, etc.); cependant, d'autres variables associées aux usagers, au contexte, aux déplacements et aux chauffeurs auraient pu être considérées pour augmenter la proportion de la variation expliquée par le modèle (voir Tableau 9-1).

Tableau 9-1: Variables additionnelles pour le modèle d'ajustement des temps aux arrêts pour les services de TA

	Facteurs	Potentiel	Données disponibles	Défis
Usagers	Genre	Il est possible que les caractéristiques des usagers influencent le temps aux arrêts. Par exemple, les usagers plus anciens sont possiblement plus rapides pour embarquer dans les véhicules.	L'ensemble de ces informations sont disponibles dans les données de la STM.	<u>Méthodologie</u> : Plusieurs de ces variables sont corrélées entre elles ou avec celles incluses dans le modèle. Il aurait donc fallu faire une sélection pour les ajouter dans la régression linéaire. <u>Technique</u> : Il est possible d'ajouter du temps manuellement supplémentaire à certains usagers spécifiquement, mais il faudrait beaucoup de temps pour ajouter du temps supplémentaire à toutes les PA dans le système de planification.
	Âge			
	Déficiencie			
	Aides à la mobilité			
	Ancienneté			
Contexte	Événements spéciaux (Noël, vacances de la construction, etc.)	Il est possible que les temps aux arrêts soient affectés par certains événements ponctuels.	Il faudrait identifier les dates des événements spéciaux et reporter cette information sur les enregistrements des arrêts du TA.	<u>Technique</u> : Il n'y a pas de paramètre spécifique pour ajuster les temps aux arrêts en fonction des événements, mais il est possible de réduire ou d'augmenter tous les temps en modifiant les temps de base pour une certaine période.
Déplacement	Motif	D'autres caractéristiques associées aux déplacements ont peut-être un impact sur les temps aux arrêts. Il serait intéressant de tester celles-ci.	Le motif des déplacements n'est pas disponible dans les données de la STM; il faudrait donc l'obtenir par un autre moyen. Les deux autres informations sont disponibles.	<u>Méthodologie</u> : Plusieurs de ces variables sont corrélées entre elles ou avec celles incluses dans le modèle. Il aurait donc fallu faire une sélection pour les ajouter dans la régression linéaire. <u>Technique</u>: Il est possible d'ajuster le temps aux arrêts pour certaines destinations pour un usager précis, mais cela est très laborieux s'il y a beaucoup d'ajustements à faire.
	Récurrence			
	Localisation			

Tableau 9-1: Variables additionnelles pour le modèle d'ajustement des temps aux arrêts pour les services de TA (suite et fin)

Facteurs		Potentiel	Données disponibles	Défis
Chauffeur	Chauffeur	Il est plausible de croire que les chauffeurs ou leur expérience influencent le temps aux arrêts.	Chaque arrêt est associé à un chauffeur dans les données de la STM; il est donc possible de retrouver la date de leur premier déplacement réalisé, et donc leur niveau d'expérience.	<u>Technique</u> : Actuellement, dans le système utilisé par la STM, il n'est pas possible d'ajuster les temps aux arrêts en fonction du chauffeur. Il faudrait faire une requête auprès de GIRO pour ajouter ce paramètre au système.
	Expérience			<u>Implantation</u> : Il s'agit d'un enjeu délicat qui pourrait provoquer des tensions avec les syndicats des chauffeurs.

Une autre perspective de cette recherche serait de voir les impacts réels de l'ajustement des temps aux arrêts. Avant l'implantation des nouveaux temps aux arrêts au service de TA de la STM, une simulation avait été réalisée en utilisant les nouveaux temps aux arrêts pour faire la planification d'une journée normale. Les résultats de la simulation ont été comparés aux résultats de la planification avant l'ajustement des temps et au temps réel pour cette journée d'opération. Cela a permis de conclure que globalement, la ponctualité était améliorée et que l'implantation permettait de diminuer le coût par déplacement. Néanmoins, il serait intéressant d'identifier et de quantifier les impacts réels à plus long terme, et de voir si l'ajustement des temps planifiés a eu un impact sur les temps réels; le fait d'avoir plus ou moins de temps pour réaliser un arrêt pousse-t-il les chauffeurs à modifier leurs comportements? Cependant, cet effet serait difficile à isoler puisque peu de temps après l'implantation des nouveaux temps aux arrêts, un système de notification d'arrivée imminente a été mis en place. Ainsi, il serait intéressant de voir l'impact de ce système sur les temps aux arrêts afin de réajuster le modèle au besoin.

Finalement, la dernière perspective en lien avec cette recherche est de l'appliquer à d'autres services de TA pour valider le potentiel de répliquabilité. En effet, cette solution a fonctionné pour la STM, mais peut

être que dans un contexte différent, le modèle devrait être ajusté pour correspondre aux données disponibles ou aux possibilités d'ajustement du système de planification utilisé.

9.1.2 Méthodologie de priorisation du transfert des déplacements du TA vers le TC

L'article 2 présente une méthodologie pour prioriser les déplacements du transport adapté qui sont transférables dans le réseau régulier avec le plus grand potentiel de succès. Pour ce faire, quatre critères ont été développés en lien avec l'autonomie des usagers, la distance de marche, l'accessibilité universelle des infrastructures de transport et la fréquence des déplacements. Ces quatre critères ont été appliqués aux données du service de TA de la STM afin de les tester, mais aussi afin de prioriser les déplacements qui pourront potentiellement être transférés.

Contributions

La contribution de cet article se situe surtout sur le plan scientifique, bien qu'à plus long terme, si la méthodologie est raffinée et appliquée pour transférer des déplacements, la contribution s'étendra aux plans techniques et sociaux. Il s'agit de la première recherche portant sur le développement d'une méthodologie qui permet de prioriser le transfert systématique des déplacements du TA à partir des données d'opération du service. Quelques articles ont déjà présenté des projets pilotes visant à accompagner des usagers du TA dans le TC régulier, mais la sélection des usagers était faite à partir de questionnaires ou par le biais d'organismes communautaires, ce qui rend cette méthode difficilement envisageable à grande échelle. Il était donc primordial de se doter d'une méthodologie qui permette de filtrer rapidement les déplacements du TA pour ensuite utiliser un tri manuel sur une moins grande quantité de déplacements. Les critères développés dans le cadre de cette recherche sont applicables au contexte montréalais; néanmoins, la méthodologie développée dans le cadre de ce projet de recherche pourrait être appliquée à un autre service de TA qui possède des données similaires. De plus, des critères additionnels, présentés dans les perspectives, pourraient permettre le remplacement ou l'ajout de certains critères selon le contexte. Par exemple, à Montréal, puisque la majorité des stations de métro ne sont pas universellement accessibles, il a fallu intégrer un critère évitant de diriger les usagers du TA vers ces stations, mais dans une ville où l'ensemble des stations de métro sont accessibles, ce critère ne serait pas nécessaire. De plus, selon les données disponibles auprès des services de TA et des villes ainsi que des besoins spécifiques à chaque service, d'autres critères pourraient être ajoutés. Finalement, cette recherche a permis de valoriser les données du TA (déficience des usagers, longitude et latitude des origines et destinations du TA,

fréquence de déplacement du TA) et les données d'accessibilité du réseau régulier (stations de métro et arrêts d'autobus accessibles).

Au niveau technique, cette contribution a permis de démontrer au service de TA de la STM que certains déplacements du TA pourraient être intégrés au TC régulier à court terme, sans intervention majeure. À plus long terme, si les déplacements du TA sont réellement intégrés au réseau régulier, cela permettrait de réduire l'achalandage du TA, représentant une économie pour les opérateurs de TA. Il serait également possible d'améliorer l'offre de TA pour les PSH dont les déplacements ne peuvent pas être transférés à court terme dans le TC régulier.

Concrètement, aucune contribution sociale n'a été réalisée dans le cadre de cette contribution. Néanmoins, le projet de recherche est la première étape pour considérer la faisabilité à grande échelle du transfert de déplacements du TA vers le TC régulier. Les opérateurs de transport qui choisiraient d'implanter la méthodologie dans leur service de TA pourraient contribuer à diversifier la mobilité des usagers du TA. De plus, le TC régulier offre une plus grande flexibilité aux usagers en éliminant les réservations et en offrant généralement plusieurs trajets différents permettant de lier une origine à une destination, et l'intégration des PSH dans le TC régulier permettrait de démocratiser la place de ces individus dans la société en les rendant plus visibles aux yeux de tous. Finalement, ce transfert permettrait de pallier la problématique associée au manque de ressources pour répondre à la demande croissante en TA. En effet, cette méthodologie permet de diminuer la surcharge du TA tout en assurant un bon service aux personnes dont les déplacements ne peuvent être transférés dans le TA, qui pourront ainsi bénéficier d'une plus grande disponibilité du service.

Ainsi, la contribution de cette deuxième partie de la thèse contribue plus concrètement à l'aspect scientifique (voir Figure 9-5). Néanmoins, la contribution au niveau des aspects techniques et sociaux est envisageable à moyen-long terme si la méthodologie développée est réellement appliquée pour transférer certains déplacements du TA vers le TC régulier.

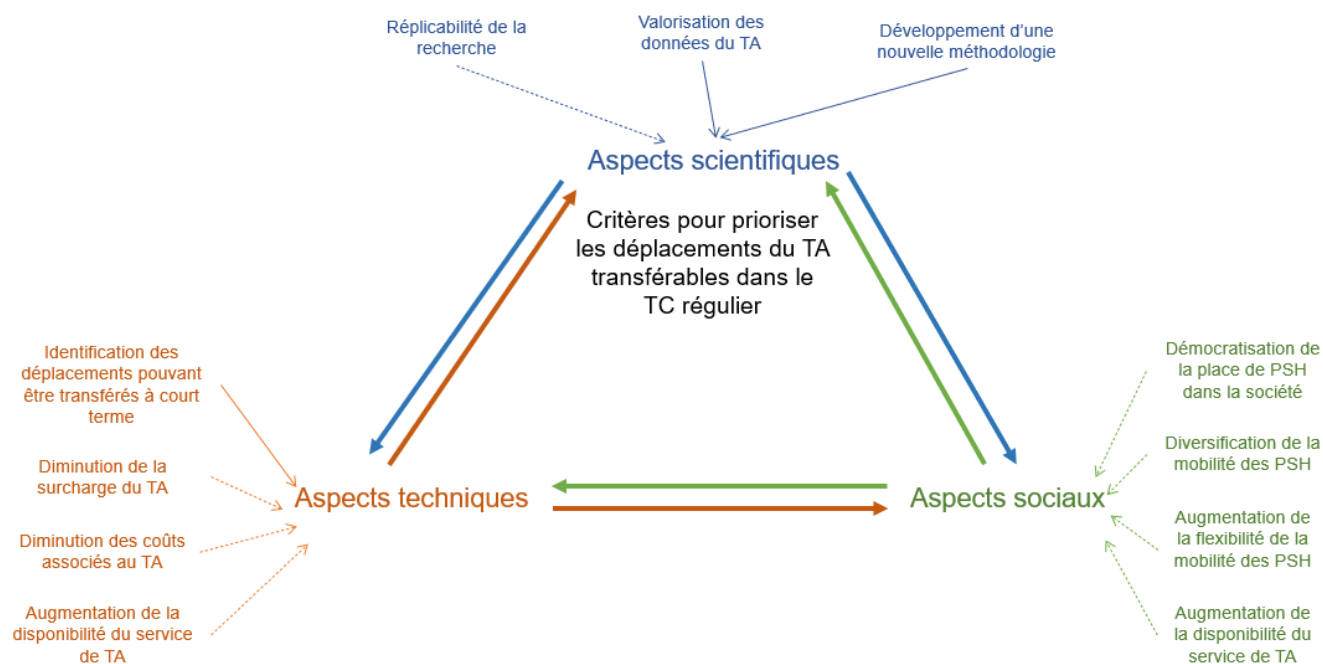


Figure 9-5: Synthèse des contributions scientifiques, techniques et sociales de l'article 2

Limites

Dans l'article 2 (CHAPITRE 5) on retrouve le Table 5-6 présentant les limites des quatre critères utilisés pour faire la priorisation du transfert des déplacements du TA vers le TC régulier. Ce tableau a été traduit et bonifié (Tableau 9-2) dans la présentation sous-section. Les limites sont principalement d'ordre technique et associées à la collecte de données; auparavant, la collecte ne permettait pas de connaître le niveau d'autonomie des usagers, mais à la suite de la publication de l'article, il a été constaté que le type de déficience de certains usagers est catégorisé « A » pour « Autonome » dans le système d'information de la STM. Une personne responsable de l'admission questionnée à ce sujet a rapporté que cette mention « A » est attribuée aux personnes ayant une déficience intellectuelle ou psychique, mais qui peuvent être laissées seules à la destination, et n'ont donc pas besoin d'un accompagnement de type gardiennage, généralement attribué aux personnes ayant une DI ou déficience psychique. Malheureusement, cette information, inconnue au moment de la réalisation de la recherche, aurait permis de raffiner le concept d'autonomie des usagers.

Tableau 9-2: Limites associées aux critères de priorisation de transfert de déplacements du TA vers le TC régulier

Critère	Limites	Solutions potentielles
1: Autonomie des usagers	On ne connaît pas le niveau réel d'autonomie des usagers.	Le niveau d'autonomie pourrait être évalué à l'admission et réévalué au besoin par la suite.
2: Accessibilité universelle	Les besoins en termes d'AU ne sont pas les mêmes pour tous.	Il serait nécessaire de connaître les besoins des usagers par l'entremise d'un sondage afin d'adapter le critère d'accessibilité universelle à chaque usager. Cependant cela représente un travail colossal qu'il serait difficile d'automatiser.
	L'AU est évaluée uniquement pour le point d'entrée et de sortie du TC régulier (arrêt d'autobus et station de métro). Ainsi, les correspondances ne sont pas évaluées.	Utiliser un calculateur de trajet qui considère l'AU des infrastructures de TC. Le calculateur permettrait d'établir si les trajets réalisés en TA sont possibles et réalistes en TC régulier.
3: Distance de marche	Les usagers du TA n'ont pas tous les mêmes capacités à marcher ou à rouler.	Raffiner le critère de distance de marche pour l'adapter au type de handicap et aux capacités de chaque usager, mais une collecte d'information peaufinée auprès des usagers serait nécessaire.
	La distance de marche est mesurée entre l'origine du déplacement en TA et le point d'accès du TC régulier et entre le point de sortie du TC régulier et la destination du déplacement en TA. Cependant, ces points d'accès et de sortie ne sont peut-être pas les plus optimaux pour calculer le déplacement.	Utiliser un calculateur de trajet permettant de trouver le trajet optimal entre l'origine et la destination du déplacement TA. Idéalement, ce calculateur permettrait de considérer l'AU des infrastructures de TC, tel que mentionné au critère 2.
4: Fréquence du déplacement	Le déplacement fait par les usagers change au fil du temps.	Ce critère devra être réévalué pour s'assurer d'avoir les déplacements les plus fréquents.

La limite en lien avec le troisième critère va au-delà de celle présentée dans le Tableau 9-2. En effet, la marchabilité est un critère qui comporte de nombreuses caractéristiques en lien avec les facteurs individuels, environnementaux et sociaux. Dans le cadre de cette recherche, uniquement la distance de marche a été considérée. Ainsi, les déplacements qui ont été priorisés pour le transfert comportent peut-être des barrières à la marche autres que la distance de marche (ex : un dénivelé important, des intersections avec un temps de traverse insuffisant, etc.). Il y a aussi une limite associée à la priorisation des critères qui a mené aux cinq paliers de priorisation, qui regroupent certaines combinaisons de critères.

La priorisation des critères entre eux est basée sur un jugement de valeur. En effet, le critère d'autonomie a été établi comme étant la priorité puisqu'il est directement lié à la sécurité des usagers, alors que pour les autres critères, la priorisation était beaucoup moins claire. Cette priorisation aurait pu être plus rigoureuse et soutenue par une méthodologie plus claire. La plus grande limite réside toutefois dans le fait que les déplacements sont réalisés par des humains ayant des caractéristiques propres et variables en fonction du contexte, et qu'il n'est donc pas réaliste d'entièrement automatiser la priorisation du transfert des déplacements. Ainsi, cette méthodologie doit être utilisée comme moyen de présélectionner certains déplacements qui seront ensuite priorisés un par un.

Perspectives

Au niveau des perspectives, il est évident que de plus amples recherches seront nécessaires pour réellement transférer les déplacements du TA vers le TC régulier, notamment en ce qui concerne les bonnes pratiques en lien avec l'utilisation du TC régulier par les PSH, afin de s'assurer des retombées positives autant chez les usagers que chez les opérateurs de transport. De plus, certains critères existants seront à réévaluer préalablement au transfert puisque l'AU du TC est en constante évolution et que de nouvelles données seront probablement disponibles au moment de l'implantation. Il sera aussi nécessaire d'évaluer les impacts a posteriori du transfert de déplacements pour pouvoir analyser les impacts de l'implantation sur les usagers (satisfaction, efficacité, sécurité, etc.) et sur les opérateurs (coûts, difficultés rencontrées, facilitateurs) afin d'améliorer le processus et d'en assurer une bonne répliquabilité.

Plusieurs critères pourraient également être ajoutés à la méthodologie pour raffiner la priorisation des déplacements transférables dans le réseau régulier. À cet effet, le Table 5-7 de l'article 2 présente six critères potentiels. Ce tableau a été traduit dans la présente sous-section et certains critères ont été détaillés; voir le Tableau 9-3.

Tableau 9-3: Critères additionnels pour prioriser le transfert de déplacements du TA vers le TC régulier

Critère	Description	Données nécessaires	Disponibilité	Perspectives
Temps de déplacement	Prioriser les déplacements avec un écart entre le temps de déplacement en TA et le temps de déplacement en TC régulier le plus faible.	Durée du déplacement en TA en incluant le temps d'attente, le temps d'embarquement et le temps de déplacement.	La majorité des services de TA possèdent cette information à l'interne; c'est le cas de la STM.	Le temps de déplacement est directement associé à la satisfaction des usagers. Si ce critère est considéré, il y aura moins de résistance au changement.
		Durée estimée du déplacement dans le TC régulier.	Plusieurs calculateurs de trajets permettent d'estimer la durée de déplacements en TC, mais idéalement, l'outil choisi devra permettre de considérer l'AU et la marchabilité.	
Nombre de correspondances	Prioriser les déplacements qui comportent le moins de correspondances.	Nombre de correspondances si le déplacement est réalisé en TC régulier.	Généralement disponible avec les calculateurs de trajet, mais encore une fois, il serait préférable que le calculateur considère l'AU et la marchabilité des correspondances.	Lorsque le nombre de correspondances augmente, le déplacement devient plus stressant et demandant physiquement et mentalement pour l'utilisateur. Cela est aussi relié à la satisfaction, au confort et à la sécurité des usagers (Crabtree et al., 2008).

Tableau 9-3: Critères additionnels pour prioriser le transfert de déplacements du TA vers le TC régulier (suite)

Critère	Description	Données nécessaires	Disponibilité	Perspectives
Index de marchabilité	Prioriser les déplacements qui ont la meilleure marchabilité pour la distance entre l'origine et le TC régulier et entre le TC régulier et la destination.	Données en lien avec les infrastructures piétonnes (dénivelé, condition des trottoirs, mobilier urbain, etc.) pour l'ensemble du territoire desservi par le TA.	Dépendamment du territoire desservi, certaines données peuvent être disponibles. Plus les données sont riches, plus l'index de marchabilité sera performant.	Ce critère permettrait de s'assurer que les usagers du TA ne rencontrent pas d'obstacles durant leur trajet, et ainsi favoriserait la satisfaction des usagers et leur sécurité.
Opinion des usagers	Prioriser les déplacements qui sont réalisés par des usagers favorables au transfert de leurs déplacements dans le TC régulier avec la formation et l'accompagnement nécessaire.	L'opinion de chacun des usagers par rapport à l'utilisation du TC régulier.	Généralement, les services de TA ne possèdent pas cette information; il faudrait faire un sondage ou questionner les usagers à l'admission.	Ce critère permettrait de réduire la résistance au changement et d'augmenter la satisfaction des usagers.
Météo	Faire le transfert de déplacements lorsque la météo est favorable.	Conditions météorologiques.	Cette information est généralement facilement accessible, mais peu de temps à l'avance, donc ce critère devrait être évalué au jour le jour.	Ce critère permettrait d'éviter les risques de chutes causées par la neige et la glace, et réduirait les inconforts associés au froid et aux grandes chaleurs.

Tableau 9-3: Critères additionnels pour prioriser le transfert de déplacements du TA vers le TC régulier (suite et fin)

Critère	Description	Données nécessaires	Disponibilité	Perspectives
Achalandage du TC	Prioriser le transfert de déplacements qui ont lieu en dehors des heures de pointe du TC régulier.	Heures de pointe de chacune des lignes du TC régulier dans chaque direction.	Cette information est généralement disponible auprès des opérateurs de TC, mais cela nécessite de connaître les lignes empruntées pour le déplacement; il faut donc utiliser un calculateur de trajet.	Ce critère permettrait d'éviter d'accentuer le problème de surcharge du TC régulier aux heures de pointe et de favoriser le confort, la satisfaction et la sécurité des usagers du TA.

Plusieurs critères additionnels et améliorations de critères existants font mention d'un calculateur de trajet qui permettrait de prendre en compte l'AU du TC régulier; l'outil *Transition* (www.transition.city) développé à Polytechnique Montréal permettrait de faire cela (Bourbonnais et al., 2017). Celui-ci permettrait de projeter l'ensemble des déplacements du TA dans le réseau de transport régulier en spécifiant les stations et les arrêts accessibles tout en restreignant les distances de marche, le nombre de correspondances, la durée des déplacements et bien plus. Ainsi, plusieurs perspectives seraient possibles grâce à l'utilisation de cet outil.

Cette recherche a aussi des perspectives qui permettraient de faciliter le transfert et d'assouplir les critères de priorisation. Par exemple, pour les déplacements qui sont trop loin d'un point d'accès du réseau régulier, des navettes d'accès au TC régulier pourraient être utilisées, telles que présentées dans le Tableau 2-12. Ces navettes pourraient même être des véhicules destinés au TA, mais qui effectueraient un rabattement vers le TC régulier, au lieu d'offrir des déplacements porte-à-porte. Cela permettrait aussi aux usagers qui ne sont pas en mesure d'utiliser le réseau piétonnier pour de courtes distances de faire des déplacements dans le TC régulier. Cependant, il faudrait que cette alternative offre autant de flexibilité que le TC régulier, soit la réservation le jour même pour favoriser l'utilisation volontaire.

Une autre perspective est de fournir des accompagnateurs permanents pour les usagers qui n'ont pas les capacités intellectuelles d'utiliser le TC de façon autonome. Cela permettrait de transférer les déplacements des usagers ayant une DI ou déficience psychique dans le TC régulier. Cette alternative peut sembler dispendieuse, mais elle l'est probablement moins que l'utilisation du TA pour faire un déplacement avec un seul usager à bord. Cependant, des recherches sont nécessaires pour valider cette hypothèse.

Finalement, une des perspectives de cette recherche serait aussi d'étudier comment faire le compromis entre le choix et le nombre de déplacements à transférer, et les impacts sur les opérateurs de transport et sur les usagers. En effet, ce type de projet peut grandement modifier le quotidien des usagers du TA, de façon positive comme négative, et il est important de s'assurer que la qualité de l'offre de mobilité pour les PSH n'est pas impacté par le transfert de certains déplacements.

9.1.3 Algorithme pour estimer la proportion de la population admissible au TA

L'article 3 (CHAPITRE 6) est un court rapport présentant une méthodologie permettant d'estimer la proportion de la population admissible au transport adapté en utilisant un algorithme de filtration. Pour ce faire, l'algorithme a été appliqué aux données de l'enquête canadienne sur l'incapacité de 2017 réalisée par Statistique Canada. De plus, les résultats de l'application de l'algorithme ont été appliqués à la population de la ville de Montréal afin d'être comparés avec la proportion de la population qui utilise le service de TA de la STM.

Contributions

La contribution de cet article se situe davantage au niveau de l'aspect scientifique. Néanmoins, les résultats de cette recherche ont le potentiel d'enclencher certaines réflexions au sein des services de TA, mais aussi au niveau social par rapport à la mobilité des personnes en situation de handicap.

Au niveau scientifique les contributions sont multiples et c'est ce qui a motivé la réalisation de cette recherche. Avant la publication de cette recherche, il n'existait pas de méthodologie permettant d'estimer adéquatement la proportion de la population admissible au transport adapté. Dans le cadre de cette recherche, les données comportaient certaines limitations qui font en sorte que la proportion de personnes admissibles au TA est légèrement sous-estimée. Néanmoins, cette recherche permet de conclure que la proportion de personnes admissible est largement supérieure à la proportion de personnes qui utilisent

réellement le service. De plus, le développement de l'algorithme de filtration basé sur le critère d'admission au TA est en soi une innovation. Cet algorithme vise à refléter la réflexion d'une personne responsable de l'admission au TA et évaluant le dossier d'un répondant à l'ECI. Sans oublier que cette recherche a permis de valoriser les données de l'enquête canadienne sur l'incapacité de 2017 qui est habituellement utilisée dans le domaine des sciences sociales en raison de son caractère qualitatif. De plus, les données du transport adapté de la STM ont été combinées au résultat de l'application de l'algorithme. Finalement, cette recherche pourrait potentiellement être répliquée ailleurs dans le monde à condition d'avoir des critères d'admission suffisamment clairs et une enquête sur l'incapacité représentative de la population étudiée.

Généralement, les services de TA sont en mesure de savoir leur nombre d'utilisateurs de façon assez précise. Cependant, ils n'ont aucune idée du nombre potentiel d'usagers si l'ensemble des personnes admissibles utilisaient le service. Ainsi grâce à cette recherche, il a été possible de constater que le service de transport adapté de la STM ne dessert que 30% de la population admissible. Cela peut soutenir le fait qu'il faille continuer à développer des alternatives qui répondent aux besoins de mobilité des personnes en situation de handicap qui n'utilisent pas le TA afin que celles-ci ne migrent pas vers le TA qui est déjà en surcharge.

Le fait de constater qu'uniquement 30% des personnes admissibles au TA dans la ville de Montréal utilisent le service pousse à se poser des questions sur la mobilité des non-usagers du TA. Utilisent-ils d'autres modes de transport ou sont-ils confinés à leur domicile. Ainsi cela a été la source du quatrième article de cette thèse portant sur les écarts de mobilité entre les personnes avec et sans handicap.

Globalement, cet article contribue principalement à l'aspect scientifique (voir Figure 9-6), mais il a été le déclencheur de l'article 4 qui lui, contribue grandement à l'aspect social.

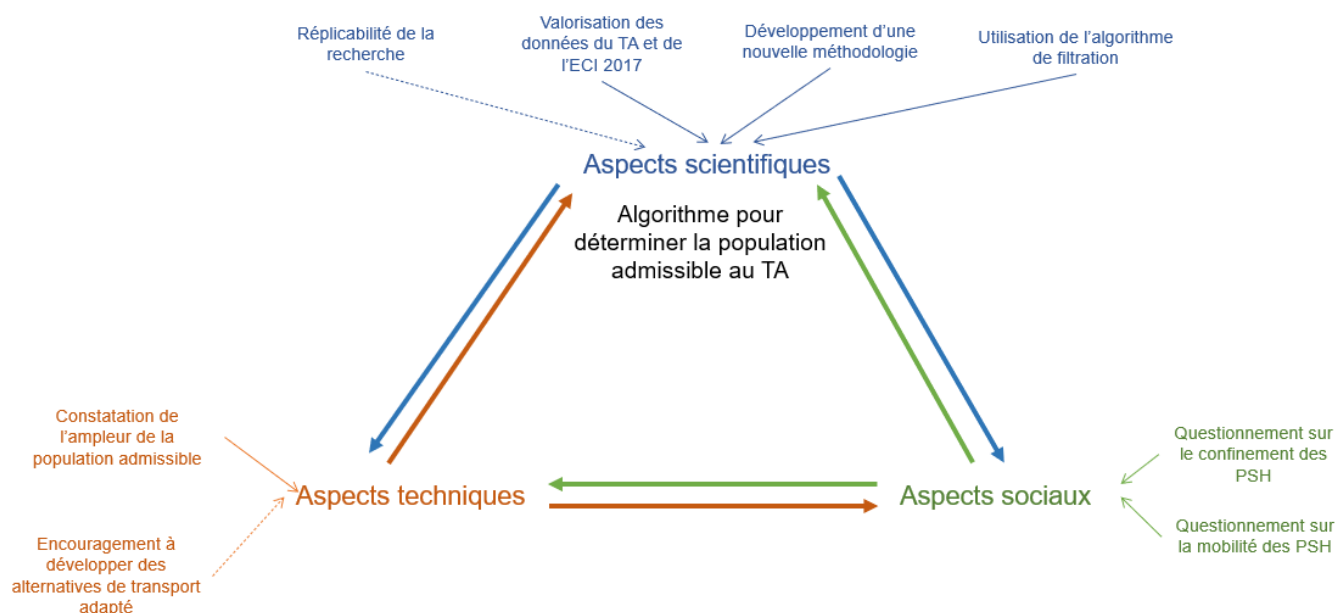


Figure 9-6: Synthèse des contributions scientifiques, techniques et sociales de l'article 3

Limites

Deux limites de cette recherche sont liées à la source de données. En effet, l'enquête canadienne sur l'incapacité principale ne considère pas les personnes âgées de 15 ans et moins et les personnes vivant en résidence collective. Ainsi la proportion de personnes en situation de handicap est probablement sous-estimée. Il y a aussi une limite associée à la méthodologie. En effet, afin de comparer la proportion de personnes admissibles à la proportion des personnes qui utilisent le TA de la STM, les résultats de l'algorithme ont été appliqués à la ville de Montréal en fonction du groupe d'âge. Cependant, l'algorithme est basé sur l'ECI qui est pondéré au niveau des provinces et des territoires. Ainsi, en appliquant les résultats à la ville de Montréal, l'hypothèse que la composition de la population de Montréal est la même que celle du Québec doit être faite hormis la répartition des groupes d'âge qui ont été considérés.

De plus, une autre des limites est liée au fait que les résultats de l'enquête canadienne sur l'incapacité (ECI) ont été filtrés en fonction des critères d'admission au transport adapté. Évidemment les critères d'admission ne correspondent pas aux questions de l'ECI. Ainsi, une interprétation a dû être faite pour filtrer les résultats de l'ECI (admission versus pas admissible). Afin que l'interprétation soit la plus juste possible, une personne responsable de l'admission de la STM a été consultée pour valider la première version de l'algorithme de filtration. Néanmoins, il demeure quelques zones grises pouvant mener à une légère surestimation ou sous-estimation de la proportion de personnes admissibles au TA.

Il y a aussi une limite en lien avec la répliquabilité de la recherche. En effet, l'algorithme a été établi en fonction des critères d'admission du transport adapté au Québec. Ainsi, les résultats de la recherche pourraient être comparés à l'usage des services de TA au Québec, mais pas ailleurs. Ainsi, en fonction des critères d'admission applicables et les données disponibles, il serait nécessaire de modifier l'algorithme pour l'appliquer dans un autre contexte. La méthodologie de cette recherche est donc répliquable mais l'algorithme en soi devra être modifié.

Perspectives

L'une des perspectives de cette recherche est d'appliquer l'algorithme à la prochaine ECI afin de voir l'évolution de la proportion de personnes admissibles au TA et notamment de voir si la proportion de personnes admissibles au TA augmente plus rapidement que la proportion de personnes en situation de handicap. De plus, il pourrait être intéressant de voir comment la proportion de la population qui utilise le TA évolue versus la proportion de personnes admissibles.

Les résultats de l'algorithme pourraient aussi être utilisés pour s'intéresser à l'attractivité des services de transport adapté. L'attractivité peut être définie comme la proportion des personnes pouvant utiliser un service qui l'utilise sur une période donnée. Ainsi l'attractivité du TA de la STM est de 33%. En appliquant l'algorithme à d'autres services de TA, il serait possible de comparer leurs attractivités respectives.

Les résultats de l'algorithme pourraient aussi être utilisés dans la perspective de prévoir la demande au TA en considérant les utilisateurs potentiels (concept de demande latente). Par exemple, à Montréal, le transport collectif incluant le TA sera gratuit pour les résidents âgés de 65 ans et plus. Il est donc possible que cet incitatif encourage certaines personnes âgées à s'inscrire au transport adapté. Avec l'algorithme il est possible d'estimer qu'en 2018, 11 000 personnes âgées de 65 et plus étaient admissibles au transport adapté, mais n'en étaient pas utilisatrices.

Finalement, cette recherche a été la motivation pour la recherche du quatrième article de cette thèse. En effet, le fait de constater que seulement 33% des personnes qui sont admissibles au TA sont réellement utilisatrices a été la source du questionnaire en lien avec les comportements de mobilité des PSH.

9.1.4 Étude des écarts de mobilité entre les personnes avec et sans handicap

L'article 4 (CHAPITRE 7) de cette thèse aborde les écarts de mobilité entre les personnes avec et sans handicap. L'objectif était de quantifier ces écarts et de tenter d'en identifier les sources. Grâce à

l'utilisation du modèle de décomposition Oaxaca-Blinder, il a été possible de conclure qu'une portion de l'écart de mobilité est due à la composition des deux groupes, et que l'autre portion serait due à la présence de disparité soit au niveau de la mobilité, soit au niveau social en général (accès à l'emploi et à l'éducation, accessibilité des lieux publics, etc.).

Contributions

Ce quatrième article contribue principalement aux aspects scientifiques et sociaux. D'une part, cet article a permis de valoriser trois sources de données différentes, dont les données de l'enquête OD de 2018 pour la ville de Montréal. Une nouvelle question permettant d'identifier les PSH a été ajoutée pour cette version de l'enquête, permettant de comparer les réponses des personnes avec et sans handicap. Ainsi, la valorisation des données de l'enquête OD et plus précisément de la question sur le handicap est l'une des contributions de cet article. De plus, à la suite de l'utilisation des données de l'enquête OD de 2018, des recommandations ont été faites à l'ARTM pour la prochaine version de la question sur le handicap concernant l'identification du type de handicap et l'utilisation d'aides à la mobilité. Cela permettra de faire des analyses plus pointues en lien avec la mobilité des PSH pour éventuellement mieux répondre à leurs besoins. Cet article a aussi permis de valoriser les données du sondage de l'ARTM sur les perceptions et habitudes de mobilité des usagers du TA à Montréal, ainsi que les données de satisfaction. Ce quatrième article a non seulement contribué à la valorisation de ces deux sources de données, mais aussi à la fusion de celles-ci pour être en mesure de comparer la satisfaction des usagers avec et sans handicap.

En plus de la valorisation de ces données, cet article a aussi contribué à l'avancement des connaissances en faisant appel à un modèle mathématique peu utilisé dans le domaine du transport, soit le modèle Oaxaca-Blinder, qui permet de décomposer les effets des caractéristiques des groupes et des disparités entre les groupes. C'est la première fois que ce modèle est utilisé pour comparer la mobilité des personnes avec et sans handicap. Cet article contribuera peut-être à encourager d'autres chercheurs à utiliser ce modèle de décomposition afin d'identifier des disparités en lien avec la mobilité de différents groupes d'usagers.

Il n'y a aucune contribution concrète au niveau technique en lien avec cet article. Néanmoins, il éveille les opérateurs de transport et des villes aux disparités que vivent leurs populations et sur le rôle qu'ils ont à jouer sur leur mobilité. En effet, l'identification de disparités entre les personnes avec et sans handicap au niveau de leur mobilité, mais aussi au niveau de plusieurs aspects sociaux (accès à l'emploi, AU, etc.)

motivera peut-être les opérateurs de transport et les villes à intervenir pour lutter contre ces disparités. De plus, cet article présente une comparaison de la satisfaction des usagers avec et sans handicap vis-à-vis le TC de la STM. Cette comparaison a permis de montrer que les femmes et les PA en situation de handicap sont globalement moins satisfaites du service, ce qui s'avère être une information précieuse pour la STM afin d'améliorer ses services.

Cet article a permis de faire plusieurs constats au niveau social, qui pourront éventuellement contribuer à résoudre certaines disparités entre les personnes avec et sans handicap. D'abord, il a été identifié que les femmes et les PA en situation de handicap font face à des disparités qui influencent leurs habitudes de mobilité; elles font moins de déplacements par jour et elles sont plus confinées à la maison que le reste de la population. De plus, dans le groupe des PSH, il a été identifié que celles ayant un faible revenu, celles vivant seules et celles ayant un emploi sont plus mobiles que les personnes ayant les mêmes caractéristiques, mais n'ayant pas de handicap. Le fait que les PSH ayant un travail soient plus mobiles que celles n'ayant pas de travail démontre ou bien que le fait d'avoir un travail augmente la propension à être mobile, ou bien que le fait d'être en mesure de se déplacer augmente les chances d'avoir un emploi.

Cet article faisant le pont entre la science et l'aspect social joue un rôle essentiel dans cette thèse. En effet, il démontre qu'il est essentiel de continuer à faire de la recherche pour améliorer l'offre de transport pour les PSH et que les opérateurs de transport doivent mettre en place des interventions et des services qui répondent aux besoins de ce type d'usagers. En somme, la Figure 9-7 permet de synthétiser les contributions de l'article 4.

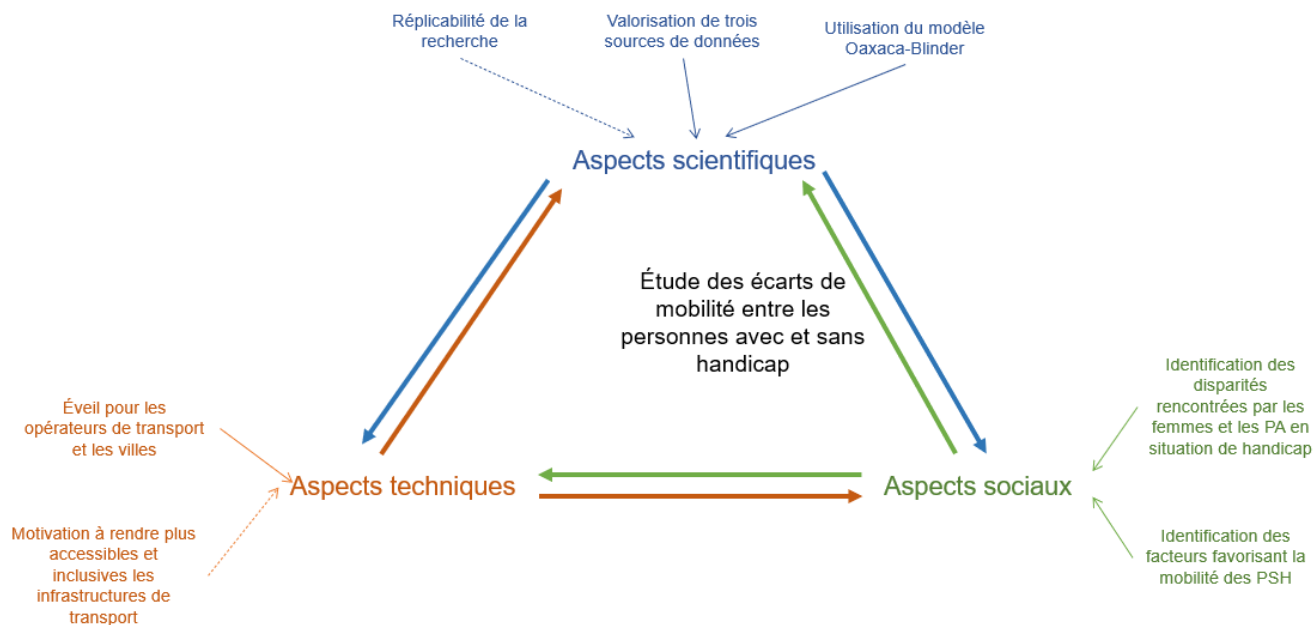


Figure 9-7: Synthèse des contributions scientifiques, techniques et sociales de l'article 4

Limites

Pour cette recherche, les données de l'enquête OD de 2018 de la ville de Montréal ont été utilisées. La question sur l'identification des PSH a permis de réaliser cette recherche. Néanmoins, la question permettait uniquement d'identifier si une personne vivait une situation de handicap, sans préciser la nature de celui-ci ou les aides à la mobilité utilisées, ce qui a limité l'analyse des données. De plus, l'enquête OD permettait d'établir si la personne avait utilisé le TA durant la journée à l'étude, mais pas si elle était admissible ou usagère du TA.

La limite la plus importante de cette recherche est que le modèle de décomposition Oaxaca-Blinder permet d'identifier s'il y a présence de disparités, mais il ne permet pas de trouver la source de ces disparités dans la société et dans l'offre de mobilité des villes; d'autres recherches seront nécessaires pour tenter de retracer les sources de ces disparités.

La comparaison de la satisfaction des personnes avec et sans handicap vis-à-vis le TC régulier (autobus et métro) est limitée par les différentes sources de données utilisées. En effet, les données pour les PSH proviennent du sondage de l'ARTM qui a été réalisé auprès des usagers du TA, et excluent donc les PSH qui n'utilisent pas le TA et qui ont des comportements de mobilité différents de ces derniers. La

satisfaction des personnes sans handicap pour le TC régulier a plutôt été évaluée par un sondage interne de la STM. Ainsi, les questions des deux sondages ont été interprétées afin de les mettre en relation, mais un biais dans la comparaison des résultats persiste tout de même. De plus, la satisfaction des usagers du TA a été évaluée pendant la pandémie en leur demandant de faire fi de la situation, mais il reste possible que la COVID-19 ait teinté les résultats.

Perspectives

Comme mentionné dans les limites, il serait intéressant de raffiner la question de l'enquête OD sur l'identification de la situation de handicap des répondants afin d'ouvrir de nombreuses perspectives à l'utilisation de ces données. Voici donc quelques pistes pour améliorer la collecte des données :

- demander au répondant d'identifier le type de déficience : intellectuelle, psychique, motrice, visuelle, etc.;
- demander au répondant d'identifier l'aide à mobilité la plus utilisée au quotidien : Canne, déambulateur, fauteuil roulant manuel, etc.;
- demander au répondant si la personne en situation de handicap utilise le TA.

Les deux premières questions permettraient d'établir si les comportements de mobilité varient en fonction du type de déficience et de l'aide à mobilité. La troisième question permettrait de voir si le TA influence les comportements de mobilité au-delà de l'utilisation du TA. De plus, cela permettrait de cibler les usagers du TA et de comparer leur mobilité à celle des PSH qui n'utilisent pas le TA.

Une autre perspective de cette recherche serait d'évaluer d'autres indicateurs de mobilité pour les personnes avec et sans handicap. Voici une liste des indicateurs qui pourraient être intéressants :

- durée de déplacement par jour;
- distance parcourue par jour;
- ratio temps de déplacement / temps d'activité;
- ratio temps au domicile / temps hors domicile.

Les écarts identifiés pour ces indicateurs pourraient également être analysés avec un modèle de décomposition Oaxaca-Blinder, permettant d'identifier d'autres impacts des disparités entre les personnes avec et sans handicap.

Une dernière perspective pour cette recherche est en lien avec la répliquabilité de celle-ci. Les enquêtes OD sont de plus en plus répandues, et si elles comportaient toutes une question sur l'identification du handicap, il serait possible de déterminer s'il existe des écarts au niveau des comportements de mobilité entre les personnes avec et sans handicap. La comparaison des écarts permettrait peut-être de mieux identifier leurs sources; par exemple, ils sont peut-être moins grands dans des villes où le TC est entièrement accessible. De plus, l'utilisation du modèle de décomposition Oaxaca-Blinder dans le domaine du transport comporte plusieurs perspectives pour identifier la présence de disparités entre différents groupes, notamment entre les hommes et les femmes, les jeunes et les PA, les personnes immigrantes et les personnes non immigrantes, les personnes de villes différentes, etc.

Afin d'identifier les sources des disparités entre les personnes avec et sans handicap qui provoquent des écarts au niveau de la mobilité, il serait nécessaire de réaliser d'autres recherches. Une possibilité serait de demander aux répondants de l'enquête OD ayant répondu vivre une situation de handicap s'ils acceptaient d'être recontactés pour une enquête plus approfondie sur le sujet. Cela permettrait d'identifier les barrières et les facilitateurs à la mobilité pour chacun des modes de transport utilisés et de croiser ces résultats avec ceux de l'enquête OD, afin de cibler les sources des disparités dont la présence a été identifiée par le modèle Oaxaca-Blinder.

9.1.5 Persistance des impacts de la COVID-19 sur les comportements de mobilité des usagers du TA

Ce dernier article (CHAPITRE 8) visait à identifier et à quantifier les impacts de la pandémie de COVID-19 sur les comportements de mobilité des usagers du TA, notamment au niveau de la fréquence d'utilisation, de la loyauté et du ratio temps d'activité / temps de déplacement. De plus, cet article a permis d'initier la réflexion en lien avec la persistance de ces nouveaux comportements de mobilité grâce à une revue de la littérature.

Contributions

Le dernier article de cette thèse contribue à la société sur les aspects scientifiques, techniques et sociaux, c'est pourquoi il a été ajouté à cette thèse au cours du projet doctoral. Au niveau scientifique, il contribue à l'avancée des connaissances en lien avec les impacts de la pandémie sur le TA. À ce jour, très peu de recherches ont été faites sur le sujet puisque l'événement est récent; quatre analyses ont donc été réalisées,

dont une analyse catégorielle permettant de voir comment les caractéristiques des usagers influencent l'utilisation du TA pendant la pandémie. Ensuite, une analyse de fréquence d'utilisation à l'aide du diagramme de Sankey a été faite, et les courbes de Kaplan-Meier ont été utilisées pour analyser la loyauté des usagers durant la pandémie. Finalement, l'analyse de l'évolution des ratios temps d'activité / temps de déplacement a été faite. Aucune des analyses réalisées dans cette étude n'a été conçue dans le cadre de cette recherche, bien que leur utilisation dans le but de mesurer les impacts de la pandémie sur le TA contribue à l'avancement des connaissances, au même titre que la revue exhaustive de la littérature en lien avec les facteurs pouvant affecter la persistance des nouveaux comportements de mobilité post-COVID de l'ensemble de la population. Cette synthèse a été faite du point de vue de la mobilité des usagers du TA en apportant un regard nouveau sur les différents facteurs comme le télétravail, la perception du risque, les déménagements, etc. Finalement, cet article a permis de valoriser les données d'opération du service de TA de STM et celles des deux questions de l'enquête sur les perceptions et les habitudes de mobilité des usagers du TA de l'ARTM portant sur la COVID-19. Une des contributions intéressantes est la comparaison des réponses au sondage de l'ARTM avec les données réelles d'utilisation du TA.

Ce dernier article contribue à l'aspect technique de deux façons, d'abord en mettant à la disposition du service de TA de la STM des indicateurs en lien avec les comportements de mobilité de ses usagers (achalandage, fréquence de déplacement, loyauté, etc.) et la qualité du service (temps d'attente, temps de déplacement, temps d'embarquement/débarquement, etc.) pour les différentes phases de la pandémie (prépandémie, première année de la pandémie et deuxième année de la pandémie). Le suivi de ces indicateurs peut guider la prise de décision des opérateurs de transport; par exemple, en constatant que les usagers admis durant la pandémie sont plus loyaux et que la fréquence des déplacements a augmenté entre la première et deuxième année de la pandémie, la STM peut prévoir que la demande pour le TA reviendra à son niveau prépandémique prochainement et qu'elle sera probablement dépassée. Cet article contribue aussi à aider les services de TA à mieux se préparer en cas d'événements similaires à la pandémie de COVID-19. En effet, la recherche a permis de constater que les temps d'attente et le temps de déplacement ont diminué dans la pandémie, dû à une baisse d'achalandage et à la restriction des jumelages. Ainsi, les ressources nécessaires pour maintenir les services de TA étaient plus basses, dû à la diminution de la demande et parce que les déplacements qui ont été maintenus étaient moins longs en temps (mais pas en distance). Cette information permettra aux opérateurs de TA de mieux prévoir les ressources nécessaires à leur plan de contingence en cas d'événement similaire à la pandémie de COVID-19.

L'identification des impacts de la pandémie sur les usagers du TA permet de prévoir certains impacts sociaux comme l'isolement social des PSH dont témoigne la baisse d'achalandage du TA; si ces nouveaux comportements de mobilité venaient à persister, les impacts sociaux pourraient être majeurs pour les PSH.

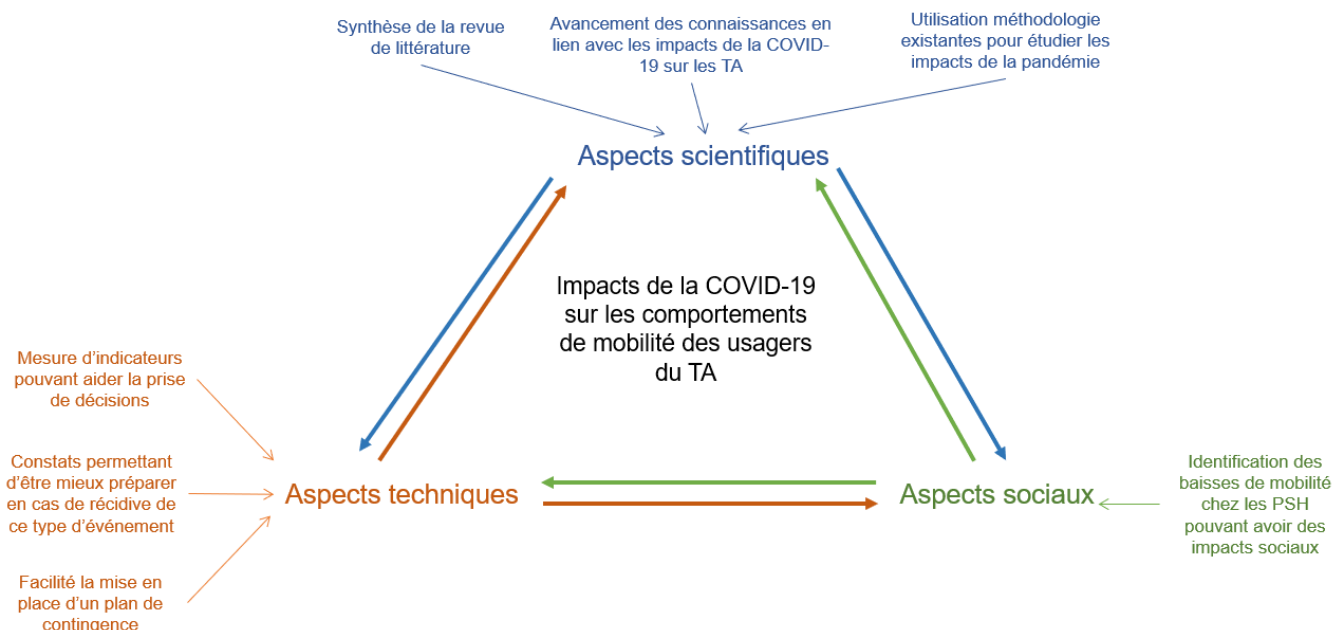


Figure 9-8: Synthèse des contributions scientifiques, techniques et sociales de l'article 5

Limites

Une des limites associées à cet article est liée aux données du TA de la STM; lors de la réservation d'un déplacement, la STM ne peut pas demander le motif du déplacement à l'utilisateur, car cela pourrait laisser croire que l'opérateur priorise les déplacements en fonction du motif. Cependant, le fait que celui-ci ne soit pas connu limite les analyses possibles, surtout en contexte pandémique où plusieurs personnes ont réduit leurs déplacements non essentiels. Un des moyens de contourner cette problématique est d'utiliser l'adresse pour déterminer le motif du déplacement; cependant, dans le cas du TA de la STM, l'inscription de l'adresse dans le système d'information n'est pas uniforme, ce qui complexifie grandement la tâche d'analyse. De plus, le type de lieu n'est pas nécessairement garant du motif. Par exemple, une personne se déplaçant à une pharmacie peut y faire du magasinage, y obtenir des soins (vaccination, consultation, etc.) ou y travailler.

Chacune des quatre analyses réalisées dans le cadre de l'article 5 comporte des limites, telles que présentées dans le Tableau 9-4.

Tableau 9-4: Limites des quatre analyses présentées dans l'article 5

Analyse	Limites	Explications
Analyse catégorielle	Analyse uniquement quantitative, aucune tendance n'a pu être identifiée.	Comme les variables à l'étude étaient corrélées entre elles, il n'était pas possible de faire une régression linéaire pour identifier les facteurs ayant un impact significatif sur la baisse du nombre de déplacements.
Fréquence d'utilisation	Uniquement quatre niveaux de fréquence d'utilisation.	Afin que le diagramme de Sankey demeure lisible, il était préférable d'avoir uniquement quatre niveaux de fréquence, bien que l'analyse aurait été plus détaillée avec plus de niveaux.
Courbe de survie	Aucune fin réelle de l'utilisation (ex. : désabonnement).	Comme il n'y a pas de désabonnement au TA de la STM, il est impossible de savoir si l'utilisateur a cessé d'utiliser le service de façon permanente ou temporaire. Ainsi, l'utilisation est considérée comme terminée lorsque l'utilisateur cesse de se déplacer pour une période de plus de trois mois.
Ratio temps d'activité / temps de déplacement	Uniquement les chaînes à deux déplacements avec un retour au point de départ sont considérées.	Comme se sont uniquement les données du TA qui sont disponibles, seulement les chaînes comportant un voyage aller et un voyage retour en TA ont été considérées. De plus, les chaînes complexes avec plus de deux déplacements étant rares, elles n'ont pas été considérées.

Enfin, une réflexion a été amorcée en lien avec la revue de littérature sur la persistance des nouveaux comportements de mobilité des usagers du TA. Cependant, il n'a pas été possible d'analyser spécifiquement la persistance de ces comportements, la pandémie associée à la COVID-19 étant encore trop récente.

Perspectives

Au niveau de la méthodologie, une des perspectives de cette étude serait de faire d'autres types d'analyses en lien avec les comportements de mobilité, mais aussi en lien avec la performance du service, telles que présentées au Tableau 9-5.

Tableau 9-5: Perspectives d'analyses additionnelles pour mesurer les impacts de la COVID-19 sur le TA

Catégorie	Analyse	Explication
Comportement de mobilité	Annulation tardive et absence non déclarée	Il s'agit d'un des phénomènes coûteux pour les services de TA. L'analyse permettrait d'évaluer si les usagers ont eu tendance à annuler davantage leurs déplacements ou à être absents sans le déclarer durant la pandémie.
	Heure de pointe	Certains services de TC régulier ont observé une modification des heures de pointe dans leurs services. Il serait intéressant de voir si cela est aussi le cas pour le TA. Cela pourrait permettre de mieux planifier les ressources à moyen terme.
	Localisation des déplacements	Il serait intéressant de voir si la localisation des déplacements a évolué durant la pandémie, et s'il y a une corrélation entre la localisation des usagers et la modification des comportements de mobilité (exemple : est-ce que les usagers résidant dans les quartiers centraux ont moins réduit leur utilisation du TA).
Performance du service	Coût par déplacement	Le coût par déplacement est l'un des indicateurs-clés pour les services de TA. Il est fort probable que le coût par déplacement ait augmenté dû à la restriction des jumelages et à la baisse d'achalandage, mais il serait intéressant de quantifier le phénomène.
	Ponctualité du service	La ponctualité des services de TA est souvent critiquée par les usagers. Il serait donc intéressant de voir si celle-ci s'est améliorée pendant la pandémie, bien que l'hypothèse soit positive puisque les tournées comportaient moins d'usagers, donc elles avaient moins d'opportunité d'accumuler du retard.

En plus des analyses additionnelles énoncées dans le Tableau 9-5, il serait pertinent de connaître l'opinion des usagers ainsi que des employés en lien avec les services de TA durant la pandémie. Il pourrait notamment être question de la satisfaction, de la sécurité, du stress et bien plus. De surcroît, il serait aussi essentiel de tenter d'expliquer les causes des modifications des comportements de mobilité, car bien qu'elles soient certainement associées à la pandémie, le service de TA de la STM était à ce moment l'une des alternatives les plus sécuritaires avec la restriction des jumelages, la désinfection des véhicules, le port du masque obligatoire et l'ajout de Plexiglas pour les chauffeurs. D'autres causes ont donc dû influencer les comportements des usagers du TA. Trouver ces réponses permettrait de développer des solutions pour que les usagers retrouvent leur mobilité grâce au TA ou à d'autres alternatives et permettrait d'offrir un service plus adapté dans l'éventualité d'une autre pandémie.

Une des perspectives de cette recherche est d'appliquer la méthodologie sur la troisième année de la pandémie, soit de mars 2022 à mars 2023, qui n'était pas incluse dans l'étude. Analyser les autres années subséquentes permettrait de constater l'évolution des comportements de mobilité des usagers du TA,

qu'ils soient changeants ou persistants. Cela serait d'autant plus intéressant pour l'analyse de survie, pour laquelle l'historique d'utilisation du TA par les usagers admis durant la pandémie était faible. La comparaison avec les services de TA d'autres villes serait aussi intéressante puisqu'elle permettrait de voir les impacts de différentes mesures mises en place par les services de TA au cours de la pandémie (restriction des jumelages, port du masque, ajout de Plexiglas, etc.) sur les comportements de mobilité des usagers.

Finalement, il serait aussi intéressant de voir comment les mesures sanitaires et les hausses des cas de COVID-19 ont concrètement affecté l'achalandage du TA, via une analyse similaire à celle que Deschaintres et al. (2022) ont faite pour le TC régulier de Montréal.

9.1.6 Synthèse

Il est possible d'établir plusieurs liens entre les articles qui composent cette thèse, d'abord au niveau des données utilisées pour réaliser les analyses. Ensuite, il y a des similarités au niveau des thématiques abordées comme le TA, les PSH, les comportements de mobilité, et bien plus. Du côté des méthodologies, chaque article repose sur des méthodes d'analyse différentes puisque chacun contribue différemment à l'avancement des connaissances. Finalement, des liens peuvent être faits au niveau des enjeux sur lesquels les articles agissent. La Figure 9-9 présente les liaisons entre les contributions de cette thèse.

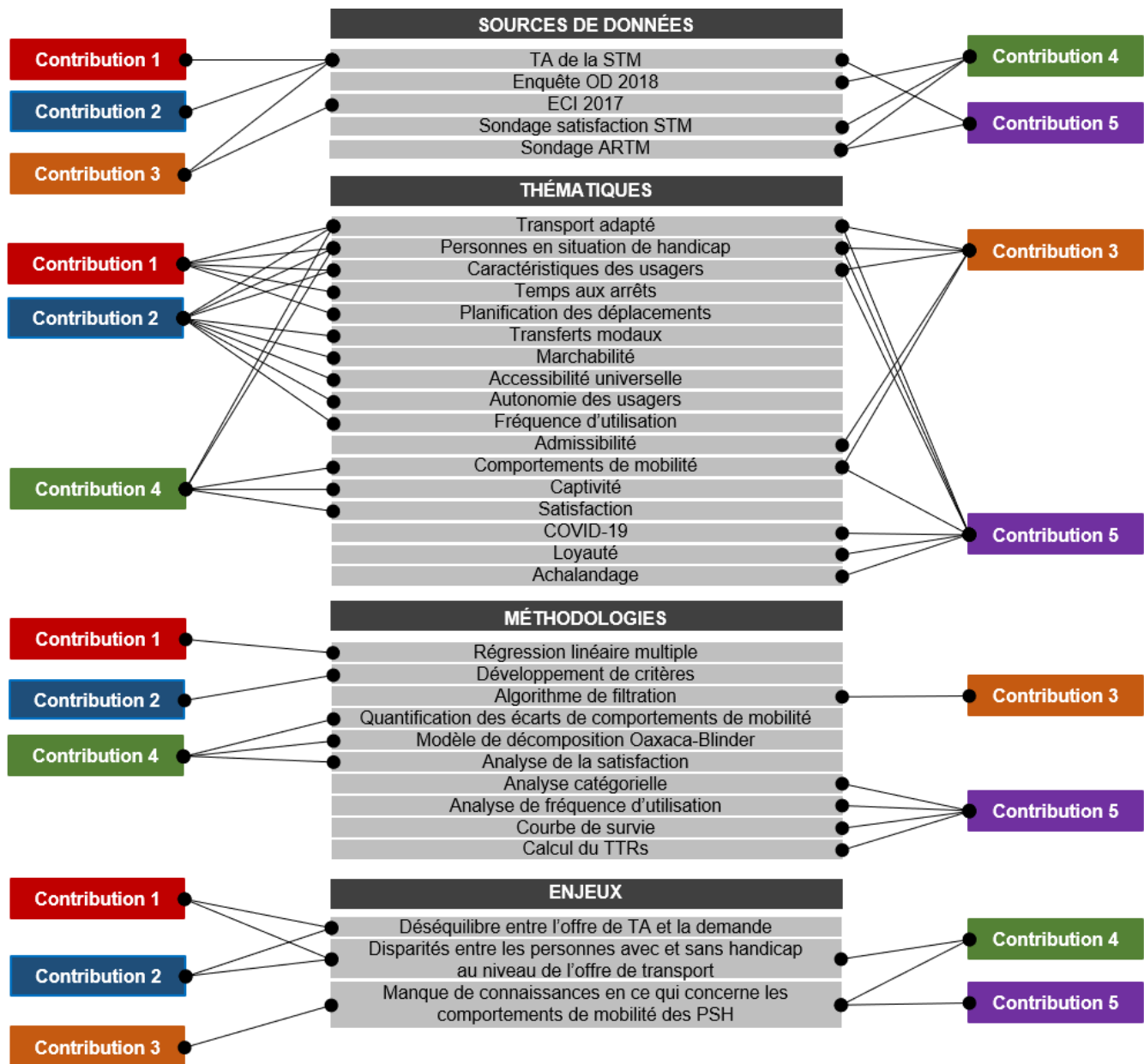


Figure 9-9: Schématisation des liens entre les contributions de la thèse

9.2 Futur du TA

La lecture de cette thèse amène une réflexion sur le futur du TA. Comment les comportements de mobilité des usagers du TA évolueront-ils? Est-ce que de nouvelles alternatives de transport adaptées aux besoins des PSH verront le jour? Le TA est-il voué à disparaître? Comment le TA évoluera-t-il dans les prochaines années? Cette section tentera de répondre à ces questions en posant des hypothèses basées sur la revue de littérature présentée et sur les résultats de la recherche réalisée dans le cadre de cette thèse.

9.2.1 Évolution des comportements de mobilité

La première hypothèse en lien avec l'évolution des comportements de mobilité des usagers du TA est associée au phénomène de vieillissement de la population. Les PA ont une fréquence de déplacements moins élevée que les usagers plus jeunes, mais elles ont de plus en plus tendance à s'inscrire au service, surtout lorsque des incitatifs (ex. : TC gratuit pour les PA) sont mis en place, comme c'est le cas à Montréal depuis juillet 2023. Ainsi, au courant des prochaines années, bien qu'on prévoie une diminution du nombre de déplacements par usager, le nombre total de déplacements offerts par les services de TA devrait augmenter dû à l'augmentation du nombre d'usagers actifs.

Cette hypothèse est faite en considérant une offre de mobilité stable pour les PSH; cependant, si de nouvelles alternatives voient le jour ou si certaines alternatives existantes deviennent plus accessibles, il y a fort à parier qu'un transfert modal du TA vers d'autres modes s'effectuera. Celui-ci serait favorisé si ces nouvelles alternatives offraient des avantages par rapport au TA, comme plus de flexibilité, plus de ponctualité, plus d'efficacité, etc.

Il est toutefois difficile de faire plus d'hypothèses en lien avec les comportements de mobilité futurs des usagers du TA dû à la pandémie de COVID-19; cet événement est venu bouleverser les habitudes de mobilité de tous, et même si la pandémie semble derrière nous, les impacts se font encore ressentir, notamment chez les PSH. Assisterons-nous à un retour à la « normale »? De plus, il est fort probable que d'autres événements de ce type se produisent dans le futur, ce qui impactera à nouveau les comportements de mobilité des usagers du TC. Ainsi, plusieurs questionnements restent en suspens.

9.2.2 Ajout de nouvelles alternatives

Dans un monde idéal, de nouvelles alternatives de mobilité adaptées aux besoins des PSH verraient le jour pour améliorer l'offre de mobilité des villes et ainsi favoriser la participation sociale et l'accès aux

opportunités de l'ensemble des citoyens. Avec la prise de conscience en lien avec la perspective sociale du handicap, les sociétés de transport accordent de plus en plus d'importance à l'AU, et cela devrait se refléter par l'amélioration de l'accessibilité des alternatives de transport déjà existantes, s'ajoutant à celles qui verront le jour dans le futur, dont les services de TC régulier, qui devraient devenir de plus en plus accessibles aux PSH.

Le travail le plus important à faire au niveau de l'AU concerne toutefois les infrastructures piétonnes. La distinction du TA des autres modes de TC est qu'il embarque l'usager à sa porte et que celui-ci bénéficie de l'aide du chauffeur pour parcourir la distance jusqu'au véhicule; cela permet de surmonter la majorité des obstacles présents dans le réseau piétonnier. Pour que les PSH soient en mesure d'utiliser d'autres alternatives de transport telles que le TC régulier, il faut qu'elles soient en mesure d'atteindre ces alternatives, d'où la pertinence pour les villes d'accorder une attention particulière à l'élimination des barrières à la marche et à la mise en place de facilitateurs pour les PSH.

Finalement, on devrait voir dans les prochaines années l'ajout de nouvelles alternatives au TA dans plusieurs villes, dont des navettes d'accès au réseau régulier, du transport à la demande, des services de taxis collectifs, des programmes de covoiturage subventionnés, etc. En effet, les villes et les services de TC ont avantage à investir dans ce type d'alternatives pour réduire les coûts associés au TA et favoriser la participation sociale des PSH.

9.2.3 Extinction des services de TA

Malgré l'ajout potentiel de nouvelles alternatives dans le futur, les services de TA devraient demeurer, l'objectif n'étant pas d'éliminer les services de TA, mais plutôt de diminuer leur surcharge pour être en mesure de répondre adéquatement à la demande. Ainsi, l'ajout d'alternatives devrait faire diminuer la demande pour les services de TA, mais les usagers continueront de compter sur le TA pour faire certains déplacements. Même si les services de TC régulier et le réseau piétonnier visent l'accessibilité universelle, ce concept est utopique et certaines personnes continueront de rencontrer des barrières à l'utilisation de certains modes de transport. Par exemple, une personne avec un DI sévère ne sera jamais en mesure d'utiliser le réseau régulier seule, à moins d'être accompagnée en tout temps. Ainsi, l'ajout d'ascenseurs dans les stations de métro n'est pas une intervention suffisante pour permettre à tous d'utiliser le métro; ces personnes continueront d'utiliser le TA lorsqu'elles ne pourront pas être accompagnées pour un déplacement. Les services de TA seront donc menacés lorsque l'ensemble des principes d'accessibilité

seront respectés par suffisamment d'alternatives de transport pour répondre aux besoins des PSH, ce qui est loin d'arriver. Néanmoins, les services de TA doivent continuer d'évoluer pour mieux répondre aux besoins de leurs usagers et réduire les coûts associés à leurs services.

9.2.4 Évolution des services de TA

Les services de TA devront se renouveler pour être en mesure d'offrir une alternative de transport qui reste équivalente à l'offre de TC régulier, puisque les PSH doivent pouvoir bénéficier du même service de mobilité que la population générale. Les aspects qui devront impérativement être améliorés sont la diminution du délai de réservation et l'amélioration de la ponctualité du service; l'idéal serait que le TA puisse être réservé 15 à 30 minutes à l'avance, mais cela réduit grandement la possibilité de faire des jumelages entre les usagers pour minimiser les coûts d'opération. Des études et des projets pilotes seront nécessaires pour évaluer la faisabilité de ce changement. Au niveau de la ponctualité, la priorité est de mettre en place une application qui permette aux usagers de visualiser la position du véhicule, leur permettant ainsi de se préparer à temps pour l'arrivée du véhicule, ce qui diminuerait les temps d'embarquement. D'autres stratégies peuvent également être mises en place pour améliorer la ponctualité : analyser les données d'opération pour ajuster les temps de déplacement et les temps aux arrêts, conscientiser les chauffeurs et les usagers à la ponctualité, mieux identifier les lieux d'embarquement du TA dans les lieux publics, mettre en place des notifications d'arrivée imminente, etc.

Avec l'ajout d'alternatives au TA, les critères d'admission au TA seront peut-être revus pour continuer d'offrir le service uniquement aux usagers qui ne seront pas en mesure d'utiliser ces alternatives. Il est toutefois plus probable que les services de TA se dirigent vers l'admission de type déplacement par déplacement, qui est plus polyvalente, car elle permet de prendre en considération les contextes limitant l'utilisation du TC régulier par les PSH, comme une météo défavorable ou encore des chantiers de construction.

CHAPITRE 10 CONCLUSION

La conclusion vise à présenter les contributions, les limites et les perspectives globales de la thèse, contrairement à la discussion qui a permis d'aborder ces aspects en profondeur pour chacun des articles.

10.1 Contribution de la thèse

Cette section vise à documenter la contribution globale de cette thèse en regard aux aspects scientifiques, techniques et sociaux associés au TA.

10.1.1 Aspects scientifiques

Comme identifié dans la revue de littérature présentée dans le CHAPITRE 2, la majorité des recherches en lien avec le TA sont réalisées aux États-Unis depuis l'avènement de l'ADA en 1990. Bien que le contexte de ces recherches soit similaire à celui du Canada (Québec), quelques nuances demeurent; en effet, la réglementation et les lois au Québec et au Canada en lien avec les droits des PSH diffèrent de celles des États-Unis ce qui a un impact important sur le TA, notamment en lien avec l'admissibilité des usagers, les modalités du service (horaire, territoire, tarif, etc.) et l'AU des infrastructures de TC. La majorité des recherches provenant des États-Unis sont réalisées à partir de données opérationnelles ou de sondages obtenus ou réalisés dans des villes ayant des hivers avec peu ou pas de neige et sans températures extrêmes. Au Québec, les conditions climatiques variables et parfois extrêmes ont des impacts importants sur la demande et les opérations du TA. Les contributions de ce projet ayant été réalisées avec des données provenant du Québec et plus précisément de Montréal, elles ont permis l'avancement des connaissances en lien avec le TA dans sa globalité, dont son contexte hivernal.

Une autre contribution scientifique de cette thèse provient de la revue de littérature présentée dans le CHAPITRE 2. Celle-ci permet de faire une synthèse approfondie en lien avec le TA et la mobilité des PSH en couvrant neuf grandes thématiques. De plus, les tableaux synthèses présentés dans l'ANNEXE A permettent de regrouper l'ensemble des références incluses dans la revue de littérature et donnent des détails sur les objectifs et méthodes. Cela permet de faciliter le transfert de connaissances et rend la thèse plus accessible.

Ce projet de recherche doctoral permet aussi l'avancement des connaissances au niveau du développement de nouvelles méthodes permettant d'améliorer les services de TA ou de mieux comprendre les comportements de mobilité des usagers :

- Méthode pour l'ajustement des temps aux arrêts pour les services de TA (contribution 1);
- Méthode pour prioriser les déplacements du TA transférables dans le réseau régulier (contribution 2);
- Méthode (algorithme) pour estimer la proportion de la population admissible au TA (contribution 3).

Ces trois méthodes ont été entièrement développées durant la thèse de doctorat et sont des innovations dans le domaine du TA. De surcroît, dans le cadre de cette thèse, l'avancement des connaissances a aussi été possible grâce à l'application des certains modèles et méthodologies du domaine du transport:

- Régression linéaire multiple (contribution 1);
- Matrice de la distance du plus proche voisin (contribution 2);
- Algorithme de filtrage (contribution 3);
- Modèle de décomposition Oaxaca-Blinder (contribution 4);
- Analyse catégorielle (contribution 5);
- Modèle de survie (contribution 5);
- Ratio temps d'activité / temps de déplacement (TTR) (contribution 5).

Ainsi, les modèles et les méthodologies listés ci-dessus n'ont pas été développés dans le cadre de cette thèse, mais leur utilisation dans le domaine du TA constitue une innovation. De plus, la contribution 5, qui est un ajout sur le plan initial de cette thèse dû au contexte pandémique, a permis l'avancement des connaissances en lien avec les impacts de la pandémie de COVID-19 sur les comportements de mobilité des usagers du TA.

Finalement, l'avancement des connaissances dans le domaine du TA a également été possible grâce à la diffusion des résultats de recherche via la publication d'articles et de présentations lors de congrès et de colloques. Le

Tableau 10-1 fait une synthèse des articles publiés dans le cadre de la thèse. L'ensemble des articles ont été soumis à une révision par les pairs et des itérations de modifications et d'améliorations ont été faites avant la publication. De plus, le Tableau 10-2 présente l'ensemble des présentations faites en lien avec la thèse de doctorat, par conférences et par affiches. Seulement certaines présentations ont été soumises à un

comité des révisions. À noter que Martin Trépanier et Catherine Morency ont participé et sont coauteurs de l'ensemble des publications et des présentations effectuées dans le cadre de cette thèse.

Tableau 10-1: Synthèse des publications réalisées dans le cadre de la thèse de doctorat

Contribution	Titre	Revue	Statut
1	Adjusting dwell time for paratransit services	Transportation research record	Publié
2	Criteria to prioritize opportunities to shift paratransit trips to regular transit network—Montreal case study	Journal of Transport & Health	Publié
3	An algorithm based on the Canadian survey on disability to propose paratransit eligibility of the Quebec's population	Journal of Transport & Health	Publié
4	Analyzing Mobility Gaps Between People with and without Disabilities using Oaxaca-Blinder Decomposition Method	Research in Transportation Business & Management	Soumis et en révision par les paires
5	Persistent Impact of COVID-19 Pandemic on mobility behaviour of paratransit users, Montreal Case Study	Journal of Transport & Health	Soumis et en révision par les paires

Tableau 10-2: Synthèse des présentations réalisées dans le cadre de la thèse de doctorat

Événement	Date	Sujet	Comité de sélection	Lieu	Format
ACFAS	Mai 2023	Contribution 5	Non (invité)	Montréal	Conférence
Congrès de l'Association québécoise des transports	Mars 2023	Contribution 5	Oui	Québec	Conférence
Colloque de l'ATUQ	Octobre 2023	Contribution 1 et 2	Non (invité)	Saguenay	Conférence
TRANSED: Mobility, Accessibility & Demand Response Transportation Conference	Septembre 2022	Contribution 2	Oui	Seattle (virtuel)	Conférence
Congrès de l'Association québécoise des transports	Juin 2022	Contribution 2	Oui	Laval	Conférence
Rencontres Francophones Transport Mobilité	Juin 2022	Contribution 4	Oui	Luxembourg	Conférence
International Conference on Transport & Health	Juin 2022	Contribution 4	Oui	Montréal	Conférence
Colloque annuel de la chaire Mobilité	Mai 2022	Contribution 3	Non	Montréal	Affiche

Événement	Date	Sujet	Comité de sélection	Lieu	Format
Colloque annuel de la chaire Mobilité	Juin 2021	Contribution 2	Non	Montréal (virtuel)	Affiche

Tableau 10-2: Synthèse des présentations réalisées dans la cadre de la thèse de doctorat (suite et fin)

Événement	Date	Sujet	Comité de sélection	Lieu	Format
Rencontres Francophones Transport Mobilité	Juin 2021	Avancement de la recherche	Oui	Marne-la-Vallée (virtuel)	Conférence
Transportation Research Board	Janvier 2021	Contribution 2	Oui	Washington (virtuel)	Affiche
Canadian Transport Research Forum	Juillet 2020	Avancement de la recherche	Oui	Virtuel	Conférence
Colloque annuel de la chaire Mobilité	Juin 2020	Plan du projet de recherche	Non	Montréal	Affiche
Women in Data Science Saguenay	Février 2020	Valorisation des données du TA	Oui	Saguenay	Affiche
Transportation Research Board	Janvier 2020	Contribution 1	Oui	Washington	Présentation
Colloque annuel de la Chaire Mobilité	Juin 2019	Plan du projet de recherche	Non	Montréal	Affiche

Dans le cadre de cette recherche, aucune collecte de données n'a été réalisée, bien que des données opérationnelles et d'enquête aient été valorisées. Avant la réalisation de cette thèse, l'utilisation des données du TA de la STM dans le but de faire de la recherche scientifique avait uniquement été faite par Desharnais et Chapleau (Desharnais & Chapleau, 2010, 2013). Le fait de documenter l'analyse des données (nettoyage des données, analyses quantitatives, application de modèles statistiques, etc.) de services de TA contribue à la valorisation des données de services de TA partout à travers le monde.

De plus, la valorisation de données d'enquête est essentielle pour que celles-ci continuent d'être réalisées dans le futur. Ainsi, il s'agit d'un cercle perpétuel; les enquêtes permettent de faire de la recherche et la recherche justifie le fait de faire des enquêtes. Les données de quatre enquêtes ont été utilisées pour cette thèse :

- L'enquête canadienne sur l'incapacité 2017 de Statistique Canada (contribution 3)
- L'enquête Origine-destination 2018 de l'ARTM pour la ville de Montréal (Contribution 4)

- L'enquête sur les perceptions et habitudes de mobilité des usagers du transport adapté de l'ARTM pour la ville de Montréal (Contribution 4 et 5)
- Sondage de satisfaction de la STM (Contribution 4)

La valorisation des données permet aussi de se familiariser avec les collectes de données afin de pouvoir faire des recommandations pour que cette collecte soit plus utile à la recherche.

10.1.2 Aspects techniques

Le fait que le projet de recherche soit réalisé en partenariat avec une partenaire industriel apporte une perspective plus technique au projet de recherche; il s'agit d'une des façons de faire le pont entre cette perspective et l'aspect scientifique. Ainsi, le développement d'outils, de méthodes et de modèles a permis de contribuer directement au service de TA, d'abord en implantant certaines solutions directement au sein du service de TA qui ont eu des retombées au niveau de la qualité et de la performance du service. De plus, ce projet de recherche a permis à la STM de mieux comprendre certains aspects associés aux comportements de mobilité des PSH, ce qui leur permettra à terme d'offrir un service mieux adapté à leurs besoins.

De plus, certaines présentations listées dans le Tableau 10-2 ont permis de présenter les avancements du projet de recherche à d'autres services de TA du Québec, mais aussi à travers le monde. Ces présentations ont suscité de l'intérêt chez certains services de TA, menant parfois à des rencontres pour approfondir certains sujets. Cela a permis notamment d'enrichir la thèse et de faire bénéficier d'autres services de TA des résultats de la recherche.

10.1.3 Aspects sociaux

La contribution au niveau social de cette thèse est indirecte. En effet, le fait de faire de la recherche visant à améliorer la mobilité des personnes handicapées contribue à l'inclusion sociale et à l'accès aux opportunités. Afin de s'assurer de la contribution de cette thèse au point de vue social, un souci de faire la liaison entre la recherche et les impacts sociaux a été apporté à chacune des contributions, principalement dans la portion de discussion des articles. L'utilisation de données d'enquête a aussi permis d'apporter un côté qualitatif à la donnée d'opération du transport adapté de la STM permettant d'expliquer certains résultats, mais aussi de tenter de prévoir certains impacts potentiels de la recherche.

10.1.4 Synthèse

En somme, au départ du projet de recherche, il était essentiel que les retombées soient au-delà de l'aspect scientifique et que la thèse contribue à concrètement améliorer la mobilité des personnes en situation de handicap. C'est pourquoi la thèse contribue non seulement à l'aspect scientifique, mais aussi à l'aspect technique et social (voir Tableau 10-3).

Tableau 10-3: Synthèse des contributions scientifique, technique et sociale du projet de recherche

Aspect	Contributions
Scientifique	Avancement des connaissances - TA au Canada (Québec, Montréal) - TA en contexte hivernal - Développement de nouvelle méthodologie - Application de modèles au domaine du transport adapté - COVID-19 et transport adapté
	Diffusion des connaissances par les biais de la publication et des présentations
Technique	Valorisation des données - Données du transport adapté de la STM - Donnée de l'ECI 2017 de Statistique Canada - Données de l'enquête OD 2018 de l'ARTM - Donnée de l'enquête sur les perceptions et habitudes de mobilité des usagers du TA de l'ARTM
	- Implantation au sein de la STM - Meilleure compréhension des comportements de mobilité des usagers - Partage avec d'autres services de transport adapté - Amélioration de la performance et de la qualité des services de TA
Social	- Retombées indirectes sur l'inclusion sociale et l'accès aux opportunités - Réflexion sur les impacts sociaux des innovations en TA

Tableau 10-3: Synthèse des contributions scientifique, technique et sociale du projet de recherche (suite et fin)

Aspect	Contributions
	- Utilisation de données d'enquête pour compléter les données opérationnelles

En somme, cette thèse démontre que les sciences de l'ingénierie permettent de développer des méthodologies qui, lorsque mises en application, ont le potentiel d'améliorer le TA en termes de qualité, de capacité, et de coût d'opération. De plus, l'ingénierie permet aussi de mieux comprendre les comportements de mobilité des PSH pour éventuellement mieux répondre à leurs besoins.

10.2 Limites de la thèse

Le chapitre 9 a permis de définir les limites de chacune des contributions de cette thèse. En revanche, il est possible d'établir les limites associées à la globalité de la thèse, notamment, en lien avec les déserts de connaissances identifiés dans la synthèse de la revue de littérature (sous-section 1.1.1).

10.2.1 Considération des personnes ayant des déficiences intellectuelles

Comme mentionné dans la synthèse de la revue de littérature, il y a moins de recherches en transport qui considèrent les personnes avec une déficience intellectuelle. Bien que cette thèse ne fasse pas abstraction des personnes avec ce type de handicap, elle n'a pas permis de faire de grandes avancées en lien avec ce sujet. En effet, l'article 2 comporte un critère en lien avec l'autonomie des usagers, mais il peut s'avérer réducteur pour les personnes avec une déficience intellectuelle ou psychique, puisque le critère considère automatiquement l'ensemble de ces usagers comme non autonomes. L'algorithme de l'article 3 comporte des filtres en lien avec les troubles du développement et les déficiences psychiques pour être en mesure d'identifier les répondants qui sont potentiellement admissibles au TA en vertu d'une DI ou déficience psychique. L'analyse catégorielle de l'article 5 classe les usagers en quatre catégories de types de déficience : mentale, motrice, organique ou visuelle. Ainsi, la DI est abordée, mais aucune innovation ou analyse spécifique n'a pu être réalisée. L'une des causes expliquant cela est la collecte de données. Effectivement, l'enquête OD de 2018 ne permettait pas d'identifier le type de handicap, alors que le sondage de l'ARTM a pour sa part collecté des données auprès des personnes avec des DI, mais le nombre de répondants n'était pas suffisant pour être représentatif, donc les données n'ont pu être utilisées. De plus, au niveau de la STM, les personnes ayant un TSA et les personnes ayant la maladie d'Alzheimer sont classifiées dans la catégorie des déficiences psychiques, bien que ces deux types d'usagers aient des

comportements de mobilité bien différents. Ainsi, lorsque les analyses sont réalisées, il est difficile de constater un lien avec ce type de déficience.

10.2.2 Portrait incomplet de la mobilité des usagers du TA et des PSH

Une autre limite de la thèse est liée au fait que le portrait de la mobilité des usagers du TA et des PSH en général est incomplet. En effet, les données du TA permettent de bien analyser les comportements de mobilité des usagers en ce qui concerne le TA, mais il demeure difficile de connaître les comportements de mobilité pour les autres modes. Deux sources de données utilisées dans le cadre de cette thèse ont permis l'étude de l'utilisation du TA, soit l'enquête OD de 2018 et le sondage de l'ARTM sur les perceptions et les habitudes de mobilité des usagers du TA, mais aucune source de données utilisée ne collecte de données sur l'utilisation du TA privé; ainsi, ce désert de connaissances subsiste.

10.2.3 Peu de contacts avec les usagers du TA

Bien que cette thèse soit réalisée avec la contribution de la STM, très peu de contacts ont été faits avec les usagers du TA de la STM. Des observations terrain ont pu être faites à une occasion grâce à une journée à bord d'un minibus du TA; cela a permis de rendre concrets plusieurs éléments du TA : l'espace dans les véhicules, les embarquements et débarquements, les types de raccompagnement et bien plus. En revanche, l'aspect plus scientifique de cette thèse n'aura pas permis l'intégration de l'opinion des usagers, et les résultats de la recherche n'ont pu être présentés aux usagers, bien que l'autrice ait le désir de présenter un résumé de sa thèse à un comité formé d'usagers du TA.

10.2.4 Peu de vulgarisation auprès du grand public

Les contributions de cette thèse ont majoritairement été présentées dans des événements à caractère scientifique (congrès, conférences, colloques, etc.). Néanmoins, certains événements regroupaient sous un même toit des chercheurs, des sociétés de transport et des personnes issues du domaine politique. De plus, deux événements grand public ont permis de présenter certains résultats de recherche, soit le concours « Ma thèse en 180 secondes » et l'ACFAS 2023. En revanche, les articles ont tous été publiés dans des journaux pour lesquels un abonnement est nécessaire. Ainsi, ceux-ci ne sont pas accessibles au grand public, ce qui constitue une limite au projet de recherche.

10.3 Perspectives de la thèse

Cette section vise à aborder les perspectives de la thèse dans sa globalité. En effet, certains choix ont dû être faits, et certains objets de recherche n'ont pu être étudiés, faute de temps. Il sera donc question de sujets qui découlent de cette thèse, mais qui n'ont pas pu être abordés; cela permettra peut-être à un futur chercheur de reprendre ce sujet passionnant pour l'amener un peu plus loin.

10.3.1 Étudier les temps d'approche

Comme mentionné dans les limites du premier article (voir section 9.1.1), il existe un troisième type de temps à considérer pour planifier adéquatement les déplacements du TA, qui sont actuellement calculés selon le temps de déplacement et les temps à l'arrêt. Bien que la revue de littérature n'ait révélé aucune recherche en lien avec le temps d'approche, celui-ci joue un rôle important dans la planification puisqu'il permet de considérer la distance à parcourir dans le stationnement d'un lieu public ou encore l'attente pour avoir accès à la place de stationnement la plus proche de la destination. Dans certains cas, les services de TA incluent le temps d'approche dans le temps à l'arrêt. Cela les oblige à paramétrer les deux types de temps selon les mêmes facteurs pour la planification des déplacements. Cependant, le nombre d'usagers à bord du véhicule ou encore le type d'aide à la mobilité utilisé n'influence probablement pas le temps d'approche tandis que cela influence grandement le temps à l'arrêt. Il serait donc intéressant de faire une analyse similaire à celle des temps aux arrêts, mais dans le but d'identifier les facteurs qui influencent le temps d'approche, pour ultimement mieux planifier les déplacements en TA. Cependant, il sera nécessaire d'obtenir les données sur les temps d'approche grâce à un algorithme qui déterminera à quel moment se situent la fin du temps de déplacement et le début du temps à l'arrêt. L'analyse de ces données représente un grand défi, car elles risquent d'être encore plus variables que les temps aux arrêts, et fort probablement trop spécifiques à chacune des destinations.

10.3.2 Prévoir la demande en contexte postpandémique

Plusieurs chercheurs ont déjà développé des modèles de prévision de la demande pour les services de TA (Benjamin et al., 1998; Chandakas, 2020; Goodwill & Joslin, 2013; Koffman & Lewis, 1997; Menninger-Mayeda et al., 2004; Shen & Kuo, 2015). Cependant aucun de ceux-ci ne pouvait prévoir la pandémie associée à la COVID-19. Ainsi, il est maintenant temps de développer un modèle de prévision de la demande qui permettra de considérer les répercussions de la pandémie et donc de répondre plus

adéquatement aux besoins actuels des PSH. Ce type de modèle permettra de mieux prévoir les ressources nécessaires et permettra de valider la nécessité de mettre en place des alternatives au TA.

10.3.3 Étudier les délais de réservation

L'un des enjeux les plus importants pour les usagers des services de TA est le délai de réservation, soit le délai minimal requis avant le déplacement pour faire une réservation. Généralement, les usagers doivent réserver leur déplacement la veille pour que les opérateurs puissent préparer les tournées de leurs véhicules; cependant, cela affecte grandement la flexibilité du service puisque les usagers doivent prévoir à l'avance l'ensemble des déplacements qu'ils souhaitent effectuer, ce qui n'est pas toujours réaliste. Ainsi, l'idéal serait de réduire ce délai de réservation au minimum. Certains services de transport à la demande sont en mesure d'offrir un délai de réservation de moins de 30 minutes, mais ceux-ci opèrent souvent dans de petites zones et les usagers n'ont pas de handicap. De plus, la réservation tardive rend impossible la planification des tournées à l'avance; le service devrait donc davantage s'opérer comme un service de taxi collectif et tenter de faire des jumelages en temps réel, lorsque possible. Il serait donc intéressant de simuler ce mode de fonctionnement pour un service de TA et de le comparer avec le mode actuel pour déterminer l'impact sur le coût par déplacement. Cela permettrait soit d'encourager la transition vers cette réservation le jour même, ou bien justifierait l'utilisation de la réservation la veille.

10.3.4 Faire la liaison entre les innovations scientifiques et techniques et les impacts sociaux

Comme l'une des limites de cette thèse est associée au manque de contact avec les usagers du TA, il sera essentiel que de futures recherches s'intéressent à ceux-ci. Cela permettra de s'assurer que les innovations scientifiques et techniques dans le domaine du TA aient des retombées sociales positives. Pour ce faire, il faudra faire des enquêtes qualitatives, des entrevues ou des groupes de discussion avec les usagers du TA, mais aussi avec les PSH qui n'utilisent pas le TA afin de récolter leurs points de vue. Une autre perspective serait la collaboration entre les chercheurs issus des sciences pures et des chercheurs issus des sciences sociales. Cela permettrait une certaine transversalité des connaissances, qui serait bénéfique pour les services de TA, autant du côté des usagers que du côté des opérateurs.

Ultimement, cette thèse aura permis de faire avancer les connaissances dans le domaine du transport adapté et de la mobilité des personnes en situation de handicap. Il ne reste qu'à espérer que ces avancées

seraient mises en place en contexte réel et que d'autres se joindraient à cette thèse afin de faire avancer les choses.

BIBLIOGRAPHIE

- Agneessens, P. (2023). *Le rôle des infrastructures dans l'expérience client de transport collectif – Critères de succès* 57e Congrès de l'AQTr | Cap sur le changement : Nouvelles réalités en transports, Québec <https://aqtr.com/association/evenements/57e-congres-laqtr-cap-changement-nouvelles-realites-transports/role-infrastructures-lexperience-client-transport-collectif-criteres-succes>
- Ahmed, I. U., Banik, R., Hasnat, M., Hadiuzzaman, M., Qiu, T. Z., & Rahman, F. (2017). *Probabilistic Neural Network and Adaptive Neuro Fuzzy Inference System Based Paratransit Service Quality Prediction and Attribute Ranking*.
- Aldaihani, M., & Dessouky, M. M. (2003, 2003/06/01/). Hybrid scheduling methods for paratransit operations. *Computers & Industrial Engineering*, 45(1), 75-96. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0360-8352\(03\)00032-9](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0360-8352(03)00032-9)
- Allena-Ozolina, S., Pakere, I., Jaunzems, D., Freimanis, R., Blumberga, A., & Bazbauers, G. (2022). Passenger Transport Shift to Green Mobility—Assessment Using TIMES Model. *Environmental and Climate Technologies*, 26(1), 341-356.
- Alves, F., Cruz, S., Ribeiro, A., Bastos Silva, A., Martins, J., & Cunha, I. (2020). Walkability index for elderly health: a proposal. *Sustainability*, 12(18), 7360.
- Anwar, A. H. M. M., & Yang, J. (2017, 2017/01/01/). Examining the Effects of Transport Policy on Modal Shift from Private Car to Public Bus. *Procedia engineering*, 180, 1413-1422. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.304>

- Arhin, S., Noel, E., Anderson, M. F., Williams, L., Ribisso, A., & Stinson, R. (2016). Optimization of transit total bus stop time models. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 3(2), 146-153.
- Arrow, J. O. (1996). Estimating the influence of health as a risk factor on unemployment: a survival analysis of employment durations for workers surveyed in the German Socio-Economic Panel (1984–1990). *Social Science & Medicine*, 42(12), 1651-1659.
- ARTM. (2018). *Enquête Origine-Destination*. <https://www.artm.quebec/planification/enqueteod/>
- ARTM. (2020). *Perceptions et habitudes de mobilité des usagers du transport adapté*.
- ARTM. (2022a). *COVID-19 et transport collectif*. <https://www.artm.quebec/covid-19-et-transport-collectif/>
- ARTM. (2022b). *COVID-19 et transport collectif*. Retrieved 2022-10-26 from <https://www.artm.quebec/covid-19-et-transport-collectif/>
- Ashour, L. A., Dannenberg, A. L., Shen, Q., Fang, X., & Wang, Y. (2021). Paratransit services for people with disabilities in the Seattle region during the COVID-19 pandemic: Lessons for recovery planning. *Journal of Transport & Health*, 22, 101115.
- Ashour, L. A., & Shen, Q. (2022, 2022/09/01/). Incorporating ride-sourcing services into paratransit for people with disabilities: Opportunities and barriers. *Transport Policy*, 126, 355-363. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2022.08.005>

- Assemblée Nationale du Québec. (2019). *Projet de loi 17 : Loi concernant le transport rémunéré de personnes par automobile*.
<http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=5&file=2022C3F.PDF>
- Assi, L., Deal, J. A., Samuel, L., Reed, N. S., Ehrlich, J. R., & Swenor, B. K. (2022, Jul). Access to food and health care during the COVID-19 pandemic by disability status in the United States. *Disability Health J*, 15(3), 101271. <https://doi.org/10.1016/j.dhjo.2022.101271>
- Badr, H. S., Du, H., Marshall, M., Dong, E., Squire, M. M., & Gardner, L. M. (2020, 2020/11/01/). Association between mobility patterns and COVID-19 transmission in the USA: a mathematical modelling study. *The Lancet Infectious Diseases*, 20(11), 1247-1254. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(20\)30553-3](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1473-3099(20)30553-3)
- Bain, V.-M. (2022). Victime de son succès, Communauto aux prises avec un manque de véhicules. *La Presse*. <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1888635/services-autopartage-victimes-succes-communauto>
- Balfour, J. L., & Kaplan, G. A. (2002). Neighborhood Environment and Loss of Physical Function in Older Adults: Evidence from the Alameda County Study. *American Journal of Epidemiology*, 155(6), 507-515. <https://doi.org/10.1093/aje/155.6.507>
- Banister, D., & Bowling, A. (2004, 2004/04/01/). Quality of life for the elderly: the transport dimension. *Transport Policy*, 11(2), 105-115. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0967-070X\(03\)00052-0](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0967-070X(03)00052-0)
- Bascom, G. W., & Christensen, K. M. (2017). The impacts of limited transportation access on persons with disabilities' social participation. *Journal of Transport & Health*, 7, 227-234.

- Battista, G. A., & Manaugh, K. (2019). Examining social inclusion among pedestrian plans in Canada. *The Canadian Geographer/Le Géographe canadien*, 63(4), 663-675.
- Batty, P., Palacin, R., & González-Gil, A. (2015, 2015/05/01/). Challenges and opportunities in developing urban modal shift. *Travel Behaviour and Society*, 2(2), 109-123. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tbs.2014.12.001>
- Bauer, T., Göhlmann, S., & Sinning, M. (2007). Gender differences in smoking behavior. *Health Economics*, 16(9), 895-909.
- Beane, T., & Ennis, D. (1989). La segmentation des marchés: une revue de la littérature. *Recherche et Applications en Marketing (French Edition)*, 4(3), 25-52.
- Beaudet, M., Ravensbergen, L., DeWeese, J., Beaubien-Souligny, W., Nadeau-Fredette, A.-C., Rios, N., Caron, M.-L., Suri, R. S., & El-Geneidy, A. (2022, 2022/03/01/). Accessing hemodialysis clinics during the COVID-19 pandemic. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 13, 100533. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trip.2021.100533>
- Beaulieu, M., & Genesse, J. C. (2022). COVID-19 en hébergement au Québec. *Gerontologie et societe*, 1b-11b.
- Beimborn, E. A., Greenwald, M. J., & Jin, X. (2003). Accessibility, connectivity, and captivity: impacts on transit choice. *Transportation Research Record*, 1835(1), 1-9.

- Benjamin, J., Kurauchi, S., Morikawa, T., Polydoropoulou, A., Sasaki, K., & Ben-Akiva, M. (1998). Forecasting paratransit ridership using discrete choice models with explicit consideration of availability. *Transportation Research Record*, 1618(1), 60-65.
- Bezirgani, A., & Lachapelle, U. (2021, 2021/10/01/). Online grocery shopping for the elderly in Quebec, Canada: The role of mobility impediments and past online shopping experience. *Travel Behaviour and Society*, 25, 133-143. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tbs.2021.07.001>
- Bezyak, J. L., Sabella, S. A., & Gattis, R. H. (2017). Public transportation: an investigation of barriers for people with disabilities. *Journal of Disability Policy Studies*, 28(1), 52-60.
- Bhat, C. R., & Sardesai, R. (2006, 2006/11/01/). The impact of stop-making and travel time reliability on commute mode choice. *Transportation Research Part B: Methodological*, 40(9), 709-730. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trb.2005.09.008>
- Blinder, A. S. (1973). Wage discrimination: reduced form and structural estimates. *Journal of Human resources*, 436-455.
- Boarnet, M. G., Day, K., Alfonzo, M., Forsyth, A., & Oakes, M. (2006, 2006/02/01/). The Irvine–Minnesota Inventory to Measure Built Environments: Reliability Tests. *American Journal of Preventive Medicine*, 30(2), 153-159.e143. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.amepre.2005.09.018>
- Bodaghi, N. B., & Zainab, A. (2013). Accessibility and facilities for the disabled in public and university library buildings in Iran. *Information development*, 29(3), 241-250.

- Booth, M. L., Owen, N., Bauman, A., Clavisi, O., & Leslie, E. (2000, Jul). Social-cognitive and perceived environment influences associated with physical activity in older Australians. *Prev Med*, 31(1), 15-22. <https://doi.org/10.1006/pmed.2000.0661>
- Borst, H. C., Miedema, H. M. E., de Vries, S. I., Graham, J. M. A., & van Dongen, J. E. F. (2008, 2008/12/01/). Relationships between street characteristics and perceived attractiveness for walking reported by elderly people. *Journal of Environmental Psychology*, 28(4), 353-361. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2008.02.010>
- Boston University. (2013). *Multiple Linear Regression Analysis*. http://sphweb.bumc.bu.edu/otlt/MPH-Modules/BS/BS704_Multivariable/BS704_Multivariable7.html
- Bouchard, É. (2023). *Impacts de la COVID sur la planification de service à la STM* ACFAS, <https://www.acfas.ca/evenements/congres/programme/90/200/201/c>
- Bourbonnais, P., Faucher, J., Morency, C., & Trépanier, M. (2017). Transition: transit network optimization and simulation platform.(2014–2019). *Information at* <http://transition.city/>. Accessed.
- Bourguignon, F., Ferreira, F. H., & Leite, P. G. (2002). *Beyond Oaxaca-Blinder: accounting for differences in household income distributions across countries* (Vol. 478). World Bank Publications.
- Brabyn, J. (1985). A review of mobility aids and means of assessment. *Electronic Spatial Sensing for the Blind: Contributions from Perception, Rehabilitation, and Computer Vision*, 13-27.
- Bradley, M. A., & Koffman, D. (2012). *Improving ADA Paratransit Demand Estimation: Regional Modeling* (Vol. 158). Transportation Research Board.

- Brand, C., Dons, E., Anaya-Boig, E., Avila-Palencia, I., Clark, A., de Nazelle, A., Gascon, M., Gaupp-Berghausen, M., Gerike, R., & Götschi, T. (2021). The climate change mitigation effects of daily active travel in cities. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 93, 102764.
- Brennan, J. (2013). The ADA National Network Disability Law Handbook: ADA National Network. *Southwest ADA Center*.
- Bromley, R. D., Matthews, D. L., & Thomas, C. J. (2007, 2007/06/01/). City centre accessibility for wheelchair users: The consumer perspective and the planning implications. *Cities*, 24(3), 229-241. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cities.2007.01.009>
- Brownson, R. C., Hoehner, C. M., Day, K., Forsyth, A., & Sallis, J. F. (2009, 2009/04/01/). Measuring the Built Environment for Physical Activity: State of the Science. *American Journal of Preventive Medicine*, 36(4, Supplement), S99-S123.e112. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.amepre.2009.01.005>
- Buehler, R., & Pucher, J. (2021). COVID-19 impacts on cycling, 2019–2020. *Transport Reviews*, 41(4), 393-400.
- Burbidge, S. K., & Goulias, K. G. (2009). Evaluating the Impact of Neighborhood Trail Development on Active Travel Behavior and Overall Physical Activity of Suburban Residents. *Transportation Research Record*, 2135(1), 78-86. <https://doi.org/10.3141/2135-10>

- CAA-Québec. (2013). *Coûts d'utilisation d'une automobile*.
https://www.caaquebec.com/fileadmin/documents/PDF/Sur_la_route/Couts_utilisation/2013_CAA_Driving_Costs_French.pdf
- Cai, M., Guy, C., Héroux, M., Lichtfouse, E., & An, C. (2021). The impact of successive COVID-19 lockdowns on people mobility, lockdown efficiency, and municipal solid waste. *Environmental Chemistry Letters*, 19, 3959-3965.
- Calder, A., Sole, G., & Mulligan, H. (2018). The accessibility of fitness centers for people with disabilities: a systematic review. *Disability and Health Journal*, 11(4), 525-536.
- Canas, C., Attard, M., & Haklay, M. (2021). *An innovative Pedestrian-Centred Walkability Assessment* [Poster].
- Cantwell, M., Caulfield, B., & O'Mahony, M. (2009). Examining the factors that impact public transport commuting satisfaction. *Journal of Public Transportation*, 12(2), 1-21.
- Cao, X., Mokhtarian, P. L., & Handy, S. L. (2010, 2010/11/01). Neighborhood Design and the Accessibility of the Elderly: An Empirical Analysis in Northern California. *International Journal of Sustainable Transportation*, 4(6), 347-371. <https://doi.org/10.1080/15568310903145212>
- Caradec, V., & de Singly, F. (2001). *Sociologie de la vieillesse et du vieillissement* (Vol. 128). A. Colin Paris,, France.

- Card, J. A., Cole, S. T., & Humphrey, A. H. (2006, 2006/06/01). A comparison of the Accessibility and Attitudinal Barriers Model: Travel providers and travelers with physical disabilities. *Asia Pacific Journal of Tourism Research*, 11(2), 161-175. <https://doi.org/10.1080/10941660600727566>
- Carr, L. J., Dunsiger, S. I., & Marcus, B. H. (2010, 2010/11/01/). Walk Score™ As a Global Estimate of Neighborhood Walkability. *American Journal of Preventive Medicine*, 39(5), 460-463. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.amepre.2010.07.007>
- Casanova, C., Celli, B. R., Barria, P., Casas, A., Cote, C., de Torres, J. P., Jardim, J., Lopez, M. V., Marin, J. M., Montes de Oca, M., Pinto-Plata, V., & Aguirre-Jaime, A. (2011, Jan). The 6-min walk distance in healthy subjects: reference standards from seven countries. *Eur Respir J*, 37(1), 150-156. <https://doi.org/10.1183/09031936.00194909>
- Cascetta, E., & Cascetta, E. (2009). Random utility theory. *Transportation Systems Analysis: models and applications*, 89-167.
- Cathey, F. W., & Dailey, D. J. (2003, 2003/06/01/). A prescription for transit arrival/departure prediction using automatic vehicle location data. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 11(3), 241-264. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0968-090X\(03\)00023-8](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0968-090X(03)00023-8)
- Center for Universal Design. (1997). *The principles of universal design*. <https://design.ncsu.edu/wp-content/uploads/2022/11/principles-of-universal-design.pdf>
- Centre for Excellence in Universal Design. (2023). *History of UD*. <https://universaldesign.ie/what-is-universal-design/history-of-ud/>

- Cevallos, F., Yuan, Q., Wang, X., & Gan, A. (2009). Using personal global positioning system devices in paratransit. *IET Intelligent Transport Systems*, 3(3), 282-288.
- Chad, K. E., Reeder, B. A., Harrison, E. L., Ashworth, N. L., Sheppard, S. M., Schultz, S. L., Bruner, B. G., Fisher, K. L., & Lawson, J. A. (2005). Profile of physical activity levels in community-dwelling older adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37(10), 1774-1784.
- Chakrabarti, S. (2017, 2017/02/01/). How can public transit get people out of their cars? An analysis of transit mode choice for commute trips in Los Angeles. *Transport Policy*, 54, 80-89. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2016.11.005>
- Chakrabarti, S., & Giuliano, G. (2015, 2015/08/01/). Does service reliability determine transit patronage? Insights from the Los Angeles Metro bus system. *Transport Policy*, 42, 12-20. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2015.04.006>
- Chan, E. H., Lee, G. K., & Chan, A. T. (2009). Universal design for people with disabilities: A study of access provisions in public housing estates. *Property Management*, 27(2), 138-146.
- Chandakas, E. (2020). On demand forecasting of demand-responsive paratransit services with prior reservations. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 120, 102817.
- Changaival, B., Lavangnananda, K., Danoy, G., Kliazovich, D., Guinand, F., Brust, M., Musial, J., & Bouvry, P. (2021). Optimization of carsharing fleet placement in round-trip carsharing service. *Applied Sciences*, 11(23), 11393.

- Charte des droits et libertés de la personnes, chap. C-12, Charte des droits et libertés de la personne,, (1975). <https://www.legisquebec.gouv.qc.ca/fr/document/lc/C-12>
- Chauhan, R. S., da Silva, D. C., Salon, D., Shamshiripour, A., Rahimi, E., Sutradhar, U., Khoeini, S., Mohammadian, A. K., Derrible, S., & Pendyala, R. (2021). COVID-19 related attitudes and risk perceptions across urban, rural, and suburban areas in the United States. *Findings*, 23714.
- City of Guelph. (2023). *Community and holiday on-demand bus service*. <https://guelph.ca/living/getting-around/bus/schedules/on-demand-bus-service/>
- Claypool, H., Bin-Nun, A., & Gerlach, J. (2017). Self-driving cars: The impact on people with disabilities. *Newton, MA: Ruderman Family Foundation*.
- Cochran, A. L. (2020a). Impacts of COVID-19 on access to transportation for people with disabilities. *Transportation research interdisciplinary perspectives*, 8, 100263.
- Cochran, A. L. (2020b). Understanding the role of transportation-related social interaction in travel behavior and health: A qualitative study of adults with disabilities. *Journal of Transport & Health*, 19, 100948.
- Cochran, A. L., McDonald, N. C., Prunkl, L., Vinella-Brusher, E., Wang, J., Oluyede, L., & Wolfe, M. (2022). Transportation barriers to care among frequent health care users during the COVID pandemic. *BMC public health*, 22(1), 1-10.
- Paratransit as a complement to fixed route service, (2008).

- Coiquaud, U., & Morissette, L. (2019). La déréglementation du secteur des taxis au Québec: une négociation entre l'État et Uber. *Chronique Internationale de l'IRES*(168), 101-109.
- Collins, C. C. (1985). On mobility aids for the blind. *Electronic Spatial Sensing for the Blind: Contributions from Perception, Rehabilitation, and Computer Vision*, 35-64.
- Communauto. (2023). *Fonctionnement*. <https://montreal.communauto.com/fonctionnement/>
- Couture, C., Garnier, C., & Trépanier, M. (2023). *Identification des barrières à la marche grâce à l'étude des courts déplacements en transport adapté* 57e Congrès de l'AQTr | Cap sur le changement : Nouvelles réalités en transports, Québec, Canada.
- Crabtree, J., Justiss, M., & Troyer, J. (2008). *Characteristics and environmental factors of paratransit applicants: A step toward understanding the person-environment dynamic and customer satisfaction*.
- Cregger, J., Dawes, M., Fischer, S., Lowenthal, C., Machek, E., & Perlman, D. (2018). *Low-speed automated shuttles: State of the practice*.
- Cross, D. (2006). Wheelchair access: improvements, standards, and challenges. APTA Bus & Paratransit Conference,
- Cross, D. (2007). ADA Paratransit Eligibility Models: Comparing the Options. Bus and Paratransit Conference and International Bus Roadeo, 2007 American Public Transportation Association,

- Cunningham, G. O., Michael, Y. L., Farquhar, S. A., & Lapidus, J. (2005, 2005/10/01/). Developing a Reliable Senior Walking Environmental Assessment Tool. *American Journal of Preventive Medicine*, 29(3), 215-217. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.amepre.2005.05.002>
- Dabelko-Schoeny, H., Maleku, A., Cao, Q., White, K., & Ozbilen, B. (2021). “We want to go, but there are no options”: Exploring barriers and facilitators of transportation among diverse older adults. *Journal of Transport & Health*, 20, 100994.
- Dai, Z., Ma, X., & Chen, X. (2019). Bus travel time modelling using GPS probe and smart card data: A probabilistic approach considering link travel time and station dwell time. *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 23(2), 175-190.
- Daly, H., Ramea, K., Chiodi, A., Yeh, S., Gargiulo, M., & Gallachoir, B. (2012). Modal choice in a TIMES model. In *Iea-Etsap (Issue May)*.
- Daly, H. E., Ramea, K., Chiodi, A., Yeh, S., Gargiulo, M., & Ó Gallachóir, B. (2015). Modal shift of passenger transport in a TIMES model: Application to Ireland and California. *Informing Energy and Climate Policies Using Energy Systems Models: Insights from Scenario Analysis Increasing the Evidence Base*, 279-291.
- Daniels, R., & Mulley, C. (2013). Explaining walking distance to public transport: The dominance of public transport supply. *Journal of Transport and Land Use*, 6(2), 5-20.
- Darcy, S., & Burke, P. F. (2018, 2018/01/01/). On the road again: The barriers and benefits of automobility for people with disability. *Transportation research part A: policy and practice*, 107, 229-245. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tra.2017.11.002>

- Dargay, J., & Hanly, M. (2007, 2007/12/01/). Volatility of car ownership, commuting mode and time in the UK. *Transportation research part A: policy and practice*, 41(10), 934-948. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tra.2007.05.003>
- DART. (2023). *Paratransit feeder service*. <https://dart.org/guide/transit-and-use/paratransit-services/paratransit-feeder-service>
- Das, S., Boruah, A., Banerjee, A., Raoniar, R., Nama, S., & Maurya, A. K. (2021, 2021/08/01/). Impact of COVID-19: A radical modal shift from public to private transport mode. *Transport Policy*, 109, 1-11. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2021.05.005>
- Davison, L. J., & Knowles, R. D. (2006, 2006/05/01/). Bus quality partnerships, modal shift and traffic decongestion. *Journal of Transport Geography*, 14(3), 177-194. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2005.06.008>
- Day, K., Boarnet, M., Alfonzo, M., & Forsyth, A. (2006, Feb). The Irvine-Minnesota inventory to measure built environments: development. *Am J Prev Med*, 30(2), 144-152. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2005.09.017>
- De Alba, M. (1992). Evolution of Functional Eligibility and Certification for Paratransit Service: The Chicago Experience. *Transportation Research Record*, 1338, 65-69.
- de Montigny, L., Ling, R., & Zacharias, J. (2012). The effects of weather on walking rates in nine cities. *Environment and Behavior*, 44(6), 821-840.

- de Nazelle, A., Nieuwenhuijsen, M. J., Antó, J. M., Brauer, M., Briggs, D., Braun-Fahrlander, C., Cavill, N., Cooper, A. R., Desqueyroux, H., Fruin, S., Hoek, G., Panis, L. I., Janssen, N., Jerrett, M., Joffe, M., Andersen, Z. J., van Kempen, E., Kingham, S., Kubesch, N., Leyden, K. M., Marshall, J. D., Matamala, J., Mellios, G., Mendez, M., Nassif, H., Ogilvie, D., Peiró, R., Pérez, K., Rabl, A., Ragettli, M., Rodríguez, D., Rojas, D., Ruiz, P., Sallis, J. F., Terwoert, J., Toussaint, J.-F., Tuomisto, J., Zuurbier, M., & Lebreton, E. (2011, 2011/05/01/). Improving health through policies that promote active travel: A review of evidence to support integrated health impact assessment. *Environment international*, 37(4), 766-777. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envint.2011.02.003>
- De Oña, J. (2020). The role of involvement with public transport in the relationship between service quality, satisfaction and behavioral intentions. *Transportation research part A: policy and practice*, 142, 296-318.
- Deka, D., Jin, P. J., & Betak, J. F. (2017). *Practical Approaches for Making ADA Paratransit Facility Ownership and Location Decisions*.
- Delbosc, A., & Currie, G. (2012). Modelling the causes and impacts of personal safety perceptions on public transport ridership. *Transport Policy*, 24, 302-309.
- Demoli, Y. (2019). *Le budget automobile des ménages depuis les années 1980*. <https://www.metropolitiques.eu/Le-budget-automobile-des-menages-depuis-les-annees1980.html>.
- Deschaintres, É., & Dushina, A. (2023). *Valorisation de données passives pour comprendre et prévoir la mobilité après-COVID à Laval* ACFAS, Montréal. <https://www.acfas.ca/evenements/congres/programme/90/200/201/c>

- Deschaintres, E., Morency, C., & Trépanier, M. (2019). Analyzing transit user behavior with 51 weeks of smart card data. *Transportation Research Record*, 2673(6), 33-45.
- Deschaintres, E., Morency, C., Trépanier, M., & et al. (2022). Assessing the Impacts of the COVID-19 Pandemic on Subway Ridership and on the Interactions with other Transportation Modes. (PREPRINT (Version 1)). <https://doi.org/https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2315989/v1>
- Desharnais, M.-C., & Chapleau, R. (2010). *A Disaggregate Investigation of Demand Patterns for Paratransit* Transportation Research Board 89th Annual Meeting,
- Desharnais, M.-C., & Chapleau, R. (2013). *Scrutinizing weekly travel behavior patterns in paratransit: Results of a big data experiment.*
- Deuschle, K., Weinert, K., Becker, M. O., Backhaus, M., Huscher, D., & Riemekasten, G. (2011, Mar-Apr). Six-minute walk distance as a marker for disability and complaints in patients with systemic sclerosis. *Clin Exp Rheumatol*, 29(2 Suppl 65), S53-59.
- De Vos, J., Waygood, E. O. D., & Letarte, L. (2020). Modeling the desire for using public transport. *Travel Behaviour and Society*, 19, 90-98. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tbs.2019.12.005>
- Dietrich véhicule. (2023). *La solution MINIBUS TPMR - Des minibus accessibles qui prennent soin de TOUS leurs passagers.* <http://www.dietrich-vehicules.fr/solution-minibus/type/minibus-tpmr/>
- Dijst, M., & Vidakovic, V. (2000). Travel time ratio: the key factor of spatial reach. *Transportation*, 27(2), 179-199.

- DiPetrillo, S., & Lubin, A. (2015). *Exploring Transportation, Housing, and Location Issues for New Jersey Veterans with Disability*.
- Distefano, N., Pulvirenti, G., & Leonardi, S. (2021, 2021/09/01/). Neighbourhood walkability: Elderly's priorities. *Research in Transportation Business & Management*, 40, 100547. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2020.100547>
- Donini, L. M., Poggiogalle, E., Mosca, V., Pinto, A., Brunani, A., & Capodaglio, P. (2013). Disability Affects the 6-Minute Walking Distance in Obese Subjects (BMI>40 kg/m²). *PLOS ONE*, 8(10), e75491. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0075491>
- Donovan, R. A. (2000). *An automated vehicle arrival notification system for paratransit customers at Texas A&M University Texas A&M University*].
- Dons, E., Rojas-Rueda, D., Anaya-Boig, E., Avila-Palencia, I., Brand, C., Cole-Hunter, T., De Nazelle, A., Eriksson, U., Gaupp-Berghausen, M., & Gerike, R. (2018). Transport mode choice and body mass index: cross-sectional and longitudinal evidence from a European-wide study. *Environment international*, 119, 109-116.
- Drouin, C.-É. (2022). *Le prix à la pompe fait mal à l'industrie du taxi de l'Est-du-Québec*. Retrieved 2023-02-06 from <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1868141/prix-essence-gaz-taxi-est-du-quebec-2022-redevance>
- Dubos-Golain, A., Trépanier, M., & Morency, C. (2017). *Understanding transit use patterns in Montreal*.

- Eisenmann, C., Nobis, C., Kolarova, V., Lenz, B., & Winkler, C. (2021, 2021/03/01/). Transport mode use during the COVID-19 lockdown period in Germany: The car became more important, public transport lost ground. *Transport Policy*, 103, 60-67. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2021.01.012>
- El-Geneidy, A. M., & Vijayakumar, N. (2011). The effects of articulated buses on dwell and running times. *Journal of Public Transportation*, 14(3), 63-86.
- Epstein, S., Campanile, J., Cerilli, C., Gajwani, P., Varadaraj, V., & Swenor, B. K. (2021, Jul). New obstacles and widening gaps: A qualitative study of the effects of the COVID-19 pandemic on U.S. adults with disabilities. *Disabil Health J*, 14(3), 101103. <https://doi.org/10.1016/j.dhjo.2021.101103>
- Ernst, J. P. (2005). Initiating Bus Rapid Transit in Jakarta, Indonesia. *Transportation Research Record*, 1903(1), 20-26. <https://doi.org/10.1177/0361198105190300103>
- Etezady, A., Shaw, F. A., Mokhtarian, P. L., & Circella, G. (2021). What drives the gap? Applying the Blinder–Oaxaca decomposition method to examine generational differences in transportation-related attitudes. *Transportation*, 48(2), 857-883.
- Etminani-Ghasrodashti, R., Ketankumar Patel, R., Kermanshachi, S., Michael Rosenberger, J., Weinreich, D., & Foss, A. (2021, 2021/12/01/). Integration of shared autonomous vehicles (SAVs) into existing transportation services: A focus group study. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 12, 100481. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trip.2021.100481>
- FADOQ. (2023). *Infos FADOQ 360 : Les aides à la mobilité*. <https://www.fadoq.ca/reseau/ressources/sante-et-bien-etre/infos-fadoq-360-les-aides-a-la->

mobilité#:~:text=Les%20dispositifs%20d'aide%20%C3%A0,ou%20le%20changement%20de%20position.

Falchetta, G., Noussan, M., & Hammad, A. T. (2021, 2021/06/01/). Comparing paratransit in seven major African cities: An accessibility and network analysis. *Journal of Transport Geography*, 94, 103131. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2021.103131>

Fearnley, N., Flügel, S., & Ramjerdi, F. (2011, 2011/11/01/). Passengers' valuations of universal design measures in public transport. *Research in Transportation Business & Management*, 2, 83-91. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2011.07.004>

Feeley, C., Spasovic, L. N., Dimitrijevic, B., & Lee, J. (2016). *Develop and pilot test smart phone/tablet app for paratransit demand-response passenger pick-up alerts to assist passengers with disabilities and reduce no-shows and dwell times.*

Fei, D., & Chen, X. (2015, 2015/12/01/). The Americans with Disabilities Act of 1990 (ADA) paratransit cost issues and solutions: Case of Greater Richmond Transit Company (GRTC). *Case Studies on Transport Policy*, 3(4), 402-414. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cstp.2015.08.007>

Félix, R., Moura, F., & Clifton, K. J. (2017). Typologies of urban cyclists: review of market segmentation methods for planning practice. *Transportation Research Record*, 2662(1), 125-133.

Ferati, M., Murano, P., & Anthony Giannoumis, G. (2018). Universal design of user interfaces in self-driving cars. *Advances in Design for Inclusion: Proceedings of the AHFE 2017 International Conference on Design for Inclusion*, July 17–21, 2017, The Westin Bonaventure Hotel, Los Angeles, California, USA 8,

- Fernández, R., Zegers, P., Weber, G., Figueroa, A., & Tyler, N. (2010). Platform height, door width and fare collection on public transport dwell time: A laboratory study. 12th World Conference on Transport Research,
- Fogal, A. S., Pessoa, M. C., Fernandes Filho, E. I., & Ribeiro, A. Q. (2019). Built urban environment and functional incapacity: enabling healthy aging. *Journal of Transport & Health*, 14, 100574.
- Fordham, L., Gris  , E., & El-Geneidy, A. (2017). When I'm 64: Assessing generational differences in public transit use of seniors in Montreal, Quebec, Canada. *Transportation Research Record*, 2651(1), 31-41.
- Foss, A. (2021). *AVs + Rideshare = RAPID*, Arlington, TX Shared-Use Mobility Center (SUMC), <https://learn.sharedusemobilitycenter.org/casestudy/avs-rideshare-rapid-arlington-tx/>
- Fougeyrollas, P. (1993). Le processus de production culturelle du handicap: contextes socio-historiques du développement des connaissances dans le champ des différences corporelles et fonctionnelles.
- Fougeyrollas, P. (2021). Classification internationale 'Modèle de développement humain-Processus de production du handicap'(MDH-PPH, 2018). *Kinésithérapie, La Revue*, 21(235), 15-19.
- Fougeyrollas, P., Noreau, L., Michel, G., & Boschen, K. (1999). Measure of the quality of environment (MQE) Version 2. *Lac St-Charles, Québec: Canada: International Network of the Disability Creation Process*.

- Frank, L., Bradley, M., Kavage, S., Chapman, J., & Lawton, T. K. (2008). Urban form, travel time, and cost relationships with tour complexity and mode choice. *Transportation*, 35(1), 37-54.
- Freeman, I., & Selmi, N. (2010). French versus Canadian Tourism: Response to the Disabled. *Journal of Travel Research*, 49(4), 471-485. <https://doi.org/10.1177/0047287509349268>
- Fricker, J. D. (2011). Bus dwell time analysis using on-board video. TRB 2011 Annual Meeting,
- Fröidh, O. (2003). *Introduction of regional high speed trains: A study of the effects of the Svealand line on the travel market, travel behaviour and accessibility* KTH Royal Institute of Technology].
- Fu, H., & Wilmot, C. G. (2006). Survival analysis-based dynamic travel demand models for hurricane evacuation. *Transportation Research Record*, 1964(1), 211-218.
- Fu, L. (2002, 2002/05/01/). A simulation model for evaluating advanced dial-a-ride paratransit systems. *Transportation research part A: policy and practice*, 36(4), 291-307. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0965-8564\(01\)00002-7](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0965-8564(01)00002-7)
- Fu, L., & Xu, Y. (2001). Potential effects of automatic vehicle location and computer-aided dispatch technology on paratransit performance: a simulation study. *Transportation Research Record*, 1760(1), 107-113.
- Fulton, L., Cazzola, P., & Cuenot, F. (2009, 2009/10/01/). IEA Mobility Model (MoMo) and its use in the ETP 2008. *Energy Policy*, 37(10), 3758-3768. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.07.065>

- Gagnon, D. (2023). *Vieillissement démographique québécois : quelles répercussions sur les transports ?* 57e Congrès de l'AQTr | Cap sur le changement : Nouvelles réalités en transports, Québec (Canada). <https://aqtr.com/association/evenements/57e-congres-laqtr-cap-changement-nouvelles-realites-transports/vieillissement-demographique-quebecois-queelles-repercussions-transports>
- Gallagher, N. A., Gretebeck, K. A., Robinson, J. C., Torres, E. R., Murphy, S. L., & Martyn, K. K. (2010, 01 Jan. 2010). Neighborhood Factors Relevant for Walking in Older, Urban, African American Adults. *Journal of Aging and Physical Activity*, 18(1), 99-115. <https://doi.org/10.1123/japa.18.1.99>
- Gan, D. R. Y., Mahmood, A., Routhier, F., & Mortenson, W. B. (2021). Walk/Wheelability: An Inclusive Instrument Pair for Participatory Age-Friendly Research and Practice. *The Gerontologist*, 62(1), e39-e47. <https://doi.org/10.1093/geront/gnab079>
- Gan, D. R. Y., Mahmood, A., Routhier, F., & Mortenson, W. B. (2022). Walk/Wheelability: An Inclusive Instrument Pair for Participatory Age-Friendly Research and Practice. *The Gerontologist*, 62(1), e39-e47. <https://doi.org/10.1093/geront/gnab079>
- Garnier, C., Trépanier, M., & Morency, C. (2020). Adjusting Dwell Time for Paratransit Services. *Transportation Research Record*, 2674(9), 638-648. <https://doi.org/10.1177/0361198120931099>
- George, B., Seals, S., & Aban, I. (2014, 2014/08/01). Survival analysis and regression models. *Journal of Nuclear Cardiology*, 21(4), 686-694. <https://doi.org/10.1007/s12350-014-9908-2>
- Ghasri, M., Rashidi, T. H., & Saberi, M. (2018). Comparing Survival Analysis and Discrete Choice Specifications Simulating Dynamics of Vehicle Ownership. *Transportation Research Record*, 2672(49), 34-45. <https://doi.org/10.1177/0361198118791911>

- Gibbons, W. J., Fruchter, N., Sloan, S., & Levy, R. D. (2001, Mar-Apr). Reference values for a multiple repetition 6-minute walk test in healthy adults older than 20 years. *J Cardiopulm Rehabil*, 21(2), 87-93. <https://doi.org/10.1097/00008483-200103000-00005>
- Giro. (2022). *Making transport accessible for everyone*. <https://www.giro.ca/en-us/our-solutions/segments/on-demand-transport/>
- GIRO. (2023a). Nous connaître. <https://www.giro.ca/fr-ca/nous-connaître/>
- GIRO. (2023b). *Transport à la demande*. <https://www.giro.ca/fr-ca/nos-solutions/segments/transport-a-la-demande/>
- Gkiotsalitis, K., & Cats, O. (2021). Public transport planning adaption under the COVID-19 pandemic crisis: literature review of research needs and directions. *Transport Reviews*, 41(3), 374-392.
- Glazier, R., Weyman, J., Creatore, M., Gozdyra, P., Moineddin, R., Matheson, F., & Booth, G. (2012). Development and validation of an urban walkability index for Toronto, Canada. *Toronto Community Health Profiles Partnership*, 1-21.
- González, E. M., Romana, M. G., & Álvaro, O. M. (2012). Bus dwell-time model of main urban route stops: case study in Madrid, Spain. *Transportation Research Record*, 2274(1), 126-134.
- Goodman, A., Panter, J., Sharp, S. J., & Ogilvie, D. (2013). Effectiveness and equity impacts of town-wide cycling initiatives in England: a longitudinal, controlled natural experimental study. *Social Science & Medicine*, 97, 228-237.

- Goodwill, J. A., & Joslin, A. (2013). Forecasting paratransit services demand: review and recommendations.
- Gordon-Larsen, P., Boone-Heinonen, J., Sidney, S., Sternfeld, B., Jacobs, D. R., & Lewis, C. E. (2009). Active commuting and cardiovascular disease risk: the CARDIA study. *Archives of internal medicine*, 169(13), 1216-1223.
- Gouvernement du Québec. (2004). E-20.1 - Loi assurant l'exercice des droits des personnes handicapées en vue de leur intégration scolaire, professionnelle et sociale. <https://www.legisquebec.gouv.qc.ca/fr/document/lc/E-20.1>
- Gouvernement du Québec. (2005). C47.1 - Loi sur les compétence municipales. <https://www.legisquebec.gouv.qc.ca/fr/document/lc/C-47.1?&digest#:~:text=6%2C%20a.-,1.,de%20fa%C3%A7on%20litt%C3%A9rale%20ou%20restrictive.>
- Gouvernement du Québec. (2022). C-24.2, r. 51 - Règlement sur les véhicules routiers adaptés au transport des personnes handicapées. <https://www.legisquebec.gouv.qc.ca/fr/document/rc/C-24.2,%20r.%2051%20/>
- Making an accessible Canada for person with disabilities. C-81 the Accessible Canada Act, (2019).
- Government of Quebec. (2004). E20.1: Act to secure handicapped persons in the exercise of their rights with a view to achieving social, school and workplace integration. <http://www.legisquebec.gouv.qc.ca/fr/showdoc/cs/T-11.2>

Regulation respecting road vehicles adapted for the transportation of handicapped persons, (2019).

- Granner, M. L., Sharpe, P. A., Hutto, B., Wilcox, S., & Addy, C. L. (2007). Perceived individual, social, and environmental factors for physical activity and walking. *Journal of Physical Activity and Health*, 4(3), 278-293.
- Gray, D. B., Hollingsworth, H. H., Stark, S., & Morgan, K. A. (2008, 2008/01/01). A subjective measure of environmental facilitators and barriers to participation for people with mobility limitations. *Disability and Rehabilitation*, 30(6), 434-457. <https://doi.org/10.1080/09638280701625377>
- Gray, J. A., Zimmerman, J. L., & Rimmer, J. H. (2012, 2012/04/01/). Built environment instruments for walkability, bikeability, and recreation: Disability and universal design relevant? *Disability and Health Journal*, 5(2), 87-101. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.dhjo.2011.12.002>
- Grisé, E., Boisjoly, G., Maguire, M., & El-Geneidy, A. (2019, 2019/07/01/). 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/https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.02.017>
- Grushka, T., Rames, C. L., Duvall, A. L., & Marshall, W. (2020). *Identifying ADA Paratransit Deserts, Availability, and Resilience*.
- Gupta, D., Chen, H.-W., Miller, L. A., & Surya, F. (2010). Improving the efficiency of demand-responsive paratransit services. *Transportation research part A: policy and practice*, 44(4), 201-217.

- Gupta, U., Tiwari, G., Chatterjee, N., & FAzio, J. (2009). Case study of pedestrian risk behavior and survival analysis. *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies Vol. 7 (The 8th International Conference of Eastern Asia Society for Transportation Studies, 2009)*,
- Gury, N. (2011, 2011/02/01). Dropping out of higher education in France: a micro-economic approach using survival analysis. *Education Economics*, 19(1), 51-64. <https://doi.org/10.1080/09645290902796357>
- Gutesa, S., Dimitrijevic, B., Lee, J., Zhang, Y., Feeley, C., & Spasovic, L. (2017). Smart Arrival Notification System for Americans with Disabilities Act Passenger Paratransit Service with a Consumer Mobile Device. *Transportation Research Record*, 2650(1), 33-40.
- Hagar, Y., Albers, D., Pivovarov, R., Chase, H., Dukic, V., & Elhadad, N. (2014). Survival analysis with electronic health record data: Experiments with chronic kidney disease. *Statistical Analysis and Data Mining: The ASA Data Science Journal*, 7(5), 385-403.
- Hagg, M. (2009). Making Montreal's Indoor City Accessible for People with Disabilities.
- Hall, C. M., & Ram, Y. (2018, 2018/06/01/). Walk score® and its potential contribution to the study of active transport and walkability: A critical and systematic review. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 61, 310-324. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.12.018](https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.12.018)
- Hamer, M., & Chida, Y. (2008). Active commuting and cardiovascular risk: a meta-analytic review. *Preventive Medicine*, 46(1), 9-13.

- Hansen, T. (2018). Analysis of Paratransit Feeder-Service Pilot: Projected versus Actual Ridership and Cost-Benefit Results. *Transportation Research Record*, 2672(8), 629-638.
- Harding, C., Nunzi, V., & Alizadeh, H. (2023). *Modernisation des enquêtes de mobilité pour la région de Montréal et nouvelles tendances de déplacements* 57e Congrès de l'AQTr | Cap sur le changement : Nouvelles réalités en transports, Québec, Canada. <https://aqtr.com/association/evenements/57e-congres-laqtr-cap-changement-nouvelles-realites-transports/modernisation-enquetes-mobilite-region-montreal-nouvelles-tendances-deplacements>
- Haustein, S. (2012). Mobility behavior of the elderly: an attitude-based segmentation approach for a heterogeneous target group. *Transportation*, 39(6), 1079-1103.
- Haustein, S., & Hunecke, M. (2013, 2013/06/01/). Identifying target groups for environmentally sustainable transport: assessment of different segmentation approaches. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 5(2), 197-204. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cosust.2013.04.009>
- Havet, N., Bayart, C., & Bonnel, P. (2021). Why do gender differences in daily mobility behaviours persist among workers? *Transportation research part A: policy and practice*, 145, 34-48.
- Heera, S., & Devi, A. (2016). Employers' perspective towards people with disabilities: A review of the literature. *The South East Asian Journal of Management*, 10(1), 3.
- Hensher, D. A. (1994, 1994/05/01). Stated preference analysis of travel choices: the state of practice. *Transportation*, 21(2), 107-133. <https://doi.org/10.1007/BF01098788>

Hiarano, S. (2002). 5 WAYS TO IMPROVE YOUR PARATRANSIT SERVICE. *Metro*, 98(5J).

Hill, K., Wickerson, L. M., Woon, L. J., Abady, A. H., Overend, T. J., Goldstein, R. S., & Brooks, D. (2011). The 6-min walk test: responses in healthy Canadians aged 45 to 85 years. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 36(5), 643-649. <https://doi.org/10.1139/h11-075> %M 21967531

Hlavac, M. (2014). *oaxaca: Blinder-Oaxaca decomposition in R. Available at SSRN 2528391.*

[Record #152 is using a reference type undefined in this output style.]

Hoehner, C. M., Brennan Ramirez, L. K., Elliott, M. B., Handy, S. L., & Brownson, R. C. (2005, Feb). Perceived and objective environmental measures and physical activity among urban adults. *Am J Prev Med*, 28(2 Suppl 2), 105-116. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2004.10.023>

Hofmann, M., & O'Mahony, M. (2005). The impact of adverse weather conditions on urban bus performance measures. *Proceedings. 2005 IEEE Intelligent Transportation Systems, 2005.*,

Holroyd-Leduc, J., Gandell, D., Miller, A., & Petrov, D. (2020). COVID-19 chez les personnes âgées.

Hörcher, D., Singh, R., & Graham, D. J. (2022, 2022/04/01). Social distancing in public transport: mobilising new technologies for demand management under the Covid-19 crisis. *Transportation*, 49(2), 735-764. <https://doi.org/10.1007/s11116-021-10192-6>

Houston METRO. (2023). *Discounted and Free Programs*. <https://www.ridemetro.org/fares/discounted-and-free-programs#PeoplewithDisabilities>

- Humagain, P., & Singleton, P. A. (2021, 2021/07/01/). Exploring satisfaction with travel time profiles towards understanding intrinsic utilities of travel time. *Travel Behaviour and Society*, 24, 22-33. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tbs.2021.02.001>
- Huston, S. L., Evenson, K. R., Bors, P., & Gizlice, Z. (2003). Neighborhood environment, access to places for activity, and leisure-time physical activity in a diverse North Carolina population. *American journal of health promotion*, 18(1), 58-69.
- Hwang, J., Li, W., Stough, L., Lee, C., & Turnbull, K. (2020, 2020/04/01/). A focus group study on the potential of autonomous vehicles as a viable transportation option: Perspectives from people with disabilities and public transit agencies. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 70, 260-274. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trf.2020.03.007>
- Hwangbo, H., Kim, J., Kim, S., & Ji, Y. G. (2015). Toward universal design in public transportation systems: An analysis of low-floor bus passenger behavior with video observations. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 25(2), 183-197.
- I-Jy Chien, S. (2005). Optimization of headway, vehicle size and route choice for minimum cost feeder service. *Transportation Planning and Technology*, 28(5), 359-380.
- INSPQ. (2021). *Accessibilité universelle : la conception d'environnements pour tous*. <https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/publications/2775-accessibilite-universelle-conception-environnements.pdf>

- INSPQ. (2022). *Ligne du temps COVID-19 au Québec*. <https://www.inspq.qc.ca/covid-19/donnees/ligne-du-temps>
- INSPQ. (2023). *Données COVID-19 au Québec [En ligne]*. Québec: Institut national de santé publique du Québec. <https://www.inspq.qc.ca/covid-19/donnees>
- Institut de la statistique Québec. (2019). *Montréal*. http://www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/profils/region_06/region_06_00_an.htm,
- Ipsen, C., & Repke, M. (2022, 2022/01/01/). Reaching people with disabilities to learn about their experiences of social connection and loneliness. *Disability and Health Journal*, 15(1), 101220. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.dhjo.2021.101220>
- Irawan, M. Z., Belgiawan, P. F., Joewono, T. B., Bastariant, F. F., Rizki, M., & Ilahi, A. (2022, 2022/04/01). Exploring activity-travel behavior changes during the beginning of COVID-19 pandemic in Indonesia. *Transportation*, 49(2), 529-553. <https://doi.org/10.1007/s11116-021-10185-5>
- Jacques, C., Manaugh, K., & El-Geneidy, A. M. (2013). Rescuing the captive [mode] user: an alternative approach to transport market segmentation. *Transportation*, 40, 625-645.
- Jang, J., & Ko, J. (2019, 2019/10/01/). Factors associated with commuter satisfaction across travel time ranges. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 66, 393-405. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trf.2019.09.019>

- Jann, B. (2008). The Blinder–Oaxaca decomposition for linear regression models. *The Stata Journal*, 8(4), 453-479.
- Jansuwan, S., Christensen, K. M., & Chen, A. (2013). Assessing the transportation needs of low-mobility individuals: Case study of a small urban community in Utah. *Journal of Urban Planning and Development*, 139(2), 104-114.
- Javadinasr, M., Magassy, T. B., Rahimi, E., Davatgari, A., Salon, D., Bhagat-Conway, M. W., Chauhan, R. S., Pendyala, R. M., Derrible, S., & Khoeini, S. (2021). The Enduring Effects of COVID-19 on Travel Behavior in the United States: A Panel Study on Observed and Expected Changes in Telecommuting, Mode Choice, Online Shopping and Air Travel. *arXiv preprint arXiv:2109.07988*.
- Jenelius, E., & Cebecauer, M. (2020). Impacts of COVID-19 on public transport ridership in Sweden: Analysis of ticket validations, sales and passenger counts. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 8, 100242.
- Jeong, D. Y., Kwahk, J., Han, S. H., Park, J., Lee, M., & Jang, H. (2018, 2018/09/01/). A pedestrian experience framework to help identify impediments to walking by mobility-challenged pedestrians. *Journal of Transport & Health*, 10, 334-349. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jth.2018.06.001>
- Ji, Y., Gao, L., Chen, D., Ma, X., & Zhang, R. (2018). How does a static measure influence passengers' boarding behaviors and bus dwell time? Simulated evidence from Nanjing bus stations. *Transportation research part A: policy and practice*, 110, 13-25.

- Johansson, C., Lövenheim, B., Schantz, P., Wahlgren, L., Almström, P., Markstedt, A., Strömgren, M., Forsberg, B., & Sommar, J. N. (2017). Impacts on air pollution and health by changing commuting from car to bicycle. *Science of The Total Environment*, 584, 55-63.
- Johnston, R. J., Boyle, K. J., Adamowicz, W., Bennett, J., Brouwer, R., Cameron, T. A., Hanemann, W. M., Hanley, N., Ryan, M., & Scarpa, R. (2017). Contemporary guidance for stated preference studies. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, 4(2), 319-405.
- Kämper, C., Helms, H., & Jöhrens, J. (2016). Modal shifting effects and climate impacts through electric bicycle use in Germany. *Journal of Earth Sciences and Geotechnical Engineering*, 6(4), 331-345.
- Kasuku, S. O. (2001). *Provision of pedestrian transport facilities in Nairobi city: the case of Jogoo corridor*
- Kawabata, M., Matsumoto, S., Sano, K., & Tsuchiya, S. (2010). Car passenger transport and barriers to community bus use in a mountainous underpopulated region in Japan. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 8, 497-510.
- Kealey, M., Kruger, J., Hunter, R., Ivey, S., Satariano, W., Bayles, C., Ramirez, B., Bryant, L., Johnson, C., & Lee, C. (2005). Engaging older adults to be more active where they live: audit tool development. Proceedings of the 19th national conference on chronic disease prevention and control,
- Keefe, J., Andrew, M., Fancey, P., & Hall, M. (2006). Final report: A profile of social isolation in Canada. Submitted to the Chair of the F/P/T Working Group on Social Isolation.

- Keehn, R., Nolin, D., O'Leary-Roseberry, N., & White, J. (2004). Improving Paratransit for Johnson County.
- Khan, M. A., Etminani-Ghasrodashti, R., Shahmoradi, A., Kermanshachi, S., Rosenberger, J. M., & Foss, A. (2022, 2022/06/01). Integrating Shared Autonomous Vehicles into Existing Transportation Services: Evidence from a Paratransit Service in Arlington, Texas. *International Journal of Civil Engineering*, 20(6), 601-618. <https://doi.org/10.1007/s40999-021-00698-6>
- 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.
- Kihl, M. (1993). Advanced Vehicle Location System for Paratransit in Iowa. Proceedings of VNIS'93- Vehicle Navigation and Information Systems Conference,
- Kim, M., & Bae, J. (2021, 2021/03/01/). Modeling the flight departure delay using survival analysis in South Korea. *Journal of Air Transport Management*, 91, 101996. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2020.101996>
- Kim, M., Levy, J., & Schonfeld, P. (2019, 2019/12/01/). Optimal zone sizes and headways for flexible-route bus services. *Transportation Research Part B: Methodological*, 130, 67-81. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trb.2019.10.006>
- King, W. C., Belle, S. H., Brach, J. S., Simkin-Silverman, L. R., Soska, T., & Kriska, A. M. (2005, 2005/06/01/). Objective Measures of Neighborhood Environment and Physical Activity in Older Women. *American Journal of Preventive Medicine*, 28(5), 461-469. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.amepre.2005.02.001>

- Klinger, T., & Lanzendorf, M. (2016, 2016/03/01). Moving between mobility cultures: what affects the travel behavior of new residents? *Transportation*, 43(2), 243-271. <https://doi.org/10.1007/s11116-014-9574-x>
- Koffman, D. (2004). *Operational experiences with flexible transit services*. Transportation Research Board.
- Koffman, D. (2007). *Improving ADA complementary paratransit demand estimation* (Vol. 119). Transportation Research Board.
- Koffman, D., & Lewis, D. (1997). Forecasting Demand for Paratransit Required by the Americans with Disabilities Act. *Transportation Research Record*, 1571(1), 67-74. <https://doi.org/10.3141/1571-09>
- Koon, L. M., Greiman, L., Schulz, J. A., Goddard, K. S., Nzuki, I. M., & Hall, J. P. (2022a). Examining the effects of the COVID-19 pandemic on community engagement for people with mobility disabilities. *Disability and Health Journal*, 15(1), 101212.
- Koon, L. M., Greiman, L., Schulz, J. A., Goddard, K. S., Nzuki, I. M., & Hall, J. P. (2022b, 2022/01/01/). Examining the effects of the COVID-19 pandemic on community engagement for people with mobility disabilities. *Disability and Health Journal*, 15(1, Supplement), 101212. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.dhjo.2021.101212>
- Kostanjsek, N., Good, A., Madden, R. H., Üstün, T. B., Chatterji, S., Mathers, C. D., & Officer, A. (2013, 2013/06/01). Counting disability: global and national estimation. *Disability and Rehabilitation*, 35(13), 1065-1069. <https://doi.org/10.3109/09638288.2012.720354>

- Kostyniuk, L. P., & D'Souza, C. R. (2020, 2020/02/01/). Effect of passenger encumbrance and mobility aid use on dwell time variability in low-floor transit vehicles. *Transportation research part A: policy and practice*, 132, 872-881. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tra.2020.01.002>
- Krambeck, H. V. (2006). *The global walkability index* [Massachusetts Institute of Technology].
- Krizek, K. J. (2003). Operationalizing neighborhood accessibility for land use-travel behavior research and regional modeling. *Journal of Planning Education and Research*, 22(3), 270-287.
- Krizek, K. J., & El-Geneidy, A. (2007, 2007/07/01/). Segmenting Preferences and Habits of Transit Users and Non-Users. *Journal of Public Transportation*, 10(3), 71-94. <https://doi.org/https://doi.org/10.5038/2375-0901.10.3.5>
- Krueger, R., Rashidi, T. H., & Rose, J. M. (2016). Preferences for shared autonomous vehicles. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 69, 343-355.
- Kuo, P.-F., Shen, C.-W., & Quadrioglio, L. (2013). Modeling the spatial effects on demand estimation of ADA paratransit services. 92nd Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC,
- Kuzio, J. (2021). Autonomous vehicles and paratransit: Examining the protective framework of the Americans with Disabilities Act. *Case Studies on Transport Policy*, 9(3), 1130-1140.

- Kwon, K., & Akar, G. (2022, 2022/04/01/). People with disabilities and use of public transit: The role of neighborhood walkability. *Journal of Transport Geography*, 100, 103319. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2022.103319>
- La Presse. (2016). *Des investissements demandés pour les piétons et les cyclistes*. <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/814582/investissement-pietons-velos-coalition-infrastructures>
- La Presse. (2021). *L'industrie du taxi malmenée par la pandémie*. Retrieved 2023-02-06 from L'industrie du taxi malmenée par la pandémie
- Labonté-LeMoyne, É., Chen, S.-L., Coursaris, C. K., Sénécal, S., & Léger, P.-M. (2020). The unintended consequences of COVID-19 mitigation measures on mass transit and car use. *Sustainability*, 12(23), 9892.
- Laimeur, F. (2023). *exo à la demande: une nouvelle façon de se déplacer dans un contexte pandémique* ACFAS, Montréal. <https://www.acfas.ca/evenements/congres/programme/90/200/201/c>
- Lam, T. M., Wang, Z., Vaartjes, I., Karssenbergh, D., Ettema, D., Helbich, M., Timmermans, E. J., Frank, L. D., den Braver, N. R., & Wagtendonk, A. J. (2022). Development of an objectively measured walkability index for the Netherlands. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 19(1), 50.
- Lan, N. H., Thuy, N. T. T., & Van, N. T. N. (2021). Towards a Carbon Neutral Economy in Vietnam: Modal Shifting in Transportation Sector. International Conference on Emerging Challenges: Business Transformation and Circular Economy (ICECH 2021),

- Langlois, J. A., Keyl, P. M., Guralnik, J. M., Foley, D. J., Marottoli, R. A., & Wallace, R. B. (1997). Characteristics of older pedestrians who have difficulty crossing the street. *American journal of public health*, 87(3), 393-397. <https://doi.org/10.2105/ajph.87.3.393>
- Larousse, D. (2023). *Client*. <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/client/16519>
- Larsen, J., El-Geneidy, A., & Yasmin, F. (2010). Beyond the quarter mile: Re-examining travel distances by active transportation. *Canadian Journal of Urban Research*, 19(1), 70-88.
- Lave, R., & Mathias, R. (2000). State of the Art of Paratransit. *Transportation in the New Millennium*, 478, 1-7.
- Laviolette, J. (2020). L'état de l'automobile au Québec: constats, tendances et conséquences. *Fondation David Suzuki*.
- Le Thi Kim, N., Duvernay, D., & Le Thanh, H. (2021). Determinants of financial performance of listed firms manufacturing food products in Vietnam: regression analysis and Blinder–Oaxaca decomposition analysis. *Journal of Economics and Development*, 23(3), 267-283.
- Lebrasseur, A., Fortin-Bédard, N., Lettre, J., Bussi eres, E.-L., Best, K., Boucher, N., Hotton, M., Beaulieu-Bonneau, S., Mercier, C., & Lamontagne, M.-E. (2021). Impact of COVID-19 on people with physical disabilities: a rapid review. *Disability and Health Journal*, 14(1), 101014.
- Lefebvre-Ropars, G.-L. (2017). *Analyse de la contribution des indicateurs de marchabilit     la mod    lisation de la demande pi    tonne*. Ecole Polytechnique, Montreal (Canada).

- Lei, D., Chen, X., Cheng, L., Li, H., Wang, P., & Xie, Z. (2017). *Exploring Passenger Boarding Time Differences of Adults and Seniors: A Smart Card Data Based-Study of Changzhou, China*.
- Leistner, D. L., & Steiner, R. L. (2017). Uber for seniors?: exploring transportation options for the future. *Transportation Research Record*, 2660(1), 22-29.
- Lesiack, K., & Bargaoui, W. (2023). *À pied en sécurité : aménager la traversée des artères* 57e Congrès de l'AQTr | Cap sur le changement : Nouvelles réalités en transports, <https://aqtr.com/association/evenements/57e-congres-laqtr-cap-changement-nouvelles-realites-transport/pied-securite-amenager-traversee-arteres>
- Lesik, S. A., & Fallahi, C. R. (2011). Salary equity studies: an analysis of using the Blinder-Oaxaca decomposition to estimate differences in faculty salaries by gender. *Journal of modern applied statistical methods*, 10(2), 24.
- Leslie, E., Cerin, E., Dutoit, L., Owen, N., & Bauman, A. (2007). Objectively assessing 'walkability' of local communities: using GIS to identify the relevant environmental attributes. *GIS for Health and the Environment: Development in the Asia-Pacific Region With 110 Figures*, 91-104.
- Levasseur, M., Gagnéux, M., Bruneau, J.-F., Vanasse, A., Chabot, É., Beaulac, C., & Bédard, M.-M. (2015). Importance of proximity to resources, social support, transportation and neighborhood security for mobility and social participation in older adults: results from a scoping study. *BMC public health*, 15(1), 1-19.
- Levine, J. (1997). ADA and the demand for paratransit. *Transportation Quarterly*, 51(1).

- Levinson, H. (2003). Report 90 Bus Rapid Transit, volume I case studies in Bus Rapid Transit. *Transit cooperative research program. Washington DC.*
- Levinson, H. S. (1983). *Analyzing transit travel time performance.*
- Lian, J.-W., & Yen, D. C. (2014, 2014/08/01/). Online shopping drivers and barriers for older adults: Age and gender differences. *Computers in Human Behavior*, 37, 133-143.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.04.028>
- Lid, I. M., & Solvang, P. K. (2016, 2016/04/01/). (Dis)ability and the experience of accessibility in the urban environment. *Alter*, 10(2), 181-194.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.alter.2015.11.003>
- Lima, J. P., & Machado, M. H. (2019, 2019/06/01/). Walking accessibility for individuals with reduced mobility: A Brazilian case study. *Case Studies on Transport Policy*, 7(2), 269-279.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cstp.2019.02.007>
- Lin, T.-m., & Wilson, N. H. (1992). Dwell time relationships for light rail systems. *Transportation Research Record*(1361).
- Liu, L., Miller, H. J., & Scheff, J. (2020). The impacts of COVID-19 pandemic on public transit demand in the United States. *PLOS ONE*, 15(11), e0242476.
- Loa, P., Hossain, S., Mashrur, S. M., Liu, Y., Wang, K., Ong, F., & Habib, K. N. (2021). Exploring the impacts of the COVID-19 pandemic on modality profiles for non-mandatory trips in the Greater Toronto Area. *Transport Policy*, 110, 71-85.

- Lockett, D., Willis, A., & Edwards, N. (2005, Sep). Through seniors' eyes: an exploratory qualitative study to identify environmental barriers to and facilitators of walking. *Can J Nurs Res*, 37(3), 48-65.
- Louis, J., & Morio, C. (2015). Intérêts et limites du vélo à assistance électrique pour la rééducation et la promotion de l'exercice physique.
- Lubin, A., & Deka, D. (2012). Role of Public Transportation as Job Access Mode:Lessons from Survey of People with Disabilities in New Jersey. *Transportation Research Record*, 2277(1), 90-97. <https://doi.org/10.3141/2277-11>
- Maamar, M., Khibri, H., Harmouche, H., Ammouri, W., Tazi-Mezalek, Z., & Adnaoui, M. (2020, 2020/12/01/). Impact du confinement sur la santé des personnes âgées durant la pandémie COVID-19. *NPG Neurologie - Psychiatrie - Gériatrie*, 20(120), 322-325. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.npg.2020.10.006>
- MacKenzie, A. M. (2014). *Divergent Disability Rates in Canada: Analysis of the Social Determinants of Disability* [Carleton University].
- Magassy, T. B., Batur, I., Mondal, A., Asmussen, K. E., Pendyala, R. M., Bhat, C. R., Salon, D., Bhagat-Conway, M., Javadinasr, M., & Chauhan, R. Evolution of Mode Use Due to COVID-19 Pandemic in the United States: Implications for the Future of Transit.
- Mageau-Béland, J. (2023). *Transformation de la mobilité montréalaise* ACFAS, Montréal. <https://www.acfas.ca/evenements/congres/programme/90/200/201/c>

- Mahmood, A., O'Dea, E., Bigonnesse, C., Labbe, D., Mahal, T., Qureshi, M., & Mortenson, W. B. (2020, 2020/07/02). Stakeholders Walkability/Wheelability Audit in Neighbourhoods (SWAN): user-led audit and photographic documentation in Canada. *Disability & Society*, 35(6), 902-925. <https://doi.org/10.1080/09687599.2019.1649127>
- Manaugh, K., & El-Geneidy, A. (2011). Validating walkability indices: How do different households respond to the walkability of their neighborhood? *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 16(4), 309-315.
- Mao, Z., Ettema, D., & Dijst, M. (2018, 2018/05/01). Analysis of travel time and mode choice shift for non-work stops in commuting: case study of Beijing, China. *Transportation*, 45(3), 751-766. <https://doi.org/10.1007/s11116-016-9749-8>
- Marin, M. (2020a). *Survival Analysis Part 2 | Survival Function, Hazard, & Hazard Ratio*. <https://www.youtube.com/watch?v=MdmWdIV5k-I>
- Marin, M. (2020b). *Survival analysis Part 3 | Kaplan-Meier vs exponential vs Cox proportional Hazard (Pros and Con)*. <https://www.youtube.com/watch?v=K7bmmbD7KIg>
- Marquet, O., Hipp, J. A., & Miralles-Guasch, C. (2017, 2017/12/01/). Neighborhood walkability and active ageing: A difference in differences assessment of active transportation over ten years. *Journal of Transport & Health*, 7, 190-201. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jth.2017.09.006>
- Márquez, L., Pineda, L. X., & Poveda, J. C. (2022, 2022/11/01/). Mobility-impaired people's preferences for a specialized paratransit service as BRT's feeder: The role of autonomy, relatedness, and competence. *Transportation research part A: policy and practice*, 165, 172-185. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tra.2022.09.008>

- Mathias, R. G. (2005). *Practices in no-show and late cancellation policies for ADA paratransit*. Transportation Research Board.
- McDonald, C. M., Henricson, E. K., Han, J. J., Abresch, R. T., Nicorici, A., Elfring, G. L., Atkinson, L., Reha, A., Hirawat, S., & Miller, L. L. (2010). The 6-minute walk test as a new outcome measure in Duchenne muscular dystrophy. *Muscle & Nerve*, 41(4), 500-510. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/mus.21544>
- Meloche, K. (2022). Les impacts des mesures sanitaires en contexte de la COVID-19 sur les personnes âgées vivant dans les centres d'hébergement de soins de longue durée au Canada.
- Meng, Q., & Qu, X. (2013). Bus dwell time estimation at bus bays: A probabilistic approach. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 36, 61-71.
- Menninger-Mayeda, H., Berger, P. M., Berger, D. E., McCormick, B., & Boyle, D. K. (2004). Demand forecasting and the Americans with Disabilities Act: Orange county, California, Transportation Authority's access program. *Transportation Research Record*, 1884(1), 55-64.
- Menninger, H., & Sedig, V. (2011). *Quantifying and meeting door assistance transportation needs in the ADA paratransit environment: Los Angeles County, CA*.
- Menninger, H., & Werly, V. (2014). Americans with disabilities act cost savings and increased fixed-route ridership through transit agency travel training: case study of Riverside transit agency, California. *Transportation Research Record*, 2469(1), 89-99.

- Meshram, A. (2018). *Best Practices in ADA Paratransit: Cost Reduction and Service Enhancement*. University of California, Davis.
- Meyers, A. R., Anderson, J. J., Miller, D. R., Shipp, K., & Hoenig, H. (2002, 2002/10/01/). Barriers, facilitators, and access for wheelchair users: substantive and methodologic lessons from a pilot study of environmental effects. *Social Science & Medicine*, 55(8), 1435-1446. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0277-9536\(01\)00269-6](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0277-9536(01)00269-6)
- Michael, Y. L., Green, M. K., & Farquhar, S. A. (2006). Neighborhood design and active aging. *Health & Place*, 12(4), 734-740.
- Michael, Y. L., Keast, E. M., Chaudhury, H., Day, K., Mahmood, A., & Sarte, A. F. I. (2009, 2009/03/01/). Revising the senior walking environmental assessment tool. *Preventive Medicine*, 48(3), 247-249. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2008.12.008>
- Mindorff, M. (2019). *Performance Managing a Mixed Paratransit Fleet* Transportation Research Board 98th Annual Meeting,
- Minelgaitė, A., Dagiliūtė, R., & Liobikienė, G. (2020). The Usage of Public Transport and Impact of Satisfaction in the European Union. *Sustainability*, 12(21), 9154. <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/21/9154>
- Mongeon-Bourbonnais, P.-L. (2016). *Outil intégré de collecte, d'analyse et de visualisation de données de mobilité*. Ecole Polytechnique, Montreal (Canada).

- Moreira, J. P. C. L. M. (2008). *Travel time prediction for the planning of mass transit companies: a machine learning approach* Universidade do Porto (Portugal)].
- Morency, C., Trépanier, M., & Agard, B. (2007). Measuring transit use variability with smart-card data. *Transport Policy*, 14(3), 193-203.
- Moriarty, J. A., Patton, R., & Volk, W. (1991). The I system: A campus and community bus system for the University of Illinois at Champaign-Urbana. *Transportation Research Record*(1297).
- Morse, L., Trompet, M., Barron, A., & Graham, D. J. (2017). Development of a key performance indicator system to benchmark relative paratransit performance. *Transportation Research Record*, 2650(1), 1-8.
- Moudon, A. V., & Lee, C. (2003). Walking and Bicycling: An Evaluation of Environmental Audit Instruments. *American journal of health promotion*, 18(1), 21-37. <https://doi.org/10.4278/0890-1171-18.1.21>
- MTMD. (2020). *Programme d'adaptation de véhicule pour les personnes handicapées*. https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/adm/min/transports/transports/transport_adapte/modalites-PAV.pdf
- MTMD. (2023a). *Admissibilité au transport adapté*. <https://www.quebec.ca/transports/transport-adapte/admissibilite-transport-adapte>
- MTMD. (2023b). *Demande d'admission au transport adapté*. Retrieved 2023-03-24 from <https://www.stm.info/sites/default/files/pdf/fr/formadm.pdf>

- Mueller, N., Rojas-Rueda, D., Basagaña, X., Cirach, M., Cole-Hunter, T., Dadvand, P., Donaire-Gonzalez, D., Foraster, M., Gascon, M., & Martinez, D. (2017). Health impacts related to urban and transport planning: a burden of disease assessment. *Environment international*, 107, 243-257.
- Mueller, N., Rojas-Rueda, D., Cole-Hunter, T., de Nazelle, A., Dons, E., Gerike, R., Götschi, T., Int Panis, L., Kahlmeier, S., & Nieuwenhuijsen, M. (2015, 2015/07/01/). Health impact assessment of active transportation: A systematic review. *Preventive Medicine*, 76, 103-114. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2015.04.010>
- Mulley, C., & Nelson, J. D. (2016). Shaping the new future of paratransit: An agenda for research and practice. *Transportation Research Record*, 2542(1), 17-24.
- Mumayiz, S. (1990). Evaluating performance and service measures for the airport landside. *Transportation Research Record*, 1296, 23-30.
- Munn, I. A., & Hussain, A. (2010). Factors determining differences in local hunting lease rates: insights from Blinder-Oaxaca decomposition. *Land Economics*, 86(1), 66-78.
- Musselwhite, C., Avineri, E., & Susilo, Y. (2021). Restrictions on mobility due to the coronavirus Covid19: Threats and opportunities for transport and health. *Journal of Transport & Health*, 20, 101042.
- NADTC. (2020). *What is ADA complementary paratransit?* <https://www.nadtc.org/about/transportation-aging-disability/ada-and-paratransit/>

- Nagy, Á., Munkácsy, G., & Györffy, B. (2021, 2021/03/15). Pancancer survival analysis of cancer hallmark genes. *Scientific Reports*, 11(1), 6047. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-84787-5>
- Nasrullah, N., Afif, N. C., & Kaukab, M. E. (2020). Exploring Passengers' Attitudes and Loyalty in Jabodetabek Paratransit During Covid-19 Pandemic. *European Journal of Molecular & Clinical Medicine*, 7(8), 1618-1627.
- Nation Unies. (2006). *Convention relative aux droits des personnes handicapées*.
- National Council on Disability. (2015). Transportation update: Where we've gone and what we've learned.
- Nations Unies. (2019). *World Population Prospects 2019: Methodology of the United Nations population estimates and projections*. <https://population.un.org/wpp/>
- Negron-Poblete, P., & Lord, S. (2014). Marchabilité des environnements urbains autour des résidences pour personnes âgées de la région de Montréal : application de l'audit MAPPA. *Cahiers de géographie du Québec*, 58(164), 233-257. <https://doi.org/https://doi.org/10.7202/1031168ar>
- Nie, Q., Qian, X., Guo, S., Jones, S., Doustmohammadi, M., & Anderson, M. D. (2022). Impact of COVID-19 on paratransit operators and riders: A case study of central Alabama. *Transportation research part A: policy and practice*.
- Niemeier, D. A., & Morita, J. G. (1996, 1996/11/01). Duration of trip-making activities by men and women. *Transportation*, 23(4), 353-371. <https://doi.org/10.1007/BF00223061>

- Noland, R. B., & Ishaque, M. M. (2006, 2006/12/01/). Smart Bicycles in an Urban Area: Evaluation of a Pilot Scheme in London. *Journal of Public Transportation*, 9(5), 71-95. <https://doi.org/https://doi.org/10.5038/2375-0901.9.5.5>
- Nourbakhsh, S. M., & Ouyang, Y. (2012, 2012/01/01/). A structured flexible transit system for low demand areas. *Transportation Research Part B: Methodological*, 46(1), 204-216. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trb.2011.07.014>
- O'Brien, R. M. (2000, 2000/03/01/). Age Period Cohort Characteristic Models. *Social Science Research*, 29(1), 123-139. <https://doi.org/https://doi.org/10.1006/ssre.1999.0656>
- Oaxaca, R. (1973). Male-female wage differentials in urban labor markets. *International economic review*, 693-709.
- Occitanie, R. (2020). Les aides à l'achat et à l'utilisation d'un vélo–liO: Les Transports de Ma Région.
- OCDE. (2010). *Sickness, Disability and Work: Breaking the Barriers: Canada*. <https://doi.org/doi:https://doi.org/10.1787/9789264090422-en>
- Odeck, J., Hagen, T., & Fearnley, N. (2010, 2010/01/01/). Economic appraisal of universal design in transport: Experiences from Norway. *Research in Transportation Economics*, 29(1), 304-311. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.retrec.2010.07.038>
- Ogilvie, D., Egan, M., Hamilton, V., & Petticrew, M. (2004). Promoting walking and cycling as an alternative to using cars: systematic review. *Bmj*, 329(7469), 763.

- Ogilvie, D., Foster, C. E., Rothnie, H., Cavill, N., Hamilton, V., Fitzsimons, C. F., & Mutrie, N. (2007). Interventions to promote walking: systematic review. *Bmj*, 334(7605), 1204.
- Okayama, M. (2009). An Attitude Analysis of Elderly People toward Mobility and Community Bus in Rural Area-Case Study of the Osaki-Kamijima Island in Japan. Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies Vol. 7 (The 8th International Conference of Eastern Asia Society for Transportation Studies, 2009),
- Olazabal, I. (2017). *Les éclaireurs - Lexique pour décrire les personnes vieillissantes*, Ohdio, Radio Canada. <https://ici.radio-canada.ca/ohdio/premiere/emissions/les-eclaireurs/segments/chronique/27545/delicat-usage-lexique-mot-vieillesse>
- Olsson, A.-L. L. (2003). Factors that influence choice of travel mode in major urban areas. *The Attractiveness of Park & Ride*.
- OMS. (2001). *Classification internationale du fonctionnement du handicap et de la santé*. https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42418/9242545422_fre.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- OMS. (2023). *Vieillissement et santé*. <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/ageing-and-health>
- OPHQ. (2019). MIEUX COMPRENDRE - Personne handicapée ou personne en situation de handicap, y a-t-il une différence? *Express-O*, 13(4). <https://www.ophq.gouv.qc.ca/publications/cyberbulletins-de-loffice/express-o/volume-13-numero-4-ete-2019/mieux-comprendre/personne-handicapee-ou-personne-en-situation-de-handicap-y-a-t-il-une->

difference.html#:~:text=Le%20terme%20%C2%AB%20personne%20en%20situation,pour%20d%C3%A9signer%20des%20personnes%20handicap%C3%A9es.

OPHQ. (2021). *Vers des parcours sans obstacles*. <https://www.ophq.gouv.qc.ca/publications/guides-de-loffice/guides-pour-les-ministeres-les-organismes-publics-et-les-municipalites/vers-des-parcours-sans-obstacles/3-trottoirs.html>

OQLF. (2023). *personne âgée*. <https://vitrinelinguistique.oqlf.gouv.qc.ca/fiche-gdt/fiche/17049404/personne-agee>

Oregon Gouvernement. (2023). *Lane Transit Distrcit Services and Programs*. <https://www.oregon.gov/odot/RPTD/STIFDiscretionary/LTD-1-LTD-Services-and-Programs-STIF-InterComm.pdf>

Orellana, D., Bustos, M. E., Marín-Palacios, M., Cabrera-Jara, N., & Hermida, M. A. (2020, 2020/03/01/). Walk'n'roll: Mapping street-level accessibility for different mobility conditions in Cuenca, Ecuador. *Journal of Transport & Health*, 16, 100821. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jth.2020.100821>

Ospino, C. G., Roldan Vasquez, P., & Barraza Narvaez, N. (2010). Oaxaca-Blinder wage decomposition: Methods, critiques and applications. A literature review. *Revista de economía del Caribe*(5), 237-274.

PAH. (2023). *Les nuances entre handicap, déficience, incapacité*. <https://www.plateformeannoncehandicap.be/professionnel/handicap-societe/les-nuances-entre-handicap-deficience-incapacite/>

- Palm, M., Dos Santos, H., Abchiche-Lima, L., Hosford, K., Comeau, É., Newbold, K. B., Ross, T., Winters, M., & Widener, M. (2022). A Review on the Implications of COVID-19 for Delivering Equitable Transportation.
- Paquin, S., Gravel, F., & Forgues, K. (2018). *Étudier nos rues du point de vue des piétons: un pas de plus pour améliorer la qualité de vie et les déplacements actifs*. Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux du Centre-Sud
- Parady, G., Taniguchi, A., & Takami, K. (2020, 2020/09/01/). Travel behavior changes during the COVID-19 pandemic in Japan: Analyzing the effects of risk perception and social influence on going-out self-restriction. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 7, 100181. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trip.2020.100181>
- Park, J., & Chowdhury, S. (2018, 2018/09/01/). Investigating the barriers in a typical journey by public transport users with disabilities. *Journal of Transport & Health*, 10, 361-368. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jth.2018.05.008>
- Park, K., Chamberlain, B., Song, Z., Esfahani, H. N., Sheen, J., Larsen, T., Novack, V. L., Licon, C., & Christensen, K. (2022). A double jeopardy: COVID-19 impacts on the travel behavior and community living of people with disabilities. *Transportation research part A: policy and practice*, 156, 24-35.
- Parks, J. R., & Schofer, J. L. (2006, 2006/07/01/). Characterizing neighborhood pedestrian environments with secondary data. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 11(4), 250-263. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trd.2006.04.003>

- Pearson, A. (2018). The Debate about Wheelchair Spaces on Buses Goes 'round and round': Access to Public Transport for People with Disabilities as a Human Right. *N. Ir. Legal Q.*, 69, 1.
- Persson, C. P. (1998). The Railway Station and The Interregional Traveller-traveller preferences and implications for the planning process.
- Persson, H., Åhman, H., Yngling, A. A., & Gulliksen, J. (2015). Universal design, inclusive design, accessible design, design for all: different concepts—one goal? On the concept of accessibility—historical, methodological and philosophical aspects. *Universal Access in the Information Society*, 14, 505-526.
- Peters, D., & Bhusal, S. (2020). Paratransit. In *Handbook of sustainable transport*. Edward Elgar Publishing.
- Pfeiffer, B., Brusilovskiy, E., Hallock, T., Salzer, M., Davidson, A. P., Slugg, L., & Feeley, C. (2022, 2022/04/01). Impact of COVID-19 on Community Participation and Mobility in Young Adults with Autism Spectrum Disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 52(4), 1553-1567. <https://doi.org/10.1007/s10803-021-05054-0>
- Pfeiffer, B., Sell, A., & Bevans, K. B. (2020, 2020/03/01/). Initial evaluation of a public transportation training program for individuals with intellectual and developmental disabilities: Short report. *Journal of Transport & Health*, 16, 100813. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jth.2019.100813>
- Pikora, T. J., Bull, F. C. L., Jamrozik, K., Knuiman, M., Giles-Corti, B., & Donovan, R. J. (2002, 2002/10/01/). Developing a reliable audit instrument to measure the physical environment for

physical activity. *American Journal of Preventive Medicine*, 23(3), 187-194.
[https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0749-3797\(02\)00498-1](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0749-3797(02)00498-1)

Pikora, T. J., Giles-Corti, B., Knuiman, M. W., Bull, F. C., Jamrozik, K., & Donovan, R. J. (2006, Apr). Neighborhood environmental factors correlated with walking near home: Using SPACES. *Med Sci Sports Exerc*, 38(4), 708-714. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000210189.64458.f3>

Pisoni, E., Christidis, P., & Navajas Cawood, E. (2022, 2022/02/01/). Active mobility versus motorized transport? User choices and benefits for the society. *Science of The Total Environment*, 806, 150627. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150627>

Pisoni, E., Christidis, P., Thunis, P., & Trombetti, M. (2019). Evaluating the impact of “Sustainable Urban Mobility Plans” on urban background air quality. *Journal of environmental management*, 231, 249-255.

Plante, A.-M. (2023). *Ainés et mobilité active : un avenir à mettre en marche* 57e Congrès de l'AQTr | Cap sur le changement : Nouvelles réalités en transports, Québec (Canada). <https://aqtr.com/association/evenements/57e-congres-laqtr-cap-changement-nouvelles-realites-transports/aines-mobilite-active-avenir-mettre-marche>

Plouffe, C. (2014). *Modélisation âge-période-cohorte-caractéristiques de la demande de transport* École Polytechnique de Montréal].

Pocock, S. J., Gore, S. M., & Kerr, G. R. (1982). Long term survival analysis: the curability of breast cancer. *Statistics in medicine*, 1(2), 93-104.

- Polzin, S. E., Chu, X., & Rey, J. R. (2000). Density and captivity in public transit success: observations from the 1995 nationwide personal transportation study. *Transportation Research Record*, 1735(1), 10-18.
- Prasertsubpakij, D., & Nitivattananon, V. (2012, 2012/07/01/). Evaluating accessibility to Bangkok Metro Systems using multi-dimensional criteria across user groups. *IATSS research*, 36(1), 56-65. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.iatssr.2012.02.003>
- Prayogi, L., & Satwikasari, A. F. (2019). Bus Rapid Transit-oriented Development: An Identification of Bus Rapid Transit System Passengers' Modal Shift Potential Considerations. *CSID Journal of Infrastructure Development*, 2(1), 127-136.
- Pucher, J., Dill, J., & Handy, S. (2010). Infrastructure, programs, and policies to increase bicycling: An international review. *Preventive Medicine*, 50, S106-S125.
- Pusateri, A. E., Moore, E. E., Moore, H. B., Le, T. D., Guyette, F. X., Chapman, M. P., Sauaia, A., Ghasabyan, A., Chandler, J., & McVane, K. (2020). Association of prehospital plasma transfusion with survival in trauma patients with hemorrhagic shock when transport times are longer than 20 minutes: a post hoc analysis of the PAMPer and COMBAT clinical trials. *JAMA surgery*, 155(2), e195085-e195085.
- Qiu, F., Li, W., & Haghani, A. (2015). A methodology for choosing between fixed-route and flex-route policies for transit services. *Journal of advanced transportation*, 49(3), 496-509.
- Quantum. (2021). *How Fast Do Motorized Wheelchairs Go?* Retrieved 2021-10-18 from <https://www.quantumrehab.com/resources/consumer-article-how-fast-do-motorized-wheelchairs-go.asp>

- Rahman, M. M., Jahan, J., & Zhou, Y. (2020, 2020//). Alleviating Traffic Congestion by the Strategy of Modal Shift from Private Cars to Public Transports: A Case of Dhaka City, Bangladesh. *Proceedings of the 2018 Conference of the Computational Social Science Society of the Americas*, Cham.
- Rahman, M. M., Strawderman, L., Adams-Price, C., & Turner, J. J. (2016, 2016/05/01/). Transportation alternative preferences of the aging population. *Travel Behaviour and Society*, 4, 22-28. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tbs.2015.12.003>
- Rahul, T. M., & Verma, A. (2014, 2014/06/01/). A study of acceptable trip distances using walking and cycling in Bangalore. *Journal of Transport Geography*, 38, 106-113. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2014.05.011>
- Ranahan, M. E., Maisel, J., & Lenker, J. A. (2018). How transit agencies implement best practice strategies in complementary ADA paratransit eligibility. *Journal of Public Transportation*, 21(2), 5.
- Rapegno, N., & Ravaud, J.-F. (2017). Disability, residential environment and social participation: factors influencing daily mobility of persons living in residential care facilities in two regions of France. *BMC health services research*, 17(1), 1-15.
- Rasca, S., Markvica, K., & Ivanschitz, B. P. (2021). Impacts of COVID-19 and pandemic control measures on public transport ridership in European urban areas—The cases of Vienna, Innsbruck, Oslo, and Agder. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 10, 100376.
- Rashidi, S., Ataeian, S., & Ranjitkar, P. (2023, 2023/01/02). Estimating bus dwell time: A review of the literature. *Transport Reviews*, 43(1), 32-61. <https://doi.org/10.1080/01441647.2021.2023692>

- Rashidi, S., & Ranjitkar, P. (2015). Estimation of bus dwell time using univariate time series models. *Journal of advanced transportation*, 49(1), 139-152.
- Rashidi, S., Ranjitkar, P., Balemi, A., & Hadas, Y. (2013). Modelling and estimation of bus dwell time using artificial intelligence based methods. 92nd Annual Meeting of Transportation Research Board,
- Raustorp, J., & Koglin, T. (2019). The potential for active commuting by bicycle and its possible effects on public health. *Journal of Transport & Health*, 13, 72-77.
- Régie du bâtiment du Québec. (2019). *Accessibilité des bâtiments aux personnes handicapées*. <https://www.rbq.gouv.qc.ca/domaines-dintervention/batiment/la-reglementation/chapitre-batiment-du-code-de-construction/accessibilite-des-batiments-aux-personnes-handicapees.html>,
- Régie du bâtiment du Québec. (2023). *Accessibilité des bâtiments aux personnes handicapées*. <https://www.rbq.gouv.qc.ca/domaines-dintervention/batiment/la-reglementation/chapitre-batiment-du-code-de-construction/accessibilite-des-batiments-aux-personnes-handicapees/>
- REM. (2019). *Le REM et l'accès universel*. https://rem.info/sites/default/files/document/Fiche_acces_FR_24052019%20%28002%29.pdf
- Rich, J. T., Neely, J. G., Paniello, R. C., Voelker, C. C., Nussenbaum, B., & Wang, E. W. (2010). A practical guide to understanding Kaplan-Meier curves. *Otolaryngology—Head and Neck Surgery*, 143(3), 331-336.

- Riggs, W., & Pande, A. (2022). On-demand microtransit and paratransit service using autonomous vehicles: Gaps and opportunities in accessibility policy. *Transport Policy*, 127, 171-178.
- Rimmer, J., Eisenberg, Y., Graham, B., Lullo, C., & Madrigal, J. (2009). Q-PAT, the health empowerment zone environmental assessment tool. The health disparities and social justice conference 2009: a focus on families,
- Rippe, J. M., Ward, A., Porcari, J. P., & Freedson, P. S. (1988). Walking for health and fitness. *Jama*, 259(18), 2720-2724.
- Risser, R., Haindl, G., & Ståhl, A. (2010). Barriers to senior citizens' outdoor mobility in Europe. *European journal of ageing*, 7(2), 69-80. <https://doi.org/10.1007/s10433-010-0146-4>
- Robitaille, É. (2012). *Portrait de l'environnement bâti et de l'environnement des services*. desLibris.
- Rocque, S., Langevin, J., Chalghoumi, H., & Ghorayeb, A. (2011). Accessibilité universelle et designs contributifs dans un processus évolutif. *Développement humain, handicap et changement social*, 19(3), 7-24.
- Rodríguez-López, C., Salas-Fariña, Z. M., Villa-González, E., Borges-Cosic, M., Herrador-Colmenero, M., Medina-Casabón, J., Ortega, F. B., & Chillón, P. (2017). The threshold distance associated with walking from home to school. *Health Education & Behavior*, 44(6), 857-866.
- Roentgen, U. R., Gelderblom, G. J., Soede, M., & De Witte, L. P. (2008). Inventory of electronic mobility aids for persons with visual impairments: A literature review. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 102(11), 702-724.

- Rosa, M., Pinto, P., & Assunção, H. (2020). An evaluation of the universal accessibility of bus stop environments by senior tourists. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 15(6), 835-840.
- RTC. (2023). *Service d'accompagnement en mobilité intégrée (SAMI)*. <https://www.rtcquebec.ca/informations-pratiques/conseils/service-daccompagnement-en-mobilite-integree-sami>
- Rudnicki, A. (1997). Measures of regularity and punctuality in public transport operation. *IFAC Proceedings Volumes*, 30(8), 661-666.
- RUTA Montréal. (2019). *Loi concernant le transport rémunéré de personnes par automobile*. <http://rutamtl.com/wp-content/uploads/2021/01/Memoire-sur-le-projet-de-loi-n.17-Loi-concernant-le-transport-remunere-de-personnes-par-automobile.pdf>
- Ruvolo, M. (2020). Access denied? Perceptions of new mobility services among disabled people in San Francisco.
- SAAQ. (2021a). *Guide explicatif du Règlement relatif à la santé des conducteurs* (S. d. l. a. a. d. Québec, Ed.). <https://numerique.banq.qc.ca/patrimoine/details/52327/4451391>
- SAAQ. (2021b). *Moyens de déplacement - En véhicule autonome*. <https://saaq.gouv.qc.ca/securite-routiere/moyens-deplacement/vehicule-autonome#:~:text=Par%20v%C3%A9hicule%20autonome%2C%20on%20entend,Society%20of%20Automotive%20Engineers%20International.>

- Sadeghpour, M., & Ögüt, K. S. (2017). *Analyzing Passenger Boarding and Alighting Service Times for Bus Transportation in Istanbul*.
- Saelens, B. E., & Handy, S. L. (2008, Jul). Built environment correlates of walking: a review. *Med Sci Sports Exerc*, 40(7 Suppl), S550-566. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31817c67a4>
- Salbach, N. M., O'Brien, K. K., Brooks, D., Irvin, E., Martino, R., Takhar, P., Chan, S., & Howe, J.-A. (2015, 2015/02/01/). Reference values for standardized tests of walking speed and distance: A systematic review. *Gait & Posture*, 41(2), 341-360. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2014.10.002>
- Salon, D., Conway, M. W., Capasso da Silva, D., Chauhan, R. S., Derrible, S., Mohammadian, A., Khoeini, S., Parker, N., Mirtich, L., & Shamshiripour, A. (2021). The potential stickiness of pandemic-induced behavior changes in the United States. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(27), e2106499118.
- San Francisco Department of Public Health, P. o. H., Equity and Sustainability, Environmental Health Section,. (2008). *The Pedestrian Environmental Quality Index (PEQI): An assessment of the physical condition of streets and intersections, DRAFT Methods Report, v. 1.1; Fall 200*. <https://nacto.org/wp-content/uploads/2015/04/Pedestrian-Environmental-Quality-Index-Part-I.pdf>
- Satiennam, T., Jaensirisak, S., Satiennam, W., & Detdamrong, S. (2016, 2016/03/01/). Potential for modal shift by passenger car and motorcycle users towards Bus Rapid Transit (BRT) in an Asian developing city. *IATSS research*, 39(2), 121-129. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.iatssr.2015.03.002>

- Scheepers, C., Wendel-Vos, G., Den Broeder, J., Van Kempen, E., Van Wesemael, P., & Schuit, A. (2014). Shifting from car to active transport: a systematic review of the effectiveness of interventions. *Transportation research part A: policy and practice*, 70, 264-280.
- Schreuer, N., Plaut, P., Golan, L., & Sachs, D. (2019, 2019/12/01/). The relations between walkable neighbourhoods and active participation in daily activities of people with disabilities. *Journal of Transport & Health*, 15, 100630. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jth.2019.100630>
- Schur, L. (2002). The difference a job makes: The effects of employment among people with disabilities. *Journal of Economic Issues*, 36(2), 339-347.
- Sen, B. (2014). Using the Oaxaca–Blinder decomposition as an empirical tool to analyze racial disparities in obesity. *Obesity*, 22(7), 1750-1755.
- Sen, B., Morrissey, M. A., Ginter, P. M., & Menachemi, N. (2012). Analyzing the gender gap in the salary of health administration faculty of health administration faculty. *The Journal of Health Administration Education*, 29(4).
- Seneviratne, P. N. (1985). Acceptable walking distances in central areas. *Journal of Transportation Engineering*, 111(4), 365-376.
- Sengupta, D. (2002). Internet Applications for Paratransit Performance Analysis: The Winston-Salem Case Study.
- SFMTA. (2023). *Travel Training-Learn how to ride Muni with ease and confidence*. <https://www.sfmta.com/getting-around/accessibility/travel-training>

- Shah, H. (2020). A Glass Escalator for Female UVA Graduates? Gender Gaps Across the Starting Salary Distribution. *Atlantic Economic Journal*, 48(4), 539-541.
- Shakibaei, S., de Jong, G. C., Alpkökin, P., & Rashidi, T. H. (2021, 2021/02/01/). Impact of the COVID-19 pandemic on travel behavior in Istanbul: A panel data analysis. *Sustainable Cities and Society*, 65, 102619. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102619](https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102619)
- Sharifi, M. S., Stuart, D., Christensen, K., Chen, A., Kim, Y. S., & Chen, Y. (2016). Analysis of Walking Speeds Involving Individuals with Disabilities in Different Indoor Walking Environments. *Journal of Urban Planning and Development*, 142(1), 04015010. [https://doi.org/doi:10.1061/\(ASCE\)UP.1943-5444.0000288](https://doi.org/doi:10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000288)
- Shen, C.-W., & Kuo, P.-F. (2015). Variable selection of travel demand models for paratransit service: A data mining approach. In *CICTP 2015* (pp. 1568-1579).
- Sherafati, F., Rad, E. H., Afkar, A., Gholampoor-Sigaroodi, R., & Sirusbakht, S. (2017). Risk factors of road traffic accidents associated mortality in northern iran; a single center experience utilizing oaxaca blinder decomposition. *Bulletin of Emergency & Trauma*, 5(2), 116.
- Shiozu, Y., Kimura, K., Shimohara, K., & Yonezaki, K. (2017). Willingness to pay for community bus services: a Japanese case study. 2017 56th Annual Conference of the Society of Instrument and Control Engineers of Japan (SICE),

- Shortall, R., Mouter, N., & Van Wee, B. (2022, 2022/07/04). COVID-19 passenger transport measures and their impacts. *Transport Reviews*, 42(4), 441-466. <https://doi.org/10.1080/01441647.2021.1976307>
- Shoup, D. C. (1997, 1997/10/01/). Evaluating the effects of cashing out employer-paid parking: Eight case studies. *Transport Policy*, 4(4), 201-216. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0967-070X\(97\)00019-X](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0967-070X(97)00019-X)
- Smith, B. L., & Demetsky, M. J. (1994). Short-term traffic flow prediction models-a comparison of neural network and nonparametric regression approaches. Proceedings of IEEE international conference on systems, man and cybernetics,
- Soltani, A., Allan, A., & Nguyen, H. A. (2019). Developing a behavioural model for modal shift in commuting. *Computational Urban Planning and Management for Smart Cities* 16, 347-371.
- Soltani, A., Tanko, M., Burke, M. I., & Farid, R. (2015). Travel patterns of urban linear ferry passengers: Analysis of smart card fare data for Brisbane, Queensland, Australia. *Transportation Research Record*, 2535(1), 79-87.
- Son, J.-H., & Kim, D.-G. (2022, 2022/07/01). Investigating Spatiotemporal Characteristics of Demand Responsive Transport (DRT) Service for the Disabled through Survival Analysis. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 26(7), 3094-3101. <https://doi.org/10.1007/s12205-022-0807-9>
- Soomro, R., Memon, I. A., Pathan, A. F. H., Mahar, W. A., Sahito, N., & Lashari, Z. A. (2022). Factors That Influence Travelers' Willingness to Adopt Bus Rapid Transit (Green Line) Service in Karachi. *Sustainability*, 14(16), 10184. <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/16/10184>

- Southworth, M. (2005). Designing the walkable city. *Journal of Urban Planning and Development*, 131(4), 246-257.
- Stapleton, D. C. (2003). *The decline in employment of people with disabilities: A policy puzzle*. WE Upjohn Institute.
- Stark, S., Hollingsworth, H. H., Morgan, K. A., & Gray, D. B. (2007, 2007/01/01). Development of a measure of receptivity of the physical environment. *Disability and Rehabilitation*, 29(2), 123-137. <https://doi.org/10.1080/09638280600731631>
- Statcan. (2015). *Projections démographiques pour le Canada, les provinces et les territoires, 2009 à 2036 - ARCHIVÉ*. <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/91-520-x/2010001/aftertoc-aprestdm1-fra.htm>
- Statcan. (2018a). *Canadian Survey on Disability, 2017: Concepts and Methods Guide*. (89-654-X2018001). <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/89-654-x/89-654-x2018001-eng.htm>
- Statcan. (2018b). *Guide des concepts et méthodes de l'Enquête canadienne sur l'incapacité de 2017*. <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/89-654-x/89-654-x2018001-fra.htm>
- Statcan. (2018c). *Persons with and without disabilities aged 15 years and over, by age, group and sex, Canada, provinces, and territories*. (Table 113-10-03-7401. <https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/en/tv.action?pid=1310037401>
- Statcan. (2021). *COVID-19 et décès chez les Canadiens âgés : Surmortalité et effets de l'âge et de la comorbidité*. <https://www.canada.ca/fr/sante-publique/services/maladies/maladie-coronavirus->

covid-19/recherches-donnees-epidemiologiques-economiques/surmortalite-effets-age-comorbidite.html

Statcan. (2023). Statistique sur les adultes âgés et le vieillissement démographique. https://www.statcan.gc.ca/fr/sujets-debut/adultes_ages_et_vieillissement_demographique

Steinfeld, E. (2001). Universal design in mass transportation. *Universal Design Handbook*. New York: McGraw Hill.

STL. (2023a). *PROGRAMME STL COMPAGNON*. <https://stlaval.ca/infos-pratiques/accessibilite/programme-compagnon>

STL. (2023b). *Tarifs et carte OPUS pour aînés*. <https://stlaval.ca/infos-pratiques/aines>

STM. (2012-2015). Plan de développement d'accessibilité universelle 2011-2015. https://www.stm.info/sites/default/files/planaccessibilite_2012-15.pdf

STM. (2016-2020). *Plan de développement d'accessibilité universelle 2016-2020*. https://www.stm.info/sites/default/files/pdf/fr/planaccessibilite_2016-2020.pdf

STM. (2019a). *Network*. <http://www.stm.info/fr/infos/reseaux>

STM. (2019b). *Territoire desservi, Transport adapté*. Retrieved June 24, 2019 from <https://www.stm.info/fr/transport-adapte/utiliser-le-transport-adapte/territoire-desservi>

- STM. (2019c). *Véhicule du transport adapté*. <https://www.stm.info/fr/transport-adapte/utiliser-le-transport-adapte/vehicules-du-transport-adapte>
- STM. (2022a). *Elevator access to the metro*. Retrieved 2022-01-20 from <https://www.stm.info/en/info/universal-accessibility/elevator-access-metro>
- STM. (2022b). *Histoire du transport adapté*. <https://www.stm.info/fr/a-propos/decouvrez-la-STM-et-son-histoire/histoire/histoire-du-transport-adapte#:~:text=Apr%C3%A8s%20la%20Seconde%20Guerre%20mondiale,v%C3%A9ritables%20d%C3%A9buts%20du%20transport%20adapt%C3%A9>.
- STM. (2022c). *Les nouvelles voiture de métro AZUR*. <https://www.stm.info/fr/node/3616/azur>
- STM. (2022d). *Metro history: The 1970's and 1980's*. <http://www.stm.info/fr/a-propos/decouvrez-la-STM-et-son-histoire/histoire/50-ans-dhistoire-du-metro>
- STM. (2023a). *Guide du Transport adapté à l'intention des clients*. <https://www.stm.info/fr/transport-adapte/propos/guide-du-transport-adapte>
- STM. (2023b). *Informations pour les accompagnateurs*. <https://www.stm.info/fr/transport-adapte/consignes-et-conseil/accompagnement>
- STM. (2023c). *Navettes Or*. <https://www.stm.info/fr/infos/reseaux/bus/navettes-or>
- STM. (2023d). *Service à la clientèle*. https://www.stm.info/fr/infos/service-clientele?utm_campaign=menubas&utm_source=serviceclientele

- Sullman, M. J. M., Dorn, L., & Niemi, P. (2015, 2015/09/01/). Eco-driving training of professional bus drivers – Does it work? *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 58, 749-759. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trc.2015.04.010>
- Susilo, Y. O., & Dijst, M. (2009). How Far is Too Far? Travel time ratios for activity participation in the Netherlands. *Transportation Research Record*, 2134(1), 89-98.
- Susilo, Y. O., & Dijst, M. (2010, 2010/02/01). Behavioural decisions of travel-time ratios for work, maintenance and leisure activities in the Netherlands. *Transportation Planning and Technology*, 33(1), 19-34. <https://doi.org/10.1080/03081060903429280>
- Sweet, M. N., & Chen, M. (2011). Does regional travel time unreliability influence mode choice? *Transportation*, 38, 625-642.
- Sze, N. N., & Christensen, K. M. (2017). Access to urban transportation system for individuals with disabilities. *IATSS research*, 41(2), 66-73.
- Taber, D. R., Robinson, W. R., Bleich, S. N., & Wang, Y. C. (2016). Deconstructing race and gender differences in adolescent obesity: Oaxaca-blinder decomposition. *Obesity*, 24(3), 719-726.
- Takebayashi, H., & Nitta, Y. (2010). A Study on Revision Processes of Community Bus Services Provided by Local Governments-A Case Study on the. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 8, 1329-1340.

- Tan, S., & Hansen, T. (2015). *Impacts of Coordination Between Fixed-Route and Paratransit on Service Sustainability*.
- Tan, S., Park, E. S., & Hwang, J. (2019). Impact of Fare Policy Changes on Paratransit Travel Options: METROLift Case Study. *Transportation Research Record*, 2673(8), 198-208.
- Taniguchi, A., Fujii, S., & Hara, F. (2005). Promotion of a public transport by mobility management and verification of its quantitative effect: a case study for community bus in Obihiro city. *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*,
- Tarigan, A. K., Susilo, Y. O., & Joewono, T. B. (2014). Segmentation of paratransit users based on service quality and travel behaviour in Bandung, Indonesia. *Transportation Planning and Technology*, 37(2), 200-218.
- Taxelco. (2022). Les fournisseurs en transport adapté de Montréal préviennent le gouvernement et la mairie d'un bris de service imminent. *CISION*. <https://www.newswire.ca/fr/news-releases/les-fournisseurs-en-transport-adapte-de-montreal-previennent-le-gouvernement-et-la-mairie-d-un-bris-de-service-imminent-871970133.html>
- Thatcher, R. (1993). *Americans with Disabilities Act (ADA) Paratransit Eligibility Manual*.
- Thatcher, R. H., Ferris, C., Chia, D., Purdy, J., Ellis, B., Hamby, B., Quan, J., & Golden, M. (2013). *Strategy guide to enable and promote the use of fixed-route transit by people with disabilities*. Transportation Research Board.

- The Minitab Blog. (2019). *How to Correctly Interpret P Values*.
<https://blog.minitab.com/blog/adventures-in-statistics-2/how-to-correctly-interpret-p-values>
- Thomas, I. M., Sayers, S. P., Godon, J. L., & Reilly, S. R. (2009). Bike, walk, and wheel: a way of life in Columbia, Missouri. *American Journal of Preventive Medicine*, 37(6), S322-S328.
- Thombre, A., & Agarwal, A. (2021, 2021/09/01/). A paradigm shift in urban mobility: Policy insights from travel before and after COVID-19 to seize the opportunity. *Transport Policy*, 110, 335-353.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2021.06.010>
- Tiikkaja, H., & Viri, R. (2021). The effects of COVID-19 epidemic on public transport ridership and frequencies. A case study from Tampere, Finland. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 10, 100348.
- Tirachini, A. (2013). Bus dwell time: the effect of different fare collection systems, bus floor level and age of passengers. *Transportmetrica A: Transport Science*, 9(1), 28-49.
- Tirachini, A., & Cats, O. (2020, 2020/01/01/). COVID-19 and Public Transportation: Current Assessment, Prospects, and Research Needs. *Journal of Public Transportation*, 22(1), 1-21.
<https://doi.org/https://doi.org/10.5038/2375-0901.22.1.1>
- Tiwari, G. (2001). Pedestrian infrastructure in the city transport system: a case study of Delhi Geetam Tiwari. *Editorial board*, 7(4), 13-18.

- Tolerico, M. L., Ding, D., Cooper, R. A., Spaeth, D. M., Fitzgerald, S. G., Cooper, R., Kelleher, A., & Boninger, M. L. (2007). Assessing mobility characteristics and activity levels of manual wheelchair users. *J Rehabil Res Dev*, 44(4), 561-571. <https://doi.org/10.1682/jrrd.2006.02.0017>
- Transport Ministry of Quebec. (1998). *Paratransit eligibility policy*. <https://www.quebec.ca/en/transport/paratransit/paratransit-eligibility>
- Transportation Research Board. (2000). Highway capacity manual 2000. *Transportation Research Board*, 20.
- Trigg, T., & Fulton, L. (2012). *Bus Rapid Transit: Cost and CO2 Implications of Future Deployment Scenarios*.
- Troosters, T., Gosselink, R., & Decramer, M. (1999). Six minute walking distance in healthy elderly subjects. *European Respiratory Journal*, 14(2), 270-274. <https://erj.ersjournals.com/content/erj/14/2/270.full.pdf>
- Troped, P. J., Cromley, E. K., Fragala, M. S., Melly, S. J., Hasbrouck, H. H., Gortmaker, S. L., & Brownson, R. C. (2006, Feb). Development and Reliability and Validity Testing of an Audit Tool for Trail/Path Characteristics: The Path Environment Audit Tool (PEAT). *J Phys Act Health*, 3(s1), S158-s175. <https://doi.org/10.1123/jpah.3.s1.s158>
- Turcotte, A. (2016). Programme d'adaptation d'un véhicule : des délais à rendre fou ! *La Presse*. <https://www.lapresse.ca/debats/votre-opinion/201609/19/01-5022076-programme-dadaptation-dun-vehicule-des-delaix-a-rendre-fou-.php#>

- Turner, S. M., Eisele, W. L., Benz, R. J., & Holdener, D. J. (1998). *Travel time data collection handbook*.
- Unsworth, C. A., Chua, J., Naweed, A., Gudimetla, P., Nguyen, T. D., & Barnes, D. G. (2018). Use of 3D scanning technology to determine bus access for people using powered mobility aids. *Journal of Transport & Health*, 10, 350-360.
- UTA. (2023). Route Deviations. <https://www.rideuta.com/Rider-Info/Accessibility/Accessible-UTA/Paratransit-Services/Route-Deviations>
- Vale, D. S., Ascensão, F., Raposo, N., & Figueiredo, A. P. (2017, 2017/01/01). Comparing access for all: disability-induced accessibility disparity in Lisbon. *Journal of Geographical Systems*, 19(1), 43-64. <https://doi.org/10.1007/s10109-016-0240-z>
- van Lenthe, F. J., Brug, J., & Mackenbach, J. P. (2005, 2005/02/01/). Neighbourhood inequalities in physical inactivity: the role of neighbourhood attractiveness, proximity to local facilities and safety in the Netherlands. *Social Science & Medicine*, 60(4), 763-775. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2004.06.013>
- Venter, C. J. (2001). Potential effects of next-day reservation policies on users of Americans with Disabilities Act paratransit systems. *Transportation Research Record*, 1760(1), 128-134.
- Verplanken, B., Walker, I., Davis, A., & Jurasek, M. (2008). Context change and travel mode choice: Combining the habit discontinuity and self-activation hypotheses. *Journal of Environmental Psychology*, 28(2), 121-127.
- Verreault, H., & Morency, C. (2015). *What about Proxy Respondent bias Over Time?*

- Viau, R., & Bouchard, J. (2000, 03/02). Validation d'un modèle de dynamique motivationnelle auprès d'élèves du secondaire. *Canadian Journal of Education/Revue canadienne de l'éducation*, 25(1), 16–26. <https://journals.sfu.ca/cje/index.php/cje-rce/article/view/2770>
- Ville de Montréal. (2019). *Climat*. http://ville.montreal.qc.ca/portal/page?_pageid=6897,67875636&_dad=portal&_schema=PORTAL
- Wagner, N., Hassanein, K., & Head, M. (2010, 2010/09/01/). Computer use by older adults: A multi-disciplinary review. *Computers in Human Behavior*, 26(5), 870-882. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.chb.2010.03.029>
- Walk Score. (2023). *Walk Score Data Services—Walkability, Real Estate, and Public Health Data*. <https://www.walkscore.com/professional/research.php>
- Wang, C., Ye, Z., Wang, Y., Xu, Y., & Wang, W. (2016). Modeling bus dwell time and time lost serving stop in China. *Journal of Public Transportation*, 19(3), 4.
- Wang, D., Liao, F., Gao, Z., & Tian, Q. (2022). Analysis of activity duration-related charging behavioral responses of electric vehicle travelers to charging services. *Transport Policy*.
- Wang, H., & Noland, R. B. (2021). Bikeshare and subway ridership changes during the COVID-19 pandemic in New York City. *Transport Policy*, 106, 262-270.

- Wang, R., Lu, Y., Zhang, J., Liu, P., Yao, Y., & Liu, Y. (2019, 2019/06/01/). The relationship between visual enclosure for neighbourhood street walkability and elders' mental health in China: Using street view images. *Journal of Transport & Health*, 13, 90-102. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jth.2019.02.009>
- Wang, Y., Shen, Q., Ashour, L. A., & Dannenberg, A. L. (2022). Ensuring equitable transportation for the disadvantaged: Paratransit usage by persons with disabilities during the COVID-19 pandemic. *Transportation research part A: policy and practice*, 159, 84-95.
- Waninge, A., Evenhuis, I. J., van Wijck, R., & van der Schans, C. P. (2011). Feasibility and Reliability of Two Different Walking Tests in People With Severe Intellectual and Sensory Disabilities. *Journal of Applied Research in Intellectual Disabilities*, 24(6), 518-527. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1468-3148.2011.00632.x>
- Watson, I. (2002). DECOMP: Stata module to compute decompositions of earnings gaps.
- Weiner, R. (2008). *Integration of paratransit and fixed-route transit services* (Vol. 76). Transportation Research Board.
- Weiner, R., & Armenta, N. (2020). Paratransit Service during COVID-19: Serving People with Disabilities & Seniors May Require Different Solutions than Fixed-Route Transit Service. *NelsonNygaard*.
- WenZhao, L., & XiaoKuan, Y. (2016). *Deliberation of Providing Dial-a-Ride Service for Vulnerable Groups in Urban Transit Planning*.

- Whiteneck, G. G., Harrison-Felix, C. L., Mellick, D. C., Brooks, C. A., Charlifue, S. B., & Gerhart, K. A. (2004, 2004/08/01/). Quantifying environmental factors: A measure of physical, attitudinal, service, productivity, and policy barriers. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 85(8), 1324-1335. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apmr.2003.09.027>
- Wigan, M. (1995). Treatment of walking as a mode of transportation. *Transportation Research Record*, 1487, 60.
- Wilbur, M., Ayman, A., Sivagnanam, A., Ouyang, A., Poon, V., Kabir, R., Vadali, A., Pugliese, P., Freudberg, D., Laszka, A., & Dubey, A. (2023). Impact of COVID-19 on Public Transit Accessibility and Ridership. *Transportation Research Record*, 2677(4), 531-546. <https://doi.org/10.1177/03611981231160531>
- Winters, M., Buehler, R., & Götschi, T. (2017a). Policies to promote active travel: evidence from reviews of the literature. *Current environmental health reports*, 4, 278-285.
- Winters, M., Buehler, R., & Götschi, T. (2017b, 2017/09/01). Policies to Promote Active Travel: Evidence from Reviews of the Literature. *Current environmental health reports*, 4(3), 278-285. <https://doi.org/10.1007/s40572-017-0148-x>
- Wojcik, B. E., Spinks, M. K., & Optenberg, S. A. (1998). Breast carcinoma survival analysis for African American and white women in an equal-access health care system. *Cancer: Interdisciplinary International Journal of the American Cancer Society*, 82(7), 1310-1318.
- Wolf-Branigin, K., Wolf-Branigin, M., Culver, J., & Welch, K. (2011). Applying a Travel Training Cost–Benefit Model for People with Disabilities. 90th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC,

- Woodlief, J. A. (2003). Paratransit Customer Satisfaction With Real-Time Information: The Winston-Salem Trans-AID Case.
- Woodward, S. (2023). *Ronald Mace and His Impact on Universal Design*. Center of Disability Rights. <https://cdrnys.org/blog/advocacy/ronald-mace-and-his-impact-on-universal-design/>
- Woolson, R. F. (2008). Wilcoxon Signed-Rank Test. In *Wiley Encyclopedia of Clinical Trials* (pp. 1-3). <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/9780471462422.eoct979>
- Wretstrand, A., Ståhl, A., & Petzäll, J. (2008). Wheelchair users and public transit: Eliciting ascriptions of comfort and safety. *Technology and Disability*, 20, 37-48. <https://doi.org/10.3233/TAD-2008-20104>
- Xin, J., & Chen, S. (2016). Bus dwell time prediction based on KNN. *Procedia engineering*, 137, 283-288.
- Yang, D., & Timmermans, H. (2013). Analysis of influence of fuel price on individual activity-travel time expenditure. *Transport Policy*, 30, 40-55.
- Yang, H., Cherry, C. R., Zaretski, R., Ryerson, M. S., Liu, X., & Fu, Z. (2016). A GIS-based method to identify cost-effective routes for rural deviated fixed route transit. *Journal of advanced transportation*, 50(8), 1770-1784.
- Yang, L., Sahlqvist, S., McMinn, A., Griffin, S. J., & Ogilvie, D. (2010). Interventions to promote cycling: systematic review. *Bmj*, 341.

- Yang, Y., & Diez-Roux, A. V. (2012). Walking distance by trip purpose and population subgroups. *American Journal of Preventive Medicine*, 43(1), 11-19.
- Yates, K. (2007). Understanding the experiences of mobility-disabled tourists. *International Journal of Tourism Policy*, 1(2), 153-166.
- Yu, B., Ye, T., Tian, X.-M., Ning, G.-B., & Zhong, S.-Q. (2014). Bus travel-time prediction with a forgetting factor. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 28(3), 06014002.
- Zanolini, M., & Morency, C. (2023). *Analyzing the characteristics of the residential relocation phenomenon through the willingness of households to move*.
- Zhao, J., Guo, C., Zhang, R., Guo, D., & Palmer, M. (2019, 2019/12/01/). Impacts of weather on cycling and walking on twin trails in Seattle. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 77, 573-588. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trd.2019.09.022>
- Zheng, Y., Li, W., & Qiu, F. (2018). A methodology for choosing between route deviation and point deviation policies for flexible transit services. *Journal of advanced transportation*, 2018.

ANNEXE A TABLEAUX SYNTHÈSES DES ARTICLES CITÉS DANS LA REVUE DE LITTÉRATURE

Tableau A.1 Synthèse spécifique des articles cités dans la section 2.1 par ordre d'apparition dans le texte

Référence	Section	Objectifs	Méthodes
(Lave & Mathias, 2000)	2.1.1	Faire une synthèse des connaissances de la terminologie en lien avec le TA.	Revue de littérature
(Ahmed et al., 2017)	2.1.1	Évaluer la qualité du service de transport à la demande au Bangladesh (« <i>paratransit service</i> ») basé sur la préférence des usagers.	Réseau de neurones artificiels
(Falchetta et al., 2021)	2.1.1	Comparer les services de transport à la demande (« <i>paratransit services</i> ») dans sept villes d'Afrique.	Calcul d'indicateurs métriques pour comparer l'accessibilité
(Nasrullah et al., 2020)	2.1.1	Étudier les facteurs impactant la loyauté des usagers du service de transport à la demande (« <i>paratransit service</i> ») à Jabodetabek en Indonésie pendant la pandémie.	Régression linéaire
(NADTC, 2020)	2.1.1	Site web visant à définir le TA (« <i>complementary paratransit</i> »).	NA
(Gupta et al., 2010)	2.1.1	Développer 2 approches permettant d'améliorer l'efficacité des opérations en TA et évaluer les bénéfices des 2 approches.	Test de 2 approches sur les données du service de TA de Minneapolis et Saint Paul au Minnesota
(MTMD, 2023a)	2.1.1; 2.1.2	Présenter les critères d'admission au TA pour la province de Québec.	NA
(MTMD, 2023b)	2.1.1	Présenter les étapes à suivre pour être admis aux TA de la province de Québec.	NA
(Ranahan et al., 2018)	2.1.1	Établir les bonnes pratiques en matière de TA.	Synthèse des résultats d'entrevue avec des agences de transport collectif aux États-Unis
(National Council on Disability, 2015)	2.1.1	Faire une mise à jour des avancements en lien avec le transport pour les PSH aux États-Unis.	Revue de littérature
(Menninger & Sedig, 2011)	2.1.1	Documenter les besoins d'assistance (accompagnement) nécessaires pour les PSH.	Analyses quantitatives des résultats du sondage auprès des PSH

Tableau A.1 Synthèse spécifique des articles cités dans la section 2.1 par ordre d'apparition dans le texte (suite)

Référence	Section	Objectifs	Méthodes
(Aldaihani & Dessouky, 2003)	2.1.1	Développer un algorithme permettant de résoudre le problème de tournée hybride (TA et ligne fixe).	Algorithme heuristique testé avec des données réelles d'opérateurs de transport
(Ashour & Shen, 2022)	2.1.1	Identifier les lacunes politiques et les défis critiques pour la planification du rétablissement du service de TA de Seattle en contexte postpandémique.	Analyse qualitative des réponses à des entrevues semi-structurées avec des employés de TA
(Hansen, 2018)	2.1.1	Évaluer les économies de coûts engendrés par l'implantation d'un projet pilote de navettes d'accès au réseau régulier destinées aux usagers du TA à Houston.	Analyse des données d'opération du service avant et après l'implantation
(Mindorff, 2019)	2.1.1	Évaluer le coût-bénéfice de l'utilisation d'une flotte mixte de véhicules pour offrir du TA.	Calcul du coût par déplacement
(Grushka et al., 2020)	2.1.1	Identifier les déserts de service de TA (zones et horaires peu ou pas desservis).	Utilisation de données GTFS des opérateurs de transport pour déterminer les zones et les horaires couverts par le TA
(Brennan, 2013)	2.1.1	Fournir l'information de base sur les droits des PSH aux États-Unis ainsi que les ressources pour en savoir plus.	NA
(Kuo et al., 2013)	2.1.1	Développer un modèle de prévision de la demande pour les services de TA.	Modèle de régression pondérée géographiquement
(Desharnais & Chapleau, 2010)		Établir les liens entre les caractéristiques des usagers du TA et les comportements de mobilité de ceux-ci.	Analyses descriptives approfondies
(Desharnais & Chapleau, 2013)	2.1.2	Identifier les schémas de mobilité des usagers du TA et identifier les relations entre le schéma, les ressources allouées et les profils sociodémographiques.	Méthode de regroupement en deux étapes
(Larousse, 2023)	2.1.2	Définir le mot « Client ».	NA
(Statcan, 2018b)	2.1.2	Présenter la méthodologie derrière l'ECI de 2017.	NA
(Fougeyrollas, 2021)	2.1.2	Présenter le MDH-PPH de 2018.	NA

Tableau A.1 Synthèse spécifique des articles cités dans la section 2.1 par ordre d'apparition dans le texte (suite)

Référence	Section	Objectifs	Méthodes
(OMS, 2001)	2.1.2	Présenter la CIF	NA
(Bascom & Christensen, 2017)	2.1.2	Étudier la relation entre la participation sociale et communautaire des PSH et l'accès au transport.	Analyse de variance sur les données de sondage en ligne
(Bromley et al., 2007)	2.1.2	Étudier et évaluer l'accessibilité des centres-villes au Royaume-Uni.	Analyses quantitative et qualitative des résultats d'entrevue avec des personnes en fauteuil roulant
(PAH, 2023)	2.1.2	Faire la nuance entre handicap, déficience et incapacité.	NA
(Plante, 2023)	2.1.3	Documenter l'implantation du programme MADA (Municipalités amies des aînés) dans la ville de Shawinigan.	NA
(OQLF, 2023).	2.1.3	Définir le terme « personnes âgées ».	NA
	2.1.4		
(OMS, 2023)	2.1.3	Faire le portrait du vieillissement à travers le monde.	NA
(Statcan, 2023)	2.1.3	Présenter des statistiques en lien avec le vieillissement démographique au Canada.	Estimation démographique
(Gagnon, 2023)	2.1.3	Évaluer les répercussions du vieillissement démographique sur le transport au Québec.	Analyse et estimation démographique
(Olazabal, 2017)	2.1.3	Réfléchir à l'utilisation des termes en lien avec le vieillissement.	NA
(Caradec & de Singly, 2001)	2.1.3	Faire état des nouvelles réalités du grand âge et de sa place dans la société moderne.	NA
(FADOQ, 2023)	2.1.4	Lister et définir les types d'aides à mobilité.	NA
(Brabyn, 1985)	2.1.4	Synthétiser les types d'aides à mobilité et leur utilité.	Revue de littérature
(Collins, 1985)	2.1.4	Présenter les avancements des recherches en lien avec les aides à mobilité pour les personnes ayant une déficience visuelle.	NA

Tableau A.1 Synthèse spécifique des articles cités dans la section 2.1 par ordre d'apparition dans le texte (suite et fin)

Référence	Section	Objectifs	Méthodes
(Roentgen et al., 2008)	2.1.4	Faire la synthèse de la littérature en lien avec les aides à mobilité électroniques destinées aux personnes ayant une déficience visuelle.	Revue de littérature

Tableau A.2 Synthèse spécifique des articles cités dans la section 2.2 par ordre d'apparition dans le texte

Référence	Section	Objectifs	Méthodes
(GIRO, 2023a)	2.2.1	Présenter l'outil permettant de faire la planification du transport à la demande	NA
(GIRO, 2023b)	2.2.1	Présenter l'entreprise GIRO et ses clients	NA
(Fu, 2002)	2.2.1 2.2.3	Évaluer les effets potentiels que les technologies telles que la localisation automatique des véhicules, les ordinateurs et la télécommunication peuvent avoir sur les systèmes de TA	Système de simulation SimParatransit
(Turner et al., 1998)	2.2.2	Présenter diverses méthodologies en lien avec les temps de déplacement en TC	NA
(Moreira, 2008)	2.2.2	Tester plusieurs méthodes permettant de faire la prévision des temps de déplacements pour le TC régulier	Méthode d'apprentissage automatique variée (machine à vecteur de support, forêt aléatoire et autres)
(Yu et al., 2014)	2.2.2	Développer un modèle de prévision des temps de déplacement en autobus	Machine à vecteurs de support avec facteur d'oubli et la méthode du test de Grubbs
(Bhat & Sardesai, 2006)	2.2.2	Développer un modèle des choix modaux en fonction des trajets quotidiens et hebdomadaires, des comportements de la pause diner ainsi que la fiabilité du temps de trajet.	Modèle logit à coefficient aléatoire basée sur un sondage de préférence auprès des usagers
(Frank et al., 2008)	2.2.2	Étudier les impacts entre le temps de déplacement, les coûts et le lieu de résidence/travail sur les choix modaux et les chaînes de déplacements	Modélisation à choix discret et modélisation basée sur les tournées

Tableau A.2 Synthèse spécifique des articles cités dans la section 2.2 par ordre d'apparition dans le texte (suite)

Référence	Section	Objectifs	Méthodes
(Sweet & Chen, 2011)	2.2.2	Évaluer comment le manque de fiabilité des temps de déplacement influence les comportements de déplacement	Modèle de choix modal de régression logistique
(Humagain & Singleton, 2021)	2.2.2	Étudier les profils de satisfaction vis-à-vis le temps de trajet	Méthode de regroupement, modèle logit multinomial et ordonné et comparaison visuelle
(Jang & Ko, 2019)	2.2.2	Examiner les facteurs qui influencent la satisfaction des usagers vis-à-vis les déplacements domicile-travail	Modèle de régression logistique binaire
(Smith & Demetsky, 1994)	2.2.3	Développer un modèle permettant de prédire les temps aux arrêts pour les services d'autobus	Modèle basé sur la méthode des k plus proches voisins
(Cathey & Dailey, 2003)	2.2.3	Analyser les vitesses de déplacement, les retards et les temps aux arrêts dans les villes américaines	Analyse de résultats d'un sondage réalisé auprès des villes
(Transportation Research Board, 2000)	2.2.3	Évaluer quatre méthodes pour estimer les temps aux arrêts pour les services d'autobus avec les données AVL	Méthodes basées sur les séries chronologiques : marche aléatoire, lissage exponentiel, moyenne mobile, moyenne mobile intégrée autorégressive
(Xin & Chen, 2016)	2.2.3	Faire une synthèse des connaissances en ligne avec les temps aux arrêts pour les services d'autobus	Revue de littérature
(Levinson, 1983)	2.2.3	Mesurer l'effet de l'utilisation des autobus articulés sur les temps aux arrêts et le temps de déplacement	Régression linéaire
(Rashidi & Ranjitkar, 2015)	2.2.3	Évaluer quatre méthodes pour estimer les temps aux arrêts pour les services d'autobus avec les données AVL	Méthodes basées sur les séries chronologiques : marche aléatoire, lissage exponentiel, moyenne mobile, moyenne mobile intégrée autorégressive
(Rashidi et al., 2023)	2.2.3	Faire une synthèse des connaissances en ligne avec les temps aux arrêts pour les services d'autobus	Revue de littérature

Tableau A.2 Synthèse spécifique des articles cités dans la section 2.2 par ordre d'apparition dans le texte (suite)

Référence	Section	Objectifs	Méthodes
(El-Geneidy & Vijayakumar, 2011)	2.2.3	Mesurer l'effet de l'utilisation des autobus articulés sur les temps aux arrêts et le temps de déplacement	Régression linéaire
(Dai et al., 2019)	2.2.3	Modéliser les temps de parcours des autobus en tenant compte des liaisons et des temps aux arrêts	Modèle probabiliste
(Sweet & Chen, 2011)	2.2.2	Évaluer comment le manque de fiabilité des temps de déplacement influence les comportements de déplacement	Modèle de choix modal de régression logistique
(Humagain & Singleton, 2021)	2.2.2	Étudier les profils de satisfaction vis-à-vis le temps de trajet	Méthode de regroupement, modèle logit multinomial et ordonné et comparaison visuelle
(Jang & Ko, 2019)	2.2.2	Examiner les facteurs qui influencent la satisfaction des usagers vis-à-vis les déplacements domicile-travail	Modèle de régression logistique binaire
(Smith & Demetsky, 1994)	2.2.3	Développer un modèle permettant de prédire les temps aux arrêts pour les services d'autobus	Modèle basé sur la méthode des k plus proches voisins
(Cathey & Dailey, 2003)	2.2.3	Analyser les vitesses de déplacement, les retards et les temps aux arrêts dans les villes américaines	Analyse de résultats d'un sondage réalisé auprès des villes
(Transportation Research Board, 2000)	2.2.3	Évaluer quatre méthodes pour estimer les temps aux arrêts pour les services d'autobus avec les données AVL	Méthodes basées sur les séries chronologiques : marche aléatoire, lissage exponentiel, moyenne mobile, moyenne mobile intégrée autorégressive
(Xin & Chen, 2016)	2.2.3	Faire une synthèse des connaissances en ligne avec les temps aux arrêts pour les services d'autobus	Revue de littérature
(Levinson, 1983)	2.2.3	Mesurer l'effet de l'utilisation des autobus articulés sur les temps aux arrêts et le temps de déplacement	Régression linéaire

Tableau A.2 Synthèse spécifique des articles cités dans la section 2.2 par ordre d'apparition dans le texte (suite)

Référence	Section	Objectifs	Méthodes
(Rashidi & Ranjitkar, 2015)	2.2.3	Évaluer quatre méthodes pour estimer les temps aux arrêts pour les services d'autobus avec les données AVL	Méthodes basées sur les séries chronologiques : marche aléatoire, lissage exponentiel, moyenne mobile, moyenne mobile intégrée autorégressive
(Rashidi et al., 2023)	2.2.3	Faire une synthèse des connaissances en ligne avec les temps aux arrêts pour les services d'autobus	Revue de littérature
(El-Geneidy & Vijayakumar, 2011)	2.2.3	Mesurer l'effet de l'utilisation des autobus articulés sur les temps aux arrêts et le temps de déplacement	Régression linéaire
(Dai et al., 2019)	2.2.3	Modéliser les temps de parcours des autobus en tenant compte des liaisons et des temps aux arrêts	Modèle probabiliste
(Kostyniuk & D'Souza, 2020)	2.2.3	Étudier l'occurrence et l'effet de l'utilisation d'une aide à mobilité et la présence d'objets encombrants sur l'embarquement et le débarquement de passagers dans les autobus	Analyse de données vidéo et modèle de régression linéaire
(Fricker, 2011)	2.2.3	Développer des équations pour établir les temps aux arrêts pour les autobus en fonction de la présence de divers facteurs	Analyse de données vidéo
(González et al., 2012)	2.2.3	Développer un modèle pour évaluer le temps aux arrêts pour les services d'autobus	Régression linéaire multiple avec transformation logarithmique
(Lei et al., 2017)	2.2.3	Évaluer l'impact de la présence de PA sur les temps aux arrêts pour les services d'autobus.	Analyse des données de carte à puce et régression linéaire multiple
(Tirachini, 2013)	2.2.3	Évaluer l'influence des différents modes de paiement, la présence de marches, de PA et les possibles entraves entre les personnes qui embarquent et débarquent de l'autobus et le temps aux arrêts.	Régression linéaire multiple

Tableau A.2 Synthèse spécifique des articles cités dans la section 2.2 par ordre d'apparition dans le texte (suite et fin)

Référence	Section	Objectifs	Méthodes
(Meng & Qu, 2013)	2.2.3	Développer une méthodologie permettant d'estimer les temps aux arrêts en considérant les terminus d'autobus où il y a plus de passagers et de trafic.	Processus stochastique régénératif
(Feeley et al., 2016)	2.2.3	Développer et tester l'utilisation d'une application mobile (notification d'arrivée imminente) pour le TA permettant de réduire les absences non déclarées et les temps aux arrêts.	Comparaison d'indicateurs de performance avant et après l'implantation
(Cross, 2006)	2.2.4	Présenter les avancements et les défis associés à l'accessibilité du TC régulier et du TA pour les personnes en fauteuil roulant.	NA
(Pearson, 2018)	2.2.4	Examiner les enjeux légaux associés à la situation où l'espace pour les personnes en fauteuil roulant dans les autobus est occupé.	NA
(Gouvernement du Québec, 2022)	2.2.4	Présenter les règlements sur les véhicules routiers adaptés au transport de PSH.	NA
(Dietrich véhicule, 2023)	2.2.4	Présenter des minibus accessibles.	NA
(STM, 2023a)	2.2.4	Présenter le guide d'utilisation du TA aux usagers de la STM	NA
(Mindorff, 2019)	2.2.4	Évaluer le coût-bénéfice de l'utilisation d'une flotte mixte de véhicules pour offrir du TA.	Calcul du coût par déplacement
(Mathias, 2005)	2.2.4	Présenter les innovations en lien avec les absences non déclarées et les annulations tardives au TA	Revue de littérature

Tableau A.3 Synthèse spécifique des articles cités dans la section 2.3 par ordre d'apparition dans le texte

Référence	Section	Objectifs	Méthodes
(Pisoni et al., 2022)	2.3.1	Étudier les déterminants du choix de mobilité active.	Modèle de choix modal et Gradient Boosting
(Dons et al., 2018)	2.3.1	Tenter de faire une association entre le mode de transport et l'IMC.	Modélisation linéaire à effets mixtes et brutes ajustés pour les données longitudinales et transversales

Tableau A.3 Synthèse spécifique des articles cités dans la section 2.3 par ordre d'apparition dans le texte (suite)

Référence	Section	Objectifs	Méthodes
(Dons et al., 2018)	2.3.1	Tenter de faire une association entre le mode de transport et l'IMC.	Modélisation linéaire à effets mixtes et brutes ajustés pour les données longitudinales et transversales
(Gordon-Larsen et al., 2009)	2.3.1	Tenter de faire une association entre le fait d'utiliser les modes actifs pour aller au travail et le poids, l'obésité, la forme physique, etc.	Régression linéaire et logistique multivariée à partir de données longitudinales
(Hamer & Chida, 2008)	2.3.1	Examiner et synthétiser les preuves issues d'études épidémiologiques prospectives sur les habitudes de transport et les risques cardiovasculaires.	Revue méta-analytique
(Mueller et al., 2015)	2.3.1	Faire une synthèse des études sur l'évaluation des impacts sur la santé d'un changement de mode vers les modes actifs.	Revue de littérature
(Raustorp & Koglin, 2019)	2.3.1	Étudier le potentiel des déplacements actifs et les impacts possibles sur la santé publique.	Enquête statistique et analyse géographique
(Laviolette, 2020)	2.3.1	Présenter les constats, les tendances et les conséquences associés à l'automobile Québec.	Revue de littérature, calcul d'indicateurs
(Demoli, 2019)	2.3.1	Présenter l'évolution du budget associé à l'automobile depuis 1980.	NA
(La Presse, 2016)	2.3.1	Présenter les revendications en lien avec les aménagements piétonniers et cyclistes d'une coalition de 12 organismes faisant la promotion de la mobilité durable.	NA
(Brand et al., 2021)	2.3.1	Établir le lien entre l'utilisation des modes actifs et les émissions de CO ₂ .	Calcul du cycle de vie
(de Nazelle et al., 2011)	2.3.1	Faire une synthèse des études sur les impacts des politiques qui encouragent la mobilité active sur la santé.	Revue de littérature
(Ogilvie et al., 2004)	2.3.1	Faire la synthèse des interventions bénéfiques pour promouvoir le transfert modal d'automobile vers les modes actifs.	Revue de littérature
(Pucher et al., 2010)	2.3.1	Faire la synthèse des impacts associés à des interventions au niveau du cyclisme.	Revue de littérature

Tableau A.3 Synthèse spécifique des articles cités dans la section 2.3 par ordre d'apparition dans le texte (suite)

Référence	Section	Objectifs	Méthodes
(Winters et al., 2017a)	2.3.1	Passer en revue les données probantes sur les politiques susceptibles d'augmenter les déplacements actifs.	Revue de littérature
(Yang et al., 2010)	2.3.1	Faire une synthèse des interventions qui sont efficaces pour promouvoir le cyclisme.	Revue de littérature
(Scheepers et al., 2014)	2.3.1	Faire une synthèse des interventions pour promouvoir efficacement les transferts de l'automobile vers les modes actifs.	Revue de littératures
(Shoup, 1997)	2.3.1	Faire une synthèse des effets de faire payer les employés pour le stationnement.	Revue d'étude de cas
(Goodman et al., 2013)	2.3.1	Évaluer les impacts d'interventions en lien avec le réseau cycliste dans 6 villes d'Angleterre sur la prévalence des déplacements à vélo.	Analyse statistique de données de recensement avant-après
(Thomas et al., 2009)	2.3.1	Présenter les résultats de l'implantation de modèle 5P sur la promotion de la santé et d'un mode de vie actif.	NA
(Burbidge & Goulas, 2009)	2.3.1	Évaluer l'impact du développement de sentiers piétons dans les quartiers sur les déplacements actifs et l'activité physique globale en banlieue.	Analyse des résultats d'enquête avant-après (analyse de panel et analyse de moyenne)
(Noland & Ishaque, 2006)	2.3.1	Évaluer les résultats d'un projet pilote de systèmes de vélo en libre-service aux abords des stations de métro et de train.	Analyse quantitative des résultats d'enquête menée auprès des usagers
(Occitanie, 2020)	2.3.1	Présenter les possibilités pour l'aide à l'achat ou l'utilisation d'un vélo classique ou électrique.	NA
(Larsen et al., 2010)	2.3.1	Déterminer la distance que la population est prête à faire pour rejoindre certaines destinations et voir les facteurs qui affectent cette distance.	Utilisation des données d'enquête OD pour calculer des distances réseau et extraire les caractéristiques sociodémographiques
(Seneviratne, 1985)	2.3.1	Établir la distance de marche acceptable au centre-ville de Calgary et établir les facteurs qui impactent la distance.	Théorie de la décision statistique bayésienne et distribution cumulée des longueurs de trajet et analyse quantitative

Tableau A.3 Synthèse spécifique des articles cités dans la section 2.3 par ordre d'apparition dans le texte (suite)

Référence	Section	Objectifs	Méthodes
(Rahul & Verma, 2014)	2.3.1	Établir la distance acceptable de marche et de vélo.	Analyse statistique des données des déplacements des ménages et distribution cumulée des longueurs de trajets
(Márquez et al., 2022)	2.3.1	Comprendre les facteurs qui influencent la préférence des PSH pour différentes alternatives au TA.	Modèle de choix discret hybride basé sur la théorie de l'autodétermination
(Kämper et al., 2016)	2.3.1	Évaluer le potentiel des vélos électriques à remplacer la voiture et les impacts de ce transfert potentiel.	Analyse graphique des résultats de l'étude terrain auprès des cyclistes
(Louis & Morio, 2015)	2.3.1	Présenter les avantages et les limites du vélo à assistance électrique sur la rééducation et la promotion de l'activité physique.	Revue de la littérature
(de Montigny et al., 2012)	2.3.1	Évaluer les impacts de la météo sur la propension de la population à marcher.	Analyse de données vidéo et modèle de régression quasi-Poisson
(Zhao et al., 2019)	2.3.1	Évaluer les impacts de la météo sur l'utilisation du sentier multi-usagers (marche et vélo) de Seattle.	Analyse comparative et régression résiduelle
(Ernst, 2005)	2.3.2 2.3.5	Documenter les impacts de l'implantation d'un SRB à Jakarta en Indonésie.	Calcul d'indicateurs de performance (achalandage par jour, temps de déplacement, transferts modaux, etc.)
(Rahman et al., 2020)	2.3.2 2.3.5	Évaluer l'impact de transfert modal (voiture privée vers TC) sur la congestion automobile.	Simulation à base d'agent
(Batty et al., 2015)	2.3.2	Étudier les obstacles sociétaux, politiques et économiques des transferts modaux des modes privés vers les modes collectifs.	Revue de littérature et approche holistique
(Olsson, 2003)	2.3.2	Comprendre les facteurs influençant les choix modaux et trouver les mesures susceptibles d'attirer les automobilistes vers les modes collectifs.	Analyse des résultats d'enquête de préférence

Tableau A.3 Synthèse spécifique des articles cités dans la section 2.3 par ordre d'apparition dans le texte (suite)

Référence	Section	Objectifs	Méthodes
(Satiennam et al., 2016)	2.3.2 2.3.5	Évaluer le potentiel d'un SRB pour le transfert modal de l'automobile vers le TC.	Modèle de répartition modale basée sur une enquête de préférence
(Anwar & Yang, 2017)	2.3.2 2.3.5	Examiner des moyens d'encourager l'utilisation du TC.	Modèle logistique binaire basé sur une enquête de préférence
(Chakrabarti & Giuliano, 2015)	2.3.2	Évaluer les impacts de la fiabilité du service de TC sur l'achalandage de celui-ci.	Régression des moindres carrés en trois étapes à partir d'une analyse des données opérationnelles du TC et statistiques descriptives
(Chakrabarti, 2017)	2.3.2	Explorer les moyens d'attirer les automobilistes dans le TC.	Analyse descriptive et régression logistique multinomiale à partir des données d'enquête de déplacement des ménages
(Soltani et al., 2019)	2.3.2 2.3.5	Établir les déterminants du transfert modal de la voiture vers les modes durables.	Modèle de choix discret à partir d'une enquête en ligne
(Dargay & Hanly, 2007)	2.3.2	Examiner la volatilité des comportements de mobilité dans le temps et étudier les facteurs déterminant la possession et l'utilisation de l'automobile.	Analyse quantitative des données d'enquête par panel auprès des ménages sur 11 ans
(Klinger & Lanzendorf, 2016)	2.3.2	Analyser l'interdépendance entre la relocalisation résidentielle et les comportements de mobilité.	Analyse bivariée et régression linéaire multiple à partir des données d'enquête auprès de personnes ayant récemment déménagé.
(Soomro et al., 2022)	2.3.2	Évaluer les facteurs qui influencent la propension des automobilistes à utiliser le SRB.	Régression logistique binaire
(Davison & Knowles, 2006)	2.3.2	Évaluer le potentiel des partenariats pour fournir un service d'autobus plus attrayant pour encourager les transferts modaux.	Étude comparative à partir de sondages auprès d'utilisateurs de l'autobus et d'entrevues auprès des non-utilisateurs

Tableau A.3 Synthèse spécifique des articles cités dans la section 2.3 par ordre d'apparition dans le texte (suite)

Référence	Section	Objectifs	Méthodes
(Fröidh, 2003)	2.3.2	Étudier les effets de l'introduction de trains régionaux à grande vitesse sur les comportements de mobilité et l'accessibilité.	Analyse des données d'enquête terrain et analyse d'accessibilité
(Persson, 1998)	2.3.2	Étudier les préférences des voyageurs interrégionaux par train et les implications pour la planification.	ND
(Prayogi & Satwikasari, 2019)	2.3.2	Comprendre comment les SRB peuvent influencer les habitudes de transport et les transferts modaux.	Revue de littérature
(Thatcher et al., 2013)	2.3.3 2.3.4	Présenter les stratégies pour promouvoir l'utilisation du TC régulier pour les PSH.	Revue de littérature
(Oregon Gouvernement, 2023)	2.3.3	Présenter les différentes alternatives de TC en Oregon.	NA
(STM, 2023d)	2.3.3	Présenter les services à la clientèle disponibles à la STM.	NA
(STL, 2023a)	2.3.3	Présenter le programme : compagnon de la STL.	NA
(RTC, 2023)	2.3.3	Présenter le service d'accompagnement en mobilité intégrée du RTC.	NA
(SFMTA, 2023)	2.3.3	Présenter le service de formation pour les usagers potentiels du SFMTA.	NA
(STM, 2023b)	2.3.3	Présenter le programme visant à rendre gratuit le TC régulier de la STM pour les accompagnateurs des PSH.	NA
(STL, 2023b)	2.3.3	Présenter le programme de la STL visant à rendre le TC gratuit pour les personnes de 65 ans et plus.	NA
(Houston METRO, 2023)	2.3.3	Présenter les différents incitatifs financiers visant à encourager l'utilisation du TC à Houston.	NA
(UTA, 2023)	2.3.3	Présenter le service de déviation d'itinéraire et ponctuelle au Utah.	NA
(City of Guelph, 2023)	2.3.3	Présenter le service avec demande d'arrêt de Guelph.	NA
(Koffman, 2004)	2.3.3 2.3.4	Présenter différentes alternatives de TC flexible.	Revue de littérature

Tableau A.3 Synthèse spécifique des articles cités dans la section 2.3 par ordre d'apparition dans le texte (suite)

Référence	Section	Objectifs	Méthodes
(STM, 2023c)	2.3.3 2.3.4	Présenter le service de navettes or de la STM.	NA
(DART, 2023)	2.3.3	Présenter le service de navette d'accès au réseau régulier pour les usagers du TA.	NA
(Taniguchi et al., 2005)	2.3.3 2.3.4	Évaluer comment le programme de gestion de la mobilité a influencé l'utilisation du TC et les comportements de mobilité.	Analyse des résultats d'enquête par questionnaire et suivi
(Menninger & Werly, 2014)	2.3.3	Présenter les impacts économiques, opérationnels et sociaux d'un projet pilote visant à former les usagers du TA à utiliser le TC.	Analyse des données opérationnelles
(Wolf-Branigin et al., 2011)	2.3.3	Estimer le coût-bénéfice des programmes de formation pour l'utilisation du TC régulier par les PSH.	Modèle de coût-bénéfice
(Pfeiffer et al., 2020)	2.3.3	Examiner les impacts de la formation à l'utilisation du TC sur les aptitudes de déplacements des personnes ayant une DI.	Analyse multiniveaux
(Keehn et al., 2004)	2.3.3	Déterminer les innovations qui permettraient d'améliorer le service de TA du Comté de Johnson.	Revue de littérature
(Ranahan et al., 2018)	2.3.3	Présenter les bonnes pratiques d'admission au TA	Entrevue auprès de 16 agences de TA
(Levine, 1997)	2.3.3	Faire le portrait des politiques de TC pour les PSH et du TA	Revue de littérature et analyse qualitative
(Ashour & Shen, 2022)	2.3.4 2.3.5	Évaluer les opportunités et les barrières en lien avec l'incorporation de taxis de type Uber aux services de TA	Développement de critères de transfert et application aux données du TA de Seattle
(Zheng et al., 2018)	2.3.4	Développer une méthodologie permettant de choisir la meilleure option entre la déviation d'itinéraire et la déviation ponctuelle.	Fonction de coût d'utilisation et modèle analytique
(Kim et al., 2019)	2.3.4	Déterminer la taille de zone de service optimale pour les autobus à itinéraire flexible	Équation de calcul de coût et analyse numérique et visuelle

Tableau A.3 Synthèse spécifique des articles cités dans la section 2.3 par ordre d'apparition dans le texte (suite)

Référence	Section	Objectifs	Méthodes
(Qiu et al., 2015)	2.3.4	Développer une méthodologie permettant de choisir la meilleure option entre les routes fixes et les routes flexibles.	Modélisation analytique et simulation
(Nourbakhsh & Ouyang, 2012)	2.3.4	Déterminer le design optimal du réseau du service de TC à itinéraire flexible en fonction des coûts et de la demande.	Équation de calcul de coûts
(Yang et al., 2016)	2.3.4	Développer une méthodologie permettant d'évaluer le coût-bénéfice associé aux services de déviation d'itinéraire.	Méthode heuristique basée sur méthode SIG
(I-Jy Chien, 2005)	2.3.4	Développer une méthodologie permettant de déterminer l'espacement entre les arrêts, la taille des véhicules et le choix d'itinéraire optimal pour les navettes d'accès au réseau régulier.	Technique analytique et numérique
(Hansen, 2018)	2.3.4	Évaluer le coût-bénéfice de la mise en place d'un service de navette d'accès au réseau régulier destiné aux usagers du TA par rapport au TC régulier.	Analyse coût-bénéfice
(Weiner, 2008)	2.3.4	Présenter les bonnes pratiques en lien avec l'intégration du TA et du TC régulier.	Revue de littérature
(Tan & Hansen, 2015)	2.3.4	Évaluer les bénéfices potentiels de l'intégration d'un service de navette d'accès au TC régulier et de l'amélioration de son accessibilité sur la surcharge du TA.	Approche par étude de cas et utilisation d'outil SIG
(Fei & Chen, 2015)	2.3.4	Exposer les principaux problèmes financiers associés au TA de la région métropolitaine de Richmond et formuler des recommandations.	Analyse comparative d'étude de cas
(Okayama, 2009)	2.3.4	Étudier l'attitude des PA à l'égard de la mobilité et des autobus communautaires.	Analyse des résultats d'enquête auprès de PA
(Shiozu et al., 2017)	2.3.4	Prédire la demande pour le service d'autobus communautaires et déterminer les façons de promouvoir ce service.	Analyse quantitative et graphique des résultats d'un sondage de préférence

Tableau A.3 Synthèse spécifique des articles cités dans la section 2.3 par ordre d'apparition dans le texte (suite et fin)

Référence	Section	Objectifs	Méthodes
(Takebayashi & Nitta, 2010)	2.3.4	Documenter l'utilisation de la roue de Deming pour la planification du service d'autobus communautaire.	Roue de Deming (PDCA)
(Moriarty et al., 1991)	2.3.4	Présenter la planification et les résultats de l'implantation d'un service d'autobus communautaire sur un campus universitaire.	Analyses quantitatives
(Kawabata et al., 2010)	2.3.4	Étudier les choix modaux (automobile et autobus communautaire) des résidents d'une région ayant une faible densité de population au Japon.	Modèle de choix modal
(Levinson, 2003)	2.3.5	Présenter les bonnes pratiques en termes de SRB	Revue de littérature et études de cas
(Hensher, 1994)	2.3.5	Faire une synthèse des connaissances en lien avec les modèles de préférence déclarée en transport.	Revue de la littérature
(Johnston et al., 2017)	2.3.5	Présenter les bonnes pratiques en lien avec l'étude des préférences déclarées.	Revue de la littérature
(Cascetta & Cascetta, 2009)	2.3.5	Présenter la théorie de l'utilité aléatoire	NA
(Allena-Ozolina et al., 2022)	2.3.5	Modéliser l'utilisation potentielle des sources d'énergie plus propres selon le scénario de transport de passagers (transfert modal)	Modèle TIMES
(Daly et al., 2012)	2.3.5	Incorporer les choix modaux en transport au sein du modèle TIMES	Modèle TIMES
(Daly et al., 2015)	2.3.5	Évaluer les impacts environnementaux des transferts modaux grâce au modèle TIMES	Modèle TIMES
(Trigg & Fulton, 2012)	2.3.5	Analyser les impacts de 3 scénarios d'utilisation du SRB et du statu quo sur les émissions de CO ₂ et la rentabilité du service	Modèle MoMo
(Fulton et al., 2009)	2.3.5	Évaluer les impacts de différents scénarios de mobilité sur les émissions de CO ₂	Modèle MoMo

Tableau A.4 Synthèse spécifique des articles cités dans la section 2.4 par ordre d'apparition dans le texte

Référence	Section	Objectifs	Méthodes
(Southworth, 2005)	2.4	Présenter 6 critères associés à la marchabilité.	Revue de littérature
(Gray et al., 2012)	2.4 2.4.4	Évaluer comment les outils d'évaluation de l'environnement bâti considèrent les PSH.	Revue de littérature
(Gan et al., 2021)	2.4 2.4.4	Évaluer comment l'outil SWAN13 permet d'évaluer la marchabilité du point de vue de personnes ayant des limitations physiques.	Utilisation de l'outil SWAN par des PSH
(Gallagher et al., 2010)	2.4 2.4.2 2.4.3	Identifier les facteurs qui influencent la marche chez les PA africaines.	Groupe de discussion et Photovoice
(Booth et al., 2000)	2.4 2.4.3	Identifier les influences environnementales, sociales et cognitives associées à l'activité physique chez les PA	Auto-déclaration de l'activité physique et régression logistique
(van Lenthe et al., 2005)	2.4 2.4.2 2.4.3	Étudier l'association entre l'environnement socio-économique du quartier et l'activité physique.	Analyse multi-niveaux basée sur les résultats du sondage postal GLOBAL
(Wigan, 1995)	2.4	Illustrer l'importance relative de la marche comme mode de transport.	Analyse graphique
(Banister & Bowling, 2004)	2.4	Faire le portrait de la qualité de vie des PA du point de vue de la mobilité.	Présentation des résultats de sondages auprès de PA
(Langlois et al., 1997)	2.4 2.4.2	Étudier les caractéristiques sociodémographiques associées à la santé des PA ayant de la difficulté à traverser les intersections	Présentation des résultats d'entrevue auprès de PA
(Gray et al., 2008)	2.4 2.4.2 2.4.3 2.4.4	Décrire le développement et les propriétés psychométriques d'une enquête d'auto-évaluation des facilitateurs et obstacles aux déplacements des personnes à mobilité réduite	Outil FABS/M
(Deuschle et al., 2011)	2.4	Évaluer l'utilisation du test de 6MWD test pour les personnes atteintes de sclérodémie systémique	6MWD test
(Donini et al., 2013)	2.4	Explorer les déterminants du test de 6MWD et étudier les prédicteurs d'interruption du test de marche chez les personnes obèses.	6MWD test et modèle de régression multivarié

Tableau A.4 Synthèse spécifique des articles cités dans la section 2.4 par ordre d'apparition dans le texte (suite)

Référence	Section	Objectifs	Méthodes
(Tolerico et al., 2007)	2.4 2.4.3	Investiguer les caractéristiques de mobilité et le niveau d'activité des personnes en fauteuil roulant manuel.	Analyse quantitative de résultats de sondage auprès de personnes en fauteuil roulant et enregistrement de données d'activité sur 13 à 20 jours
(Troosters et al., 1999)	2.4	Évaluer la 6MWD chez les PA et les déterminants de celle-ci.	6MWD test et analyse de corrélation
(Waninge et al., 2011)	2.4 2.4.3	Étudier la faisabilité et la fiabilité du 6MWD test et du aSRT chez les personnes ayant une DI ou sensorielle.	6MWD test et aSRT avec le port d'un moniteur de fréquence cardiaque
(Fougeyrollas et al., 1999)	2.4 2.4.2 2.4.3	Présenter la version 2 de l'outil MQE.	Outil MQE
(Battista & Manaugh, 2019)	2.4	Examiner l'inclusion sociale de plans piétonniers de 27 municipalités au Canada.	Schéma de codage semi-structuré et segmentation
(Brownson et al., 2009)	2.4 2.4.4	Faire la synthèse et la critique des mesures de l'environnement bâti pour l'étude de l'activité physique	Revue de littérature
(Whiteneck et al., 2004)	2.4 2.4.2 2.4.4	Développer et tester un nouvel instrument pour évaluer les barrières environnementales rencontrées par les PSH et la population générale	Outil CHIEF
(Mahmood et al., 2020)	2.4 2.4.2 2.4.3 2.4.4	Présenter les résultats de l'utilisation de l'outil SWAN pour évaluer l'environnement de quartier de 3 municipalités de Vancouver.	Outil SWAN
(Stark et al., 2007)	2.4 2.4.4	Présenter une nouvelle mesure de la réceptivité de l'environnement physique pour les personnes à mobilité réduite.	Outil CHEC
(Krambeck, 2006)	2.4	Présenter l'index de marchabilité global et son développement.	Global walkability index
(Rippe et al., 1988).	2.4.1	Faire la synthèse des connaissances en lien avec la marche et la santé et présenter le 1-Mile Walk Test.	Revue de littérature et 1-Mile Walk Test
(Chad et al., 2005)	2.4.1	Examiner les relations entre critères sociodémographiques, critères liés à la santé, facteurs environnementaux et niveaux d'activité physique chez les PA.	Questionnaire auto-administré et PASE test

Tableau A.4 Synthèse spécifique des articles cités dans la section 2.4 par ordre d'apparition dans le texte (suite)

Référence	Section	Objectifs	Méthodes
(Couture et al., 2023)	2.4.1	Évaluer les obstacles à la marche chez les PSH à l'aide des données du TA.	Analyse qualitative de données spatiales et démographiques
(Kwon & Akar, 2022)	2.4.1	Examiner les liens entre le potentiel piétonnier du quartier et l'utilisation du TC par les PSH.	Index de marchabilité et modèle de régression binominale négatif
(Rahman et al., 2016)	2.4.1	Examiner les perceptions et les préférences des PA pour cinq alternatives de transport.	Interprétation de résultats de sondage auprès de PA
(Schreuer et al., 2019)	2.4.2 2.4.3	Établir la relation entre la marchabilité des quartiers et les participations des PSH.	Étude transversale par sondage auto-administré, outil CHIEF et statistiques descriptives
(Lockett et al., 2005)	2.4.2 2.4.3	Examiner les facteurs environnementaux influençant les choix de marche des PA.	Analyse des résultats obtenus par l'approche Photovoice
(Michael et al., 2006)	2.4.2 2.4.3	Décrire comment l'aménagement des quartiers peut encourager le vieillissement actif.	Analyse qualitative des résultats de groupes de discussion
(Risser et al., 2010)	2.4.2 2.4.3	Faire le portrait des problèmes identifiés par les PA dans l'environnement routier.	Groupes de discussions, entrevues, sondage quantitatif et atelier
(Negron-Poblete & Lord, 2014)	2.4.2 2.4.3	Faire le portrait des environnements urbains des résidences pour PA.	Audit MAPPA
(Bromley et al., 2007)	2.4.2 2.4.3	Enquêter et réévaluer l'accessibilité actuelle du Centre-Ville de Swansea, au Royaume-Uni, pour les personnes en fauteuil roulant.	Analyse des résultats d'entrevue détaillée avec des personnes en fauteuil roulant
(Lima & Machado, 2019)	2.4.2	Évaluer l'accessibilité dans les espaces publics du point de vue de la personne à mobilité réduite.	AHP (« Analytic Hierarchy Process ») et Méthode de parcours commentés
(Balfour & Kaplan, 2002)	2.4.2	Examiner l'association entre les problématiques au sein des quartier et la perte fonctionnelle globale et des membres inférieurs.	Modèle de régression à partir des données de sondage par cohorte sur 2 ans

Tableau A.4 Synthèse spécifique des articles cités dans la section 2.4 par ordre d'apparition dans le texte (suite)

Référence	Section	Objectifs	Méthodes
(Granner et al., 2007)	2.4.2 2.4.3	Explorer l'association entre les facteurs individuels, sociaux et environnementaux, l'activité physique, et les habitudes associées à la marche.	Modèle multivarié basé sur les résultats d'un questionnaire à composition aléatoire
(Huston et al., 2003)	2.4.2 2.4.3	Examiner les associations entre les caractéristiques perçues du quartier, l'accès aux lieux d'activité et l'activité physique pendant les loisirs.	Analyse quantitative des résultats d'une enquête téléphonique transversale
(King et al., 2005)	2.4.2 2.4.3	Identifier les attributs objectivement mesurés de l'environnement du quartier qui peuvent être associés au niveau d'activité physique chez les femmes âgées.	Utilisation de données de podomètres et de données spatiales pour faire une régression linéaire multiple
(Saelens & Handy, 2008)	2.4.2 2.4.3	Faire une synthèse des preuves de la relation entre l'environnement bâti et la marche.	Revue de littérature
(Distefano et al., 2021)	2.4.2	Comprendre quels aspects et mesures les PA considèrent comme plus importants afin d'encourager et d'améliorer la marche dans leur quartier.	Analyse de correspondances multiples
(Borst et al., 2008)	2.4.2 2.4.3	Établir la relation entre les caractéristiques des rue et l'attractivité de la marche perçue par les PA.	Modèle de régression linéaire multivariée
(Moudon & Lee, 2003)	2.4.2 2.4.3 2.4.4	Passer en revue les instruments d'évaluation de l'environnement bâti existants utilisés pour saisir la praticabilité de la marche et du vélo.	Revue de littérature
(Cunningham et al., 2005)	2.4.2 2.4.3 2.4.4	Développer une mesure fiable de l'environnement pour accroître la compréhension des effets de l'environnement sur l'activité physique chez les PA.	Outil SWEAT
(Boarnet et al., 2006)	2.4.2 2.4.3	Présenter les résultats des tests de fiabilité de l'IMI, un outil d'audit complet visant à mesurer un large éventail de caractéristiques de l'environnement bâti.	Outil IMI

Tableau A.4 Synthèse spécifique des articles cités dans la section 2.4 par ordre d'apparition dans le texte (suite)

Référence	Section	Objectifs	Méthodes
(Pikora et al., 2002)	2.4.2 2.4.3 2.4.4	Décrire le développement d'un instrument complet pour mesurer les facteurs environnementaux physiques qui peuvent influencer la marche et le vélo dans les quartiers locaux et rendre compte de sa fiabilité.	Outil SPACES
(Michael et al., 2009)	2.4.2 2.4.3 2.4.4	Réviser et améliorer l'outil SWEAT pour obtenir un outil plus facile à utiliser	Outil SWEAT-R
(Troped et al., 2006)	2.4.2 2.4.3 2.4.4	Développer un audit d'évaluation de l'environnement piéton	Outil PEAT
(Leslie et al., 2007)	2.4.2 2.4.3 2.4.4	Décrire comment les index de marchabilité précédemment développés ont été opérationnalisés dans le contexte australien en utilisant les données SIG.	Utilisation de données spatiales pour calculer un index de marchabilité
(Krizek, 2003)	2.4.2 2.4.3 2.4.4	Étudier la mise en place de quartiers accessibles.	Revue de la littérature et index d'accessibilité des quartiers
(Lesiack & Bargaoui, 2023)	2.4.2 2.4.3	Étudier l'aménagement des intersections pour améliorer la sécurité des piétons	ND
(Plante, 2023)	2.4.3 2.4.4	Documenter l'implantation du programme MADA (Municipalités amies des aînés) dans la ville de Shawinigan	NA
(Daniels & Mulley, 2013)	2.4.3	Étudier la distance d'accès au réseau de TC	Analyse de corrélation, fréquence cumulée, test de chi-carré, etc.
(Rodríguez-López et al., 2017)	2.4.3	Examiner le trajet domicile-école chez les enfants et les adolescents en fonction du sexe et du lieu de résidence, étudier le lien entre la distance domicile-école et le mode de déplacement, et identifier la distance seuil en-dessous de laquelle les jeunes sont plus susceptibles de marcher jusqu'à l'école.	Régression logistique binaire à l'aide de données auto-rapportées et de données mesurées par Google Maps
(Yang & Diez-Roux, 2012)	2.4.3	Examiner la prévalence de la marche ainsi que les distances et les durées de déplacements à pied selon le motif chez les résidents américains.	Fonction de décroissance de la distance appliquée aux données du NHTS

Tableau A.4 Synthèse spécifique des articles cités dans la section 2.4 par ordre d'apparition dans le texte (suite)

Référence	Section	Objectifs	Méthodes
(Alves et al., 2020)	2.4.3 2.4.4	Concevoir un indice de marchabilité multifactoriel pour la santé des PA.	Outil WIEH
(Fougeyrollas, 2021)	2.4.4	Présenter la classification internationale MDH-PPH de 2018	NA
(Day et al., 2006)	2.4.4	Présenter l'outil « Irvine Minnesota Inventory ».	Outil IMI
(Kealey et al., 2005)	2.4.4	Développer un outil permettant d'évaluer les impacts de l'environnement bâti sur l'activité physique chez les personnes âgées	Audit PRC-HAN
(Rimmer et al., 2009)	2.4.4	Présenter l'outil Q-PART et son développement	Outil Q-PAT
(Hoehner et al., 2005)	2.4.4	Évaluer simultanément la perception des facteurs environnementaux mesurée objectivement et leur association relative avec le transport et l'activité physique récréative.	Étude transversale à l'aide d'une régression logistique
(Krambeck, 2006)	2.4.4	Présentation de l'outil « Global walkability index » et de son développement	Outil « Global walkability index »
(Glazier et al., 2012)	2.4.4	Créer un indice de marchabilité pour Toronto basé sur des travaux déjà publiés et validés dans ce domaine et tester sa performance à différents niveaux de la géographie du recensement	Revue de littérature, sélection de variables et validation de l'index (coefficient de corrélation de Spearman)
(Lam et al., 2022)	2.4.4	Développer un indice de marchabilité fondé sur la théorie des données probantes, examiner ses associations transversales avec les comportements de marche totaux et spécifiques des adultes et explorer les composantes de la marchabilité qui motivent ces associations.	Régression Tobit basée sur les données du « Dutch National Travel Survey 2017 »
(Manaugh & El-Geneidy, 2011)	2.4.4	Examiner la corrélation des scores de marchabilité avec les comportements de mobilité des ménages en contrôlant les caractéristiques individuelles, du ménage et des déplacements.	Régression logistique et méthode de regroupement en deux étapes

Tableau A.4 Synthèse spécifique des articles cités dans la section 2.4 par ordre d'apparition dans le texte (suite et fin)

Référence	Section	Objectifs	Méthodes
(Parks & Schofer, 2006)	2.4.4	Développer des mesures objectives de l'environnement piétonnier qui utilisent des données secondaires ou des plans et qui ont une bonne corrélation avec les mesures subjectives acceptées.	Régression linéaire basée sur des données objectives et subjectives

Tableau A.5 Synthèse spécifique des articles cités dans la section 2.5 par ordre d'apparition dans le texte

Référence	Section	Objectifs	Méthodes
(San Francisco Department of Public Health, 2008)	2.4.4	Présenter l'outil PEQI (Pedestrian Environmental Quality Index)	Outil PEQI
(Walk Score, 2023)	2.4.4	Présenter l'outil Walk Score	Outil Walk Score
(Carr et al., 2010)	2.4.4	Explorer la relation entre le Walk Score et les mesures objectives/subjectives de l'environnement d'activité physique.	Outil Walk Score et corrélation de Pearson
(Persson et al., 2015)	2.5.1	Étudier les différents concepts utilisés pour l'accessibilité, son développement méthodologique et historique et certains aspects philosophiques du concept.	Revue de littérature
(Woodward, 2023)	2.5.1	Présenter les accomplissements de Ronald Mace en lien avec l'AU.	NA
(Charte des droits et libertés de la personne, 1975)	2.5.1	Présenter le chapitre C-12 de la Charte des droits et libertés de la personne.	NA
(Gouvernement du Québec, 2004)	2.5.1	Présenter la loi assurant l'exercice des droits des personnes handicapées en vue de leur intégration scolaire, professionnelle et sociale.	NA
(Régie du bâtiment du Québec, 2023)	2.5.1	Présenter les normes d'accessibilité des bâtiments aux personnes handicapées de la Régie du bâtiment du Québec.	NA
(Rocque et al., 2011)	2.5.2	Proposer une définition formelle de l'AU basée sur une méthode de sélection et d'analyse de contenu des références les plus pertinentes.	Revue de littérature

Tableau A.5 Synthèse spécifique des articles cités dans la section 2.5 par ordre d'apparition dans le texte (suite)

Référence	Section	Objectifs	Méthodes
(INSPQ, 2021)	2.5.2	Présenter le concept d'AU.	NA
(Nation Unies, 2006).	2.5.2	Présenter la convention relative aux droits des personnes handicapées.	NA
(Center for Universal Design, 1997)	2.5.2	Présenter les principes d'AU.	NA
(Card et al., 2006)	2.5.3	Comparer visuellement les obstacles identifiés par les agences de voyages et les personnes utilisant des aides à la mobilité.	Comparaison AABM (Accessibility and Attitudinal Barriers Model)
(Dabelko-Schoeny et al., 2021)	2.5.3	Explorer les obstacles et les facilitateurs à plusieurs niveaux du transport parmi les PA, avec un focus particulier sur les personnes immigrantes et réfugiées âgées.	Technique RADaR (Rapid and Rigorous Qualitative Data Analysis) et analyse thématique basées sur les résultats de groupes de discussion
(Park & Chowdhury, 2018)	2.5.3	Étudier les obstacles dans un trajet typique en transport collectif public pour une PSH.	Analyse qualitative de données sur NVivo et analyse thématique à partir de résultats d'entrevues semi-structurées
(Crabtree et al., 2008)	2.5.3	Décrire les données démographiques, les conditions invalidantes, les besoins autodéclarés et les obstacles environnementaux des usagers du TA vivant à Indianapolis.	Analyse des données d'entrevue d'admission au TA
(Bascom & Christensen, 2017)	2.5.3	Examiner la participation sociale et communautaire des PSH par rapport à leur accès au transport.	Analyse quantitative des résultats d'un questionnaire en ligne auto-administré
(Bezyak et al., 2017)	2.5.3	Étudier les barrières rencontrées dans le TC régulier par les PSH.	Interprétation des résultats d'un sondage en ligne

Tableau A.5 Synthèse spécifique des articles cités dans la section 2.5 par ordre d'apparition dans le texte (suite et fin)

Référence	Section	Objectifs	Méthodes
(WenZhao & XiaoKuan, 2016)	2.5.3	Explorer les conditions de la non-utilisation du TC régulier par les personnes vulnérables et construire un service de transport à la demande pour répondre à la demande de ces usagers.	Analyse des résultats d'un sondage auprès de personnes vulnérables
(Lubin & Deka, 2012)	2.5.3	Examiner le rôle du TC dans l'accès à l'emploi des PSH et fournir des informations et des idées sur la disponibilité, l'utilisation, les besoins, les obstacles et les perceptions des répondants au sondage sur les différents modes de transport en commun.	Analyse quantitative des résultats de sondage auprès de PSH

Tableau A.6 Synthèse spécifique des articles cités dans la section 2.6 par ordre d'apparition dans le texte

Référence	Section	Objectifs	Méthodes
(Haustein, 2012)	2.6 2.6.1	Segmenter la population âgée selon les comportements de mobilité.	Analyse de régression et analyse de regroupement basées sur les résultats d'une entrevue téléphonique
(Beane & Ennis, 1989)	2.6.1	Faire une revue de la littérature en lien avec la segmentation de marché.	Revue de littérature
(Jacques et al., 2013)	2.6.1	Proposer une segmentation alternative qui pourrait être appliquée à tous les modes de transport, autant par les usagers que les décideurs, pour orienter l'élaboration des politiques de transport.	Technique de regroupement basée sur les résultats d'une enquête de mobilité
(Haustein & Hunecke, 2013)	2.6.1	Identifier les groupes cibles pour le transport écologiquement durable.	Revue de littérature
(Beimborn et al., 2003)	2.6.1 2.6.2 2.6.3	Examiner la façon dont les caractéristiques des services de transport en commun telles que l'accessibilité et la connectivité sont liées à la captivité et au choix modaux.	Technique de segmentation
(Krizek & El-Geneidy, 2007)	2.6.1	Mieux comprendre les habitudes et les préférences des usagers et des non-usagers du système de TC.	Analyse de segmentation et de regroupement

Tableau A.6 Synthèse spécifique des articles cités dans la section 2.6 par ordre d'apparition dans le texte (suite)

Référence	Section	Objectifs	Méthodes
(Polzin et al., 2000)	2.6.1 2.6.2 2.6.3	Étudier les comportements actuels de mobilité en TC.	Analyse des résultats du NPTS (995 Nation-wide Personal Transportation Study)
(Kasuku, 2001)	2.6.1	Évaluer les infrastructures piétonnières de Jogoo au Kenya, leur niveau d'utilisation et les interventions à mettre en place.	Analyses quantitatives et qualitatives de nombreuses sources de données (enquête OD, photos, enquête ménage, etc.)
(Tiwari, 2001)	2.6.1	Évaluer les impacts des infrastructures piétonnes sur les comportements de mobilité à Delhi, en Inde.	Analyses quantitatives
(Tarigan et al., 2014)	2.6.1	Explorer les impacts des expériences négatives et des insatisfactions des utilisateurs de taxi collectif à l'égard de leur mode d'utilisation.	Analyse descriptive et analyse de segmentation de marché (méthode des K-moyennes)
(Félix et al., 2017)	2.6.1	Comparer les typologies de cyclistes et les méthodes de segmentation correspondantes.	Revue de littérature
(Benjamin et al., 1998)	2.6.2	Développer une méthodologie pour évaluer quantitativement l'impact des services de TA sur le comportement de choix modal des usagers.	Modèle de choix modal et préférences déclarées
(Y. Wang et al., 2022)	2.6.2	Évaluer comment l'achalandage et les motifs de déplacement du TA ont évolué avant et pendant la pandémie et déterminer quels facteurs ont influencé ces changements.	Modèle d'obstacle basé sur les données du TA de Seattle
(Freeman & Selmi, 2010)	2.6.2	Examiner les accommodations au Canada et en France pour les touristes en situation de handicap.	Analyse qualitative de résultats d'entrevue avec des PSH
(Yates, 2007)	2.6.2	Étudier les difficultés rencontrées par les PSH faisant du tourisme.	Synthèse des réponses à des entrevues semi-structurées avec des PSH
(ARTM, 2020)	2.6.3	Présenter les résultats du sondage des perceptions et habitudes de mobilité des usagers du TA au Québec.	Enquête web et téléphone

Tableau A.6 Synthèse spécifique des articles cités dans la section 2.6 par ordre d'apparition dans le texte (suite)

Référence	Section	Objectifs	Méthodes
(Darcy & Burke, 2018)	2.6.3	Étudier les barrières et les bénéfices à l'accès à une automobile privée par les PSH.	Approche analytique factorielle de résultats de sondages en ligne
(MTMD, 2020)	2.6.3	Présenter le programme d'adaptation de véhicule pour les PSH.	NA
(Turcotte, 2016)	2.6.3	Présenter les difficultés rencontrées par les personnes désirant faire adapter leur véhicule.	NA
(Johansson et al., 2017)	2.6.3	Étudier les impacts du changement de la voiture individuelle au vélo sur la pollution de l'air et la santé.	Inventaire des émissions polluantes et calcul des impacts sur la santé
(CAA-Québec, 2013)	2.6.3	Présenter les coûts d'utilisation d'une automobile.	NA
(OCDE, 2010)	2.6.3	Évaluer la situation canadienne en termes d'emploi chez les PSH.	NA
(SAAQ, 2021a)	2.6.3	Présenter le guide explicatif des règlements relatifs à la santé des conducteurs.	NA
(Communauto, 2023)	2.6.3	Présenter le fonctionnement du service d'autopartage de Communauto.	NA
(Bain, 2022)	2.6.3	Présenter les problématiques en lien avec la pénurie de véhicules d'autopartage de Communauto.	NA
(Changaival et al., 2021)	2.6.3	Développer une nouvelle approche pour le problème de localisation de flottes d'autopartage basées station.	Modèle d'optimisation de placement de flotte (algorithme d'optimisation : PolySCIP, heuristique et NSGA-II)
(Hwang et al., 2020)	2.6.3	Évaluer le potentiel des véhicules autonomes comme alternative au TC pour les PSH.	Analyse qualitative des résultats de groupes de discussion avec des PSH.
(Taxelco, 2022)	2.6.3	Prévenir un bris de service de TA imminent à Montréal	NA
(MTMD, 2023a)	2.6.3	Présenter les critères d'admission au TA pour la province de Québec	NA
(Cross, 2007)	2.6.3	Comparer les différentes procédures d'admissibilité au TA.	Revue des pratiques

Tableau A.6 Synthèse spécifique des articles cités dans la section 2.6 par ordre d'apparition dans le texte (suite et fin)

Référence	Section	Objectifs	Méthodes
(Khan et al., 2022)	2.6.3	Étudier les avantages potentiels de l'intégration de véhicules autonomes partagés et d'un système de TC existant.	Régression pondérée géographiquement à partir des données du service de TA de Handitran.
(Grushka et al., 2020)	2.6.3	Identifier les déserts de service de TA (zone et horaire peu ou pas desservie).	Utilisation de données GTFS des opérateurs de transport pour déterminer les zones et les horaires couverts par le TA
(Lave & Mathias, 2000)	2.6.3	Faire une synthèse des connaissances de la terminologie en lien avec le TA.	Revue de littérature
(Venter, 2001)	2.6.3	Évaluer les impacts de la politique de réservation un jour à l'avance sur les usagers du TA aux États-Unis.	Approche qualitative et quantitative (modèle empirique)
(STM, 2023a)	2.6.3	Présenter le guide d'utilisation du TA aux usagers de la STM.	NA
(Gupta et al., 2010)	2.6.3	Développer 2 approches permettant d'améliorer l'efficacité des opérations du TA et évaluer les bénéfices des 2 approches.	Test des 2 approches sur les données du service de TA de Minneapolis et de Saint Paul au Minnesota
(Fei & Chen, 2015)	2.6.3	Exposer les principaux problèmes financiers associés au TA de la région métropolitaine de Richmond et formuler des recommandations.	Analyse comparative d'études de cas
(Meshram, 2018)	2.6.3	Présenter les bonnes pratiques en TA en lien avec les réductions de coûts et l'amélioration du service.	Étude de cas auprès de services de TA

Tableau A.7 Synthèse spécifique des articles cités dans la section 2.7 par ordre d'apparition dans le texte

Référence	Section	Objectifs	Méthodes
(Keehn et al., 2004)	2.7 2.7.1 2.7.2	Déterminer les innovations qui permettraient d'améliorer le service de TA du Comté de Johnson.	Revue de littérature
(Fei & Chen, 2015)	2.7 2.7.1 2.7.3 2.7.4	Exposer les principaux problèmes financiers associés au TA de la région métropolitaine de Richmond et formuler des recommandations.	Analyse comparative d'études de cas

Tableau A.7 Synthèse spécifique des articles cités dans la section 2.7 par ordre d'apparition dans le texte (suite)

Référence	Section	Objectifs	Méthodes
(Hiarano, 2002)	2.7 2.7.1	Présenter 5 façons d'améliorer les services de TA.	NA
(Meshram, 2018)	2.7 2.7.1 2.7.2	Présenter les bonnes pratiques en TA en lien avec les réductions de coûts et l'amélioration du service.	Étude de cas auprès de services de TA
(Kihl, 1993)	2.7.1	Rendre compte de l'exactitude requise, de la cohérence des rapports sur la fréquence des envois de données et des exigences d'affichage pour les systèmes AVL dans le domaine du TC.	Suivi de l'implantation de systèmes AVL
(Fu & Xu, 2001)	2.7.1	Évaluer les effets potentiels de l'implantation du système AVL sur la productivité et la fiabilité d'un service de TA.	Analyse de simulations
(Donovan, 2000)	2.7.1	Concevoir, mettre en œuvre et évaluer un système pour aviser les usagers du TA à l'avance de l'heure d'arrivée du véhicule.	Projet pilote d'implantation d'un système AVL
(Gutesa et al., 2017)	2.7.1	Présenter un système de notification d'arrivée imminente pour le transport.	Analyse des données du TA avant et après l'implantation du système
(Woodlief, 2003)	2.7.1	Examiner les effets de l'amélioration des communications téléphoniques sur la satisfaction des usagers du TA.	Analyse de résultats d'un sondage de préférence déclarée
(Sengupta, 2002)	2.7.1	Développer une application de récupération et d'évaluation des données de performance du TA.	Analyse des données de TA avant et après l'implantation
(Cevallos et al., 2009)	2.7.1	Explorer le potentiel de l'utilisation d'appareils GPS mobiles pour réduire le nombre d'embarquements manqués en TA.	Évaluation de deux appareils GPS
(Sullman et al., 2015)	2.7.2	Évaluer si les chauffeurs de bus formés aux techniques d'écoconduite sont capables de mettre en œuvre ces apprentissages dans un simulateur et si cette formation sera transférable sur le lieu de travail.	Simulateur de conduite et analyse de la conduite avant et après
(Thatcher, 1993)	2.7.3	Présenter le manuel d'admission au TA pour les États-Unis.	NA

Tableau A.7 Synthèse spécifique des articles cités dans la section 2.7 par ordre d'apparition dans le texte (suite)

Référence	Section	Objectifs	Méthodes
(Thatcher et al., 2013)	2.7.3	Présenter les stratégies pour promouvoir l'utilisation du TC régulier par les PSH.	Revue de littérature
(Ranahan et al., 2018)	2.7.3	Établir les bonnes pratiques en matière de TA.	Synthèse des résultats d'entrevues avec des agence de TC aux États-Unis
(Koffman, 2007)	2.7.3	Examiner les outils et les méthodes permettant de mieux estimer la demande en TA.	NA
(SAAQ, 2021b)	2.7.5	Présenter l'avancement des véhicules autonome au Québec du point de vue légal.	NA
(Kuzio, 2021)	2.7.5	Évaluer le statu quo actuel en termes d'essais et de réglementation des véhicules autonomes, et évaluer l'adaptabilité et l'applicabilité de l'ADA dans l'avenir des véhicules autonomes.	Examen de la réglementation
(Riggs & Pande, 2022)	2.7.5	Évaluer les opportunités et les défis en lien avec les politiques d'accessibilité pour l'implantation de véhicules autonomes dans le domaine du TA.	Examen de la réglementation
(Khan et al., 2022)	2.7.5	Étudier les avantages potentiels de l'intégration de véhicules autonomes partagés et d'un système de TC existant.	Régression pondérée géographiquement à partir des données du service de TA de Handitran.
(Claypool et al., 2017)	2.7.5	Présenter les impacts potentiel des véhicules autonomes sur les PSH	NA
(Cregger et al., 2018)	2.7.5	Faire le point sur la pratique actuelle des navettes automatisées à basse vitesse.	Étude de cas, entrevue et revue de littérature
(Hwang et al., 2020)	2.7.5	Évaluer le potentiel des véhicules autonomes comme alternative au TC pour les PSH.	Analyse qualitative des résultats de groupes de discussion avec des PSH.
(Krueger et al., 2016)	2.7.5	Faire progresser les recherches sur les impacts des véhicules autonomes partagés sur les comportements de mobilité en identifiant les caractéristiques des usagers susceptibles d'adopter ce service.	Modèle Logit mixte à partir des données d'un sondage

Tableau A.7 Synthèse spécifique des articles cités dans la section 2.7 par ordre d'apparition dans le texte (suite et fin)

Référence	Section	Objectifs	Méthodes
(Ferati et al., 2018)	2.7.5	Étudier l'accessibilité universelle des interfaces des véhicules autonomes.	Revue de littérature et application des principes d'AU
(Foss, 2021)	2.7.5	Présenter un projet pilote d'implantation de véhicules autonomes pour offrir du transport à la demande.	Étude de cas
(Etminani-Ghasrodashti et al., 2021)	2.7.5	Explorer les préoccupations et les préférences de futurs usagers concernant l'intégration d'une navette autonome partagée dans un service de covoiturage existant dans une ville sans système de TC.	Approche qualitative basée sur des groupes de discussion

Tableau A.8 Synthèse spécifique des articles cités dans la section 2.8 par ordre d'apparition dans le texte

Référence	Section	Objectifs	Méthodes
(Badr et al., 2020)	2.8.1	Évaluer comment la distanciation sociale et les habitudes de mobilité ont affecté les taux d'infection associés à la COVID-19 aux États-Unis.	Analyse de corrélation avec données mobiles et données épidémiologiques.
(Tirachini & Cats, 2020)	2.8.1 2.8.4	Synthétiser les avancées en TC associées à la pandémie de COVID-19.	Revue de littérature
(Wang & Noland, 2021)	2.8.1	Examiner les impacts de la pandémie et des mesures sanitaires sur le vélopartage et le métro à New York.	Régression linéaire avec l'estimateur Prais-Winsten pour contrôler l'autocorrélation
(Laimeur, 2023)	2.8.1	Documenter le projet d'implantation de transport à la demande en contexte pandémique.	Analyses qualitative et quantitative
(Bouchard, 2023)	2.8.1; 2.8.4	Documenter les impacts de la pandémie sur le transport par autobus et les solutions mises en place en contexte pandémique à la STM.	Analyses qualitative et quantitative
(Das et al., 2021)	2.8.1 2.8.3	Analyser les facteurs ayant affecté les transferts modaux du TC vers l'automobile durant la pandémie en Inde.	Régression logistique basée sur des données de sondage en ligne

Tableau A.8 Synthèse spécifique des articles cités dans la section 2.8 par ordre d'apparition dans le texte (suite)

Référence	Section	Objectifs	Méthodes
(Deschaintres & Dushina, 2023)	2.8.1; 2.8.3; 2.8.4	Documenter les impacts de la COVID-19 sur le TC de la STL et tester des modèles de prévision de la demande en contexte postpandémique.	Analyse quantitative et modèle de prévision de la demande (modèle maison, modèle ARIMA, modèle GBM et une combinaison de ces trois modèles)
(Deschaintres et al., 2022)	2.8.1; 2.8.3	Déterminer quelles mesures sanitaires préventives ont eu le plus d'impact sur l'achalandage du métro à Montréal et sur l'interaction entre les modes de transport.	Approche de séries chronologiques
(ARTM, 2022a)		Présenter les différentes mesures prises par les services de TC dans le grand Montréal en lien avec la COVID-19.	NA
(Thombre & Agarwal, 2021)	2.8.1	Évaluer les impacts de la pandémie sur les habitudes de transport en Inde.	Sondage en ligne
(Shortall et al., 2022)	2.8.1	Synthétiser les impacts des mesures sanitaires sur le TC et les transferts modaux.	Revue de littérature
(Shakibaei et al., 2021)	2.8.1	Évaluer les impacts de la COVID-19 sur les comportements de mobilité à Istanbul.	Statistiques descriptives basées sur des données de panel obtenues par sondage
(Hörcher et al., 2022)	2.8.1 2.8.3 2.8.4	Explorer les possibilités d'implanter la distanciation physique dans le TC.	Revue de littérature
(Wilbur et al., 2023)	2.8.1 2.8.2	Évaluer les impacts de la pandémie sur l'achalandage du TC et du TA et évaluer si les habitudes de mobilité vont persister après la levée des restrictions.	Analyse de corrélation et régression linéaire multiple
(Mageau-Béland, 2023)	2.8.1; 2.8.3	Documenter la transformation de la mobilité montréalaise en contexte pandémique et postpandémique.	Analyses qualitative et quantitative
(Eisenmann et al., 2021)	2.8.1 2.8.3	Évaluer si et comment la pandémie et le confinement ont eu un impact sur l'utilisation des modes de transport en Allemagne.	Analyse quantitative basée sur une enquête de déplacement menée durant la pandémie

Tableau A.8 Synthèse spécifique des articles cités dans la section 2.8 par ordre d'apparition dans le texte (suite)

Référence	Section	Objectifs	Méthodes
(Loa et al., 2021)	2.8.1 2.8.3	Explorer les impacts de la pandémie sur les profils de mobilité pour les déplacements non essentiels à Toronto.	Modèle de classification par les classes latentes basé sur des données d'enquête web
(Epstein et al., 2021)	2.8.2	Évaluer comment la pandémie a impacté les PSH aux États-Unis.	Analyse inductive des résultats d'entrevues semi-structurées
(Palm et al., 2022)	2.8.2	Évaluer comment la pandémie a aggravé ou amélioré les iniquités en transport entre les personnes avec et sans handicap.	Revue de littérature
(Assi et al., 2022)	2.8.2	Examiner la prévalence relative de l'insuffisance alimentaire et des besoins de soins de santé non satisfaits parmi les PA aux États-Unis.	Modèle de régression de poisson basé sur une enquête ménage
(Koon et al., 2022b)	2.8.2	Évaluer les impacts de la pandémie sur les interactions sociales avec la famille et les amis, et l'accès aux soins, aux épiceries, au transport et à l'emploi chez les PSH.	Statistiques descriptives et analyse de contenu des données de sondage
(Cochran et al., 2022)	2.8.2	Identifier les barrières en transport à l'accès au soin durant la pandémie pour les personnes recevant des soins régulièrement.	Analyses quantitative et qualitative des résultats d'une enquête web
(Park et al., 2022)	2.8.2	Évaluer les impacts de la pandémie sur les habitudes de transport et sur la vie en communauté des PSH.	Modèle de régression basé sur les données d'un sondage en ligne
(Ashour et al., 2021)	2.8.2	Identifier les lacunes politiques et les défis critiques pour la planification du rétablissement du service de TA de Seattle en contexte postpandémique.	Analyse qualitative des réponses à des entrevues semi-structurées avec des employés de TA
(Lebrasseur et al., 2021)	2.8.2	Synthétiser les impacts de la COVID-19 et les mesures préventives sur les personnes ayant un handicap physique	Revue de littérature
(Beaudet et al., 2022)	2.8.2; 2.8.3	Étudier les attitudes, les peurs et les préoccupations des patients sous hémodialyse face aux déplacements pendant la pandémie à Montréal	Statistiques descriptives et thématiques à partir de résultats d'un sondage

Tableau A.8 Synthèse spécifique des articles cités dans la section 2.8 par ordre d'apparition dans le texte (suite)

Référence	Section	Objectifs	Méthodes
(Pfeiffer et al., 2022)	2.8.2	Évaluer les impacts de la pandémie sur la mobilité et la participation sociale de jeunes adultes ayant un trouble du spectre de l'autisme.	Analyse visuelle des données d'enquête et GPS mobile (n=6)
(Nie et al., 2022)	2.8.2	Évaluer les impacts de la COVID-19 sur les usagers et les opérateurs de TA.	Statistique descriptive et méthode de K-moyennes à l'aide de données du service de TA de Birmingham
(Y. Wang et al., 2022)	2.8.2	Évaluer comment l'achalandage et les motifs de déplacement du TA ont évolué avant et pendant la pandémie, et déterminer quels facteurs ont influencé ces changements.	Modèle d'obstacle basé sur les données du TA de Seattle
(INSPQ, 2022)	2.8.3	Présenter la chronologie des événements associés à la COVID-19 au Québec.	NA
(Irawan et al., 2022)	2.8.3	Étudier l'évolution des comportements de mobilité associés à l'adoption des technologies de communication durant le début de la pandémie en Indonésie.	Modélisation par équations structurelles basée sur les résultats d'une enquête web
(ARTM, 2020)	2.8.3	Présenter les résultats du sondage sur les perceptions et habitudes de mobilité des usagers du TA au Québec.	Enquête web et téléphonique
(Wagner et al., 2010)	2.8.3	Synthétiser les connaissances en lien avec l'usage des ordinateurs par les PA.	Revue de littérature multidisciplinaire
(Lian & Yen, 2014)	2.8.3	Comprendre les barrières à l'utilisation du magasinage en ligne chez les PA.	Analyse quantitative et analyse de variance des données de sondage
(Bezirgani & Lachapelle, 2021)	2.8.3	Examiner comment la prise de décisions, les habitudes d'achat en ligne et la limitation de mobilité sont associées à l'utilisation de l'épicerie en ligne chez les PA au Québec.	Modélisation par équations structurelles de données provenant d'un sondage en ligne
(Chauhan et al., 2021)	2.8.3	Étudier les attitudes et la perception du risque associées à la COVID-19 aux États-Unis.	Analyse statistique et méthode forêts d'arbres décisionnels basées sur des données d'enquête longitudinale

Tableau A.8 Synthèse spécifique des articles cités dans la section 2.8 par ordre d'apparition dans le texte (suite et fin)

Référence	Section	Objectifs	Méthodes
(Javadinasr et al., 2021)	2.8.3	Étudier l'impact de la COVID-19 sur les comportements de mobilité aux États-Unis.	Analyse longitudinale de données d'enquête par panel
(Magassy et al.)	2.8.3	Étudier l'évolution de l'usage des différents modes de transport durant la pandémie aux États-Unis.	Modèle probit multinomial en panel basé sur des données d'enquête collectées sur 3 périodes (avant, pendant et après la COVID-19)
(Salon et al., 2021)	2.8.3	Étudier la persistance des comportements adoptés durant la pandémie aux États-Unis.	Analyse des résultats d'enquête représentative à l'échelle nationale
(Beaulieu & Genesse, 2022)	2.8.3	Poser un regard critique sur les bénéfices et les écueils anticipés du programme de formation abrégé des préposés aux bénéficiaires du Québec en contexte pandémique.	Analyse de documents gouvernementaux, journalistiques et académiques
(Zanolini & Morency, 2023)	2.8.3	Analyser les caractéristiques du phénomène de relocalisation résidentielle à Montréal.	Partitionnement récursif basé sur les données de l'enquête sur les changements d'habitudes causés par la COVID-19 à Montréal
(Verplanken et al., 2008)	2.8.3	Vérifier si l'hypothèse selon laquelle un changement majeur de contexte (déménagement) est plus favorable à un changement des habitudes (mobilité).	Analyse statistique des résultats d'une courte enquête web
(Musselwhite et al., 2021)	2.8.3	Réfléchir aux menaces et aux opportunités pour le transport et la santé associées aux restrictions de mobilité durant la pandémie.	Revue de littérature
(INSPQ, 2023)	2.8.3	Présenter et rendre disponible les données associées à la COVID-19 au Québec.	Analyses quantitatives