

Consolidation des transports de personnes et de marchandises
– Une nouvelle ère, une nouvelle vision du transport

par

Dina ASAAD

THÈSE PAR ARTICLES PRÉSENTÉE À L'ÉCOLE DE TECHNOLOGIE
SUPÉRIEURE COMME EXIGENCE PARTIELLE À L'OBTENTION
DU DOCTORAT EN GÉNIE
Ph.D.

MONTRÉAL, LE 14 DÉCEMBRE 2024

ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE
UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

©Tous droits réservés, Dina Asaad, 2024

©Tous droits réservés

Cette licence signifie qu'il est interdit de reproduire, d'enregistrer ou de diffuser en tout ou en partie, le présent document. Le lecteur qui désire imprimer ou conserver sur un autre media une partie importante de ce document, doit obligatoirement en demander l'autorisation à l'auteur.

PRÉSENTATION DU JURY
CETTE THÈSE A ÉTÉ ÉVALUÉE
PAR UN JURY COMPOSÉ DE :

Mme Michèle St-Jacques, directrice de thèse
Département du Génie de la construction à l'École de technologie supérieure

M. Tony Wong, président du jury
Département de génie des systèmes à l'École de technologie supérieure

M. Adel Francis, membre du jury
Département du Génie de la construction à l'École de technologie supérieure

M. Edmond Miresco, membre du jury
Département du Génie de la construction à l'École de technologie supérieure

M. Luc Pellecuer, membre externe indépendant
School of Engineering, College of Arts, Technology, and Environment, University of the West
of England

ELLE A FAIT L'OBJET D'UNE SOUTENANCE DEVANT JURY ET PUBLIC

LE 6 NOVEMBRE 2024

À L'ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier chaleureusement madame Michèle Saint-Jacques, professeure au Département de Génie de la construction à l'École de technologie supérieure pour son expertise et sa passion de transmettre ses connaissances. Elle a su me guider dans les travaux de ma thèse sans perdre patience tout au long de mon doctorat.

Je tiens également à remercier monsieur Tony Wong, professeur et président du jury au Département de Génie des systèmes à l'École de technologie supérieure pour son soutien et son aide dans l'application de la méthode Monte Carlo. Monsieur Wong a pu gentiment me transmettre ses connaissances en tout professionnalisme.

Je remercie également les membres du jury et toute personne qui portera une attention à ma thèse et lira les travaux de mes recherches.

Enfin, et de tout coeur, je tiens à remercier mes parents, monsieur Haitham Asaad, ingénieur civil, PhD ing., et madame Nihad Saadeh ainsi que mon mari Mohammad Albizreh et mes frères Thaer, Ahmad, Omar et Ibrahim Asaad d'avoir été à mes côtés et de m'avoir appuyée tout au long de mon doctorat et, surtout, lors de la rédaction de cette thèse. Sans leur appui, je ne serais jamais rendue à cette étape et pour cette raison, je leur offre cette thèse à tous les sept.

Consolidation des transports de personnes et de marchandises – Une nouvelle ère, une nouvelle vision du transport

Dina ASAAD

RÉSUMÉ

Le transport routier est un secteur qui préoccupe plusieurs instances, à plusieurs niveaux. D'abord, les usagers de la route sont nombreux : piétons, cyclistes, motocyclistes, automobilistes, conducteurs d'autobus et de véhicules lourds, etc. Afin d'assurer un partage harmonieux et sécuritaire de la route, les différents usagers sont maintenus de respecter le Code de la sécurité routière et d'adopter des gestes volontaires favorisant une conduite respectueuse. Malgré cela, il existe de nombreuses problématiques de cohabitation et de sécurité routière. Par ailleurs, les véhicules lourds sont impliqués dans plusieurs accidents sur la route, notamment en raison de leurs angles morts qui sont très grands. De plus, le transport routier de marchandises a un impact majeur sur l'environnement. Plusieurs villes dans le monde se sont penchées sur cette problématique, mais chaque ville gère sa logistique urbaine différemment puisque les réalités et priorités des villes diffèrent.

Pour arriver à analyser le transport à Montréal, il faut comprendre d'abord son offre de transport de personnes ainsi que son offre de transport de marchandises. Le transport de personnes, à Montréal, est très varié. Il est composé d'un système de transport en commun offrant plusieurs moyens de déplacements présents actuellement ou en planification. Avec cette offre, naissent de nouvelles formes de mobilité, telles que le microtransit, le Mobility as a Service (ou mobilité intégrée) et les véhicules connectés, automatisés et autonomes. La planification du transport se fait à plusieurs niveaux et la législation en cours peut présenter un frein au développement des nouvelles formes de mobilité. En parallèle, les véhicules automatisés et autonomes présentent une opportunité pour le développement du microtransit afin d'offrir une mobilité intégrée et complémentaire.

D'une autre part, le transport de marchandises connaît également des développements et des avancées technologiques. Bien que le transport de marchandises par véhicules lourds présente de nombreux enjeux, il demeure essentiel au développement des villes et à leur vitalité économique. Il devient donc important de trouver des solutions ou des moyens de maintenir ce transport, mais de minimiser son impact, surtout dans les milieux denses. Une solution se présente dans l'implantation de centre de distribution urbaine. Ces différentes visions mènent à une réflexion plus poussée : comment intégrer le transport de personnes et le transport de marchandises? L'idée principale est de permettre le déplacement de la marchandise à travers des infrastructures existantes, tout en minimisant l'impact des véhicules lourds. Des simulations sont réalisées par la méthode Monte Carlo pour prouver l'efficacité d'une telle hypothèse.

Mots-clés : transport de personnes, transport de marchandises, mobilité intégrée, centre de distribution urbaine, formes de mobilité

Consolidation of passenger and freight transport – A new era, a new vision of transport

Dina ASAAD

ABSTRACT

Road transport is a sector that concerns several authorities, at several levels. First, there are many road users: pedestrians, cyclists, motorcyclists, motorists, bus and heavy vehicle drivers, etc. In order to ensure harmonious and safe sharing of the road, different users are required to respect the Road Safety Code and adopt voluntary actions promoting respectful driving. Despite this, there are many problems of cohabitation and road safety. Furthermore, heavy vehicles are involved in several accidents on the road, in particular because of their very large blind spots. In addition, road freight transport has a major impact on the environment. Several cities around the world have addressed this issue, but each city manages its urban logistics differently since the realities and priorities of the cities differ.

To analyze transportation in Montreal, you must first understand its passenger transportation offering as well as its freight transportation offering. Passenger transportation in Montreal is very varied. It is made up of a public transport system offering several means of travel currently present or in planning. With this offer, new forms of mobility are born, such as microtransit, Mobility as a Service (or integrated mobility) and connected, automated and autonomous vehicles. Transport planning takes place at several levels and current legislation may hinder the development of new forms of mobility. At the same time, automated and autonomous vehicles present an opportunity for the development of microtransit to offer integrated and complementary mobility.

On the other hand, the transport of goods is also experiencing developments and technological advances. Although the transport of goods by heavy vehicles presents many challenges, it remains essential to the development of cities and their economic vitality. It therefore becomes important to find solutions or means to maintain this transport, but to minimize its impact, especially in dense environments. A solution presents itself in the establishment of an urban distribution center. These different visions lead to further reflection: how to integrate the transport of people and the transport of goods? The main idea is to allow the movement of goods through existing infrastructure, while minimizing the impact of heavy vehicles. Simulations are carried out using the Monte Carlo method to prove the effectiveness of such a hypothesis.

Keywords: passenger transport, freight transport, integrated mobility, urban distribution center, forms of mobility.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1 MÉTHODOLOGIE.....	9
CHAPITRE 2 RÈGLES À SUIVRE AU NIVEAU DE LA SÉCURITÉ ROUTIÈRE	15
2.1 Partage de la route.....	15
2.1.1 Usagers vulnérables	17
2.1.2 Motocyclistes	19
2.1.3 Autobus municipaux et autobus scolaires.....	19
2.1.4 Véhicules lourds.....	21
2.1.5 Angles morts	22
2.2 Enjeux de cohabitation et de sécurité routière	24
2.2.1 Bilan routier 2022	24
2.2.2 Véhicules lourds.....	26
2.2.2.1 Circulation des véhicules lourds	28
2.2.3 Hypothèses et discussions sur les véhicules lourds	31
2.3 Conclusion	32
CHAPITRE 3 IMPACTS AUX NIVEAUX DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA QUALITÉ DE VIE	33
3.1 Impacts des véhicules lourds sur l'environnement	33
3.2 Comment répondre aux enjeux environnementaux et de qualité de vie	37
3.2.1 Actions ou solutions envisageables pour réduire l'impact environnemental du transport routier de marchandises	37
3.3 Conclusion et hypothèse	40
CHAPITRE 4 LOGISTIQUE URBAINE ACTUELLE À TRAVERS LE MONDE.....	43
4.1 Australie.....	43
4.1.1 Projet Inland Rail	44
4.2 Allemagne	47
4.3 Suède.....	51
4.4 Suisse	53
4.5 Conclusion	54
CHAPITRE 5 TOWARD AN INTEGRATED MOBILITY OF PASSENGER TRANSPORT	55
5.1 Abstract.....	55
5.2 Introduction.....	55
5.3 Context.....	56
5.3.1 Mobility in the Montreal Region	56
5.3.1.1 Réseau Express Métropolitain	58
5.3.1.2 Pie-IX bus rapid transit	60

	5.3.1.3	East-west electric link of the South Shore	61
	5.3.1.4	First/last/only mile	62
	5.3.1.5	Road network of the Montreal region	62
5.3.2		Contribution of the Société de Transport de Montréal	63
	5.3.2.1	Hybrid Buses.....	63
	5.3.2.2	City Mobility – Bus Network Electrification.....	63
	5.3.2.3	Blue Line Extension.....	65
5.4		New forms of mobility.....	65
	5.4.1	Microtransit.....	66
	5.4.2	Mobility as a Service	66
	5.4.3	Connected, Automated and Autonomous Vehicle.....	67
	5.4.3.1	Technological Evolution.....	71
	5.4.3.2	New Challenge.....	73
5.5		Taking charge.....	74
	5.5.1	Legislation.....	74
	5.5.1.1	Federal Governance	75
	5.5.1.2	Provincial Governance.....	75
	5.5.2	Arrival of Autonomous Vehicles in the Montreal Region.....	77
	5.5.2.1	Initiative of the City of Candiac.....	77
	5.5.2.2	Initiative of the Montreal Olympic Park.....	79
	5.5.2.3	Initiative of the City of Montreal	80
5.6		Discussion	83
	5.6.1	Use of Autonomous Vehicles	84
5.7		Conclusion	85
CHAPITRE 6 DEVELOPMENT OF AN URBAN DISTRIBUTION CENTER			87
6.1		Abstract.....	87
6.2		Introduction.....	88
6.3		Methodology.....	88
6.4		Context: Urban delivery in Montreal.....	93
	6.4.1	Environment.....	93
	6.4.2	Economic development.....	94
	6.4.2.1	Road congestion.....	96
	6.4.2.2	Deterioration of road network.....	96
	6.4.3	Quality of life.....	97
	6.4.3.1	Safety and road sharing.....	97
	6.4.3.2	Noise pollution.....	99
	6.4.4	Continuation.....	100
6.5		Evolution in freight transport.....	100
	6.5.1	New visions of urban logistics.....	100
	6.5.1.1	Urban distribution center	101
	6.5.2	Efforts of the City of Montreal	102
	6.5.2.1	Montreal Urban delivery Strategy	104
	6.5.2.2	Colibri project	106
	6.5.2.3	Electronic lockers – Plaza Saint-Hubert	107

6.5.3	What is next	107
6.6	Proposition – Transformation of Mansfield terminus into an urban distribution center.....	107
6.6.1	A new opportunity	107
6.6.1.1	Mansfield terminus description.....	108
6.6.2	Project – Mansfield Urban distribution center.....	110
6.6.2.1	Site planning	110
6.6.2.2	Traffic study.....	112
6.6.2.3	Stakeholders and governance.....	114
6.6.2.4	Complementary use	115
6.6.2.5	Economic study.....	116
6.6.2.6	Project performance and benefits.....	120
6.6.3	Project opportunity.....	121
6.7	Conclusion	121
CHAPITRE 7	EVOLUTION OF THE FREIGHT TRANSPORT: A MONTE CARLO SIMULATION.....	123
7.1	Abstract.....	123
7.2	Introduction.....	124
7.3	Context.....	124
7.3.1	Freight transport.....	124
7.3.2	Passenger transport	126
7.3.3	Evolution in transport: consolidation of systems.....	127
7.3.3.1	Pertinence of systems consolidation	128
7.3.3.2	Obstacles of systems consolidation	128
7.4	Initiatives around the world	128
7.4.1	LogiKTram– Karlsruhe, Germany.....	128
7.4.2	Logistiktram – Frankfurt, Germany.....	129
7.5	Project proposition – Integrating freight transport into the public transport system	132
7.5.1	Project in three phases	133
7.5.1.1	Phase I: transportation by trucks.....	133
7.5.1.2	Phase II: transportation by REM.....	134
7.5.1.3	Phase III: transportation by cargo bikes.....	137
7.5.2	Synthesis of the project in three phases	144
7.5.2.1	Limits of the project.....	144
7.6	Conclusion	146
CHAPITRE 8	DISCUSSION.....	149
CONCLUSION.....		155
LISTE DE RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES		167
BIBLIOGRAPHIE.....		185

LISTE DES TABLEAUX

	Page
Tableau 2.1 Gestes imposés par le Code de la sécurité routière pour les différents usagers.....	15
Tableau 2.2 Gestes facilitant le partage adéquat de la route.....	16
Tableau 2.3 Gestes à éviter pour le partage adéquat de la route.....	16
Tableau 2.4 Comportements du conducteur lors de la présence d'un piéton	17
Tableau 2.5 Comportements du conducteur lors de la présence d'un cycliste	18
Tableau 2.6 Conseils pour les utilisateurs de la route en lien avec les angles morts.....	23
Tableau 2.7 Personnes accidentées en 2022 par rapport à 2021	24
Tableau 2.8 Accidents impliquant un véhicule lourd avec dommages corporels selon la période de la semaine	27
Tableau 2.9 Accidents impliquant un véhicule lourd avec dommages corporels selon les plages horaires.....	27
Tableau 2.10 Objectifs de la Politique de circulation des véhicules lourds sur le réseau municipal	29
Tableau 2.11 Les enjeux liés à la circulation véhiculaire	30
Tableau 3.1 Types d'émissions générés par les moteurs à combustion interne des véhicules lourds	36
Tableau 3.2 Actions simples réduisant les émissions de CO ₂	37
Tableau 3.3 Solutions pouvant être envisagées par les compagnies de transport routier.....	38
Tableau 3.4 Axes articulés par le Sénat de France visant à diminuer l'empreinte environnementale du transport de marchandises routier	40
Tableau 4.1 Bénéfices du Inland Rail.....	46
Tableau 4.2 Activités de logistique en Allemagne	47
Tableau 4.3 Efficacité de la robotisation et de la numérisation.....	48
Tableau 5.1 Financial cost shares of the stakeholders	59

Tableau 5.2	Society of Automotive Engineers Classification – Levels of automation.....	68
Tableau 5.3	Shared responsibility for road safety	74
Tableau 5.4	Autonomous vehicle challenges – Quebec Ministry of Transport.....	76
Tableau 6.1	Workshops with professionals of the field.....	90
Tableau 6.2	Percentage of emissions by mode of transport	93
Tableau 6.3	Benefits of logistics chains in Quebec	95
Tableau 6.4	Distribution of freight transport by mode of transport.....	95
Tableau 6.5	Noise emissions in dB (A) according to different types of vehicles.....	100
Tableau 6.6	Transport plan 2008	103
Tableau 6.7	Urban planning and development plan for the Montréal agglomeration 2015	103
Tableau 6.8	Parking policy 2016	103
Tableau 6.9	Avenues of solution for freight transport.....	105
Tableau 6.10	Acquisition costs.....	117
Tableau 6.11	Recurring costs.....	117
Tableau 6.12	Human resource and fixed costs	118
Tableau 6.13	Income from parking rental	119
Tableau 7.1	Analysis for the route Deux-Montagnes to Gare Centrale.....	136
Tableau 7.2	Analysis for the route Anse-à-l'Orme to Gare Centrale	136
Tableau 7.3	Analysis for the route YUL-Aéroport-Montréal-Trudeau to Gare Centrale	136
Tableau 7.4	Analysis for the route Brossard to Gare Centrale	137
Tableau 7.5	Model Parameters – Delivery by truck	139
Tableau 7.6	Model Parameters – Delivery by cargo bike.....	141
Tableau 7.7	Results of Monte Carlo simulation – Delivery by truck	142

Tableau 7.8	Results of Monte Carlo simulation – Delivery by cargo bike	143
Tableau 7.9	Realities impacting the delivery time	143
Tableau 9.1	Poids moyen transporté par heure (kg/h), par REM et par camion	164

LISTE DES FIGURES

	Page
Figure 1.1	Devis méthodologiques et styles d'apprentissages10
Figure 2.1	Autobus scolaire avec clignotants jaunes20
Figure 2.2	Autobus scolaire avec clignotants rouges et bras d'arrêt déployé21
Figure 2.3	Les angles morts d'un véhicule lourd22
Figure 2.4	Les décès par usagers.....25
Figure 2.5	Véhicule lourd bloquant la rue à l'intersection de Peel et William, à Montréal.....32
Figure 3.1	Production mondiale de CO ₂ et émission par mode de transport.....34
Figure 3.2	Émission globale de CO ₂ au fil des ans.....35
Figure 4.1	Véhicules électriques de livraison à Nuremberg49
Figure 4.2	CarGoTram de Dresde50
Figure 4.3	Packstation en Allemagne.....51
Figure 5.1	The Montreal metro Azur57
Figure 5.2	The interior of AZUR train.....57
Figure 5.3	The map of the REM.....59
Figure 5.4	The route of Pie-IX BRT60
Figure 5.5	The Pie-IX BRT (or SRB Pie-IX in French)61
Figure 5.6	Fully electric bus with fast-charging station.....64
Figure 5.7	New Flyer bus64
Figure 5.8	Plan of the five new stations65
Figure 5.9	Navya shuttle69
Figure 5.10	Olli shuttle.....70

Figure 5.11	eGo Mobile shuttle.....	70
Figure 5.12	EasyMile shuttle.....	71
Figure 5.13	Automation levels over the years.....	73
Figure 5.14	Autonomous shuttle tested in Candiac.....	78
Figure 5.15	Pilot route in Candiac.....	78
Figure 5.16	Autonomous shuttle tested in Montreal Olympic Park.....	79
Figure 5.17	Pilot route in Montreal Olympic Park.....	80
Figure 5.18	Autonomous shuttle tested in Montreal	81
Figure 5.19	Pilot route in Montreal	82
Figure 6.1	GHG emissions by sector over the years, in Canada	94
Figure 6.2	Blind angles of trucks	98
Figure 6.3	Truck without side protection	98
Figure 6.4	Electric cargo bikes.....	106
Figure 6.5	Mansfield Terminal.....	108
Figure 6.6	Mansfield Terminal.....	109
Figure 6.7	Scenario A – Development of an Urban distribution center.....	110
Figure 6.8	Scenario B – Development of an Urban distribution center.....	111
Figure 6.9	Proposed axes of the Express bicycle network (REV)	113
Figure 6.10	Bicycle path on Saint-Jacques and Saint-Antoine Streets	113
Figure 6.11	Parking lot in Scenario B	116
Figure 7.1	Tram tested for the study Logistiktram.....	130
Figure 7.2	Electric cargo bike by Hermes.....	131
Figure 7.3	Ramps to load and unload cargos	132
Figure 7.4	Monte Carlo simulation	142

Figure 7.5	Electric cargo bikes and low-speed electric vehicles.....	145
Figure 7.6	The electric Amazon Prime Van.....	146
Figure 9.1	Les angles morts d'un véhicule lourd	157

LISTE DES ABRÉVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES

AI	Artificial intelligence
ARTC	Australian Rail Track Corporation
ARTM	Autorité régionale de transport métropolitain
AV	Autonomous vehicle
BRT	Bus rapid transit
CSIRO	Commonwealth Scientific Industrial Research Organisation
CV	Connected vehicle
FTL	Full Truckload
GDP	Gross Domestic Product
GHG	Greenhouse gas
IA	Intelligence artificielle
Léo	Lien électrique est-ouest
LTL	Less Than Truckload
MaaS	Mobility as a Service
NHTSA	National Highway Traffic Safety Administration
PIB	Produit intérieur brut
PNBV	Poids nominal brut
RBS	Rapid bus service
REM	Réseau express métropolitain

REV	Réseau express vélo
SAE	Society of Automotive Engineers
STM	Société de transport de Montréal
UDC	Urban distribution center
VUL	Véhicules utilitaires légers
V2I	Vehicle to infrastructure
V2V	Vehicle to vehicle

INTRODUCTION

Le transport fait partie intégrante de notre quotidien. Il englobe de nombreux déplacements : déplacements quotidiens de personnes, déplacements de biens, déplacements d'équipements, déplacements de voyages, déplacements de services d'urgences (véhicules d'incendie, véhicules d'urgence, véhicules de policiers, etc.), déplacements de camions de services de villes (camions de collecte de matières résiduelles, camions de déneigement et autres) et bien d'autres types de déplacement. Au Québec, le réseau routier possède 185 000 kilomètres de routes (Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs, 2024). Les activités de transport routier sont une principale source d'émissions de nombreux polluants atmosphériques. Chaque année, près de 7 millions de personnes décèdent dans le monde en raison de leur exposition excessive aux particules fines de gaz polluants (Transports ÉcoNord, 2021). Malgré cette réalité, ces déplacements demeurent essentiels au fonctionnement d'une ville.

Deux types de déplacement sont considérés dans cette thèse : les déplacements de personnes et les déplacements de biens. Autant pour le déplacement de personnes que pour le déplacement de marchandises, le transport routier occupe une place importante. La réalité de ces deux types de transport est différente et la planification de chacun se fait séparément. Pourtant, certains liens peuvent être créés pour les deux types de déplacements.

Transport de personnes

Dans la vie des individus, le transport est une composante importante. Celui-ci a des impacts sur les habitudes de déplacements quotidiens (mode de déplacement, temps de parcours, accessibilité, etc.). De façon générale, le mode de déplacement choisi a un impact sur les différents aspects du quotidien, comme le temps de parcours, les vêtements à porter, les objets possibles à transporter, etc.

Le choix du mode se fait selon plusieurs critères : le confort personnel, les options offertes, le temps de parcours pour chaque option, le prix du déplacement. De façon générale, le critère le

plus privilégié est le confort personnel. Actuellement, aucun moyen de transport ne peut être en compétition à lui seul avec le véhicule personnel. Le choix se porte donc souvent sur l'utilisation de l'automobile, augmentant ainsi le grand nombre de voitures sur les routes. Ce nombre a considérablement augmenté au cours des dernières décennies alors que l'accès à l'automobile a haussé (Arcoragi & Kargas, 2017).

Le transport a inévitablement sa part dans le développement d'une ville. Durant les premières phases de planification d'un territoire, celui-ci est planifié de façon à être desservi par un certain type de transport. Pendant de nombreuses décennies, les villes nord-américaines ont été pensées en mettant en valeur l'automobile. Ceci a favorisé l'étalement urbain et augmenté le nombre de kilomètres parcourus. Cependant, depuis plusieurs années, les mentalités ont changé et il y a un intérêt grandissant envers le développement de villes durables (GRAME, 2011).

Malgré le développement du transport collectif (TC), le nombre de déplacements effectués en automobile est 3,28 plus élevé que le nombre de déplacements effectués en TC selon un rapport réalisé par GRAME en 2011. Ce rapport démontre également que le nombre moyen d'occupants par automobile est de 1,23. Ceci signifie que beaucoup de voitures se déplacent sans transporter la moitié de leur capacité. En réalité, bien souvent, les individus font de l'auto-solo¹ pour leurs déplacements quotidiens. Cette situation explique, en partie, le nombre élevé de véhicules sur les routes aux heures de pointe.

Les impacts du transport sur l'aménagement du territoire ne touchent pas uniquement l'environnement. Les impacts sont aussi importants d'un point de vue social et économique.

1. Impacts environnementaux

- Émissions polluantes
- Îlots de chaleur
- Consommation d'énergie

¹ Automobile utilisée en solitaire

- Espaces verts et habitats fauniques

2. Impacts économiques

- Développement économique
- Coûts de transport
- Accessibilité
- Dommages causés par les accidents
- Valeur des propriétés
- Valeur des terrains dédiés aux infrastructures de transport
- Coûts de gestion des eaux de pluies

3. Impacts sociaux

- Santé publique et condition physique
- Équité et opportunité
- Impacts esthétiques
- Ressources culturelles
- Cohésion sociale
- Coûts des résidences

(GRAME, 2011).

Au cours des dernières années, il y a eu de nombreux changements et développements en lien avec le transport. Notamment, afin de réduire l’empreinte écologique de l’utilisation de la voiture, plusieurs alternatives à l’auto-solo ont été développées. De nouveaux types de déplacements se créent et de nouvelles visions sur le transport surgissent. Les experts du transport portent une attention particulière sur le développement des véhicules connectés (VC) et des véhicules autonomes (VA) puisqu’il a été statué que 90% des accidents de la route proviennent d’erreurs humaines (Arcoragi & Kargas, 2017). Ces technologies promettent une meilleure sécurité routière. L’émergence de ces nouvelles technologies crée de nouveaux enjeux. Notamment, au niveau règlementaire, il devient important de cadrer et planifier l’arrivée de ces technologies en répondant aux besoins de la population et en minimisant les enjeux probables des nouveaux modes de transport jumelés aux modes traditionnels.

Transport de marchandises

Depuis quelques décennies, et encore plus avec la pandémie de la COVID-19, il y a eu une explosion du commerce électronique. Le nombre de livraisons a augmenté (Le Groupe La Poste, 2019) et, par conséquent, le nombre de camions sur les routes a connu une hausse. Cette réalité amène un lot de défis :

- Les rues deviennent des entrepôts (les camions contenant la marchandise restent trop longtemps sur les rues);
- Il y a un impact sur la circulation – congestion;
- La régularité et la fluidité des autobus sont affectées;
- Il y a un enjeu de sécurité des piétons aux intersections lorsque les camions font des manœuvres de virages à droite;
- Il y a un enjeu de sécurité routière lorsque les cyclistes doivent contourner les camions stationnés en double file.

(Service du développement économique – Ville de Montréal, 2019).

Cette hausse du nombre de livraisons engendre des changements à différents niveaux : sociétaux, économiques et organisationnels. Le transport de marchandises cause plusieurs problèmes d'accessibilité. D'un autre côté, les chauffeurs de véhicules de livraison rencontrent également un grand nombre d'enjeux : manque d'infrastructures adaptées à la livraison et restrictions d'accès des véhicules lourds. De plus, ils subissent et accentuent à la fois les impacts dus à la congestion et les embouteillages (OCDE, 2003).

Le transport de marchandises contribue à de nombreux problèmes environnementaux (pollution, nuisances sonores, vibrations) et à des problèmes de sécurité, surtout en lien avec les usagers vulnérables de la route (piétons, cyclistes). Cette réalité, de plus en plus notable, a développé des inquiétudes. Malgré cela, les experts en transport sont conscients que le transport de marchandises est nécessaire pour le développement économique et social des milieux urbains. Le plus grand défi est donc là. Comment instaurer une logistique urbaine au sein d'un milieu dense en atténuant le plus possible ses impacts négatifs.

Question de la recherche

Comme dans le domaine du transport de personnes, de nombreux développements et évolutions ont eu lieu au cours des dernières années dans le domaine du transport de biens. Les nouvelles technologies émergentes présentent des solutions pour certains enjeux actuels de la logistique urbaine, mais créent de nouveaux enjeux et défis. Les visions et positions sont encore diversifiées et beaucoup de questions se posent quant à la meilleure façon de gérer la logistique en milieu urbain. La principale question à laquelle les travaux de cette thèse tenteront de répondre est :

- Quelle forme devrait prendre la logistique urbaine de demain à Montréal et sa région?

Pour pouvoir formuler une hypothèse en réponse à ce questionnement, différentes sous-questions doivent être répondues :

- Quels sont les acteurs à impliquer dans la planification de cette logistique? Qui devrait prendre le leadership et présenter les intérêts de tous?
- Quels sont les enjeux économiques, environnementaux et sociétaux de la logistique urbaine? Comment la logistique urbaine de demain pourrait répondre à ces enjeux?
- Comment les nouvelles technologies, telles que l'automatisation et la robotique, peuvent servir dans le développement de la logistique urbaine?

La réponse à ces questions est nécessaire dans la réflexion sur la logistique urbaine future.

Objectifs

Le transport de personnes et le transport de marchandises connaissent tous les deux des développements et évolutions aux niveaux technologique, de planification et législatif. Il devient donc intéressant de profiter de ces avancées pour repenser les deux systèmes de transport. Ces deux systèmes peuvent être pensés ensemble de façon à répondre aux besoins de la collectivité tout en minimisant le nombre de véhicules sur les routes.

Les deux systèmes de transport subissent les impacts négatifs dus à la congestion et contribuent par la même occasion à accentuer les problèmes de fluidité et d'accès. Ils utilisent les mêmes infrastructures routières, cohabitent quotidiennement. Il apparaît donc de plus en plus évident que les études et recherches sur les enjeux de la route doivent inclure le transport de biens autant que le transport de personnes. En comprenant les difficultés des deux systèmes de transports, il devient plus cohérent de planifier une mobilité durable et réfléchie qui répond aux besoins des usagers tout en protégeant leur confort, leurs besoins, leur confidentialité et, surtout, leur sécurité.

En s'appuyant sur cette hypothèse, l'objectif principal de cette thèse sera de :

- Déterminer les moyens permettant la cohabitation et l'intégration des différents modes et systèmes de transport.

Ceci ne se limitera pas à un partage de la route équitable et sécuritaire. En fait, cette thèse tentera de pousser la réflexion vers des moyens pouvant transporter des personnes et des marchandises à la fois et de prouver l'efficacité de ce scénario. Pour pouvoir arriver à cela, il faut d'abord comprendre la réalité et les enjeux liés au transport. La sécurité routière est traitée dans le Chapitre 2. Les impacts environnementaux et de qualité de vie sont, quant à eux, exposés au Chapitre 3. Le Chapitre 4 expose la réalité de la logistique urbaine à travers le monde.

Cette thèse a deux objectifs spécifiques :

- Le premier objectif consiste en une analyse et étude du système de transport de personnes dans un milieu urbain dense, dans la région métropolitaine de Montréal. Il y aura une explication de l'offre de service actuelle en termes de transport de personnes et la législation qui s'y rattache. Aussi, il y aura une présentation des avancées technologiques, des développements sur les mentalités et visions et des nouvelles planifications en lien avec le transport d'individus. Les enjeux liés au transport d'individus seront décrits. Cet objectif spécifique sera traité dans le premier article (Chapitre 5).

- Le deuxième objectif consiste en une présentation du système de transport de marchandises dans les milieux denses de la région métropolitaine de Montréal. Cette partie du travail de recherche tentera de décrire les nombreux enjeux et défis liés au transport de marchandises à différents niveaux : économique, social, de sécurité, esthétique, administratif. Plusieurs initiatives à travers le monde ont été prises en compte pour tenter de répondre à ces enjeux. La description des avancées technologiques en lien avec ce domaine ainsi que des solutions possibles seront présentées pour la gestion de la logistique urbaine dans un milieu dense comme Montréal. Cet objectif spécifique sera traité dans le deuxième article (Chapitre 6).

Les objectifs spécifiques de cette thèse ont pour but d'avoir une compréhension plus précise de l'état actuel dans le domaine du transport et de comprendre les enjeux qui y sont liés. Cette compréhension permettra d'ouvrir la réflexion sur une nouvelle vision du transport, soit la consolidation des deux systèmes de transport, soit le transport de personnes et le transport de biens, qui sera traité dans le troisième article, au Chapitre 7. Ce chapitre présentera un modèle consolidant le transport de personnes et de marchandises et viendra répondre à l'objectif principal de cette thèse.

Pour arriver à terme de ces travaux, la méthodologie retenue est la *Recherche-intervention*, une méthode jumelant la recherche sur l'état actuel et la présentation de nouveaux modèles d'affaires. Cette méthode est expliquée en détails au Chapitre 1.

CHAPITRE 1

MÉTHODOLOGIE

Avant de déterminer la méthodologie à suivre pour les travaux de cette thèse, une recherche a été effectuée pour approfondir les connaissances sur les méthodes de recherches et de projet. Par conséquent, un travail de lectures approfondies a été réalisé. Le document intitulé *La méthodologie de recherche dans un contexte de recherche professionnalisante : douze devis méthodologiques exemplaires*, écrit par Pierre Paillé, présente douze types de méthodologie s'appliquant à un travail de recherche professionnel, soit :

1. Étude de documents
2. Répertoire de pratiques
3. Analyse de matériel pédagogique
4. Recherche-expérimentation
5. Conception d'activités d'apprentissage
6. Production de matériel pédagogique
7. Analyse réflexive de sa pratique professionnelle
8. Recherche heuristique
9. Étude de cas
10. Étude historique
11. Recherche-intervention
12. Ethnographie scolaire

La méthode sélectionnée pour la présente thèse est la *Recherche-intervention*. Ce devis méthodologique est une forme empirique de recherche qui a pour but d'intervenir sur une problématique. La recherche empirique est une technique qui s'appuie sur l'observation et l'expérience, plutôt que sur la théorie.

La méthode *Recherche-intervention* est la seule méthode, parmi les douze présentées à la Figure 1.1, à faire une somme de plusieurs styles d'apprentissages.

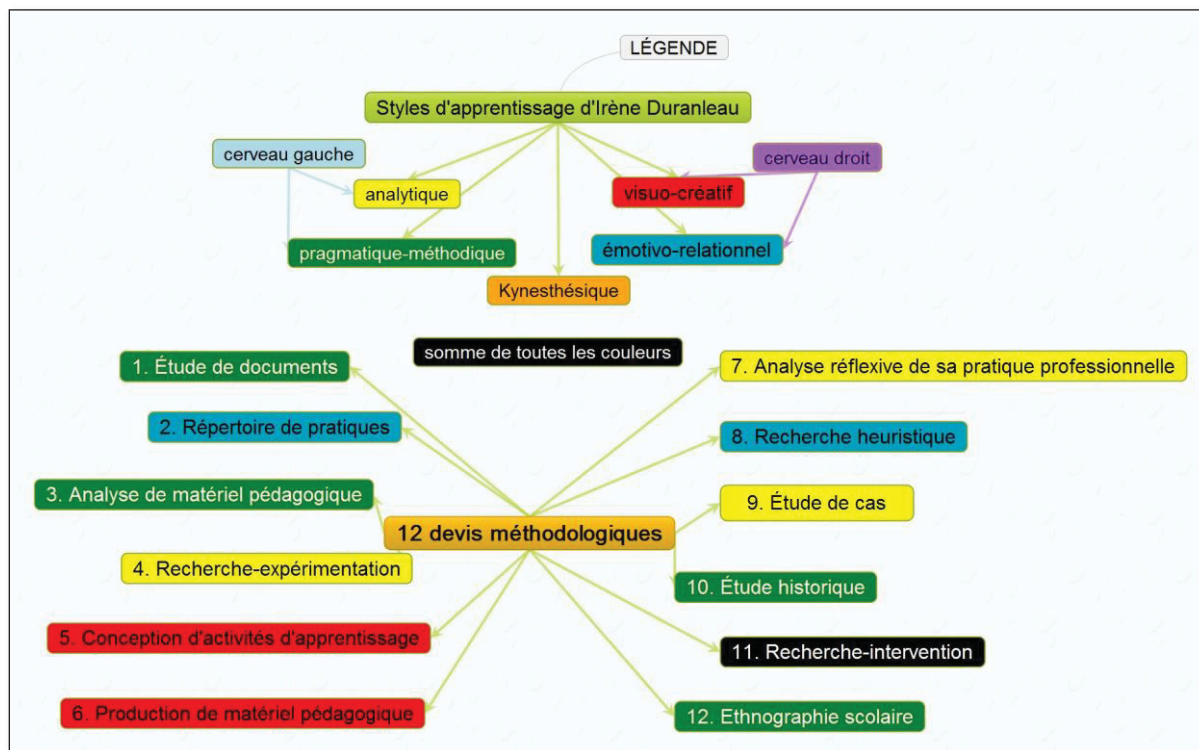


Figure 1.1 Devis méthodologiques et styles d'apprentissages
Adaptée de : Paillé, P. (2007)

La méthode *Recherche-intervention* consiste, d'abord, à comprendre l'état actuel, établir un diagnostic le plus complet possible puis, ensuite, intervenir sur la problématique en question et modifier des pratiques existantes.

L'aspect *Recherche* de cette méthode permet d'approfondir ses connaissances et d'avoir un portrait plus clair et complet de la situation actuelle. Ceci permet d'offrir une meilleure compréhension de la problématique actuelle. Dans le cas des travaux de cette thèse, il s'agit de mieux comprendre le domaine du transport, autant pour le transport de personnes que pour le transport de marchandises.

L'aspect *Intervention* permet de modifier une pratique ou une méthode déjà existante. Dans le cas des travaux de cette thèse, il s'agira de présenter de nouvelles méthodes de gestion de la logistique urbaine.

Les deux volets de la méthode *Recherche-intervention* ont la même importance dans le travail de recherche, l'auteur insiste sur l'importance d'un bon diagnostic afin de présenter les bonnes recommandations. Les deux styles d'apprentissage (recherche et intervention) sont importants pour les travaux de cette thèse puisqu'ils permettent d'abord de comprendre l'état actuel et, ensuite, de développer des réflexions en guise de nouvelles solutions qui permettront de développer le domaine.

Cette thèse est élaborée en suivant sept (7) actions. En se basant sur le devis *Recherche-intervention* et en se référant au sujet de recherche de la thèse, une analyse rapide a été réalisée afin d'établir un plan de travail. Il a été noté qu'afin d'intervenir sur les systèmes de transport existants et de proposer une modification aux pratiques existantes, il était primordial d'établir un diagnostic complet de la situation actuelle et de relever les enjeux et obstacles actuellement rencontrés dans le domaine. De là, ont découlé les sept (7) actions suivantes :

Action 1 – Diagnostic scientifique

L'Action 1 consiste à effectuer de la recherche scientifique et approfondir les connaissances à travers les publications et les documents écrits sur le transport de personnes et le transport de marchandises. Ceci représente le diagnostic scientifique.

Action 2 – Diagnostic empirique

L'Action 2 consiste à compléter la recherche scientifique par une recherche réelle et physique. Cette étape sera réalisée en rencontrant des experts travaillant dans ce domaine et qui peuvent rencontrer des réalités qui ne sont pas nécessairement rendues publiques. Il s'agit ici du diagnostic empirique, basé sur des expériences vécues. Cette étape consiste à organiser des

ateliers, par thèmes, avec des professionnels du milieu. Neuf (9) ateliers sont planifiés selon des thèmes différents :

1. Projet Colibri
2. Opportunités et initiatives de logistique urbaine
3. Aspects techniques d'un centre de distribution urbaine (CDU)
4. Possibilité d'implantation d'un CDU au terminus du centre-ville
5. Événement public par GRAME – vélo-cargo
6. Données
7. Aspects techniques (CDU)
8. Aspects techniques (CDU)
9. Aspects techniques (CDU)

En raison de la pandémie, les ateliers ont eu lieu de façon virtuelle sauf pour l'atelier 5. Il s'agissait d'un colloque où on pouvait y assister par invitation. Cet événement est organisé par le GRAME et le sujet portait sur le déploiement des vélos-cargo comme moyen de transport de marchandises. Le colloque comprenait une trentaine de participants, incluant des chercheurs, experts du transport et citoyens.

Les autres ateliers ont pu être réalisés par l'invitation de représentants d'organisations impliquées dans le transport de marchandises.

Les ateliers seront davantage détaillés au Chapitre 6, à la section 6.3.

En ajout à ces ateliers, un diagnostic empirique a pu être réalisé par les apprentissages tirés lors de ma participation au projet Colibri dans la phase conception. Des apprentissages ont également pu être tirés lors de ma participation au projet pilote de navettes autonomes de la Ville de Montréal. La participation à ces deux projets était dans le cadre de mes fonctions à la Ville de Montréal en 2019.

Action 3 – Portrait du domaine des transports

L’Action 3 consiste à dresser un portrait actuel du domaine des transports (des personnes et des biens) et des modes actuellement sur le marché. Ce portrait inclura les diagnostics scientifique et empirique dans la région de Montréal, regroupant ainsi les résultants des actions 1 et 2.

Action 4 – Analyse des données de transport de personnes

L’Action 4 consiste à analyser et saisir l’information recueillie afin de comprendre les nouveaux modes de déplacements, la direction que prend la technologie en lien avec chaque mode, les positions politiques, les avantages, les enjeux et barrières. Cette étape découle des recherches réalisées à l’Action 1 et permet de répondre à l’objectif spécifique 1, soit de dresser le portrait actuel du transport de personnes à Montréal.

Action 5 – Présentation de l’état actuel de la logistique urbaine

L’Action 5 consiste à présenter la situation actuelle de la logistique urbaine à Montréal et présenter des initiatives mises en place pour répondre aux enjeux du transport de celle-ci. Cette étape permet de comprendre et présenter ce qui se fait dans la Région de Montréal et autres villes dans le monde pour ensuite proposer une solution adaptée au centre-ville de Montréal. Cette étape permet de répondre à l’objectif spécifique 2, soit de dresser le portrait actuel du transport de marchandises à Montréal.

Action 6 – Construction d’hypothèses

L’Action 6 consiste à construire des hypothèses répondant aux enjeux et barrières soulevés. En construisant les hypothèses, il est pertinent de vérifier si des liens sont possibles avec des initiatives déjà entamées. Les hypothèses posées sont une porte d’entrée vers les recommandations ou propositions de projet. Celles-ci doivent être soumises à des analyses pour être prouvées ou rejetées. Dans le cadre de cette thèse, il s’agit d’émettre des hypothèses pouvant déterminer les moyens permettant la cohabitation et l’intégration des différents modes et systèmes de transport, qui est l’objectif principal de la thèse.

Action 7 – Présentation des recommandations

L’Action 7 consiste à présenter des recommandations sur les moyens de cohabitation et de consolidation des modes de transport. Les recommandations seront présentées suite à l’analyse de scénarios étudiés.

Les sept (7) actions posées forment les étapes suivies dans le cadre de la méthode *Recherche-intervention*. Cette méthode permettra de documenter les problèmes actuels liés au transport de personnes et de marchandises. Des hypothèses et pistes de solutions seront mises de l’avant pour répondre aux problématiques présentes.

Ensuite, cette thèse mènera les réflexions sur une nouvelle planification en transport, celle de la consolidation des transports de personnes et de marchandises. Malgré les activités différentes de ces deux systèmes de transport, ils existent bien des liens à faire, il suffit de diriger la réflexion sur cette vision. Ce projet de recherche innovateur vise donc à ouvrir les yeux sur une nouvelle vision de la consolidation des transports et de planifier les deux systèmes au même niveau, ce qui n’est pas le cas actuellement.

CHAPITRE 2

RÈGLES À SUIVRE AU NIVEAU DE LA SÉCURITÉ ROUTIÈRE

2.1 Partage de la route

La route est un espace public utilisé par différents usagers, utilisant différents moyens de transport. Parmi les usagers de la route, on compte les piétons, les cyclistes, les motocyclistes et les conducteurs de tout véhicule motorisé. Un même usager peut être piéton, cycliste et conducteur à différents moments de la journée. Certains usagers sont plus vulnérables que d'autres, mais cela n'empêche que tous doivent partager cet espace public de façon sécuritaire et agréable.

Afin de faciliter le partage de la route, il est très important que les usagers de celle-ci respectent les règles et portent attention aux autres et aux conditions environnantes. D'ailleurs, le Code de la sécurité routière impose certaines actions, qu'on retrouve dans le Tableau 2.1, aidant à faciliter le partage de la route.

Tableau 2.1 Gestes imposés par le Code de la sécurité routière pour les différents usagers
Adapté de : Société de l'assurance automobile du Québec – SAAQ (2016a)

Geste	Usager
Utiliser les clignotants	Conducteur
Utiliser le code gestuel lorsqu'on est cycliste	Cycliste
Céder le passage lorsqu'on est dans l'obligation de le faire	Tous
Éviter de klaxonner inutilement	Conducteur
Ne pas couper la voie à un véhicule	Motocycliste, cycliste et piéton
Ne pas empiéter sur le passage pour piétons quand on s'arrête à une intersection	Conducteur, motocycliste et cycliste

En plus des gestes imposés par le Code de la sécurité routière, d'autres gestes volontaires aident à garder un usage de la route harmonieux, sécuritaire et respectueux pour tous les utilisateurs. Ces gestes sont énumérés dans le Tableau 2.2.

Tableau 2.2 Gestes facilitant le partage adéquat de la route
Adapté de: Société de l'assurance automobile du Québec – SAAQ (2016a)

Geste	Usager
Traiter les autres usagers avec respect et tolérance	Tous
Faire un geste de la main pour remercier quelqu'un qui nous a facilité la tâche	Tous
Faire un geste d'excuse quand on fait une erreur afin de réduire les conflits	Tous
Garder son sang-froid en toutes circonstances	Tous
Garder une distance sécuritaire avec le véhicule qui nous précède	Conducteur et motocycliste
Laisser suffisamment d'espace aux cyclistes et aux piétons	Conducteur

D'une autre part, il existe de mauvaises pratiques ou des actions à éviter afin d'assurer une sécurité sur les routes, tel que décrit au Tableau 2.3.

Tableau 2.3 Gestes à éviter pour le partage adéquat de la route
Adapté de : Société de l'assurance automobile du Québec – SAAQ (2016a)

Geste	Usager
Ne pas conduire lorsqu'on est fatigué, nerveux, stressé ou sous le coup d'une émotion	Conducteur
Partir un peu plus tôt et vérifier le trafic en temps réel avec plusieurs sites Web et applications	Tous
Emprunter des routes moins fréquentées	Conducteur, motocycliste et cycliste
Éviter les conversations tendues avec les passagers	Conducteur
Collaborer avec les autres usagers de la route afin de faciliter les manœuvres de changement de voies	Tous

Les Tableaux 2.1, 2.2 et 2.3 ont décrit des habitudes à s'approprier par les usagers de la route afin de permettre un partage sécuritaire et respectueux de la route.

2.1.1 Usagers vulnérables

Il est important de garder en tête que des usagers sont plus vulnérables que d'autres. Les motocyclistes, cyclistes et piétons sont des usagers vulnérables auxquels les conducteurs doivent porter une attention particulière et adopter des comportements sécuritaires en leur présence (Société de l'assurance automobile du Québec – SAAQ, 2016b).

Les cyclistes et piétons sont les usagers les plus vulnérables. Le conducteur d'un véhicule a la responsabilité d'adopter certaines habitudes en présence de ces usagers. Entre autres, lorsqu'il y a présence d'un piéton ou d'un cycliste, le conducteur doit ralentir et laisser une distance d'un (1) mètre dans une zone de 50 km/h et moins et de 1,5 mètre dans une zone de plus de 50 km/h (Société de l'assurance automobile du Québec – SAAQ, 2016a). De plus, en présence du piéton, le conducteur se doit d'adopter des comportements de conduite spécifiques, tel que décrit au Tableau 2.4.

Tableau 2.4 Comportements du conducteur lors de la présence d'un piéton
Adapté de : Société de l'assurance automobile du Québec – SAAQ (2016a)

	Passages piéton	Intersections
Comportements	S'arrêter dès qu'un piéton s'y engage ou démontre une intention de traverser	Immobiliser le véhicule avant la ligne d'arrêt ou passage pour piéton
	Préférable d'indiquer au piéton de traverser par un geste de la main	Accorder la priorité de passage aux piétons

D'une autre part, le piéton a également sa part de responsabilité. Ce dernier doit s'assurer d'être vu avant de s'engager sur la chaussée. Il doit également s'assurer que les véhicules sont arrêtés ou s'apprêtent à s'arrêter avant de traverser une intersection (Imprimeur du Roi pour l'Ontario, 2012-2023).

Lors de la présence d'un cycliste, le conducteur se doit également d'adopter des comportements de conduite, tel que décrit au Tableau 2.5.

Tableau 2.5 Comportements du conducteur lors de la présence d'un cycliste
Adapté de : Imprimeur du Roi de l'Ontario (2012-2023)

	Aux intersections
Comportements	Pour un virage à droite : activer clignotant, regarder dans rétroviseurs, vérifier angle mort à droite
	Pour un virage à gauche : activer clignotant, s'arrêter, attendre le passage des cyclistes en sens inverse et tourner
	Pour traverser l'intersection : vérifier si des cyclistes attendent de tourner à gauche

Le cycliste, quant à lui, doit adopter de bonnes pratiques pour rouler en sécurité et mieux partager la route (VéloQuébec, n.d.) :

- Être visible la nuit
- Éviter les angles morts
- Respecter les feux de circulation
- Céder la priorité aux autobus
- Établir un contact visuel aux intersections
- Adapter sa vitesse à son environnement
- Toujours dépasser par la gauche
- Suivre le sens de la circulation

2.1.2 Motocyclistes

Les motocyclettes sont plus petites que les autres véhicules, les rendant moins visibles. De plus, les motocyclistes peuvent effectuer des manœuvres brusques afin d'éviter un obstacle sur la chaussée ou en raison des mauvaises conditions météorologiques. Sur la route, ces véhicules ont droit à une largeur de voie complète ainsi qu'à un traitement semblable à tout autre véhicule. Par ailleurs, les clignotants des motocyclettes ne s'éteignent pas automatiquement. Les autres usagers de la route doivent faire preuve de prudence et s'assurer que le motocycliste a bien l'intention de tourner ou de changer de voie et qu'il n'a pas tout simplement oublié son clignotant (Imprimeur du Roi pour l'Ontario, 2012-2023).

2.1.3 Autobus municipaux et autobus scolaires

Les autobus municipaux font des arrêts fréquents pour l'embarquement et le débarquement des passagers. Lorsqu'un autobus est arrêté à un arrêt d'embarquement/débarquement et qu'il allume son clignotant gauche, ceci signifie qu'il s'apprête à reprendre la circulation. Les véhicules doivent lui céder le passage (Imprimeur du Roi pour l'Ontario, 2012-2023).

Les autobus scolaires font eux aussi des arrêts fréquents pour l'embarquement et le débarquement de passagers. L'autobus scolaire a une signalisation spécifique qu'il est important de comprendre. Lorsqu'il affiche ses clignotants jaunes, tel que démontré à la Figure 2.1, ceci signifie que l'autobus s'apprête à s'arrêter. Les véhicules derrière ou à l'approche de l'autobus doivent ralentir et s'apprêter à s'arrêter. Si la circulation est sur une route avec un terre-plein central, seulement les véhicules arrivant de l'arrière de l'autobus doivent s'apprêter à s'arrêter (Imprimeur du Roi pour l'Ontario, 2012-2023).

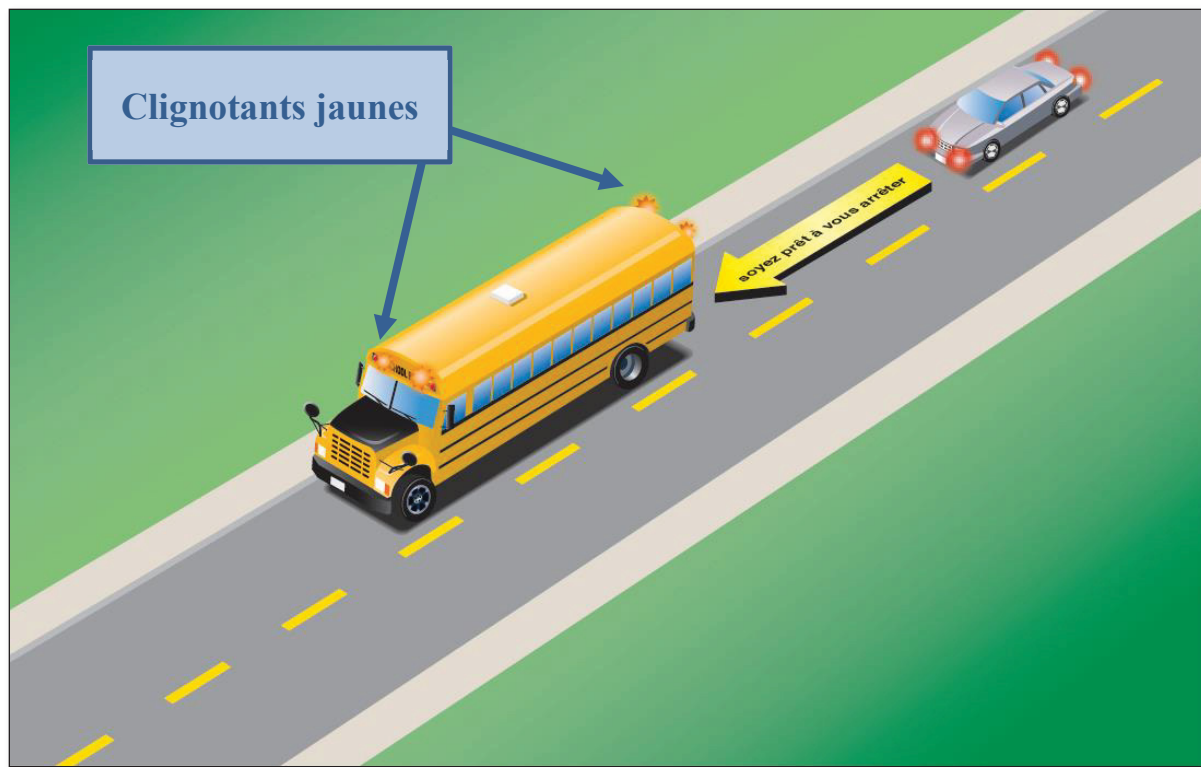


Figure 2.1 Autobus scolaire avec clignotants jaunes
Adaptée de : Imprimeur du Roi pour l'Ontario (2012-2023)

Lorsque l'autobus affiche ses clignotants rouges et déploie son bras d'arrêt, tel que démontré à la Figure 2.2, ceci signifie que tout véhicule derrière ou devant l'autobus doit s'arrêter. Le véhicule à l'arrière de l'autobus doit s'arrêter à au moins 20 mètres de celui-ci. Si la circulation est sur une route avec un terre-plein central, seulement les véhicules arrivant de l'arrière de l'autobus doivent s'arrêter. Les véhicules peuvent reprendre leur route uniquement lorsque l'autobus éteint ses clignotants, soulève le bras d'arrêt et se déplace (Imprimeur du Roi pour l'Ontario, 2012-2023).

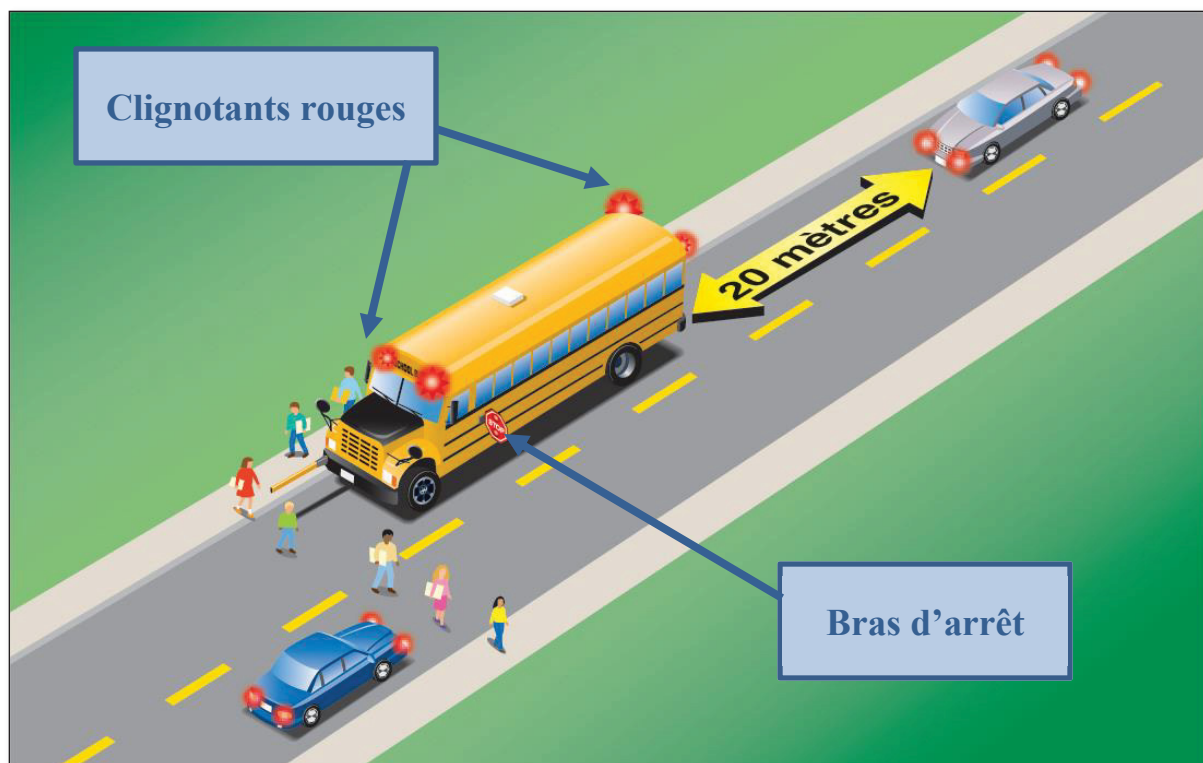


Figure 2.2 Autobus scolaire avec clignotants rouges et bras d'arrêt déployé
Adaptée de : Imprimeur du Roi pour l'Ontario (2012-2023)

2.1.4 Véhicules lourds

La réalité des conducteurs de véhicules lourds est différente de celle des autres conducteurs sur la route. Cet aspect sera traité à la section 2.2.2. Ces conducteurs ont la responsabilité de rester vigilants et alerte envers les autres usagers. Cependant, les autres usagers de la route ont une responsabilité partagée. Ils doivent laisser suffisamment d'espace entre eux et les véhicules lourds pour leur permettre de freiner, si besoin, et doivent signaler assez tôt leurs intentions pour permettre au conducteur du camion de s'adapter. Les véhicules lourds ont de grands angles morts et leur distance de freinage est plus grande que celle des automobiles (Société de l'assurance automobile du Québec – SAAQ, 2016a).

2.1.5 Angles morts

L'angle mort est la zone de la route qui ne se trouve pas dans le champ de vision du conducteur. Les véhicules ont tous des angles morts, mais les angles morts sont plus importants pour les véhicules hauts et longs (Société de l'assurance automobile du Québec – SAAQ, 2016c). La Figure 2.3 montre les angles morts d'un véhicule lourd.

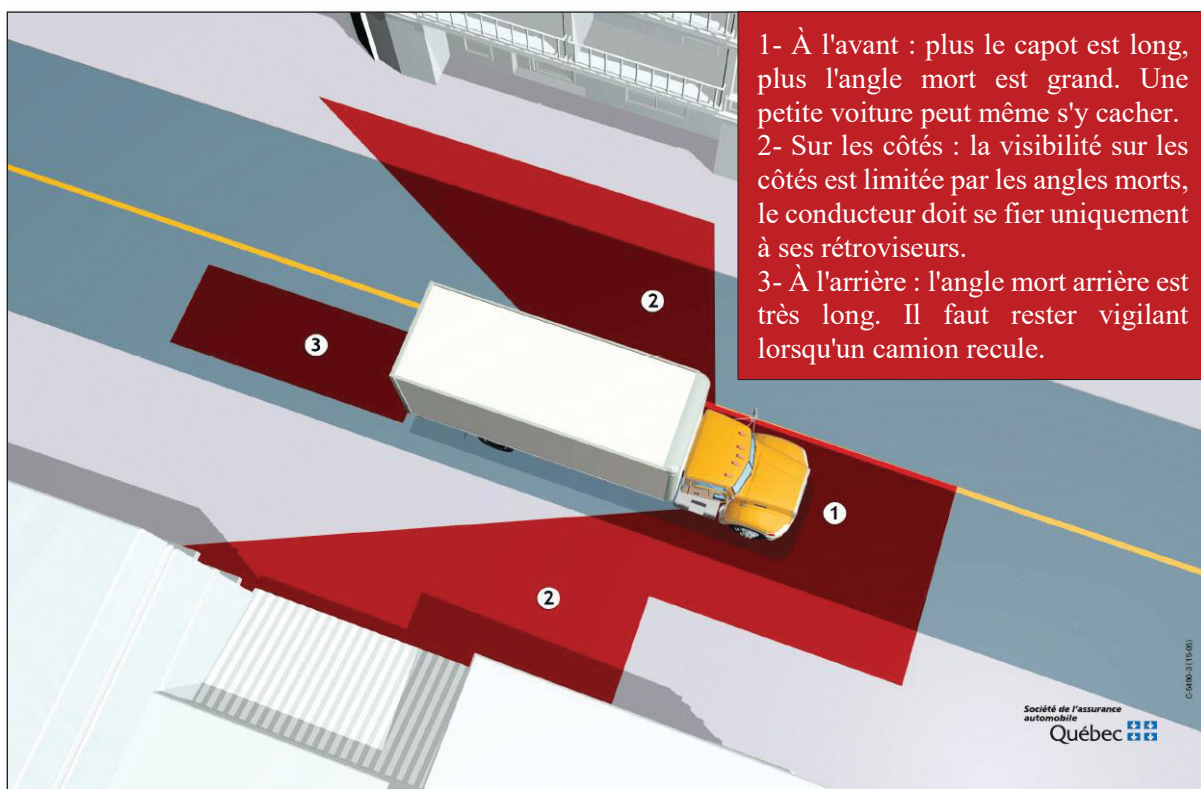


Figure 2.3 Les angles morts d'un véhicule lourd
 Adaptée de : Société de l'assurance automobile du Québec – SAAQ (2016c)

Puisqu'il s'agit de zones non visibles dans le champ visuel du conducteur, les angles morts peuvent présenter un grand danger pour tous les usagers de la route. Afin de prévenir ce danger et d'éviter les incidents malheureux en lien avec les angles morts, la Société de l'assurance automobile du Québec - SAAQ (2016) expose des conseils aux usagers de la route. Le Tableau 2.6 présente les conseils de la SAAQ pour chacun des utilisateurs de la route.

Tableau 2.6 Conseils pour les utilisateurs de la route en lien avec les angles morts
Adapté de : Société de l'assurance automobile du Québec – SAAQ (2016d)

CONSEILS POUR PIÉTONS
Évitez de vous trouver dans l'angle mort des véhicules, surtout des camions et des autobus.
Établissez un contact visuel avec le conducteur, sinon, présumez qu'il ne vous a pas vu.
Soyez vigilant aux intersections, même quand vous avez la priorité de passage, au feu vert ou au feu pour piétons par exemple.
Portez attention aux clignotants des véhicules aux intersections.
Ne traversez pas derrière un véhicule : il y a des risques qu'il recule sans vous avoir vu.
Soyez visible : portez des vêtements voyants, des bandes réfléchissantes, etc.
N'oubliez pas que le conducteur ne vous entendra pas si vous tentez de signaler votre présence.
Marchez sur le trottoir ou, s'il n'y en a pas, au bord de la chaussée, face à la circulation.
CONSEILS POUR CYCLISTES
Évitez de vous trouver dans l'angle mort des véhicules, surtout des camions et des autobus.
Établissez un contact visuel avec le conducteur, sans quoi, présumez qu'il ne vous a pas vu.
Ne dépassez jamais par la droite près d'une intersection.
Portez attention aux clignotants des véhicules aux intersections.
Aux intersections, immobilisez-vous loin devant ou derrière un véhicule lourd, mais jamais à ses côtés.
Soyez visible : portez des vêtements voyants, des bandes réfléchissantes, etc.
CONSEILS POUR AUTOMOBILISTES ET MOTOCYCLISTES
Évitez de vous trouver dans les angles morts d'un véhicule lourd.
Ne coupez pas la route à un véhicule lourd : il n'aura pas assez d'espace pour freiner à temps, et vous risquez en plus de vous retrouver dans son angle mort.
Ne dépassez pas un véhicule lourd par la droite à une intersection : il peut se déporter vers la gauche afin d'avoir plus d'espace pour tourner à droite.
Suivez les véhicules lourds à bonne distance : si vous êtes trop près derrière, le conducteur ne peut pas vous voir.
Portez attention aux clignotants des véhicules aux intersections.
CONSEILS POUR CONDUCTEURS DE VÉHICULES LOURDS
Soyez attentif aux personnes qui circulent autour de votre véhicule, surtout aux intersections en milieu urbain.
Surveillez et anticipez les déplacements des personnes qui circulent près de votre véhicule.
Ne tenez pas pour acquis que vos manœuvres sont prévisibles.
Assurez-vous que vos rétroviseurs sont en bon état, dégagés et bien ajustés.
Laissez vos phares allumés en tout temps.
Utilisez les clignotants aux intersections afin de signaler clairement vos intentions.
Soyez vigilant lorsque vous effectuez un virage à droite à une intersection et que votre véhicule doit empiéter dans la voie adjacente ou sur l'accotement pour effectuer ce virage.
Si votre véhicule possède un angle mort additionnel causé par un équipement auxiliaire, assurez-vous de positionner cet équipement de façon à réduire cet angle mort.

2.2 Enjeux de cohabitation et de sécurité routière

Tel que vu dans la section 2.1, il existe plusieurs usagers de la route : usagers vulnérables (piétons, cyclistes et motocyclistes), automobilistes, conducteurs d’autobus, conducteurs de véhicules lourds, etc. Afin de favoriser un partage cohérent et sécuritaire de la route, des règles de circulation sont appliquées. Pourtant, ces règles n’empêchent pas l’existence d’enjeux présents sur la route et l’occurrence d’accidents routiers pouvant parfois être mortels.

2.2.1 Bilan routier 2022

Le 12 juin 2023, la Société de l’assurance automobile du Québec (SAAQ), a rendu public le bilan routier du Québec pour l’année 2022. Ce bilan démontre que, malgré la baisse du taux d’accident de 10,4% par rapport à la moyenne de 2017 à 2021, il y a une hausse du taux de décès de 13,2% par rapport à la moyenne des cinq (5) dernières années. En 2022, il a été noté que 55,1% des décès sur la route impliquent des occupants d’automobiles ou de camions. Une hausse de 22,7% du nombre de piétons décédés a également été notée par rapport à la moyenne de 2017 à 2021 (Société de l’assurance automobile du Québec, 2023a).

Le Tableau 2.7 indique la variation en pourcentage entre 2021 et 2022 des personnes accidentées au Québec, selon la nature des blessures.

Tableau 2.7 Personnes accidentées en 2022 par rapport à 2021
Adapté de : Société de l’assurance automobile du Québec – SAAQ (2023b, p. 4)

Nature des blessures	Variation en %
Mortelles	13,0
Graves	4,4
Légères	2,7

Le Tableau 2.7 démontre qu'en 2022, il y a une hausse du nombre de personnes accidentées pour tous les types de blessures (mortelles, graves et légères).

Les décès ont varié selon les usagers de la route. Pour certains usagers, il y a eu une hausse et pour d'autres, une baisse du nombre de décès en 2022 par rapport à 2021, tel que démontré à la Figure 2.4.

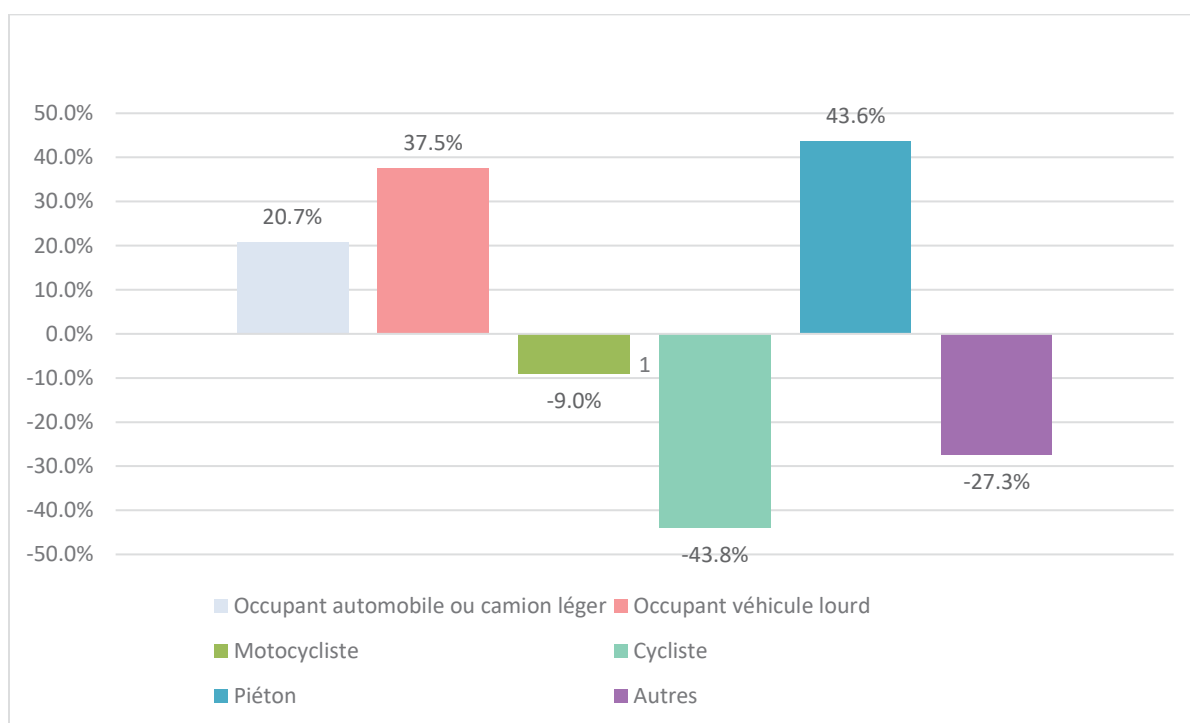


Figure 2.4 Les décès par usagers

Adaptée de : Société de l'assurance automobile du Québec – SAAQ (2023b, p. 8)

Il est noté que les occupants de véhicules lourds ainsi que les piétons ont connu une hausse remarquable du nombre de décès en 2022 par rapport à 2021. Selon Transports Canada, les usagers vulnérables, dont les piétons, sont vulnérables en raison du manque de protection lors d'un accident et ceci explique, en partie, le haut taux de décès lors des accidents (Transports Canada, n.d.).

En ce qui concerne les véhicules lourds, ceux-ci ont une réalité bien différente des autres usagers de la route et méritent donc d'être étudiés plus en détails.

2.2.2 Véhicules lourds

En 2022, par rapport à 2021, il y a eu une augmentation de 13,2% du nombre d'accidents impliquant un véhicule lourd et une augmentation de 17,3% du nombre de décès survenus suite à un accident impliquant un véhicule lourd. Le bilan routier 2022 indique que 24,2% des décès survenus suite à des accidents sur la route impliquent un véhicule lourd (SAAQ, 2023b).

Les résultats du bilan routier concernant les taux d'accidents impliquant les véhicules lourds démontrent que les véhicules lourds pourraient présenter des enjeux de sécurité sur les routes.

Dans les accidents impliquant un véhicule lourd, les conducteurs de ces véhicules sont responsables à eux seuls dans 38% des cas. Ceci est causé par différents facteurs, mais les principales causes sont la fatigue lors de la conduite ou la vitesse imprudente. Parmi les facteurs causant les accidents, il y a également la méthode de travail du conducteur, la distraction ou la décision de ne pas laisser le passage aux autres usagers (Gouvernement du Québec, 2015a).

Lors des accidents impliquant un véhicule lourd, les décès se produisent majoritairement du côté des non-occupants du véhicule lourd, soit 78,8% des cas. Par contre, il est important de saisir que la responsabilité ne relève pas toujours du conducteur de véhicule lourd. Dans les accidents impliquant un véhicule lourd et un piéton, le piéton est responsable dans 32% des cas. Les accidents se produisent souvent dans les manœuvres de recul du véhicule lourd, soit 30% des cas, et lors du virage à gauche du véhicule, soit 15% des cas (Gouvernement du Québec, 2015a).

Il est également noté que les accidents impliquant un véhicule lourd avec dommages corporels sont plus nombreux les jours de semaine et durant la journée, entre 6h et 18h majoritairement, tel que précisé dans les Tableaux 2.8 et 2.9.

Tableau 2.8 Accidents impliquant un véhicule lourd avec dommages corporels selon la période de la semaine

Adapté de : Gouvernement du Québec (2015a, p. 13)

Période de semaine	Taux d'accidents
Fin de semaine	4,4 %
Semaine	18,2 %

Tableau 2.9 Accidents impliquant un véhicule lourd avec dommages corporels selon les plages horaires

Adapté de : Gouvernement du Québec (2015a, p. 14)

Plage horaire	Taux d'accidents
0h – 2h59	2,9 %
3h – 5h59	5,0 %
6h – 8h59	19,0 %
9h – 11h59	22,9 %
12h – 14h59	22,1 %
15h – 17h59	18,0 %
18h – 20h59	5,9 %
21h – 23h59	4,1 %

Il est aussi à noter que les accidents impliquant un véhicule routier se produisent en plus grand nombre en hiver, entre les mois de novembre et de février (Gouvernement du Québec, 2015a).

Ceci laisse présager que les conditions météorologiques ont un impact direct sur la conduite du véhicule lourd et peuvent accentuer les enjeux de conduite du véhicule.

Afin de contrer les enjeux liés à la présence de véhicules lourds sur les routes, le ministère des Transports et de la Mobilité durable du Québec et les municipalités essayent d'encadrer la circulation de ceux-ci sur les routes.

2.2.2.1 Circulation des véhicules lourds

Au Québec, la gestion du réseau routier relève du ministère des Transports et de la Mobilité durable ainsi que des municipalités. Les rôles sont partagés. La circulation des véhicules lourds sur le réseau du Ministère, appelé réseau supérieur, est géré par le Ministère. La circulation de ces derniers sur les routes entretenues par les municipalités est gérée par les municipalités (Gouvernement du Québec, 2023).

La cohérence et la coordination des activités de camionnage représentent un enjeu stratégique pour le Ministère puisque celles-ci relèvent de différents paliers organisationnels. Ces activités peuvent être locale, régionale, provinciale ou même internationale. Étant donné que le camionnage est directement lié au développement économique, il demeure essentiel d'assurer sa fonctionnalité et d'assurer la cohérence des activités de camionnage. Afin d'assurer cela, le Ministère s'est doté d'un réseau de camionnage lui permettant de considérer les besoins des industries tout en uniformisant les règles de circulation des véhicules lourds sur l'ensemble du territoire québécois (Gouvernement du Québec, 2023). Le réseau de camionnage a pour objectif d'assurer un équilibre entre les besoins du développement économique et les règles permettant la protection du réseau routier et le maintien de la sécurité des différents usagers de la route. Le Gouvernement du Québec a également élaboré une Politique de circulation des véhicules lourds sur le réseau municipal.

Cette politique a pour objectifs d'aider les municipalités dans la gestion de leur réseau et de leur fournir des orientations pouvant guider leurs interventions et prises de décision. Le Tableau 2.10 décrit plus précisément les objectifs de la Politique.

Tableau 2.10 Objectifs de la Politique de circulation des véhicules lourds sur le réseau municipal

Adapté de : Gouvernement du Québec (2023)

FAIRE CONNAÎTRE AUX MUNICIPALITÉS	
1	les véhicules routiers visés par les interdictions de circuler et les exceptions autorisées pour la livraison locale selon le Règlement sur la signalisation routière;
2	les règles administratives auxquelles elles doivent se conformer pour soumettre à la ministre les demandes d'approbation des règlements interdisant la circulation;
3	les critères en vertu desquels la ministre les autorise à interdire l'accès de certaines catégories de véhicules routiers à des tronçons de route du réseau routier municipal.
RAPPELER AUX MUNICIPALITÉS	
1	l'utilisation nécessaire des panneaux prévus dans le Règlement sur la signalisation routière pour interdire la circulation sur un chemin public;
2	l'importance pour le Ministère d'assurer l'accès à un réseau routier permettant la libre circulation des marchandises et le développement des activités économiques québécoises, tout en tenant compte de la sécurité du public et de la tranquillité des citoyens;
3	l'importance pour le Ministère de préserver l'aspect fonctionnel et sécuritaire du réseau routier.

Dans sa Politique, le Ministère fait référence à quatre (4) enjeux dont fera face le Québec dans les années futures. Ces enjeux sont détaillés dans le Tableau 2.11.

Tableau 2.11 Les enjeux liés à la circulation véhiculaire
Adapté de : Gouvernement du Québec (2011)

Enjeux	Description
Démographiques	• Augmentation du nombre de titulaires de permis • Population vieillissante → risque d'éprouver des problèmes de santé pouvant impacter la capacité à conduire et plus à risque de décès lors d'accidents
Environnementaux	• Territoire étendu, faible densité de population et climat rigoureux → entretien et exploitation du réseau routier difficile • Popularité des modes de transport actif et collectif → partage de la route et des infrastructures
Technologiques	• Nouvelles technologies – assistance à la conduite → améliore la sécurité • Véhicules autonomes ou intelligents → munis de système de conduite automatisé
Économiques	• Investir de façon adéquate → devient un enjeu • Contexte économique a un impact sur les déplacements → impact sur les risques d'accidents routiers

La Politique de circulation des véhicules lourds sur le réseau municipal propose de concentrer la réflexion sur six (6) axes d'intervention afin de mener à une meilleure gestion de la sécurité routière :

1. Législation : lois et règlements;
2. Sensibilisation : messages et actions de sensibilisation;
3. Contrôle : contrôle sur route, aux abords de chantier et en entreprises (spécifiquement pour véhicules lourds);
4. Contributions d'assurance : meilleur bilan routier est synonyme d'économies en assurance;
5. Infrastructure de transport : aménagement, exploitation et entretien des routes;
6. Véhicules : véhicules mieux équipés.

Les six (6) axes d'interventions proposés par la Politique sont intéressants et au cœur des réflexions de la mobilité en général. De façon plus spécifique, les véhicules lourds ont besoin d'un encadrement plus serré afin de continuer de profiter des bénéfices qu'offrent les véhicules lourds, tout en minimisant les impacts néfastes de ceux-ci.

2.2.3 Hypothèses et discussions sur les véhicules lourds

Selon le bilan routier et les différents chiffres visionnés dans ce chapitre, il est noté que les accidents impliquant des véhicules lourds représentent un problème de sécurité routière, surtout dans les milieux denses et dans des périodes de jour (6h à 18h) et journées spécifiques (jours de semaine). Il existe plusieurs causes liées aux accidents, dont les angles morts des véhicules lourds, la fatigue ou l'inattention des conducteurs, etc. De plus, des blocages sont causés par les camions en milieu dense, tel qu'identifié à la Figure 2.5. Ces blocages peuvent être une source de modification de comportements chez les autres usagers qui pourrait affecter leur conduite, telle que reculer ou rouler en sens inverse.

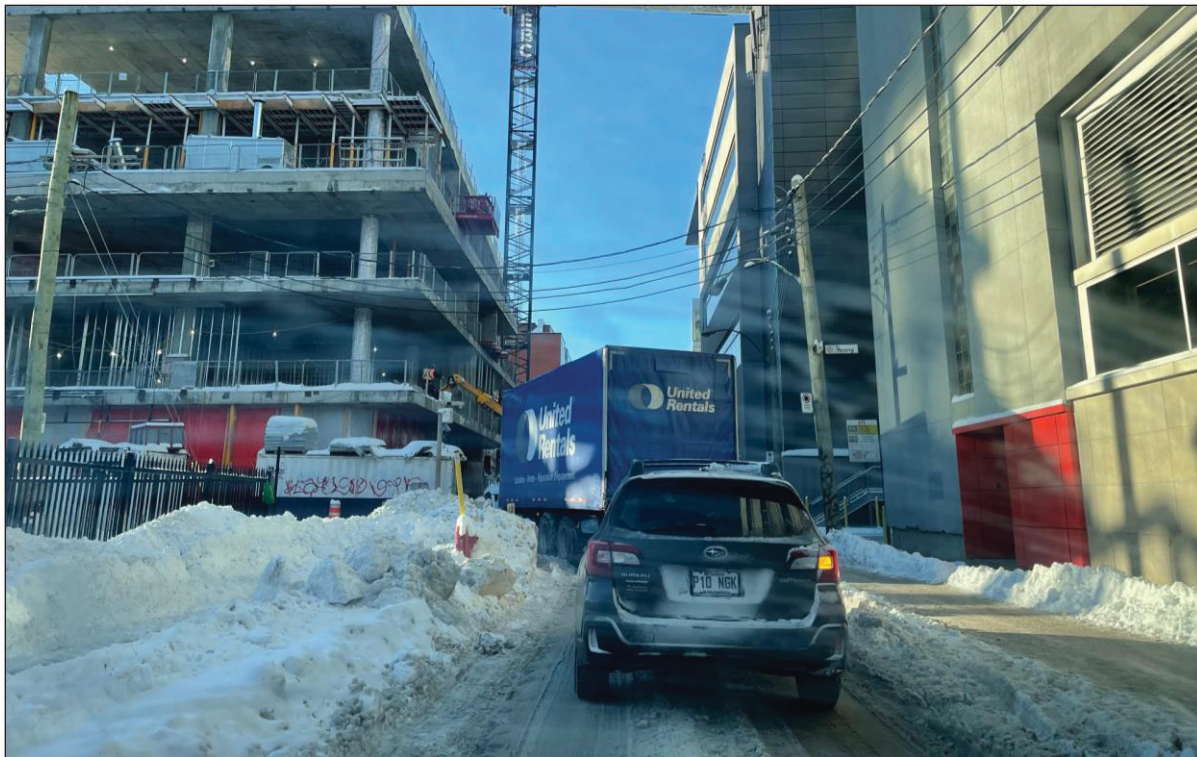


Figure 2.5 Véhicule lourd bloquant la rue à l'intersection de Peel et William, à Montréal
Crédit photo : Michèle St-Jacques (2023)

2.3 Conclusion

Les chiffres et images visionnés dans ce chapitre mènent à une hypothèse : Dans le but d'améliorer la sécurité routière et amener le taux d'accident à la baisse, il faudrait porter la réflexion sur la présence des véhicules lourds en milieux denses, spécifiquement de jour, les jours de semaine. Avant de pousser plus loin la réflexion, il faut explorer l'impact des véhicules lourds sur l'environnement et la qualité de vie.

CHAPITRE 3

IMPACTS AUX NIVEAUX DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA QUALITÉ DE VIE

Le transport de marchandises est principalement effectué par voie routière comme l'indique un rapport du Sénat réalisé en 2021, soit par véhicules lourds. Sans ces activités de transport, il est très difficile de maintenir les services publics, de maintenir les activités des entreprises et, donc, de subvenir aux besoins primaires de la population (Sénat, 2021a).

En réalité, le secteur du transport de marchandises est non seulement un grand fournisseur d'emplois, mais il crée également près de 30 000 nouveaux emplois par an en France. Ceci peut être justifié par la hausse tendancielle du transport de marchandises depuis 2013. La hausse est estimée à 40% d'ici 2050 (Sénat, 2021a). Bien que cette estimation soit basée sur une hypothèse d'économie circulaire, où le consommateur sera plus proche de ses besoins de consommation et que les circuits seraient courts, la hausse du transport de marchandises estimée est très considérable.

Bien que nécessaire à la vitalité économique et au ravitaillement des villes, le transport de marchandises ne présente pas uniquement des enjeux de sécurité, mais également des enjeux environnementaux et de qualité de vie (St-Jacques & Sicilia, 2020).

3.1 Impacts des véhicules lourds sur l'environnement

Au Canada, les camions font partie de la classification de véhicules lourds. Selon la réglementation, est classifié comme véhicule lourd tout véhicule routier ayant un poids nominal brut (PNBV) plus élevé que 3856 kg, ayant une masse plus élevée que 2722 kg en situation de marche ou ayant une surface frontale plus élevée que 4,2 m² (Gouvernement du Canada, 2012).

La majorité des véhicules lourds sont propulsés par des moteurs qui fonctionnent à l'essence ou au carburant diesel. Le moteur diesel est le plus efficace des types de moteurs à combustion

interne et il est, donc, privilégié pour les véhicules très utilisés et effectuant de longues distances. Ainsi, les véhicules lourds sont munis majoritairement de moteur diesel à travers le monde, malgré les effets significatifs de ce type de moteur sur l'environnement. En réalité, les moteurs à combustion interne participent largement à la pollution de l'air, affectant la santé et la qualité de vie de la population. Cette pollution contribue également aux changements climatiques (Gouvernement du Canada, 2001). D'un autre côté, les véhicules lourds ont un rôle important dans l'économie des villes (et pays). Pour le ravitaillement de celles-ci, le transport de marchandises doit être effectué (Gouvernement du Canada, 2012).

Différents modes de transport de marchandises sont réalisés : transport par véhicules lourds, transport maritime, transport aérien, transport par camionnettes, transport sur voie ferrée. La Figure 3.1 montre la part d'émission de CO₂ de chaque mode de transport.

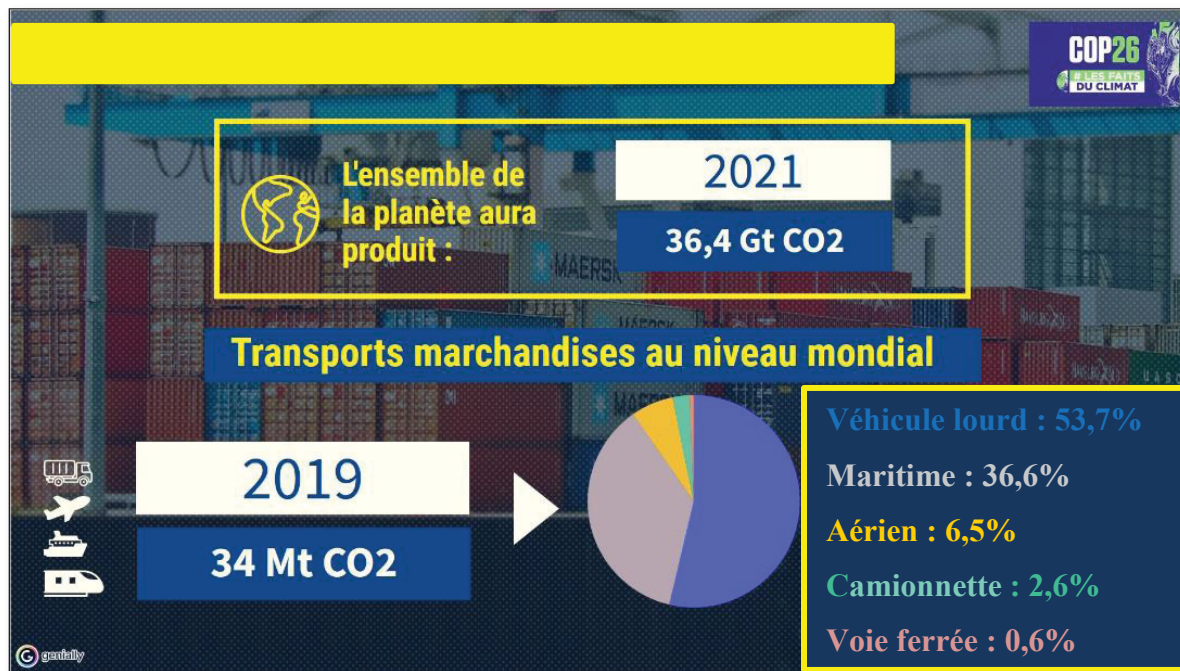


Figure 3.1 Production mondiale de CO₂ et émission par mode de transport
Adaptée de : RTBF (2021)

Comme le montre la Figure 3.1, en 2019, le CO₂ produit par le transport de marchandises provenait majoritairement du transport par véhicules lourds (53,7%) au niveau mondial. Le

deuxième mode de transport produisant le plus de CO₂ après les véhicules lourds est le transport par voie maritime (36,6%), suivi par le transport par voie aérienne (6,5%), par les camionnettes (2,6%) et, enfin, par le transport par voie ferrée (0,6%).

Par ailleurs, le transport de marchandises par voie maritime se fait principalement pour du transport à l'international, ce qui amène à la conclusion suivante : la majorité du transport de marchandises dans les villes se fait par voie routière, par véhicules lourds (Sénat, 2021a).

Le transport de marchandises est responsable, à lui-seul, de 30% à 40% des émissions de gaz à effet de serre (GES) du secteur de transport (Allo, M. & Abarca, C., 2021). L'exposition excessive à des particules fines de CO₂ cause la mort de près de 7 millions de personnes par année (Transport Écono Nord, 2021). De plus, l'émission de CO₂ ne cesse de croître depuis des décennies, tel que présenté dans le graphique de la Figure 3.2.

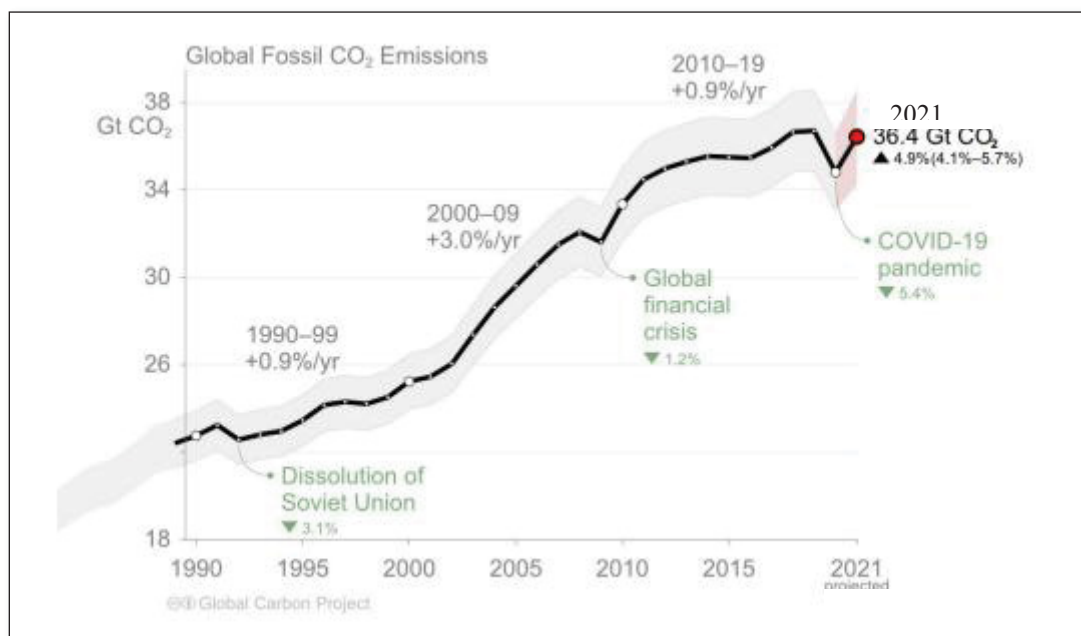


Figure 3.2 Émission globale de CO₂ au fil des ans
Adaptée de : Global Carbon Projet (2021, p. 1)

L’année 2020 a connu une baisse considérable d’émission de CO₂, une baisse accordée à la crise sanitaire de la COVID-19. La courbe a repris par la suite dans sa hausse d’émission de CO₂. Cette hausse provoque des changements climatiques (Global Carbon Project, 2021).

Les moteurs à combustion interne, comme le cas des camions, n’émet pas uniquement du CO₂. Le Tableau 3.1 précise tous les types d’émissions provenant des véhicules lourds.

Tableau 3.1 Types d’émissions générées par les moteurs à combustion interne des véhicules lourds
Adapté de : Gouvernement du Canada (2001, p. 9)

Émissions	Définitions
Hydrocarbures (HC)	Carburant partiellement brûlé
Monoxyde de carbone (C)	Produit de la combustion incomplète du carbone
Oxydes d’azote	Produit de la combustion de l’azote à haute température
Particules	Particules de suie et de soufre attribuables à une combustion incomplète
Dioxyde de carbone (CO ₂)	Produit de la combustion incomplète
Oxydes de soufre (SO _x)	Oxydes générés par la combustion du soufre que contient le carburant (particulièrement le carburant diesel)
Gaz à effet de serre (GES)	Notamment le CO ₂ , le CO et les NO _x

Ces polluants, en plus d’avoir des impacts très négatifs sur la santé, contribuent à la pollution de certains sols (Sénat, 2021b).

Le transport de marchandises par camion n’est pas uniquement responsable d’émissions de polluants atmosphériques, il génère également des externalités négatives, telles que les nuisances sonores, la congestion routière, l’artificialisation des sols et la dégradation des infrastructures routières (Sénat, 2021b). Ces externalités ont un impact négatif sur la qualité de vie de la population.

3.2 Comment répondre aux enjeux environnementaux et de qualité de vie

Les enjeux et impacts négatifs causés par le transport de marchandises par camions sont notables et identifiés par les différents acteurs du milieu. Malgré cela, le transport de marchandises demeure essentiel pour le développement économique des villes. Il est donc important de réfléchir à des solutions pouvant maintenir le transport des biens tout en réduisant l'impact du transport de ceux-ci.

3.2.1 Actions ou solutions envisageables pour réduire l'impact environnemental du transport routier de marchandises

Le Tableau 3.2 décrit certaines actions très simples, mais pouvant réduire considérablement les émissions de CO₂ des camions (Transport Écono Nord, 2021).

Tableau 3.2 Actions simples réduisant les émissions de CO₂
Adapté de : Transport Écono Nord (2001)

Actions	Quand	Explication
Couper le moteur des camions	Lors des temps d'attente	Lorsque le véhicule est au ralenti (allumé sans conduite), il utilise plus de carburant et émet plus de GES qu'à l'arrêt total du véhicule et au redémarrage
Maintenir la vitesse des véhicules	Lors du transport	La vitesse du véhicule a un impact sur la quantité de carburant utilisé. Maintenir une vitesse constante permet de réduire les impacts sur l'environnement
Entretien des véhicules de transport	En tout temps (régulièrement)	Changer régulièrement l'huile, les filtres à huile et les filtres à air permet de réduire l'émission de CO ₂

En plus de ces simples actions, d'autres solutions peuvent être envisagées par les compagnies de transport routier afin de diminuer les impacts de ce transport sur l'environnement. Ces solutions sont présentées au Tableau 3.3.

Tableau 3.3 Solutions pouvant être envisagées par les compagnies de transport routier
Adapté de : Transport Écono Nord (2001)

Solutions	Explication
Optimiser le chargement du transport routier	• Éviter le déplacement de camions vides ou peu remplis • Gérer adéquatement les itinéraires afin d'éviter les détours et allers-retours inutiles
Former les équipes et les conducteurs de camions	• Éducation des chauffeurs (formations, réunions, etc.) • Gestion participative (impliquer les chauffeurs dans la recherche de pistes de solution)
Améliorer les véhicules pour un transport routier plus écologique et moins bruyant	• Travailler sur l'aérodynamisme des véhicules afin de limiter la « prise au vent » pour réduire la consommation de carburant. • Remplacer les moteurs par des équipements plus récents, plus respectueux de l'environnement. • Faire des entretiens réguliers des véhicules. • Utiliser des carburants moins polluants.

L'optimisation du transport de marchandises est une solution que plusieurs compagnies de transport commencent à envisager. Certaines d'entre elles, dont la compagnie Transport Écono Nord, offre le service du transport LTL (Less Than Truckload) qui permet de transporter de plus petites quantités de marchandises de différents clients afin de remplir un camion. En parallèle, le transport FTL (Full Truckload) transporte de la marchandise pour un seul client

dans un camion. Le camion n'est pas nécessairement rempli lorsqu'il effectue son trajet (Transport Écono Nord, 2021a).

Ces simples actions peuvent évidemment avoir de nombreux avantages sur l'environnement. Par contre, cela ne suffit pas. La diminution de l'empreinte environnementale du transport de marchandises par véhicules lourds étant un objectif urgent (Generix Group, 2022), il devient important d'identifier des mesures claires à mettre en place pour l'atteinte de cet objectif.

Dans son rapport Transport de marchandises face aux impératifs environnementaux, publié en 2021, le Sénat de France a fait 40 propositions, visant à réduire l'impact environnemental des véhicules lourds, articulées autour de quatre (4) grands axes. Les axes sont définis dans le Tableau 3.4.

Tableau 3.4 Axes articulés par le Sénat de France visant à diminuer l’empreinte
environnementale du transport de marchandises routier
Adapté de : Generex Group (2022)

Axes	Moyens
Diversifier les modes de transport	• Complémentarité des différents modes de transport • Développement du recours au ferroviaire et au fluvial
Limitier les nuisances dues au transport routier	• Resserrement de la réglementation (restrictions de circulation dans certaines zones, renforcement des contrôles et des sanctions, information de la population et des élus.)
Adopter une stratégie de décarbonation	• Développement des aides aux biocarburants et à l’électrification • Modification de la fiscalité (création d’une écotaxe) • Encouragement des bonnes pratiques
Réinventer le transport urbain de marchandises	• Renforcement du contrôle des véhicules de livraison (contrôle technique, formation, etc.) • Encouragement de l’achat d’utiles propres • Mutualisation des livraisons du dernier kilomètre • Sensibilisation des fournisseurs et des consommateurs aux enjeux environnementaux de la livraison

3.3 Conclusion et hypothèse

Après la visualisation des données du Chapitre 3, la conclusion qui s’articule est la suivante : le transport de marchandises effectué par véhicules lourds constitue la principale source d’émissions de polluants ayant un impact néfaste sur l’environnement et la qualité de vie de la

population. Des actions simples peuvent être réalisées par les chauffeurs de camions ainsi que par les entreprises de transport afin de diminuer l'impact de celui-ci. En parallèle, le Sénat de France propose 4 grands axes pouvant aider à diminuer l'empreinte environnementale du transport de marchandises. De ces axes découlent des moyens répondant à ceux-ci. Parmi les moyens proposés dans le rapport du Sénat, trois (3) moyens ont été retenus pour la réflexion du projet présenté dans cette thèse :

1. La complémentarité des différents modes de transport;
2. Le recours au ferroviaire et au fluvial;
3. La mutualisation des livraisons du dernier kilomètre.

Ces moyens ont été retenus puisqu'ils rejoignent des visions et des réflexions en cours dans le domaine du transport.

CHAPITRE 4

LOGISTIQUE URBAINE ACTUELLE À TRAVERS LE MONDE

Comme exploré dans les chapitres précédents, le transport routier de marchandises vient avec son lot d'enjeux, autant sur le plan de la sécurité routière que sur le plan environnemental. De plus en plus, les villes (et pays) en sont conscientes et s'intéressent à ce sujet. Étant donné que les villes du monde ont des réalités, ainsi que des priorités, différentes d'une à l'autre, elles traitent différemment le sujet. Bien évidemment, les développements ne sont pas au même niveau partout. Dans ce chapitre, il sera possible de visualiser l'état de la situation du transport de marchandises dans différents pays et villes, ainsi que la vision de ceux-ci. Il permet de voir comment chaque société gère l'enjeu du transport de fret, selon sa propre réalité et ses propres ressources

4.1 Australie

Le marché australien du transport de marchandises connaîtra une augmentation de 5,85% pour la période de prévision 2022 à 2027. Cette prévision est liée à l'augmentation des investissements prévus dans l'infrastructure logistique, ce qui a permis au pays d'accroître sa capacité à recevoir un tel taux de déplacements de marchandises (Mordor Intelligence, 2023).

Par ailleurs, la pandémie de la COVID-19 a causé une hausse considérable du taux de marchandises transportées en Australie, notamment par une explosion du commerce électronique et de la demande de livraison de produits d'épicerie à domicile. Cette augmentation a présenté un enjeu au modèle de livraison existant d'Australia Post avant la pandémie. Les entreprises ayant des procédures de logistique ont également subi les impacts liés à cette hausse (Mordor Intelligence, 2023).

En Australie, comme au Canada, le transport routier est le mode de transport prédominant pour le déplacement des marchandises. Même les industries utilisant le transport ferroviaire ou autres types de transport comptent sur le transport routier pour effectuer plusieurs

déplacements de matériels et autres biens. De plus, l'industrie australienne du camionnage estime une augmentation de 25% du trafic de camions d'ici 2029 (Mordor Intelligence, 2023).

Cette situation a amené le gouvernement australien à jouer un rôle important dans le développement du transport de marchandises. Son rôle se centre dans la planification, la fourniture et la gestion à long terme des réseaux de transport desservant les activités du transport de marchandises. Le gouvernement a investi des milliards de AUD dans les infrastructures de transport routier et ferroviaire afin de rendre les déplacements de la population plus rapides et sécuritaires. Suite à ces engagements, est né le projet Inland Rail (Mordor Intelligence, 2023).

4.1.1 Projet Inland Rail

Inland Rail est une ligne ferroviaire de fret de 1600 km reliant Melbourne et Brisbane, traversant les régions de Victoria, la Nouvelle-Galles du Sud et le Queensland. Les trains de cette ligne ferroviaire sont à simple et double empilement, dépendamment des régions desservies. Ce projet, en plus de créer de nombreux emplois, améliore la chaîne d'approvisionnement, réduit les émissions de GES et améliore la sécurité routière (Australian Government, n.d. a).

Le Inland Rail a été financé par le gouvernement australien, mais réalisé par le Australian Rail Track Corporation (ARTC), en partenariat avec le secteur privé. Il sera construit sur les liaisons ferroviaires régionales et rurales existantes qui permettent d'accéder aux ports de Melbourne, Port Kembla, Sydney, Newcastle, Brisbane, Adélaïde et Perth via Parkes.

Le projet fournira un service de fret compétitif et augmentera la productivité nationale. Les entreprises et les agriculteurs de la région pourront profiter de nouvelles opportunités de croissance des exportations et commercialiser leurs produits. Les coûts de la chaîne d'approvisionnement constituent une composante importante du prix que les consommateurs paient pour les marchandises consommées. Près de 10 % du coût final de la marchandise

provient des coûts de transport. Inland Rail offre des économies des coûts de transport, offrant ainsi des économies à l'utilisateur final (Australian Government, n.d. a).

Avec l'augmentation de la population australienne, les demandes sur le réseau de fret australien augmentent également. L'augmentation du volume total de fret en Australie est estimée à 26% entre 2020 et 2050. Inland Rail doit répondre aux exigences futures du défi du fret australien et être compétitif par rapport à la route, rentable et fiable (Australian Government, n.d. a).

Le Inland Rail Service Offering a été développé par le ARTC en consultation avec les principaux acteurs australiens du transport de marchandises afin de répondre aux exigences nécessaires à la conduite de leurs opérations commerciales (Australian Government, n.d. b).

Le projet promet de bénéficier d'une fiabilité de 98%, d'offrir une flexibilité pour des services plus rapides et enfin de garantir la disponibilité de la marchandise sur le marché. De plus, les données du projet de cartographie de la chaîne d'approvisionnement du Commonwealth Scientific Industrial Research Organisation (CSIRO) ont identifié une réduction potentielle des coûts de transport de 80,77 \$ par tonne de charge utile si un transfert des chaînes d'approvisionnement routières existantes se fait vers le Inland Rail (Australian Government, n.d. a).

En plus d'être efficace, fiable et compétitif, le projet Inland Rail a de nombreux bénéfices, décrits dans le Tableau 4.1.

Tableau 4.1 Bénéfices du Inland Rail
Adapté de: Australian Government, (n.d. a)

Bénéfice	Description
Capacité de fret améliorée	• Trains à double empilement de Beveridge à Victoria à Ebenezer dans le Queensland • Trains à simple empilement reliant Kagaru
Offre d'emplois	• Des milliers d'emplois à Victoria, en Nouvelle-Galles du Sud et dans le Queensland • La construction a fourni du travail à plus de 4 200 personnes (1600 travailleurs locaux, 660 travailleurs indigènes, 300 femmes) • Les investissements et l'expansion complémentaires des entreprises créeront des emplois à long terme.
Amélioration des connexions au sein du réseau national de fret	• Relier chaque capitale du continent et chaque port majeur via les lignes existantes
Réduction des coûts de transport	• Économie potentielle de 80,77 \$ par tonne de charge utile en passant de la route au rail intérieur
Amélioration de la fiabilité et de la certitude du temps de transit	• Moins de 24 heures de transit ferroviaire entre les terminaux de Melbourne et de Brisbane et une fiabilité correspondant aux niveaux routiers actuels.
Réduction des distances parcourues	• 200 km entre Melbourne et Brisbane • 500 km entre Brisbane et Perth et Adélaïde et Brisbane
Amélioration de la sécurité routière et de la congestion	• Éviter les morts et blessés graves (15 accidents graves de moins par an) • Réduire les émissions de carbone de 750 000 tonnes par an • Contribuer à réduire la congestion routière sur certaines des autoroutes les plus fréquentées d'Australie

4.2 Allemagne

L'Allemagne est considéré comme le leader mondial en logistique. L'Allemagne excelle dans le transport et le stockage de marchandises ainsi que dans le contrôle des flux de marchandises (CCI France Allemagne, 2021). Ceci se reflète dans les activités présentées dans le Tableau 4.2.

Tableau 4.2 Activités de logistique en Allemagne
Adapté de : CCI France Allemagne (2021)

Catégorie	Description
Intralogistique	• Planification • Contrôle et mise en œuvre des processus et mouvements de la marchandise dans les entrepôts (ex : manutention, rayonnage, etc.)
Transport de marchandises	• Par des prestataires de services (entreprise externe spécialisée en logistique et/ou en transport)

L'Allemagne a un atout important, sa position géographique centrale. Cette position lui donne accès au marché européen ainsi qu'aux marchés internationaux, lui donnant ainsi accès à 82 millions d'allemands et 500 millions d'européens. D'autant plus, les entreprises de logistiques allemandes font parties des meilleures entreprises à l'échelle mondiale (Deutsche Post DHL, Schenker, Dachser, Rhenus Logistics SE & Co., Kühne + Nagel) (CCI France Allemagne, 2021).

Malgré cet atout important, l'Allemagne n'a pas uniquement compté sur celui-ci. Elle continue d'investir largement dans ses infrastructures et technologies afin de maintenir sa place de leader mondial en logistique. L'Allemagne a ainsi développé la stratégie d'industrie 4.0 qui

pose comme objectif d'investir 40 milliards d'euros chaque année dans la numérisation et la robotisation de ses usines. Ces développements favoriseront une optimisation des mouvements en permettant des processus logistiques précis, rapides et à coût moins élevé (CCI France Allemagne, 2021).

Les industries allemandes s'orientent vers la robotisation et la numérisation de ses usines et entrepôts, une nouvelle réalité issue de l'intelligence artificielle (IA). Ces technologies promettent une efficacité à plusieurs niveaux, tel que démontré au Tableau 4.3.

Tableau 4.3 Efficacité de la robotisation et de la numérisation
Adapté de : CCI France Allemagne (2021)

Chaîne	Technologie	Efficacité
Refroidissement	Numérisation	• Contrôlées par des sondes de température grâce à une surveillance sans faille • Prédiction des entretiens et réparations → production en continu • Contrôle en permanence des processus d'expédition pendant transbordement et stockage
Logistique urbaine	Robotisation (e-mobilité : drones, véhicules autonomes)	• Utilisation optimale des capacités et transparence totale des chaînes d'approvisionnement grâce à la mise en réseau de ces véhicules et l'utilisation des applications mobiles par les conducteurs • Optimisation des trajets grâce à l'intelligence artificielle (IA)
Intralogistique	Robotisation (chariots de manutention autonomes, conteneurs autocontrôlés, inventaire simplifié par l'utilisation de drones)	• Modification durable de l'industrie logistique

En Allemagne, les expériences en logistique urbaine ont commencé depuis une trentaine d'années. Le motif initial à l'époque était les difficultés de livraisons dans les territoires urbains. Les difficultés ont connu une croissance avec l'expansion du commerce électronique et de la hausse des livraisons à domicile, ce qui a forcé les évolutions dans ce domaine (OPSTE, 2014). Les évolutions sont notées à travers différentes initiatives dans les villes allemandes.

Au centre-ville de Nuremberg, la livraison se fait par véhicules électriques, présentés à la Figure 4.1. Ces derniers récupèrent les emballages et palettes à leur passage. Cette opération fonctionne sans subventions publiques et permet d'éviter 150 km de transport par camion par jour. Néanmoins, ces opérations nécessitent un travail important de coordination, de choix de transporteur neutre (intervention pour plusieurs opérateurs), rémunération des intervenants, montage d'un système informatique partagé, etc. (OPSTE, 2014).



Figure 4.1 Véhicules électriques de livraison à Nuremberg
Adaptée de : Gaillard, C. (2022)

À Dresde, le CarGoTram approvisionne en pièces une usine de montage de Volkswagen à partir de son entrepôt, localisé à 4 km de l'usine. Le tramway effectue huit (8) allers-retours

par jour pour approvisionner l'usine. Le tramway remplace environ trois (3) camions. La Figure 4.2 représente le CarGoTram.



Figure 4.2 CarGoTram de Dresde
Adaptée de : APUR. (2011, p. 1)

Pour faciliter la livraison à la destination finale, la Poste allemande et sa filiale DHL a mis en place des casiers électroniques, appelés Packstation, installés sur le domaine public et accessible à tous (OPSTE, 2014). Les casiers des Packstation, tel que présenté à la Figure 4.3, permettent de recevoir, envoyer ou rediriger des colis. La redirection de colis est un service offert afin de permettre au consommateur qui n'est pas chez lui pour la réception du colis de rediriger la livraison vers un emplacement de Packstation (DHL, 2023).

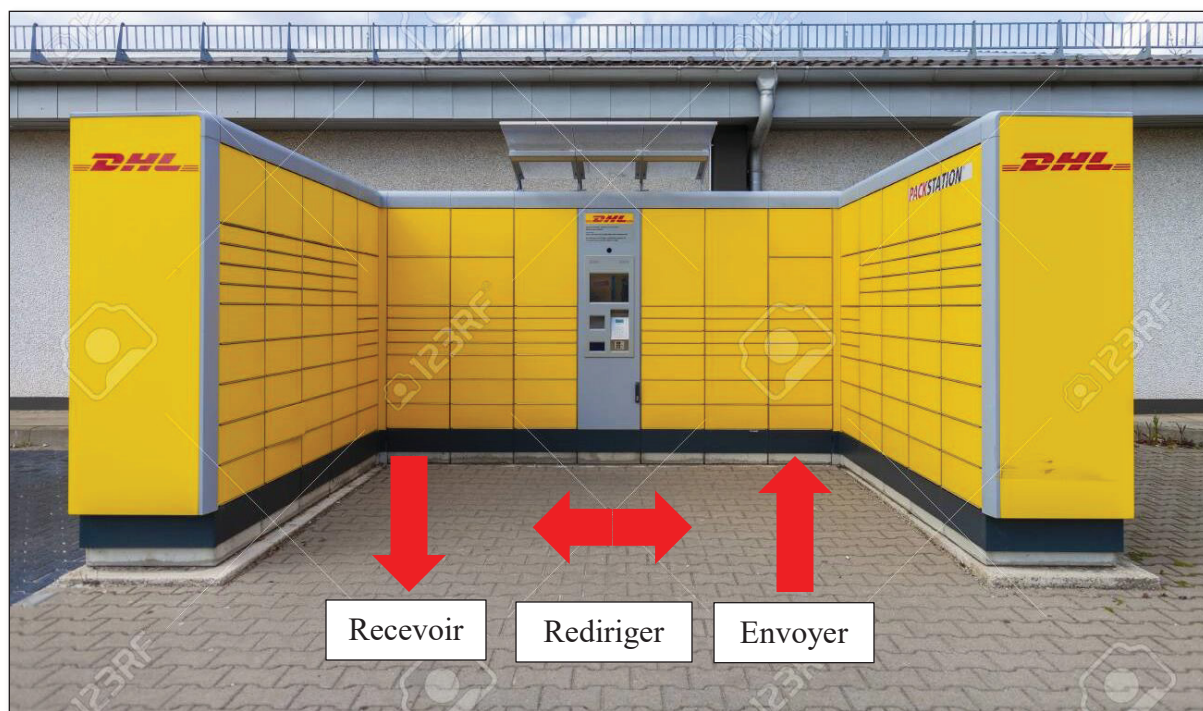


Figure 4.3 Packstation en Allemagne
Adaptée de : Inmagine Lab Pte Ltd. (2019)

Finally, Germany has implemented a national transport and logistics program (Masterplan Güterverkehr und Logistik), from which different studies and researches emerge in order to better understand the domain of goods transport. Some studies are oriented towards alternative vehicles, specifically electric delivery vehicles (OPSTE, 2014).

4.3 Suède

In Sweden, many programs are implemented by the Government in order to encourage any collaboration favoring the vision of an attractive city. Through this vision, different aspects are considered, including craftsmanship, services, waste, buildings, public works, and, obviously, urban logistics responding to the needs of city centers (OPSTE, 2014).

De plus, des initiatives sont lancées et encouragées afin de favoriser un transport de marchandises durable. L'utilisation des véhicules utilitaires légers (VUL) est de plus en plus présente dans les grandes villes. Il y a également des restrictions pour le déplacement des poids lourds. Entre autres, des villes interdisent l'accès aux camions de plus de 10 mètres de long aux centre villes et encouragent les livraisons par véhicules électriques. Göteborg est la ville la plus reconnue pour l'application de ces restrictions (OPSTE, 2014).

Stockholm, de son côté, connaît un achalandage quotidien très important de véhicules lourds, soit près de 10 000. Afin de réduire la congestion, les autorités publiques ont mis en place un centre de distribution pour approvisionner les restaurants du centre historique de la ville. Les heures de livraisons permises sont entre 6 heures et 11 heures pour les véhicules à essence et de 6 heures à 16 heures pour les véhicules électriques. En 2014, la moitié des restaurants du centre historique de Stockholm avaient adhéré à ce système de logistique urbaine. Il a donc été noté que la congestion a diminué de moitié en termes de véhicules-kilomètres (OPSTE, 2014).

À Linköping, un projet pilote nommé Samlic a été réalisé. Il consistait à répartir les secteurs de desserte de la ville en trois. Chaque secteur a été confié à un transporteur différent, dans le but d'optimiser le chargement des camions et, donc, de réduire les véhicules-kilomètres. Cependant, le système informatique attaché au projet n'était pas fiable et la visibilité du dispositif était faible. Pour ces raisons, le projet n'a pas été prolongé (OPSTE, 2014).

De ses expériences, la Suède a étalé certaines conclusions. Le principal mot clef retenu est la coordination. La Suède a un objectif général de réduire l'utilisation des véhicules à essence, la congestion et le bruit. D'un autre côté, elle envisage d'améliorer l'accessibilité, la sécurité et assurer un équilibre économique pour la logistique. Les autorités sont donc persuadées qu'il faut développer des programmes de recherche, tout en évaluant les différents obstacles, et surtout de considérer la logistique urbaine assez tôt lors de la planification urbaine de nouveaux quartiers (OPSTE, 2014).

4.4 Suisse

La Suisse a une réalité un peu particulière en lien avec la concentration de sa population et de ses activités économiques. Cette réalité est également remarquée dans le produit intérieur brut (PIB). Le PIB est l'indicateur économique qui permet de quantifier la production de richesses d'un pays en mesurant la valeur de tous les biens et services produits/réalisés en une année, dans un pays (République Française, 2018). Quatre villes en Suisse engendrent la majorité du PIB (OPSTE, 2014) :

1. Zürich – 30% du PIB national;
2. Berne – 14% du PIB national;
3. Bâle – 12% du PIB national;
4. Genève et Lausanne – 16% du PIB national.

Pour les questions de transport et de logistique, il se produit une coordination entre les métropoles voisines. Plusieurs partenariats ont été réalisés au fil des ans pour assurer la fluidité du transport des personnes et des marchandises entre les villes voisines (OPSTE, 2014).

La ville de Bâle a été la première à s'intéresser à la coordination de la logistique urbaine et a mis en place un système de mutualisation des livraisons en 1994. Cependant, des difficultés ont été rencontrées en ce qui a trait à la responsabilité de la marchandise et du partage des coûts. Ces difficultés ont amené à l'abandon de l'expérience. Suite aux développements technologiques et informatiques des dernières décennies, Bâle a décidé de moderniser son port et a élaboré un plan de mobilité qui fait appel à des véhicules verts pour la livraison (OPSTE, 2014).

La ville de Zürich est le centre économique de la Suisse, ce qui explique que les moyens sont principalement redirigés pour cette ville. Zürich a donc mis en place un cargo-tram qui transporte de petits conteneurs. Malgré que ce transport coûte 35% de plus que le transport par

camions, cette méthode est maintenue puisqu'elle contribue à la diminution du trafic de camions (OPSTE, 2014).

Des initiatives ont également eu lieu par des transporteurs privés. La Poste dessert ces trois grands centres de distribution interrégionaux par voie ferrée. La livraison se fait par des wagons capables de se déplacer à une vitesse semblable à celle du train de passagers. Par la suite, les livraisons se font par tricycles (OPSTE, 2014).

Enfin, le système Bringbee a été mis en place pour permettre à un acheteur chez Ikea de transporter et livrer à un autre client sur son chemin ou à proximité de sa résidence les achats que ce dernier aurait commandés en ligne. Ce transport permet un dédommagement financier au transporteur (OPSTE, 2014).

4.5 Conclusion

Tel qu'indiqué au début du Chapitre 4, les réalités sont différentes dans les villes du monde. Les villes ne sont pas non plus au même niveau dans les avancées technologiques et législatives. Pour ces raisons, chaque ville, à travers le monde, gère sa logistique urbaine de façon propre à elle et à son territoire.

L'Allemagne, pour sa part, est un leader mondial en logistique alors que l'Australie a un Gouvernement qui investit énormément en infrastructures de transport de marchandises (Projet Inland). La Suède mise sur la coordination pour répondre à ses enjeux de logistique urbaine et, enfin, la Suisse utilise des véhicules verts et un cargo-tram pour son transport de marchandises.

Malgré ces différences, on remarque dans les exemples de villes citées que le transport de marchandises réalisé par voie routière représente le plus gros enjeu et que les villes tentent de proposer des méthodes pouvant réduire le nombre de véhicules lourds dans les milieux denses.

CHAPITRE 5

TOWARD AN INTEGRATED MOBILITY OF PASSENGER TRANSPORT

Dina Asaad ^a, Michèle St-Jacques ^b

^{a,b} Département de Génie de la construction, École de Technologie Supérieure
1100 Notre-Dame Ouest, Montréal, Québec, Canada H3C 1K3

Article soumis pour publication dans « Intelligent Transportation Infrastructure », mars 2024

5.1 Abstract

Mobility has an impact on daily habits of the population. Individuals choose their mode of transportation by evaluating the available services, the price of the services, comfort, safety and other aspects. Priorities are not the same for all, thus every individual chooses his type of trip according to his priorities.

To meet different travel needs, the transportation industry continues to evolve. New mobility services are emerging around the world, such as microtransit and Mobility as a Service. Also, new technologies appear on the market, such as autonomous vehicles. However, the best use of these vehicles is not clear yet.

In order to determine the best use of this technology and know how it can fit into the existing transport offer, it is necessary to know the current transport offer and understand the reality of the new technology. This means understanding its advantages and challenges.

5.2 Introduction

Transportation is an important component of a city. It has a direct impact on spatial planning and development, but above all on the daily habits of residents and visitors of the city. Although

transportation activities are a major source of greenhouse gas (GHG) emissions, they remain essential to the functioning of a city.

The Montreal region includes several modes of passenger transportation. It is particularly recognized for its public transport offer and the efforts constantly made to develop it.

At the same time, the transport sector is experiencing technological developments which lead to changes to the current transport system. It is thus interesting to take advantage of these developments and integrate them to the transport planning of cities. Effectively, to be able to do this, it is necessary to understand the actual transport system.

This article describes, at first, the current passenger transport system in the Montreal region. It then continues by presenting the new forms of mobility and a new technology, the autonomous vehicle. Then, the article presents the taking charge of the autonomous vehicle development by governments. Finally, the potential of development of the new technology is exposed in the discussion.

5.3 Context

Transportation is considered one of the most important components of a city that affects the land use. It also has a considerable impact on the daily habits of people. Among other regions, Montreal is known for its offer of public transportation.

5.3.1 Mobility in the Montreal Region

Montreal offers to its population various options for transportation. It specifically focuses on the development of public and active transportation.

Among the public transportation in the Montreal region, there is the metro, an underground and electric public transport network serving the Island of Montreal and the cities of Laval and Longueuil. As of today, the metro network is spread over four lines: green, orange, blue and

yellow. Since 2016, the trains of the metro were gradually replaced by the train Azur (Figure 5.1 and Figure 5.2).



Figure 5.1 The Montreal metro Azur
Adapted from: Société de transport de Montréal (1997-2020e)



Figure 5.2 The interior of AZUR train
Adapted from: Société de transport de Montréal (1997-2020e)

Montreal includes other services in its public and active transportation:

1. Hybrid and electric buses.
2. Car sharing service – Communauto (and others).
3. Bike sharing service – BIXI.

5.3.1.1 Réseau Express Métropolitain

The *Réseau express métropolitain* (REM) is a light rail network, fully electric and automated. This public transportation system is under construction in the Montreal region. The REM is announced to be the fourth biggest automated network in the world, after Singapore, Dubai and Vancouver. It will have 26 stations, over 67 km of double lanes (Caisse de dépôt et de placement du Québec, 2017b). Figure 5.3 shows the map of the REM.

The commissioning of the network is scheduled by segments (Réseau express métropolitain, 2020b):

1. From the South Shore to the Central station – Spring or Summer 2022;
2. From the Central station to Du Ruisseau – Fall 2023;
3. From Du Ruisseau to Pierrefonds-Roxboro – Spring 2024;
4. From Pierrefonds-Roxboro to Deux-Montagnes – Fall 2024;
5. West Island segment – Spring 2024;
6. Airport segment – End 2024.



Figure 5.3 The map of the REM
Adapted from: Réseau express métropolitain (2020)

The construction cost of this project is estimated to be 6,3 billion dollars. Table 5.1 details the amount paid by stakeholders.

Table 5.1 Financial cost shares of the stakeholders
Adapted from: Réseau express métropolitain (2020a)

Stakeholders	Amount paid (\$ CAD)
Caisse de dépôt et de placement du Québec	2,95 billions
Government of Quebec	1,28 billion
Government of Canada	1,28 billion

5.3.1.2 Pie-IX bus rapid transit

The Pie-IX bus rapid transit (BRT) is a public transport and urban development project who is taking place on Pie-IX boulevard. The network will start from Saint-Martin boulevard, in the City of Laval, to the Pierre-De Coubertin Avenue, in the City of Montreal (Réseau de transport métropolitain, 2017). It will operate 20 hours per day and will link to the metro and suburban train networks. Figure 5.4 shows the route of Pie-IX BRT.

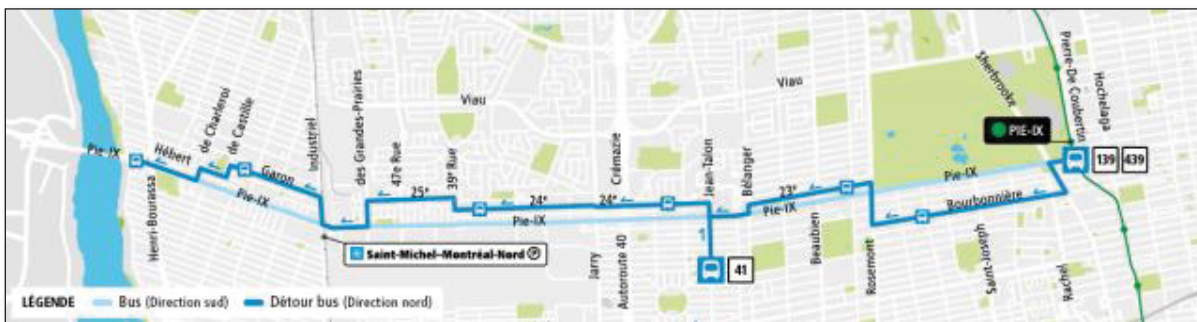


Figure 5.4 The route of Pie-IX BRT

Adapted from: Société de transport de Montréal (1997-2020e)

The Pie-IX BRT is a transport system circulating on reserved lanes for buses on both directions, north and south, marked with a contrasting color. The transport network is equipped of safe and comfortable stations with large access platforms (Ville de Montréal, n.d. c). To secure the movement of pedestrians, large and visible pedestrian crossings are planned, as shown in Figure 5.5.



Figure 5.5 The Pie-IX BRT (or SRB Pie-IX in French)
Adapted from: Narcity Media Inc. (2019)

5.3.1.3 East-west electric link of the South Shore

In February 2020, the mayoress of Longueuil, Sylvie Parent, announced a tramway project in the South Shore (24 heures, 2020). The project is named the East-West electric link of the South Shore and known under the acronym Léo for its French name *Lien électrique est-ouest*.

The tramway would begin with a first phase going from Édouard-Montpetit College to the future Panama station of the *Réseau express métropolitain* (REM). It would be integrated into Taschereau Boulevard and cross the downtown of the city of Longueuil, to connect with Montreal metro. This project is not only a mobility project, but also part of a major redevelopment of the sector (24 heures, 2020).

The Government of Quebec gives the mandate to produce a feasibility study for the possible construction of this project (FM 103.3, 2020).

5.3.1.4 First/last/only mile

The multiple transportation methods described above form an efficient public transport system in the Montreal region. However, this system may present some deficiency in the first and last mile service. In fact, the last distance of daily trips presents difficulties in certain cases. Several important destinations are located at a considerable distance (more or less than a mile) from a high-frequency public transport station and this makes it more difficult and less attractive to use public transport services.

A deficiency is also present in short distances trips, also called the only mile. It is noted that universities in the Montreal region have mostly several buildings. Often, the university buildings are separated by a short distance, a mile or less. This distance can present a difficulty for students and professors while moving from buildings.

5.3.1.5 Road network of the Montreal region

The Montreal region includes many highways, bridges and tunnels on its road network. This road network is used by different users: personal cars, shared cars, trucks, buses, pedestrians and cyclists (in some cases), etc.

Several projects are under study or in planning to maintain public infrastructure in good condition, ensure quality services to the population and support economic growth (Mobilité Montréal, 2019).

For example, the City of Montreal performs an annual or general inspection of all its infrastructures. A general inspection is a more complete and precise inspection, performed every three or four years. In 2020, the City of Montreal invested \$ 30M to maintain its infrastructures (Ville de Montréal, n.d. b).

5.3.2 Contribution of the Société de Transport de Montréal

The *Société de transport de Montréal* (STM) is a public transport agency operating buses and other rapid transit services in Montreal, Quebec, Canada.

Given the many pollutants generated by transport, governments aim to increase collective, shared and active transportation in order to reduce the impact of transport on the environment. Therefore, the Government of Canada has set a 37.5% greenhouse gas (GHG) emission reduction target by 2030. In addition, Quebec's policy targets a 40% reduction in the consumption of petroleum products by 2030 (Société de transport de Montréal, 1997-2020a). The STM has then an important role of developing and promoting its public transportation service to encourage the population to make a transition in their travel's modes.

5.3.2.1 Hybrid Buses

The *Société de transport de Montréal* (STM) started receiving hybrid buses among its fleet in 2016. The STM operates more than 550 hybrid buses in 2020, which is 32% of its fleet. The organization estimates their fleet to be free of diesel by 2029 (Société de transport de Montréal, 1997-2020a).

5.3.2.2 City Mobility – Bus Network Electrification

City Mobility is a demonstration project which tests fully electric buses. These buses work with fast-charging stations (Société de transport de Montréal, 1997-2020b) (Figure 5.6). Several cities among the world participate to the project City Mobility and Montreal is the first north American city to participate to it.



Figure 5.6 Fully electric bus with fast-charging station
Adapted from: Ville de Montréal (n.d.a)

Since summer 2017, the bus line 36-Monk includes two fast-charging stations and three fully electric buses. After the success of the demonstration, it was decided to acquire more electric buses by 2019. Later in November 2019, the *Société de transport de Montréal* (STM) received its first New Flyer bus, a new electric bus model (Figure 5.7). The second one was received by the STM in September 2020. The rest of the 30 expected buses should arrive by the end of 2021 (Société de transport de Montréal, 1997-2020c).



Figure 5.7 New Flyer bus
Source: Société de transport de Montréal, 1997-2020c

5.3.2.3 Blue Line Extension

The Blue line of the Montreal metro will be extended by five new stations over 5,8 km. These five stations will be added after the Saint-Michel station and will have the following names: Pie-IX, Viau, Lacordaire, Langelier and Anjou (Société de transport de Montréal, 2019-2020d) (Figure 5.8).



Figure 5.8 Plan of the five new stations
Adapted from: Société de transport de Montréal (1997-2020d)

In addition, the project will contain two bus terminals and a park-and-ride lot of 1200 parking spaces. It will also include a pedestrian tunnel to link to the future Pie-IX Bus Rapid transit (Pie-IX BRT). The inauguration of the new line is scheduled for 2026 (Société de transport de Montréal, 1997-2020d).

5.4 New forms of mobility

In the transportation field, new forms of mobility are appearing, while others are disappearing. It becomes interesting to create links between these new forms of mobility and the existing ones to improve transport efficiency in cities.

5.4.1 Microtransit

The microtransit is more present on roads in the recent years. It represents vehicles of small dimensions, such as minibus or mini train. Its objective is to provide a shared transportation offer presented by the private and public sectors. The microtransit provides routes and schedules defined according to the demand of consumers (MaRS Discovery District, 2016).

The microtransit can convey to or from heavy transport modes, such as metro, train, high frequency bus line. It also can offer a service of a short distance, like a shuttle on a university campus. This use refers to the concept of first/last/only mile option, which aims to facilitate travels and make them as efficient and comfortable as possible (European Environment Agency, 2019).

5.4.2 Mobility as a Service

The Mobility as a Service (MaaS) is an integrated mobility service that appeared in the last years. This service offers consolidation of transport modes in order to provide the most efficient service to users.

The MaaS is defined as a system integrating various modes of travel, combining public and private services. Its objective is to provide the best travel to people in terms of finance, comfort and security. The services can be offered and/or operated by several organizations, public or private. Therefore, the MaaS represents combined modes of travel for the same trip where the user pays one single bill, adapted to the transport modes chosen at the end of the trip.

According to Savard (2017), the success of MaaS depends on the integrality of public transport. The author affirms that the stakeholders of public transport have a primary role in the definition, planning and integration of all transport.

The microtransit presents an interesting option to promote MaaS by providing the first/last/only mile service. In another side, the electric and autonomous shuttles are models of microtransit that can perfectly be part of the concept of integrated mobility.

5.4.3 Connected, Automated and Autonomous Vehicle

In the transportation field, there are connected vehicles, automated vehicles and autonomous vehicles. Understanding the difference between the three of them is essential.

Connected vehicles (CV) use various technologies to communicate with other vehicles (V2V for vehicle to vehicle) and with infrastructures (V2I for vehicle to infrastructure). This connectivity provides real time information to the driver about traffic condition, road condition, weather, etc. After obtaining the real time information, the vehicle recommends to the driver the action to take for a safe driving (SAAQ, n.d.). Therefore, CV are limited to receive and transmit information to infrastructures, other vehicles and drivers and lastly, to give recommendations for actions to be taken.

Automated vehicles are vehicles that can be operated by or without a driver, under certain conditions. Currently, some cars on the roads are partially automated since they contain driver assistance systems such as adaptive cruise control, lane centering, automatic parallel parking, self-parking, lane change warning, collision warning and collision avoidance braking (CCMTA, 2016).

Autonomous vehicles (VA) perceive the environment around them, analyze it and interpret it. The vehicle then takes control and performs the maneuver (Institut du véhicule innovant, 2016). The autonomous vehicle is capable of making decisions instead of the driver safely, such as braking, parking, etc. The decisions are made by the vehicle according to its reading of the environment and the information captured by connectivity technologies. Therefore, a connected vehicle is not necessarily autonomous, whereas an autonomous vehicle is inevitably connected.

Furthermore, an automated vehicle is a vehicle equipped with an automated driving system of automation level 1 or 2. An autonomous vehicle is a vehicle equipped with an automated

driving system of automation level 3, 4 or 5 (SAAQ, n.d.). These levels refer to the Society of Automotive Engineers (SAE) classification system in Table 5.2. Although they are not synonyms, the terms “automated vehicle” and “autonomous vehicle” are often used to designate the same car. More often, the term “autonomous vehicle” is used when relating any level of automation.

The National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) created a classification system of five levels of automation, while the Society of Automotive Engineers (SAE) created a classification system of six levels of automation. To avoid any confusion among manufacturers, the NHTSA decided to adopt the SAE classification system.

Table 5.2 Society of Automotive Engineers Classification – Levels of automation
Adapted from: SAE (2016, p. 1)

Level	Definition
Human driver monitors the driving environment	
0 No Automation	The full-time performance by the human driver of all aspects of the dynamic driving task, even when enhanced by warning or intervention systems
1 Driver Assistance	The driving mode-specific execution by a driver assistance system of either steering or acceleration/ deceleration using information about the driving environment and with the expectation that the human driver will perform all remaining aspects of the dynamic driving task
2 Partial Automation	The driving mode-specific execution by one or more driver assistance systems of both steering and acceleration/deceleration using information about the driving environment and with the expectation that the human driver will perform all remaining aspects of the dynamic driving task
Automated driving system (“system”) monitors the driving environment	
3 Conditional Automation	The driving mode-specific performance by an automated driving system of all aspects of the dynamic driving task with the expectation that the human driver will respond appropriately to a request to intervene
4 High Automation	The driving mode-specific performance by an automated driving system of all aspects of the dynamic driving task, even if a human driver does not respond appropriately to a request to intervene
5 Full Automation	The full-time performance by an automated driving system of all aspects of the dynamic driving task under all roadway and environment conditions that can be managed by a human driver

Currently, the most developed vehicles only reach level 3 of automation (Le Repaire des Motards, 2020). Autonomous shuttles are still being developed by several manufacturers, shown in Figure 5.9, Figure 5.10, Figure 5.11 and Figure 5.12. They are being tested on roads in many cities across the world.



Figure 5.9 Navya shuttle
Adapted from: Ebinger (2017)



Figure 5.10 Olli shuttle
Adapted from: Mastroianni (2016)



Figure 5.11 eGo Mobile shuttle
Adapted from: Raffin (2018)



Figure 5.12 EasyMile shuttle
Adapted from: CNIL (2018)

5.4.3.1 Technological Evolution

Autonomous vehicles lean on recent advances in technology. Among the technologies used in the development of these vehicles, there are the various sensors (radars, cameras, ultrasound, lidars, etc.), navigation and localization systems (GPS, maps, etc.) and on-board software (autonomous computer and electronic systems). These technologies allow the autonomous vehicle to build its own 3D environment allowing it to recognize urban forms, such as pavements, lanes, vehicles, obstacles, signs, terminals, buildings. After recognizing the shapes of elements surrounding it, the vehicle can take actions on its own, such as braking, accelerating, passing, changing lanes safely, stopping, parking. In short, the autonomous vehicle is an application of the mobile robot.

The mobile robot is a machine capable of perceiving and processing information. After processing the information, the mobile robot can make decisions and act autonomously. This

machine is made up of different technologies, including sensors, communication interfaces (screen, WIFI, etc.), power supply units (such as batteries) and software's that integrate environmental modeling algorithms. Due to advances in technology, the mobile robot can simulate an individual's behavior as well as his way of thinking. It then reacts in a completely autonomous way.

The autonomous vehicle (AV) uses several technologies to capture and analyze information about the environment around it:

1. Sensors detect specific objects, analyze the physical behavior and transform it into an electrical signal. The collected information is then sent to software units to be processed. Among the sensors installed on the AV, there is the stereoscopic camera, a network of merged 2D cameras, radar, GPS, IMU (Inertial Measurement Unit).
2. Light Detection and Ranging (Lidar) is a 3D laser detection technique, emitting light invisible to the eye. It is an environmental perception sensor that accurately measures the distance and shape of objects.

These technologies lead to the artificial intelligence (AI). The AI allows to distinguish the information transmitted by the sensors, to analyze it and make decision. In the situation of an autonomous vehicle, it would be braking, accelerating, passing other vehicles, to turn right or left, parking, etc.

Since the AV is navigated by artificial intelligence, its development is linked to the evolution of the AI. This means that if the complete automation of the vehicle requires a "global" artificial intelligence, this type of AV will be available on the market after many decades. However, if a "narrow" artificial intelligence can achieve full vehicle automation, this type of AV will be available on the market in the next decade (Comité de soutien de la politique et de la planification, 2018).

Vehicle manufacturers plan to achieve high levels of automation by 2025. Automation level 5 is estimated to be reached by 2040. Figure 5.13 shows the estimated scale of change in levels of automation over the years.

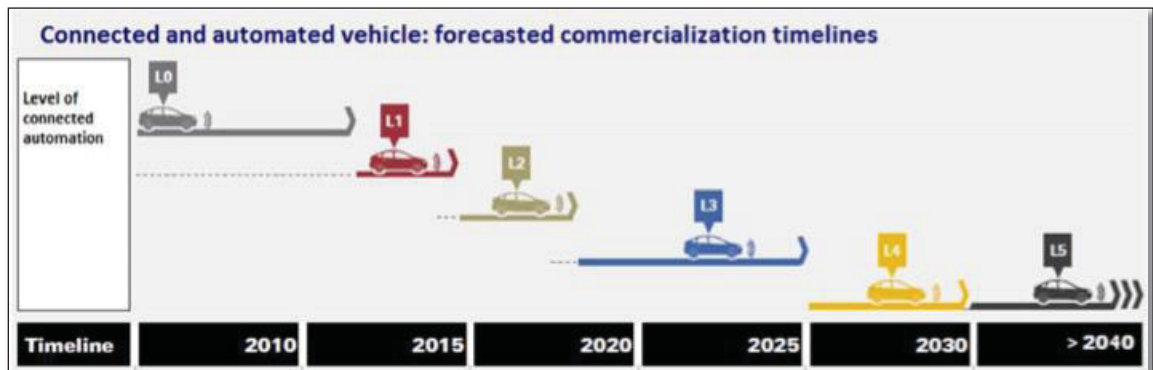


Figure 5.13 Automation levels over the years

Adapted from: Comité de soutien de la politique et de la planification (2018, p. 3)

5.4.3.2 New Challenge

Although the autonomous vehicle (AV) is able to detect its surrounding, what really makes it intelligent and capable of calculating the most efficient route is its ability to connect and obtain data, such as traffic flow, weather data, road conditions. This reality makes the AV very dependent of its ability to communicate with its surrounding environment.

The continuous connectivity of the AV makes it the first transportation system, carrying passengers, to depend on a wireless link and therefore, vulnerable to cybersecurity attacks (Boisvert, 2017). This situation represents a new challenge for cities. Despite the low number of connected vehicles (CV) on the market, 1.5 million CVs had to be corrected to respond to cybersecurity threats. A good fact is that software available to the public does not risk causing injury in a cyberattack situation. The losses or damages are more likely to be of a financial, organizational or reputational nature (Boisvert, 2017). In brief, the biggest challenge for cities is to maintain seamless connectivity while keeping it safe from cyberattacks.

5.5 Taking charge

The autonomous vehicle (AV) is a new form of mobility whose use has not yet been defined. The Government of Canada and Government of Quebec are working hard to elaborate their respective positions in order to define the best use of this new technology.

5.5.1 Legislation

Legislation differs in countries and cities. In Canada, three levels of governance are involved in road vehicles legislation: Federal Government, Provincial Government and municipalities/cities. Roles are distributed through the governments to ensure a safe road condition. Table 5.3 describe the role of each governance.

Table 5.3 Shared responsibility for road safety
Adapted from: Transport Canada (2018, p. 3)

Federal	Provincial	Municipality / City
Leadership role to facilitate collaboration in issues of nation interest	Establish and enforce the road code	Enforce the road code
Safety standards	Road infrastructure	Administrative regulations
Corrections of security-related faults	Insurance	Manage passenger transport (taxis, public transport)
Public awareness	Driving license	Road infrastructure
	Vehicle registration	Public awareness
	Public awareness	

Eventually, the same roles are present to supervise the introduction of the autonomous vehicles (AV) on roads.

5.5.1.1 Federal Governance

The federal institution responsible for transportation policies and program is Transport Canada. This institution is responsible for maintaining the Motor Vehicle Safety Regulations, prescribing minimum levels of performance that vehicles must achieve (Government of Canada, 2021a). The manufacturer of the vehicle must prepare the certificate of compliance with standards and regulations, while Transport Canada is responsible of monitoring and verifying vehicle compliance.

Furthermore, the autonomous vehicle (AV) is developing rapidly, posing an international challenge for the development of safety regulations and standards. The technology is developing faster than legislation. Governments are then facing a big challenge; they are trapped between the responsibility of ensuring road safety and promoting innovation (Transport Canada, 2018).

On May 11, 2016, the Bill S-2 was first read in the Senate. It is an Act to amend the Motor Vehicle Safety Act and to make a consequently amendment to another Act, known as Strengthening Motor Vehicle Safety for Canadians Act (Parliament of Canada, 2017a). It was adopted on October 17, 2017 (Parliament of Canada, 2017b). The Bill S-2 allows the federal government to support the deployment of AVs.

5.5.1.2 Provincial Governance

The Quebec Ministry of Transport is concerned as well by the autonomous vehicle (AV) arrival. The Ministry noted several challenges, listed in Table 5.4.

Table 5.4 Autonomous vehicle challenges – Quebec Ministry of Transport
Adapted from: MTMDET (2018, p. 6)

Challenges	
	Sharing of autonomous vehicle
	Vehicle safety
	Technology limitation
	Cohabitation with other road users
	Adaptation of the driver and other road users
	Liability in the event of an accident and insurance matters
	Certification of vehicles and users
	Necessary infrastructure
	Cybersecurity
	Data sharing

On April 17, 2018, the Quebec Ministry of Transport adopted the Sustainable Mobility Policy 2030 (*Politique de mobilité durable 2030* in French). This policy contains the Action plan 2018-2023 (MTMDET, 2018), including actions related to AV:

1. Road safety framework – reduction in the rate of fatalities and injuries by 25% by 2030.
2. Promote a transition to a safe circulation of AVs.
3. Implement three AV pilots by 2021.
4. Allocate \$ 5M budget to the City of Montreal to test AVs.

In support to the Sustainable Mobility Policy, the Bill 165 were adopted on April 17, 2018, amending the Road Safety Code and other provisions (Assemblée nationale du Québec, 2018). For the first time, a definition of an autonomous vehicle was included in the Road Safety Code. It was defined as a road vehicle equipped with an autonomous driving system which has the ability to drive a vehicle in accordance with driving automation level 3, 4 or 5 of the Society of Automotive Engineers (SAE) Classification (Assemblée nationale du Québec, 2018).

In addition, Bill 165 regulates the circulation of AVs. It prohibits the circulation of AVs on public roads except as part of a pilot authorized by ministerial decree (Gouvernement du Québec, 2021a). The ministerial decree determines the pilot's conditions and its duration.

A conjoint committee, composed of the Quebec Ministry of Transport and *Société d'assurance automobile du Québec*, is responsible of the supervision of AVs. The specific role of the committee is to (MTMDET, 2018):

1. Insure the safe introduction of AVs in Quebec.
2. Deal with requests related to the circulation of AVs in different contexts and road environments.
3. Define the processes for requests and authorizations, define the applicable regulatory framework and assure the diffusion of information.
4. Ensure follow-up in terms of legislation and experimentation.

5.5.2 Arrival of Autonomous Vehicles in the Montreal Region

5.5.2.1 Initiative of the City of Candiac

In august 2018, a ministerial decree was authorized for a pilot of an autonomous shuttle in the City of Candiac. This was the first demonstration project of an autonomous and fully electric shuttle on public roads in Canada. The commissioning began on October 4, 2018. The duration of the demonstration project is 12 months with eight months of service to the population. During winter, a research and development project on the shuttle's capacity to adapt to Quebec winter conditions took place without passengers on board. The service to passengers resumed in spring 2019 to complete the eight months of service for passengers (Keolis, 2018a).

The demonstration project was initiated by the City of Candiac and Keolis, the operator of the shuttle. Other partners supported the project: the manufacturer NAVYA, the Government of Quebec, Propulsion Quebec and Technopôle IVÉO (Keolis, 2018a). Figure 5.14 demonstrate the autonomous shuttle used for this pilot and Figure 5.15 indicates its route.



Figure 5.14 Autonomous shuttle tested in Candiac
Adapted from: MTMDET (2018, p. 16)

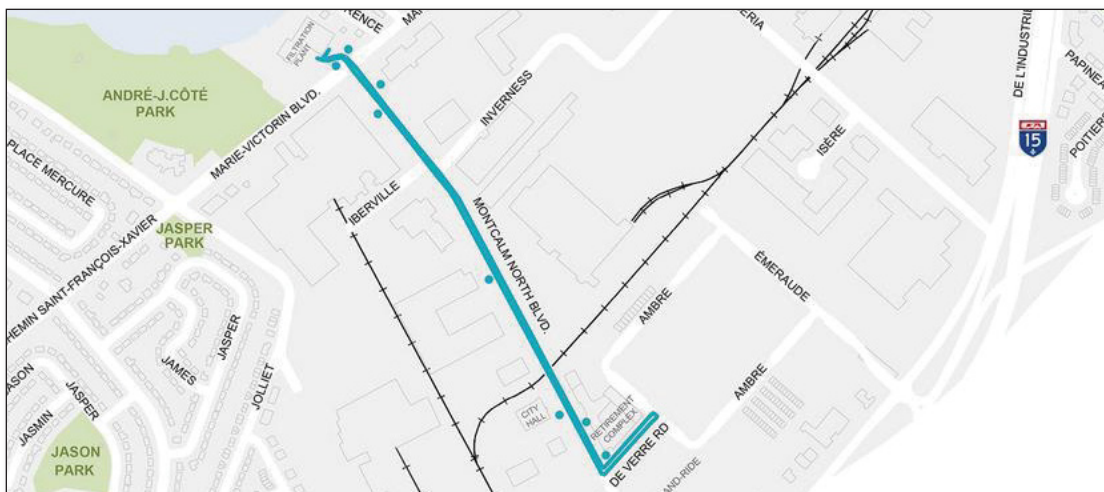


Figure 5.15 Pilot route in Candiac
Adapted from: MTMDET (2018, p. 16)

5.5.2.2 Initiative of the Montreal Olympic Park

In September 2018, a demonstration project of autonomous shuttles, named NÉArque, starts on the private site of the Montreal Olympic Park. The commissioning of the two autonomous shuttles is from September 10 to December 7, 2018 (Parc Olympique, 2019). Since the pilot took place on a private site, it did not require a ministerial decree.

The project provided a transportation method between parking lots and the new offices of Desjardins employees. It also offered a transport service to tourists between the multiple attractions of the Olympic Park (Propulsion Quebec, n.d.).

The demonstration project was initiated by the Montreal Olympic Park in collaboration with the City of Montreal and Transdev, the shuttle operator (Ville de Montréal, 2018). Figure 5.16 demonstrate the autonomous shuttle used for this pilot and Figure 5.17 indicates its route.



Figure 5.16 Autonomous shuttle tested in Montreal Olympic Park
Adapted from: Propulsion Quebec (n.d.)



Figure 5.17 Pilot route in Montreal Olympic Park
Adapted from: Propulsion Quebec (n.d.)

5.5.2.3 Initiative of the City of Montreal

Aware of the transition to vehicle automation in the upcoming years, the City of Montreal has made the decision to be prepared to the arrival of autonomous vehicle (AV). The main AV promise is to improve the safety of all road users and the City of Montreal attaches great importance to this promise (Ville de Montréal, 2018).

The City is concerned by several challenges related to the AVs: mode of appropriation, coexistence of public and private transport services, limitation of the city's legislative framework, data management and supervision. Faced with these challenges, the City of Montreal notes the importance of pilots to gain knowledge and aid in the planning process. An internal committee is created to plan and implement AV pilots (Ville de Montréal, 2018).

The City is considering, among others, the issues and potential impacts in terms of mobility, safety, planning, environment and economic development. Implementing pilots will allow to

better plan and determine what role this type of technology can have in the city's transport offer by prioritizing sustainable mobility (Ville de Montréal, 2019).

After its collaboration to the pilot NÉArque, the City of Montreal planned and executed its own pilot of autonomous shuttles. Two shuttles circulated on dense public roads between the Montreal Olympic Park and the Maisonneuve Market. They were programmed to make a predefined route and had the ability to cross intersections equipped with smart lights with which they communicated. The pilot occurred under normal traffic daily conditions (Propulsion Québec, n.d.). The commissioning of the project was from June 27 to August 4, 2019 (Ville de Montréal, 2019). Figure 5.18 demonstrate the autonomous shuttle used for this pilot and Figure 5.19 indicates its route.



Figure 5.18 Autonomous shuttle tested in Montreal
Adapted from: Propulsion Québec (n.d.)



Figure 5.19 Pilot route in Montreal
Adapted from: Propulsion Quebec (n.d.)

Following its collaboration to the pilot in the Montreal Olympic Park and its implementation of its first pilot of autonomous shuttles on public roads, the City of Montreal has learned lessons. It turned out that many partners, both internal and external, had to be involved. In addition, the extent of the tests on public roads is of a much larger scale than of the tests on private sites. Planning a pilot on a public site requires between six and ten months (Ville de Montréal, 2018).

It was also noted that the speed of circulation of the shuttles currently on the market has a restricted capacity, with low speed of circulation. The current shuttles cannot read stop signs which makes it impossible to the shuttle to cross intersection without the validation of an operator. In addition, modification of municipal infrastructure is required to install intelligent traffic lights in order to allow communication between the vehicle and the traffic lights. The shuttle's circulation requires a good condition of the road on which it will pass and, finally, the autonomy of the battery is variable according to the level of the slope of the road and the temperature (Ville de Montréal, 2018).

Furthermore, the efforts of governments and cities are notable. The desire for development is seen through their actions and initiatives. However, autonomous vehicles aren't perceived the same way from anyone. Increasingly, transport experts and government authorities are asking the following question: what is the best way to use the autonomous vehicle?

5.6 Discussion

Transport has experienced several technological developments over the years. The deployment of new mobility systems, such as the Mobility as a Service, and new technologies, such as connected, automated and autonomous vehicles, lead to rethinking the current mobility. There is a real necessity to integrate these advances in transport into the current transport system in order to offer to the population an integrated and most efficient transport system.

Experts agree today that autonomous vehicles (AV) will be the future of transportation (Arcoragi & Kargas, 2017). On the other hand, they did not find the answer concerning the best use of this technology. In fact, the ideal is to prepare for the arrival of these vehicles and have a clear position on their inclusion in society, which governments are trying to do currently.

Essentially, cities should not wait for technologies to force society to use it the way the industry has decided to develop it. If used intelligently, the AV will achieve the sustainable mobility objectives of cities. The AV must adapt to governments orientations and not the opposite. Therefore, it is important to prepare their arrival by defining their mode of integration and making it possible by adapting the regulation to this position.

5.6.1 Use of Autonomous Vehicles

In the case of individual use of autonomous vehicles, the user is driven to his destination and commands the vehicle to return park in front of his home. This obviously fixes the problem of user's parking, but it creates another major problem. This situation will result in the movement of empty cars, the vehicle is doubling the distance for the same trip. The risk of increased congestion is thus higher than ever. This is the most dreaded use of the autonomous vehicle by governments. Several government authorities are trying to force the deployment of AVs as a shared mode. Manufacturers have released autonomous shuttles that can serve this scenario, including the shuttles from Navya, EasyMile, Olli, and others.

These shuttles represent a perfect example of microtransit. The microtransit appears to be a service promoting the Mobility as a Service (MaaS). Indeed, the AV could be a great type of microtransit to serve the first/last/only mile of a trip. The shuttles present therefore a potential for the following services:

1. A short distance service.
2. Transporting users that aren't served by the current public transport (senior home, university campus, etc.). In this scenario, the shuttles create a new service that does not currently exist.
3. Serving the first/last mile of a trip to bring to/from a heavy transport mode, such as metro, train, high frequency bus line. In this scenario, the autonomous shuttles are integrated to the actual public transport promoting the Mobility as a Service.

The service models listed above accommodate few passengers and thus, they are not sufficiently profitable for public transport operators. This is the main reason why the current public transport does not provide this type of service. Greatest cost in a transport service is the driver cost, paid even when the vehicle is being recharged (if electric vehicle) or parked (Lavigueur, 2018). Autonomous shuttles eliminate this cost. Despite the small number of passengers for these services, it can still be profitable since the larger cost is eliminated.

5.7 Conclusion

The current mobility ecosystem offers different options for daily travels. However, there is no mode of transport that can compete by itself with the personal vehicle which is comfortable and adapted to the travels of the individual.

Transport professionals believe that integrated mobility can compete with the personal vehicle. It is a question of making links between the modes of transport deployed to offer an efficient system adapted to users' needs. The first/last mile must also be served to promote integrated mobility. The solution for the first/last mile is the microtransit and a perfect example of the microtransit is autonomous vehicles (AV).

With the industrial evolution of the transport sector, autonomous vehicles are gradually appearing with levels of automation 0, 1, 2 and 3. The development of this technology creates lot of questions on how they should be used. Several governments encourage the use of the autonomous vehicle for the service of the first/last mile, connecting to heavy modes of public transport (metro, train, tramway, etc.). It also can be a good solution to offer services for short distances in a shared mode.

Many experts agree on the fact that not taking charge of the situation could create problems and that the legislation according to the use of this technology must be ready in the right time. Governments are aware of this, but they face a big challenge: the responsibility of ensuring road safety and promoting innovation (Transport Canada, 2018). Governments also have a role in raising awareness among the population. Social acceptability remains an important aspect in the development of AVs.

It is necessary to take the time needed to do things the right way, to analyze the many aspects and plan the integration of this new technology. However, taking too much time to get prepared

to its arrival risks of not following the development. Therefore, position must be taken in the ideal time. In fact, determining the “ideal time” is itself a big challenge.

CHAPITRE 6

DEVELOPMENT OF AN URBAN DISTRIBUTION CENTER

Dina Asaad ^a, Michèle St-Jacques ^b

^{a,b} Département de Génie de la construction, École de Technologie Supérieure
1100 Notre-Dame Ouest, Montréal, Québec, Canada H3C 1K3

Article soumis pour publication dans « Intelligent Transportation Infrastructure », mars 2024

6.1 Abstract

Freight transport has an impact on citizen's life on many levels: environment, economic development and quality of life. Despite the challenges created by the freight transport, it remains important to the vitality of cities. Aware of this reality, urban logistics players are rethinking ways of doing things and trying to find new operating methods that would reduce the negative impacts of delivery activities.

New concepts are appearing, like the mutualisation of delivery and the combination of new methods of delivery. These concepts can be reproduced into the model of an urban distribution center (UDC), where trucks can drop off the merchandise and cargo bikes deliver it to its final destination.

Urban distribution centers (UDC) seem to be a potential solution to the challenges of urban logistics. Therefore, the paper presents an opportunity for the implementation of an UDC in the city of Montreal.

6.2 Introduction

With the explosion of e-commerce, the number of deliveries has increased dramatically. This results in an increase in the number of trucks circulating on the roads. Obviously, this is accompanied by many challenges: among others road safety, traffic flow, overuse of the road network. The increased demand for deliveries is the result of changes that have taken place in recent years at societal, economic and organizational levels (OCDE, 2003). The COVID-19 pandemic has accentuated this increase since it has changed consumption habits.

Although necessary for the economic vitality of a city, the transport of goods contributes to many environmental problems (pollution, noise pollution, vibrations) and to safety problems, especially in relation to vulnerable road users (pedestrians, cyclists) (St-Jacques & Sicilia, 2020).

Despite the awareness of the importance of freight transport for the economic and social development of urban areas, the problems and challenges related to it have developed concerns among the population and public administrations.

The big current challenge is therefore to establish urban logistics in a dense environment while mitigating its negative impacts as much as possible. This article attempts to present a possible solution to meet this challenge.

The article will first present the urban logistics context in the Region of Montreal. It will follow with the presentation of the evolution in the urban logistics and the effort made in Montreal. The article will conclude by presenting a case study on the territory of the City of Montreal.

6.3 Methodology

This article aims to present a project opportunity that is aligned with initiatives aimed at reducing the negative impacts associated with the transport of goods.

The first step was to study the reality of urban logistics in Montreal, through a literary review. Freight transport issues were divided into three areas: economic development, environment and quality of life.

The second step was to push the literature review further in order to explore the developments that have taken place in urban logistics, to explore initiatives that had been undertaken by a large city like Montreal. This step also made it possible to understand who the stakeholders were in this area.

The third step consisted of setting up and leading workshops with professionals in the field. The workshops had different themes and objectives as listed in Table 6.1.

Table 6.1 Workshops with professionals of the field

Workshop	Date	Organization	Theme / reason of meeting	Notes / observations
#1	2020/11/02	Jalon ^{mtl}	Experience of Colibri project	NA
#2	2021/07/23	Jalon ^{mtl} City of Montreal	Initiatives in urban logistics – opportunities	Conclusion of the workshop: evaluate the opportunity to set up a UDC at the Downtown terminus
#3	2021/08/06	COOP Carbone	Technical aspect of the UDC	COOP Carbone is mandated by the City of Montreal to set up other UDCs like Colibri. The Downtown terminus is seen as an opportunity by the organization. Possible cooperation
#4	2021/09/02	COOP Carbone Jalon ^{mtl} ARTM	Possibility of setting up a UDC at the Downtown terminus	Project takes another turn: new opportunity – Mansfield Terminus
#5	2021/10/22	GRAME	Public event organised by GRAME on the opportunity of cargo bikes	Observations in the event: divided opinions, importance of pilots
#6	2022/01/25	GRAME	Data	Sharing data
#7	2022/01/28	COOP Carbone	Technical aspects	Costs for setting up a UDC
#8	2022/01/31	ARTM	Technical aspects	Costs of site rent and other impacts to consider
#9	2022/02/02	Agence de mobilité durable	Technical aspects	Costs and other impacts to consider

The Workshop #1 was prepared mainly to collect information on the setting up of the Colibri project. Jalon^{mtl} was heavily involved in this project, in terms of its implementation, data collection and analysis of the results following the pilot project. This workshop made it possible to explore the challenges encountered in the project and the obstacles encountered.

The objective of Workshop #2 was to discuss opportunities for the development of urban distribution centers in the Montreal region. The City of Montreal is making great efforts to make initiatives that can reduce the impact of trucking in dense urban areas. Following the success of the Colibri project, the City of Montreal announced its intention to set up other projects of the same type. During this workshop, the Downtown terminus was cited as a potential location for such a project.

COOP Carbone has been mandated by the City of Montreal to set up other urban distribution centers. The objective of Workshop #3 was then to assess the potential of sites in Montreal and the technical aspects to be considered. The Downtown terminus was chosen for several reasons. First, this terminus is a metropolitan terminus of the *Autorité régionale de transport métropolitain* (ARTM) located under the building 1000 de La Gauchetière in downtown Montreal. It welcomes buses coming from the South Shore of Montreal and is the only underground terminus of the ARTM. Connections are possible with the Montreal metro via Bonaventure station, as well as with several rail lines via Central Station. However, a new means of public transport is under construction, the *Réseau express métropolitain* (REM), to provide service between the South Shore and Montreal. Buses from the South Shore will no longer be able to cross the bridge connecting the two regions (detailed in Section 4.1) and therefore will not arrive at the terminus. Discussions in workshops #2 and #3 led to the following hypothesis: the Downtown terminus will no longer be used once the REM is commissioned.

Workshop #4 aimed to validate this hypothesis with the ARTM. However, the project took another turn. In reality, it turned out that another terminus, the Mansfield terminus, was

complementary to the Downtown terminus since the latter was not sufficient to receive the entire volume of buses coming from the South Shore as well as the buses on the territory of the City of Montreal. The Mansfield terminus is located a few meters from the Downtown terminus, but is an outside terminus, located at the intersection of Saint-Antoine and Mansfield streets. With the arrival of the REM, buses from the South Shore will no longer arrive to Montreal. However, Montreal buses will continue to have the same routes and will therefore need the terminus. The ARTM will therefore repatriate all its activities to the Downtown terminus and the Mansfield terminus will then be ceded to its owner. The Mansfield terminus then becomes the new opportunity for setting up the urban distribution centre (UDC). Moreover, the territory is designed for the movement and maneuvering of heavy vehicles.

Workshops #5 and #6 made it possible to collect more information and data on the deployment of delivery by cargo bikes. It was noted that stakeholders have mixed opinions. It also turned out that people are afraid of the new and often need an example of a project on which to base themselves to decide whether they are for or against. An important conclusion was retained: the importance of carrying out tests and pilot projects in order to have real data and to evaluate the success of such projects.

From there, the work was based on the feasibility of setting up a UDC at the Mansfield terminus and estimating its effectiveness. Workshops #7, #8 and #9 were used to collect data on technical aspects: the costs to consider, the challenges experienced in the Colibri project, list of needs, etc. Further research was required to complete traffic studies, cost estimation, performance and governance. It was also necessary to have other working meetings with the organizations mentioned above to validate certain data and hypotheses. SkecthUp software was used to prepare a basic sketch of the site development scenarios.

To validate certain information and to have a real vision of the study area, three site visits were carried out: July 14, August 21 and September 3, 2021. The visits were carried out on different days and different time slots in order to visualize the reality of the site at several periods.

Finally, it is important to remind that the Colibri project and the results that emanated from it served as a major reference for the proposal of this project.

6.4 Context: Urban delivery in Montreal

In recent years, the delivery of goods has taken an important place in our daily lives. In fact, urban delivery affects three important aspects in the life of citizens: environment, economic development and quality of life.

6.4.1 Environment

Despite the importance of freight transport for the prosperity of cities, it generates environmental issues. Greenhouse gas (GHG) emissions from this sector have been growing in the past years, due to the rise in electronic commerce. In 2012, 40% of GHG emissions in Quebec came from freight transport (Conseil du patronat du Québec, 2017). These emissions occurred from different mode of transport, as shown in Table 6.2.

Table 6.2 Percentage of emissions by mode of transport
Adapted from : Conseil du patronat du Québec (2017)

Mode of transport	Emissions
Road transport	79%
Maritime transport	14%
Railway transport	6%
Air transport	1%

In their report *Greening the Goods (2014)*, Grond and Angen assume that GHG emissions from the freight transport will reach emissions from passenger transport in Canada. Figure 6.1 presents the GHG emissions by sector over the years, in Canada.

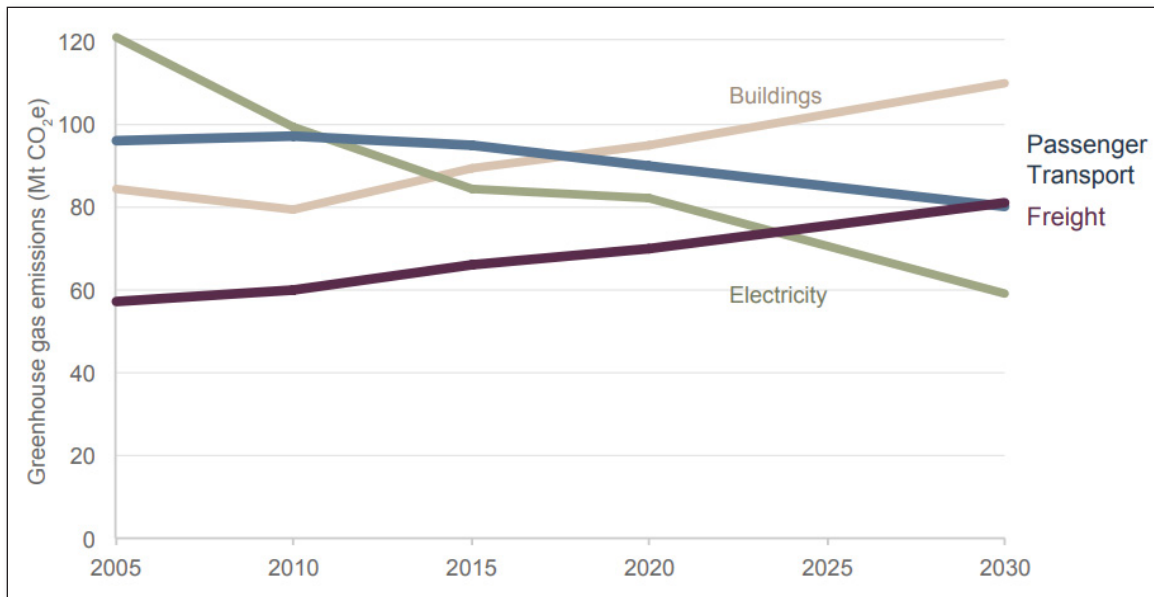


Figure 6.1 GHG emissions by sector over the years, in Canada
Adapted from: Angen & Grond (2014, p. 9)

The GHG emissions are related to the rise of the volume of transported goods. Between 2009 and 2014, the trucking industry has seen an increase in the transported volume by 32.4% in Quebec. The distance traveled by trucks during the same period increase by 35.6% (Conseil du patronat du Québec, 2017).

Despite the initiatives undertaken to reduce GHG emissions, transport logistics chains still depend heavily on fuel to operate. In the coming years, globalization and increased trade flows, will continue to push up the demand for such transport services. The increase in the population and changes in consumption practices will also contribute to an increase in this demand (Conseil du patronat du Québec, 2017).

6.4.2 Economic development

In recent years, issues related to freight transport have become a concern for governments and stakeholders. However, they are very aware that this sector makes a very important contribution to the lifestyle of citizens and to the prosperity of societies. Urban logistics not

only represent tens of thousands of jobs and billions of dollars in economic benefits, but it also provides most of the food supply and transport goods of daily use. Table 6.3 presents some statistics summarizing the impact of freight transport on Quebec's economy.

Table 6.3 Benefits of logistics chains in Quebec
Adapted from : Conseil du patronat du Québec (2017)

Highlights
More than 500 million tonnes transported annually
\$ 13.2 billion and over 4% of Gross Domestic Product (GDP) in 2015
\$ 8 billion generated in the Montreal metropolitan area
115,400 jobs in Quebec in 2014, which is 2.8% of all jobs in Quebec

Table 6.2 showed that road transport represents the type of freight transport emitting the most GHG, i.e. 79%. On the other hand, trucking is the mode of transportation the most widely used for freight transport, with a rate of 54% (Leconte, 2019). Table 6.4 shows the distribution of freight transport by mode of transport.

Table 6.4 Distribution of freight transport by mode of transport
Adapted from : Leconte (2019, p. 4)

Mode of transport	Distribution
Road transport	54%
Railway transport	32%
Air transport	14%
Maritime transport	1%

The transportation of goods is an essential component of mobility in support of Quebec's economic development because it enables businesses to be competitive, attract investment and create jobs. However, while the freight transport represents a push for economic development,

it is accompanied with other economic issues, such as road congestion and deterioration of the road network.

6.4.2.1 Road congestion

Although necessary for the economic vitality of a city, freight transport causes many access problems and suffers from them. Delivery drivers face many problems daily due to a lack of infrastructure and access restrictions for heavy vehicles. Like other vehicles on the road, trucks suffer negative impacts due to congestion and thereby contribute to increasing traffic jams on the roads (OCDE, 2003).

Road congestion is an important factor in the economy, particularly for freight transport. Delivery time directly impacts the revenue. On the other hand, consumption habits have changed, and people are less willing to travel to consume. There is a strong demand for e-commerce and for close stores. This increases the presence of trucks on the roads to transport the merchandise to close stores or to an e-commerce consumer. This results in the increasing of traffic congestion. This congestion forces companies to tolerate delays in delivery and to plan for larger stocks of goods. There is then a demand for space for the storage of goods, generating significant costs. For the Montreal metropolitan area, the cost of congestion is currently estimated at \$ 1 852 million, and the trucking industry endures 7.1% of this cost. This cost is related to delays, costs of using the truck, additional fuel consumption and stocking the merchandise (Gouvernement du Québec, 2018).

6.4.2.2 Deterioration of road network

The increased presence of trucks on the roads puts more weight on them, thus affecting its condition. In Quebec, the highway network is designed to support the passage of heavy vehicles, unlike the municipal road network. The passage of a truck is equivalent to the passage of 20,000 to 30,000 cars (St-Jacques, 2021). Inevitably, it wears down road infrastructure and shortens their lifespan. This aspect has a very significant financial cost.

6.4.3 Quality of life

Trucking has negative impacts on the quality of life of the population. It affects the safety of road users and creates competition for the use of public space. It also generates noise and air pollution.

6.4.3.1 Safety and road sharing

Road safety is affected by several aspects. Trucks make trips at all times of the day. During peak periods, the number of trips is abundant, and this requires truck drivers to manage movements coming from all sides and in large volumes. This therefore increases the risk of accidents and contributes to the increase in traffic congestion. In addition, the blind spots of heavy vehicles are too great, and this means that large areas are not visible to the driver, as shown in Figure 6.2. Between 2011 and 2015, heavy vehicles were involved in 17% of fatal accidents in the Province of Quebec (SAAQ, 2016). Thus, user insecurity is explained by a lack of visibility during maneuvers undertaken by heavy vehicles. Trucks can therefore perform a maneuver and the driver would not realize that another road user is nearby (pedestrians, cyclists, car users). Trucks are not well equipped to allow great visibility for their drivers.

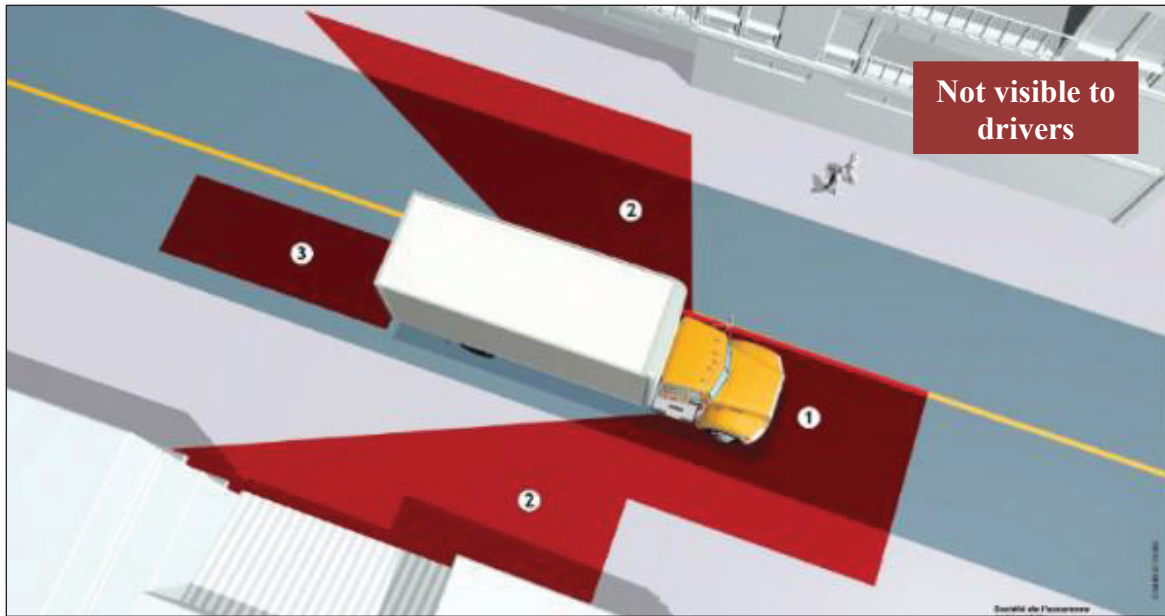


Figure 6.2 Blind angles of trucks
Adapted from SAAQ (n.d.)

Also, trucks design in Montreal and over Quebec have another lack that compromises road user's safety. There is an open space between the loading platforms of the trucks and the road surfaces (St-Jacques & Sicilia, 2020), presented in Figure 6.3. In the event of a collision, a vulnerable user can get stuck in this space and suffer critical damages.



Figure 6.3 Truck without side protection
Adapted from: St-Jacques & Sicilia (2018, p. 9)

In addition, freight transport creates a challenge in road sharing. Trucks can face hard times finding a parking space to make their deliveries. The lack of appropriate parking spots for trucks in central areas don't allow the delivery process to be fast and efficient. More often, it leads to inadequate parking of delivery trucks, such as overpassing sidewalks, car parking spots, bike lanes, etc. (Pembina Institute, 2014). This situation creates serious issues since it compromises road user's safety and creates a competition to the use of road infrastructure for other users. It also contributes to increase congestion and affects the flow of roads.

6.4.3.2 Noise pollution

Noise and vibrations related to heavy vehicles are caused largely by vehicles not adapted to the urban environment and its equipment. Trucks have larger dimensions and loads than the urban environment can accommodate. The population is exposed to high levels of environmental noise caused by road transport. That can have an impact on their health and well-being. Among the health and well-being impact, 2017 study made by *CIUSS du Centre-Sud-de-l'Île-de-Montréal* showed that noise pollution can cause psychological and sleep disturbances. These disturbances can lead to the development of cardiovascular diseases such as hypertension, stroke and myocardial infarction. Thus, trucking activities actively contribute to people's discomfort. In table 6.5, the noise emissions of the different types of vehicles in urban areas are detailed.

Table 6.5 Noise emissions in dB (A) according to different types of vehicles
Adapted from: St-Jacques & Sicilia (2018, p. 4)

Type of vehicle	Noise emissions in dB (A)
Private car	70 – 83
Motorcycle	85
Horn sound	95 – 103
Truck (while running)	112
Truck (parked)	78
Truck (braking at a STOP)	88
Truck (starts again)	99

A truck therefore emits nearly 30 dB (A) more than a car. According to the Road Noise Policy (*Politique sur le bruit routier*), above the threshold of 65 dB (A), the health and quality of life of people may be affected. Mitigation measures must therefore be undertaken (Government of Quebec, 1998).

6.4.4 Continuation

In short, urban logistics cause many environmental, economic development and quality of life issues. However, freight transport remains important for the revitalization of cities and the rolling of the economic development of cities. Thus, it cannot be excluded. In response to this situation, urban logistics players are working to find solutions.

6.5 Evolution in freight transport

6.5.1 New visions of urban logistics

For several decades, urban logistics have aroused the interest of several players, both private and public. This is in large part because of the economic and societal issues it raises. Some countries have already started thinking about improving the freight transport and several

important questions are emerging. Among others, many questions are raised regarding the coordination of actors and initiatives. Many players are involved in urban logistics. This aspect makes the coordination of stakeholders more complex and the search for solutions is even harder (Chanut, Paché & Wagenhausen, 2012).

In response to the challenges of urban logistics, two complementary ways seem to present a solution: the mutualisation of delivery and the combination of new methods of delivery. Mutualisation consists of the pooling of warehouses, equipment, vehicles and human resources by different companies (Chanut, Paché & Wagenhausen, 2012). The combination consists of using several means of delivery (e.g. trucks and cargo bikes, electric trucks and vans, etc.)

There are two types of mutualisation: horizontal and vertical. A mutualisation is qualified as horizontal when it involves directly competing companies. On the other side, a mutualisation is qualified as vertical when it involves non-competing companies, not having the same operations (Chanut, Paché & Wagenhausen, 2012). A perfect example would be a mutualisation involving the supplier and the distributor.

In a big city like Montreal, pooling can take the form of an Urban Distribution Center (UDC) where the goods would be stored in a common center.

6.5.1.1 Urban distribution center

Montreal's geographic location, increased congestion in its downtown area and its highways make it a potential city for the establishment of an urban distribution center. The Urban Distribution Center (UDC) can easily be set up on the peripheries of the region. It would represent a warehouse, where goods from different suppliers can be delivered in off-peak hours. The goods can make their last trip from the center in an ecological and smaller vehicle than a truck.

This solution seems to be an opportunity, but it presents challenges at the financial and administrative levels, especially in the Montreal context.

From a financial point of view, the implementation of an UDC requires a large budget (site appropriation, operation, management, equipment, others). In the region, funding for the transport sector is mainly used for transport infrastructure. Priorities focus on upgrading and maintaining the network (Simo, 2016).

The administrative context is even more complex. In the Montreal region, transport is managed by several decision-making entities: Federal Government, Provincial Government and municipalities/cities. Each entity manages regulatory aspects without necessarily being in coordination with the other entities. There is in fact very little collaboration and cooperation in urban logistics (Simo, 2016).

In the context of setting up an UDC, even if a single entity is responsible for carrying out such a project, collaboration between all the entities is essential to take into consideration all the issues and priorities.

Despite the potential gains from the establishment of an UDC, other important challenges remain. Some delivery players may be hesitant to this new way for fear of losing competitiveness with other delivery accesses on the territory. Then there is a risk of loss of efficiency in urban logistics. To avoid this situation, it is essential to integrate the UDC activities into current delivery activities and to facilitate pooling. There should not be too long delays in the delivery process in order to ensure a certain efficiency (Simo, 2016).

6.5.2 Efforts of the City of Montreal

The City of Montreal has adopted several plans and policies in response to freight transport issues: Transport plan 2008 (*Plan de transport 2008*), Urban planning and development plan for the Montréal agglomeration 2015 (*Schéma d'aménagement et de développement de*

l'agglomération de Montréal 2015) and Parking policy 2016 (*Politique de stationnement 2016*). The objectives of these documents are shown in Tables 6.6, 6.7 and 6.8.

Table 6.6 Transport plan 2008

Adapted from: Service du développement économique - Ville de Montréal (2019, p. 18)

Objectives
Eliminate delivery maneuvers interfering with the circulation of other road users
Study new modes of freight distribution
Optimizing truck traffic in urban areas

Table 6.7 Urban planning and development plan for the Montréal agglomeration 2015

Adapted from: Service du développement économique - Ville de Montréal (2019, p. 18)

Objectives
Set up a committee bringing together all partners to study new modes of distribution, especially with regard to urban logistics

Table 6.8 Parking policy 2016

Adapted from: Service du développement économique - Ville de Montréal (2019, p. 18)

Objectives
Assessment of the feasibility of an urban distribution center to promote "last mile" delivery
Installation of smart sensors to inform delivery professionals in real time

Furthermore, in 2018, the City of Montreal adopted its new Economic development strategy 2018-2022. The strategy includes eight action plans and one of them is the Economic development of the territory action plan. This action plan contains an important line of intervention: Improve the accessibility of employment centers, the mobility of people as well

as the fluidity of goods transport (Service du développement économique - Ville de Montréal, 2019).

To take its intervention further, the City of Montreal supports, through the action plan, the adoption of new technologies and best practices to improve freight transport and urban logistics. Aware of the issues related to the delivery of merchandise, the City mandated Jalon^{mtl}, a non-profit organization, to set up the Montreal Urban Delivery Strategy (Service du développement économique - Ville de Montréal, 2019).

6.5.2.1 Montreal Urban delivery Strategy

Jalon^{mtl} is the Institute of Electric and Intelligent Vehicles, a non-profit organization founded by the City of Montreal in 2017. It is also supported by the Government of Quebec. Its mission is « to ignite and support innovation and changing practices to make mobility more sustainable » (Jalon, n.a.a).

Certain observations were made, which led to the decision to implement the Montreal Urban Delivery Strategy (Service du développement économique - Ville de Montréal, 2019):

- Rising delivery demand.
- Limited and constrained available space.
- Negative externalities less accepted by road users.

The objective of this strategy was to establish a list of potential solutions that will generate more positive externalities and reduce negative externalities. The big challenge was to get there with the same number of resources.

Jalon^{mtl} has contacted many delivery players, including carriers, suppliers, store owners and others. In total, 40 actors were interviewed. Following the various workshops and consultations, the strategy presented 26 potential solutions. Table 6.9 presents some of them.

Table 6.9 Avenues of solution for freight transport

Adapted from: Service du développement économique - Ville de Montréal (2019, p. 30-34)

Avenue of solution	Description
Electronic locker 	• Delivery in a locker rather than at home • Available in online purchase delivery options • When delivered in a locker, the number of locker and a code is sent to the consumer to be able to open the locker
Mini-hub 	• Delivery is made by heavy vehicles to relay warehouses during off-peak hours. The delivery of the « last mile » is carried out with vehicles of small dimensions. • Relay warehouses can be mobile or fixed but require space.
Pooling of shipments  Source: ZiplineLogistics (2019)	• The same vehicle makes deliveries to neighboring businesses • This helps to minimize the number of vehicles going to the same destination

The biggest issue noted during this mandate was the lack of data related to the delivery of goods. For reasons of competitiveness, several players in the field keep their data confidential.

6.5.2.2 Colibri project

Following the avenues presented in the strategy, a mini-hub project was carried out in Montreal: the Colibri project. The experimental project officially started on September 1, 2019 at a former bus station site in downtown Montreal. The site is used as a central point of arrival for trucks where they drop off their packages. Then, electric cargo bikes, as shown in Figure 6.4, deliver the packages directly to the recipients. Note that the trucks dropping off their merchandise at the site were already circulating in the area (Ville de Montréal, n.a. d).



Figure 6.4 Electric cargo bikes
Adapted from: Couturier from Journaldesvoisins (2021)

The Colibri pilot project aims to improve the quality of life in the downtown by reducing the impacts of the last mile delivery. Delivery trucks are being traded for more efficient, economical and environmentally friendly vehicles. It also aims to improve the safety of vulnerable road users, reduce GHG emissions, reduce pollution, reduce congestion and obstacles, and improve the efficiency of delivery in dense environments (Jalon, n.a.b).

After the success of the pilot project, the City of Montreal decided to extend the territory of the project. New mini hubs will be created to serve other districts of the city (Couturier from Journaldesvoisins, 2021).

6.5.2.3 Electronic lockers – Plaza Saint-Hubert

Led by Coop Carbone, a non-profit organization dedicated to the fight against climate change, this project involves the installation of electronic lockers in a store on Saint-Hubert Street, in Montreal. Once the order has been placed in the locker, the recipient receives a code and explanations by SMS and email, allowing him to unlock the locker and pick up his order (Jalon, 2020).

6.5.3 What is next

Several initiatives have been carried out to mitigate the impacts of trucking in cities. The City of Montreal has set up the Colibri project to find solutions to these impacts. Since the pilot project has been successful, it would be necessary to push further, to continue to find solutions to the challenges of the delivery of goods and to implement these solutions.

6.6 Proposition – Transformation of Mansfield terminus into an urban distribution center

6.6.1 A new opportunity

As mentioned in section 6.5.1.1, Montreal is a potential city for the establishment of an urban distribution center (UDC). The location of the site is very important for the success of an UDC. A specific territory is targeted for this establishment: the Mansfield terminus.

The Mansfield terminus is a bus terminal allowing customers from the South Shore to access the downtown of Montreal. This terminus is complementary to the Downtown terminus. It has been set up on a temporary basis (Exo, 2021).

The arrival of the *Réseau express métropolitain (REM)* will change the reality of transportation between the South Shore and downtown Montreal. The REM, a light rail, will procure this

service instead of the buses currently providing this transportation. Agreements have been signed to prohibit any mode of public transportation from competing with the REM. Thus, buses from the South Shore will no longer be allowed to cross the Champlain Bridge, which links the South Shore and Montreal. The number of buses using the terminus will be restrained to the buses of the Montreal territory. Due to the decrease in the number of buses using these two terminals, all activities will be redirected to the Downtown terminal. A source of the *Autorité régionale de transport métropolitain (ARTM)* confirmed that the activities of the Mansfield terminus will no longer take place. The ARTM made an agreement with the landlord to end the lease of the property in December 2022 (ARTM, 2021).

6.6.1.1 Mansfield terminus description

The Mansfield Terminal site has an area of 5,200 square meters. Before its transformation into a terminus, the site was used for parking purposes. The site is presented in Figure 6.5.

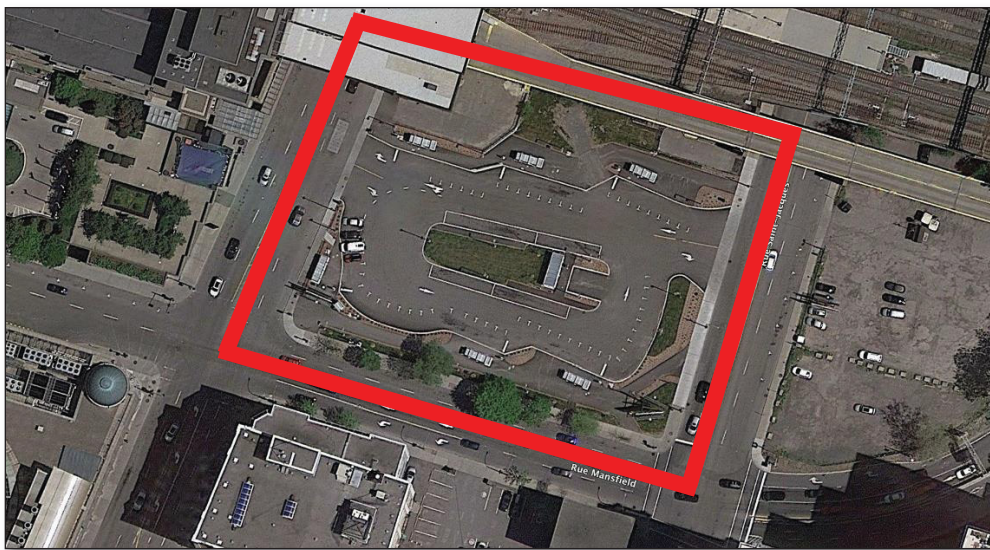


Figure 6.5 Mansfield Terminal
Adapted from Zemka (2018)

The Mansfield terminus is intended to accommodate buses from the southern suburbs of Montreal. Its main function is to ensure an exchange hub between public and active transport. Other activities are ensured by the Downtown terminus (taxis, washrooms, others). In Figure

6, the proximity of the two terminals is visible. The proximity of the terminals explains why they are complementary to each other. Bonaventure metro station is within walking distance from the Mansfield terminus (Figure 6.6).

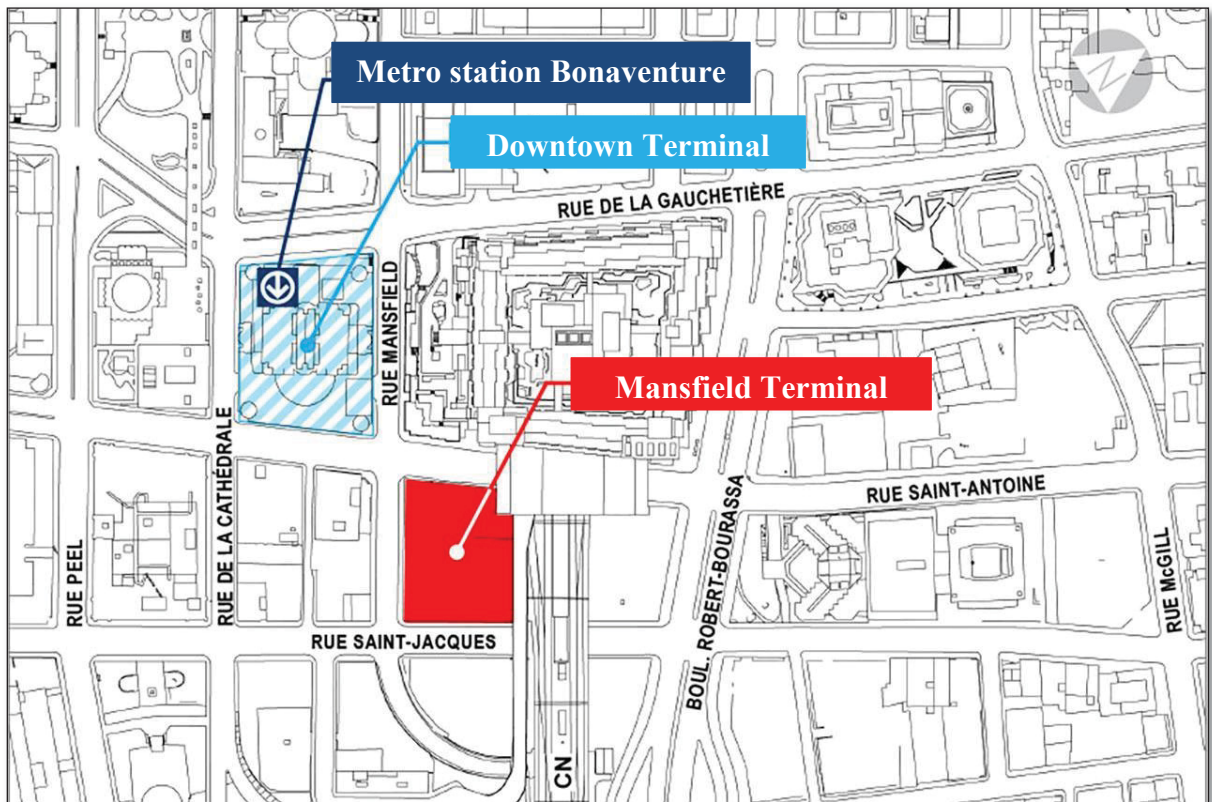


Figure 6.6 Mansfield Terminal
Adapted from Zemka (2018)

The Mansfield terminal includes six boarding docks and four control stations. The boarding docks are used for boarding and landing users. The control stations are used by buses to park during their beat time, which is the break time that drivers have between their arrival and their departure from the terminus according to the driving times (Zemka, 2018).

6.6.2 Project – Mansfield Urban distribution center

The Mansfield terminal presents a great opportunity to be transformed into an Urban distribution center (UDC) for several reason. First, it is located in the downtown of Montreal, it is an entry to the downtown from the South Shore, which is a suburb area. Second, its current layout allows the circulation and parking of large vehicles (currently for buses) and can easily be adapted to trucking activities.

The site can be deployed to receive trucks where they will drop off their packages. Electric cargo bikes will deliver the packages to their final destination. The Colibri project would be a reference.

6.6.2.1 Site planning

The Mansfield site can be developed in different ways to include an urban distribution center (UDC). The first scenario (Scenario A) is presented in Figure 6.7. It consists of the construction of an office tower where the UDC will be on the ground floor. The ground floor will be higher than the other floors to accommodate trucks. The building would be built on the entire site. This scenario allows full capacity use of the land.

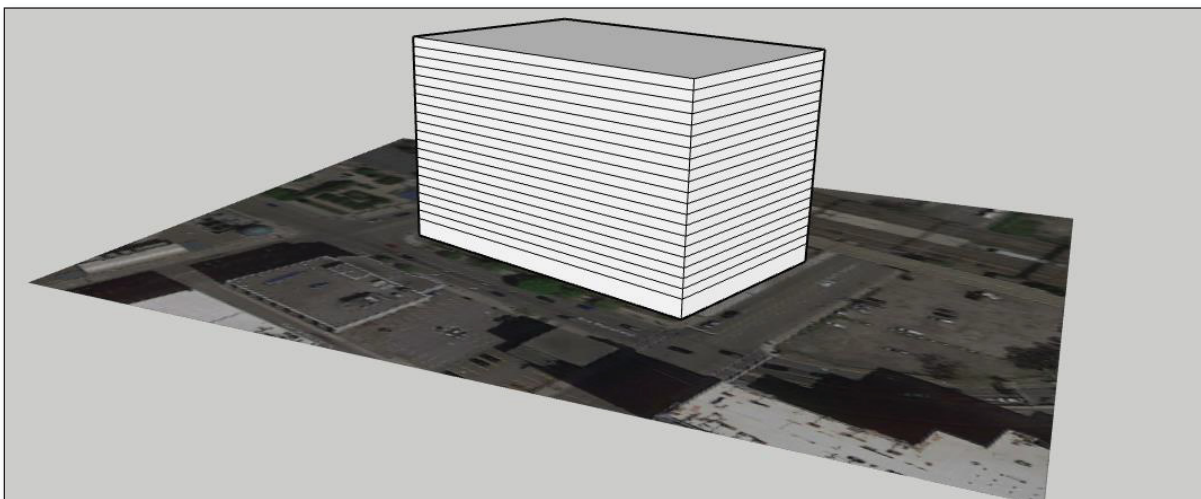


Figure 6.7 Scenario A – Development of an Urban distribution center

Source: basemap from Google Map, 3D drawing – Dina Asaad (2021)

The second scenario (Scenario B) is presented in Figure 6.8. This scenario is very simple. It consists of setting up a portable cabin in the middle of the field. This compartment will be used for the storage, maintenance and charging of the cargo bikes. It will also serve as a rest area for the drivers of the cargo bikes and the trucks. A rest room will be located in the portable cabin. The six existing boarding docks would be used for the truck loading/unloading process. Four of them will be reserved for containers that will be used to store the goods brought by trucks. The other two will serve as parking spaces for trucks during their unloading period. The cargo bikes will then be loaded to make the last mile delivery in the Montreal downtown and the surrounding neighbourhoods. The bikes will go back and forth to deliver all the goods in the truck containers.



Figure 6.8 Scenario B – Development of an Urban distribution center
Source: basemap from Google Map, 3D drawing – Dina Asaad (2021)

This scenario presents an opportunity that requires very little rearrangement of the terminus. In fact, it only requires the installation of the portable cabin. It would be easy to take advantage of the current layout which is planned to accommodate many bus trips which are similar to trucks in terms of volume. The simplicity of this scenario allows it to emerge in the short term. For this principal reason, it was retained for this study.

6.6.2.2 Traffic study

Public transport

The Mansfield terminus site is located in the Montreal downtown, which explains the high volume of traffic around the site. Travel around it is made by several types of transport.

In terms of public transport, the terminus is located within walking distance of the Bonaventure metro station and the Central station of the suburban train. It is also served by the city bus line 36 (STM, 1997-2021).

Active transport

The active transport is also possible since the site is surrounded by the city sidewalks. Around the site, the sidewalks are about three meters wide on Mansfield Street, Saint-Jacques Street and Robert-Bourassa Boulevard. On Saint-Antoine Street West the sidewalk is about 1,5 meter wide (Asaad, 2021). Currently, there is no space reserved for cyclists around the Mansfield terminal. On the other hand, the development of two cycle paths is planned around the site as part of the Express bicycle network project (from the French name of the project *Réseau express vélo*). The Express bicycle network is a 184 km bicycle path project that will be spread over the entire territory of the city of Montreal. It will have axes accessible 12 months a year. The proposed axes will be linked to the existent cycle paths of the city (Ville de Montréal, 2021). The proposed axes of the project are shown in Figure 6.9.

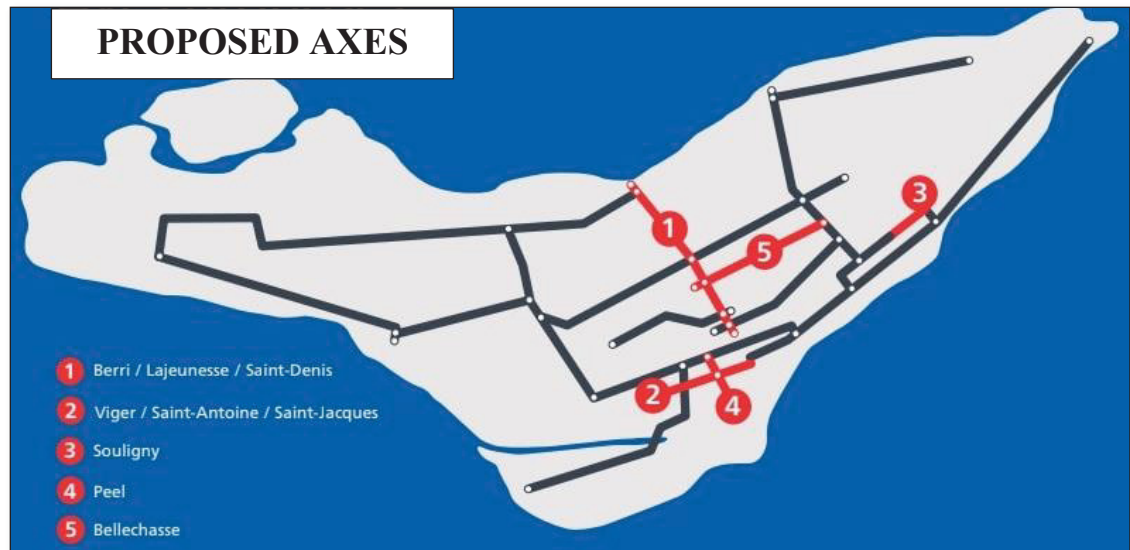


Figure 6.9 Proposed axes of the Express bicycle network (REV)
Adapted from Ville de Montréal (2021)

The axis 2 will serve the area of the terminal as detailed in Figure 6.10. Once the project is completed, there will be two bike paths serving the terminus, one on Saint-Antoine Street and the other on Saint-Jacques Street. The cycle paths will be unidirectional with a width of 2.3 to 3 meters (Pelletier, 2020), which will allow easy circulation of cargo bikes.

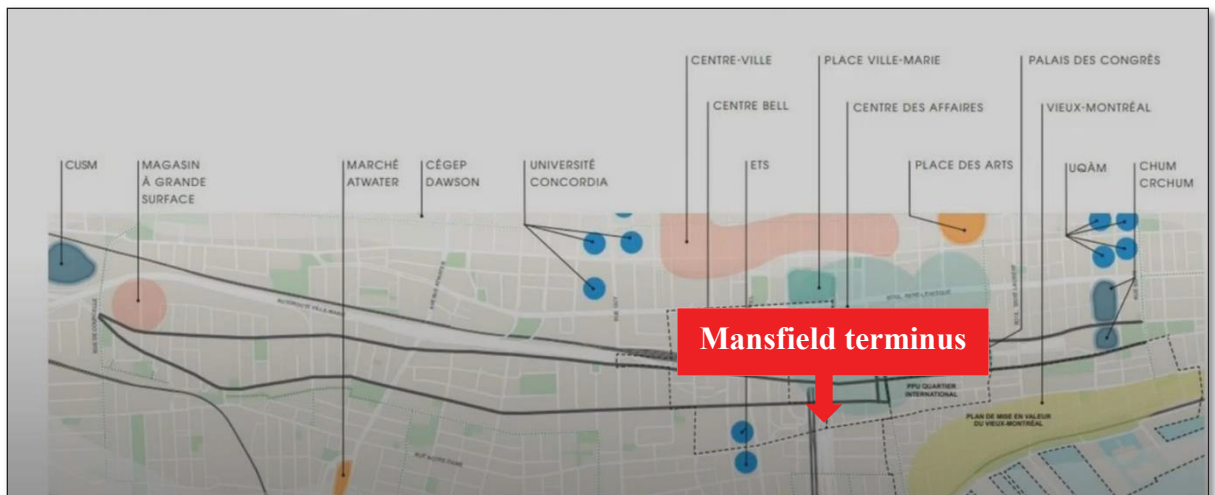


Figure 6.10 Bicycle path on Saint-Jacques and Saint-Antoine Streets
Adapted from AgoraMontréal (2021)

Circulation

In terms of circulation, two crossroads are located near the site, and they are both governed by traffic lights. At the Mansfield / Saint-Antoine intersection, the traffic flow reaches 2,600 vehicles per hour and more than 700 pedestrians in the morning, while in the evening, the flow is 2,000 vehicles per hour and more than 1,300 pedestrians. At the Mansfield / Saint-Jacques intersection, the traffic flow reaches 1,900 vehicles per hour and 230 pedestrians in the morning and 1,900 vehicles per hour and 230 pedestrians in the evening (Zemka, 2018).

Analysis of accident statistics from previous years shows that the Mansfield / Saint-Antoine intersection is not considered dangerous, because the weighted accident rate was below the average for intersections of the same type in Montreal. From the other side, the Mansfield / Saint-Jacques intersection had an above-average accident rate. However, it was improved by the city during the year preceding the construction of the terminus in 2018. Also, the movement of trucks is permitted without restriction, 24 hours a day, on the streets surrounding the Mansfield site (Zemka, 2018).

It should be noted that these flows were measured before the COVID-19 pandemic. The realities of the movements have since changed. Although no data is yet available on current movement rates in this area since the situation keeps changing. Observations have shown that movement flow has declined (Asaad, 2021).

6.6.2.3 Stakeholders and governance

The management and operations of an urban distribution center (UDC) can be ensured in several ways depending on the objectives related to the chosen business model. This study proposes that the operator of the center be a non-profit organization, a public-private partnership or a cooperative. The possibility that the operator is a private actor is discarded in this study to avoid a conflict of interest or the dissuasion of collaboration between competing companies.

The operator or manager of the UDC will be responsible for renting / purchasing the site. He will also be responsible, among other things, for: insurance, site cleanliness and maintenance, electricity, space management. The operator will also sublease spaces to carriers, such as Purolator, DHL, Fedex, etc. The carriers will rent spaces to operate their activities: loading/unloading trucks, storage of merchandise, loading cargo bikes.

There is also the option of seeking funding from public administrative entities. Since the mission of the UDC is to promote low-carbon delivery, it could be financially supported by several actors. The operator could also opt for the establishment of complementary uses which will be another source of income. This will allow the operator to rent the spaces to carriers at cost price. Other activities (maintenance, electricity, insurance, etc.) could be covered by the other sources of income.

In this project, some actors should be involved since the first phase of the project: the City of Montreal, Jalon^{mtl} and COOP Carbone. These actors are very important in the planning phase since they are aware of the various challenges of urban logistics. They are also aware of the projects that are planned, they know the political priorities and possible financial grants for this type of project. They have the knowledge and expertise to link such a project to current movements around the site. More important, these actors can reach the right players that should participate in this type of project.

6.6.2.4 Complementary use

Currently, the site is used as a parking lot for cars on weekend. It is a toll parking lot with a capacity of 57 spaces arranged perpendicular to the bus platforms with white markings as shown in Figure 6.11 (Zemka, 2018).



Figure 6.11 Parking lot in Scenario B
Adapted from Zemka (2018)

The layout of the site allows this complementary use. Since the scenario retained maintains the same site layout, this additional use could be maintained. However, the number of parking spaces will be decreased since some of the docks will be always occupied by containers (Sections A of Figure 5.11). The parking spaces that would be available are indicated in Figure 5.11 (Sections B), for a total of 30 spaces. The delivery activities will occur during weekdays. The parking function could then be maintained on weekends. Depending on the hours of delivery operations, the possibility of using the parking lot on evening/night could be evaluated later. This complementary function presents a source of income that would facilitate the management and maintenance of the urban distribution center (UDC).

6.6.2.5 Economic study

One of the main aspects to consider during a feasibility study for any project is the analysis of the project's costs. There are several types of costs: capital costs and operating costs.

Capital costs

Usually, capital costs include real estate and vehicle fleet costs. In the model studied, it is assumed that carriers undertake responsibility for the acquisition and operation of their fleet of vehicles. Therefore, the costs to be considered are only those of real estate.

There are costs that are incurred only once when setting up the urban distribution center (UDC), as demonstrated in Table 6.10. These are the acquisition price of the portable cabin, which will serve as a warehouse for cargo bikes, and the cost of transporting the containers that will be used to store the goods before being delivered.

Table 6.10 Acquisition costs

	Quantity	Price per unit	Total	Reference
Portable cabin	1	\$168 012,84 As of September 2021	\$168 012.84	Federal Reserve Bank of St. Louis, n.a.
Containers - transport	4	\$350	\$1400	Agence de mobilité durable, 2022
Total			\$169 412.84	

There are also recurring capital costs, as shown in Table 6.11. This includes site and container rental costs.

Table 6.11 Recurring costs

	Quantity	Price	Price per year	Reference
Site rent	59201.51 pi ²	\$25 / pi ² / month (20-25)	\$1 480 037.75	COOP Carbone, 2022
Containers rent	4	\$89 / month / container	\$4272	Agence de mobilité durable, 2022
Total			\$1 484 309.75	

According to COOP Carbone, the site rent is approximately between \$20 and \$25 per square foot in downtown Montreal. To perform this analysis, it was assumed that the rental cost is \$25 per square foot, which is the highest rental price. To validate this assumption, an audit was performed to confirm the current rental cost of the site. It is \$1.3 M per year, with a 10-year lease (ARTM, 2022). Considering that the contract started in 2015, the increase of the rental cost is explained by the inflation.

Operating costs

Operating costs include human resource costs and fixed costs, i.e. expenses related to utilities (electricity, maintenance, telecommunications, heating, snow removal, etc.) as shown in Table 6.12.

Table 6.12 Human resource and fixed costs

	Cost	Quantity	Annual salary (50 weeks)	Reference
Warehouseman	\$18.73/h + social charges (16,722%)	40 h	\$43 740.87	Gouvernement du Québec, 2022a
Warehouse supervisor	\$28.09/h + social charges (16,722%)	40 h	\$65 576.29	Gouvernement du Québec, 2022b
Utility (electricity, water, snow removal, trash removing, etc.)	\$1.50 / pi ²	59201.51 pi ²	\$88 802.27	COOP Carbone, 2022
Total			\$198 119.43	

In the Province of Quebec, where the city of Montreal is located, the median hourly wage of a warehouseman was \$18 in 2020 (Gouvernement du Québec, 2022a). In order to update this rate, an increase according to inflation was made, i.e. an addition of 2% per year. The warehouseman hourly wage in 2022 is therefore estimated at \$18.73. The hourly wage of a warehouse supervisor was \$27 in 2020 (Gouvernement du Québec, 2022b). In 2022, the

estimated hourly wage, according to inflation, is \$28.09. To the hourly wage, are added social charges determined at 16.722% in 2022 by the Government of Quebec (Gouvernement du Québec, 2022c).

Generally, utility costs are estimated at \$1.50 per square foot when calculating the budget (COOP Carbone, 2022).

Source of income

The scenario proposed for setting up an urban distribution center (UDC) on the Mansfield site also proposes a complementary use, which is the rental of parking space during off-hours (evenings and weekends). This would present a source of income to the UDC, as quantified in Table 6.13. The layout of the Mansfield site could include 30 parking spaces that can be rented.

Table 6.13 Income from parking rental

	Quantity	Rental cost/month	Annual total income	Reference
Parking	30	\$160	\$57 600	Agence de mobilité durable, 2022

To establish the rental price of a parking space, a comparison was sought. The parking lot indicated as Terrain 184 Saint-Jacques by the Sustainable Mobility Agency is at a walking distance of 100 meters from the Mansfield terminus. It is therefore in the same sector as the terminus and has the same characteristics: off-street and uncovered parking. The parking space at this location is rented at \$160 per month (Agence de mobilité durable, 2022b). It is assumed that a parking space at the Mansfield site will have the same rental cost.

6.6.2.6 Project performance and benefits

The delivery gross performance is measured in the number of stops per hour. The number of stops is affected by three main parameters: travel time between two stops, time to find parking and time between parking and delivery address, as discussed with Jalon^{mtl} in a workshop in 2021.

It is assumed that cargo bikes can make more stops per hour than truck. This means that a cargo bike can deliver more packages than a truck. This assumption is based on three realities of the cargo bikes:

- Facilitated movement in traffic and congestion.
- Ability to park quickly.
- Ability to park close to the delivery address.

In addition, the operating costs of a cargo bike are lower than the operating costs of a truck. The hypothesis is therefore that the economic gains offered by the gross performance and the lower operating costs of the cargo bikes are greater than the costs induced by the additional handling, the operation of the urban distribution center (UDC) and the possible disadvantages of the cargo bikes (short distance trips, maintenance, operation more difficult in winter conditions).

To support this hypothesis, the results of the Colibri project data were considered. In terms of gross performance (number of stops per hour), the cargo bike wins over the truck. The cargo bike makes 15.4% more stops per hour than a truck (Jalon^{mtl}, 2021). It was also noted that, since its initiation, the Colibri project has been able to calculate a 45% reduction in CO₂ emissions in last mile delivery operations. Other benefits were also noted including reduction of visual and atmospheric pollution, reduction of congestion and the risk of accidents to other road users (Jalon^{mtl}, 2021).

6.6.3 Project opportunity

The Colibri project is like the proposed project and took place in a dense area, similar to the area of the Mansfield terminus. For these reasons, the data collected by the Colibri project was as good base for the hypothesis made to the Urban distribution center of the Mansfield territory. The Colibri project has proven the efficiency of the urban distribution center in a dense environment. Currently, COOP Carbone is working on finding new sites for the establishment of additional urban warehouses in Montreal. The Mansfield terminus site may present a good opportunity. Its geographic location is a potential for this kind of activities, it can receive trucks at the entry of the city center to decrease the movement of heavy vehicles in the downtown. The last mile delivery will be done by cargo bikes, which means it's a carbon neutral trip. Such a project will have positive repercussions both at the environmental and economic level (cost of congestion, excessive wear and tear of urban infrastructure, delays, etc.).

Finally, the fact that the current site layout can be maintained and reused for the urban distribution center is a great advantage. It avoids many financial costs and site preparation time.

6.7 Conclusion

The stakes of freight transport are numerous, and many players are looking into the subject, both private and public players. It impacts the lives of citizens on many levels: environment, economic development and quality of life. Professionals in the field agree today that urban logistics must be rethought but the solution is certainly not a formula to apply. Each city or district has its own reality to which urban logistics activities must be adapted. For this, each initiative to meet the challenges of urban delivery is rethought and adapted to the selected territory.

The mutualisation of delivery and the combination of new methods of delivery seem to be a potential solution to the existing challenges. In a big and dense city like Montreal, these two concepts can be combined and take the form of an Urban distribution center (UDC), where trucks can drop off merchandise and cargo bikes can make the last mile delivery.

For this study, the selection of the Mansfield site was made following criteria. The site had to be located in a dense area with access to road infrastructure to facilitate access for trucks. It also had to be linked to bicycle networks, to ensure the safe movement of cargo bikes. These criteria apply to the Mansfield terminus. The current layout of the Mansfield site permits its transformation into an urban distribution center without having to redevelop the location.

Finally, to ensure the success of operation in the Mansfield urban distribution center, it is proposed that the operator/manager of the UDC is a non-profit organization, a public-private partnership or a cooperative. It is not advised that the operator is a private actor to avoid a conflict of interest or the dissuasion of collaboration between competing companies. Actors, like the City of Montreal, Jalon^{mtl} and COOP Carbone should be involved in the planning because of their expertise and position in this field.

CHAPITRE 7

EVOLUTION OF THE FREIGHT TRANSPORT: A MONTE CARLO SIMULATION

Dina Asaad ^a, Michèle St-Jacques ^b

^{a,b} Département de Génie de la construction, École de Technologie Supérieure
1100 Notre-Dame Ouest, Montréal, Québec, Canada H3C 1K3

Article soumis pour publication dans « Transportation Research Record », août 2024

7.1 Abstract

Transport involves many challenges. Among the most common issues are the issues of cohabitation between road users, safety and environmental, noise and visual pollution.

To address these issues, this article first presents the reality of passenger transport and freight transport. Then, it spreads the relevance of consolidating the two transport systems. The article then describes initiatives in different cities integrating freight transport with public transport. It then presents a new conceptual model in Montreal that integrates parcel transportation with a new mode of passenger transportation: the *Réseau express métropolitain* (REM).

The concept has three phases. The performance of the model was analyzed by phase. Each phase had a different performance indicator. A simulation was performed to evaluate the performance of the model and the results concluded that the proposed delivery model performs better than the classical delivery model.

Keywords: freight transport, cargo bike, consolidation of transport systems, public transport.

7.2 Introduction

Transportation is an important component of the city. It allows the population to make its many trips, it allows to supply the cities. Transport is therefore an important factor for the development of cities. Furthermore, transportation has more essential roles in a city, but this article focuses on two major roles of it: transportation of people and transportation of goods. These two areas of transport have experienced and will continue to experience technological developments and advances. However, the two transport systems (passenger transport and freight transport) are often planned separately. In recent years, researchers and professionals in the field have begun to think about consolidating the two systems. This means transporting passengers and goods in the same mode of transport (bus, train, metro, etc.) and this study focuses on this subject.

The purpose of this study is therefore to formulate a conceptual model that presents an effective and efficient approach. This study presents the reality and challenges of the two transport systems as well as the relevance of consolidating these two systems. Then, similar initiatives around the world are briefly presented. Finally, a proposal for a consolidated transport model in Montreal, Quebec is presented. This model is analyzed using a Monte Carlo simulation. The results are presented as well as the limits of this analysis and of the proposed model.

7.3 Context

7.3.1 Freight transport

In the last decade, electronic commerce has exploded across the world and generates an increase in the delivery rate. This generates an increase in the number of trucks circulating on the roads. Obviously, this situation comes with many challenges: impact on traffic (congestion), impact on the regularity and fluidity of public buses, road safety issue, and others.

With the context of the pandemic, consumers are even more accustomed to consuming electronically, which means these challenges are more present.

Many players in the field are studying the issues raised by the freight transport. The responses identified in relation to these challenges are the pooling of delivery (Chanut, Paché, Wagenhausen-a, 2012). The pooling can take many models, such as the pooling of infrastructure, resources, expertise, management, etc.

On the other hand, the transport of goods is regulated by three authorities in the Region of Montreal: federal government, provincial government and municipalities/cities. Each authority has its own competences and, as a result, planning takes place at several levels, but there is not necessarily any coordination between these levels. This situation often results in an inconsistency and confusion of logistics by the various users (Simo, 2016).

Many actors, both private and public, are involved in urban logistics and it is still not clear which actor has the expertise and resources to control, plan and manage urban logistics.

Major players in delivery and logistics are deploying new projects to meet these challenges. FedEx is testing the Sameday bots, an automated mini vehicle, to deliver the last mile. Amazon, for its part, is considering delivery by drones. These new technologies may present the solution to some of the current challenges of the increase in electronic commerce. However, they have not yet been regulated and the authorities do not yet seem equipped to do so.

In the other side, authorities are starting their own initiatives and test other projects to present solutions. For example, the City of Montreal has set up the Colibri project to test the efficiency and feasibility of a mini urban distribution center in the downtown of Montreal. This project was developed and planned by the City in collaboration with the private actors of delivery. The project owes its success, in part, to the collaboration between the different stakeholders from the beginning to the end of the project (Jalon, 2020).

This leads to a conclusion: there should be more collaboration between urban logistics actors and planning should be done collaboratively to avoid inconsistencies in the planning and management of freight transport.

7.3.2 Passenger transport

Transportation has an impact on daily travel. The choice of mode is made according to several criteria: personal comfort, options, travel time for each option, cost of travel. However, the most important criteria in the selection of the mode of travel is the personal comfort and, currently, no mode of transport can compete on its own with the personal vehicle to satisfy these criteria. In addition, personal automobile access increases over the years and this increases the number of vehicles on the roads, creating congestion and pollution (Arcoragi & Kargas, 2017).

Over the past decades, there have been many changes and developments related to transportation. New types of travel are being created and new visions on transport are emerging. Several transport experts focus their efforts on the development of connected and autonomous vehicles since it has been stated that 90% of road accidents come from human error (Arcoragi & Kargas, 2017). These technologies promise better road safety. However, these technologies alone are not the solution to the actual challenges. An autonomous and connected vehicle certainly promises better road safety but does not resolve the issues of congestion if the technology is only used for individual vehicles.

As there has been the development of new technologies, there has also been the development of new visions of transport. For several professionals in the field, the ideal solution is the creation of an efficient transport system, adapted to the needs of users and where the user pays a single tariff. This transport system is called the Mobility as a Service (MaaS). This system promotes a consolidation of the different modes of mobility to offer an efficient service (Savard, 2017). More specifically, a system where microtransits (small vehicles) transport

people into heavy modes of public transport, such as the metro, the train, the future *Réseau express métropolitain* (REM), a bus line of high frequency, etc.

Currently, MaaS promotes the consolidation of different modes of transport to provide an efficient passenger transport system. However, this consolidation system can be seen on a larger scale, and therefore, to promote consolidation between the transport of people and goods.

7.3.3 Evolution in transport: consolidation of systems

Although passenger vehicles and freight vehicles use the same roads and cohabit on a daily basis, they are studied separately. Experts look at both systems, but rarely the same experts plan both. In addition, communications between experts in the two fields are very minimal. This creates a break in transport planning and a limitation in development thinking.

In recent years, we have been talking more and more about integrated mobility, where the consolidation of the various transport services is valued. Several governments are trying to make this system possible, but there is still a long way to go. From another perspective, mobility could integrate not only several transport services, but also different transport systems. This means that a transport service can transport both passengers and cargo.

The Montreal region is recognized for its public transportation system. The population is served by train, metro, large bus network and car-sharing network. Other modes of transport will be added to the public transport system in the coming years, such as the *Réseau express métropolitain* (REM) and the Rapid Bus Service (RBS). This asset of Montreal makes it a potential to explore the possibility of consolidating the transport of people and goods through its public transport system.

7.3.3.1 Pertinence of systems consolidation

The consolidation of freight and passenger transport has several potentials. Initially, this allows the modes of transport to be used at full capacity. Currently, in off-peak periods and periods of non-service, public transport infrastructure and vehicles are underused. These hours of under-use present an opportunity for the integration of the transport of goods into the public transport system.

Then, integrating the transport of goods to the transport of people, via public transport, would make it possible to reduce the movements of trucks and therefore, reduce the impacts associated to trucking activities.

7.3.3.2 Obstacles of systems consolidation

Several factors can be a brake to the consolidation of transport systems. In particular, the presence of many stakeholders creates issues to a possible consolidation. Each of the two transport systems has several players, both private and public. The steps of planning, operation, decision-making, implementation and administrative management is completely different between private and public organizations. There are big gaps in the timeframe and this aspect can indeed be a big barrier for the consolidation between private and public services.

7.4 Initiatives around the world

7.4.1 LogiKTram– Karlsruhe, Germany

In the Karlsruhe region of Germany, the LogiKTram project started on March 1st, 2021 and is scheduled to last three years. This project aims to develop a logistics concept in which the transport of goods would be carried out on trams or light rail vehicles, using the existing urban infrastructure of trams and railways. This concept is called the tram-train in Germany, which represents a light rail vehicle that can travel at high speed on the heavy rail network and travel

on the tram infrastructure in the city streets. This concept combines the easy access to the city center offered by trams with the speed and comfort offered by trains (Kemmeter, 2021).

LogiKTram is part of the regioKArgo initiative. This initiative studies and tests new types of freight transport and delivery in Karlsruhe and its region. To successfully implement this project, AVG, a local transport operator, provided one of its vehicles adapted to meet the requirements of parcel transport (Kemmeter, 2021).

The objective of the project is to use a classic passenger tram so that it can be used exclusively for the transport of passengers during peak hours and in combined operation with the transport of passengers and goods during off-peak hours (Kemmeter, 2021).

Following the testing of this model, there will be an attempt to create an operational line to assess the feasibility of transporting packages on this line. Along the operational line, it is planned to create mini-hubs or small distribution centers. These distribution centers will be supplied by the tram-trains. Subsequently, the goods could then be distributed in the city by ecological vehicles and small templates, such as cargo bikes, small electric vehicles, etc. (Kemmeter, 2021).

The Karlsruhe LogiKTram project brings together several partners, including AVG (Albtal-Verkehrs-Gesellschaft), the Karlsruhe Institute of Technology (KIT) and the FZI-Information Technology Research Center. It has received funding of 2.75 million euros from the German Ministry of Economic Affairs and Energy to achieve its initial objectives.

7.4.2 Logistiktram – Frankfurt, Germany

The city of Frankfurt has just carried out a study called "Logistiktram" on the possibility of integrating public transport into the parcel delivery circuit, to reduce the impact of e-commerce

on the environment. Several concepts were tested, but one concept was retained. The aim was to test the transport of parcels by a classic passenger tram as shown in Figure 7.1.



Figure 7.1 Tram tested for the study Logistiktram
Adapted from: Actu-Transport-Logistique.fr (2020)

Hermes, the number three parcel carrier in Germany, supplied an electric cargo bike (Figure 7.2) from its own depot as well as two models of small rolling cargo containers. The price of this type of engine is around 8000 euros. The tram was supplied by the public transport company VGF (De Kemmeter, 2020).



Figure 7.2 Electric cargo bike by Hermes
Adapted from: De Kemmeter (2020)

The tram was going to selected stops, and delivery people were waiting to collect the packages and deliver them to their destination by electric bicycles. The stops selected were stops that were little or not used by passengers in order to avoid service disruptions. For the tests, the trams did not carry passengers. On the other hand, it was noticed that it was necessary to use a low-floor tramway with ramps (Figure 7.3) for loading and unloading the packages, which are incompatible with a passenger stop and requires high precision of the driver to stop the vehicle (De Kemmeter, 2020).



Figure 7.3 Ramps to load and unload cargos
Adapted from: De Kemmeter (2020)

Another weakness was encountered. The carrying capacity of a tram was very limited and therefore, the volume of goods that could be transported at a time was not large. The study showed that only small and medium-sized parcels can be transported with the cargo bike. It can transport an average of 80 parcels at a time (De Kemmeter, 2020).

7.5 Project proposition – Integrating freight transport into the public transport system

Like other cities around the world, Montreal encounter several challenges related to freight transport. Some sectors of the City of Montreal are very dense and the presence of trucks in these places causes safety, environmental and quality of life issues for residents. On the other hand, the transport of goods is essential for supplying cities and represents an important core of economic development. Thus, the real challenge is to find solutions that can mitigate the impacts of trucking activities.

As stated in section 7.3.3, Montreal has a large public transport system. Moreover, the gradual commissioning of the *Réseau express métropolitain* (REM) in the upcoming years presents a potential to explore the possibility of consolidating the transport of people and goods through this transport system.

7.5.1 Project in three phases

The *Réseau express métropolitain* (REM) is a new mode of light rail transportation. It will have 26 stations and will cross the greater Montreal area over 67 km. The REM is fully electric and automated. Currently in the construction phase, the REM is the largest public transit project in Quebec in the past fifty years. The first departures are scheduled for 2022 on the South Shore / Central Station segment. The other segments will be gradually brought into service in 2023-2024 (Réseau express métropolitain, 2022a).

The opportunity in the REM is that it connects the suburbs of the Montreal area to the Montreal downtown in minutes. This asset is interesting for transporting goods from the suburbs to the city center, to prevent trucks from traveling long distances in dense environments. Once in the city center, the goods could be delivered by ecological vehicles. This delivery model therefore consists of three phases:

1. Freight transportation by trucks
2. Freight transportation by the REM
3. Freight transportation by cargo bikes

7.5.1.1 Phase I: transportation by trucks

This first phase is the simplest. It consists of the presence of warehouses in the suburbs. The goods will be repatriated to the terminals of the *Réseau express métropolitain* (REM). The REM will have four terminals: Deux-Montagnes, Anse-à-l'Orme, YUL-Aéroport-Montréal-Trudeau and Brossard (Réseau express métropolitain, 2022b).

Once the goods arrive at the terminals, they will be loaded into REM vehicles, which will transport them to the city center (Phase II).

7.5.1.2 Phase II: transportation by REM

Phase II is an important step of this model. During this phase, the merchandise is transported from the suburbs to the downtown. Goods can be transported by the REM according to several scenarios.

Scenario A

Scenario A consists of delivering the goods in the same vehicles carrying the passengers and at the same time. However, this scenario may present many user safety issues and have an impact on the REM's operating time. This scenario is therefore ruled out in this study.

Scenario B

Scenario B consists of adding an additional REM vehicle containing goods between two vehicles transporting passengers during off-peak hours. By analyzing the trip frequencies at off-peak hours, it was noted that the trip frequencies vary between 5 to 15 minutes, depending on the REM lines (Réseau express métropolitain, 2022c). This leaves very little time to add an additional vehicle in this gap, get it to its destination and unload it. Thus, this scenario is also excluded from the study.

Scenario C

Scenario C consists of transporting the goods by the REM outside its operating hours. The REM should operate 20 hours a day, 7 days a week. If the goods would be transported outside of operating hours, this leaves 4 hours for this transport. Ideally, the transport of goods will take place immediately after the end of the passenger transport operations or just before the

start of the operations at the start of the day. This strategy will allow vehicles to keep time for rest, maintenance and repair, if necessary.

The scenario C is chosen for this study.

To evaluate the efficiency of the phase II, comparison was made between the transport of goods by the REM and by trucks.

In the freight transport domain, the efficiency relay on time (Jalon^{mtl}, 2021). All activities are evaluated by the time needed to accomplish them. In the actual phase, the comparison was made for the maximum load transported per hour for both methods, truck and REM.

The analysis is made for the transportation from the four terminals to the *Gare centrale* station in the Montreal downtown. Since the scenario retained for this study involves a transit outside operating hours, and therefore during off-peak hours, the travel times used in the tables are times corresponding to travel during off-peak hours for the REM and the truck. Tables 7.1, 7.2, 7.3 and 7.4 indicates the time for each trip and the capacity of transportation for the two methods of transportation.

Travel time for the REM was obtained from information on the REM interactive map (Réseau express métropolitain, 2022c) and truck travel time was estimated on Google Maps routes for the four tables (Tables 7.1, 7.2, 7.3 and 7.4).

The REM has two-car trainsets and four-car trainsets. The two-car trainsets have a maximum capacity of 116,000 kg while the four-car trainsets have a capacity of 232,000 kg (Réseau express métropolitain, 2022d). This data was used in Tables 7.1, 7.2, 7.3 and 7.4.

The authorized loads for trucks in Quebec can be found in the *Guide des normes de charges et dimensions des véhicules routiers*, 2013 Edition. The authorized loads vary according to the

dimensions of the vehicles. That of the smallest truck is 17,250 kg and that of the largest is 41,500 kg (Gouvernement du Québec, 2013). This data was used in Tables 7.1, 7.2, 7.3 and 7.4.

The load carried per hour was calculated using the authorized loads and the travel time of the trips from the four terminals to the downtown.

Table 7.1 Analysis for the route Deux-Montagnes to Gare Centrale

	REM	Truck
Time per trip (min)	34	35 to 45
Load per trip (kg)	116,000 to 232,000	17,250 to 41,500
Transported load per hour (kg/h)	204,706 to 409,412 Average: 307,059	23,000 to 71,142 Average: 47,071

Table 7.2 Analysis for the route Anse-à-l'Orme to Gare Centrale

	REM	Truck
Time per trip (min)	34	30 to 40
Load per trip (kg)	116,000 to 232,000	17,250 to 41,500
Transported load per hour (kg/h)	204,706 to 409,412 Average: 307,059	25,875 to 83,000 Average: 54,438

Table 7.3 Analysis for the route YUL-Aéroport-Montréal-Trudeau to Gare Centrale

	REM	Truck
Time per trip (min)	26	18 to 30
Load per trip (kg)	116,000 to 232,000	17,250 to 41,500
Transported load per hour (kg/h)	267,692 to 535,385 Average: 401,538	34,500 to 138,333 Average: 86,416

Table 7.4 Analysis for the route Brossard to Gare Centrale

	REM	Truck
Time per trip (min)	16	14 to 26
Load per trip (kg)	116,000 to 232,000	17,250 to 41,500
Transported load per hour (kg/h)	435,000 to 870,000 Average: 652,500	39,808 to 177,857 Average: 108,832

After studying the results obtained from Tables 7.1, 7.2, 7.3 and 7.4, a striking fact was noted. For trips from the four terminals to the downtown, the REM can transport a much higher load than that of a truck in the same given time. As the performance for the phase II of this model is evaluated by the load transported per hour, the analysis concludes that the REM performs better than the truck in this phase.

7.5.1.3 Phase III: transportation by cargo bikes

Phase III consists of transporting the last mile of the delivery process. Once the goods have been transported by the *Réseau express métropolitain* (REM) to the Gare Centrale station in the downtown, the packages would need to be delivered to their final destination. This model proposes to make the last mile delivery by cargo bikes. To have a clear and complete picture of the delivery process, the classic delivery model (by truck) and the delivery model by cargo bike will be presented and compared.

In a delivery process, several factors must be considered. Therefore, comparing the performance of a bicycle versus a truck is not enough. It will also be necessary to analyze the handling and transport stages. Since the comparison for the transport stage, truck versus REM, was carried out in Phase II, this analysis will only take into consideration the handling stages.

The purpose of this analysis is to calculate the time required for the delivery of a parcel and the total time (delivery time of the parcel added to the handling time per parcel) for the two delivery models: delivery by truck and delivery by cargo bike. The Monte Carlo simulation was performed to calculate these times. Monte Carlo simulation is a numerical method for analyzing the performance of a system, model, problem whose description is in mathematical form or in the form of algorithmic rules (Wong, 2022). Monte Carlo simulation is preferred when the parameters of a system are uncertain, i.e. the parameters are the product of random processes or are characterized by probability distributions. The results of the analysis will be statistical estimates, very close to reality but can never be exact. For this, Monte Carlo simulation is often considered as a decision support technique (Wong, 2022). The first step is therefore to draw up the stages of the delivery process in order to determine the parameters of the model.

Classic delivery model: delivery by trucks

In a classic delivery model, the goods are sorted according to postal codes to predefine routes. Subsequently, the trucks are loaded manually, and the packages are placed and put in delivery order to facilitate the operation. The time required for this step is 10 to 20 seconds per package (Jalon^{mtl}, 2021). The truck makes its journey by making stops to make deliveries. It makes between 10 and 15 stops per hour (Jalon^{mtl}, 2021). Referring to the Colibri model, it is estimated that the number of packages delivered by a truck in a typical 8-hour day is between 100 and 200 packages. The trucks make only one trip per day.

The delivery time per stop (L) is calculated by the following formula:

$$L = A / 60 \text{ min} \quad (7.1)$$

Where A is the number of stops per hour.

All these data represent the parameters of the model, as summarized in Table 7.5.

Table 7.5 Model Parameters – Delivery by truck

	Average	Min	Max	
Handling time per parcel (min) (M)	0.25	0.17	0.33	Min (10 sec) Max (20 sec)
Number of stops per hour (A)	13	10	15	--
Number of parcels (C)	150	100	200	--
Number of trucks	1	1	1	--
Delivery time per stop (min) (L)	5	4	6	60 min / Number of stops per hour
Number of roundtrips	1	1	1	--

The number of parcels delivered per stop (X) is determined by the following formula:

$$X = C / A \quad (7.2)$$

Where C is the total parcels.

A is the number of stops per hour.

The delivery time per parcel (D) is determined by the following formula:

$$D = L / X \quad (7.3)$$

Where L is delivery time per stop.

X is the number of packages delivered per stop.

The total time per parcel (T) is determined by the following formula:

$$T = D + M \quad (7.4)$$

Where D is the delivery time per parcel.

M is the handling time per parcel.

Proposed delivery model: delivery by cargo bikes

In the proposed model, the parcels undergo the same automatic sorting, which represents sorting by postal codes. Packages for a route (equivalent to a truck trip) are placed on pallets. This palletizing step is not significant in terms of time and cost. The pallets are transported to the downtown by the REM.

After transport by the REM, the goods are unloaded and classified by route (postal codes). Each deliverer is responsible for a route. He prepares boxes. In the Colibri model, an average of 150 packages (assuming the minimum is 100 packages, and the maximum is 200 packages) requires two to three trips to one cargo bike, depending on package volumes.

In summary, a cargo bike can deliver the same amount of a truck but with more trips (two to three). The stage of organizing and preparing the packages in the boxes takes 15% to 20% longer per package than the truck handling stage (10 to 20 seconds per package). The cargo bike makes between 12 and 17 stops per hour (Jalon^{mtl}, 2021).

The delivery time per stop (L) is calculated by the following formula:

$$L = A / 60 \text{ min} \quad (7.5)$$

Where A is the number of stops per hour.

All these data represent the parameters of the model, as summarized in Table 7.6.

Table 7.6 Model Parameters – Delivery by cargo bike

	Average	Min	Max	
Handling time per parcel (min) (M)	0.30	0.19	0.40	15% to 20% of 10 to 20 sec.
Number of stops per hour (A)	15	12	17	--
Number of parcels (C)	150	100	200	--
Number of trucks	1	1	1	--
Delivery time per stop (min) (L)	4.27	3.53	5	60 min / Number of stops per hour
Number of roundtrips	3	2	3	--

The formulas used for the simulation of the classic delivery model are the same used for the cargo bike delivery model.

The columns of the table in Figure 7.4 represent the elements that were considered in the Monte Carlo simulation for the two models.

	M	A	C	V	L	Nb.	Parcels	Time	Time	Total	Total
	(dist. exp.)	(dist. unif.)	(dist. unif.)	(dist. unif.)	(dist. exp.)	trips		Parcel	Parcel	Time	Time
								(Min)	(hour)	(min)	(hour)
1	0,2116464	88	177	7	5,6123162	1	2	2,8061581	0,0467693	3,0178045	0,050297
2	0,3082025	80	107	5	5,3198097	1	1	5,3198097	0,0886635	5,6280122	0,0938
3	0,1784104	80	129	6	5,5740707	1	2	2,7870353	0,0464506	2,9654458	0,049424
4	0,1706665	88	181	7	4,2503096	1	2	2,1251548	0,0354192	2,2958213	0,038264
5	0,2002824	104	161	5	4,3173365	1	2	2,1586683	0,0359778	2,3589506	0,039316
6	0,187383	88	113	6	4,149574	1	1	4,149574	0,0691596	4,336957	0,072283
7	0,2188162	104	128	5	4,0674373	1	1	4,0674373	0,0677906	4,2862535	0,071438
8	0,2035716	80	182	6	5,5732356	1	2	2,7866178	0,0464436	2,9901894	0,049836
9	0,3054577	120	183	7	5,8146202	1	2	2,9073101	0,0484552	3,2127677	0,053546
10	0,1722798	104	180	6	5,6790441	1	2	2,8395221	0,0473254	3,0118019	0,050197
11	0,2030602	112	140	5	4,5006105	1	1	4,5006105	0,0750102	4,7036707	0,078395
12	0,2081176	88	145	7	5,9043058	1	2	2,9521529	0,0492025	3,1602705	0,052671
13	0,1931257	80	181	5	4,1307748	1	2	2,0653874	0,0344231	2,2585131	0,037642
14	0,3174421	88	113	6	5,1014461	1	1	5,1014461	0,0850241	5,4188882	0,090315
15	0,2105274	96	128	7	4,3628978	1	1	4,3628978	0,072715	4,5734252	0,076224

Figure 7.4 Monte Carlo simulation
Results of the Monte Carlo simulation

The Monte Carlo simulation was carried out for the two delivery models: the classic model with truck and the proposed model with cargo bike. The same parameters were used for the two simulations but with the values specific to each of the models. The results of the simulations are presented in Table 7.7 for the truck delivery model and in Table 7.8 for the cargo bike delivery model.

Table 7.7 Results of Monte Carlo simulation – Delivery by truck

	Average	Min	Max	Standard deviation
Parcels per stop (X)	1	1	3	0.504137
Delivery time per parcel (hour) (D)	0.06258	0.02361	0.099984	13.66333
Total time per parcel (hour) (T)	0.066631	0.028555	0.105267	0.02184

Table 7.8 Results of Monte Carlo simulation – Delivery by cargo bike

	Average	Min	Max	Standard deviation
Parcels per stop (X)	1	1	2	0.451527
Delivery time per parcel (hour) (D)	0.060341	0.029433	0.083318	13.78464
Total time per parcel (hour) (T)	0.065003	0.032711	0.089874	0.017126

Considering the average data in Tables 7.7 and 7.8, we note that the delivery time per parcel is 3.75 minutes (0.06258 hour) when delivered by truck and 3.62 minutes (0.060341 hour) when delivered by cargo bike. The total time per package, including delivery and handling, is 4 minutes (0.066631 hour) when delivered by truck and 3.90 minutes (0.065003 hour) when delivered by cargo bike.

For a typical day of 150 parcels (referring to the parcel average in Table 7.6), the total time is 600 minutes (10 hours) when delivered by truck and 585 minutes (9.75 hours) when delivered by cargo bike. Thus, despite the longer handling time and the back and forth of the cargo bike, this one beats the truck delivery time by 15 minutes.

Limits of the simulation

The Monte Carlo simulation has certain limitations. In reality, it does not consider the reality on the ground. Table 7.9 presents some of the realities that may have an impact on the delivery time, but which are not considered in the simulation.

Table 7.9 Realities impacting the delivery time

	Delivery by truck	Delivery by cargo bike
Site realities	Blocked street Construction work – detour Parking difficulty	Tire puncture Weather situation

7.5.2 Synthesis of the project in three phases

The proposed delivery model is a three-phase model:

1. Freight transportation by trucks – transport parcels from the sorting center to the *Réseau express métropolitain* (REM) terminals.
2. Freight transportation by the REM – transport parcels via the REM, from the terminals to the Gare Central station (in downtown).
3. Freight transportation by cargo bikes – make the last mile delivery by cargo bike.

In Phase I, no comparison was made since this first segment of the delivery process is made by trucks. In Phase II, after comparing the freight transport from the terminals to the downtown, it was noted that the REM can transport a much higher load than that of a truck in the same given time (Tables 7.1, 7.2, 7.3 and 7.4). In Phase III, despite the longer handling time and the back and forth of the cargo bike, its total delivery time (handling time and delivery time) is lower (3.90 minutes) than that of a truck (4 minutes).

In this model, the following assumption was made for phase III: when the goods are unloaded from the REM at the Gare Centrale station, they will be stored in a place very close to the landing stage. For this reason, the unloading time is not significant in terms of cost and time, and therefore, not considered in the analysis.

The results of the analysis show that this three-phase delivery model is more efficient and effective than the classic delivery model.

7.5.2.1 Limits of the project

Despite the performance of such a delivery model, it has flaws or, in other words, has its limitations. This model cannot be used to transport all types of goods. For example, this model is not designed for the delivery of products requiring refrigeration or for packages with a large

volume. In addition, the harsh weather conditions in Quebec (hot summer and very cold winter with lots of snow) can have an impact on the performance of the model.

Yet, it is still possible to integrate large volume packages into the proposed project. However, for last mile delivery, large parcels will not be delivered by cargo bikes, but by other small, non-polluting vehicles.

Purolator is using a model of low-speed electric vehicle as shown in Figure 7.5. Comparing to the cargo bike of Purolator, also shown in Figure 7.5, the small vehicle can transport parcels of higher volume.



Figure 7.5 Electric cargo bikes and low-speed electric vehicles
Adapted from: Transport magazine (2020)

These vehicles reduce noise and traffic congestion during delivery operations in busy downtown areas of Toronto, Ontario and Montreal, Quebec. The compact size of the low-speed vehicles, about half the size of a traditional delivery truck, facilitates delivery activities on busy streets where parking is limited (Transport Magazine, 2020).

In 2019, Amazon ordered 100,000 electric vans (Figure 7.6) to reduce the ecological footprint of its delivery activities.



Figure 7.6 The electric Amazon Prime Van
Adapted from: Amazon (2019)

These two models of electric delivery vehicles represent examples of vehicles that can provide a solution for large-volume parcels. These vehicles are very ecological and greatly reduce the ecological footprint. The use of 100,000 of these vehicles for delivery eliminates the release into the atmosphere of 4 million metric tons of CO₂ per year (LaPresse, 2019).

7.6 Conclusion

All transport systems are experiencing many developments and evolutions. These developments take place at the technological, planning and legislative levels. This is also the case for the two transport systems considered in this study: passenger transport and freight transport.

Both transport systems suffer negative impacts due to congestion, which are often the same, and at the same time contribute to accentuating fluidity and access problems. They use the same road infrastructures, live together daily. Despite this, they are thought out and planned separately and at different levels.

In reality, the two transportation systems can be designed together to meet the needs of the community while minimizing the number of vehicles on the roads. It seems more and more obvious that analyzes of road issues have a great interest in including the transport of goods as much as the transport of people. By understanding the difficulties of the two transport systems, it becomes more coherent to plan sustainable and thoughtful mobility that meets the needs of users while protecting their comfort, their needs, their confidentiality and, above all, their safety.

The three-phase project proposed in the article aimed to demonstrate the performance of a transport model consolidating the transport of people and the transport of goods.

1. Phase I – Freight transportation by trucks
2. Phase II – Freight transportation by the REM
3. Phase III – Freight transportation by cargo bikes

In phase II, performance was evaluated by the volume of goods transported per hour. According to the data presented, the *Réseau express métropolitain* (REM) had a higher performance than that of the truck for the transport of parcels (presented in Tables 3.1 to 3.4). In phase III, performance was assessed by the total time required per package, including delivery time and handling time. The Monte Carlo simulation carried out demonstrated that the cargo bike (3.90 minutes per package) was more efficient than the truck (4 minutes per package).

In conclusion, the proposed transport model is more efficient than the classic delivery model, ie delivery by truck, from the sorting center to the final destination. However, this conclusion was drawn following the analysis of the results of a simulation. In order to further the validation, a pilot project could be carried out following the implementation of the REM in the years to come. The project presents some limits: weather, package volume, type of package.

CHAPITRE 8

DISCUSSION

À travers les travaux de la thèse, il est noté que des avancées technologiques voient le jour, notamment par l'arrivée de nouvelles formes de mobilité, comme le microtransit et la mobilité intégrée ou Mobility as a Service (MaaS). Ces nouvelles technologies amènent à repenser la mobilité et à les intégrer au système de transport actuel afin d'offrir un service efficace. Avec l'arrivée des navettes autonomes, les gouvernements tentent de les intégrer au système de transport actuel, testant ces véhicules pour une desserte du premier, dernier et seul kilomètre. De plus en plus, ces navettes sont vues comme un moyen de microtransit qui pourraient desservir de courts trajets, en ajout au système de transport collectif actuel. Les tests réalisés visaient la desserte d'un court trajet où une demande en transport en commun est présente, un court trajet entre différentes attractions ou un court trajet pour amener vers ou depuis un mode de transport lourd (métro, train, etc.). Dans la région de Montréal, plusieurs projets pilotes ont été réalisés afin de tester cette technologie :

1. Projet ville de Candiac (2018) ;
2. Projet parc Olympique (2018) ;
3. Projet Ville de Montréal (2019).

Des individus pourraient se demander pourquoi les projets pilotes ont été arrêtés. Il est important de comprendre la complexité de mettre en application ces projets, autant d'un point de vue économique, que d'un point de vue technique. La réalisation d'un tel projet pilote nécessite un budget très élevé, à la hauteur d'un million de dollars. De plus, le processus d'approbation est extrêmement long et varie entre six et huit mois. De plus, l'autonomie d'une navette dépend de sa capacité à se connecter à son environnement, dont les feux de circulation et les arrêts. Ceux-ci doivent être intelligents afin de permettre au véhicule de s'y connecter. Aussi, la navette s'arrête aux arrêts, mais est présentement incapable de juger à qui revient la priorité

pour circuler. Elle se contente donc de s'arrêter et un opérateur à bord se doit de lui donner l'autorisation de reprendre sa route. Malgré ces obstacles, des projets pilotes continuent à être réalisés afin de permettre aux villes de se positionner quant à l'utilisation de cette technologie et aux fournisseurs et opérateurs de tester les véhicules et les développer. Entre autres, un projet additionnel a été réalisé par la Ville de Montréal, dans l'arrondissement de Rosemont-La Petite-Patrie, en 2021 et 2022.

De nombreux enjeux ont également été relevés en lien avec le transport de marchandises. Les villes traitent ces enjeux de façon différente, selon les priorités de chacune. Au Chapitre 3, plusieurs initiatives réalisées par différentes villes dans le monde ont été présentées. Les pays concernés sont l'Allemagne, l'Australie, la Suisse et la Suède. D'autres pays se sont intéressés aux problématiques liées au transport de fret, mais ces quatre pays avaient achevé des expérimentations concrètes, en tirant des conclusions claires et justifiées.

La Ville de Montréal a également une liste d'initiatives réalisées afin de répondre aux enjeux du transport de marchandises. Elle a adopté la Stratégie de livraison urbaine à Montréal, d'où découlait plusieurs projets pilotes, dont le projet Colibri. Ce projet consistait à créer un entrepôt pour stocker la marchandise au centre-ville de Montréal et d'effectuer la desserte du dernier kilomètre par vélo-cargo. Ce projet, réalisé à l'automne 2019, impliquait de nombreuses parties prenantes, du secteur public et du secteur privé. Les données obtenues suite à la réalisation de ce projet n'ont pas toutes été rendues publiques. Ceci est le cas pour plusieurs données en lien avec la logistique urbaine et cette situation s'explique par la grande implication du secteur privé dans ce système de transport. Pour des raisons de compétitivité, les acteurs du domaine protègent leurs données.

Afin d'avoir un portrait clair de la logistique urbaine à Montréal, des rencontres ont été nécessaires avec les acteurs du milieu. Ces rencontres ont eu lieu sous forme de neuf (9) ateliers, répartis selon des thèmes :

10. Projet Colibri

11. Opportunités et initiatives de logistique urbaine

- 12. Aspects techniques d'un centre de distribution urbaine (CDU)
- 13. Possibilité d'implantation d'un CDU au terminus du centre-ville
- 14. Événement public par GRAME – vélo-cargo
- 15. Données
- 16. Aspects techniques (CDU)
- 17. Aspects techniques (CDU)
- 18. Aspects techniques (CDU)

Les premiers ateliers ont été planifiés en se basant sur de l'information déjà accessible, permettant de sélectionner les acteurs concernés. Il s'agissait de rencontrer les responsables du dossier de la Stratégie de livraison urbaine à Montréal, des experts de la Ville de Montréal et des experts de Jalon^{mtl}. Les premiers ateliers ouvraient la porte vers d'autres questionnements qui ont permis l'organisation des ateliers suivants. L'information recueillie à travers ces ateliers était très riche et cela a permis la rédaction de l'article 2, au Chapitre 6. Ces ateliers ont été détaillés au Chapitre 6, à la section 6.3.

En réponse aux problématiques liées aux activités de camionnage, l'objectif de la thèse était de proposer des alternatives pour le processus de livraison, qui pourraient réduire les impacts dus aux activités de camionnage. Le projet proposé au Chapitre 7 tente de présenter une solution à la problématique actuelle du camionnage. Il faut comprendre que le secteur du transport de marchandises implique de nombreuses parties prenantes provenant du secteur privé. Bien que les gouvernements puissent opter pour des modèles de logistique urbaine uniquement pour leurs avantages environnementaux, le secteur privé s'intéresse aussi aux bénéfices économiques. Ainsi, étant donné que le modèle proposé a pu prouver son efficacité, plusieurs parties prenantes pourraient s'impliquer dans ce modèle et être prêtes à tester cette nouvelle façon de faire. C'est en effet, la principale raison pour laquelle la thèse tentait de démontrer l'efficacité du Projet en trois phases.

Par ailleurs, le projet présente des limites et des incertitudes. Tout d'abord, du côté opérationnel, le projet est non adapté pour tous les types de marchandises, ce qui limitera la clientèle pour un tel projet. Ensuite, les conditions météorologiques du Québec risquent d'avoir un impact sur la performance du modèle. Ceci peut affecter la Phase III, qui implique des vélos-cargo. Toutefois, il est à noter que le projet Colibri, utilisant des vélos-Cargo pour la desserte du dernier kilomètre, a connu un succès lors de la première saison de test en octobre 2019. Les responsables du projet ont donc décidé de prolonger le projet pilote pour tester ce modèle à l'hiver 2020. Le projet a pu prouver son efficacité même en hiver. Enfin, il apparaît que les parties prenantes ont une volonté de tester des modèles de livraison alternatifs au modèle classique, soit le modèle de livraison par camion. Toutefois, il existe un frein à l'avancement de ces modèles de projet, la peur d'être le premier. L'incertitude sur l'acceptabilité sociale des alternatives au modèle classique ralentit la prise de position des instances gouvernementales. L'acceptabilité sociale est un facteur très important dans la réussite d'un tel projet et la meilleure façon d'aller chercher cette acceptabilité est de présenter une application de la théorie au citoyen.

Le Projet en trois phases a été appliqué à la réalité de la région de Montréal. Son efficacité a pu être démontrée puisqu'en milieu dense, la congestion est très présente, affectant ainsi le temps de transport et de livraison des marchandises. Dans la région de Montréal, les enjeux de congestion sont de plus en plus grandissants et les camions transportant la marchandise subissent les impacts de cette congestion et accentuent, par le fait même, les problématiques liées à la congestion. La congestion ralentit donc la circulation et les mouvements des véhicules lourds, ce qui impacte directement l'efficacité du transport de marchandises par le modèle classique, soit la livraison par voies routières (camions). Le modèle réparti en trois phases permet d'éviter cette congestion en milieu dense par le biais des phases II et III puisque la marchandise est acheminée au centre-ville par un mode de transport collectif non affecté par le trafic (Phase II). Ensuite, la marchandise est transportée jusqu'à sa destination finale par un mode de transport actif (vélo-cargo) ayant un petit volume et dont le déplacement est plus facile lors de la congestion (Phase III). Le vélo-cargo a également une plus grande facilité de trouver un stationnement et une capacité de se stationner plus proche de l'adresse de livraison

que le camion. Ces facteurs justifient l'efficacité du modèle, malgré la manutention plus importante requise pour appliquer les trois phases du modèle.

Tel qu'expliqué dans la thèse, l'efficacité en transport de marchandises est évaluée par le temps requis pour effectuer une activité/tâche, c'est-à-dire, le volume de marchandises transporté par heure. Dans un contexte de ville peu dense, la congestion n'est pas importante. Les camions peuvent circuler sans être impacté (ou peu) par la congestion. Ceci signifie qu'un véhicule lourd peut circuler à plus haute vitesse qu'un vélo-cargo, transporter plus de marchandises et trouver facilement un stationnement à proximité de l'adresse de livraison. L'efficacité du modèle risque donc d'être différente dans un milieu non dense pour la phase III, la livraison par vélo-cargo.

D'un autre côté, toujours en considérant un milieu peu ou non dense, un mode de transport collectif, se déplaçant sur une voie réservée uniquement à lui-même, circulera plus rapidement qu'un camion partageant la même route que d'autres usagers. D'autant plus, il a été démontré, au Chapitre 7, qu'un mode de transport lourd, tel que le Réseau express métropolitain (REM), peut transporter un volume de marchandises beaucoup plus important que le camion en une heure. Ceci signifie que la phase II du modèle peut prouver son efficacité en milieu dense, peu dense ou même non dense.

Ceci nous mène à la conclusion que la phase II du Projet en trois phases est la phase dans laquelle le plus grand nombre de marchandises peut être transporté. Ainsi, cette phase représente la phase la plus importante du modèle. Étant donné que la phase II prouverait son efficacité en milieu dense, peu dense ou non dense, on peut supposer que le modèle peut être appliquée dans des villes ayant des densités variées. Cependant, le modèle dépend d'un mode de transport lourd (train, métro, bus rapide) et donc, le modèle est uniquement applicable dans une ville ayant ce type de transport collectif. Rappelons que le modèle étudié propose d'effectuer le transport de marchandises en trois phases :

- Phase I : transporter la marchandise des entrepôts en périphérie jusqu'aux terminus d'un mode de transport lourd par camions
- Phase II : transporter la marchandise jusqu'au centre-ville par le mode de transport lourd
- Phase III : transporter la marchandise vers sa destination finale (transport du dernier kilomètre).

CONCLUSION

Les enjeux de transport sont nombreux et à plusieurs niveaux. Toutefois, le transport occupe une place prédominante dans notre quotidien et impacte directement nos habitudes de déplacement. Le transport a également sa part dans le développement d'une ville puisqu'il a des impacts aux niveaux environnementaux, économiques et sociaux. Le transport ne se limite pas aux déplacements quotidiens des individus. Il existe différents types de transport. Cette thèse étudiait le transport des individus ainsi que le transport des marchandises.

Il y a un partage adéquat de la route qui doit être maintenu afin d'assurer un environnement sécuritaire pour les différents usagers de la route. Les usagers sont nombreux : piétons, cyclistes, motocyclistes, automobilistes, conducteurs de véhicules lourds, autobus scolaires, véhicules de transport en commun. Afin de faciliter le partage de la route, le Code de la sécurité routière impose des gestes à chacun des utilisateurs de la route, tels qu'utiliser les clignotants, utiliser le code gestuel (cycliste), céder le passage lorsqu'il y a obligation, etc.

En plus des gestes imposés par le Code de la sécurité routière, il existe des gestes volontaires, mais nécessaires afin de permettre un usage de la route harmonieux, sécuritaire et respectueux pour tous, comme le respect et la tolérance envers les usagers, garder une distance sécuritaire ou faire un geste d'excuse lors d'une erreur. Bien évidemment, les mauvaises pratiques sont à éviter afin d'assurer une sécurité sur les routes, telles que les conversations tendues entre usagers, conduire lorsqu'on est nerveux, fatigué, sous l'effet de médicament, drogue ou alcool.

Une attention particulière doit être portée aux usagers vulnérables, soit les motocyclistes, cyclistes et piétons. Un conducteur de véhicule a la responsabilité d'adopter des habitudes de conduite sécuritaires en présence d'usagers vulnérables. Le partage sécuritaire de la route requiert que chaque usager connaisse son rôle et ses responsabilités. Les autobus municipaux et scolaires sont également un cas à gérer différemment. Ces derniers font des arrêts fréquents pour embarquer et débarquer des passagers et il faut demeurer vigilant en leur présence.

Les véhicules lourds, pour leur part, sont un cas spécial. Leur volume est important et ils ont des angles morts beaucoup plus grands que les autres véhicules. Ces zones sont non visibles aux conducteurs de véhicules lourds et peuvent présenter un grand danger pour les autres usagers de la route.

Les statistiques présentées dans cette thèse ont démontré que les véhicules lourds présentent de nombreux enjeux au niveau de la sécurité. Notamment, en raison des angles morts importants des véhicules lourds, indiqués à la Figure 9.1, ils sont souvent impliqués dans des accidents avec des usagers vulnérables. Le Bilan routier de la Société de l'assurance automobile du Québec (SAAQ) de 2022 indique, entre autres, une augmentation notable du nombre d'accidents impliquant un véhicule lourd (13,2%) et du nombre de décès survenus suite à un accident impliquant un véhicule lourd (17,3%). Malgré cette réalité, les véhicules lourds sont indispensables pour assurer le transport des marchandises en ville puisque le transport de biens dépend majoritairement du transport routier. Le secteur du transport de marchandises est un grand fournisseur et créateur d'emplois.

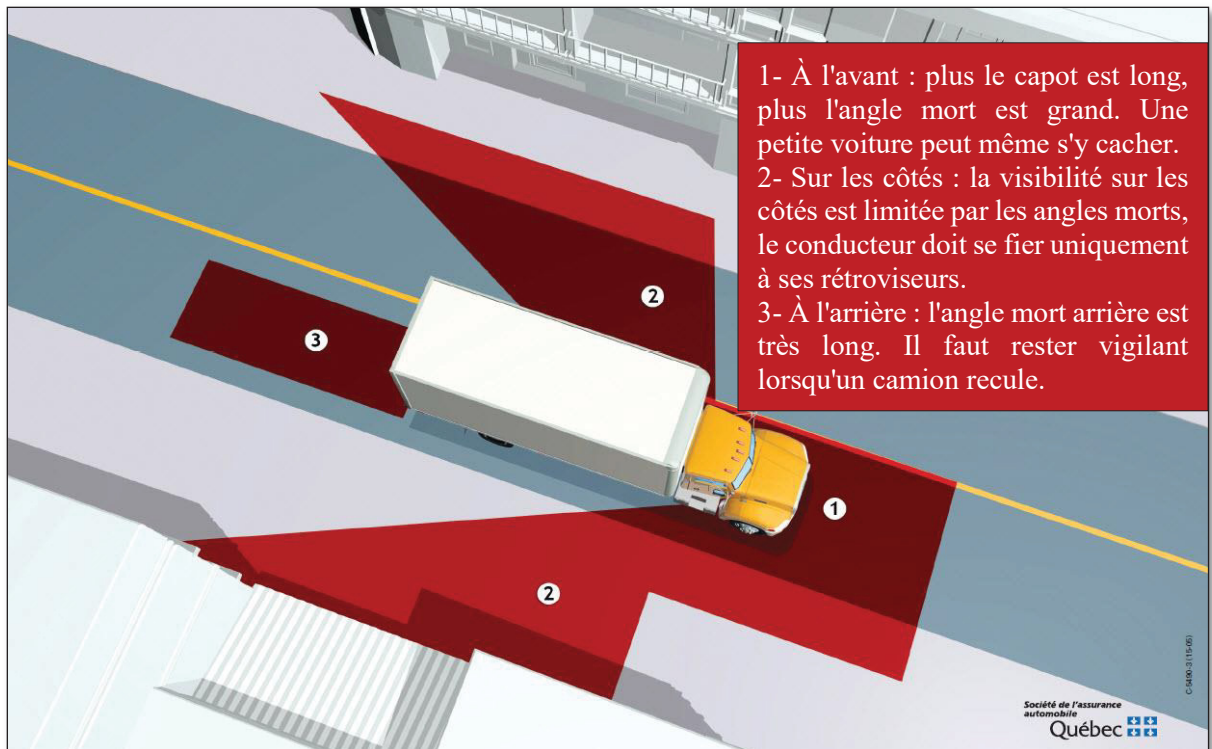


Figure 9.1 Les angles morts d'un véhicule lourd
Adaptée de : Société de l'assurance automobile du Québec – SAAQ (2016c)

Bien que nécessaire au développement économique des villes, le secteur du transport de marchandises crée de nombreux enjeux environnementaux et de qualité de vie. Il produit énormément de CO₂, spécifiquement le transport par véhicule lourd. Le secteur du transport de marchandises mise beaucoup sur le transport routier, c'est-à-dire un transport par camions. La plupart des véhicules lourds sont propulsés par des moteurs fonctionnant à l'essence ou au carburant diesel. Le moteur diesel est favorisé pour les véhicules faisant de longues distances puisqu'il est le plus efficace. Ces types de moteur participent largement à la pollution de l'air, affectant la santé et la qualité de vie de la population.

Il existe des actions ou solutions pouvant être envisagées pour réduire l'impact environnemental du transport routier de marchandises. Il s'agit d'actions pouvant être réalisées par les conducteurs de camion ou compagnies de transport. Ces actions sont simples, telles que

couper le moteur lorsque le véhicule n'est pas en marche, maintenir une vitesse constante et entretenir les véhicules de transport. Ces actions peuvent réduire les émissions de CO₂, mais cela ne suffit pas. Il est important d'identifier des mesures et des prises de position claires à l'atteinte de cet objectif. Un rapport du Sénat français, réalisé en 2021, présente quatre (4) grands axes pouvant aider à diminuer l'empreinte environnementale du transport de marchandises. Parmi les méthodes proposées dans le rapport du Sénat, trois (3) sont retenues pour le développement des travaux de cette thèse, soit :

1. La complémentarité des différents modes de transport;
2. Le recours au ferroviaire et au fluvial;
3. La mutualisation des livraisons du dernier kilomètre.

Les villes et pays traitent les problématiques liées au transport de marchandises et au camionnage de façons différentes et cela est dû aux différentes réalités et priorités des villes. D'autant plus, les développements se font à des niveaux différents. Cette différence a pu être observée en étudiant le cas de pays (villes) diversifiés, dont :

- L'Australie;
- L'Allemagne;
- La Suède;
- La Suisse.

Malgré la gestion différente de la logistique urbaine, il a été observé que le transport de marchandises réalisé par voie routière représente le plus gros enjeu et que les villes tentent de proposer des méthodes pouvant réduire le nombre de véhicules lourds dans les milieux denses.

Par ailleurs, bien que le transport de marchandises engendre des problématiques, il demeure nécessaire pour le ravitaillement des villes. Dans ce contexte, la thèse tentait de répondre à la question suivante : Quelle forme devrait prendre la logistique urbaine de demain à Montréal et sa région?

L'objectif principal de la thèse était de déterminer les moyens permettant la cohabitation et l'intégration des différents modes et systèmes de transport. Le travail autour de cette thèse ne voulait pas uniquement présenter un modèle de partage de la route équitable et sécuritaire, mais, au-delà de cela, pousser la réflexion vers des moyens pouvant transporter des personnes et des marchandises à la fois et de prouver l'efficacité de ce scénario.

Afin de pouvoir arriver à cette proposition, la méthodologie utilisée était basée sur la méthode *Recherche-intervention*. Il s'agit d'une forme empirique de recherche qui a pour but d'intervenir sur une problématique. La recherche empirique est une technique qui s'appuie sur l'observation et l'expérience, plutôt que sur la théorie. La méthodologie utilisée a été inspirée par les devis méthodologiques présentés dans le document intitulé *La méthodologie de recherche dans un contexte de recherche professionnalisante : douze devis méthodologiques exemplaires*, écrit par Pierre Paillé.

D'abord, il y a eu un travail de recherche approfondi afin de comprendre et présenter la réalité et les enjeux liés au transport. Le travail de recherche a été accompagné par des ateliers avec des experts du milieu du transport. Neuf (9) ateliers ont été réalisés selon des thèmes différents :

1. Projet Colibri
2. Opportunités et initiatives de logistique urbaine
3. Aspects techniques d'un centre de distribution urbaine (CDU)
4. Possibilité d'implantation d'un CDU au terminus du centre-ville
5. Événement public par GRAME – vélo-cargo
6. Données
7. Aspects techniques (CDU)
8. Aspects techniques (CDU)
9. Aspects techniques (CDU)

Ces ateliers avaient pour but d'échanger avec des professionnels de la logistique urbaine, ainsi que des citoyens (atelier 5), afin de recueillir des informations provenant d'expériences vécues.

La sécurité routière a été traitée dans le Chapitre 2. Les impacts environnementaux et de qualité de vie ont été présentés au Chapitre 3 et la réalité de la logistique urbaine à travers le monde a été exposée dans le Chapitre 4. Ces trois chapitres ont permis, d'abord, d'élaborer la problématique liée au transport de fret et d'évaluer les différents angles de la problématique, soit les enjeux de sécurité routière et les impacts sur l'environnement et la qualité de vie et, ensuite, de comprendre comment des villes dans le monde gèrent leur logistique pour répondre à cette problématique.

Par la suite, deux articles ont été rédigés pour répondre aux objectifs spécifiques, soit :

1. De produire une analyse et étude du système de transport de personnes dans un milieu urbain dense, comme le cas de plusieurs villes dans la région métropolitaine de Montréal;
2. De présenter le système de transport de marchandises dans les milieux denses de la région métropolitaine de Montréal.

Ces articles se retrouvent respectivement aux Chapitre 5 et Chapitre 6 :

Au Chapitre 5, il y a eu une élaboration sur le système de transport de personnes à Montréal. Cela a été présenté à travers le premier article intitulé *Toward an integrated mobility of passenger transport*. Cet article a exposé l'offre de service du transport de personnes dans la Région de Montréal en présentant le métro de Montréal, le Réseau express métropolitain (REM), le Service rapide par bus Pie-IX (SRB Pie-IX), le Lien électrique Est-Ouest (Léao) projeté de la Rive-Sud, le premier/dernier/seul kilomètre et le réseau routier de la Région de Montréal. Ensuite, il y eu une présentation des avancées technologiques, des développements sur les mentalités et visions, des nouvelles planifications en lien avec le transport d'individus et les nouvelles formes de mobilité qui prennent forme, telles que le microtransit, la mobilité intégrée ou Mobility as a Service (MaaS) et les véhicules connectés, automatisés et autonomes.

Pour compléter cette partie, les enjeux liés au transport d'individus ont été décrits, incluant les enjeux législatifs liés aux développements technologiques. Pour terminer, des initiatives réalisées à Montréal et Candiac ont été présentées avec une ouverture sur l'opportunité de l'utilisation des nouvelles technologies dans la planification d'un système de transport intégré et complémentaire, entre autres, les véhicules autonomes. Ce travail était le fruit de recherches approfondies afin d'avoir une compréhension claire et complète de l'offre existante du transport de personnes. L'article introduisait les navettes autonomes en les présentant comme une opportunité à intégrer au système de transport collectif pour faire la desserte du premier/dernier kilomètre du transport en commun et ainsi encourager l'utilisation de celui-ci.

Le deuxième article, présenté au Chapitre 6, est intitulé *Development of an urban distribution center*. Il présentait le système de transport de marchandises dans les milieux denses de la région métropolitaine de Montréal. L'article a décrit les nombreux enjeux et défis reliés au transport de marchandises à différents niveaux : économique, social, de sécurité, esthétique, administratif. Différentes initiatives à travers le monde ont été présentées avant de développer des scénarios de solutions possibles pour la gestion de la logistique urbaine dans un milieu dense à Montréal. Les travaux de cet article étaient le résultat d'une recherche qualitative, basée sur de la littérature et des observations réalisées sur le site du terminus Mainsfield. Plusieurs données et informations ont été recueillies à travers les neuf ateliers réalisés avec des experts en logistique urbaine. Des données reposaient également sur des observations de terrain ou des résultats d'expériences réelles. Les ateliers étaient planifiés en fonction de thèmes spécifiques. Ces rencontres individuelles et de groupe ont permis de comprendre les aspects techniques requis pour la mise en place d'un Centre de distribution urbaine (mise en place, fonctionnalité, coûts liés à l'implantation de ce centre de distribution urbaine), les différents points à considérer pour cette implantation et de bénéficier d'un partage de données. Ces ateliers ont permis de cibler un terrain, le Terminus Mansfield, et d'y proposer l'aménagement d'un Centre de distribution urbaine (CDU). Un scénario a été retenu pour l'analyse de faisabilité. L'analyse a inclus :

1. une étude de circulation;
2. une analyse des parties prenantes et gouvernance;
3. l'analyse d'usages complémentaires pour rentabiliser l'utilisation de l'espace;
4. une étude économique;
5. une présentation de la performance et des avantages du projet.

L'analyse a démontré que l'implantation d'un centre de distribution urbaine au Terminus Mainsfield présentait une réelle opportunité.

L'élaboration des objectifs spécifiques de la thèse, soit la présentation du système de transport de personnes et la présentation du système de transport de marchandises, avait pour but d'expliquer plus précisément l'état actuel du transport et les enjeux qui s'y rattachent, autant pour le transport de personnes que pour le transport de marchandises. La rédaction des articles 1 (Chapitre 5) et 2 (Chapitre 6) a été une ouverture aux travaux de l'article 3 (Chapitre 7), qui répondait à l'objectif principal : déterminer les moyens permettant la cohabitation et l'intégration des différents modes et systèmes de transport.

Le sujet traité au troisième article (Chapitre 7), est la consolidation du transport de personnes et de marchandises. La consolidation des systèmes de transport présente plusieurs potentiels, le plus important étant l'utilisation des modes de transport à leur pleine capacité. Actuellement, les infrastructures et véhicules du transport collectif ne sont pas utilisés à pleine capacité. Au cours d'une journée, il existe plusieurs heures creuses et heures de non-service. Ces périodes présentent une opportunité pour l'intégration du transport de marchandises dans le système du transport collectif. Ceci permettrait de réduire les mouvements de camions sur les routes et, donc, de réduire les impacts associés au camionnage. Toutefois, le plus grand obstacle à cette consolidation serait la présence de plusieurs parties prenantes dans les systèmes de transport, privé et public. Les organisations privée et publique fonctionnent de manières différentes aux niveaux de la planification, de l'exploitation, de la prise de décision, de la mise en œuvre et de la gestion administrative. Les délais de traitement sont également importants entre les deux secteurs.

Au Chapitre 7, les cas des villes de Karlsruhe et de Frankfurt, en Allemagne, ont été analysés afin d'apprendre de ces expériences, qui utilisaient des tramways existants pour transporter de la marchandise. La recherche et l'analyse de ces cas a permis d'étudier et présenter une opportunité de projet dans la région de Montréal. Ce projet se basait sur l'utilisation des infrastructures du Réseau express métropolitain (REM).

Un scénario a été proposé, il s'agit d'un projet en trois (3) phases :

- Phase I : transport de marchandises par véhicules lourds;
- Phase II : transport de marchandises par REM (le REM étant un système de transport de personnes);
- Phase III : transport de marchandises par vélo-cargo.

La phase I consiste à transporter la marchandise d'un centre de distribution urbaine (CDU) en périphérie aux quatre (4) terminus du Réseau express métropolitain (REM). Ce transport se fait par voie routière, par des véhicules lourds. L'impact des véhicules lourds est moins important dans les secteurs peu denses que dans les milieux denses comme les secteurs centraux. Donc, l'utilisation des camions dans cette phase du projet avait des impacts moins importants que si les camions étaient utilisés en milieux denses.

La phase II consiste à transporter la marchandise vers les secteurs centraux par le Réseau express métropolitain (REM), un moyen de transport collectif mis en place pour transporter des passagers. L'utilisation d'une infrastructure existante renforce l'efficacité et l'utilité de cette infrastructure. Le transport des biens se fera durant les heures de non-opération afin d'éviter de transporter des biens et des passagers dans un même voyage. Afin d'évaluer l'efficacité du transport par le REM, une comparaison a été réalisée entre le transport par camion et le transport par train du REM. Dans le domaine du transport de fret, l'efficacité est basée sur le temps. Dans cette phase, la comparaison a été faite pour la charge maximale transportée par heure pour les deux méthodes de transport, camion et REM. L'analyse a été

réalisée pour des simulations de trajets partant des quatre (4) terminus du REM à la Gare Centrale, située au centre-ville de Montréal. Les trajets de camions ont été calculés en utilisant le temps estimé par Google Map pour des trajets partant des terminus à la Gare centrale. Le poids transporté par heure, par le REM, dépasse de loin celui transporté par camion. Les données sont présentées au Tableau 9.1. Les données obtenues démontrent l'efficacité du transport de marchandises par le REM.

Tableau 9.1 Poids moyen transporté par heure (kg/h), par REM et par camion

Route	REM	Camion
Deux-Montagnes à Gare Centrale	307 059 kg/h	47 071 kg/h
Anse-à-l'Orme à Gare Centrale	307 059 kg/h	54 438 kg/h
YUL-Aéroport-Montréal-Trudeau à Gare Centrale	401 538 kg/h	86 416 kg/h
Brossard à Gare Centrale	652 500 kg/h	108 832 kg/h

La phase III consiste à transporter la marchandise par vélo-cargo vers la destination finale. Lorsque la marchandise arrive dans les secteurs centraux, il reste la livraison du dernier kilomètre, soit vers la destination finale. Ce transport peut se faire par vélo-cargo, un moyen de transport carboneutre et utilisant peu d'espace sur la route. Pour étudier l'efficacité de cette phase, il a fallu comparer l'étape de manutention pour le transport par vélo-cargo et le transport par camion. Cette analyse avait pour but de calculer le temps nécessaire à la livraison d'un colis et le délai total (délai d'acheminement du colis ajouté au temps de traitement par colis) pour les deux modèles de livraison : livraison par camion et livraison par vélo cargo. La méthode de Monte Carlo a été utilisée pour calculer ces temps.

Les résultats de l'analyse à travers la méthode Monte Carlo ont démontré que le temps de livraison par colis est moindre par vélo-cargo (3,62 minutes) par rapport à celui réalisé par camion (3,75 minutes). Pour une journée typique de 150 colis, le temps total de livraison est

de 585 minutes pour une livraison par vélo-cargo et de 600 minutes pour une livraison par camion. Le modèle proposé à la phase III est donc plus efficace que la livraison par camion.

Dans le modèle de livraison en trois phases, il a été démontré dans les phases II et III que le modèle proposé est plus efficace que le modèle de livraison classique, la livraison par camion. Cette démonstration vient répondre à l'objectif principal de la thèse qui est de consolider les systèmes de transport de personnes (le REM) et le transport de marchandises (véhicules lourds et vélos-cargo), tout en offrant un service plus efficient et performant et en respectant les objectifs de développement durable et de sécurité routière.

Ce projet de consolidation du transport de personnes et de marchandises est un moyen innovateur de répondre à différents enjeux. Il permet aussi de financer le transport collectif. L'argent recueilli par les transporteurs privés qui utiliseront les trains du Réseau express métropolitain (REM) permettra de contribuer aux dépenses nécessaires au fonctionnement du REM et autres moyens de transport collectif. De plus, le transport de marchandises à travers le REM, des banlieues vers le centre-ville, permet de diminuer le nombre de véhicules lourds sur les routes des milieux denses, ce qui réduira la pression sur les routes et, donc, augmentera la durée de vie de celles-ci.

Ce projet ne devrait pas se limiter à un projet de recherche. Il est reproductible dans tous les milieux où existe un bon réseau de transport en commun. Son application peut être gagnante et bénéfique sur plusieurs niveaux, soit aux niveaux :

- Économique :
 - Transport par REM plus rapide que par camion, plus de marchandises transportées dans un même voyage, donc plus rentable (secteur privé);
 - Aiderait à financer le transport collectif (secteur public).
- Environnemental :
 - Moins de camions sur les routes, moins de congestion, baisse de la pollution;

- Moins de pression sur les routes, donc une durée de vie des routes plus longue.

Il est recommandé de mettre en application le projet en trois (3) phases par l'intermédiaire d'une période test, c'est-à-dire en réalisant un projet pilote. Ce projet permettrait de tester la théorie étudiée et de valider son efficacité. De plus, les segments du REM ne sont pas encore tous livrés et fonctionnels. Ceci signifie que le projet pilote pourrait être réalisé sur un segment avant son ouverture au public. Ces tests pourraient valider l'efficacité du modèle de façon pratique. De plus, cela permettrait de recueillir des données et développer le modèle.

LISTE DE RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Actu-Transport-Logistique.fr. 2020. *Francfort teste le tram pour livrer les colis*. En ligne.
< <https://www.actu-transport-logistique.fr/supply-chain/francfort-teste-le-tram-pour-livrer-les-colis-553065.php> >.
- Agence de mobilité durable. 2022-a. *Workshop #9*. 2 février 2022.
- Agence de mobilité durable. 2022-b. *Terrain 184 Saint-Jacques*. En ligne.
< <https://www.agencemobilitedurable.ca/fr/trouver/terrain-de-stationnement.html> >.
- Agence Nationale de la Sécurité des Systèmes d'Information. 2018. *Les véhicules automatisés face à la menace de nature « cyber »*. Conference at Forum sur les véhicules automatisés de l'AQTr. En ligne.
< https://aqtr.com/system/files/file_manager/9h_sadio_ba_atelier_1.pdf >.
- AgoraMontréal. 2021. *REV Axe 2 – Viger / Saint-Antoine – Saint-Jacques*. En ligne.
< <https://forum.agoramtl.com/t/rev-axe-2-viger-saint-antoine-saint-jacques/1681/5> >.
- Angen & Grond. 2014. *Greening the Goods*. En ligne.
< <https://www.pembina.org/reports/greening-the-goods.pdf> >.
- Allo, M & Abarco, C. 2021. *COP26 : réduire l'impact environnemental du transport de marchandises, un problème complexe qui implique toute la société*. En ligne.
< <https://www.rtbef.be/article/cop26-reduire-limpact-environnemental-du-transport-de-marchandises-un-probleme-complexe-qui-implique-toute-la-societe-10875590#> >.
- Amazon. 2019. *Le fourgon Amazon Prime qui sera fabriqué par Rivian*. En ligne.
< <https://www.lapresse.ca/auto/voitures-electriques/2019-09-19/amazon-commande-100-000-fourgons-electriques-a-rivian> >.
- Amilcar & Turgeon. 2018. Dans Publication de l'Association Québécoise des transports revue Routes et transports – Vol 47 num 2, Full 2018. *Cinq solutions pour accueillir 300 bus supplémentaires à la STM*. (p.24 à 27).
- APUR. 2011. *Le projet TramFret*. En ligne.
< https://www.apur.org/sites/default/files/documents/APBROAPU534_0.pdf >.
- Arcoragi, J.-P. & Kargas, C. 2017. Dans Publication de l'Association Québécoise des transports revue Routes et transports – Vol 46 num 2, October 2017. *Les enjeux sociaux et économiques de légiférer en temps opportun*. (p.43 à 46).
- ARTM. 2022. *Workshop #8*. 31 janvier 2022.

ARTM. 2021. Entrevue avec une source de l'ARTM, 2 septembre 2021.

Asaad, D. 2021. Observations et exploration du site par *Dina Asaad*. 14 juillet, 21 août et 3 septembre 2021.

Assemblée nationale du Québec. 2018. *Projet de loi 165*. En ligne. < <http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=5&file=2018C7F.PDF> >.

Australian Government. n.d.-a. *Understanding Inland Rail*. En ligne. < <https://www.inlandrail.gov.au/understanding-inland-rail> >.

Australian Government. n.d.-b. *Building and planning*. En ligne. < <https://www.inlandrail.gov.au/understanding-inland-rail/building-and-planning> >.

Australian Government. n.d.-c. *Why Inland Rail*. En ligne. < <https://www.inlandrail.gov.au/understanding-inland-rail/why-inland-rail> >.

Balmana, Cloutier, Dyotte & Houde. 2018. Dans Publication de l'Association Québécoise des transports revue Routes et transports – Vol 47 num 2, Full 2018. *À Candiac, les efforts conjoints de différents acteurs du transport font naître le premier projet pilote de navette autonome électrique sur voie publique en trafic mixte au Canada*. (p.19 à 23).

Barrieau & Richard. 2017. Dans Publication de l'Association Québécoise des transports revue Routes et transports – Vol 46 num 1, March 2017. *Le réseau électrique métropolitain, un projet plus que centenaire*. (p.35 à 38).

Barsoum, Côté & Monla. 2018. Dans Publication de l'Association Québécoise des transports revue Routes et transports – Vol 47 num 2, Full 2018. *L'internet des objets et l'intelligence artificielle – mettre les technologies émergentes au service de la mobilité*. (p.117 à 121).

Berger S. 2018. *Interview January 2018*. Téléphone : (514) 392-0909 poste 4500. Courriel : steve.berger@casino.qc.ca

Blouin, P. 2017. Dans Publication de l'Association Québécoise des transports revue Routes et transports – Vol 46 num 1, March 2017. *Quand intégrer des véhicules électriques dans les entreprises québécoises devient possible*. (p.44 à 46).

Boisvert, S. 2017. Dans Publication de l'Association Québécoise des transports – revue Routes et transports – Vol 46 num 2, October 2017. *Les défis de la connectivité en continu des véhicules intelligents et autonomes*. (p.64 à 67).

- Boitier. 2018. Dans Publication de l'Association Québécoise des transports revue Routes et transports – Vol 47 num 2, Full 2018. *L'hyperloop démystifié : marchés, applications au Canada, obstacles et perspectives*. (p.91 à 5).
- Canning. 2017. Dans Publication de l'Association Québécoise des transports revue Routes et transports – Vol 46 num 1, March 2017. *Le sommet mondial des transports publics de l'UITP – la nécessité de mener la transition*. (p.124 à 127).
- Caisse de dépôt et de placement du Québec. 2017a. *REM-Séance d'information sur l'ambiance sonore à Ville de Mont-Royal*. En ligne. < http://www.ville.mont-royal.qc.ca/sites/default/files/documents/presentation_rem.pdf >.
- Caisse de dépôt et de placement du Québec. 2017b. *Réseau express métropolitain*. En ligne. < https://www.cdpqinfra.com/fr/reseau_electrique_metropolitain >.
- CCMTA. 2016. *Automated vehicles in Canada*. En ligne. < https://ccmta.ca/images/publications/pdf//CCMTA_WhitePaper_Automated_Vehicles_in_Canada_2017.pdf >.
- CCI France Allemagne. 2021. *L'Allemagne : leader mondial en logistique*. En ligne. < <https://www.se-developper-en-allemande.fr/lallemagne-leader-mondial-en-logistique/> >.
- Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux du Centre-Sud-de-l'Île-de-Montréal. 2017. *Le bruit et la santé : état de situation, Île de Montréal*. En ligne. < <http://collections.banq.qc.ca/ark:/52327/3088154> >.
- Chanut, O. & Paché, G. & Wagenhausen, F. 2012. *Logistique urbaine: nouveaux enjeux, nouveaux acteurs, nouveaux schémas*. From the article *Logistique urbaine : refonder les logiques d'intermédiation dans Management & Avenir* 2012/1 (n° 51), pages 186 to 207. En ligne. < <https://www.cairn.info/revue-management-et-avenir-2012-1-page-186.htm?contenu=plan#s2n2> >.
- Chamberland & Turgeon. 2019. Dans Publication de l'Association Québécoise des transports revue Routes et transports – Vol 48 num 1, Spring 2019. *16 milliards de dollars d'investissements à la STM – les réseaux du métro et des bus entrent dans une imposante phase de développement*. (p.17 à 21).
- Chambre de l'assurance de dommages (ChAD). 2000-2019. *La voiture autonome au Québec*. En ligne. < <http://www.chad.ca/fr/membres/pratique-professionnelle/industrie-enjeux-et-specialites/nouvelles-technologies/560/la-voiture-autonome-au-quebec> >.

- Charbonneau & Vayssières. 2018. Dans Publication de l'Association Québécoise des transports revue Routes et transports – Vol 47 num 2, Fall 2018. *Une nouvelle gouvernance pour le transport collectif dans la région métropolitaine de Montréal : levier pour une planification intégrée, mobilisatrice et structurante.* (p.28 à 31).
- Chevrier et Thibault. 2019. Dans Publication de l'Association Québécoise des transports revue Routes et transports – Vol 48 num 1, Spring 2019. *Révolution des transports : comment mettre en œuvre un projet pilote de navette automatisée.* (p.22 à 27).
- Citylab. 2017. *How the Microtransit movement is changing urban mobility.* En ligne. < <https://www.citylab.com/transportation/2015/04/how-the-microtransit-movement-is-changing-urban-mobility/391565/> >.
- Citylab. 2015. *BRIDJ – Connecting the City.* En ligne. < <https://www.citylab.com/transportation/2015/04/how-the-microtransit-movement-is-changing-urban-mobility/391565/> >.
- CNIL. 2018. *Navette EasyMile.* En ligne. < <https://www.ville-rail-transports.com/mobilite/experimente-navette-autonome/> >.
- Comité de soutien de la politique et de la planification (CSPP). 2018. *L'avenir des véhicules automatisés au Canada.* En ligne. < <https://comt.ca/reports/autovehicle2018-f.pdf> >.
- Comité sénatorial permanent des transports et des communications. 2018. *Paver la voie : Technologie et le futur du véhicule automatisé.* En ligne. < https://sencanada.ca/content/sen/committee/421/TRCM/Reports/COM_RPT_TRCM_AutomatedVehicles_f.pdf >.
- Communauto. n.d. *Communauto en bref.* En ligne. < <http://www.communauto.com/fr/comment.html> >.
- Conseil du patronat du Québec. 2017. *La contribution du transport des marchandises à la prospérité du Québec.* En ligne. < <https://www.cpq.qc.ca/workspace/uploads/files/etude4prosperite130317.pdf> >.
- COOP Carbone. 2022. *Workshop #7.* 28 janvier 2022.
- Coop Carbone. 2011-2021. *Qui sommes-nous? La solution à la réduction des GES.* En ligne. < <http://coopcarbone.coop/en/coop-carbone/la-coop> >.
- Corniou & Lemoigne. 2017. Dans Publication de l'Association Québécoise des transports revue Routes et transports – Vol 46 num 1, March 2017. *Le stationnement, entre commerce et répression.* (p.90 à 97).

- Couturier for Journaldesvoisins. 2021. *Projet Colibri: des livraisons sans camions dans Ahuntsic-Cartierville*. En ligne. < <https://journaldesvoisins.com/projet-colibri-des-livraisons-sans-camion-dans-ahuntsic-cartierville/> >.
- Dablanc, Savy, Veltz, Culoz, Vincent. 2017. *Des marchandises dans la ville : Un enjeu social, environnemental et économique majeur*. En ligne. < <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01627851/document> >.
- De Kemmeter, F. 2021. *Nouveau test de tram cargo à Karlsruhe*. En ligne. < <https://mediarail.wordpress.com/2021/03/15/nouveau-test-de-tram-cargo-a-karlsruhe/> >.
- De Kemmeter, F. 2020. *Projet de recherche à Francfort concernant la logistique urbaine*. En ligne. < <https://mediarail.wordpress.com/2020/05/17/projet-de-recherche-a-francfort-concernant-la-logistique-urbaine/> >.
- DHL. 2023. *DHL Packstation*. En ligne. < <https://www.dhl.de/en/privatkunden/pakete-empfangen/an-einem-abholort-empfangen/packstation.html> >.
- Duquenoy. 2017. Dans Publication de l'Association Québécoise des transports revue Routes et transports – Vol 46 num 1, March 2017. *Réduire la consommation énergétique des villes grâce aux objets connectés*. (p.79 à 82).
- Ebinger (2017). *Navette Navya*. <https://www.24heures.ch/vaud-regions/la-cote/navette-autonome-mode-seduction-cossonay/story/10880731?track>, March 20, 2019.
- European Environment Agency. 2019. *The first and last mile-the key to sustainable urban mobility*. Transport and environment report 2019 - EEA Report - No 18/2019.
- Exo. 2021. *Terminus Mansfield – Terminus d'autobus extérieur temporaire*. En ligne. < <https://exo.quebec/fr/actualites/realisations/terminus-mansfield> >.
- Federal Reserve Bank of St. Louis. n.a. *Average sales price of new manufactured homes*. En ligne. < <https://fred.stlouisfed.org/series/SPTNSAWE> >.
- FM 103.3. 2020. *Longueuil se rapproche d'un possible lien électrique sur Taschereau*. En ligne. < <http://www.fm1033.ca/longueuil-se-rapproche-dun-possible-lien-electrique-sur-taschereau/> >.
- Gaillard, C. 2022. *DPD électrifie ses flottes allemandes et britanniques*. En ligne. < <https://www.auto-infos.fr/article/dpd-electrifie-ses-flottes-allemandes-et-britanniques.249427> >.

- Generex Group. 2022. *Réduire l'impact environnemental du transport de ses marchandises*. En ligne. < <https://www.generixgroup.com/fr/blog/reduire-impact-environnemental-transport-marchandises> >.
- Genest-Laplanche. 2018. Dans Publication de l'Association Québécoise des transports revue Routes et transports – Vol 47 num 2, Full 2018. *La Politique de mobilité 2030*. (p.66 à 71).
- Global Carbon Project. 2021. *Global Carbon Budget 2021*. En ligne. < https://www.globalcarbonproject.org/global/images/carbonbudget/Infographic_Emissions2021.pdf >.
- Government of Canada. 2021a. *Motor Vehicle Safety Regulations*. En ligne. < https://laws-lois.justice.gc.ca/eng/regulations/C.R.C.%2C_c._1038/ >.
- Gouvernement du Canada. 2012. *Pollution atmosphérique associée aux gros camions et autobus*. En ligne. < <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/pollution-atmospherique/sources/transports/gros-camions-autobus.html> >.
- Gouvernement du Canada. 2001. *Les camions et les émissions atmosphériques*. En ligne. < <https://publications.gc.ca/collections/Collection/En49-24-1-53F.pdf> >.
- Government of Quebec. 1998. *Politique sur le bruit routier*. En ligne. < https://www.transports.gouv.qc.ca/fr/ministere/role_ministere/Documents/politique_bruit.pdf >.
- Gouvernement du Québec. 2023. *Circulation des véhicules lourds*. En ligne. < <https://www.transports.gouv.qc.ca/fr/entreprises-partenaires/ent-camionnage/circulation-vehicules-lourds/Pages/circulation-vehicules-lourds.aspx> >.
- Gouvernement du Québec. 2022a. *Manutentionnaires*. En ligne. < <https://www.quebec.ca/emploi/metiers-professions/explorer-metiers-professions/7452-manutentionnaires> >.
- Gouvernement du Québec. 2022b. *Superviseurs / superviseuses de services postaux et de messagerie*. En ligne. < <https://www.quebec.ca/emploi/metiers-professions/explorer-metiers-professions/1214-superviseurs-superviseuses-de-services-postaux-et-de-messageries> >.
- Gouvernement du Québec. 2022c. *Les charges sociales imputées à l'employeur pour l'année*

2022. En ligne. <

https://www.emploi Quebec.gouv.qc.ca/guide_mesures_services/02_Generalites/02_2_Charges_sociales_imputees_yeur/2_2_charges_sociales_employeur.pdf >.

Gouvernement du Québec. 2021. *Véhicule autonome*. En ligne.

< <https://www.transports.gouv.qc.ca/fr/modes-transport-utilises/vehicules-autonomes/Pages/vehicules-autonomes.aspx> >.

Gouvernement du Québec. 2018a. *Loi modifiant le Code de sécurité routière – Plusieurs mesures entrent en vigueur aujourd’hui*. En ligne. <

<https://www.transports.gouv.qc.ca/fr/salle-de-presse/nouvelles/Pages/nouvelles-mesures-code-securite-routiere.aspx> >.

Gouvernement du Québec. 2018. *Politique de mobilité durable – 2030 : Transporter le Québec vers la modernité*. En ligne. <

https://www.transports.gouv.qc.ca/fr/ministere/role_ministere/DocumentsPMD/PMD-03-cadre-intervention.pdf >.

Gouvernement du Québec. 2015a. *Profil détaillé des faits et des statistiques touchant les véhicules lourds*. En ligne. <

<https://saaq.gouv.qc.ca/fileadmin/documents/publications/espace-recherche/profil-detaille-statistiques-vehicules-lourds.pdf> >.

Gouvernement du Québec. 2013. *Guide des normes de charges et dimensions des véhicules routiers*. En ligne. < <https://www.transports.gouv.qc.ca/fr/entreprises-partenaires/ent-camionnage/charges-dimensions/Documents/Guide-normes-charges-dimensions.pdf>

>.

Gouvernement du Québec. 2011. *Politique de circulation des véhicules lourds sur le réseau municipal*. En ligne. < https://www.transports.gouv.qc.ca/fr/entreprises-partenaires/ent-camionnage/circulation-vehicules-lourds/Documents/circulation_vehiculeslourds_rrm2011.pdf

>.

GRAME – Groupe de recherche appliquée en macréologie. 2011. *Les transports urbains et le développement de la ville*. En ligne. < <https://www.grame.org/Fiche4.pdf> >.

ICTI-CITC. n.d. *Véhicules autonomes et l’avenir de l’emploi au Canada*. En ligne.

< https://www.ictc-ctic.ca/wp-content/uploads/2018/01/CTIC_vehicules-autonomes-1.pdf >.

Imprimeur du Roi pour l’Ontario. 2012-2023. *Partager la route avec d’autres usagers*. En ligne. < <https://www.ontario.ca/fr/document/guide-officiel-de-lautomobiliste/partager-la-route-avec-dautres-usagers#section-0> >.

- Inmage Lab Pte Ltd. 2019. *DHL Packstation se dresse dans une rue de Nuremberg*. En ligne. < https://fr.123rf.com/photo_120915655_nuremberg-germany-april-7-2019-dhl-packstation-stands-on-a-street-in-nuremberg-packstation-means-pac.html >.
- Institut de l'énergie Trottier. 2015. *Étude sur le microtransit : un mode de transport collectif flexible*. En ligne. < <http://iet.polymtl.ca/actualites/etude-micro-transit-mode-de-transport-collectif-flexible/> >.
- Institut du véhicule innovant. 2016. *Programme Arion-Veille sur les navettes autonomes*.
- International Transport Forum / OECD. 2019. *Co-operative Mobility Systems and Automated Driving Roundtable*. En ligne. < <https://www.itf-oecd.org/co-operative-mobility-systems-automated-driving-roundtable> >.
- Jalon. 2021. *Workshops and interviews – Jalon and Dina Asaad*.
- Jalon. 2020. *Quartier Namur-Hippodrome – Intégrer la logistique des marchandises à l'échelle d'un quartier*. En ligne. < https://ocpm.qc.ca/sites/ocpm.qc.ca/files/pdf/P107/8-21_jalon_mtl.pdf >.
- Jalon. n.d.a. *Jalon fosters the mobility of tomorrow*. En ligne. < <https://jalonmtl.org/en/> >.
- Jalon. n.d.b. *Livraison urbaine : le projet de pôle d'expérimentation est lancé*. En ligne. < <https://jalonmtl.org/lancement-experimentation-livraison-urbaine/> >.
- Jalon^{mtl}. 2021. *Workshop #2 – Initiatives in urban logistics – opportunities*. 23 juillet 2021.
- Jalon^{mtl}. 2020. *Workshop #1 – Experience of Colibri project*. 2 novembre 2020.
- Jalon^{mtl}. 2019. *Montréal propulse Jalon^{mtl}*. En ligne. < <https://jalonmtl.org/> >.
- Khalifé & Milioto. 2018. Dans Publication de l'Association Québécoise des transports revue Routes et transports – Vol 47 num 2, Full 2018. *Communiquer pour mieux gérer les impacts des chantiers*. (p.43 à 51).
- Keolis. 2018a. *Une grande première canadienne à Candiac – Projet de navette autonome électrique sur voie publique*. En ligne. < <https://www.keolis.ca/fr/une-grande-premiere-canadienne-candiac-projet-de-navette-autonome-electrique-sur-voie-publique> >.
- Keolis. 2018b. *Les expérimentations de desserte par navette autonome électrique et le développement des bus automatisés au Québec*. Conference at Forum sur les véhicules automatisés de l'AQTr. En ligne. < <https://aqtr.com/association/evenements/forum-vehicules->

[automatisees/experimentations-desserte-navette-autonome-electrique-developpement-bus-automatisees-quebec](#) >.

La Grange. 2019. *Nous sommes BIXI Montréal*. En ligne.
< <https://bixi.com/fr/qui-sommes-nous> >.

LaPresse. 2019. *Amazon commande 100 000 fourgons électriques à Rivian*. En ligne. < <https://www.lapresse.ca/auto/voitures-electriques/2019-09-19/amazon-commande-100-000-fourgons-electriques-a-rivian> >.

Lavigueur P. 2018. Conférence au bureau de la *Société de transport de Laval*. Conférence pour les étudiants en maîtrise de l'École de technologie supérieure, Juin 2018.

Lavigueur & Picard. 2017. Dans Publication de l'Association Québécoise des transports revue Routes et transports – Vol 46 num 1, March 2017. *La mobilité durable dans une Laval intelligente : intégration modale et technologies*. (p.56 à 58).

Leconte, J. 2019. *Transport de marchandises en milieu urbain : quelle intégration au système ferroviaire de Montréal ?* Master Thesis, Montreal, École de technologie Supérieure, 91 pages.

Lemieux for Journal de Montréal. 2021. *Des casiers sécurisés, la clé du succès*. En ligne.
< <https://www.journaldemontreal.com/2021/04/26/des-casiers-securises-la-cle-du-succes> >.

Le Groupe La Poste. 2019. *La logistique urbaine au service de la ville durable*. En ligne.
< https://le-groupe-laposte.cdn.prismic.io/le-groupe-laposte%2Fdd870fd9-a810-4c97-affa-8dd8dd7dc949_groupe-la-poste-cahier-logistique-urbaine-version-18avril2019.pdf >.

Le Repaire des Motards. 2020. *Véhicule autonome : les 6 niveaux d'automatisation*. En ligne. < <http://www.lereparedesmotards.com/dossiers/niveaux-conduite-autonome-automatisation-vehicules.php> >.

Les-voitures-electriques.com. n.d. *La voiture autonome, qu'est-ce que c'est?* En ligne.
< <https://www.les-voitures-electriques.com/guide/les-6-niveaux-de-voiture-autonome/> >.

MaRS Discovery District. 2016. *Assessment of the potential of "Microtransit" to drive greenhouse gas reductions in Greater Toronto and Hamilton and Greater Montréal Areas*. En ligne. < <http://iet.polymtl.ca/actualites/etude-micro-transit-mode-de-transport-collectif-flexible/> >.

[Mastroianni](#), D. 2016. *Navette Olli*. En ligne.

< <https://www.tom.travel/2016/06/17/olli-la-navette-autonome-intelligente/> >.

Medioni. 2017. Dans Publication de l'Association Québécoise des transports revue Routes et transports – Vol 46 num 1, March 2017. *Mobilité er numérique : l'opportunité pour les municipalités de taille moyenne*. (p.98 à 104).

Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs. 2024. *Transport routier*. En ligne. < <https://www.environnement.gouv.qc.ca/air/transport-routier/index.htm> >.

Mobilité Montréal. 2019. *Au travail aujourd'hui...et pour l'avenir*. En ligne. < <https://mobilitemontreal.gouv.qc.ca/etat-du-reseau/circulation/> >.

Mordor Intelligence. 2023. *Marché australien du fret et de la logistique analyse de la taille et de la part – Tendances de croissance et prévisions Jusqu'en 2029*. En ligne. < <https://www.mordorintelligence.com/fr/industry-reports/freight-logistics-market-in-australia> >.

Morency, C. 2019. Dans Publication de l'Association Québécoise des transports revue Routes et transports – Vol 48 num 1, Spring 2019. *Constats aberrants sur l'usage des véhicules et des routes*. (p.28 à 33).

MTMDET-Ministère des transports, de la mobilité durable et de l'électrification des transports. 2018. *Véhicules autonomes et sécurité routière : encadrement légal au Québec*. Conférence au Forum sur les véhicules automatisés de l'AQTr. En ligne. < <https://aqtr.com/association/evenements/forum-vehicules-automatisees/vehicules-autonomes-securite-routiere-lencadrement-legal-quebec> >.

Narcity Media Inc. 2019. *Le SRB Pie-IX*. En ligne. < <https://www.mtlblog.com/news/srb-pie-ix-montreal> >.

National Highway Traffic Safety Administration. 2016. *Cybersecurity best practices for modern vehicles*. (Report No. DOT HS 812 333). Washington, DC: Author.

OCDE – Organisation de coopération et de développement économiques. 2003. *Transport urbain de marchandises – Les défis du XXI^e siècle*. En ligne. < <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/03deliveringf.pdf> >.

OPSTE. 2014. *La logistique urbaine*. En ligne. < <https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/OPSTE37F.pdf> >.

Paillé, P. (2007). *Devis méthodologiques et styles d'apprentissages*. En ligne. < <https://daniellecjacques.wordpress.com/2012/07/26/33/> >.

Parc Olympique. 2019. *Navettes électriques autonomes au Parc Olympique : Publication du*

- rapport du projet pilote*. En ligne. < <https://parcolympique.qc.ca/nouvelles/2019/12/navette-electriques-autonomes-au-parc-olympique-publication-du-rapport-du-projet-pilote/> >.
- Parkopedia. 2022.. *Lot St-Jacques*. En ligne. < https://en.parkopedia.ca/parking/parc_de_stationnement/terrain_207/h3c/montr%C3%A9al/?arriving=202202182000&leaving=202202182200 >.
- Parliament of Canada. 2017a. *Legislative summary of Bill S-2*. En ligne. < https://lop.parl.ca/sites/PublicWebsite/default/en_CA/ResearchPublications/LegislativeSummaries/421S2E? >.
- Parliament of Canada. 2017b. *Bill S-2*. En ligne. < <https://www.ourcommons.ca/Committees/en/TRAN/StudyActivity?studyActivityId=9657335> >.
- Parliament of Canada. n.d. *Projet de loi émanant du gouvernement (Sénat)*. En ligne. < <http://www.parl.ca/LegisInfo/BillDetails.aspx?billId=8260714&Language=F&Mode=1> >.
- Pelletier. 2020. *Réseau express vélo : les automobiles devront faire de la place*. En ligne. < <https://www.24heures.ca/2020/05/20/reseau-express-velo--les-automobiles-devront-faire-de-la-place> >.
- Pembina Institute. 2014. *Greening goods*. En ligne. < <https://www.pembina.org/reports/greening-the-goods.pdf> >.
- Perron F. 2018. *Entrevue en janvier 2018*. Téléphone : (514) 392-0909 poste 4755. Courriel : francois.perron@casiono.qc.ca
- Pineda. 2017. Dans Publication de l'Association Québécoise des transports revue Routes et transports – Vol 46 num 1, March 2017. *Regulation and technologie as bases for building safer mobility*. (p.70 à 73).
- Propulsion Quebec. n.d. *Les pionniers : trois projets de navettes autonomes au Québec depuis 2018*. En ligne. < <https://propulsionquebec.com/2020/09/29/les-pionniers-trois-projets-de-navettes-autonomes-au-quebec-depuis-2018/> >.
- Raffin, G. 2018. *Navette e.Go Mobile*. En ligne. < <http://www.journalauto.com/lja/article.view/28984/zf-se-lance-dans-la-production-de-la-navette-autonome-e-go-mover/2/equipementiers> >.
- République Française. 2018. *Qu'est-ce que le produit intérieur brut (PIB)?* En ligne. <

<https://www.vie-publique.fr/fiches/270043-quest-ce-que-le-produit-interieur-brut-pib#:~:text=Indicateur%20%C3%A9conomique%20permettant%20de%20mesurer,plus%20utilis%C3%A9%20en%20comptabilit%C3%A9%20nationale> >.

Réseau express métropolitain. 2022a. *Le REM*. En ligne.
< <https://rem.info/fr/reseau-express-metropolitain> >.

Réseau express métropolitain. 2022b. *Bâtir un réseau pour le Grand Montréal*. En ligne.
< <https://rem.info/fr> >.

Réseau express métropolitain. 2022c. *REM – Afficher une station*. En ligne.
< <https://rem.info/fr/stations#carte> >.

Réseau express métropolitain. 2022d. *5 éléments à retenir sur les voitures du REM*. En ligne.
< <https://rem.info/fr/actualites/5-elements-retenir-sur-les-voitures-du-rem> >.

Réseau express métropolitain. 2020a. *Carte du REM intégré au réseau actuel*. En ligne.
< <https://rem.info/fr> >.

Réseau express métropolitain. 2020b. *Échéancier de mise en service*. En ligne.
< <https://rem.info/fr/calendrier-travaux> >.

Réseau express métropolitain. 2019a. *Bâtir un réseau pour le Grand Montréal*. En ligne.
< <https://rem.info/fr> >.

Réseau express métropolitain. 2019b. *Calendrier 2018-2019*. En ligne.
< <https://rem.info/fr/calendrier-2018-2019> >.

Réseau de transport métropolitain. 2017. *Projet intégré SRB Pie-IX*. En ligne.
< <https://rtm.quebec/fr/actualites/projets/service-rapide-bus-pie-ix#tc> >.

Robert, M. 2019. Dans Publication de l'Association Québécoise des transports revue Routes et transports – Vol 48 num 1, Spring 2019. *Système d'aide à la navigation pour le positionnement transversal*. (p.63 à 68).

Roy-Baillargeon. 2019. Dans Publication de l'Association Québécoise des transports revue Routes et transports – Vol 48 num 1, Spring 2019. *Rues étroites et partagées : où, comment et pour qui?* (p.46 à 51).

RTBF. 2021. *Réduire l'impact environnemental du transport de marchandises, un problème complexe qui implique toute la société*. En ligne. < <https://www.rtbf.be/article/cop26-reduire-limpact-environnemental-du-transport-de-marchandises-un-probleme-complexe-qui-implique-toute-la-societe-10875590#> >.

- SAAQ. 2016. *Profil détaillé des faits et des statistiques touchant les piétons*. En ligne. < <http://collections.banq.qc.ca/ark:/52327/2755490> >.
- SAAQ. n.a. « *Visibilité en présence d'un véhicule lourd* ». In SAAQ. En ligne. < <https://saaq.gouv.qc.ca/securite-routiere/comportements/angles-morts/visibilite-83presence-vehicule-lourd/> >.
- SAAQ. n.d. *Moyens de déplacement en véhicule autonome*. En ligne. < <https://saaq.gouv.qc.ca/securite-routiere/moyens-deplacement/vehicule-autonome/> >.
- SAE international. 2019. *The ultimate knowledge source for mobility engineering*. En ligne. < <https://www.sae.org/> >.
- SAE. 2016. *Niveaux d'automatisation des véhicules - système du SAE*. En ligne. < <https://saaq.gouv.qc.ca/fileadmin/documents/publications/classification-society-automotive-engineers.pdf> >.
- Sa Majesté la Reine du chef du Canada, représentée par le ministre des Transports (2010). *L'ABC des véhicules électriques*. En ligne. < <https://www.tc.gc.ca/media/documents/programmes/FR-EV-Primer.pdf> >.
- Saunier, Bélisle, Nouri & Monrency. 2017. Dans Publication de l'Association Québécoise des transports – revue Routes et transports – Vol 46 num 2, October 2017. *Les véhicules connectés auront-ils un impact sur les émissions de gaz à effet de serre?* (p.47 à 51).
- Savard, A. 2017. Dans Publication de l'Association Québécoise des transports – revue Routes et transports – Vol 46 num 2, October 2017. *Pour un transport public de nouvelle génération : plus efficace, mieux adapté et plus intégré*. (p.33 à 36).
- Sénat. 2021a. *Transport de marchandises face aux impératifs environnementaux*. En ligne. < https://www.senat.fr/rap/r20-604/r20-604_mono.html#toc32 >.
- Sénat. 2021b. *Transport de marchandises face aux impératifs environnementaux – Rapport d'information*. En ligne. < <https://www.senat.fr/rap/r20-604/r20-6044.html> >.
- Smires, A. 2019. Dans Publication de l'Association Québécoise des transports revue Routes et transports – Vol 48 num 1, Spring 2019. *Leverage methods and techniques of airborne software certification to make the autonomous cars safer*. (p.34 à 39).
- Société de l'assurance automobile du Québec – SAAQ. 2016a. *Le partage de la route*

concerne tout le monde. En ligne. < <https://saaq.gouv.qc.ca/securite-routiere/comportements/partage-route/concerne-tout-monde> >.

Société de l'assurance automobile du Québec – SAAQ. 2016b. *Protection des usagers vulnérables 2017*. En ligne. < <https://saaq.gouv.qc.ca/saaq/campagnes-sensibilisation/protection-usagers-vulnerables-2017> >.

Société de l'assurance automobile du Québec – SAAQ. 2016c. *Visibilité en présence d'un véhicule lourd*. En ligne. < <https://saaq.gouv.qc.ca/securite-routiere/comportements/angles-morts/visibilite-presence-vehicule-lourd> >.

Société de l'assurance automobile du Québec – SAAQ. 2016d. *Conseils de sécurité pour les angles morts*. En ligne. < <https://saaq.gouv.qc.ca/securite-routiere/comportements/angles-morts/conseils-securite> >.

Société de l'assurance automobile du Québec – SAAQ. 2023a. *Bilan routier 2022 : une hausse préoccupante du nombre de décès sur les routes du Québec*. En ligne. < <https://saaq.gouv.qc.ca/salle-presse/communiqu/bilan> >.

Société de l'assurance automobile du Québec – SAAQ. 2023b. *Bilan routier : faits saillants 2022*. En ligne. < <https://saaq.gouv.qc.ca/fileadmin/documents/publications/bilan-routier-2022.pdf> >.

Société de transport de Montréal. 1997-2020a.. *Bus hybrides*. En ligne. < <http://www.stm.info/fr/a-propos/grands-projets/grands-projets-bus/electrification-du-reseau-de-surface/bus-hybrides> >.

Société de transport de Montréal. 1997-2020b. *Bus network electrification*. En ligne. < http://www.stm.info/en/about/major_projects/major-bus-projects/bus-network-electrification >.

Société de transport de Montréal. 1997-2020c. *Electric bus*. En ligne. < http://www.stm.info/en/about/major_projects/major-bus-projects/bus-network-electrification/electric-bus >.

Société de transport de Montréal. 1997-2020d. *Blue line extension*. En ligne. < http://www.stm.info/en/about/major_projects/major-metro-projects/blue-line-extension >.

Société de transport de Montréal. 1997-2020e. *New AZUR métro cars*. En ligne. < http://www.stm.info/en/about/major_projects/azur-metro >.

Société de transport de Montréal. 1997-2020f. *The new AZUR métro cars*. En ligne. < <https://www.stm.info/en/node/3736/azur-metro-cars> >.

- Société de transport de Montréal. 1997-2020g. *Le trajet du SRB Pie-IX*. En ligne.
< <http://www.stm.info/fr/a-propos/grands-projets/projet-integre-srb-pie-ix> >.
- St-Arnaud. 2018. Dans Publication de l'Association Québécoise des transports revue Routes et transports – Vol 47 num 2, Full 2018. *L'innovation au cœur des facteurs de réussite de la mobilité durable*. (p.72 à 75).
- Taib, S. 2019. Dans Publication de l'Association Québécoise des transports revue Routes et transports – Vol 48 num 1, Spring 2019. *Casablanca, un territoire de mobilité hors échelle classique*. (p.109 à 113).
- St-Jacques. 2021. *Est-ce que les matériaux utilisés pour faire les routes au Québec sont vraiment durables?*. Entrevue à Moteur de recherche, Radio-Canada, 22 octobre 2021. En ligne. < <https://ici.radio-canada.ca/ohdio/premiere/emissions/moteur-de-recherche/segments/chronique/375965/beton-sphalte-routes-mauvais-etat> >.
- St-Jacques M. et Sicilia M. 2020. *"Mesures pour gérer les enjeux liés à la présence de véhicules lourds en milieu urbain"*. Revue Routes et Transport. Vol. 49, No 2, Automne 2020. pp. 63-68.
- St-Jacques, M. & Sicilia, M. 2018. *Mesures pour gérer les enjeux liés à la présence de véhicules lourds en milieu urbain*. Conference at Seminar 'Partage de la rue : la sécurité avant tout!'. AQTR.
- Service du développement économique – Ville de Montréal. 2019. *La livraison urbaine de demain : une nouvelle façon de faire*. En ligne.
< https://aqtr.com/system/files/file_manager/11h_dina_asaad_et_luc_couillard.pdf >.
- Sicilia, Morgane. 2017. « Camionnage en milieu urbain : optimiser et sécuriser le déplacement des véhicules lourds ». Master Thesis, Montreal, École de Technologie Supérieure, 245 p.
- Simo, M. 2016. La mise en place d'un centre de distribution urbain dans la Publication Les solutions de logistique urbaine et leur applicabilité dans le contexte d'une métropole nord-américaine : le cas de Montréal p. 9 à 11. En ligne. < https://www.tac-atc.ca/sites/default/files/conf_papers/simo.pdf >.
- STM – Société de transport de Montréal. 1997-2021. *Your trip*. En ligne.
< <https://www.stm.info/en> >.
- Transport Canada. 2018. *Règlementation, homologation et politiques au niveau fédéral*.

Conférence au Forum sur les véhicules automatisés de l'AQTr. En ligne. < <https://aqtr.com/association/evenements/forum-vehicules-automatisees/reglementation-homologation-politiques-niveau-federal> >.

Transport Écono Nord. 2021. *Quels sont les impacts du transport routier sur l'environnement et quelles sont les améliorations possibles?* En ligne. < <https://www.econonord.com/2022/02/environnement-transport-routier-moins-polluer/> >.

Transport Écono Nord. 2021a. *Service de transport LTL*. En ligne. < <https://www.econonord.com/transport-ltl/> >.

Transport Magazine. 2020. *Purolator lance des véhicules de livraison innovateurs à Toronto et à Montréal afin d'améliorer la logistique urbaine*. En ligne. < <https://www.transport-magazine.com/purolator-lance-vehicules-de-livraison-innovateurs-a-toronto-a-montreal-afin-dameliorer-logistique-urbaine/> >.

VéloQuébec (n.d.). *Sur la route notre sécurité est liée à celle des autres*. En ligne. < <https://partagelaroute.velo.qc.ca/> >.

Ville de Longueuil. 2020. *Projet Léo, le nouveau Lien électrique est-ouest*. En ligne. < <https://leo.longueuil.quebec/> >.

Ville de Montréal. 2021. *Le REV : un réseau express vélo*. En ligne. < <https://montreal.ca/articles/le-rev-un-reseau-express-velo-4666> >.

Ville de Montréal. 2019. *Projet pilote : navette autonome*. En ligne. < http://ville.montreal.qc.ca/portal/page?_pageid=8957,143244932&_dad=portal&_schema=PORTAL >.

Ville de Montréal. 2018. *Les projets pilotes de navettes automatisées de la Ville de Montréal*. Conférence au Forum sur les véhicules automatisés de l'AQTr. En ligne. < <https://aqtr.com/association/evenements/forum-vehicules-automatisees/projets-pilotes-navettes-automatisees-ville-montreal> >.

Ville de Montréal. 2017. *Véhicules autonomes : de la connectivité sans fil à l'assurance automobile du futur pour faire rayonner Montréal*. En ligne. < <https://ville.montreal.qc.ca/idmtl/vehicules-autonomes-de-la-connectivite-sans-fil-a-lassurance-automobile-du-futur-pour-faire-rayonner-montreal/> >.

Ville de Montréal. 2016. *Stratégie d'électrification des transports 2016-2020 : Électrisons Montréal*. En ligne. < http://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/PAGE/PROJ_URBAINS_FR/MEDIA/DOCUMENTS/strategie_electrification_v2.pdf >.

- Ville de Montréal. 2015. *La lutte aux changements climatiques : Un défi commun, une action concertée*. < https://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/page/bur_du_maire_fr/media/documents/lutte_changements_climatiques_20_octobre_2015.pdf >.
- Ville de Montréal. n.d. a. *Autobus électrique, recharge par conduction*. En ligne. < <https://ville.montreal.qc.ca/idmtl/en/stm-cite-mobilite/> >.
- Ville de Montréal. n.d. b. *État des ponts et tunnels*. En ligne. < http://ville.montreal.qc.ca/portal/page?_pageid=8957,99661674&_dad=portal&_schema=PORTAL >.
- Ville de Montréal. n.d. c. *Service rapide par bus Pie-IX*. En ligne. < http://ville.montreal.qc.ca/portal/page?_pageid=8957,99621783&_dad=portal&_schema=PORTAL >.
- Ville de Montréal. n.a. d. *Colibri, projet de livraison écologique urbaine*. En ligne. < https://ville.montreal.qc.ca/portal/page?_pageid=7317,97041588&_dad=portal&_schema=PORTAL >.
- Wong, T. 2022. *Technical workshops with T. Wong, engineer, Ph.D. - Subject: Monte Carlo simulation*. Mars et avril 2022.
- Zemka, S. 2018. *Terminus Mansfield, Conception et intégration au Quartier des Gares de Montréal*. Paper published on AQTr on September 19, 2018. En ligne. < <https://aqtr.com/association/actualites/terminus-mansfield-conception-integration-quartier-gares-montreal> >.
- ZiplineLogistics (2019). *The basics of freight consolidation*. En ligne. < <https://ziplinelogistics.com/blog/what-is-freight-consolidation/> >.
- 24 heures (2020). *Projet de tramway sur la Rive-Sud : la mairesse de Longueuil voit grand*. En ligne. < <https://www.24heures.ca/2020/02/27/projet-de-tramway-sur-la-rive-sud-la-mairesse-de-longueuil-voit-grand> >.

BIBLIOGRAPHIE

- Australian Government. n.d. d. *Inland Rail*. En ligne.
< <https://www.infrastructure.gov.au/infrastructure-transport-vehicles/rail/inland-rail> >.
- Le Digabel, C. 2022. *Comment réduire l'impact environnemental du transport de marchandises?* En ligne. < <https://www.lpr.eu/fr/blog/comment-r%C3%A9duire-l'impact-environnemental-du-transport-de-marchandises-> >.
- Gaillard, C. 2022. *DPD électrifie ses flottes allemandes et britanniques*. En ligne.
< <https://www.auto-infos.fr/article/dpd-electrifie-ses-flottes-allemandes-et-britanniques.249427> >.
- GART. 2003. *Le transport des marchandises dans les villes allemandes*. En ligne.
< <https://temis.documentation.developpement-durable.gouv.fr/docs/Temis/0073/Temis-0073224/RMT03-024.pdf> >.
- Germany Trade & Invest. 2023. *Logistics industry*. En ligne.
< <https://www.gtai.de/en/invest/industries/services/logistics> >.
- Gonzalez-Feliu, J. 2017. *Logistique urbaine et durable – prévision et évaluation*. En ligne. < <https://books.google.ca/books?hl=fr&lr=&id=1cVmDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA5&dq=logistique+urbaine+japon&ots=3zJNEsTNon&sig=GbvfoNPk3fdWgWt8RGkEsHSuDDA#v=onepage&q=logistique%20urbaine%20japon&f=false> >.
- Government of Canada. 2021b. *Transport Canada*. En ligne. < <https://tc.canada.ca/en> >.
- Gouvernement du Canada (2012). *Pollution atmosphérique associée aux gros camions et autobus*. En ligne. < <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/pollution-atmospherique/sources/transports/gros-camions-autobus.html> >.
- Government of UK. 2021. *Transport and environment statistics: Autumn 2021*. En ligne.
< <https://www.gov.uk/government/statistics/transport-and-environment-statistics-autumn-2021/transport-and-environment-statistics-autumn-2021> >.
- Gouvernement du Québec. 2021b. *Politique de mobilité durable 2030*. En ligne.
< https://www.transports.gouv.qc.ca/fr/ministere/role_ministere/Pages/politique-mobilite-durable.aspx >.
- Gouvernement du Québec. 2021c. *Projet d'expérimentation de véhicules autonomes en*

cours. En ligne. < <https://www.transports.gouv.qc.ca/fr/modes-transport-utilises/vehicules-autonomes/projet-vehicules-autonomes/Pages/projet-vehicules-en-cours.aspx> >.

Gouvernement du Québec. 2019a. *Électrification des transports*. En ligne. < <http://www.cger.transports.gouv.qc.ca/virage-ecologique/electrification-des-transports/electrification-parc-gouvernemental.aspx> >.

Gouvernement du Québec. 2019b. *Véhicules autonomes*. En ligne. < <https://www.transports.gouv.qc.ca/fr/modes-transport-utilises/vehicules-autonomes/pages/vehicules-autonomes.aspx> >.

Gouvernement du Québec. 2015b. *Plan d'action en électrification des transports 2015-2020 du Gouvernement du Québec*. En ligne. < http://transportselectriques.gouv.qc.ca/wp-content/uploads/CIAO-050-LG2-MTQ-Rapport2016FRv2.1_.pdf >.

Inland Rail. 2023. *Opportunities*. En ligne. < <https://inlandrail.artc.com.au/opportunities/> >.

Jalon. 2020b. *Prix Jalon de la mobilité*. En ligne. < https://jalonmtl.org/wp-content/uploads/2020/10/Prix-Jalon_%C3%89dition-2020.pdf >.

République Française. 2021. *Transport de marchandises : comment réduire son impact environnemental?* En ligne. < <https://www.vie-publique.fr/en-bref/280140-transport-de-marchandises-comment-reduire-limpact-environnemental#:~:text=En%202019%2C%20dans%20le%20secteur,%25%20des%20%C3%A9missions%20de%20GES> >.

Selosse, C. 2018. *L'Allemagne, premier de la classe en logistique*. En ligne. < <https://www.usinenouvelle.com/article/l-allemande-premier-de-la-classe.N662259> >.

Sénat. 2021c. *Transport de marchandises face aux impératifs environnementaux – Fiche synthèse*. En ligne. < <https://www.senat.fr/rap/r20-604/r20-604-syn.pdf> >.

Société de l'assurance automobile du Québec – SAAQ. 2023c. *Bilan routier – Documentation*. En ligne. < <https://saaq.gouv.qc.ca/saaq/documentation/bilan-routier> >.

Société de l'assurance automobile du Québec – SAAQ. 2023d. *Campagne de sensibilisation – Partage de la route 2023*. En ligne. < <https://saaq.gouv.qc.ca/saaq/campagnes-sensibilisation/partage-route-2023> >.

Société de l'assurance automobile du Québec – SAAQ. 2023e. *Bilan routier : faits saillants*

2021. En ligne. < <https://saaq.gouv.qc.ca/blob/saaq/documents/publications/bilan-routier-2021.pdf> >.

Société de l'assurance automobile du Québec – SAAQ. 2016e. *Angles morts et pratiques dangereuses*. En ligne. < <https://saaq.gouv.qc.ca/securite-routiere/comportements/angles-morts/pratiques-dangereuses> >.

Transports Canada. n.d. *Sécurité routière au Canada*. En ligne. < <https://tc.canada.ca/fr/transport-routier/publications/archivee/securite-routiere-canada#s38> >.

Ville de Montréal. 2021a. *Réseau express vélo (REV) dans le Sud-Ouest*. En ligne. < <https://montreal.ca/articles/reseau-express-velo-rev-dans-le-sud-ouest-12484> >.