

GR

REVUE DE  
LITTÉRATURE

**Tram-cargo et vélo-cargo à Lachine**  
Transformer les défis en opportunités

AM



343

**GRAME**

Groupe de recommandations et d'actions  
pour un meilleur environnement

Avec la collaboration de

  
**Imagine Lachine-Est**

# *Influencer aujourd'hui le monde de demain.*

## **Tram-cargo et vélo-cargo à Lachine : Transformer les défis en opportunités**

– Version éditée du 28 juillet 2022 –

Revue de littérature soumise en juillet 2022 par le GRAME

À l'Arrondissement de Lachine

Dans le cadre de l'étude d'opportunité du GRAME sur l'implantation des systèmes de transport de marchandises par tram-cargo et vélo-cargo à Lachine

# Table des matières

Présentation du GRAME	4
Notre équipe	5
Sommaire exécutif	6
Tram-cargo	6
Vélo-cargo	7
Logistique urbaine à Lachine	8
Introduction	11
Section 1 : Tram-cargo	12
1.1 Définition et formes d'utilisation	12
1. Formes d'utilisation	12
a. Utilisation d'un système de remorque à l'arrière des véhicules	12
b. Utilisation d'un véhicule entièrement destiné aux marchandises	13
c. Utilisation de voitures à usage mixte alliant transport de passagers et de marchandises	14
2. Potentiel de stockage	15
3. Intermodalité et question du dernier kilomètre	15
a. Vélo-Cargo	15
b. Entreposage des marchandises	15
1.2 Exemples de projets de tram-cargo	16
1. Dresde : CarGo Tram	16
2. Karlsruhe : LogIkTram	17
3. Paris et Saint-Étienne : TramFret	19
4. Amsterdam : City Cargo	20
1.3 Principaux enseignements	21
Section 2 : Vélo-cargo	25
2.1 Contexte et caractéristiques	25
1. Enjeux de la logistique du dernier kilomètre	25
2. Le vélo-cargo comme réponse à ces enjeux	26
3. Types de vélo-cargo à assistance électrique	27
2.2 Exemples de projets de vélo-cargo	29
1. Une étude de cas à Seattle	29
a. Partie I	30
 Revue de littérature sur le tram-cargo et le vélo-cargo à Lachine - GRAME - juillet 2022	 2

b.    Partie II	33
c.    Résultats	35
2.    Un projet pilote à Montréal	36
2.3 Principaux enseignements	38
1.    Avantages sociaux, économiques et environnementaux	38
2.    Désavantages potentiels	40
Section 3 : Logistique urbaine à Lachine	41
3.1 État des lieux du transport de marchandises	41
3.2 Limites de l'état actuel	43
1.    L'omniprésence du camionnage	43
2.    La situation particulière de Lachine	47
3.    Les nombreuses problématiques du camionnage	49
3.3 (Pré)vision des politiques publiques	50
3.4 Une opportunité pour Lachine	52
3.5 Un exemple de système train-vélo à l'étranger	56
Conclusion	58
Bibliographie	59

## Présentation du GRAME

Le GRAME - Groupe de recommandations et d'actions pour un meilleur environnement - agit en collaboration avec les citoyens, les communautés et organisations de mêmes qu'avec les gouvernements, en intervenant sur le terrain, en déployant des programmes d'éducation et de sensibilisation et en émettant des recommandations ancrées dans la rigueur scientifique qui la caractérise depuis sa création.

Le GRAME est un organisme de bienfaisance fondé en 1989 et basé à Montréal. Acteur important au Québec lorsqu'il est question de solutions novatrices et réalistes aux grands problèmes environnementaux, c'est aussi une force collective inspirante bien enracinée dans sa communauté.

Alors que les changements climatiques deviennent le principal enjeu de l'humanité, et que 75 % des humains vivent en zones urbaines, le GRAME est convaincu qu'il est possible de bâtir des collectivités résilientes évoluant dans des environnements sains et durables. C'est sa raison d'être, qu'il porte avec un optimisme assumé.

Le GRAME prend acte du fait que les changements climatiques amplifient les inégalités sociales, et que les populations les plus vulnérables sont les plus affectées, et souvent les premières, par les problèmes environnementaux ; il en tient compte dans ses décisions et contribue à une plus grande justice environnementale.

# Notre équipe

## **Équipe de rédaction :**

Andréas Louis (Diplôme d'ingénieur en génie civil et urbain - INSA Rennes ; Maîtrise en gestion de projets d'ingénierie - ÉTS Montréal), Analyste en environnement au GRAME

Marion Morel (Diplôme d'ingénieur en bâtiment et travaux publics - ESTP Paris ; Maîtrise en gestion de projet d'ingénierie - ÉTS Montréal), Stagiaire recherche et analyse en environnement au GRAME

## **Avec la contribution de :**

Pauline Alamay (Baccalauréat en urbanisme - Concordia ; Maîtrise en urbanisme - UdeM), Planificatrice communautaire en urbanisme à Imagine Lachine-Est

Rafaël Landry (Baccalauréat en urbanisme - UQÀM), Planificateur communautaire en urbanisme à Imagine Lachine-Est

## **Sous la supervision de :**

Jean-François Lefebvre (Doctorat en études urbaines), vice-président exécutif d'Imagine Lachine-Est, chargé de projet ClimAction Lachine au Front commun pour la transition énergétique

Catherine Houbart (Baccalauréat en écologie ; Maîtrise en urbanisme), Directrice générale du GRAME

Billal Tabaichount (Maîtrise en économie - UQÀM ; Maîtrise en études interdisciplinaires sur la durabilité environnementale, économique et sociale - Université Autonome de Barcelone), Coordonnateur au pôle Influence du GRAME

# Sommaire exécutif

## Tram-cargo

Dans une optique de transition du transport de marchandises, le tram-cargo, qui se définirait comme un véhicule électrique transportant des passagers et des marchandises, ou seulement des marchandises en utilisant des rails de métal à même la rue (De Langhe, 2019), se présente comme une alternative durable pouvant potentiellement remplacer une partie du trafic routier dans certaines zones urbaines. Il présente les mêmes caractéristiques qu'un tramway classique, à savoir sa rapidité, sa ponctualité, sa discrétion et son empreinte carbone basse.

Ce moyen peut être utilisé sous diverses formes et peut donc être adapté aux besoins précis du secteur touché. La première méthode d'utilisation implique l'intégration de véhicules "remorques" destinés à être attachés à l'arrière des tramways de passagers. Ces voitures ne serviraient qu'au transport de marchandises sans empiéter sur l'espace destiné aux passagers. Par ce moyen, il sera plus facile de déplacer une grande variété de marchandises sans réduire la capacité d'admissibilité des usagers à bord des voitures ni engager leur sécurité. La voiture de marchandise peut être attachée ou détachée selon le besoin. Toutefois, les marchandises suivent exactement le même chemin que le tram passager et leur horaire de livraison est limité à celui du transport de passagers. Ce moyen rencontre aussi des difficultés de chargement et déchargement lorsqu'il doit se faire ailleurs qu'aux terminus des lignes. Il prolonge également la longueur totale du tram et engendre le dépassement de la longueur maximale de la rame. Il ne peut finalement pas être mis en place dans un réseau de tram bidirectionnel.

Dans le deuxième cas de figure d'utilisation, des rames de tramway sont exclusivement et entièrement aménagées à des fins de transport de marchandises et empruntent le même réseau que les rames destinées aux passagers. L'idée de combiner le transport de passagers et de marchandises ne se base ici que sur le partage des infrastructures de transport, comme les rails, les plateformes, les arrêts, alors que les véhicules de transport de passagers et de marchandises restent bien distincts. Les avantages de cette méthode sont l'indépendance qu'elle procure face au transport des passagers, ainsi que l'usage flexible du réseau de tramway qu'elle permet. Cependant, la rame de transport de marchandises n'est limitée à qu'un seul usage.

Le troisième et dernier moyen d'utilisation du tram-cargo est le système combiné, qui prévoit l'aménagement de sections spécialement destinées au transport de marchandises à même les voitures destinées aux passagers durant les heures creuses du réseau. L'aménagement des voitures peut être définitif ou être conçu de façon à se transformer facilement et revenir à une disposition adaptée aux passagers selon les niveaux d'achalandage. Dans ce cas de figure, même si un effort de coordination avec le transport de passagers ainsi qu'un risque de ralentissement du service aux passagers en raison des déchargements est possible, l'utilisation de l'espace des véhicules est optimisée et la conversion des usages est flexible selon les besoins.

Quelques projets de tram-cargo ont déjà été développés et testés en Europe, comme le fameux CargoTram de Dresde, utilisé par l'entreprise Volkswagen pour le transport de pièces de ses autos, mais aussi le nouveau projet de tram-train-cargo de Karlsruhe, le Logik Tram, ou le TramFret français testé à Paris et à Saint-Étienne, ou encore le tram-cargo de City Cargo à Amsterdam. Ces projets, qu'ils soient réalisés et approuvés, encore à l'étude ou parfois avortés, fournissent des retours d'expériences intéressants pour le développement de futurs projets.

## Vélo-cargo

Ces dernières années ont vu le début d'une révolution dans le secteur de la logistique urbaine avec le développement des projets de livraison par vélo-cargo à travers le monde. Ce vélo à assistance électrique permet de transporter des colis de tailles et poids faibles à moyens en milieu urbain. Son implantation va de pair avec la disposition de mini-hub judicieusement positionné au sein des villes. Les marchandises sont alors acheminées par camion (jusqu'à aujourd'hui, mais par tramway ou tout autre mode électrifié à l'avenir) jusqu'à ces mini-hubs, avant d'être délivrées jusqu'à leurs destinataires finaux par vélo-cargo lors des derniers kilomètres. Cette innovation est apparue en réponse à la demande croissante et évolutive des consommateurs en services de livraison. Plus que jamais, la logistique et le transport de marchandises jouent un rôle majeur dans le fonctionnement de nos sociétés mondialisées : les délais de livraison attendus ne cessent de se raccourcir jusqu'à la livraison le jour même.

Au Canada, la popularité croissante du commerce électronique a entraîné une augmentation de la demande en transport de marchandises. Par conséquent, il y a de plus en plus de colis à livrer individuellement, notamment dans les zones denses. Malheureusement, ces zones denses connaissent déjà des problèmes d'accessibilité et de circulation pour les livraisons par camion. Actuellement, plus que jamais, les camions de livraison doivent faire beaucoup plus d'arrêts à courts intervalles à divers endroits. Au lieu de la livraison traditionnelle par ces camions à essence, les vélos-cargos à assistance électrique pourraient prendre le relais des livraisons des marchandises au niveau local, notamment dans le territoire de Lachine. L'objectif est de connecter efficacement les entreprises locales et leurs clients sans contribuer aux émissions de gaz à effet de serre (GES) et tout en réduisant les nuisances urbaines associées au camionnage.

En 2019, une étude de cas à Seattle a démontré que la livraison par camion est plus rentable économiquement lorsque la distance entre le centre de distribution et le quartier de livraison est étendue, que les marchandises sont en grande quantité et que le nombre d'arrêts est faible. Mais surtout, l'étude conclut à l'inverse que la livraison par vélo-cargo est plus rentable économiquement lorsque la distance entre le centre de distribution et le quartier de livraison est réduite, que les volumes et poids des marchandises sont faibles, et que le nombre d'arrêts est plus élevé. Cela témoigne de l'efficacité du vélo-cargo pour effectuer des livraisons locales de colis individuels avec des arrêts fréquents, c.-à-d. pour la gestion du dernier kilomètre. Il a également été évalué que les bénéfices de cette transition vers la mobilité durable étaient multiples. En termes économiques, l'efficacité est accrue, le coût est moins élevé, et des emplois de livreurs de sont créés. En termes environnementaux, le nombre de véhicules et la congestion sont réduits, les GES et la pollution atmosphérique également. En termes



d'aménagement urbain, la sécurité des piétons et cyclistes est augmentée, le partage de l'espace public et de la voirie est amélioré.

Depuis septembre 2019, un projet pilote de livraison urbaine écologique par vélo-cargo à assistance électrique, dédié à la livraison du dernier kilomètre, a été lancé dans les arrondissements de Ville-Marie et du Plateau-Mont-Royal. Cette initiative, connue sous le nom du projet Colibri, a été initiée par l'organisme Jalon MTL, spécialisé en mobilité durable. Le succès du projet conduit à l'expansion de son territoire limité : un deuxième hub s'étendra dans l'arrondissement de Rosemont-La Petite-Patrie, Villeray-Saint-Michel-Parc-Extension, Outremont, Ahuntsic-Cartierville, Côte-de-Neiges-Notre-Dame-de-Grâce et un troisième mini-hub se déploiera dans l'ouest de l'arrondissement Ville-Marie, le Sud-Ouest et Verdun. Plusieurs constats ressortent de l'expérience du projet Colibri, dont notamment celui que l'utilisation de vélos-cargos peut générer des économies de 12 à 14 % sur les coûts opérationnels. Cela est dû au fait que 30 et 60 % du coût total de la logistique provient de la distribution du dernier kilomètre. De plus, il a été constaté que les vélos-cargos sont très adaptés à la livraison de colis de petite à moyenne taille et peuvent transporter jusqu'à 400 livres.

De plus en plus de grandes entreprises s'engagent à réduire leurs émissions de CO<sub>2</sub>. Purolator s'est jointe au déploiement d'une flotte entièrement électrique à Vancouver, Toronto et Montréal. FedEx a élargi sa flotte de vélos-cargos, faisant le tiers du temps de livraison avec des vélos-cargos qui effectuent de 30 à 60 arrêts dans un quart de travail. UPS s'est joint à un projet pilote à Toronto et un autre à Seattle, où trois vélos génèrent une économie de près de 65 litres de carburant par jour.

Finalement, depuis janvier 2021, le Gouvernement du Québec offre une aide de 2 000 \$ à l'achat d'un vélo-cargo à assistance électrique « pour encourager un mode de livraison sobre en carbone pour le commerce en ligne, l'alimentation de proximité et les livraisons locales ». L'objectif principal de cette transition est de promouvoir le potentiel des vélos-cargos de remplacer la livraison par camion dans l'exploitation au niveau local et du dernier kilomètre dans l'arrondissement de Lachine. Réduire le nombre de camions sur la route contribue à réduire les pressions environnementales et encourage un mode de vie plus durable, notamment pour la réussite d'un véritable écoquartier comme celui de Lachine-Est. De plus, l'implantation de vélos-cargos s'intègre parfaitement à la campagne ClimAction Lachine, par laquelle la communauté lachinoise œuvre à faire de l'arrondissement de Lachine une Collectivité ZÉN (zéro émission nette).

## **Logistique urbaine à Lachine**

L'île de Montréal est une réelle plaque tournante du transport de marchandises en Amérique du Nord. Son importante démographie, sa position géographique idéale et ses multiples infrastructures font que des millions de tonnes de marchandises la traversent chaque année. En effet, d'un côté, Montréal est une porte d'entrée et de sortie à la façade maritime Atlantique via le fleuve Saint-Laurent, est située au centre du corridor de commerce Ontario-Québec et a accès aux grandes métropoles du nord-est des États-Unis ; et de l'autre, Montréal possède plusieurs autoroutes, un port, des réseaux ferroviaires et trois aéroports, tous de portée

internationale. Parmi ces quatre réseaux, le routier se démarque tout de même puisque 68% du tonnage transporté au sein de la région métropolitaine de Montréal l'est par camion, 19% par bateau, 13% par train et 0,1% par avion.

La part importante du camionnage ne vient pas sans inconvénient et de nombreuses problématiques lui sont associées depuis maintenant plusieurs décennies : la congestion omniprésente du réseau routier en est arrivée à faire doubler ses coûts en 10 ans pour atteindre 4,2 G\$ en 2018 ; les émissions de gaz à effet de serre (GES) issues du transport routier sont le premier secteur d'émissions à Montréal et au Québec, représentant respectivement 29% et 34% du total ; les émissions de polluants atmosphériques impactent la qualité de l'air et, *in fine*, la santé des résidents ; la pollution sonore diminue la qualité des milieux de vie des résidents, ainsi que leur santé ; et finalement l'emprise spatiale du réseau routier restreint les autres usages du sol, en plus de permettre l'étalement urbain et d'imperméabiliser les sols. De plus, l'augmentation annoncée du transport de marchandises, ainsi que le fort développement du commerce électronique, font que le camionnage est, malheureusement, prévu de continuer à croître pendant encore plusieurs années au moins.

Face à cela, les politiques publiques s'activent depuis plusieurs années, voire décennies, mais se sont visiblement avérées inefficaces. Les principales actions prises se portent sur l'agrandissement du réseau routier ainsi que sa rénovation. Il est désormais établi que l'agrandissement et la rénovation du réseau ont pour conséquence d'augmenter les flux et donc d'annuler le gain d'efficacité espéré : ce phénomène est appelé l'effet rebond. Ces solutions n'étant pas suffisantes, il est primordial d'agir sur la demande, c'est-à-dire de réduire les flux ou du moins leur augmentation, et de mettre en place des alternatives au camionnage. Ces dernières années ont ainsi vu le développement de l'intermodalité et de la logistique des premier et dernier kilomètres, maintenant inscrits dans les politiques publiques montréalaises (Projet de Ville) et québécoises (Stratégie maritime).

L'arrondissement de Lachine est, quant à lui, au cœur de tous ces enjeux. En effet, sa situation géographique particulière fait qu'il est à proximité :

- Du pôle économique et industriel Saint-Laurent / Dorval (1er pôle de la CMM en nombre d'emplois en production de biens) ;
- Du futur écoquartier Lachine-Est avec 7 400 logements prévus ;
- D'infrastructures autoroutières importantes congestionnées (A-20 et 138, échangeur Saint-Pierre) ;
- Des terminaux intermodaux Taschereau et Lachine ; et
- de l'aéroport international Pierre-Elliott-Trudeau.

Les 15 millions de camions annuels traversant Lachine sont ainsi une réalité quotidienne pour l'arrondissement et ses résidents. En revanche, toutes ces infrastructures sont un réel avantage pour l'avenir de la logistique urbaine à Lachine : l'arrondissement peut et doit devenir un pôle logistique plus durable. L'arrivée, ou plutôt, le retour probable d'un tramway à Lachine renforce ces opportunités et offre la possibilité de mettre en place un système de transport de marchandises par tram-cargo, couplé à une distribution locale par vélo-cargo. Le pôle économique et industriel à proximité de Lachine, constitué d'entrepôts de grands acteurs du transport de marchandises, ainsi que le regroupement de commerces au nord de Lachine, en

son centre et bientôt à Lachine-Est, sont des atouts nécessaires pour la bonne réalisation d'un tel projet. En dehors de Lachine, le passage du tramway au centre-ville de Montréal démultiplie les possibilités de marchandises et d'acteurs imaginables. À plus long terme, les prolongements du tramway vers l'Est et le port de Montréal, ainsi que vers l'Ouest et l'aéroport Pierre-Elliott-Trudeau, permettraient une réelle structuration du transport de marchandises à Montréal autour de ce système innovant.

Pour la mise en place d'un tel système, le plus grand défi serait au niveau de l'acceptabilité politique et sociale, qui ne pourra être relevée que par une démonstration de l'efficacité du système via une logistique bien planifiée. Les défis de mutualisation des transports de personnes et marchandises, et de réglementation associée, seront relevés au fur et à mesure de l'implantation du système de logistique par un processus d'amélioration continue. Des exemples concluants en Europe, de systèmes de livraison par train et vélo, ouvrent le champ des possibles et doivent notamment leur réussite à la fiabilité du réseau ferroviaire.

## Introduction

Dans un contexte où les enjeux environnementaux - et en particulier les changements climatiques - forcent une remise en question de nos modèles économiques et sociaux, les processus d'aménagement et d'organisation des villes se retrouvent au cœur de nos questionnements. Si les impacts de l'activité humaine sur l'environnement prennent plusieurs formes et se constatent de plusieurs manières, le calcul des émissions de gaz à effet de serre (GES) constitue l'indicateur le plus utilisé pour les mesurer.

Au Québec, à l'image de ce qui s'observe ailleurs dans le monde, c'est le secteur des transports qui constitue la source la plus importante de GES. En 2019, ce secteur comptait pour 43,3% du total des émissions de la province (MELCC, 2021). Dans une optique où le Québec s'est fixé un objectif de carboneutralité d'ici 2050, il est clair que le transport doit se retrouver au cœur du plan d'action transitionnel. Plus précisément, le transport routier est responsable à lui seul de 79,4% des émissions de l'ensemble du secteur des transports. De nombreuses solutions telles que l'électrification des transports, l'autopartage, la hausse de l'efficacité énergétique des véhicules, le développement des transports collectifs et bien d'autres, se sont développées dans les dernières décennies afin de réduire le poids de ce secteur dans le bilan total d'émission de GES.

Toutefois, ces mesures ont tendance à concerner davantage le marché du transport de personnes et demeurent difficilement applicables au secteur du transport de marchandises. Pourtant, les camions légers et les véhicules lourds comptaient respectivement pour 32,3% et 36,5% des émissions de GES du transport routier du Québec en 2019 (MELCC, 2021). Ces catégories connaissent d'ailleurs un accroissement plus rapide que les automobiles et occupent donc une proportion toujours plus grande des routes du Québec (hausse de 158% des camions légers et de 194% des véhicules lourds depuis 1990) (MELCC, 2021). La majeure partie de ces véhicules sont utilisés à des fins de transport de marchandises, autant à l'échelle locale qu'interrégionale. Ces statistiques montrent donc toute l'importance de trouver des alternatives durables adaptées à ce type de transport.

Dans le contexte d'une ville comme Montréal, ce trafic marchand se présente aussi comme responsable partiel de la congestion routière de la région métropolitaine. En effet, une étude de cas faite en Île-de-France démontre que le transport de marchandises représente 27,7% des pertes de temps routières alors qu'il ne représente que 6% du trafic total (Beziat, 2017). Considérant que le transport marchand correspond à 11,22% du trafic montréalais (MTQ, 2018), on peut supposer que cette activité est responsable d'une bonne proportion de la congestion routière dans la métropole. La congestion routière, en plus d'être un enjeu environnemental et logistique, représente une perte économique estimée à 1 852,1 millions de dollars annuellement au Québec (MTQ, 2018). Cet enjeu amène également les autorités et les experts à trouver des alternatives au transport routier dans la logistique de déplacement des biens.

## Section 1 : Tram-cargo

Dans cette optique de transition en termes de transport de marchandises, le tram-cargo se présente comme une alternative durable pouvant potentiellement remplacer une partie du trafic routier dans certaines zones urbaines. Ce moyen peut être utilisé sous diverses formes et peut donc être adapté aux besoins précis du secteur touché. Le concept de tram-cargo demeure toutefois interdépendant d'autres moyens de livraisons qui pourront assurer le dernier kilomètre du parcours des marchandises. Le concept de vélo-cargo est souvent considéré comme un moyen efficace et complémentaire de ce type de transport, et il sera abordé dans la seconde partie de cette revue.

### 1.1 Définition et formes d'utilisation

Les termes utilisés dans la littérature pour définir et décrire le tramway sont variés, mais la plupart des définitions s'orientent vers le transport sur rail de passagers. Ce moyen de transport est déjà largement implanté en Europe et présente des caractéristiques très appréciables. Il est tout d'abord reconnu pour sa rapidité et sa ponctualité, qu'il acquiert grâce aux voies spéciales qui lui sont dédiées dans la ville, évitant ainsi la congestion routière. D'autre part, son alimentation électrique lui confère un mode de fonctionnement silencieux, mais aussi un taux d'émission de gaz à effet de serre relativement bas (2,2 g / km par voyageur contre 104 g/km en bus et 138 g /km en voiture (Transilien, 2022)).

Quant au tram-cargo, il se définirait, selon l'utilisation qui lui serait attribuée (cf. paragraphe 1.1.1.), comme un véhicule électrique transportant des passagers et des marchandises, ou seulement des marchandises, en utilisant des rails en métal à même la rue, et dont le mouvement est limité à une zone géographique (De Langhe, 2019). Il présente les mêmes caractéristiques et avantages qu'un tramway classique, tout en assurant le transport et la livraison de marchandises depuis les centres logistiques jusqu'en ville.

#### 1. Formes d'utilisation

De multiples configurations peuvent être employées pour permettre le transport de marchandises par tram-cargo, et sont plus ou moins adaptées en fonction des critères recherchés pour une ville donnée et ses besoins.

##### a. Utilisation d'un système de remorque à l'arrière des véhicules

Cette première méthode implique l'intégration de véhicules "remorques" destinés à être attachés à l'arrière des tramways de passagers. Ces voitures ne serviraient qu'au transport de marchandises sans empiéter sur l'espace destiné aux passagers. Ainsi, grâce à l'espace fourni par une voiture entière, ce cas de figure permet le transport d'une quantité considérable de biens en un trajet. De nombreux types de chargements peuvent être transportés, selon la manière dont la voiture est équipée. Aussi, cette séparation permanente des biens et des passagers assure la sécurité de ces derniers. Dans cette configuration, le transport de

marchandises peut se faire à son propre rythme : la voiture dédiée peut s'attacher et se détacher du reste du véhicule en cas de nécessité.

Toutefois, cette méthode est idéale dans le cas où les marchandises doivent se rendre à un bout ou à l'autre de la ligne, mais il semble plus compliqué de les charger ou de les décharger aux arrêts passagers, car la cargaison suit exactement le même chemin que les passagers et en dépend, temporellement parlant. De plus, le fait d'attacher une voiture supplémentaire au reste du véhicule "passager" conduit au rallongement et donc possiblement au dépassement de la longueur totale autorisée pour le tram (généralement comprise entre 40 et 45 m), induisant ainsi le retrait d'une voiture de passager pour compenser.

Enfin, cette configuration ne fonctionne pas avec tous les types de lignes de tram : si le tram est bidirectionnel, c'est-à-dire qu'il n'a pas besoin de faire demi-tour à la fin de la ligne pour repartir, la voiture de marchandises ne peut être attachée en fin de véhicule, puisqu'une cabine de conduite est située de part et d'autre du véhicule. Ainsi, pour la mise en place de cette configuration, il est nécessaire d'avoir une boucle à la fin des lignes pour que le tram puisse faire demi-tour. (Pietrzak, 2021)(Frankfurt University of Applied Sciences, 2021).

Avantages :

- Permet de déplacer une grande variété de marchandises sans réduire la capacité d'accueil des usagers à bord des voitures ni engager leur sécurité.
- Peut être attaché ou détaché selon le besoin.

Désavantages :

- Suit exactement le même chemin que le tram des passagers et limite l'horaire de livraison à celui du transport de passagers
- Difficultés de chargement et déchargement ailleurs qu'aux terminus des lignes.
- Prolonge la longueur totale du tram et dépasse possiblement la longueur maximale de la rame
- Ne peut être mis en place dans un réseau de tram bidirectionnel.

#### b. Utilisation d'un véhicule entièrement destiné aux marchandises

Dans ce cas de figure, des rames de tramway sont exclusivement et entièrement aménagées à des fins de transport de marchandises et empruntent le même réseau que les rames destinées aux passagers. L'idée de combiner le transport de passagers et de marchandises ne se base ici que sur le partage des infrastructures de transport, comme les rails, les plateformes, les arrêts, alors que les rames de transport de passagers et celles de transport de marchandises restent bien distinctes. À l'image de la première configuration, l'espace dédié au fret est volumineux et permet de transporter une grande variété de biens, sans interférer avec les passagers et leur sécurité. Ces trams-cargo peuvent circuler entre les rames de passagers, avant les heures d'ouverture aux usagers, ou entre les heures de pointe.

Même si les véhicules de fret ne sont dédiés qu'à un seul usage, cette utilisation permet une certaine flexibilité quant à l'usage du réseau de lignes du tramway : le véhicule ne s'arrête qu'aux arrêts nécessaires, et transite au gré de ses besoins le long de la ou des lignes du réseau, sans devoir suivre un itinéraire précis et parfois contraignant, ni respecter les horaires de passages des véhicules passagers. Le chargement et le déchargement à tous les arrêts deviennent donc beaucoup plus faciles, sans limites de temps. C'est cette configuration qui était utilisée par le CarGo Tram de Dresde qui sera abordé plus en détail dans une prochaine section. La ville de Saint-Étienne a également fait l'essai d'un tel type de système en 2017 (Pietrzak, 2021 ; Frankfurt University of Applied Sciences, 2021).

Avantages :

- Indépendant du transport de passager
- Usage flexible du réseau de tramway
- Plus grande capacité de chargement
- Sécuritaire

Désavantages :

- Limité à un seul usage

c. Utilisation de voitures à usage mixte alliant transport de passagers et de marchandises

Ce système prévoit l'aménagement de sections spécialement destinées au transport de marchandises à même les voitures destinées aux passagers durant les heures creuses du réseau. L'aménagement des voitures peut être définitif ou être conçu de façon à se transformer facilement et revenir à une disposition adaptée aux passagers selon les niveaux d'achalandage. La capacité de transport de marchandises étant plus restreinte, cette configuration limite la variété de marchandises pouvant être embarquée à bord du tram. Le chargement serait ici vraisemblablement limité aux colis de petite taille.

En étant complètement intégré au transport de passager, ce cas de figure est idéal dans la livraison d'une grande variété d'adresses tout au long de la ligne du tram, et pas seulement les terminus de la ligne, contrairement au premier cas de figure. Ici, la difficulté la plus importante serait la mise en place d'un système qui permettrait de charger et de décharger la marchandise rapidement, durant le temps de la montée et de la descente des passagers à bord du tram, en veillant à ne pas interférer avec leur confort et leur sécurité durant le trajet et à l'arrêt. La ville de Karlsruhe en Allemagne explore actuellement la possibilité d'implanter ce type de transport à même leur réseau de tramway déjà existant (se référer à la section sur les études de cas). (Pietrzak, 2021; Frankfurt University of Applied Sciences, 2021).

Avantages :

- Optimisation de l'utilisation l'espace des véhicules
- Conversion d'usage flexible selon les besoins

Désavantages :

- Exige un effort de coordination avec le transport des passagers
- Risque de ralentissement du service aux passagers en raison des chargements/déchargements
- Réduction de la capacité de chargement
- Réduction du nombre de passagers admissibles

## 2. Potentiel de stockage

Le potentiel de stockage du tram-cargo varie en fonction des systèmes utilisés et de la taille des véhicules. Certaines études sont très optimistes quant à la capacité de transport des tramways. C'est notamment le cas du projet Tramfret, en Île-de-France, qui estime cette capacité entre 60 et 80 tonnes de marchandises (APUR, 2012). L'exemple du Cargo-Tram à Dresde va également en ce sens alors qu'il est constitué de deux wagons pilotes d'une capacité de 7.5 tonnes et trois wagons intermédiaires d'une capacité de 15 tonnes s'additionnent pour un total de 60 tonnes (Forthoffer, 2018). Dans ces deux cas, il est important de préciser que l'on prévoit une utilisation exclusivement commerciale du véhicule.

## 3. Intermodalité et question du dernier kilomètre

Contrairement au transport par camion qui peut assurer le déplacement d'un bien de son point de départ à son point d'arrivée, le tramway est limité au réseau sur lequel il est déployé. Le concept de tram-cargo est donc dépendant des moyens de transport qui pourront, dans un premier temps, acheminer les marchandises dans les wagons, et dans un second temps, assurer la portion finale du trajet jusqu'à sa destination. L'étude de faisabilité d'un tel projet doit donc impérativement se faire en parallèle au développement d'autres pistes de solution complémentaires au transport de marchandises sur un réseau de tramway.

### a. Vélo-Cargo

Le vélo-cargo se présente comme un excellent intermédiaire entre les stations de tramway et les destinations finales des marchandises. Si les colis de grande taille sont plus difficiles à transporter à vélo, on estime tout de même qu'environ 70 à 80% des marchandises transigées par tramway peuvent être prises en charge par des vélos-cargo (Kaifi, 2015). Ce moyen représente une alternative durable et mieux adaptée aux livraisons faites dans un contexte urbain dense (cf. paragraphe 2).

### b. Entreposage des marchandises

Le déchargement des marchandises à même certaines stations du réseau de tramway représente un enjeu logistique de gestion de l'espace et de l'entreposage. En effet, l'intermodalité inhérente d'un système de tram-cargo force la conception d'espaces de transition entre les moyens de transport utilisés. Ces espaces incluent aussi bien une zone de déchargement et de manutention des marchandises qu'un lieu où elles peuvent être classées



et entreposées en attente d'être prises en charge par un autre livreur ou même d'être ramassées par le client. Les concepts de hubs et de mini-hubs sont considérés comme des moyens efficaces pour répondre à ce besoin et pour permettre un délai de livraison compétitif (Dablanc, 2019). Ils consistent en l'aménagement de petits entrepôts urbains agissant comme de petits points de distribution à proximité des lieux finaux de livraison.

## 1.2 Exemples de projets de tram-cargo

Quelques projets de tram-cargo ont déjà été développés et testés en Europe, comme le fameux CargoTram de Dresde, utilisé par l'entreprise Volkswagen pour le transport de pièces de ses automobiles. On peut également mentionner le nouveau projet de tram-train-cargo de Karlsruhe (le Logik Tram), le TramFret français testé à Paris et à Saint-Étienne, ou encore le tram-cargo de City Cargo à Amsterdam. Ces projets, qu'ils soient réalisés et approuvés, encore à l'étude ou parfois avortés, fournissent des retours d'expériences intéressants pour le développement de futurs projets.

### 1. Dresde : CarGo Tram

Le projet pionnier des trams-cargo et le plus mentionné dans la littérature, le CargoTram de Dresde, est né d'une initiative privée de la compagnie Volkswagen en 2001. Le tramway électrique qu'ils ont développé transportait sur 4 kilomètres des pièces d'auto depuis l'usine jusqu'à la ligne d'assemblage du constructeur. La réalisation du projet a impliqué la conception de deux véhicules par le constructeur allemand Schalke en tenant compte du volume et des caractéristiques du fret, ainsi que de la réglementation concernant le tramway.

Elle intégrait la construction de près d'un kilomètre d'infrastructure pour connecter l'usine de montage et la plateforme logistique de Volkswagen au reste du réseau de tramway (Oillo, 2009). Il empruntait donc, en dehors des heures de pointe, le réseau de tramways pour passagers, ainsi que les voies créées spécialement pour charger puis desservir l'usine et ainsi décharger les fournitures, sans interférer avec les tramways passagers. L'absence de congestion permet aux CargoTram d'effectuer leurs livraisons à l'heure, ce qui simplifie grandement la logistique à l'intérieur de l'usine (Van Duin et al. 2019).

On estime qu'un seul trajet de ce véhicule équivalait à trois transports par camion. Il est en effet constitué de deux wagons pilotes d'une capacité de 7.5 tonnes et de trois wagons intermédiaires d'une capacité de 15 tonnes, s'additionnant pour un total de 60 tonnes (Forthoffer, 2018). Avec ses 20 trajets quotidiens, le CarGo Tram retirait des routes l'équivalent de 60 camions par jour (Arvidsson, 2013). Annuellement, le projet éviterait ainsi aux camions de parcourir 200 000 km (ibid) (soit environ 35 tonnes de CO<sub>2</sub>/tonne de marchandise transportée par année). (Pirie et al., 2020)

Les coûts des voitures, uniquement dédiées au transport de fourniture de Volkswagen, sont estimés autour de 1 790 000 €. Les frais de construction pour les plateformes de chargement et de déchargement (300m et 500m) montaient autour de 3.5 millions d'euros. (De Langhe, 2019)

Le CargoTram devait être en service jusqu'à la fin de l'année 2020, puis s'interrompre en raison de l'arrêt de la production de la VW e-Golf. Un accident avec une auto mit définitivement fin au service plus tôt que prévu, courant décembre 2020. Il est possible que son service reprenne pour une autre compagnie dans le futur. (Kemmeter, 2021)



Cargo Tram de Dresde

Tiré de : Railway Gazette International (2021)

## 2. Karlsruhe : LogIKTram

Un autre projet de tram-cargo s'est mis en route plus récemment dans la région de Karlsruhe. Le projet, dénommé LogIKTram et lancé en mars 2021, développe ce concept logistique par lequel le transport des marchandises depuis les terminaux ferroviaires jusqu'à leur destination finale s'effectuera sur des trams en utilisant les infrastructures urbaines (Wiesmayer, 2021). Toutefois, le projet se démarque des autres projets de tram-cargo. En effet, le réseau de transport de la petite ville de Karlsruhe est reconnu pour son impressionnant réseau de tram-train. Ces derniers sont définis comme des véhicules légers sur rail qui peuvent circuler non seulement dans les rues de la ville comme un tram, mais aussi à plus grande vitesse sur le réseau ferroviaire lourd (Kemmeter, 2021). Ainsi, ce moyen de transport regroupe les bénéfices de ces deux types de véhicules : l'un permet d'accéder à tout point de la ville, tandis que le second fournit la vitesse et le volume. Les premiers trams-trains ont circulé dès 1992 entre Karlsruhe et Bretten. Depuis, le réseau s'est très largement étendu et certaines destinations sont désormais situées à plus de 50 km du centre de la ville (Kemmeter, 2021).

LogIKTram s'inscrit dans la démarche de regioKArgo, une initiative-cadre qui étudie et met en œuvre de nouveaux types de transport de marchandises et de livraison dans la région de

Karlsruhe. Le projet regroupe plusieurs partenaires, dont AVG (Albtal-Verkehrs-Gesellschaft), l'Institut de technologie de Karlsruhe (KIT) et le centre de recherche en technologies de l'information FZI. Ils ont pour but de travailler sur le concept de tram-cargo sur une durée de trois ans, avec un financement de 2,75 millions d'euros du ministère allemand des Affaires économiques et de l'Énergie pour réaliser les objectifs initiaux. AVG, l'opérateur local, a fourni l'un de ses véhicules pour effectuer des tests. Ce dernier comporte des adaptations particulières pour répondre aux exigences du transport de colis. Suite aux essais, l'équipe passera à un test sur le terrain en essayant d'établir une ligne de transport de produits opérationnelle dans la région.

Toutefois, la finalité idéale du projet n'est pas de concevoir un tram-cargo exclusivement dédié au transport de marchandises : l'idée serait de créer un système d'usage mixte du tram. Pendant les heures de pointe, son utilisation sera exclusivement dédiée au transport de voyageurs, mais durant les heures creuses, le tram sera en exploitation combiné, en transportant des passagers et de la marchandise au sein de la même voiture. Les chercheurs de l'institut des études de transports du KIT (IfV) étudient différents scénarios d'utilisation du LogikTram, et comment ils influenceront sur le trafic des trams. L'objectif sera d'optimiser l'utilisation des voies et la capacité des voitures au maximum. (Kendzia, 2021)

En effet, le défi est de n'utiliser que des voitures "classiques", et de ne pas avoir recours à une spécialisation et une différenciation de certaines voitures. C'est pourquoi les essais de l'étape suivante du projet seront autour de l'embarcation des voyageurs et des marchandises au sein du même tram, en aménageant l'intérieur des voitures pour délimiter des espaces de chargement (Kemmeter, 2021). Le but ici sera de trouver un moyen pour charger et décharger automatiquement les conteneurs, et de les fixer correctement pour le trajet. Ainsi, la position très précise des voitures aux stations sera un détail important du développement, car une automatisation du processus exigera un déplacement au centimètre près des conteneurs, durant le laps de temps assez court d'embarcation des passagers (Kendzia, 2021).

L'étape suivante sera de créer des "hubs urbains" dans plusieurs municipalités, au sein desquels les marchandises seraient entreposées avant d'être acheminées aux destinataires en ville. La réflexion pour la suite de cette distribution porte sur le vélo-cargo. Le projet LogikTram constituera une expérience et une base de connaissance qui pourra servir aux prochains travaux de l'initiative regioKArgo, et ainsi former un grand réseau de transport de marchandises par le tram-train au sein de la région, basé sur le modèle de Karlsruhe. (Kemmeter, 2021)



### 3. Paris et Saint-Étienne : TramFret

Le TramFret est un projet de tram-cargo parisien, qui propose de transporter des marchandises à bord d'un tramway recyclé empruntant le réseau existant, et circulant entre les rames destinées aux voyageurs. C'est l'opportunité d'assurer un cycle de vie long et une nouvelle destination à ces matériels roulants (France mobilité, 2019). La réflexion du projet a été initiée en 2010 par l'APUR, l'Atelier Parisien d'Urbanisme. Une première phase de test a été organisée fin 2011 sur la ligne T3 Sud du tramway parisien, afin de vérifier que l'insertion opérationnelle du TramFret sur le réseau ne perturberait pas les services aux voyageurs.

Ainsi, l'essai consistait à faire circuler sur la ligne une rame sans voyageurs, pendant les heures creuses, deux fois par jour et six fois par semaine. La priorité étant donnée à l'utilisation des tramways passagers, les résultats issus de ce test ont démontré qu'un tel convoi supplémentaire n'avait aucun impact ni sur le reste du réseau de rames, ni sur l'environnement alentour, ni sur l'expérience des passagers (TramFret, 2014). Il était estimé que la réalisation du projet permettrait d'éviter de 350 à 1 640 tonnes de CO<sub>2</sub> par an (Pirie et al, 2020).

Une deuxième expérimentation du TramFret s'est déroulée à Saint-Étienne (France) entre 2016 et 2017. Des études ont été préalablement menées afin de préciser le recyclage du matériel roulant existant en rame de transport de marchandises, l'exploitabilité du système et l'insertion ferroviaire opérationnelle, les systèmes d'information intégrés, ainsi que l'automatisation des phases de chargement et de déchargement. Ainsi, des modifications et des équipements spécifiques ont été apportés à la rame mise à disposition pour un coût inférieur à 20 000€, et un quai de déchargement a été construit pour un coût de 30 000€. (Efficacity, 2018)

Suite à cela, des tests en conditions réelles ont pu être réalisés en 2017 sur le réseau de Saint-Étienne pour le Groupe Casino, un grand distributeur français. Deux sprints ont été menés se sont déroulés à un mois d'intervalle, sans problèmes. Les livraisons de respectivement 29 et 22 rolls de marchandises ont été réalisées à l'heure prévue. Les résultats obtenus à St Etienne, tant sur l'expérimentation elle-même que sur les nombreuses thématiques connexes abordées, ont confirmé les faisabilités technique et opérationnelle du projet. Si la ville de Saint-Étienne n'est pas encore prête à accueillir le TramFret, plusieurs autres villes françaises, dont Montpellier et Marseille, ont suivi les tests stéphanois avec intérêt et seraient intéressées par le projet (Antkowiak, 2018 ; Lumière de la ville, 2021).



Tiré de : France Mobilités (2021)

#### 4. Amsterdam : City Cargo

Le projet de tram-cargo de la ville d'Amsterdam débuta par un test grandeur nature mené en mars 2007 avec deux tramways classiques réaménagés pour l'occasion. Dans un premier temps, comme lors des tests du TramFret à Paris, les véhicules de fret ont tourné à vide sur le réseau pour pouvoir vérifier que l'exploitation de ces véhicules de marchandises ne perturbait pas l'exploitation des tramways voyageurs. Ensuite l'entreprise City Cargo a réalisé des livraisons réelles pour des marques de vêtements et de boissons. Tout comme le Cargo Tram de Dresde et le Tram Fret, l'idée était d'insérer des tramways de fret entre les tramways de passagers. Le point de départ des tramways de marchandises est un espace logistique urbain qui permet de conteneuriser la marchandise. Les conteneurs sont déposés dans les tramways réaménagés à cet effet. Une fois chargés, les tramways s'insèrent sur le réseau et poursuivent leur course en centre-ville. (Oillo, 2009)

Ces trams-cargo ne pouvaient circuler que sur les lignes de tram qui avaient la capacité suffisante pour éviter toute interférence avec les trams passagers. De plus, la circulation des trams de fret n'était autorisée que la journée, pour ne pas occasionner de nuisance sonore durant la nuit. Toutefois, le projet pouvait mener à une réduction de 2500 déplacements de camions au sein de la ville par an, et de 15% des particules de pollution dans l'air, selon les calculs de City Cargo. (Arvidsson, 2013)

City Cargo prévoyait la mise en exploitation de cinq tramways de fret, ainsi qu'un centre de distribution pour assurer le relais entre le tram et 47 petits véhicules électriques où la marchandise serait transférée pour le dernier kilomètre jusqu'aux clients finaux. Le but était

de mettre en service 50 tramways et 400 véhicules de distribution, en connectant les lignes à quatre espaces logistiques urbains à créer en périphérie de la ville. (Oillo, 2009)

Toutefois, malgré le succès des tests et l'implication de moyens de City Cargo, des pénuries financières et des complications politiques ont rendu difficile la mise en place d'opérations régulières du tram-cargo d'Amsterdam. Les nouvelles lignes et centres de distributions qui devaient être construits auraient coûté autour d'un million d'euros par kilomètre de ligne. L'investissement total, incluant les trams-cargo, l'infrastructure, les centres logistiques et les véhicules de dernière distribution aurait été de 70 millions d'euros. En plus de ces coûts importants, la crise économique frappa en 2008, et ce qui scella le destin du projet de City Cargo (Frankfurt University of Applied Sciences, 2021).



Tiré de : Merchan, D. (2015)

### 1.3 Principaux enseignements

L'étude de ces quatre exemples d'implantation de trams-cargo permet déjà de tirer les enseignements suivants, catégorisés en forces, faiblesses, opportunités et menace d'un tel projet.

Les avantages fournis par l'utilisation du tramway pour le transport de marchandises sont identiques à ceux que l'on attribue à l'implantation d'un tramway pour le transport de

passagers dans une ville :

- Les trams fonctionnent à l'énergie électrique. Ils contribuent donc à la transition vers un environnement plus sain, avec
  - La réduction des **émissions de GES**
  - La réduction des **nuisances sonores**
- Les voies empruntées par les trams sont séparées des voies routières. Cela implique donc :
  - La **décongestion** du système routier
  - Un service **rapide** et **ponctuel**

De plus, le tram-cargo présente ses propres atouts concernant directement le transport de marchandises :

- Économie sur les frais de transport de marchandises engendrés par la congestion routière de la ville.
- Le tracé des lignes est bien intégré dans le tissu urbain, les quartiers sont finement desservis et sont généralement des pôles d'activités intéressants, parfois difficiles d'accès : itinéraire directement **relié aux pôles dynamiques** de la ville.
- Les voitures de tram offrent une grande **capacité** de chargement.
- Les **possibilités d'utilisation** sont **diverses** selon la situation et les besoins : usage mixte, séparé ou solo.
- La **nature de la cargaison** peut varier : le tram peut être utilisé pour le transport de marchandises, mais aussi pour le transport de déchets.

Toutefois, ces projets détiennent certaines faiblesses, souvent inhérentes au caractère innovant des trams-cargo :

- Les **investissements initiaux**, comme ceux du cas d'Amsterdam, peuvent être très élevés.
- Il n'est pas possible de choisir la route la plus courte pour la livraison : le **rayon d'action est limité** aux lignes de tramway
- Une rame ne peut pas dépasser la **longueur maximale autorisée**, ce qui empêche certaines configurations.
- Il n'y a **pas de tram-cargo dans l'offre actuelle** des constructeurs : il est nécessaire de faire des demandes spéciales ou d'altérer les voitures existantes.
- L'**automatisation de chargement** n'est pas encore au point et nécessite d'être étudiée précisément, car elle est reliée à la sécurité et à l'utilisation des passagers en général.
- Un **personnel** dédié à la gestion du système, au chargement et au déchargement, etc. est à former spécialement.

Certains faits externes constituent des opportunités favorables à la mise en place d'un tram-cargo :

- La **congestion automobile** sur un axe très emprunté pour le transport de marchandises montre la pertinence de l'implantation d'un projet de tram-cargo dans cette zone.
- Les réseaux de tramway sont généralement sous-utilisés, surtout en dehors des heures de pointe et durant la nuit : **optimisation de l'utilisation** des voitures et des voies.
- La présence d'un réseau ferroviaire à proximité donne la possibilité d'étendre le rayon d'action et de connecter le tramway au réseau ferroviaire, pour en faire un **tram-train**, comme à Karlsruhe.
- Ce moyen de transport de marchandises est particulièrement complémentaire avec le

transport en **vélo-cargo**, qui pourrait être utilisé pour le dernier kilomètre.

- À l'instar du projet français TramFret, il est possible de **recycler des rames pour passagers** en fin de vie en rame de fret, maximisant la durée de vie des véhicules et limitant certains coûts de construction de rames spéciales.
- L'implantation de tram-cargo implique la création de **hubs** et mini-hubs, des éléments bénéfiques pour structurer efficacement la livraison.

Enfin, des menaces sont tout de même présentes dans la réalisation d'un tel projet, auxquelles il est important de penser en amont pour ne pas répéter les erreurs des projets échoués ou avortés.

- La **coordination des horaires de transport des passagers et des marchandises** peut s'avérer être problématique si elle n'est pas convenablement gérée : l'un des principaux enjeux de ces projets est de ne jamais interférer avec le transport de passager ni d'altérer ce service qui doit être prioritaire.
- Si les marchandises et les passagers sont à bord du même véhicule, il y a un risque d'**accident avec les autres usagers** du tram.
- Dans cette même situation, il y a également un risque d'**endommagement / de vol des marchandises**.
- Les projets de tram-cargo sont rares, surtout en Amérique du Nord : il y a un risque de **résistance au changement** concernant les parties prenantes et les usagers.
- Puisqu'un projet de tram-cargo implique de multiples acteurs qui devront coopérer (la municipalité, les services de transports, les distributeurs, les fournisseurs...), il y a un **risque de conflits**.
- Le tram-cargo permet de se rapprocher plus près des points de livraison, mais la **question du dernier kilomètre** se pose encore.



<p><b>Forces</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Réduction des émissions de GES</li> <li>● Réduction des nuisances sonores</li> <li>● Décongestion du système routier</li> <li>● Livraison rapide et ponctuelle</li> <li>● Économie sur les frais de transport</li> <li>● Relié aux zones difficiles d'accès et aux pôles dynamiques de la ville</li> <li>● Grande capacité de chargement</li> <li>● Diverses possibilités d'utilisation</li> </ul>	<p><b>Faiblesses</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Investissements initiaux</li> <li>● Rayon d'action limité</li> <li>● Longueur maximale autorisée</li> <li>● Pas de trams-cargo dans l'offre actuelle</li> <li>● L'automatisation de chargement</li> <li>● Personnel à former</li> </ul>
<p><b>Opportunités</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Congestion routière</li> <li>● Optimisation d'utilisation des infrastructures</li> <li>● Tram-Train</li> <li>● Complémentarité avec vélo-cargo</li> <li>● Recyclage des rames passager</li> <li>● Création de mini-hubs</li> <li>● Possibilité de standardiser les conteneurs</li> </ul>	<p><b>Menaces</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Interférence avec les passagers</li> <li>● Risque d'accidents</li> <li>● Risque d'endommagement/ de vol des marchandises</li> <li>● Résistance au changement</li> <li>● Risque de conflits</li> <li>● Question du dernier kilomètre</li> </ul>

En conclusion, les projets de tram-cargo, encore peu présents et parfois victimes de résistance au changement, sont des moyens de transport de marchandises pourtant efficaces en zone urbaine. Les aspects négatifs des trams-cargo sont pour la plupart liés au caractère nouveau de ce type de transport de marchandises, et certains des problèmes comme les interférences avec les passagers ou l'automatisation et le temps de chargement ont d'ores et déjà des solutions, en application ou à l'étude selon les projets. Les changements dans les habitudes des parties prenantes qu'implique la mise en place de ce moyen de transport peuvent être impressionnants et paraître contraignants, mais il demeure un investissement à long terme qui réduira les dégâts causés par le camionnage.

Les bénéfices seront d'autant plus flagrants si son implantation s'accompagne de projets et mesures complémentaires, comme la livraison finale en vélo-cargo. Ce sujet sera abordé dans la section suivante.

## Section 2 : Vélo-cargo

### 2.1 Contexte et caractéristiques

#### 1. Enjeux de la logistique du dernier kilomètre

Les commerces de détail canadiens sont présentement confrontés à plusieurs défis pour rester compétitifs avec l'augmentation continue des parts de marché de la vente au détail électronique. Les entreprises doivent rivaliser sur la rapidité et la commodité des livraisons au-dessus de facteurs comme le prix, la qualité et le service clientèle (Deloitte, 2021). Par conséquent, la livraison du dernier kilomètre, soit la dernière étape de la livraison du centre de distribution local jusqu'à la porte du client, est la plus complexe et la plus coûteuse de la chaîne d'approvisionnement de la vente au détail.

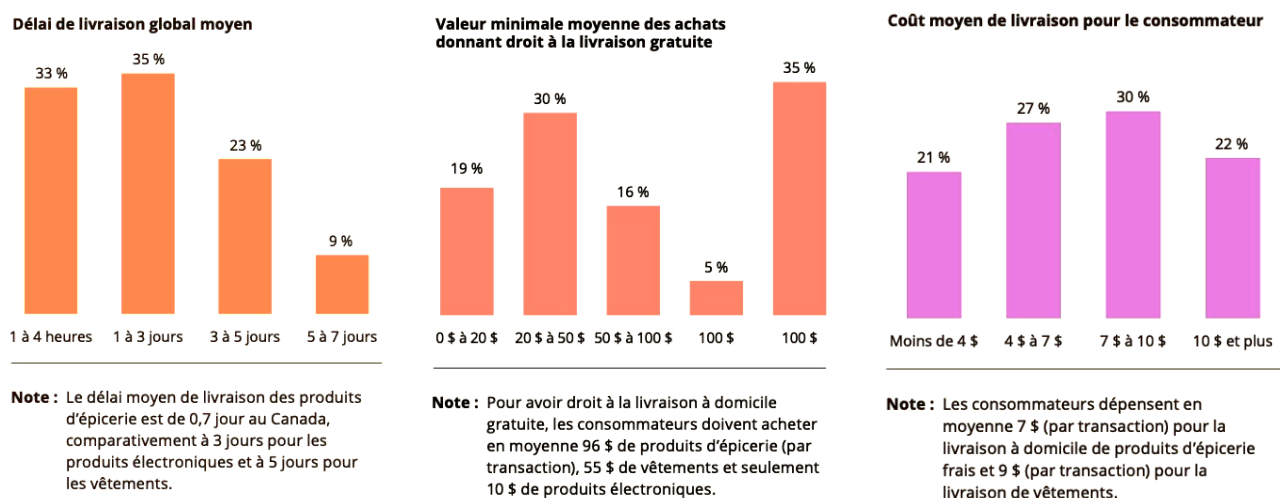
Le problème entourant cette étape de la livraison est l'inefficacité due à la réduction des volumes d'expédition avec une augmentation du nombre d'arrêts pour livrer les colis individuellement. Alors que les achats en ligne continuent d'augmenter, les frais d'expédition en zone urbaine ont grimpé en flèche. Donc, la livraison dans les zones rurales et les villes nuit à l'efficacité des livraisons du dernier kilomètre. En milieu rural, les points de livraison ont des distances différentes les uns des autres : souvent, dans ce cadre, la distance de chaque arrêt peut être distante de plusieurs kilomètres et l'itinéraire peut varier d'un endroit à un autre avec seulement quelques colis individuels à déposer. En milieu urbain, les distances entre chaque arrêt sont beaucoup plus proches les unes des autres par rapport au contexte rural. Cependant, il y a des délais pour les débarquements causés par la congestion en raison de la densité et de la pression plus élevées dans les environnements urbains.

La frénésie envers les services de livraison rapide a contribué à une augmentation des attentes des clients pour inclure l'expédition accélérée, mais gratuite, cependant, les coûts d'expédition augmentent rapidement pour les entreprises (Dolan, 2021 ; Deloitte, 2021). En d'autres termes, l'accélération rapide des services de livraison dans les dernières années a mené à une augmentation parallèle des attentes des clients en matière de rapidité d'expédition. Selon une étude de la firme de consultation Deloitte, 64 % des acheteurs canadiens ne sont pas prêts à payer des frais supplémentaires pour une livraison de deux jours.

L'étude a également suggéré que les gens s'attendent en effet à ce que l'expédition de deux jours soit gratuite comme norme pour le processus de livraison. Ainsi, les attentes en matière d'expédition le jour même augmentent également et cela ajoute de la pression sur les marges des commerçants (Deloitte, 2021). Par conséquent, cela oblige les commerçants à devoir innover afin de mettre en œuvre un moyen de réduire les coûts de la logistique globale du transport de marchandises urbain (Dolan, 2021). À cet égard, la solution de gestion de flotte pour les livraisons du dernier kilomètre pour les commerçants reste limitée.

Même avant la période de la COVID-19, les consommateurs peuvent choisir comment obtenir leur achat : livraison à domicile, livraison-à-magasin, livraison-casier, ou réservation en ligne et récupération en magasin (Deloitte, 2021). Les commerçants ont donc dû changer leurs façons

d'exécuter les commandes. À mesure que le commerce en ligne s'est développé, les entreprises ont eu la possibilité de trouver d'autres moyens de tirer parti des livraisons du dernier kilomètre. Depuis la pandémie, le commerce direct au consommateur a complètement changé. Le logiciel existant de logistique et de gestion des commandes ne répond plus aux fonctionnalités requises pour satisfaire les demandes de plus en plus élevées des consommateurs. Pour cette raison, les systèmes de gestion des transports deviennent un élément stratégique essentiel. De manière durable, les investissements aux personnes, processus et technologies sont fondamentaux pour encourager une nouvelle façon de penser qui répond aux demandes progressives du commerce de détail en ligne (Deloitte, 2021 ; Banker, 2020). Dans ce cas-ci, le vélo-cargo pourrait réduire énormément le coût de la livraison du dernier kilomètre, rentable pour les livraisons locales et écologiques.



Tiré de : Deloitte (2021)

## 2. Le vélo-cargo comme réponse à ces enjeux

Lors de l'OCPM sur la réduction de la dépendance de Montréal aux énergies fossiles de 2016, il a été souligné et discuté jusqu'à ce que la conclusion soit venue de proposer « [...] d'explorer la possibilité d'effectuer les petites livraisons à vélo cargo » (OCPM, 2016, p.36) pour coordonner le transport de marchandises. Il existe différents types de biens de transport (la livraison de biens de consommation, les services de messagerie et de petits colis, etc.), chacun ayant un impact différent sur l'environnement en fonction des itinéraires empruntés et des routes.

De plus, il s'avère que la livraison du service direct au consommateur (individuel) nécessite un temps plus court et des arrêts plus fréquents, qui mènent à des augmentations d'émissions de CO<sub>2</sub>, surtout par rapport aux émissions lorsque le moteur est au ralenti. Cependant, les livraisons d'approvisionnement en vrac au client (commerce généralement plus grand ex. des épicerie et des magasins), donc avec des véhicules lourds, font moins d'arrêts et donc moins de moteurs au ralenti que lors de la livraison individuelle. Également, il a été mentionné que le trafic sur la route a doublé en raison de la demande accrue d'expédition limitant l'état de fluidité de la circulation en particulier dans les zones denses à Montréal (OCPM, 2016).

Le plan d'électrification et de changements climatiques du gouvernement du Québec (PECC) de 2019, porté par l'organisme à but non lucratif Vélo Québec, a identifié des recommandations

#### **RECOMMANDATION 4**

*Dans une stratégie où l'on diminue l'attractivité de la mobilité en auto solo et où l'on injecte davantage de fonds dans les différentes formes de mobilité durable, nous recommandons que la stratégie d'électrification des transports vise prioritairement :*

- *le transport en commun et le transport par taxi*
- *les flottes de véhicules en auto-partage*
- *les flottes de véhicules des services publics et des municipalités*
- *les flottes commerciales y compris les flottes de vélos cargo;*
- *les vélos et vélos à assistance électrique.*

visant la mobilité durable. Les recommandations 4 et 9 ci-dessous portent exclusivement sur le vélo-cargo comme substitution aux méthodes de transport de marchandises individuelles (Vélo Québec, 2019, p. 6 et p. 10):

Tiré de : Vélo Québec (2019)

Afin de répondre aux recommandations de Vélo-Québec, le gouvernement du Québec annonce dans ses programmes en transition énergétique en fin novembre 2020 un programme d'aide financière pour l'achat de vélos-cargo favorisant la livraison de colis de petite taille en milieu urbain. Celui-ci est entré en vigueur le 1er janvier 2021. L'objectif est d'encourager un « mode de livraison sobre en carbone pour le commerce en ligne, l'alimentation de proximité et les livraisons locales » (Gouvernement du Québec 2020). De nombreux projets-pilotes de vélo-cargo ont récemment démarré de la part de compagnies de

#### **RECOMMANDATION 9**

*Que les vélos cargo et vélos cargo à assistance électrique soient ajoutés à la liste des véhicules admissibles à l'aide financière du programme **Transportez vert** ou de tout programme qui lui succèdera.*

transport de marchandises telles qu'UPS et Amazon afin de démontrer une transition vers la mobilité durable, en relation avec les efforts déjà entamés par celles-ci d'étendre considérablement leurs flottes de véhicules à zéro émission dans les années à venir.

### 3. Types de vélo-cargo à assistance électrique


Depuis quelques années, de plus en plus de grandes entreprises s'engagent à trouver une alternative pour aider à réduire les émissions de CO2 à travers l'Amérique du Nord. Purolator s'est notamment officiellement engagé au déploiement d'une flotte entièrement électrique à Vancouver, Toronto et Montréal. Leur objectif est de réduire de 24 tonnes métriques les émissions de GES par véhicule par an. L'entreprise a investi 1 milliard de dollars au Canada pour aider cette transition vers une mobilité durable (Purolator, 2021).

Pendant ce temps, FedEx a également élargi sa flotte de vélos-cargo, faisant un tiers du temps de livraison par camion avec un vélo-cargo qui effectue 30 à 60 arrêts dans un quart de travail (FedEx Canada, 2020). De plus, UPS a rejoint l'engouement envers la distribution durable pour

sa livraison sur le dernier kilomètre. Elle est l'une des compagnies de livraisons à se joindre au projet-pilote à Toronto en septembre 2017. D'ailleurs, la compagnie ajoute un autre projet pilote de vélo-cargo à Seattle en novembre 2018. Des pneus en Kevlar innovants ont notamment été conçus par UPS pour aider à supporter le poids d'ensemble du vélo-cargo. Des panneaux solaires ont aussi été intégrés sur les vélos-cargo pour allumer leurs lumières LED, ainsi qu'un pare-pluie en cas de conditions météorologiques éprouvantes (UPS, 2017).

DHL et Amazon ont quant à elles également testé cette méthode aux centres-villes de Miami et à Manhattan, respectivement. En général, les deux entreprises déclarent que cette méthode facilite les livraisons du dernier kilomètre, car le vélo-cargo est plus facile à manœuvrer, peut se stationner n'importe où, a une facilité de circulation dans des zones denses en effectuant plusieurs arrêts, ne contribue pas à la pollution sonore, ne contribuant que minimalement à la congestion routière et en rendant les routes plus sécuritaires à cause de sa vitesse inférieure (DHL, 2020 ; Palmer, 2020).

Entreprise	Vélo-cargo à assistance électrique	Caractéristiques
Purolator*		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trois roues</li> <li>• **Environ 60 pieds cubes de volume</li> <li>• Capacité jusqu'à 400 lbs (181,44 kg)</li> <li>• Vélo-cargo pèse 800 lbs (368,7 kg)</li> <li>• Microdelivery</li> <li>• 60 arrêts par voyage</li> </ul>
FedEx*		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trois roues</li> <li>• 11.2 pieds cubes de volume</li> <li>• Capacité de 30-60 arrêts</li> <li>• Distance de 93.21 miles (150 km) en charge écologique</li> <li>• 3 modes : éco, normal et assistance</li> </ul>
UPS*		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trois roues</li> <li>• Moteur à traction avant</li> <li>• 78.3 – 95 pieds cubes de volume (Toronto et Seattle)</li> <li>• Capacité jusqu'à 408 livres (185,1 kg) (Seattle)</li> <li>• Capacité de 40-50 forfaits résidentiels</li> </ul>
DHL*		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trois roues</li> <li>• 60 pieds cubes de volume</li> <li>• Capacité jusqu'à 400 livres (181,44 kg)</li> <li>• 4 vélos-cargo DHL devraient réduire 101 000 kg de CO<sub>2</sub> par an selon les calculs de l'entreprise</li> </ul>

Amazon*		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vélo standard + traîne à trois roues</li> <li>• Capacité jusqu'à 45 parcelles par vélo-cargo</li> <li>• Environ 200 vélos-cargo déployés dans les quartiers animés de Midtown et du centre-ville de Manhattan (New York) au sud de la 60th street en collaboration avec différentes entreprises</li> </ul>
---------	---	---

\*\*Estimation par rapport au volume de capacité vélo-cargo d'UPS et DHL.

## 2.2 Exemples de projets de vélo-cargo

### 1. Une étude de cas à Seattle

Le concept de vélo-cargo électrique n'est pas nouveau. Il a été testé et mis en œuvre dans plusieurs endroits aux États-Unis et en Europe. Son utilisation s'est avérée rentable pour certains niveaux de concentration de livraison dans les zones urbaines. Dans l'intention de réduire les émissions de GES, les secteurs publics et privés ont examiné l'efficacité et la fiabilité de vélos-cargos en comparaison à celles des camions à essence traditionnels en matière de distribution. Sheth et al. (2019) utilisent la zone urbaine dense de Seattle comme vecteur de comparaison entre ces deux méthodes. L'étude propose des scénarios de modélisation spécifiques pour les camions de livraison et le vélo-cargo électrique afin de comparer la rentabilité en fonction de la distance entre le centre de distribution et le quartier, le nombre d'arrêts, la distance entre les arrêts et le nombre de colis livrés (Sheth et al., 2019).

Avant d'entamer leurs enquêtes, les chercheurs ont collecté des données d'hypothèse pour fournir des caractéristiques opérationnelles à la fois pour le vélo-cargo et le camion sur la base de recherches et entretiens. Les coûts opérationnels observés sont beaucoup plus élevés pour les livraisons à camion que pour les vélos-cargos, pourtant les charges pouvant être transportées sont infiniment plus grandes.

Metric	Delivery Truck	EA Cargo Bicycle
Capacity (cu. ft.)	865	77
Capacity (parcels)	400	40
Maximum load (lbs)	5930	600
Speed (mph)	20	15
Wages (\$)	25.17	25.17
Operational Costs (\$/hour)	38.53	9.2

Tiré de : Sheth, M. (2019)

Différents scénarios sont explorés pour établir quelles sont les conditions idéales à l'implantation du vélo-cargo en matière d'économies et de maximisation des charges et des

livraisons possibles relativement au temps d'opération. Avant d'approcher les scénarios de l'étude, les chercheurs ont observé une livraison effectuée par un camion portant environ 400 colis conduit par un seul chauffeur. Le camion a réalisé 8 arrêts et la distance entre ceux-ci est d'environ 0,2 mile ou 0,32 km. Pour chaque arrêt, il y a une variation du nombre de colis à livrer. Comme résultat, le chauffeur a pris environ dix heures pour terminer ses livraisons de la journée (Sheth et al. 2019). L'image ci-dessous démontre le trajet du camion, partant du centre de distribution au quartier de livraison, et le nombre de colis pour chaque arrêt.



Chaque enquête (observation vélo-cargo et observation camion) comprend deux parties, divisées en scénarios spécifiques, identifiés A, B, C et D. Chaque scénario est une comparaison entre une livraison par un camion et un vélo-cargo aux différentes variations de nombre d'arrêts, la distance entre chaque arrêt, le nombre de colis par arrêt et la distance entre le centre de distribution et le quartier de livraison (Sheth et al. 2019).

a. Partie I

*Scénario A*

Livraison par camion vs vélo-cargo

Nombre d'arrêts	8 arrêts
Distance entre chaque arrêt	0,2 mile (0,32 km)
Colis par arrêt	50 colis
Distance entre le centre de distribution et le quartier de livraison	0 à 10 miles (16,1 km)

Dans le cas du scénario A, il est plus rentable de livrer par camion lorsque la distance entre le centre de distribution et le quartier de livraison est supérieure à 2 miles (3,2 km). En revanche, si la distance entre le centre de distribution et le quartier de livraison est d'au moins 2 miles (3,2 km), le vélo-cargo sera légèrement plus rentable. En d'autres mots, si la distance entre le centre de distribution et le quartier est loin, le camion semble être plus logique avec 50 colis

par arrêts à réaliser comparé à un vélo-cargo avec le même nombre de livraisons et distance à parcourir (Sheth et al. 2019) (Voir Figure 1 – a).

### *Scénario B*

Livraison par camion vs vélo-cargo

Nombre d'arrêts	8 arrêts
Distance entre chaque arrêt	0 à 1 mile (1,6 km)
Colis par arrêt	50 colis
Distance entre le centre de distribution et le quartier de livraison	3,5 miles (5,6 km)

Dans le scénario B, on ne distingue pas de différences significatives de coût dans les deux méthodes. Ce résultat pourrait être influencé par la courte distance entre les arrêts dans une petite zone urbaine avec plus de livraisons à effectuer en général. Par contre, le camion est toujours beaucoup plus efficace, peu importe la distance entre les arrêts, car un vélo-cargo a une capacité limitée de 40 colis. Dans ce contexte, le vélo-cargo doit opérer plusieurs allers-retours au centre de distribution pour chercher d'autres colis. En règle générale, il faudrait plus qu'un vélo-cargo pour pouvoir livrer le même nombre de colis que le camion (Sheth et al. 2019) (Voir Figure 1 – b).

### *Scénario C*

Livraison par camion vs vélo-cargo

Nombre d'arrêts	8 arrêts
Distance entre chaque arrêt	0,2 mile (0,32 km)
Colis par arrêt	1 à 70 colis
Distance entre le centre de distribution et le quartier de livraison	3,5 miles (5,6 km)

Dans ce cas, en raison de sa capacité limitée, il a été remarqué que la distance parcourue par le vélo-cargo augmentait lorsque 5 colis par arrêt étaient ajoutés. Cela nécessiterait donc plus de temps de traitement et il faudrait plus de vélos-cargos pour effectuer le même nombre de colis durant la livraison en même temps, ce qui augmente les coûts totaux. D'autre part, au fur et à mesure de l'augmentation progressive du nombre des colis, les coûts augmentent également, mais les livraisons par camion sont moins affectées en raison de leur plus grande capacité. Il n'y a pas un changement significatif de coût lorsque le nombre de colis dépasse la pleine charge du camion de 400 unités de colis (Sheth et al., 2019) (Voir Figure 1 – c).

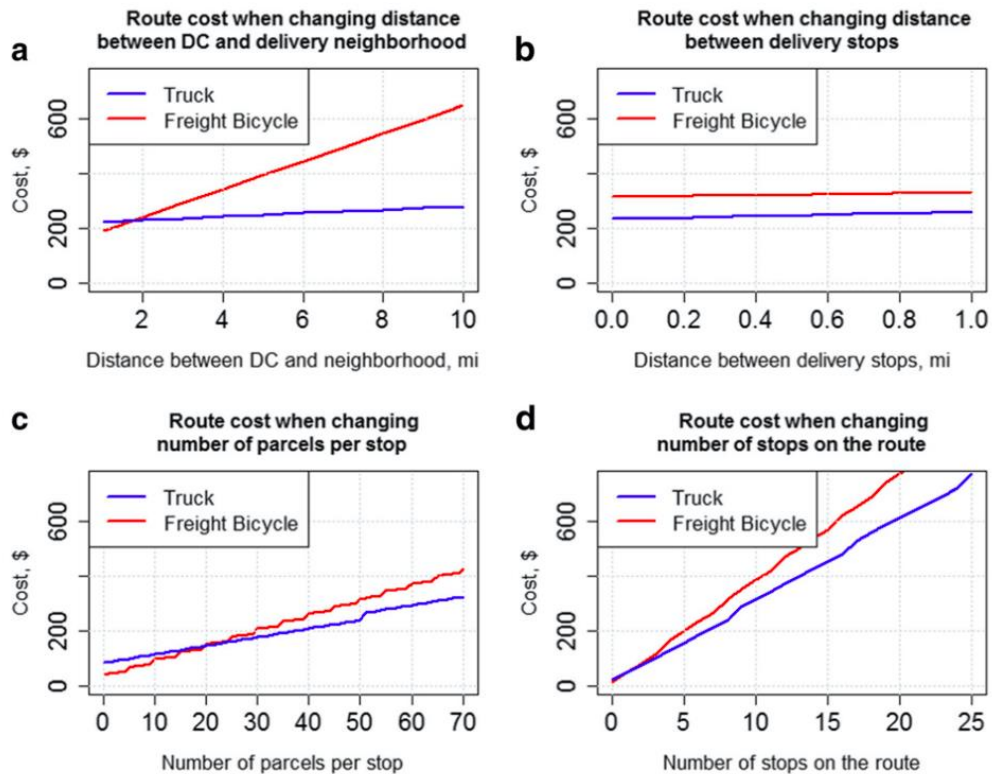
### *Scénario D*

Livraison par camion vs vélo-cargo

Nombre d'arrêts	0 à 25 arrêts
Distance entre chaque arrêt	0,2 mile (0,32 km)
Colis par arrêt	50 colis
Distance entre le centre de distribution et le quartier de livraison	3,5 miles (5,6 km)



Dans ce cas, les résultats révèlent que si le plan de route a seulement trois arrêts ou moins, les coûts seraient les mêmes, peu importe le mode de transport soit par camion ou vélo-cargo. Cependant, ce scénario démontre que s'il y avait plus d'arrêts, donc la même quantité de colis, il serait plus rentable d'utiliser la livraison par camion (Sheth et al., 2019) (Voir Figure 1 – d).



**Figure 1**

Dans la première enquête, il existe quatre scénarios différents décrivant les coûts de livraison par un camion et un vélo-cargo. En conclusion, le vélo-cargo n'est pas rentable sur la base de cette modélisation de l'itinéraire de route, principalement en raison de la capacité limitée de chargement. Le nombre moyen de colis par arrêt est de 50 unités, ce qui dépasse la capacité

maximale de 40 unités de colis d'un vélo-cargo. Il faut déployer deux vélos-cargos pour chaque arrêt quand le nombre de colis dépasse 40 unités. Afin de livrer la même quantité de colis que le camion, il faudrait au moins 10 vélos-cargos pour remplacer un seul camion de livraison (Sheth et al. 2019).

## b. Partie II

Dans cette deuxième partie, les chercheurs ont poursuivi leur étude afin d'étudier la faisabilité d'un vélo-cargo par rapport à la livraison par camion. Comme la première partie, ceci comprend différents identifiants A, B, C et D. Chaque scénario est une comparaison entre une livraison par un camion et un vélo-cargo aux différentes variations de nombre d'arrêts, distance entre chaque arrêt, nombre de colis par arrêt et la distance entre le centre de distribution et le quartier de livraison. En revanche, un élément-clé a été modifié: au lieu d'avoir 50 unités de colis, il y aura 10 unités de colis par arrêts (Sheth et al. 2019).

### *Scénario A*

Livraison par camion vs vélo-cargo

Nombre d'arrêts	8 arrêts
Distance entre chaque arrêt	0,2 mile (0,32 km)
Colis par arrêt	10 colis
Distance entre le centre de distribution et le quartier de livraison	0 à 10 miles (16,1 km)

Dans ce scénario, le vélo-cargo est plus rentable lorsque la distance entre le centre de distribution et le quartier est inférieure à 9,7 km. Au-delà de cela, les camions de livraison sont plus susceptibles d'être rentables. Il est plus logique de déployer un vélo-cargo pour réaliser les livraisons à faible quantité avec une distance de proximité par rapport au centre de distribution que par un camion (Sheth et al. 2019) (Voir Figure 2 – a).

### *Scénario B*

Livraison par camion vs vélo-cargo

Nombre d'arrêts	8 arrêts
Distance entre chaque arrêt	0 à 1 mile (1,6 km)
Colis par arrêt	10 colis
Distance entre le centre de distribution et le quartier de livraison	3,5 miles (5,6 km)

Dans ce scénario, le nombre d'arrêts n'exerce aucune influence significative sur la rentabilité, peu importe le mode de transport. Le vélo-cargo est toujours plus efficace quand la distance

entre les arrêts est d'au moins 1,6 km (une mille) avec une faible quantité de colis (Sheth et al. 2019) (Voir Figure 2 – b).

### *Scénario C*

Livraison par camion vs vélo-cargo

Nombre d'arrêts	8 arrêts
Distance entre chaque arrêt	0,2 mile (0,32 km)
Colis par arrêt	10 colis
Distance entre le centre de distribution et le quartier de livraison	0 à 10 miles (16,1 km)

Dans le cas du scénario C, en raison de leur capacité limitée, il faudrait plus de vélos-cargos pour effectuer le même nombre de colis durant la livraison en même temps qu'un camion. Les livraisons par camion sont moins affectées en raison de leur plus grande capacité. Il n'y a pas de changement significatif de coût lorsque le nombre de colis dépasse la pleine charge du camion de 400 unités de colis (Sheth et al. 2019) (Voir Figure 2 – c).

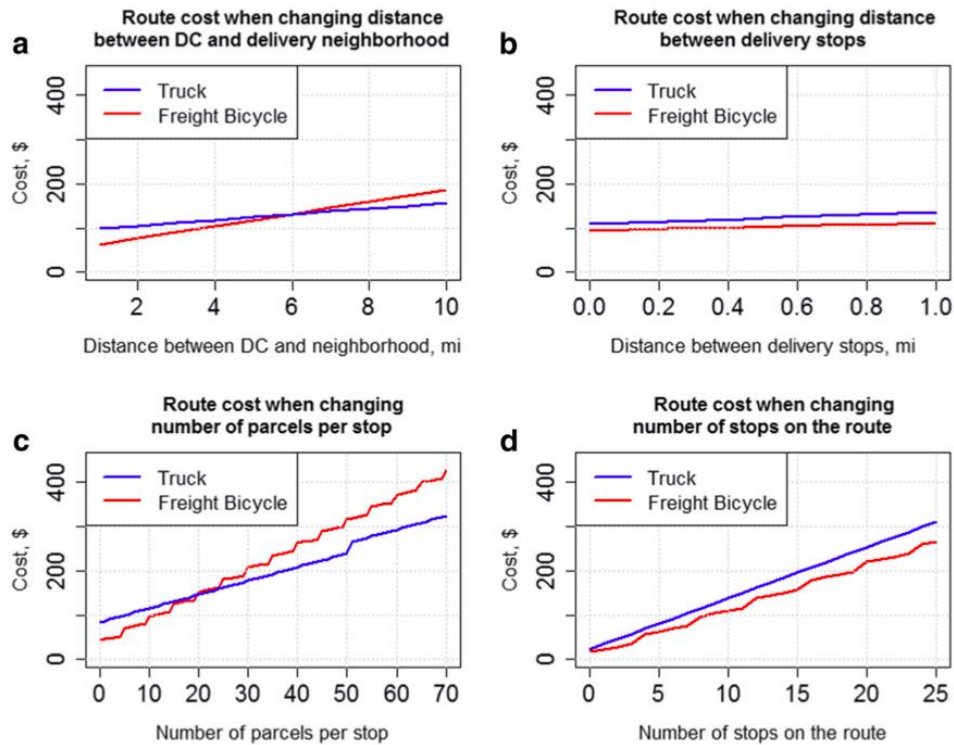
### *Scénario D*

Livraison par camion vs vélo-cargo

Nombre d'arrêts	0 à 25 arrêts
Distance entre chaque arrêt	0,2 mile (0,32 km)
Colis par arrêt	10 colis
Distance entre le centre de distribution et le quartier de livraison	3,5 miles (5,6 km)

Le vélo-cargo est plus rentable lorsqu'il effectue au moins 25 arrêts sur le même itinéraire de route avec une courte distance entre les arrêts aux faibles quantités de colis. Cette moyenne de livraison est plus rentable étant donné que la distance entre le centre de distribution et le quartier est plus courte (Sheth et al. 2019) (Voir Figure 2 – d).

**Figure 2**



Les scénarios conduits dans la Partie II sont beaucoup plus encourageants pour le vélo-cargo. Celle-ci montre quatre scénarios différents illustrant les coûts pour chaque mode de transport par camion et par vélo-cargo au même itinéraire de route que la première partie de l'enquête. Elle nous permet de conclure avec certitude que le vélo-cargo est plus rentable lorsque la quantité de colis livrés par arrêt est faible, donc 1 à 40 unités (ici, 10 unités fût la mesure constante), par rapport à un camion de livraison qui a une capacité de 400 unités de colis. En d'autres termes, le vélo-cargo est beaucoup plus rentable pour livrer un plus petit nombre de colis avec plus d'arrêts que la livraison par camion. La livraison par camion est plus efficace lorsqu'il y a moins d'arrêts, et lorsqu'il y a une grande quantité de colis ainsi que de lourdes charges (Sheth et al. 2019).

### c. Résultats

En conclusion, le vélo-cargo est rentable dans les zones résidentielles à haute densité avec un faible nombre de colis. En raison de la capacité limitée du vélo-cargo, il est mieux adapté dans des villes encombrées avec des pistes cyclables intégrées, où le camion rencontre des difficultés de circulation en raison de sa plus grande taille. Dans l'ensemble, les résultats suggèrent que les centres de distribution se doivent d'être plus nombreux et plus rapprochés des zones résidentielles et des zones généralement plus denses pour soutenir et optimiser l'efficacité de la livraison par vélo-cargo.

Lorsqu'il s'agit d'envois prioritaires qui doivent être livrés en une ou deux heures tel le fret aérien, qui est sensible au temps, le vélo-cargo peut délivrer plus rapidement qu'un camion dû à sa capacité limitée. Le cycliste chauffeur effectue un aller-retour plus fréquent au centre de

distribution qu'un camion. Il faut prendre en compte qu'il a été démontré que la livraison du service direct ou livraison locale nécessite un temps plus court et des arrêts plus fréquents. Il y a donc une importante propension de GES émis par la récurrence de moteur au ralenti des camions (OPCM, 2016).

Ainsi, le vélo-cargo a le potentiel d'optimiser des nœuds spécifiques de la chaîne d'approvisionnement, soit lorsque les colis n'occupent pas beaucoup de volume et que les poids sont bas, et lorsque les arrêts sont fréquents, spécifiquement en zones urbaines denses. En revanche, les camions de livraison sont significativement plus rentables sur des longues distances, lorsque les arrêts sont peu nombreux et que les volumes et les charges de livraison sont élevés (Sheth et al. 2019).

## 2. Un projet pilote à Montréal



Tiré de : Josie Desmarais/MéTRO (2019)

Depuis septembre 2019, un projet-pilote de livraison urbaine écologique par vélo-cargo à assistance électrique, dédié à la livraison de dernier kilomètre, a été lancé dans les arrondissements de Ville-Marie et du Plateau-Mont-Royal. Cette initiative est connue sous le nom de Projet Colibri et a été initiée par l'organisme Jalon MTL, spécialiste en mobilité et développement durable. Afin de répondre à la réduction des émissions de GES, la Ville de Montréal a approuvé et collabore au projet avec un investissement de 18 millions de dollars pour acheter la portion abandonnée de l'ancienne gare d'autobus de Montréal (située sur le boulevard de Maisonneuve-Est, proche de la station Berri-UQAM) auprès du gouvernement du Québec pour le dépôt des colis (Radio-Canada, 2018). L'emplacement est à proximité de plusieurs points de repère du centre-ville de Montréal tels que le parc Émilie-Gamelin, la Bibliothèque nationale et la station de métro Berri-UQAM.

Vu la hausse exponentielle du commerce en ligne et l'apparition des technologies vertes, ceci donne l'occasion de combiner ces deux éléments afin de créer un geste innovant pour répondre à la demande de consommation de façon écologique. Notamment, l'arrondissement de Ville-Marie est le centre de commerce dans l'île de Montréal avec de nombreuses entreprises et espaces de bureaux. Les rues sont généralement beaucoup plus congestionnées en raison de la forte propension de piétons et de voitures ainsi qu'en raison de la trame urbaine plus étroite. De la sorte, les camions de livraison ont moins de flexibilité d'accessibilité dans ce secteur dense.

Il n'y a pas de stationnement ni de voies réservées pour les camions, donc les livraisons et les arrêts rapides sont plus difficiles à faire. La transition de vélo-cargo pour compléter les livraisons de dernier kilomètre paraît donc comme étant une solution logique visant à promouvoir la mobilité durable tout en étant efficace dans le transport de marchandises. Des entreprises locales telles que Chasseurs Courrier, Courant Plus, La roue libre, LVM Livraison et Purolator se sont portées volontaires pour collaborer au projet-pilote de vélo-cargo (Ville de Montréal, 2019). En général, l'horaire de livraison par vélo-cargo se fait du lundi au vendredi entre 9 h à 17 h. Pourtant, certaines livraisons peuvent se faire en dehors de l'horaire habituel dépendamment des activités des partenaires du Projet Colibri. Depuis novembre 2020, plus de 5 000 colis sont livrés par semaine. Ainsi, plusieurs constats ressortent de l'expérience du projet (Ville de Montréal, 2021a):

- Un coût allant de 30 % et 60 % du coût total de la logistique provient de la distribution du dernier kilomètre.
- L'utilisation de vélos-cargos peut générer des économies de 12 à 14 % sur les coûts opérationnels.
- Les vélos-cargos sont très adaptés à la livraison de colis de petite à moyenne taille et peuvent transporter jusqu'à 400 livres (181.44 kg).

Le succès du projet conduit naturellement à l'expansion de son territoire limité. En raison des plusieurs externalités positives, telles que la réduction du bruit, de la pollution et des véhicules lourds, et une sécurité accrue pour les piétons et les cyclistes, la Ville de Montréal a accordé un financement de \$322 883,000 à la Coop Carbone pour concevoir un deuxième mini-hub logistique urbain et éventuellement un troisième hub dans la ville de Montréal (Ville de Montréal, 2021a). À une plus grande échelle, le deuxième hub s'étendrait dans les arrondissements de Rosemont-La-Petite-Patrie, Villeray-Saint-Michel-Parc-Extension, Outremont, Ahuntsic-Cartierville et Côte-des-Neiges-Notre-Dame-de-Grâce. De plus, le troisième mini-hub se déploie aussi dans l'ouest de l'arrondissement de Ville-Marie, Sud-Ouest et Verdun (Ville de Montréal, 2021b).

Pour ce qui est de l'arrondissement de Lachine, le quartier se trouve à plus de 15 minutes en auto du centre-ville de Montréal via l'autoroute 20. À la lumière de l'étude présentée avant cette section et en étant un secteur situé proche des arrondissements qui font partie du deuxième et troisième mini-hub, il est évident qu'il y a un potentiel d'implantation d'un projet pilote de vélo-cargo à l'assistance électrique à la distribution des livraisons au niveau local et pour le dernier kilomètre.

D'autant plus que le parc industriel de Lachine comprend de nombreux entrepôts tels les centres d'expédition Purolator, Amazon, UPS, FedEx Freight, DHL Express et Canpar Express dans la portion nord de l'arrondissement, avoisinant l'aéroport international Montréal-Trudeau. Afin de promouvoir une transition de mobilité durable, le vélo-cargo est mieux adapté et susceptible d'être plus rentable lorsque la distance entre le centre de distribution et le quartier est de proximité et lorsque l'on observe un faible volume des colis à distribuer dans une zone dense (Sheth et al, 2019).

Dans cette optique, il est essentiel de considérer et d'étudier comment une structure de transport intégrée pourrait affecter ou avoir un impact sur les aspects sociaux, économiques et environnementaux. Ce geste de transition vers la mobilité durable, notamment pour le succès de bâtir l'écoquartier Lachine-Est, établira un exemple pour les autres villes du Québec. Sheth et al. (2019) met en évidence plusieurs résultats de différents points de vue d'étude sur l'impact du vélo cargo électrique dans l'environnement urbain (Voir « Table 1 » ci-dessous).

**Table 1** Cargo bicycle literature review summary

Author	Year	City	Country	Research Question	Findings
Melo et al.	2013	Porto	Portugal	How can electric cargo cycles impact traffic, energy efficiency, and emissions in urban environments?	Replacing 10% of delivery service vans would yield in better road network efficiency and reduce wheel to wheel CO2 emissions. and costs.
Tipagornwong et al.	2014	Urban Areas	United States	How competitive are freight tricycles compared to diesel vans in terms of costs and logistical constraints?	Diesel vans are more cost effective for deliveries that include parcels weighing 50 lbs. or more and freight tricycles are more cost effective for deliveries with time windows between 2 and 4 h.
Choubassi et al.	2016	Austin	United States	How do the operating costs compare for either a pedal bike with an electric motor, e-bike, or e-trike?	An e-trike has the lowest cost of operations.
Arnold et al.	2018	Antwerp	Belgium	How can different delivery modes be compared and assessed for efficacy before deployment?	Cargo bikes reduce external costs by 40% per delivery. Driving time increases by 134% with a cargo bike.

## 2.3 Principaux enseignements

### 1. Avantages sociaux, économiques et environnementaux

La transition apporte des avantages sociaux par rapport à la qualité de vie des habitants. L'engagement au développement durable est associé à l'aménagement urbain à l'échelle humaine. La réduction du nombre des camions laisse de l'espace pour pouvoir créer de nouveaux trajets pour les piétons et cyclistes, ce qui contribue à améliorer l'état physique et psychologique de la population et un mode de vie plus sain. De plus, il donne une disponibilité d'espace pour créer de nouvelles rues, donc promouvoir la perméabilité et l'accessibilité. La rue est conçue pour les activités humaines plutôt que pour les véhicules lourds. Cela donne un meilleur sentiment de communauté, de sécurité et d'accueil. Ceci devient possible dû à la faible vitesse d'un vélo par rapport aux véhicules lourds. Les vélos-cargo sont aussi beaucoup plus sécuritaires pour les passants et les automobilistes et diminuent les risques de collisions mortelles (Hiles, 2016; Sheth et al. 2019; Shissler, 2020).

Plusieurs opportunités d'emploi sont aussi susceptibles de se développer avec l'arrivée du vélo-cargo. En particulier, les entreprises locales gagneront plus de revenus en raison du coût d'achat inférieur des vélos (traditionnels ou électriques) et aux coûts d'entretien associés aux

véhicules lourds et autres véhicules à carburant, significativement plus élevés que les coûts d'entretien pour les vélos-cargo. Il n'est donc pas nécessaire de dépenser des frais supplémentaires pour le carburant, les réparations de véhicules et autres entretiens nécessaires.

De plus, la taille d'un vélo permet un accès plus facile sur les rues, particulièrement dans des rues plus étroites. Il est plus facile de le stationner et de laisser le vélo par rapport aux camionnettes de livraison typiques. Il n'a pas besoin d'un espace spécifiquement désigné dans les commerces et les résidences pour effectuer un dépôt rapide. Tout ceci est particulièrement pertinent à Montréal, où l'on retrouve d'importants problèmes de disponibilité d'espaces de stationnement surtout au centre-ville (Hiles, 2016; Sheth et al. 2019; Shissler, 2020).

Les avantages environnementaux du vélo-cargo sont évidents à évaluer. L'implantation de celui-ci limite le nombre de véhicules sur la route, ce qui réduit la congestion routière et baisse les émissions de CO<sub>2</sub> émises par les véhicules routiers. Le soutien à la transition vers les livraisons de vélos traditionnels ou électriques réduit le besoin d'exploiter les ressources fossiles pour créer du carburant. Il supprime la pression sur l'environnement et aide la Terre à se régénérer. Avec des émissions de dioxyde de carbone réduites, l'atmosphère continue de soutenir la vie sur Terre, car elle nous protège des rayons dangereux du soleil, il réduit les effets d'îlot de chaleur, maintient une température vivable et confortable, ainsi que le niveau d'oxygène à notre portée essentiel à la vie (Hiles, 2016; Sheth et al. 2019; Shissler, 2020).

En résumé, les avantages du vélo-cargo sont les suivants.

- Sociaux :
  - Disponibilité des espaces;
  - Sécurité des piétons et cyclistes;
  - Perméabilité et accessibilité;
  - Mode de vie à l'échelle humaine.
  
- Économiques
  - Efficacité accrue du transport de marchandises pour les zones urbaines denses
  - Réduction des coûts d'achat et d'entretien de véhicules de transport;
  - Gain de revenu;
  - Création d'emplois.
  
- Environnementaux
  - Réduction du nombre de véhicules à émissions de CO<sub>2</sub>
  - Réduit la congestion;
  - Zéro carbone;
  - Réduction de la pression environnementale.



## 2. Désavantages potentiels

Dans la section précédente, nous avons répertorié quelques avantages des vélos-cargos. Cependant, l'utilisation du vélo-cargo à assistance électrique pour des livraisons présente certains inconvénients. Selon Sheth et al, en termes d'usage, le cycliste d'un vélo-cargo aura besoin d'utiliser un trottoir, un terrain cyclable ou une voie véhiculaire pour respecter les délais de livraison en fonction de la disponibilité des routes et de circulation. Ainsi, des pistes cyclables désignées pour les vélos-cargos devraient être mises en place dans les réseaux de planification des routes pour éviter un mauvais exemple et le danger de partage de la route (Sheth et al., 2019).

Dans certains cas, selon le modèle de vélo, en général, un vélo-cargo à assistance électrique nécessite entre 6 et 8 heures pour se recharger complètement, ce qui peut parcourir entre 12 et 18 miles de distance (19,3 km à 29 km). Ainsi, dans ce cas, chaque cycliste doit recharger le vélo après chaque utilisation pour s'assurer que le prochain utilisateur pourra l'utiliser à pleine batterie. De plus, la batterie de charge doit être remplacée après 500 fois de charges et plus dépendamment du modèle et l'année. Le coût de remplacement de la batterie elle-même est en moyenne de 1 500 \$ (Sheth et al. 2019). Cependant, les économistes anticipent une baisse du prix de la batterie dans les années à venir, dû à la demande croissante de véhicules électriques en réponse au changement climatique et aux concurrences entre des entreprises minières (The Economist, 2021).

En résumé, les désavantages potentiels du vélo-cargo sont les suivants.

- Mauvais/dangereux partage de route;
- Durée de vie limitée de la batterie de charge;
- Coût élevé pour le rechange de batterie;
- Entretien de charge;
- Capacité de voyage limitée/baisse de l'efficacité pour de longues distances et de lourdes charges.

## Section 3 : Logistique urbaine à Lachine

### 3.1 État des lieux du transport de marchandises

La Communauté métropolitaine de Montréal (CMM) (Plan métropolitain d'aménagement et de développement, 2012), l'Agglomération de Montréal (Schéma d'aménagement et de développement, 2016) et la Ville de Montréal (Projet de Ville, 2021e) l'affirment toutes les trois : la région de Montréal est une plaque tournante du transport de marchandises en Amérique du Nord. En effet, Montréal et sa région, en plus d'être une des plus grandes agglomérations nord-américaines, sont idéalement situées entre la ville de Québec, l'Ontario et le nord-est des États-Unis, ainsi que le fleuve Saint-Laurent et son accès à la façade Atlantique.

De fait, Montréal se situe en plein cœur du Corridor de commerce Ontario-Québec et voit des millions de tonnes de marchandises la traverser chaque année (Ministère des Transports du Québec, 2013). La position historique et géographique stratégique, ainsi que la présence d'un réseau d'infrastructures logistiques très développé, permettent ainsi à Montréal sa situation de plaque tournante. De plus, la région est une plateforme intermodale constituée des quatre modes de transport de marchandises : routier, ferroviaire (réseaux Canadien National (CN) et Canadien Pacifique (CP)), maritime (port de Montréal) et aérien (aéroports Pierre-Elliott-Trudeau et Mirabel).

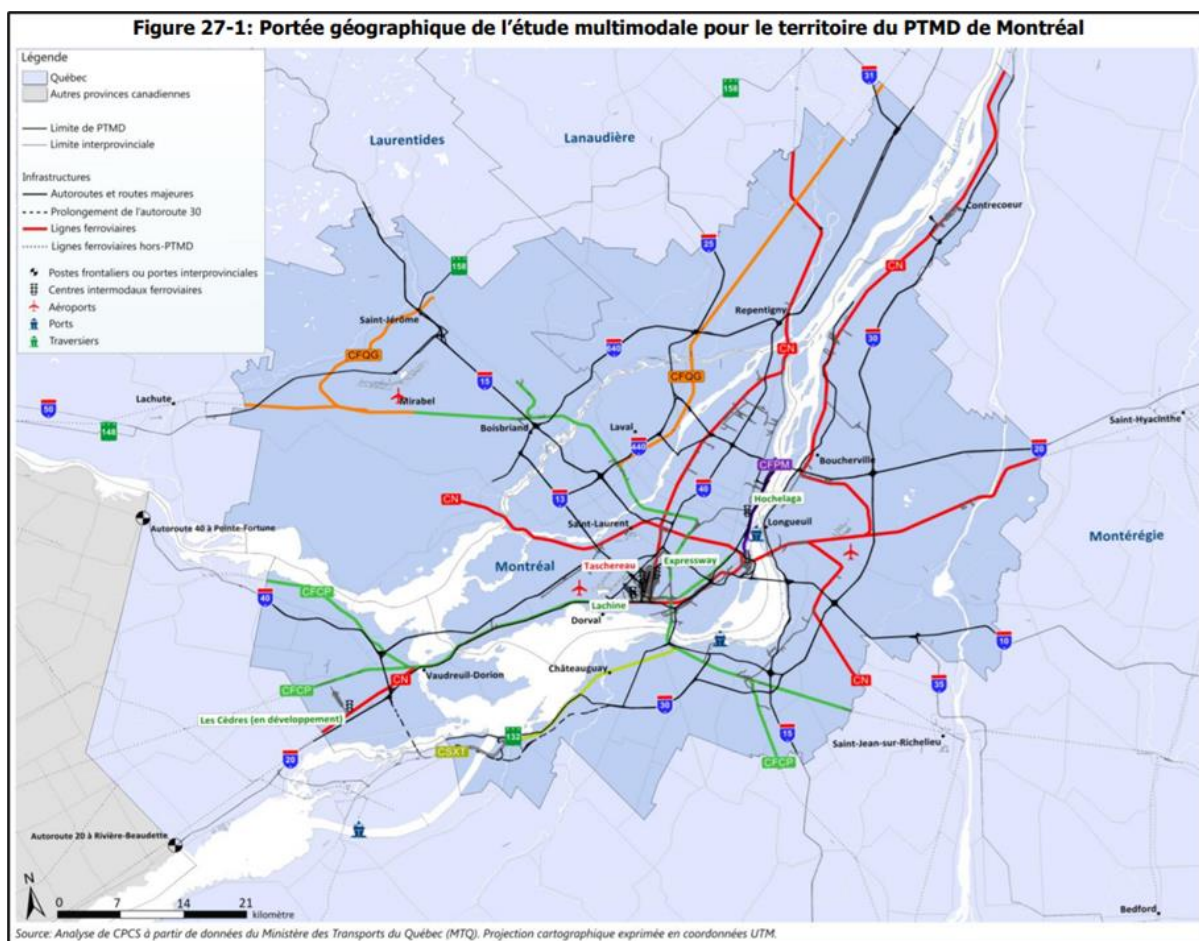
Toutefois, le transport routier est le mode le plus utilisé dans la région métropolitaine puisque 68% du tonnage transporté l'est par camion, 19% par bateau, 13% par train, et 0,1% par avion (Ville de Montréal, 2015). Selon la CMM (2012), « à l'échelle régionale, voire interrégionale, le mode routier assure la presque totalité des échanges de biens et marchandises entre les industries, les institutions, les commerces et les consommateurs ». La CMM (2012) constate aussi que « la majorité des échanges commerciaux entre le Québec et les États-Unis sont effectués par camion sur les liens autoroutiers stratégiques que sont : [les autoroutes] A-20 Est [et] A-20 Ouest ». Il ne s'agit pas des seules autoroutes évoquées par la CMM, mais ces deux-là traversent Lachine en plein cœur.

Montréal bénéficie également d'un réseau ferroviaire important qui assure un accès stratégique aux grands marchés nord-américains pour le transport de très longue distance (notamment sur l'axe Halifax-Chicago et vers l'Ouest canadien). De plus, ce réseau permet au port de Montréal sa compétitivité intermodale. En effet, l'émergence du camionnage et de la conteneurisation a provoqué une standardisation du transport de marchandises, ainsi que le développement rapide de l'intermodalité dont Montréal a su profiter avec ses réseaux maritime, ferroviaire, et routier. Des pôles intermodaux se sont ainsi développés pour faciliter le passage entre les modes de transport ferroviaire et routier, comme à Saint-Laurent (terminal Taschereau du CN) et Lachine (terminal Lachine du CP), tout en renforçant les liens avec le port de Montréal et le transport maritime.

Le futur développement de nouveaux pôles logistiques via la Stratégie maritime du Québec (MTQ, 2021) pourrait intensifier cette position si ces deux emplacements étaient retenus. Selon la CMM (2012), les pôles logistiques « ont plusieurs vocations liées à la distribution, à

l'entreposage et au traitement des marchandises ». De plus, la CMM envisage particulièrement ces pôles en combinaison avec un terminal intermodal ferroviaire ou portuaire. Le développement de ces nouveaux pôles sur l'île, voire même à proximité de Lachine, aura pour conséquence de continuer l'intensification du transport de marchandises dans la région.

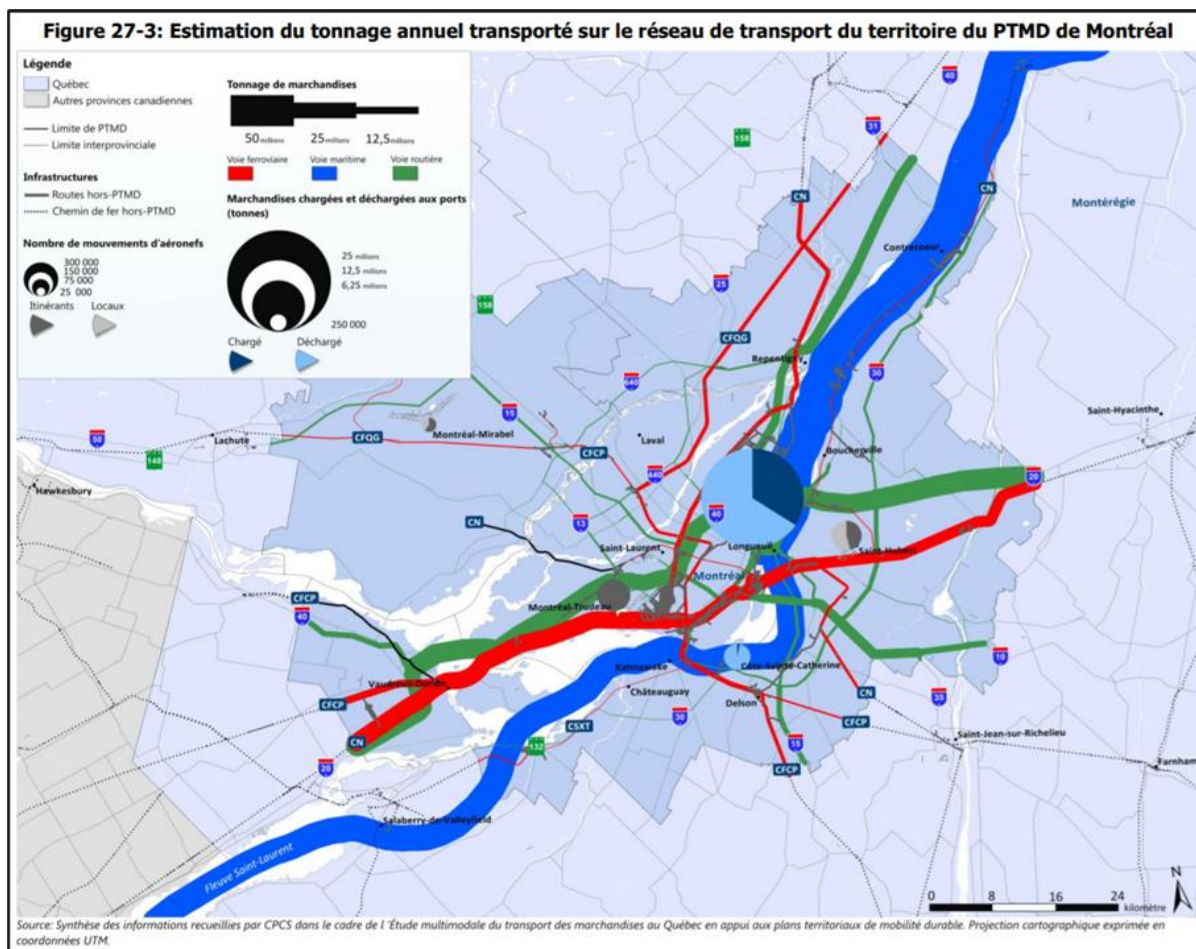
En ce qui concerne Lachine, sa situation géographique particulière fait que l'arrondissement est à proximité des autoroutes principales A-20 et A-13, des pôles intermodaux Taschereau et Lachine, de l'aéroport international Pierre-Elliott-Trudeau, ainsi que du pôle économique et industriel Saint-Laurent / Dorval. Au sein de la CMM, ce pôle est d'ailleurs, parmi les neuf grands pôles économiques de la CMM : le 2e en nombre d'emplois (188 950 emplois), le 1er en nombre d'emplois en production de biens (61 955 emplois, soit 47% de la totalité des emplois en production de biens des neuf pôles), le 2e en nombre d'emplois en production de services (126 995), et le 1er en superficie à vocation économique (2 123 ha) (CMM, 2012). La figure ci-dessous illustre bien la situation particulière de Lachine entre transport ferroviaire (en vert), transport routier (en rouge), transport routier (en noir) et pôle intermodal.



Tiré de : CPCS (2013, p. 272)

La figure ci-dessous permet de chiffrer cette situation aux alentours de Lachine : environ 25 millions de tonnes de marchandises sont transportées par an par voie ferroviaire, environ 12,5

millions par voie routière, et environ 300 000 aéronefs itinérants transitent par l'aéroport Montréal-Trudeau.



Tiré de : CPCS (2013, p. 275)

Plus précisément, au croisement de la rue Saint-Jacques et de l'avenue Saint-Pierre – au niveau de l'échangeur Saint-Pierre, soit à proximité de l'entrée nord-est du futur écoquartier Lachine-Est –, le passage de 564 camions a été comptabilisé le 21 mars 2021 (Niro, 2021). Ce chiffre est vraisemblablement sous-estimé pour être transposé sur d'autres jours puisque les données ont été récoltées un dimanche. En revanche, la quasi-totalité des camions voyageant entre 5h et 15h, en moyenne un camion traverse ce croisement chaque minute pendant cette période, avec des pointes entre 6h et 10h.

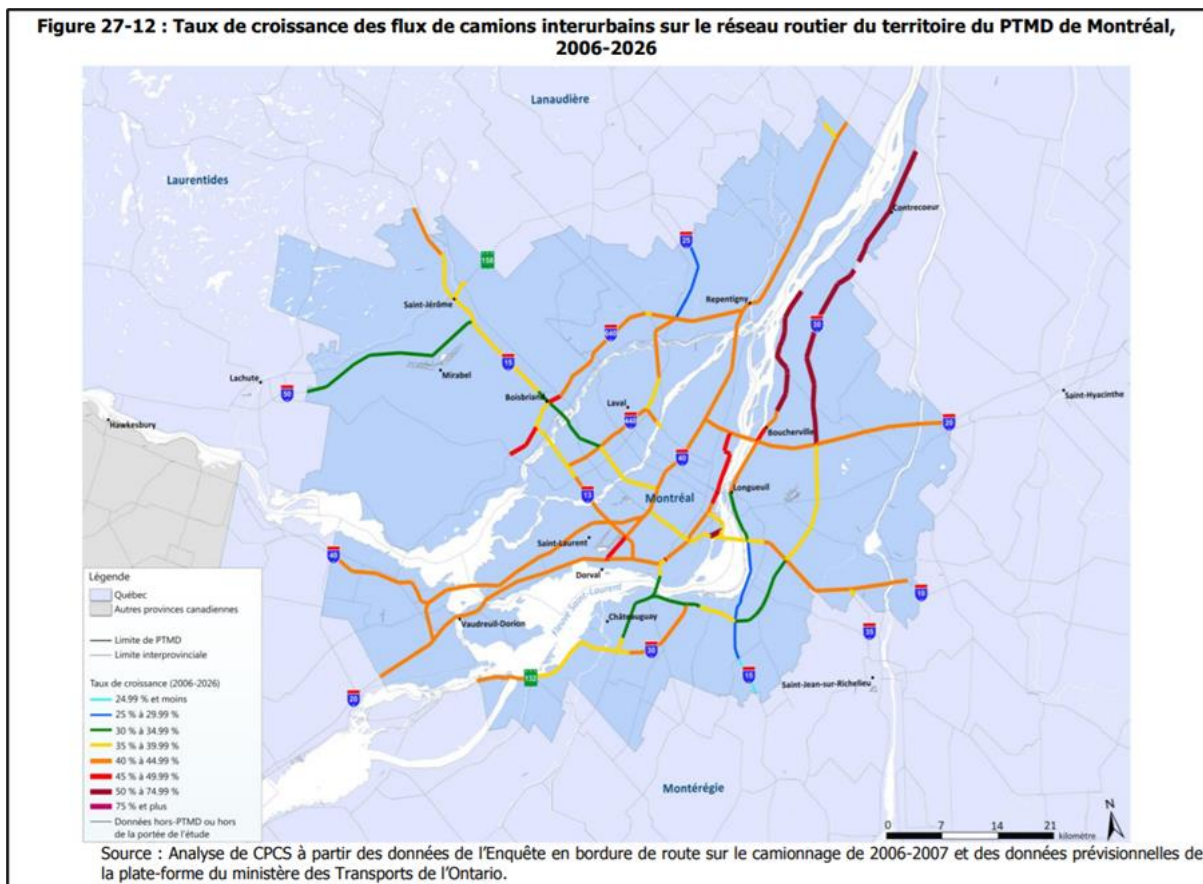
## 3.2 Limites de l'état actuel

### 1. L'omniprésence du camionnage

Dans son projet de ville, la ville de Montréal (2021e) évoque pertinemment les enjeux qu'impose un tel développement du secteur des transports au sein d'une agglomération :

« Dans une économie mondialisée où les chaînes logistiques constituent des composantes stratégiques de la compétitivité des villes, Montréal tire profit de son positionnement favorable comme ville portuaire et plaque tournante du transport intermodal des marchandises. L'augmentation continue des flux de marchandises impose toutefois à la ville de repenser la logistique urbaine afin d'atténuer les impacts négatifs associés au transport des biens, sans entraver les activités sociales et économiques. »

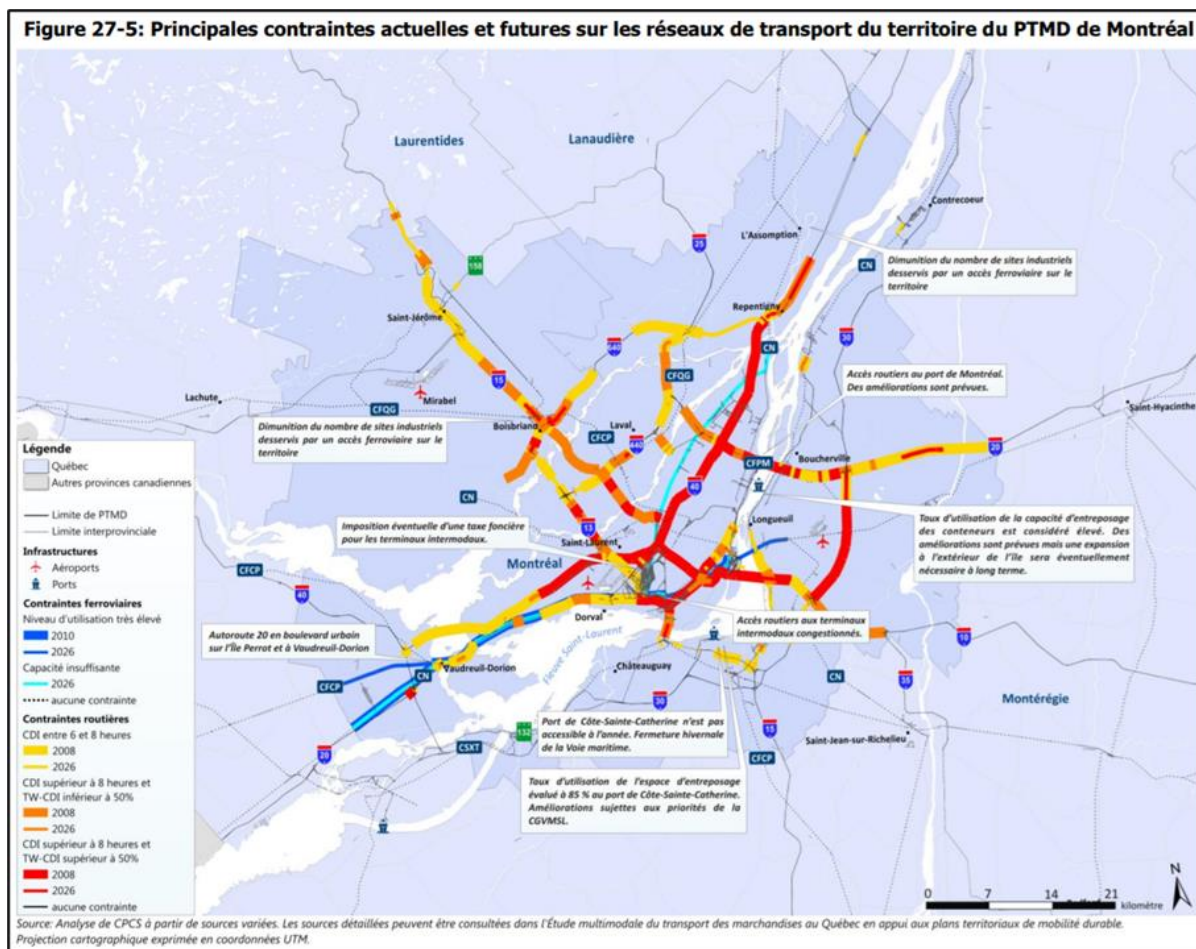
La figure ci-dessous confirme la croissance attendue des flux de camions entre 2006 et 2026. À proximité de Lachine, le taux de croissance prévu est de 40 à 50%.



Tiré de : CPCS (2013, p. 294)

Par conséquent, en 2026, le débit journalier moyen annuel (DJMA) est prévu de se situer entre 50 000 et 200 000 (sachant que le niveau est considéré comme élevé à partir de 100 000 et extrême à partir de 150 000), et le débit journalier moyen annuel de camions (DJMAC) est prévu de se situer entre 4 000 et 25 000 (sachant que le niveau est considéré comme élevé à partir de 10 000 et extrême à partir de 12 000) (MTQ, 2013). Cette augmentation des mouvements de marchandises va clairement contribuer à intensifier la sollicitation des réseaux, en particulier routiers, et finalement accroître les enjeux liés (Ville de Montréal, 2021e).

La figure ci-dessous détaille les principales contraintes actuelles et futures des réseaux de transport dans la région de Montréal.



Tiré de : CPCS (2013, p. 284)

À proximité de Lachine, sur les autoroutes 13, A-20 et 138, l'indice de durée de la congestion (CDI) est d'au moins 6h et jusqu'à plus de 12h en 2026, et le CDI pondéré par le nombre de camions (TW-CDI) se situe entre le 50e et le 90e centile en 2026 (MTQ, 2013). Sachant que pour le CDI, il est considéré un niveau de préoccupation élevé à partir de 8h et extrême à partir de 10h. Pour le TW-CDI, il est considéré un niveau de préoccupation élevé à partir du 75e centile et extrême à partir du 90e. Ainsi, les accès routiers aux terminaux intermodaux qui sont déjà congestionnés le seront d'autant plus dans les années à venir. Par conséquent, il est primordial que l'accessibilité des marchandises aux pôles intermodales nécessite des interventions en vue d'être améliorée (Ville de Montréal, 2015).

En plus de ces flux croissants, leur concentration sur l'île de Montréal vient exacerber la situation. L'île comporte en effet la grande majorité des plateformes de transports maritimes, ferroviaires et aéroportuaires, allant de pair avec une forte concentration des emplois liés à ces industries (CMM, 2012). De plus, la majorité des activités de transport de marchandises font intervenir le camionnage lors d'une étape de la chaîne logistique, ayant pour conséquence

d'accentuer l'hypercentricité des transports vers l'île. Selon la CMM (2012), « les flux les plus importants de déplacements de marchandises par camion sont donc effectués, au cœur de l'agglomération, sur les éléments du réseau routier régional les plus systématiquement affectés par la congestion ».

Ainsi, la CMM fait part des informations et données suivantes :

- 59% de la valeur des échanges Nord-Sud entre le Québec et le marché américain passent par les réseaux routiers du Grand Montréal,
- 85% des déplacements de camions traversant les limites de la région métropolitaine de recensement (RMR) de Montréal ayant une origine ou une destination à l'intérieur de celle-ci, ont un point d'origine ou de destination sur l'île de Montréal ;
- les coûts de la congestion ont doublé en 10 ans et sont évalués à 4,2 milliards de dollars canadiens en 2018 ;
- selon les prévisions de l'OCDE, les activités mondiales de transport des marchandises devraient doubler, voire tripler, au cours des 30 prochaines années.

La problématique de congestion de l'ensemble du réseau routier ne cesse ainsi d'augmenter depuis plusieurs décennies (CMM, 2012). Cet état de fait est de plus couplé avec un réseau routier parfois vieillissant ou mal entretenu, nécessitant des investissements importants. Le réseau routier n'est pas non plus épargné par le partage des infrastructures routières avec les emprises ferroviaires qui se sont avérées parfois limitantes. De plus, les plateformes intermodales posent problème de par leur dimension, résultant en une insertion difficile dans la trame urbaine.

Toujours selon la CMM (2012), ces plateformes « occasionnent du bruit, occupent beaucoup d'espace et ont une faible valeur architecturale ». Ainsi, les impacts environnementaux sont importants, notamment l'atteinte à la qualité de l'air par la concentration de véhicules lourds et l'absence quasi totale de végétaux sur de vastes étendues. En revanche, le regroupement d'un plus grand nombre d'entreprises au sein d'un seul et même pôle permet de minimiser les infrastructures requises. Ainsi, ce regroupement peut faciliter le traitement de ces problématiques grâce à une zone tampon autour.

L'agglomération de Montréal (Ville de Montréal, 2015) évoque aussi la problématique de l'emprise au sol du camionnage qui est une contrainte limitante sachant que le réseau actuel est déjà aux prises avec une congestion. De plus, selon elle, le transport aérien via l'aéroport de Montréal est limité de par son manque de connexions directes avec l'Asie et l'Amérique du Sud. Quant au réseau ferroviaire, il traverse déjà plusieurs quartiers denses et génère de fait des conflits d'usages à cause, notamment, du bruit associé. Ainsi, le transport maritime et son trafic de conteneurs sont voués à croître, bien que plusieurs projets de réfection routière soient prévus ou en cours. Il est en revanche évident que le transport maritime ne pourra supporter à lui tout seul la hausse annoncée des marchandises. Des solutions doivent être apportées à l'échelle interrégionale, mais également pour la desserte au sein de l'île.

D'ailleurs, ces dernières années ont vu le développement exponentiel des ventes en ligne, accélérées par la pandémie de Covid-19. En effet, Deloitte (2021) a évalué que « la valeur des ventes en ligne a atteint 9 % de l'ensemble des ventes au détail canadiennes en 2018, et elle

devrait encore augmenter de 25 % d'ici 2023 ». Plus récemment, le commerce de vente en ligne a quasiment doublé en un an, de février 2020 à février 2021 (Statistique Canada, 2021). Au cours des prochaines années, l'augmentation attendue de la part de marché du commerce en ligne entraînera nécessairement une augmentation en flèche de la demande en transport de marchandises directement aux portes des consommateurs, et donc inévitablement du transport routier également.

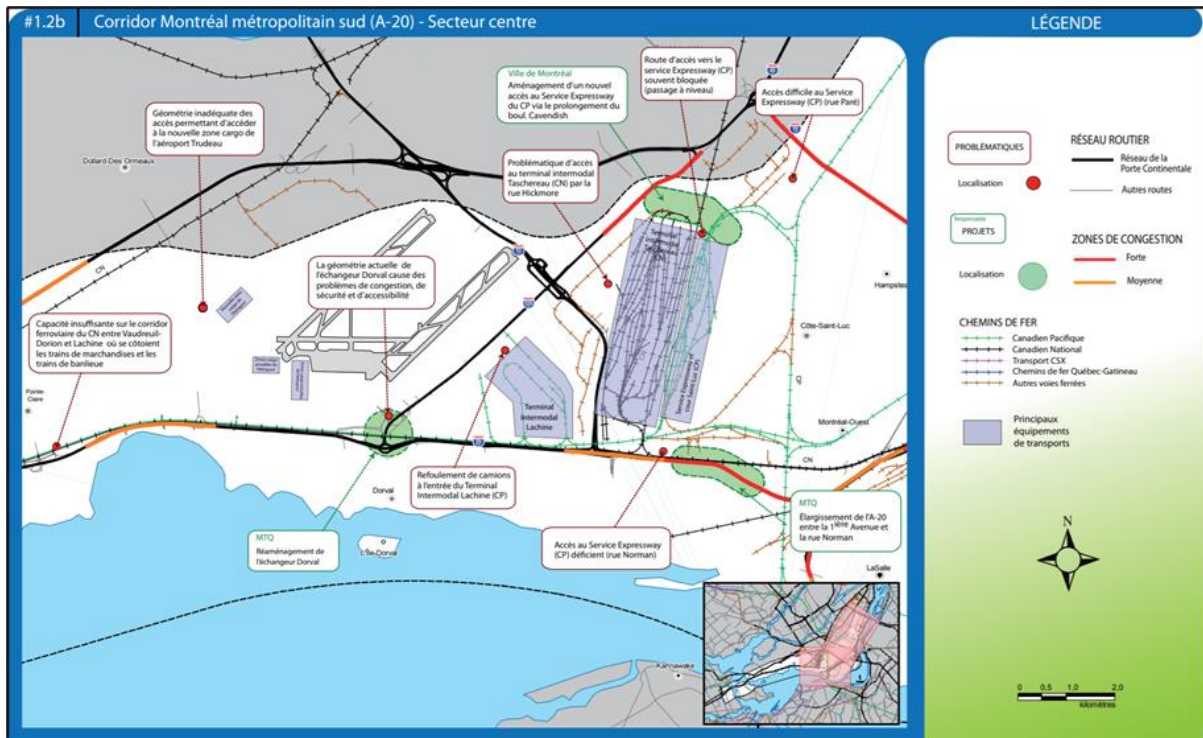
## 2. La situation particulière de Lachine

L'arrondissement de Lachine se situe à l'ouest du centre-ville de Montréal et est bordé au sud par le canal Lachine. On y compte plus de 45 000 résidents et une forte présence de familles avec des enfants. Le quartier est par ailleurs divisé en deux secteurs principaux par l'autoroute 20 et le réseau ferroviaire, soit un parc industriel et un cœur résidentiel. Le parc industriel est situé au nord de l'arrondissement, en proximité à l'aéroport Pierre-Elliott Trudeau. On y retrouve de nombreux centres de distribution de compagnies tels que Purolator, Amazon, UPS, FedEx, DHL et Canpar.

La partie résidentielle de Lachine, qui compose la majorité du territoire, compte plusieurs rues commerciales, dont la rue Notre-Dame qui dessert plusieurs des avenues numérotées de Lachine, ainsi que plusieurs parcs et équipements publics et institutionnels. Pourtant, la présence de transport routier et ferroviaire enclave certaines zones résidentielles et crée une rupture dans l'ensemble de l'arrondissement, notamment dans les quartiers défavorisés de Duff Court et Saint-Pierre (Centraide du Grand Montréal, 2020).

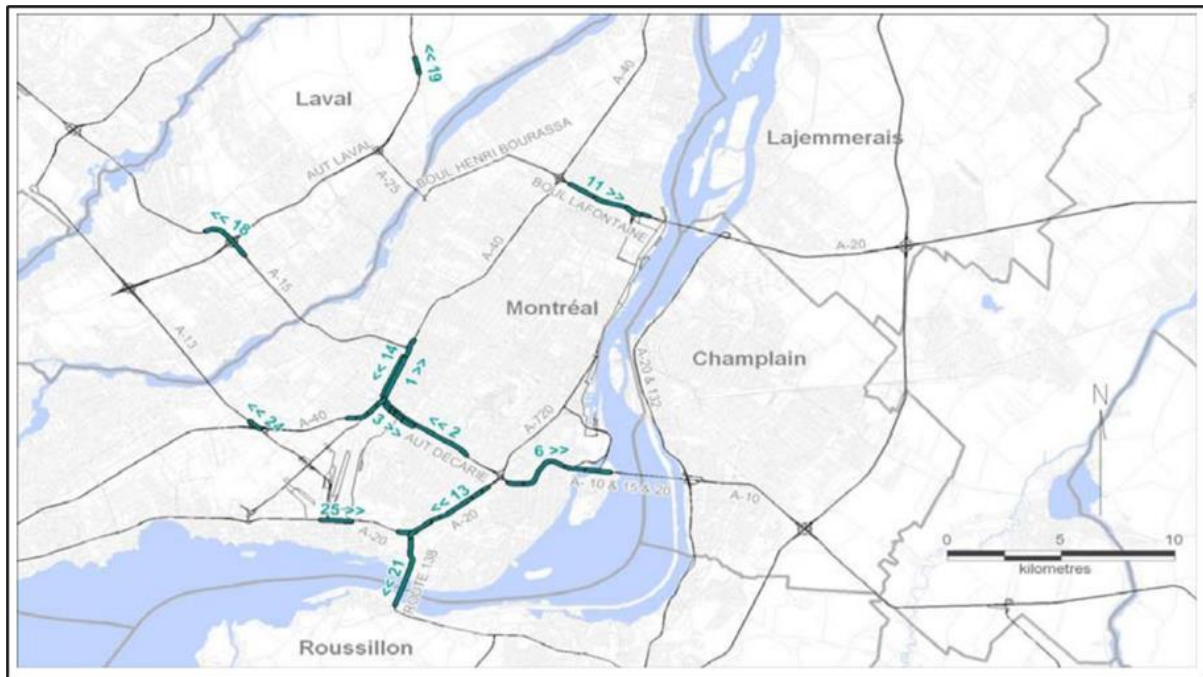
La figure ci-dessous détaille les infrastructures à proximité de Lachine, ainsi que les problématiques de logistique. Ces dernières sont toutes en lien avec la congestion et la difficulté d'accès aux différents terminaux.





Tiré de : MTQ (2013, p. 123)

D'ailleurs, la figure ci-dessous indique que les 25e, 21e et 13e tronçons de route les moins performants du Québec et de l'Ontario à l'heure de soir en 2008, traversent ou sont à proximité de Lachine.



Tiré de : MTQ (2013, p. 40)

Ainsi, au niveau de l'arrondissement de Lachine, « plusieurs secteurs sont confrontés à une problématique de camionnage préoccupante » (CRUISP et al. 2013). Certains quartiers denses sur le plan résidentiel et commercial sont traversés quotidiennement par de nombreux camions, comme c'est le cas avec les plus de 500 camions quotidiens au croisement Saint-Jacques/Saint-Pierre (Niro, 2021). Certaines de ces voies ne sont d'ailleurs pas bien adaptées aux transports lourds (largeur de chaussée, rayon de braquage, débit de circulation...) et les camions se retrouvent parfois bloqués ou ralentis (Revitalisation Saint-Pierre, 2018). En plus d'amener des pollutions atmosphérique, sonore et visuelle au niveau local, le camionnage amène également une congestion qui nuit à l'efficacité du système de livraison à travers la congestion (CRUISP et al. 2013).

Le secteur autour de l'échangeur Saint-Pierre (le quartier Saint-Pierre et le futur écoquartier Lachine-Est) est particulièrement touché par ses problématiques du fait de son désenclavement et de sa proximité à l'autoroute A-20, aux pôles intermodaux Taschereau et Lachine, et au pôle industriel Lachine / Saint-Laurent / Dorval (Revitalisation Saint-Pierre, 2018). De plus, comme évoqué précédemment, le camionnage est particulièrement intense aux heures de pointe et augmente ainsi l'insécurité routière qui va de pair avec le risque d'accident. Le manque d'itinéraires alternatifs et la présence d'infrastructures de transport de niveau régional à proximité de Lachine impliquent de fait un flux de marchandises important, couplé avec ses externalités négatives (CRUISP et al. 2013). Ainsi, il est d'autant plus important de réfléchir à des solutions complémentaires structurantes, de façon à faciliter les échanges commerciaux, tout en réduisant les nuisances générées par le transport des marchandises en zones résidentielles.

Du fait de leur enclavement et de leurs populations plutôt familiales ou vieillissantes et à faibles revenus (Centraide du Grand Montréal, 2020), les secteurs Saint-Pierre, Duff Court et Lachine-Est font l'objet d'une attention particulière de la part de divers organismes. En effet, ces derniers se mobilisent afin de créer et développer des solutions innovantes qui répondent aux besoins et aux bénéfices des résidents de Lachine, notamment en termes de transport.

### 3. Les nombreuses problématiques du camionnage

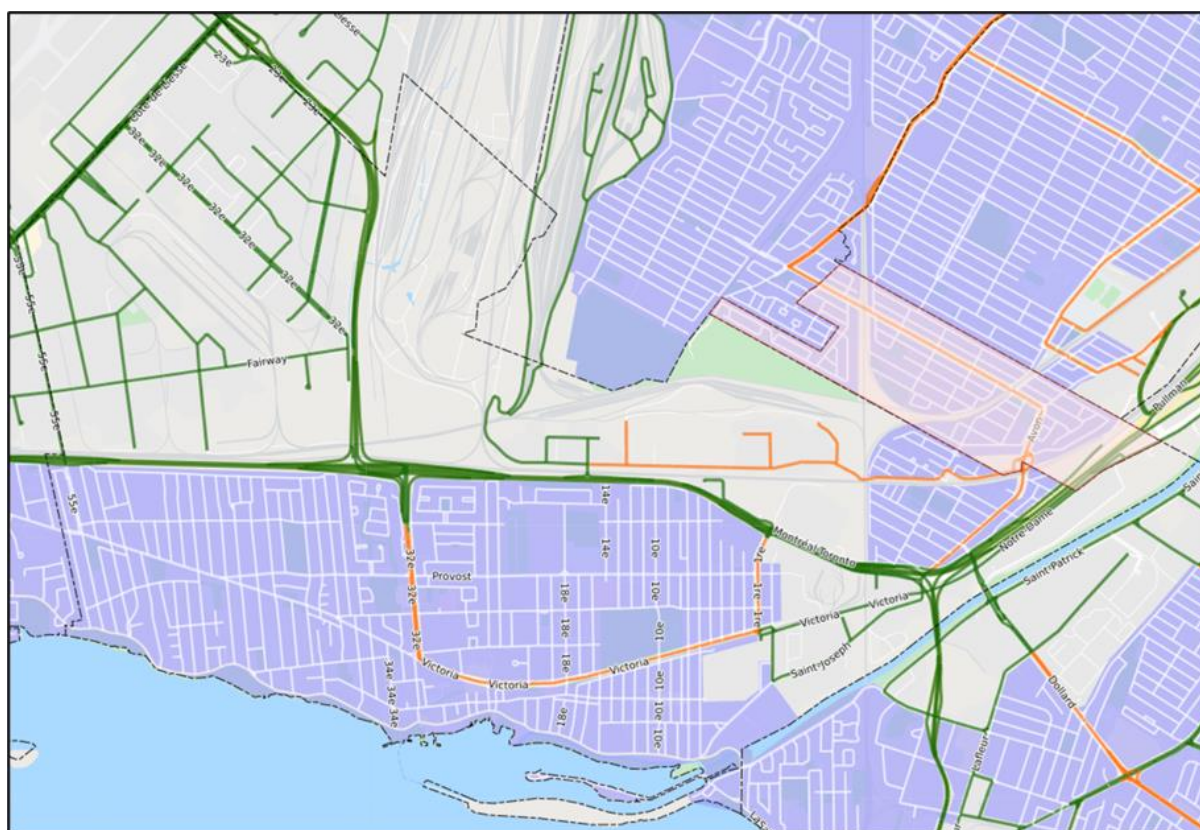
En plus de la congestion, d'autres pollutions diverses viennent avec le camionnage. Concernant les GES, la situation est malheureusement assez indéniable puisque, au Québec en 2019 (MELCC, 2021) :

- le secteur des transports est le plus émetteur (43%) et celui dont les émissions ont le plus augmenté depuis 1990 (+35%) ;
  - le sous-secteur du transport routier est le plus émetteur (79%) et celui dont les émissions ont le plus augmenté depuis 1990 (+60%) ;
    - les sous-sous-secteurs des véhicules lourds et des camions légers sont les plus émetteurs (37% et 32%) et ceux dont les émissions ont le plus augmenté depuis 1990 (+194% et +156%).

Les 15 millions de camions sur les autoroutes traversant Lachine chaque année vont aussi de pair avec diverses pollutions dont notamment : atmosphériques, sonore, visuelle et spatiale (Revitalisation Saint-Pierre, 2018). L'usure des infrastructures et la réfection fréquente des

routes en découlant sont également des problématiques importantes ayant un coût pour la société et les collectivités territoriales. Enfin, l'insécurité routière et les risques d'accidents associés ne sont certainement pas des enjeux à oublier.

La figure ci-dessous est la carte du réseau de camionnage à Lachine. Sont représentés en vert les axes accessibles en tout temps par les camions et en orange ceux accessibles uniquement de 7h à 19h.



Tiré de : Ville de Montréal (2021g)

Il est facilement compréhensible avec cette carte que les camions soient amenés à traverser le quartier Saint-Pierre et le futur écoquartier Lachine-Est. Les nombreux enjeux de congestion découlant en une insécurité routière et des accidents constatés au large de l'échangeur Saint-Pierre (CIPC, 2021) semblent évidents.

### 3.3 (Pré)vision des politiques publiques

Pour faire face à toutes ces problématiques de camionnage, la CMM prévoyait déjà dans son plan métropolitain d'aménagement et de développement (PMAD) en 2012 d' « optimiser et compléter le réseau routier pour soutenir les déplacements des personnes et des marchandises ». L'un des objectifs sous-jacents était la « réduction des délais et des retards occasionnés par la congestion ». Visiblement, la situation n'a cessé de s'empirer depuis. Suivre le rythme de l'augmentation continue du transport de marchandises paraît ainsi difficile sans alternatives au camionnage.

Bien que non quantifiée, car trop complexe, il est évident que l'optimisation et l'amélioration des réseaux de transport a eu pour impact indirect l'augmentation des flux ainsi que des problématiques associées : il s'agit de l'effet rebond. Réduire ou, du moins, limiter la hausse des flux de marchandises paraît inévitable pour gérer au mieux les enjeux du camionnage. En revanche, cela n'est gérable qu'au niveau fédéral ou provincial en ajoutant des taxes à l'importation et en développant le commerce et l'industrie locaux. Ainsi, il est nécessaire d'envisager d'autres alternatives de transport au camionnage et au réseau existant si Montréal veut conserver son rôle de plaque tournante des marchandises à l'échelle continentale.

L'Agglomération de Montréal souhaite « privilégier l'implantation d'entreprises tributaires du transport de marchandises en bordure des grands axes autoroutiers » (Ville de Montréal, 2015). C'est déjà le cas dans l'ouest de l'île avec la concentration des infrastructures aéroportuaires et d'importantes plateformes ferroviaires, ainsi que de plusieurs entreprises en logistique installées entre les autoroutes 20, 13, 520 et 40. Malheureusement les problématiques de congestion sont déjà fortes à cet endroit et il est prévu qu'elles vont continuer de croître. La stratégie de l'agglomération paraît donc risquée et pourrait amener à empirer la situation actuelle.

Dans son plan de relance économique 2021, la Ville de Montréal (2021c) « s'engage à adhérer à l'agenda 2030 pour des villes portuaires durables ». Cet agenda a comme objectifs : l'adaptation au changement climatique, la transition énergétique et économie circulaire, la mobilité durable, et la santé et qualité de vie. Le secteur de logistique et du transport de marchandises a en effet le potentiel, mais surtout le devoir, de contribuer à l'atteinte de ces objectifs, mais, pour cela, des actions rapides et structurantes doivent être prises. La Ville de Montréal prévoit ainsi d'allouer 2,2 millions de dollars canadiens (3,7% du budget total) pour « soutenir l'achat local et les activités commerciales, comme la livraison urbaine, le virage numérique et les interventions en design ». Seulement une partie de cette somme reviendra donc à la livraison urbaine alors qu'il s'agit d'un des enjeux les plus en lien avec la lutte contre les changements climatiques. Le transport routier représentait 29% des émissions de GES de la ville de Montréal en 2017 (SNC-Lavalin, 2017), qui s'est engagée à réduire ses émissions de 55% d'ici 2030 par rapport à 1990 – les émissions ayant déjà diminué de 29% entre 1990 et 2017.

Pour son projet de Ville, Montréal a mené des ateliers d'idéation en 2021 qui ont mené à plusieurs constatations en lien avec le transport de marchandises. Selon plusieurs participants (Ville de Montréal, 2021d), « le transport des marchandises freinerait les initiatives d'atténuation de la circulation, nuirait à la quiétude des quartiers et compromettrait les mesures d'amélioration de la sécurité des citoyennes et citoyens ». Il est donc nécessaire que la Ville travaille « à améliorer la cohabitation entre le transport des marchandises et la vie de quartier, en atténuant les nuisances et les risques qui y sont associés ». Les recommandations suivantes ont ainsi été faites :

- Réduire le camionnage en ville
- Planifier le transport des marchandises
- Utiliser des moyens de transport plus conviviaux et à faible émission pour le transport des marchandises

La Ville a par conséquent repris ces recommandations dans son projet de Ville (2021e) :

- Favoriser la mobilité douce pour limiter les impacts négatifs (insécurité, consommation d'espace, pollution, GES, etc.) et ainsi favoriser des modes motorisés « décarbonés et adaptés aux quartiers ».
- Multiplier les mini-hubs sur l'ensemble du territoire afin de structurer efficacement les livraisons. Les vélos-cargos sont évoqués comme assurant les livraisons de marchandises et répondant « rapidement aux besoins des commerçants tout en étant compatible avec la vie de quartier ».
- « Localiser de manière optimale les activités logistiques pour assurer leur efficacité, tout en minimisant l'empreinte environnementale des mouvements de marchandises, les nuisances et les impacts sur la mobilité ».

Pour faciliter cette transition, le gouvernement du Québec a mis en place, depuis le 1er janvier 2021, « une nouvelle aide financière de 2 000 \$ [...] à l'achat d'un vélo cargo à assistance électrique, entre autres pour encourager un mode de livraison sobre en carbone pour le commerce en ligne, l'alimentation de proximité et les livraisons locales ».

### 3.4 Une opportunité pour Lachine

Situé au carrefour des autoroutes, des voies navigables et desservies par deux gares, Lachine bénéficie d'une localisation stratégique. Avec l'un des plus importants parcs industriels de Montréal, stratégiquement situé entre l'aéroport de Montréal et la gare de triage du Canadien Pacifique, Lachine est une plaque tournante dans le domaine de la logistique du transport (Arrondissement de Lachine, 2021). Ce n'est pas par hasard que plusieurs entreprises expertes dans ce domaine aient choisi d'investir à Lachine afin d'accroître leur performance, dont notamment Amazon, UPS, U-Haul, Purolator et Fedex.

En parallèle, l'arrondissement de Lachine connaît un regain de vitalité ces dernières années, situation qui ne devrait aller qu'en s'améliorant avec le futur écoquartier Lachine-Est, à condition que celui-ci soit soigneusement planifié. Ainsi, une forte croissance de la population est prévue au cours des prochaines décennies, due aux 7 400 logements pour l'instant prévus au sein de l'écoquartier. Pourtant, dans le programme particulier d'urbanisme (PPU) de Lachine-Est proposé par la Ville de Montréal (2021f), seuls la réfection ou le réaménagement de l'échangeur Saint-Pierre sont prévus comme mesure concernant le transport de marchandises dans le secteur.

Depuis l'annonce, en 2017, d'une « ligne rose » Lachine – Montréal-Nord via le centre-ville par Valérie Plante, l'idée du retour du tramway à Lachine a été soutenue à plusieurs échelles de gouvernance. En plus du soutien de la mairesse de Montréal – Valérie Plante –, plusieurs OBNL ont publié des mémoires et études en faveur de l'implantation d'un tramway entre Lachine et le centre-ville de Montréal : le GRAME (2016), la CDEC LaSalle-Lachine (2020), ainsi que le GRAME et Imagine Lachine-Est (2020). Finalement, s'en est suivi l'Arrondissement de Lachine (2021) qui aimerait voir le projet se construire sur l'emprise de voie ferrée qui longe la rue Victoria, aucune expropriation résidentielle ne serait ainsi nécessaire. L'idée de la relance du tramway vers Lachine avait même déjà été évoquée il y a 15 ans dans un mémoire préparé par l'entreprise Pabeco Inc. (2007).

En 2021, le projet prend une autre tournure lorsque l'Autorité régionale de transport métropolitain (ARTM) annonce le lancement des études préliminaires en vue de l'implantation d'une nouvelle ligne de transport collectif électrique et structurant entre le grand Sud-Ouest et le centre-ville de Montréal. Le gouvernement du Québec a investi 20 millions de dollars canadiens pour effectuer les études préparatoires publiées dans les 24 mois suivants. L'ARTM recherche « un mode de transport rapide, fréquent, qui offre le service toute la journée dans les deux directions » et étudie notamment 3 possibilités : un tramway, un service rapide par bus (SRB), et un métro léger.

Dans un mémoire examinant les potentialités d'utilisation des infrastructures de transport collectif à des fins de transport de marchandises en milieu urbain, le Centre interuniversitaire de recherche sur les réseaux d'entreprise, la logistique et le transport (Pirie et al. 2020) préconisait d'envisager et d'étudier les possibilités en amont afin de préparer au mieux un tel projet :

« Ces projets de tramway, annoncés par le gouvernement du Québec et la ville de Montréal, sont encore dans un état très préliminaire et pourraient ne pas se réaliser ou connaître des modifications importantes. Quoi qu'il en soit, l'aspect préliminaire de ces projets laisse une grande marge de manœuvre à l'intégration du transport de marchandises. Il serait néanmoins nécessaire qu'un intervenant informe et motive les acteurs impliqués dans ces projets pour intégrer le transport de marchandises. En particulier, il paraît important d'étudier les aménagements souhaitables pour ne pas perturber le transport des passagers. Dans le cas où des tramways de marchandises seraient intercalés entre ceux de passagers, l'ajout de stations indépendantes du reste du réseau dans les zones industrielles pourrait être envisagé afin de permettre le chargement/déchargement des marchandises sans affecter le transport des passagers. Il paraît important de discuter du financement de ces aménagements dès le début du projet pour éviter de se retrouver dans une impasse financière. »

Le fait que le tramway soit une option à l'étude est une opportunité importante pour considérer l'implantation d'un système de livraison par tram-cargo dans le même temps, et ainsi revoir la logistique de transport du secteur (Imagine Lachine-Est, 2021). En effet, les nombreux bénéfices environnementaux du tram-cargo par rapport à l'utilisation de camions en font une option avantageuse. De plus, la position stratégique de Lachine à proximité de pôles industriels et intermodaux peut bénéficier au tram-cargo en facilitant son intégration, et in fine son efficacité et sa rentabilité.

L'ensemble du développement du tramway doit être pensé, dès le début, afin d'en utiliser l'infrastructure pour permettre le déplacement de certaines marchandises en période hors-pointe. Par exemple, le tracé proposé sur la figure ci-dessous est identique aux axes empruntés par les camions, réduisant ainsi la congestion, l'insécurité et les pollutions associées. Cette approche serait d'autant plus avantageuse que le réseau du tramway pourra être étendu vers l'Est formant un véritable lien électrifié Est-Ouest dans l'île de Montréal, intégrant notamment l'aéroport, le port de Montréal ainsi que plusieurs parcs industriels.



Tiré de : CDEC LaSalle-Lachine (2021, p. 49)

Enfin, compte tenu des informations concernant le transport de marchandises à Lachine, le tramway devrait circuler dans les zones suivantes :

- Station Lionel-Groulx, sinon station Vendôme, pour desservir les lignes majeures de métro. Un prolongement vers l'Est jusqu'au port de Montréal doit être envisagé pour le futur.
- Rue Saint-Jacques jusqu'au quartier Saint-Henri pour désenclaver le quartier et réduire le camionnage.
- Boulevard Saint-Joseph et/ou rue Victoria pour desservir le futur écoquartier Lachine-Est.
- Rue Victoria et/ou rue Notre-Dame pour desservir le centre de Lachine.
- 32e avenue pour desservir : les pôles intermodaux, le pôle industriel et économique, l'aéroport Pierre-Elliott-Trudeau.
- Un autre axe pour desservir LaSalle peut aussi être envisagé.

La distribution locale des colis pourra ensuite être assumée en vélo-cargo, à l'instar du programme Colibri, à partir de points de chute à des stations stratégiques du tramway, notamment au sein du futur écoquartier Lachine-Est, réduisant ainsi sensiblement le camionnage dans les zones résidentielles ainsi que les multiples nuisances associées (GRAME et Imagine Lachine-Est, 2020).

Ce projet de transport de marchandises à Lachine doit toutefois faire l'objet de quelques questionnements préalablement à son implantation. Contrairement à ce qu'on retrouve en Europe, là où la plupart des initiatives et des projets pilotes ont vu le jour jusqu'à présent, il n'existe pas de réseau de tramway déjà existant sur lequel s'appuyer à Montréal. L'implantation d'un système de tram-cargo à large échelle est donc difficilement envisageable à court ou

moyen termes. Cependant, la future portion ouest de la ligne rose se présente comme une candidate idéale pour la venue d'un tel système au Québec. Le fait de partir à neuf peut aussi être vu comme une opportunité d'intégrer cette dimension à même le projet et donc de bâtir un réseau préalablement adapté à cette seconde vocation. En effet, une station mixte ralliant transport de marchandises et de passagers doit prévoir des aménagements particuliers tels qu'un espace de chargement/déchargement à même le quai et un espace d'entreposage. De plus, un espace de chargement des marchandises vers les modes de transport assurant le dernier kilomètre (vélo-cargos, camionnettes électriques, etc.) doit également être prévu afin d'éviter de nuire à la qualité du service offert aux usagers.

Imagine Lachine-Est (2021) affirme que, dans l'arrondissement de Lachine, « il est évident qu'il y a un potentiel d'implantation d'un projet pilote de vélo-cargo [...] à la distribution des livraisons au niveau local et pour le dernier kilomètre ». L'OBNL rappelle également que le parc industriel de Lachine et ses nombreux entrepôts – Purolator, Amazon, UPS, FedEx Freight, DHL Express et Canpar Express – sont un réel atout, en plus des pôles intermodaux et de l'aéroport. De plus, Sheth *et al.* (2019) révèle que le vélo-cargo est mieux adapté et susceptible d'être plus rentable lorsque la distance entre le centre de distribution et le quartier est réduite et lorsque l'on observe un faible volume des colis à distribuer dans une zone dense. Cette description convient parfaitement à la description de la situation géographique à Lachine, d'autant plus avec le futur écoquartier Lachine-Est.

L'intégration de vélo-cargo pourrait se faire avec un projet-pilote de vélo-cargo concentré sur les commerçants de la rue Notre-Dame et les trois grandes épiceries (IGA, Maxi et Métro) qui se trouvent aux Galeries Lachine, ainsi que dans le quartier Saint-Pierre. Ensuite, le projet-pilote pourrait être élargi afin de promouvoir le potentiel du vélo-cargo pour les grandes entreprises de livraison situées dans le parc industriel de Lachine telles que Purolator, FedEx, UPS, Canpar Express, DHL Express et Amazon. En parallèle, une étude de faisabilité sur l'intégration du vélo-cargo dans la logistique de Lachine, en lien avec l'arrivée potentielle du tram-cargo dans le secteur, devrait être réalisée. De plus, l'implantation de vélo-cargos s'intègre parfaitement à la campagne ClimAction Lachine, par laquelle la communauté lachinoise œuvre à faire de l'arrondissement de Lachine une Collectivité ZÉN (zéro émission nette).

Finalement, des enjeux de cohabitation entre le transport de personnes et de marchandises sont à préciser, surtout au niveau des réglementations. Les règlements gouvernementaux paraissent peu contraignants à propos du transport de marchandises, hormis celui des matières dangereuses même s'il paraît peu probable qu'elles soient transportées via les infrastructures du transport en commun (Pirie et al, 2020). Il n'y a bien évidemment pas de réglementation concernant le tramway puisque ce mode de transport n'est pas actuellement en service au Québec. Ce sera en revanche un point à surveiller dans le cas du choix du tramway comme lien de transport structurant entre l'ouest de l'île et le centre-ville.

Néanmoins, les tramways convertis pour le transport de marchandises pourraient avoir à répondre aux lois et règlements gouvernementaux concernant le transport de marchandises par train et/ou par camion (Pirie et al, 2020). Le CIRRELT conclut son étude (2020) en affirmant que transformer des marchandises peu encombrantes et non dangereuses dans les transports en commun en même temps que les passagers paraissait possible, mais qu'il faudrait s'en



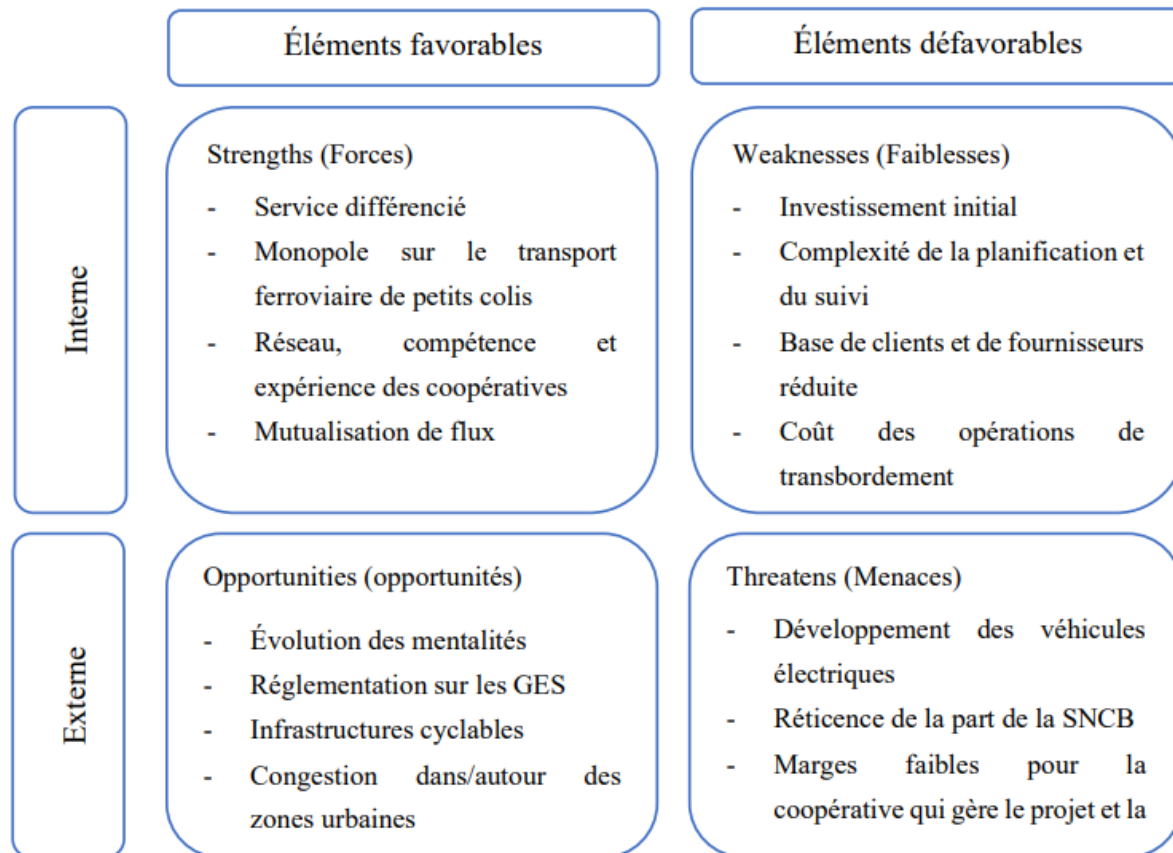
assurer auprès des compagnies de transport et d'infrastructures concernées, afin de vérifier si l'obtention d'un permis, d'une autorisation et/ou de la production de certains documents serait nécessaire.

### 3.5 Un exemple de système train-vélo à l'étranger

Une étude de faisabilité a déjà été réalisée en Belgique pour la mise en place d'un réseau logistique à faible émission combinant train et vélo-cargo (Quintart, 2021). L'auteur propose et étudie un système logistique innovateur à faible émission basé sur l'utilisation de trains de passagers et les services d'entreprises de coursiers à vélo pour transporter des médicaments et analyses médicales entre différentes villes belges. Cette proposition de système découle de deux constats. Le premier est que, pendant les heures creuses, les trains sont peu remplis et l'espace disponible pourrait être rentabilisé en transportant de petits colis ; tandis que le second est que le secteur médical présentait le plus grand potentiel d'intérêt pour la solution proposée (Quintart, 2021). Le retour sur expérience fait par cette innovation indique que :

- Les politiques publiques étaient favorables à ce type de projet de transport de marchandises, bien qu'elles le soient plutôt envers le transport de personnes. Ce contexte politique semble similaire à celui de Montréal.
- Les avantages économiques étaient faibles pour les entreprises, mais un tel projet fait bonne figure dans leur politique de durabilité.
- Le contexte socioculturel est favorable au vélo, ce qui n'est pas encore le cas à Lachine, où la voiture y est omniprésente.
- Les infrastructures correspondantes au système sont à améliorer, dont notamment la mutualisation entre les différents transports.
- La réduction de la pollution et de la congestion, bien que non mesurée, a été supposée effective.
- Des enjeux de réglementation ont été soulevés en ce qui concerne la sécurité des passagers, mais ces enjeux étaient uniquement liés aux marchandises médicales.

De plus, une analyse SWOT (*Strengths* (Forces) - *Weaknesses* (Faiblesses) - *Opportunities* (Opportunités) - *Threats* (Menaces)) a été réalisée et permet de préciser certains éléments.



Tiré de : Quintart, P. (2021, p. 51)

Les principaux éléments soulevés tout au long de cette revue de littérature ressortent finalement dans cette analyse SWOT. À savoir :

- La mutualisation des flux de transport de marchandises, la compétence de l'ARTM et l'expérience de Jalon comme forces ;
- Les avantages environnementaux que sont la réduction des pollutions et de la congestion comme opportunités ;
- La complexité de la planification et les investissements comme faiblesses ;
- La concurrence d'autres moyens de transport et la réticence des organismes comme menaces.

Deux autres projets similaires, utilisant des trains de passagers comme transport de marchandises ainsi que des coursiers à vélo pour les premier et dernier kilomètres, ont aussi été menés en Suisse et au Royaume-Uni (Quintart, 2021). Les deux projets transportaient principalement des marchandises peu volumineuses en évitant les heures de pointe. L'un d'eux se concentrait aussi sur des marchandises à forte valeur ajoutée afin d'accroître la rentabilité du projet. Dans les deux cas, les projets se sont avérés efficaces grâce à la fiabilité du réseau de transport ferroviaire.

## Conclusion

Face aux enjeux environnementaux liés à la logistique urbaine et au transport de marchandises, un véritable changement de paradigme est nécessaire. Décarboner ce secteur tout entier ne se fera pas en remplaçant simplement les camions à essence par une technologie bas carbone. Une transition est nécessaire dans la logistique du secteur et dans les comportements des producteurs et consommateurs. À cet effet, le développement du vélo-cargo ouvre une première porte avec l'implantation de mini-hubs au sein de nos villes. La complémentarité de ces deux innovations pour le transport de marchandises s'est avérée efficace pour la gestion du dernier kilomètre. Notamment, les vélos-cargos sont très adaptés à la livraison de colis de tailles et poids petits à moyens, sur des distances réduites et avec un nombre d'arrêts élevé.

En parallèle, l'arrivée potentielle et désirée d'un tramway dans les prochaines années à Lachine ouvre une seconde porte. En effet, ces dernières années ont également vu le développement de projets de transport de marchandises par tram-cargo, notamment en Europe. Ces projets européens à des stades de développement différents fournissent tout de même des retours d'expériences intéressants pour le développement de futurs projets. Ainsi, le tram-cargo se présente comme une alternative durable pouvant potentiellement remplacer une partie du camionnage dans certaines zones urbaines. Ce moyen peut être utilisé sous diverses formes et peut donc être adapté aux besoins précis du secteur touché. Comme cela a déjà été testé avec les projets Bike4Rail en Belgique et LogIKTram en Allemagne, les bénéfices pourraient être d'autant plus importants si l'implantation du tram-cargo s'accompagne de projets et mesures complémentaires, comme la livraison finale en vélo-cargo.

Finalement, la place historique de Montréal en tant que plaque tournante du transport de marchandises en Amérique du Nord se doit de perdurer. L'omniprésence du camionnage dans la métropole est vouée à être réduite afin de respecter nos objectifs climatiques. De plus, la situation particulière de Lachine entre pôles économiques et industriels, terminaux intermodaux, entreprises de logistique, commerces, et même aéroport, augmente les possibilités d'innovation de la logistique urbaine dans le secteur.

Même si de nombreux facteurs semblent être réunis pour la réussite de l'implantation d'un système de transport de marchandises par tram-cargo et vélo-cargo à Lachine, des précisions doivent être apportées concernant l'étude des opportunités pour ce système. Notamment, les marchandises acheminables par ce système dans ce secteur, ainsi que leurs flux, doivent être identifiés. Les enjeux de transbordement, de disponibilité des données, de cadre réglementaire et d'acceptabilité sociale devront par la suite être étudiés, en même temps que les modèles d'affaires et la rentabilité économique d'un tel système.

## Bibliographie

- APUR (2012). *Le Projet TramFret : Mise en place d'une expérimentation de transport de marchandises par le tramway*. Consulté le 27 juillet 2022 à : <https://www.apur.org/fr/nos-travaux/projet-tramfret-mise-place-une-experimentation-transport-marchandises-tramway-point>
- Arrondissement de Lachine (2021). *Le tramway pour transformer et revitaliser Lachine à échelle humaine*. Mémoire présenté dans le cadre des consultations publiques sur le Plan stratégique de développement (PSD) de l'ARTM.
- Arvidsson, N., Browne, M. (2013). « A review of the success and failure of tram systems to carry urban freight: the implications for a low emission intermodal solution using electric vehicles on trams », *European Transport | Trasporti Europei*, 54, Papier n° 5
- Banker, S. (2020). « Last Mile Deliveries : Complex, costly, And Critical », *Forbes*. Consulté le 27 juillet 2022 à : <https://www.forbes.com/sites/stevebanker/2020/08/26/last-mile-deliveries-complex-costly-and-critical/?sh=1b515f39723c>
- Beziat, A. (2017). *Approche des liens entre transport de marchandises en ville, formes urbaines et congestion: Le cas de l'Île-de-France*. Thèse de doctorat, Paris Est.
- CDEC LaSalle-Lachine (2020). *Le tramway Lachine / centre-ville : Un outil de redéveloppement*. Rapport soumis à l'Arrondissement de Lachine.
- Centraide du Grand Montréal (2020). « Analyse territoriale 2019-2020 – Lachine ». Consultée le 27 juillet 2022 à : <https://www.centraide-mtl.org/wp-content/uploads/2021/01/Portrait-Montreal-Lachine-2019-2020.pdf>
- CIPC (2021). *Diagnostic local de sécurité de l'arrondissement de Lachine - Résumé exécutif*. Document élaboré par le Centre International pour la Prévention de la Criminalité (CIPC) pour le compte de la Ville de Montréal et de l'arrondissement de Lachine. Consulté le 27 juillet 2022 à : [https://www.concertactionlachine.com/files/ugd/2f0d05\\_441581055b3a463d9454c5bf2a445ecf.pdf](https://www.concertactionlachine.com/files/ugd/2f0d05_441581055b3a463d9454c5bf2a445ecf.pdf)
- CMM (2012). *Plan métropolitain d'aménagement et de développement - Un Grand Montréal attractif, compétitif et durable*. Communauté métropolitaine de Montréal. Consulté le 27 juillet 2022 à : [https://cmm.qc.ca/wp-content/uploads/2019/03/pmad\\_plan\\_metropolitain\\_aménagement\\_developpement.pdf](https://cmm.qc.ca/wp-content/uploads/2019/03/pmad_plan_metropolitain_aménagement_developpement.pdf)
- CPCS (2013). *Étude multimodale du transport des marchandises au Québec en appui aux plans territoriaux de mobilité durable - Bloc 3 : Caractérisation du transport des marchandises au Québec - Volume 4 : Portraits des territoires de PTMD - Section 2 de 2*. Rapport final produit pour le Ministère des Transports du Québec (MTQ). Consulté le 27

juillet 2022 : <https://www.cargo-montreal.ca/wp-content/uploads/2015/08/Bloc-3-Volume-4.pdf>

CRUISP, CDEC LaSalle-Lachine et GRAME (2013). *Mémoire relatif au plan de développement de Montréal*. Mémoire déposé dans le cadre de la consultation de l'Office de consultation publique de Montréal.

Consulté le 27 juillet 2022 à :

[http://grame.org/Memoire\\_relatif\\_au\\_plan\\_de\\_developpement\\_Mtl.pdf](http://grame.org/Memoire_relatif_au_plan_de_developpement_Mtl.pdf)

Dablanc, L. (2019). « Enjeux numériques de la logistique urbaine ». *Annales des Mines*, n° 7

De Langhe, K. (2019). *What role for rail in urban freight distribution?* Thèse de doctorat, Universiteit van Antwerpen.

Deloitte (2021). *Le défi de la livraison au dernier kilomètre au Canada : Il est temps d'accélérer l'évolution de l'écosystème de la livraison*. Consulté le 27 juillet 2022 à :

<https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ca/Documents/consumer-industrial-products/ca-final-mile-challengesIn-canada-report-2-aoda-fr.pdf>

Deluzarche, C. (2020). « Jour du dépassement : un recul exceptionnel de trois semaines ». *Futura Planète*. Consulté le 27 juillet 2022 à :

<https://www.futura-sciences.com/planete/actualites/developpement-durable-jour-depassement-recul-exceptionnel-trois-semaines-63853/>

DHL (2020). « DHL and Reef Technology Launch Pilot to Use Ecofriendly Cargo Bikes for Deliveries in Downtown Miami ». Consulté le 27 juillet 2022 à :

<https://www.dhl.com/us-en/home/press/press-archive/2020/dhl-and-reef-technology-launch-pilot-to-use-ecofriendly-cargo-bikes-for-deliveries-in-downtown-miami.html>

Dolan, S. (2021). « The challenges of last mile delivery logistics and the tech solutions cutting costs in the final mile ». *Insider Intelligence*. Consulté le 27 juillet 2022 à :

<https://www.businessinsider.com/last-mile-delivery-shipping-explained>

Efficacity (2018). *Le Tramfret : vers une logistique urbaine durable*. Rapport de synthèse.

Consulté le 27 juillet 2022 à : [https://efficacity.com/wp-content/uploads/2018/03/Efficacity\\_TramFret\\_Rapport-Synth%C3%A8se\\_f%C3%A9vrier-2018.pdf](https://efficacity.com/wp-content/uploads/2018/03/Efficacity_TramFret_Rapport-Synth%C3%A8se_f%C3%A9vrier-2018.pdf)

FedEx Canada. (2020a). « FedEx Electric Cargo Bikes ». Page internet. Consulté le 27 juillet 2022 à : <https://www.fedex.com/en-ca/sustainability/our-mission.html>

FedEx Canada (2020b). « Sustainable Logistics ». Page internet. Consulté le 27 juillet 2022 à : <https://www.fedex.com/en-ca/sustainability/our-mission.html>

- Forthoffer, J. (2018). *Commerce du futur, futurs du commerce*. Commission commerce du Comité National Français de Géographie. Consulté le 27 juillet 2022 à : [https://futurducommerce.sciencesconf.org/data/pages/Commerce\\_du\\_futur\\_futurs\\_du\\_commerce\\_Presentation\\_J.FORTHOFFER\\_1.pdf](https://futurducommerce.sciencesconf.org/data/pages/Commerce_du_futur_futurs_du_commerce_Presentation_J.FORTHOFFER_1.pdf)
- Antkowiak, T. (2018). « Le projet de tram fret est arrêté à Saint-Étienne ». *France Bleu*. Consulté le 27 juillet 2022 à : <https://www.francebleu.fr/infos/transports/le-projet-de-tram-fret-est-arrete-a-saint-etienne-1514458535>
- France Mobilités (2019). « Tramfret ». Page internet. Consulté le 27 juillet 2022 à : <https://www.francemobilites.fr/solutions/tramfret>
- Frankfurt University of Applied Sciences (2021). « Intermodal Logistics Chains in Cities: How standardized containers can optimize the "last mile" ». *Porsche Consulting*. Consulté le 27 juillet 2022 à : [https://www.porsche-consulting.com/fileadmin/docs/04\\_Medien/Publikationen/686910\\_Intermodal\\_Logistics\\_Chains\\_in\\_Cities/Intermodal\\_Logistics\\_Chains\\_in\\_Cities\\_C\\_Porsche\\_Consulting\\_2021-v2.pdf](https://www.porsche-consulting.com/fileadmin/docs/04_Medien/Publikationen/686910_Intermodal_Logistics_Chains_in_Cities/Intermodal_Logistics_Chains_in_Cities_C_Porsche_Consulting_2021-v2.pdf)
- GRAME (2016). *Pour un lien ferroviaire structurant reliant Dorval au centre-ville*. Étude d'opportunité réalisée pour la Cité de Dorval. Consulté le 27 juillet 2022 à : <https://www.grame.org/REM2016BAPEDorval.pdf>
- GRAME et Imagine Lachine-Est (2020). *Le tramway centre-ville/Lachine/Dorval, une priorité incontournable*. Mémoire déposé dans le cadre des consultations sur le Plan stratégique de développement (PSD) de l'Autorité régionale de transport métropolitain (ARTM). Consulté le 27 juillet 2022 à : [https://grame.org/wp-content/uploads/2021/01/2020-12-14\\_Me%CC%81moire-Le-tramway-centre-ville-Lachine-Dorval.pdf](https://grame.org/wp-content/uploads/2021/01/2020-12-14_Me%CC%81moire-Le-tramway-centre-ville-Lachine-Dorval.pdf)
- Gouvernement du Canada (2021). « Émissions de gaz à effet de serre ». Page internet. Consulté le 27 juillet 2022 à : <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/indicateurs-environnementaux/emissions-gaz-effet-serre.html>
- Gouvernement du Québec (2020). « Bonnes nouvelles dans les programmes en transition énergétique ». Page internet. Consulté le 27 juillet 2022 à : <https://transitionenergetique.gouv.qc.ca/nouvelles/actualites/detail/bonnes-nouvelles-programmes-transition-energetique>
- Hiles, D. (2016). « 14 Reasons Why Cargo Bikes Are Better Than Delivery Trucks ». *IceBike*. Consulté le 27 juillet 2022 à : <https://www.icebike.org/cargo-bike-delivery/>
- Hofmann, W., Assmann, T., Neghabadi, P. D., Cung, V-D. et Tolujevs, J. (2018). « A Simulation Tool to Assess the Integration of Cargo Bikes into an Urban Distribution System ». The 5th International workshop on Simulation for Energy, Sustainable Development & Environment. Consulté le 27 juillet 2022 à : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal->

[01875988/file/A\\_Simulation\\_Tool\\_To\\_Assess\\_The\\_Integration\\_of\\_Cargo\\_Bikes\\_-\\_Hofmannetal2017\\_pdf\\_HQ.pdf](https://www.researchgate.net/publication/35101875988/file/A_Simulation_Tool_To_Assess_The_Integration_of_Cargo_Bikes_-_Hofmannetal2017_pdf_HQ.pdf)

Imagine Lachine-Est (2021). *Rapport vélo-cargo Lachine 2021*. Document non-publié.

Kaifi, I. (2015). « Last mile logistics – this is what it could look like in the future ». *Seven Senders*. Consulté le 27 juillet 2022 à : <https://blog.sevensenders.com/en/last-mile-logistics>

Kemmeter, A. F. de. (2021). « Nouveau test de tram cargo à Karlsruhe ». *Mediarail / Rail Europe News*. Consulté le 27 juillet 2022 à : <https://mediarail.wordpress.com/2021/03/15/nouveau-test-de-tram-cargo-a-karlsruhe/>

Kendzia, N. (2021). « Freight transport: Logiktram - from road to rail ». *DB Engineering & Consulting*. Consulté le 27 juillet 2022 à : <https://db-engineering-consulting.com/en/news/logiktram-research-for-freight-transport-on-light-rail/>

Lareau, S. (2020). « Le vélo dans le budget du Québec ». *Vélo Québec*. Consulté le 27 juillet 2022 à : <https://www.velo.qc.ca/points-de-vue/le-velo-dans-le-budget-du-quebec/>

Lumières de la Ville (2021). « Un “TramFret” à Marseille ? ». Consulté le 27 juillet 2022 à : <https://lumieresdelaville.net/tramfret-marseille/>

MELCC (2021). *Inventaire québécois des émissions de gaz à effet de serre en 2019 et leur évolution depuis 1990*. Gouvernement du Québec. Consulté le 27 juillet 2022 à : <https://www.environnement.gouv.qc.ca/changements/ges/2019/inventaire1990-2019.pdf>

Merchan, D. & Blanco, E. (2015). *The Near Future of Megacity Logistics Overview of Best-Practices, Innovative Strategies and Technology Trends for Last-Mile Delivery*. Megacity Logistics Lab | MIT.

MTQ (2013). *Portrait québécois du transport des marchandises de la Porte continentale et du Corridor de commerce Ontario-Québec*. Gouvernement du Québec. Consulté le 27 juillet 2022 à : [https://diffusion.banq.qc.ca/pdfjs-1.6.210-dist\\_banq/web/pdf.php/H2WdD5IFDq7sB4NRVnvrNQ.pdf](https://diffusion.banq.qc.ca/pdfjs-1.6.210-dist_banq/web/pdf.php/H2WdD5IFDq7sB4NRVnvrNQ.pdf)

MTQ (2018). *Portrait statistique et économique du camionnage au Québec en 2018*. Gouvernement du Québec. Consulté le 27 juillet 2022 à : <https://www.transports.gouv.qc.ca/fr/entreprises-partenaires/ent-camionnage/statistiques/Documents/portrait-statistique.pdf>

MTQ (2021). *Avantage Saint-Laurent - La nouvelle vision maritime du Québec*. Gouvernement du Québec. Consulté le 27 juillet 2022 à : [https://www.transports.gouv.qc.ca/fr/ministere/role\\_ministere/avantage-st-laurent/Documents/avantage-st-laurent.pdf](https://www.transports.gouv.qc.ca/fr/ministere/role_ministere/avantage-st-laurent/Documents/avantage-st-laurent.pdf)

Niro, F. (2021). *Règlement de camionnage - Problématique Montréal-Ouest / Lachine / CDN-NDG*. Document de présentation.

Office de consultation publique de Montréal (2016). *La Réduction de la dépendance de Montréal aux énergies fossiles*. Rapport de consultation publique.

Oillo, B. (2009). « Le tramway pour transporter des marchandises en ville ? » *Transports urbains*, 116(2), 22–25.

Pabeco Inc. (2007). *Pour la relance du tramway vers Lachine*. Mémoire de l'arrondissement de Lachine.

Consulté le 27 juillet 2022 à :

[https://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/page/commissions\\_perm\\_v2\\_fr/media/documents/Memoire\\_ArrLachine\\_20070906.pdf](https://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/page/commissions_perm_v2_fr/media/documents/Memoire_ArrLachine_20070906.pdf)

Palmer, A. (2020). « Amazon poaches former Uber manager to grow its e-bike delivery team in New York City ». *CNBC*.

Consulté le 27 juillet 2022 à : <https://www.cnn.com/2020/09/14/amazon-grows-its-e-bike-delivery-team-in-new-york-city.html>

Pietrzak, O. (2021). « Cargo tram in freight handling in urban areas in Poland », *Sustainable Cities and Society*, Volume 70.

Pirie, S. , Dandres, T. , Trépanier M. , Gendron, B. (2020). *Examen des potentialités d'utilisation des infrastructures de transport collectif à des fins de transport de marchandises en milieu urbain*. Rapport final. Consulté le 27 juillet 2022 à : [https://www.cargo-montreal.ca/wp-content/uploads/2021/04/Rapport\\_CIRRELT\\_CARGOM\\_fret\\_final\\_2020\\_06.pdf](https://www.cargo-montreal.ca/wp-content/uploads/2021/04/Rapport_CIRRELT_CARGOM_fret_final_2020_06.pdf)

Postes Canada (2021). « Postes Canada testera des tricycles cargo électriques comme possible mode de livraison ». *Communiqués*. Consulté le 27 juillet 2022 à : <https://www.canadapost-postescanada.ca/scp/fr/notre-entreprise/nouvelles-et-medias/nouvelles-de-la-societe/communiqués/2021-07-19-postes-canada-testera-des-tricycles-cargo-electriques-comme-possible-mode-de-livraison>

Purolator (2021a). « Our Commitment to Environmental Sustainability ». Page internet. Consulté le 27 juillet 2022 à : <https://www.purolator.com/en/protecting-our-environment>

Purolator (2021b). « Purolator hits the road as first national courier to deploy fully electric delivery vehicles ». Page internet. Consulté le 27 juillet 2022 à : <https://www.purolator.com/en/articles/purolator-hits-road-first-national-courier-deploy-fully-electric-delivery-vehicles>

Quintart, P. (2021). *Mise en place d'un réseau logistique à faible émission combinant rail et vélos cargo pour répondre à la demande du secteur médical : Étude de faisabilité en Belgique*. Mémoire de maîtrise, Université catholique de Louvain. Consulté le 27 juillet 2022 à : <https://dial.uclouvain.be/memoire/ucl/fr/object/thesis%3A29818>



- Radio-Canada (2018). « Montréal achète une partie de l'Îlot Voyageur pour 18 M\$ ». *Radio-Canada – Ici Grand Montréal*. Consulté le 27 juillet 2022 à : <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1119436/montreal-ilot-voyageur-achat-18-millions-gouvernement-quebec>
- Revitalisation Saint-Pierre (2018). *Enjeux et problématiques du Développement Durable à Saint-Pierre*. Mémoire. Consulté le 27 juillet 2022 à : [https://www.revitalisationsaintpierre.ca/MemoireEnjeuxProblematique\\_DD\\_Saint-Pierre.pdf](https://www.revitalisationsaintpierre.ca/MemoireEnjeuxProblematique_DD_Saint-Pierre.pdf)
- Sheth, M., Butrina, P., Goodchild, A. et McCormack, E. (2019). « Measuring delivery route cost trade-offs between electric-assist cargo bicycles and delivery trucks in dense urban Areas ». *European Transport Research Review*, 11.
- Shissler, R. (2020). « Benefits of Cargo Bike Parcel Delivery ». *Cycle Toronto*. Consulté le 27 juillet 2022 à : <https://www.cycleto.ca/news/benefits-cargo-bike-parcel-delivery>
- SNC-Lavalin (2017). *Émissions de gaz à effet de serre de la collectivité montréalaise - Inventaire 2017*. Ville de Montréal. Consulté le 27 juillet 2022 à : [https://portail-m4s.s3.montreal.ca/pdf/inventaire\\_ges\\_collectivite\\_2017\\_vf\\_0.pdf](https://portail-m4s.s3.montreal.ca/pdf/inventaire_ges_collectivite_2017_vf_0.pdf)
- Statistique Canada (2021). « Ventes du commerce de détail électronique — Données non désaisonnalisées ». Gouvernement du Canada. Consulté le 27 juillet 2022 à : <https://www150.statcan.gc.ca/n1/daily-quotidien/210428/t004a-fra.htm>
- The Economist (2021). « Lithium battery costs have fallen by 98% in three decades ». *The Economist*. Consulté le 27 juillet 2022 à : <https://www.economist.com/graphic-detail/2021/03/31/lithium-battery-costs-have-fallen-by-98-in-three-decades>
- Toll, M. (2018). « UPS expands use of electric cargo bicycles for deliveries ». *Electrek*. Consulté le 27 juillet 2022 à : <https://electrek.co/2018/10/26/ups-electric-cargo-tricycles/>
- Tramfret (2014). « Tramfret : Tramway recyclé pour une logistique urbaine durable énergétiquement efficace ». Page internet. Consulté le 27 juillet 2022 à : <https://tramfret.com/>
- Transilien. (2022). « Le calcul des émissions de CO2 ». Page internet. Consulté le 27 juillet 2022 à : <https://www.transilien.com/fr/page-corporate/calcul-emissions-co2>
- United Nations Conference on Trade and Development (2021). « How COVID-19 triggered the digital and e-commerce turning point ». *UNCTAD*. Consulté le 27 juillet 2022 à : <https://unctad.org/news/how-covid-19-triggered-digital-and-e-commerce-turning-point>

- UPS. (2017). « UPS Launches Cargo Bike in Canada ». *NewsWire*. Consulté le 27 juillet 2022 à : <https://www.newswire.ca/news-releases/ups-launches-cargo-bike-in-canada-654276923.html>
- Van Duin, R., Wiegmans, B., Tavasszy, L., Hendriks, B., & He, Y. (2019). « Evaluating new participative city logistics concepts: The case of cargo hitching ». *Transportation Research Procedia*, 39, 565–575.
- Vélo Québec. (2019). *Plan d'électrification et de changements climatiques du gouvernement du Québec*. Consultation publique. Consultée le 27 juillet 2022 à : [https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/adm/min/environnement/publications-adm/plan-economie-verte/rapports-consultation/memoires/velo-quebec\\_.pdf?1606237733](https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/adm/min/environnement/publications-adm/plan-economie-verte/rapports-consultation/memoires/velo-quebec_.pdf?1606237733)
- Ville de Montréal (2015). *Schéma d'aménagement et de développement de l'agglomération de Montréal*. Agglomération de Montréal. Consultée le 27 juillet 2022 à : [https://portail-m4s.s3.montreal.ca/pdf/vdm\\_schema\\_d\\_amenagement\\_et\\_de\\_developpement\\_de\\_lagglomeration.pdf](https://portail-m4s.s3.montreal.ca/pdf/vdm_schema_d_amenagement_et_de_developpement_de_lagglomeration.pdf)
- Ville de Montréal. (2019). « Le projet de livraison urbaine écologique Colibri prend son envol ». *Portail officiel de la Ville de Montréal*. Consultée le 27 juillet 2022 à : [http://ville.montreal.qc.ca/portal/page?\\_pageid=5798,42657625&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL&id=31990](http://ville.montreal.qc.ca/portal/page?_pageid=5798,42657625&_dad=portal&_schema=PORTAL&id=31990)
- Ville de Montréal. (2021a). « Innovation en logistique urbaine | Le projet Colibri s'étendra dans de nouveaux arrondissements ». *Portail officiel de la Ville de Montréal*. Consulté le 27 juillet 2022 à : [http://ville.montreal.qc.ca/portal/page?\\_pageid=5798,42657625&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL&id=33369](http://ville.montreal.qc.ca/portal/page?_pageid=5798,42657625&_dad=portal&_schema=PORTAL&id=33369)
- Ville de Montréal. (2021b). « Colibri, projet de livraison urbaine écologique ». *Portail officiel de la Ville de Montréal*. Page inaccessible.
- Ville de Montréal (2021c). *Agir maintenant pour préparer la relance - Mesure de soutien économique 2021*. Plan de relance Phase 2. Consulté le 27 juillet 2022 à : [https://portail-m4s.s3.montreal.ca/pdf/ville\\_montreal\\_plan\\_relance\\_phase\\_2\\_2020\\_reduit.pdf](https://portail-m4s.s3.montreal.ca/pdf/ville_montreal_plan_relance_phase_2_2020_reduit.pdf)
- Ville de Montréal (2021d). *Ateliers d'idéation du Projet de ville - Rapport synthèse*. Démarche d'élaboration du Plan d'urbanisme et de mobilité 2050. Consulté le 27 juillet 2022 à : [https://portail-m4s.s3.montreal.ca/pdf/pum\\_ateliers\\_rapport\\_synthese\\_version\\_finale\\_26\\_juillet\\_2021.pdf](https://portail-m4s.s3.montreal.ca/pdf/pum_ateliers_rapport_synthese_version_finale_26_juillet_2021.pdf)
- Ville de Montréal (2021e). *Projet de ville*. Vers un plan d'urbanisme et de mobilité. Consulté le 27 juillet 2022 à : [https://portail-m4s.s3.montreal.ca/pdf/vdm\\_projet\\_de\\_ville.pdf](https://portail-m4s.s3.montreal.ca/pdf/vdm_projet_de_ville.pdf)

Ville de Montréal (2021f). *L'écoquartier Lachine-Est – Projet de programme particulier d'urbanisme*. Réalisons Montréal. Consulté le 27 juillet 2022 à : <https://www.realisonsmtl.ca/19863/widgets/79096/documents/66269>

Ville de Montréal (2021g). « Carte du réseau de camionnage ». Page internet. Consulté le 27 juillet 2022 à : <https://services.montreal.ca/camionnage/>

Wiesmayer, P . (2021). « Karlsruhe as a pioneer—Freight transport in tram and light rail vehicles ». *Innovation Origins*. Repéré à : <https://innovationorigins.com/en/karlsruhe-pioneers-freight-transport-in-streetcars-and-light-rail-vehicles/>

