

Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs

Rapport final

Portrait des véhicules moyens et lourds au Québec, potentiel d'électrification et
norme VZE lourds

23199-P-836



CIM⁺

navius

Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs

Rapport final

Portrait des véhicules moyens et lourds au Québec, potentiel d'électrification et
norme VZE lourds

23199-P-836

Tableau des ressources impliquées

Les personnes suivantes ont participé à l'étude et la rédaction du rapport en tant qu'experts techniques au sein de l'équipe de projet :

Nom	Discipline	Entreprise
Anaïssia Franca	Chargée de projet	CIMA+
Victor Bitault	Coordonnateur de projet	CIMA+
Moustapha Seck	Caractérisation du marché et planification des transports	CIMA+
Denis Matarangas	Caractérisation du marché et planification des transports	CIMA+
Vincent Landry-Arcand	Caractérisation du marché et planification des transports	CIMA+
Michael Wolinetz	Modélisation	Navius Research
Noel Melton	Modélisation	Navius Research
Marilou Gosselin	Coordonnatrice Direction de l'expertise en décarbonation et efficacité énergétique	MELCCFP
Frédéric Dechamplain	Conseiller en changements climatiques	MELCCFP

Glossaire

Acronyme

CB

COV

FHA

GES

MELCCFP

MTMD

PCA

PEVL

UE

VHR

VZE

Définition

Colombie-Britannique

Composés organiques volatils

Federal Highway Administration

Gaz à effet de serre

Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre
les changements climatiques, de la Faune et des
ParcsMinistère des Transports et de la Mobilité durable
du Québec

Principaux contaminants atmosphériques

Propriétaires et des exploitants de véhicules
lourds

Union européenne

Véhicules hybrides rechargeables

Véhicule zéro émission

Table des matières

1.	Introduction	1
1.1	Description de la nature d'une norme VZE	2
1.2	Contexte de l'industrie du transport moyen et lourd au Québec [1].....	2
1.3	Présentation des classes de véhicules	4
1.4	Raison d'être et objectifs de l'étude	5
1.5	Structure du rapport.....	7
2.	Perspectives internationales sur les VZE moyens et lourds : réglementations visant l'accélération du déploiement.....	9
2.1	Description des juridictions analysées et des contextes réglementaires	9
2.1.1	Californie	9
2.1.2	Colombie-Britannique	9
2.1.3	Europe	10
2.2	Portrait actuel du marché des VZE moyens et lourds au Québec et au Canada.....	10
2.2.1	Véhicules électriques à batterie et à pile à hydrogène	10
2.2.2	Chargeurs et infrastructures nécessaires	16
2.3	Revue des réglementations et incitatifs adoptés pour accélérer la transition des véhicules lourds 19	
2.3.1	Québec.....	19
2.3.2	Californie	21
2.3.3	Colombie-Britannique	27
2.3.4	Europe	29
2.3.5	Chine.....	31
2.4	Développement et implantation des réglementations.....	32
2.4.1	Californie	32
2.4.2	Colombie-Britannique	34
2.4.3	Europe	34
2.5	Exercices de modélisation pour les normes VZE.....	35
2.5.1	Californie	35
2.5.2	Colombie-Britannique	36
2.5.3	Europe	36
2.6	Leçons apprises et recommandations	37
2.6.1	Recommandations pour la mise en place de réglementations de décarbonation du transport moyen et lourd fédérales	37
2.6.2	Leçons apprises et recommandations tirées de la revue de la littérature	38
2.7	Tableau récapitulatif des normes mises en place et de leurs conséquences	40
3.	Caractérisation du marché des véhicules moyens et lourds au Québec.....	42
3.1	Sources de données.....	42
3.1.1	Plateforme Altitude Geotab.....	42
3.1.2	SAAQ	43
3.1.3	MTMD	44
3.1.4	Statistique Canada	44
3.2	Méthodologie de traitement des données	45
3.2.1	Types d'analyses par source de données.....	45

3.2.2	Limitations à considérer	46
3.3	Résultats de la caractérisation du marché	47
3.3.1	Données de la SAAQ	47
3.3.2	Données du MTMD	49
3.3.3	Données de Statistique Canada	51
3.3.4	Données opérationnelles	54
3.4	Tableau récapitulatif des éléments de caractérisation	58
Références		60

Liste des tableaux

Tableau 1-1	Classes de camions en fonction de leur PNBV	4
Tableau 2-1	Grands avantages et inconvénients de chaque technologie	13
Tableau 2-2	Présentation d'exemples de modèles de véhicules électriques à batterie en vente et leur fabricant [38]	15
Tableau 2-3	Caractéristiques publiées des véhicules à pile à combustible de classe 8. À Noter que cette liste est non-exhaustive et présente simplement une revue succincte	16
Tableau 2-4	Incitatifs financiers offerts au Québec [53]	20
Tableau 2-5	Présentation des cibles d'adoption par type de parc selon le programme ACF [59]	23
Tableau 2-6	Comparatif des obligations de publication auprès du CARB, selon la catégorie de parc de véhicules [60]	24
Tableau 2-7	Estimations des impacts de la phase 3 des standards d'émission de GES promulgués par l'EPA	25
Tableau 2-8	Présentation des cibles d'adoption par classe de véhicule proposé dans le papier de consultation (2023)	27
Tableau 2-9	Exemples de subventions dans les pays européens pour les VZE moyens et lourds (liste non exhaustive) [80] [81]	30
Tableau 2-10	Bénéfices estimés entre 2020 et 2040 par CARB à la suite du déploiement de l'ACT [90]	35
Tableau 2-11	Points saillants et comparatifs des juridictions analysées	40
Tableau 3-1	Type de propulsion utilisé par classe de camions	49
Tableau 3-2	Flux de marchandises transportées par les camions à l'intérieur du Québec en millions (2011-2017)	52
Tableau 3-3	Flux de marchandises transportées par les camions depuis le Québec vers tout le Canada en millions (2011-2017)	53
Tableau 3-4	Indicateurs des voyages intraprovinciaux des camions pour les classes C3 à C8 (médiane)	55
Tableau 3-5	Indicateurs des voyages intraprovinciaux des camions pour les classes C3 à C8 (moyenne)	55
Tableau 3-6	Indicateurs des voyages interprovinciaux et internationaux des camions pour les classes C3 à C8 (moyenne)	57
Tableau 3-7	Proportions de kilomètres de déplacements par type de route et par classe de camions	58
Tableau 3-8	Récapitulatif des éléments clés de la caractérisation	59

Tableau A-0-1 Présentation de l'évolution du parc de véhicules moyens et lourds enregistrés à la SAAQ, entre 2012 et 2022.....	70
Tableau A-0-2 Indicateurs liés aux voyages des véhicules de la classe 3.....	72
Tableau A-0-3 Indicateurs liés aux voyages des véhicules de la classe 4.....	75
Tableau A-0-4 Indicateurs liés aux voyages des véhicules de la classe 5.....	78
Tableau A-0-5 Indicateurs liés aux voyages des véhicules de la classe 6.....	79
Tableau A-0-6 Indicateurs liés aux voyages des véhicules de la classe 7.....	83
Tableau A-0-7 Indicateurs liés aux voyages des véhicules de la classe 8.....	86

Liste des figures

Figure 1-1 Fabricants de camions les plus répandus pour les modèles 2021 en circulation en 2022 (estimation selon les données de la SAAQ)	5
Figure 2-1 Illustration de la réglementation sur les ventes ZVE imposée par l'ACT [58].....	22
Figure 2-2 Cible du mandat de vente de VZE promulgué par la Chine [82].....	31
Figure 2-3 Cibles de vente de VZE moyens et lourds proposées par le Pembina Institute	38
Figure 3-1 Évolution du parc de véhicules moyens et lourds enregistrés à la SAAQ, entre 2012 et 2022	48
Figure 3-2 Répartition par classe du parc de camions immatriculés à la SAAQ, 2022	48
Figure 3-3 Volumes de camion sur le réseau routier du MTMD	50
Figure 3-4 Proportion de débits de camions en circulation selon le jour de la semaine, exprimée en pourcentage.....	51
Figure 3-5 Proportion de débits de camions en circulation selon le mois de l'année, exprimée en pourcentage.....	51
Figure A-0-1 Répartition des voyages par type d'activité pour la classe 3 (en pourcentage)	71
Figure A-0-2 Répartition des voyages par industrie pour la classe 3 (en pourcentage)	71
Figure A-0-3 Répartition des voyages par type d'activité pour la classe 4 (en pourcentage)	74
Figure A-0-4 Répartition des voyages par industrie pour la classe 4 (en pourcentage)	74
Figure A-0-5 Répartition des voyages par type d'activité pour la classe 5 (en pourcentage)	77
Figure A-0-6 Répartition des voyages par industrie pour la classe 5 (en pourcentage)	77
Figure A-0-7 Répartition des voyages par type d'activité pour la classe 6 (en pourcentage)	80
Figure A-0-8 Répartition des voyages par industrie pour la classe 6 (en pourcentage)	80
Figure A-0-9 Répartition des voyages par type d'activité pour la classe 7 (en pourcentage)	82
Figure A-0-10 Répartition des voyages par industrie pour la classe 7 (en pourcentage)	82
Figure A-0-11 Répartition des voyages par type d'activité pour la classe 8 (en pourcentage)	85
Figure A-0-12 Répartition des voyages par industrie pour la classe 8 (en pourcentage)	85

Liste des annexes

Annexe A Présentation détaillée des données Geotab

1. Introduction

Au Québec, le transport de marchandises par camions moyens et lourds constitue un pilier essentiel de l'économie, permettant de desservir l'ensemble des citoyens et des entreprises à travers la province, des grandes municipalités jusqu'aux individus. Ces moyens de transport offrent une grande flexibilité pour le déplacement des biens. Chaque année, plus d'une centaine de millions de tonnes de marchandises sont transportées à travers le Québec, contribuant à près du tiers du produit intérieur brut (PIB) de l'industrie du transport, soit 4,6 G\$ en 2016 [1]. L'industrie du camionnage est également un important pourvoyeur d'emplois stables, avec des dizaines de milliers d'emplois dans ce secteur. Cependant, il est important de noter que cette industrie, vitale pour la vie quotidienne des Québécois, est également responsable d'émissions importantes de gaz à effet de serre (GES) à l'échelle provinciale. En effet, le gouvernement estime qu'au moins 6,72 mégatonnes d'équivalent CO₂ ont été rejetées en 2021 par ces véhicules moyens et lourds, ce qui constitue environ 8,6% des émissions totales du Québec [2]. Cela représente une croissance de 60,6 % depuis 1990.

La transition technologique, principalement à partir du diesel vers des technologies à zéro ou faibles émissions, entraînant ainsi la réduction du nombre de véhicules à combustion interne sur les routes, est un processus complexe qui présente de nombreux défis pour les opérateurs de véhicules moyens et lourds. Actuellement, les technologies à zéro émission ne permettent pas toujours un remplacement « un pour un » des véhicules pour tous les usages, et elles sont plus coûteuses que les véhicules à moteur à combustion interne. De plus, le déploiement des infrastructures de recharge constitue un défi supplémentaire. Pour atteindre la neutralité carbone d'ici 2050, un objectif clé du Plan pour une économie verte 2030 (PEV 2030), le Québec doit mettre en place des mesures politiques et législatives, comme des objectifs de vente ou des incitations financières, afin d'accélérer l'adoption des véhicules à zéro émission (VZE) dans ce secteur.

Après avoir mis en place une norme pour les véhicules légers visant à accélérer l'adoption des véhicules électriques et à zéro émission au Québec, la question se pose désormais pour les véhicules lourds et moyens. Ceux-ci représentent toujours une part importante des émissions et sont plus difficiles à décarboner. Dans ce rapport, un VZE fait référence à un véhicule à propulsion entièrement électrique, utilisant soit une batterie, soit une pile à combustible à hydrogène, ou toute autre technologie de propulsion ne générant aucune émission tout au long de son fonctionnement. Le ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP) a confié au consortium CIMA+/Navius le mandat de modéliser et d'analyser le marché du camionnage et du transport moyen et lourd au Québec, et de déterminer les leviers politiques qui seraient les plus adaptés à la transition énergétique de ce secteur, tels que l'adoption d'une norme VZE. Les éléments suivants sont à considérer :

- **Conditions gagnantes** : Pour qu'une norme VZE soit efficace, elle devrait prendre en considération les réalités propres au secteur du transport lourd et moyen spécifiques au Québec. Cela inclut la disponibilité des technologies, les coûts associés à la transition vers des VZE, les conditions de l'industrie actuelle et les moyens mis à disposition des transporteurs pour réussir cette transition. Cela pourrait nécessiter, en plus des objectifs de vente, des mesures incitatives pour accélérer la transition.
- **Différences avec d'autres provinces et pays** : Il est essentiel d'étudier les expériences d'autres juridictions ayant déjà adopté des règlements semblables. Quels ont été les succès et les difficultés rencontrés ailleurs ? Quelles leçons peut-on en tirer pour le Québec ?
- **Impact réel sur l'adoption des véhicules zéro émission** : Le Québec doit évaluer comment sa norme VZE peut réellement influencer l'adoption de ces véhicules dans les marchés

moyens et lourds. La mise en place d'une norme provinciale VZE pour les véhicules lourds et moyens requiert une approche réfléchie et concertée qui s'appuie sur la modélisation technico-économique tout en tenant compte des spécificités du secteur et des meilleures pratiques observées dans le monde. Le Québec a un rôle clé à jouer dans la transition vers une mobilité plus durable dans le marché des transports moyens et lourds. Il s'est d'ailleurs engagé à travailler pour permettre d'atteindre un objectif de vente de 100 % de nouveaux camions et d'autobus zéro émission d'ici 2040. Il a aussi fixé un objectif intermédiaire de 30 % de ventes de véhicules sans émission d'ici 2030, afin de faciliter l'atteinte de la carboneutralité d'ici 2050 en signant, avec d'autres provinces/États et pays, le « Global Memorandum of Understanding on Zero-Emission Medium- and Heavy-Duty Vehicles » [3]. Parmi les signataires figurent notamment le Canada, les États-Unis, l'Autriche, la Belgique et la Suisse. Il est important de noter que le Canada travaille en parallèle à établir une norme VZE fédérale pour les véhicules moyens et lourds. Cependant, peu d'informations publiques sont disponibles à ce jour, en dehors des recommandations du Pembina Institute ou de Clean Energy Canada.

1.1 Description de la nature d'une norme VZE

Comme le décrit le MELCCFP sur son site Web présentant la norme VZE pour les véhicules légers [4], une norme VZE « vise à encourager la transition vers des véhicules plus propres et à réduire les émissions de GES liées aux transports en stimulant l'offre de VZE. La norme VZE appuie les objectifs gouvernementaux en matière d'électrification des transports, notamment celui d'avoir deux millions de véhicules électriques sur les routes du Québec d'ici 2030 ».

Cette définition s'appliquerait à une éventuelle norme VZE pour les véhicules moyens et lourds. La réglementation viserait les constructeurs de véhicules (assujettis à celle-ci) et, potentiellement, les entreprises et professionnels qui utilisent des véhicules de classes 3 à 8.

1.2 Contexte de l'industrie du transport moyen et lourd au Québec [1]

Cette section vise à présenter certains faits saillants qui mettent en lumière les réalités des transporteurs et leurs modèles d'affaires afin de guider les prochaines étapes de la caractérisation du marché et de faire comprendre au lecteur les réalités des propriétaires et exploitants de véhicules moyens et lourds au Québec.

Le marché du transport au Québec est diversifié et englobe le transport longue distance et celui des marchandises locales. Au total, plus de 144 500 véhicules étaient enregistrés dans les catégories de classe 3 à 8 auprès de la SAAQ en 2022.

Le transport moyen et lourd joue un rôle crucial dans la connectivité entre le Québec et le reste du Canada. Le réseau routier du Québec est vaste. Il s'étend sur 325 000 km, ce qui permet de relier différents ports, aéroports et d'autres points d'entrée.

Le marché du transport de marchandises se décline en deux modèles d'affaires :

- Transporteurs pour compte propre : Dans ce modèle, une entreprise possède son propre parc de véhicules et les exploite pour répondre à ses besoins logistiques. Ce modèle d'affaires représente 62 % des transporteurs inscrits au Registre des propriétaires et des exploitants de véhicules lourds (RPEVL)

- Prestation de services pour autrui : Dans ce cas, une compagnie de transport se spécialise exclusivement dans le transport de marchandises pour le compte d'autres entreprises ou de donneurs d'ordres moyennant rémunération. Le transport constitue l'activité principale de cette entreprise. Ce modèle d'affaires représente 30 % des transporteurs inscrits au Registre des RPEVL

Les 8 % restants n'ont rien déclaré ou ne font pas eux-mêmes l'exploitation de leurs camions. La majorité des entreprises inscrites au RPVEL sont à la fois propriétaires et exploitantes (92 %).

L'introduction de nouvelles réglementations visant à adopter des VZE constituerait un défi pour ces deux modèles d'affaires. Dans le premier modèle (transporteurs pour compte propre), le transport n'est qu'un élément parmi d'autres, alors que dans le deuxième (prestataires de services pour autrui), il est la raison d'être même de l'entreprise. Le Québec doit trouver des solutions adaptées à ces deux réalités afin d'encourager la transition vers des véhicules plus respectueux de l'environnement.

Il est important de noter que la grande majorité des exploitants de véhicules lourds au Québec, soit 76 %, possèdent un parc de moins de cinq véhicules. Cela signifie qu'environ 40 500 entreprises opèrent avec un parc de petite taille. Cependant, ces petites compagnies ne contrôlent que 26 % du parc total de véhicules, tandis que les plus grandes entreprises, dotées d'un parc de plus de 50 véhicules (soit 0,5 % des RPEVL) en contrôlent 28 %.

Le marché québécois du transport de marchandises est donc caractérisé par sa fragmentation, une forte concurrence et la présence de nombreux acteurs. On observe une inégalité dans la répartition du parc automobile : les grandes entreprises dominent le marché et possèdent une part importante du parc total des véhicules.

Pour conclure cette mise en contexte globale du marché du camionnage, il est important de souligner les autres défis auxquels l'industrie est confrontée et qui pourraient avoir un impact sur le pouvoir d'achat des transporteurs lors de l'acquisition de véhicules zéro émission.

Tout d'abord, l'industrie du camionnage doit faire face au phénomène des chauffeurs incorporés [5]. Cette pratique frauduleuse implique que certaines entreprises de transport engagent des chauffeurs en tant qu'entrepreneurs indépendants, ce qui leur permet d'éviter de payer diverses charges sociales, dont celles liées à la Régie de l'assurance maladie du Québec (RAMQ) et aux régimes de retraite. Ces transporteurs peuvent ainsi proposer des tarifs réduits de 20 à 30 % par rapport à la tarification normale, au détriment des conditions de travail des chauffeurs qui ne bénéficient pas d'assurances de travail. Cette situation crée une concurrence déloyale qui aurait déjà coûté des milliards de dollars à l'État québécois [6].

Un autre élément majeur qui préoccupe l'industrie depuis plusieurs années est la pénurie de main-d'œuvre. En effet, il est de plus en plus difficile pour les camionneurs et les transporteurs de maintenir l'effectif de leurs chauffeurs. Le taux de roulement élevé et le grand nombre de départs à la retraite non remplacés rendent le marché encore plus compétitif. Cela est vrai non seulement pour remporter des appels d'offres, mais aussi pour assurer la continuité des services [7, 8].

Ces défis complexes nécessitent une approche réfléchie et des solutions adaptées pour assurer un avenir durable et performant à l'industrie du camionnage au Québec.

1.3 Présentation des classes de véhicules

Les classes de camions retenues à des fins d'analyses subséquentes sont tirées de la classification préconisée par le Federal Highway Administration (FHA) des États-Unis, laquelle se base sur les poids nominaux bruts des véhicules (PNBV). Le PNBV est le poids du véhicule à pleine charge (carburant, marchandises et chauffeur).

La loi VZE, établie par le Québec pour les véhicules légers, s'applique aux véhicules dont le PNBV est inférieur à 4500 kg [9]. La présente étude vise ainsi les véhicules dont le PNBV est supérieur à 4500 kg selon la répartition suivante au Canada [10], comme indiqué dans le Tableau 1-1.

Tableau 1-1 Classes de camions en fonction de leur PNBV

Classe de camion	Poids nominal brut (PNBV), en kg	Catégorie
C3	$4\,536 \leq \text{PNBV} \leq 6\,350 \text{ kg}$	Camion moyen : 4 536 à 11 793 kg
C4	$6\,351 < \text{PNBV} \leq 7\,257 \text{ kg}$	
C5	$7\,258 < \text{PNBV} \leq 8\,845 \text{ kg}$	
C6	$8\,845 < \text{PNBV} \leq 11\,793 \text{ kg}$	
C7	$11\,794 < \text{PNBV} \leq 14\,968 \text{ kg}$	Camion lourd : > 11 794 kg
C8	$\text{PNBV} > 14\,969 \text{ kg}$	

Source : FHA, États-Unis

À noter qu'au Canada, une autre classe de véhicules, appelée « 2B », est considérée comme une classe de véhicules moyens et lourds, alors qu'au Québec, les véhicules de classe 2B sont presque entièrement réglementés par la norme VZE légers, à 36 kg près. La classe 2B comprend certains petits camions et véhicules utilitaires sport (VUS), mais aussi certains véhicules de livraison de type cargo.

Les classes C3 à C6 constituent la catégorie des camions moyens, alors que les classes C7 et C8 représentent les camions lourds.

Chaque année, la Société de l'assurance automobile du Québec (SAAQ) publie le nombre de véhicules autorisés à circuler, y compris les camions. Ces données incluent le nom du fabricant et le modèle de chaque véhicule. En classant ces données pour en extraire seulement les véhicules caractérisés comme des « camions ou tracteurs routiers » et en excluant les véhicules dont le poids est inférieur à 4 500 kg, et les véhicules-outils, on obtient les résultats présentés dans la Figure 1-1 concernant les fabricants de camions en circulation les plus populaires au Québec en 2022 pour les modèles de 2021 [11]. Les trois fabricants de véhicules moyens et lourds (toutes classes confondues) les plus utilisés au Québec sont Freightliner, Kenworth Trucks et Western Star. Ces données sont présentées pour toutes classes confondues.

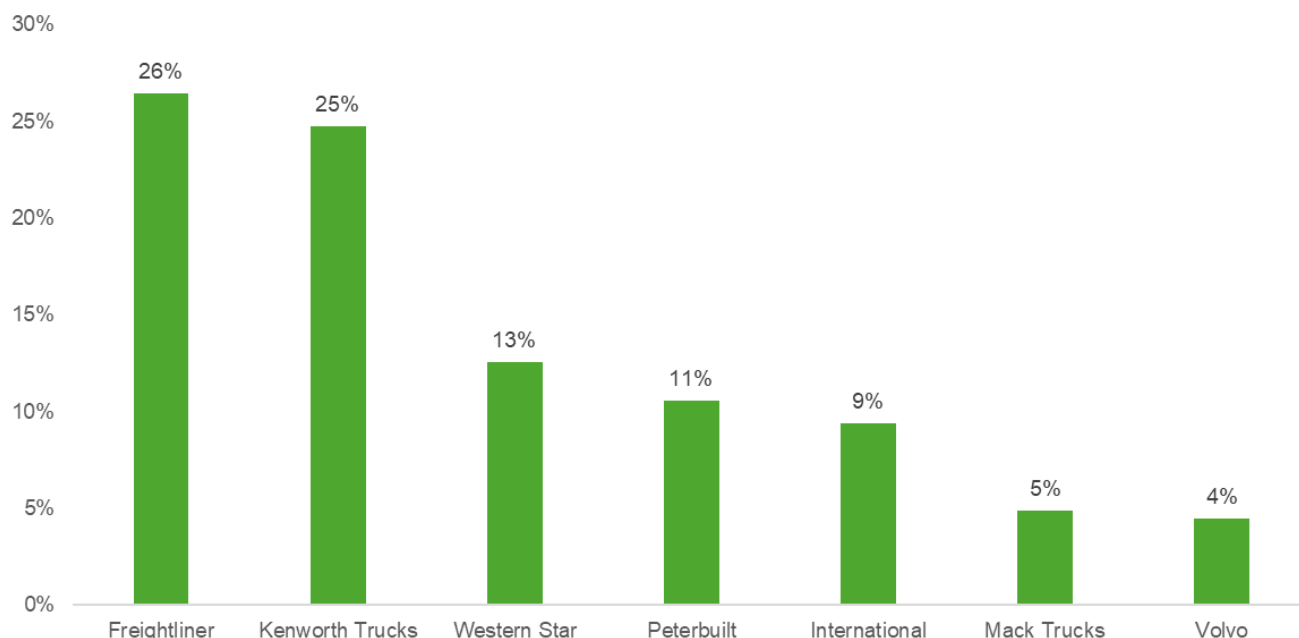


Figure 1-1 Fabricants de camions les plus répandus pour les modèles 2021 en circulation en 2022 (estimation selon les données de la SAAQ)

1.4 Raison d'être et objectifs de l'étude

Les objectifs principaux de cette étude sont les suivants :

- Caractériser le profil d'utilisation des différentes classes de véhicules moyens et lourds au Québec : Analyser leurs modes d'utilisation, les distances parcourues et les profils de conduite. Cette caractérisation permettra d'évaluer le potentiel d'adoption de VZE dans ce secteur.
- Présenter les perspectives internationales en ce qui a trait aux politiques visant à soutenir l'adoption de VZE dans l'industrie du transport lourd : Analyser les meilleures pratiques et les expériences d'autres juridictions afin d'identifier les approches efficaces et les leçons à tirer. Chaque région possède ses propres particularités, et il est essentiel d'adapter ces politiques aux réalités spécifiques du Québec.
- Utiliser une modélisation techno-économique pour valider l'impact de différents scénarios de normes VZE : Le modèle gTech permettra d'évaluer comment différentes politiques pourraient influencer l'adoption de VZE dans le transport routier moyen et lourd au Québec. Cette modélisation permettra de formuler des recommandations concrètes pour la mise en place de ces politiques.

L'une des principales raisons de cette étude est le manque criant de données opérationnelles sur l'utilisation réelle et les profils de déplacement des véhicules moyens et lourds, ce qui entrave la caractérisation précise de ce marché. À ce jour, les informations les plus récentes proviennent de l'enquête sur les déplacements de 2007 [12], et les données du marché remontent à 2015. Par conséquent, très peu d'informations sont disponibles sur l'impact de la COVID-19 et sur l'augmentation des déplacements liée à la croissance du commerce en ligne.

L'objectif principal de cette étude est donc de fournir de nouvelles données au Ministère, acquises par le biais d'équipements de télémétrie via la plateforme Geotab, et qui serviront à élaborer des recommandations concrètes pour une norme VZE pérenne.

Comme cela a été mentionné dans les sections précédentes, l'électrification du marché du camionnage soulève plusieurs enjeux. La technologie des véhicules zéro émission est encore peu testée au Canada, et il y a peu d'informations sur la rentabilité et la performance des technologies de remplacement dans un contexte québécois. Actuellement, l'industrie doit composer avec des marges de profit généralement très minces en raison de la forte concurrence sur le marché. Par conséquent, le pouvoir d'achat des entreprises pour des technologies « risquées » est limité et doit être pris en considération pour garantir le succès de cette transition.

De plus, la raison d'être de cette étude s'inscrit dans un contexte où de nombreuses juridictions envisagent ou ont déjà mis en place des réglementations visant à électrifier le transport moyen et lourd. Cependant, chaque région possède ses propres caractéristiques géographiques, économiques, climatiques, etc. Le Québec ne peut pas simplement se baser sur les expériences d'autres juridictions sans prendre en considération ses propres contraintes et s'assurer d'adapter ces pratiques à ses propres réalités. Un autre objectif de cette étude est donc **d'adapter les meilleures pratiques internationales aux spécificités du secteur des transports québécois**, afin de maximiser le succès de la transition énergétique.

Pour réaliser cette tâche, le logiciel de simulation gTech de Navius est utilisé. Il permet de modéliser les nombreuses réalités économiques et technologiques du marché en plein essor des véhicules lourds et moyens à long terme. GTech a déjà été employé pour élaborer de nombreuses réglementations concernant les véhicules légers, ainsi que pour formuler des recommandations concrètes au fédéral concernant les véhicules lourds et le Règlement sur les combustibles propres [13, 14].

À la demande du ministre de l'Environnement, le Comité consultatif sur les changements climatiques a élaboré une série de recommandations visant à réduire les émissions de GES dans le transport lourd de marchandises. Ces recommandations reposent sur trois piliers essentiels [15] :

- Réduire le nombre de kilomètres parcourus : L'optimisation des trajets, la promotion d'itinéraires plus courts et l'efficacité logistique permettent de minimiser les distances parcourues par les camions.
- Transférer les biens vers des modes de transport moins polluants : Le recours au train réduit l'empreinte carbone.
- Améliorer les transports existants : Cela implique d'investir dans des technologies améliorant le rendement énergétique tel que les dispositifs anti-ralenti, d'optimiser les parcs de véhicules, de promouvoir l'utilisation de carburants de remplacement et d'adopter des pratiques plus durables.

Ainsi, cette étude s'inscrit dans le troisième pilier des recommandations. Les camions continueront de jouer un rôle essentiel dans le transport des marchandises au Québec, et leur transition vers des technologies sans émissions aura un impact majeur sur la réduction des émissions de GES de la province.

1.5 Structure du rapport

Ce rapport est divisé en deux chapitres. Le premier concerne la caractérisation du marché des véhicules moyens et lourds au Québec, y compris une revue des perspectives internationales sur les VZE dans cette catégorie. Cette revue de la littérature présente des informations issues d'entrevues et de lectures afin de broser un portrait global des réglementations internationales et de mettre en évidence leurs points communs et leurs différences avec celles du Québec.

La caractérisation du marché des véhicules moyens et lourds s'appuie sur plusieurs sources de données présentées dans le rapport, dont l'analyse est basée sur une méthodologie exposée à la section 3.2. Ces informations consolidées permettent de mettre en évidence, pour chaque classe de véhicules considérée, les distances quotidiennes parcourues, leur profil d'utilisation moyen et le type d'activité de déplacement. De plus, on y présente le parc global de ces véhicules au Québec. Cette approche détaillée permet de mieux comprendre les réalités propres au secteur des transports dans la province et d'adapter les recommandations en conséquence.

Le deuxième chapitre présente le modèle gTech, les hypothèses et la méthodologie de modélisation de la norme VZE lourds, ainsi que différents scénarios possibles. Les résultats sont ensuite présentés, accompagnés de conclusions pertinentes permettant de formuler des recommandations sur la mise en place de ces réglementations. Ce chapitre demeurera confidentiel et sera réservé exclusivement au Ministère.

Ce rapport est entièrement consacré aux technologies zéro émission à la demande du MELCCFP. Ainsi, les technologies à faibles émissions comme les moteurs à combustion interne à l'hydrogène ou les camions au gaz naturel ne font pas partie de cette étude.

CHAPITRE I : CARACTÉRISATION DU MARCHÉ DES VÉHICULES MOYENS ET LOURDS ET PROFIL D'UTILISATION

2. Perspectives internationales sur les VZE moyens et lourds : réglementations visant l'accélération du déploiement

2.1 Description des juridictions analysées et des contextes réglementaires

2.1.1 Californie

La Californie est l'État américain le plus important en matière de richesse générée (PIB de 4 125 G\$ US [16] en 2022, pour plus de 39 millions d'habitants en 2023 [17]) et de volumes de transport. Voici quelques éléments chiffrés brossant un portrait général du marché du transport en Californie :

- En janvier 2023, on comptait 517 633 camions commerciaux immatriculés en Californie (1,5 % de l'ensemble des véhicules immatriculés) [18]
- En 2023, plus de 1,1 milliard de tonnes de commodités ont circulé à l'intérieur de la Californie, alors que ses exportations vers d'autres États s'élevaient à 149 millions de tonnes et que ses exportations vers l'international atteignaient 65 millions de tonnes [19]

Le 9 septembre 2020, le gouverneur de Californie a décrété que les VZE moyens et lourds devraient représenter 100 % des ventes d'ici 2045 (2035 pour les camions porte-conteneurs) [20]. Cet ordre appuyait le développement d'une norme VZE déjà en préparation depuis plusieurs années : l'*Advanced Clean Truck* (ACT) [21].

À la suite de l'annonce de l'ordre du gouverneur de Californie, l'État a lancé l'ACT en mars 2021. Ce programme vise principalement à favoriser la mise en marché de VZE moyens et lourds grâce à un mandat de vente. Pour apporter une complémentarité à l'ACT, le gouvernement californien a promulgué le 28 avril 2023 une autre réglementation : l'*Advanced Clean Fleet* (ACF). Celle-ci vise à imposer des règlements spécifiques pour chaque type de parc ou de véhicule moyen ou lourd.

L'ACF s'inscrit pleinement dans l'objectif californien de réduire ses émissions globales de GES de 40 % d'ici 2030 par rapport au niveau de 1990. L'ACF exige que tous les véhicules moyens et lourds vendus en Californie soient zéro émission d'ici 2036.

2.1.2 Colombie-Britannique

Le secteur des transports est responsable d'environ 41 % des émissions de GES en Colombie-Britannique. Les véhicules moyens et lourds produisent environ la moitié des émissions du secteur des transports [22]. En 2022, 156 458 camions moyens et lourds (classes 3 à 8) étaient immatriculés en Colombie-Britannique [23]. Cela correspond à 4 % du total des véhicules immatriculés.

La Colombie-Britannique s'est engagée à réduire les émissions du secteur des transports de 27 à 32 % par rapport aux niveaux de 2007 d'ici 2030. En octobre 2021, la province a publié la feuille de route « CleanBC » pour 2030, qui comprend une série de réglementations visant à atteindre les objectifs de réduction des émissions dans le secteur des transports. Elle s'est notamment engagée à établir des exigences réglementaires en matière de VZE pour les véhicules moyens et lourds, inspirées de celles de la Californie et d'autres juridictions de premier plan.

Depuis 2018, le programme Go Electric de CleanBC appuie l'adoption des VZE moyens et lourds en Colombie-Britannique, grâce à des remises après achat et au programme pilote Go Electric Commercial Vehicle, qui offre jusqu'à un tiers du financement nécessaire au déploiement important de VZE moyens et lourds et d'infrastructures.

Le 19 mai 2023, le gouvernement de la Colombie-Britannique a publié un document de consultation présentant les grandes lignes d'une éventuelle norme VZE pour les véhicules moyens et lourds. Celui-ci propose des mesures qui entreraient graduellement en vigueur à compter de 2026. La norme VZE proposée sert de base au dialogue engagé avec toutes les parties prenantes qui seront touchées par cette norme.

La Colombie-Britannique présente certaines particularités notables par rapport aux autres juridictions analysées :

- De nombreuses communautés isolées ont peu d'accès aux infrastructures de recharge
- La réglementation de la Colombie-Britannique permet aux camions de transporter beaucoup plus de marchandises que ceux des États-Unis. Cette particularité s'applique également au Québec (voir Tableau 2-11). En effet, la Colombie-Britannique et le Québec ont établi des limites de poids maximal par essieu et par véhicule plus élevées que celles des États-Unis et de l'Europe

2.1.3 Europe

Dans le cadre de l'*European Green Deal*, l'Union européenne (UE) s'est engagée, le 17 décembre 2020, à réduire ses émissions nettes de GES d'au moins 55 % d'ici 2030 par rapport aux niveaux de 1990 [24]. Dans la foulée de cette annonce, plusieurs initiatives ont été lancées pour décarboner les industries les plus polluantes, notamment celle du transport lourd.

Les véhicules lourds transportent 77 % du total des marchandises déplacées par voie terrestre dans l'UE et ils sont responsables de plus de 25 % des émissions de GES de l'industrie du transport et de plus de 6 % des émissions totales de l'UE. Ces émissions continuent d'augmenter, en particulier en raison de la croissance du transport de fret, qui est elle-même soutenue par l'augmentation de la demande de transport routier [25].

Compte tenu du niveau de pollution représenté par le transport moyen et lourd et afin de respecter son objectif de carboneutralité à l'échéance 2050, l'UE a annoncé le 6 novembre 2021 le renforcement des normes de performance en matière d'émissions de CO₂ pour les véhicules utilitaires lourds neufs. Cet objectif vise principalement une réduction de 90 % des émissions de GES du transport routier moyen et lourd d'ici 2040 [26].

2.2 Portrait actuel du marché des VZE moyens et lourds au Québec et au Canada

Ces sections présentent un aperçu concis des technologies des véhicules zéro émission ainsi que de leurs infrastructures associées. Elles visent à informer les lecteurs sur les différentes technologies existantes, mais ne remplacent en aucun cas une étude de marché approfondie.

2.2.1 Véhicules électriques à batterie et à pile à hydrogène

2.2.1.1 Présentation succincte des technologies [27] [28]

Il existe deux principaux types de véhicules zéro émission propulsés par l'électricité :

- Véhicules à batterie :
 - Ces véhicules stockent l'énergie dans la batterie durant la phase de recharge.

- Pendant la conduite, cette énergie stockée dans la batterie sert à propulser le véhicule grâce à un moteur électrique.
- La chimie de la batterie varie en fonction du modèle et du fabricant, mais le lithium est couramment utilisé comme base et vecteur énergétique pour des applications dans le secteur des transports.
- Véhicules à pile à combustible (hydrogène) :
 - Dans ce cas, le véhicule est alimenté en hydrogène gazeux pour se propulser. L'hydrogène est stocké dans un réservoir spécialisé.
 - L'hydrogène réagit avec l'oxygène de l'air dans une pile à combustible pour produire de l'électricité et alimenter un moteur électrique.
 - La pile à combustible dans le domaine du transport utilise une pile PEM (*Proton Exchange Membrane*) qui fonctionne entre 50 et 100 °C et qui possède une haute densité énergétique.
 - Les nouveaux modèles de véhicules lourds combinent souvent des groupes motopropulseurs utilisant une pile à combustible et des batteries plus petites pour maintenir une efficacité maximale. La pile à combustible recharge continuellement la batterie lorsque le véhicule est en fonction.

Dans les deux cas, le véhicule peut bénéficier de la récupération d'énergie lors du freinage pour recharger partiellement la batterie.

De plus, une autre technologie zéro émission en cours de développement moins répandue est celle des supercondensateurs. Cet élément électrochimique possède une densité de puissance plus élevée que celle des batteries et peut convenir à des applications nécessitant une forte puissance et une recharge rapide, telles que celles du secteur minier [29], des camions-nacelles, de la collecte de matières résiduelles, des terminaux portuaires et des centres de logistique [30].

Il faut noter que les véhicules hybrides et hybrides rechargeables (VHR) ne sont pas considérés comme des VZE parce qu'ils nécessitent du carburant pour fonctionner et utilisent des batteries pour améliorer leur efficacité énergétique grâce au freinage régénératif et lors des phases de ralenti. Ils sont considérés dans la norme ACT de la Californie comme des véhicules « presque zéro émission » et permettent d'obtenir des crédits, similaires à ceux des véhicules faibles émissions (VFE) de la norme VZE légers québécoise. De même, les véhicules fonctionnant au gaz naturel ou avec un moteur à combustion utilisant l'hydrogène nécessitent de brûler ce carburant, ce qui entraîne la production de GES ou de contaminants. Ils ne sont pas classés non plus comme des VZE ou même des véhicules « presque zéro émission » dans la réglementation ACT. Toutefois, les véhicules avec un moteur à combustion utilisant l'hydrogène pourraient recevoir des crédits VFE pour la norme VZE québécoise pour les véhicules légers.

2.2.1.2 Avantages et inconvénients

Cette section présente les principaux avantages et inconvénients des technologies décrites ci-dessus. Chacune des deux principales technologies (batteries et piles à combustible) présente ses propres avantages et inconvénients. Sur le plan énergétique, les batteries sont bien plus efficaces, puisqu'elles se rechargent directement à partir d'une distribution électrique existante. Ainsi, de la roue au puits, on peut atteindre une efficacité de plus de 80 %. En revanche, dans le cas d'une pile à combustible, il faut d'abord produire de l'hydrogène, de préférence vert, par électrolyse de l'eau à partir d'une source d'énergie propre comme celle du Québec. Cela demande beaucoup d'énergie – au moins 55 kWh/kg d'hydrogène produit. Ensuite, l'hydrogène doit être comprimé entre 350 et 700 bars pour être utilisé dans les véhicules. Ainsi, le rendement d'un véhicule à pile à combustible est estimé aux alentours de 30 %. Cela signifie que, pour parcourir la même distance entre deux véhicules, le modèle à hydrogène aura besoin de 2,6 fois plus d'unités d'énergie que celui à batterie, en prenant en compte la production de l'hydrogène. De plus, la production d'hydrogène vert par électrolyse au Québec est actuellement très limitée.

En revanche, avec les technologies actuelles, la recharge d'un véhicule à batterie est plus longue que celle d'un modèle à pile à combustible. Un autre avantage de la technologie de la pile à combustible à hydrogène est qu'elle permet actuellement de stocker davantage d'énergie dans le véhicule qu'un modèle à batterie. Ainsi, l'autonomie du véhicule à hydrogène est théoriquement plus grande que celle d'un modèle à batterie. En comparant uniquement les véhicules de classe 8, il est possible d'atteindre 1 200 km avec un véhicule à hydrogène. Pour un modèle comparable à batterie, on ne peut espérer qu'un maximum de 800 km, car le poids de celle-ci réduit la charge utile du véhicule. Selon un rapport de l'International Council on Clean Transportation (ICCT), on estime une perte de charge utile de 28 % pour un véhicule de classe 8 au Canada [31]. Cependant, il est prévu qu'avec les améliorations technologiques, la perte de charge utile des camions à batterie de classe 8 sera réduite à moins de 500 kg d'ici 2025 [32]. L'autonomie des véhicules électriques et à pile à combustible est moindre que celle des véhicules diesel de classe 8, estimée entre 2 000 et 3 000 km par plein maximum.

Pour conclure, il est possible que les technologies des véhicules à batterie soient les plus affectées par les variations de température en ce qui a trait à l'autonomie totale par rapport aux véhicules à hydrogène. Selon l'ICCT, l'autonomie d'un camion de classe 8 à batterie serait réduite de 25 % à - 20 °C. Les pertes additionnelles liées au chauffage de la cabine entraînent une augmentation plus importante en pourcentage de la consommation de carburant pour un cycle transitoire par rapport à un cycle de croisière sur autoroute.

Tableau 2-1 Grands avantages et inconvénients de chaque technologie

Technologie	Avantages	Inconvénients
Batteries électriques	- Économies sur le carburant et l'entretien - Coût global inférieur au diesel sur l'ensemble du cycle de vie - Efficacité énergétique élevée - Le Canada et le Québec sont des chefs de file en matière de potentiel d'économie circulaire des batteries (de la production au recyclage) - Efficacité énergétique élevée	- Poids élevé en raison de la charge de la batterie, ce qui a une incidence sur la charge utile - Temps de recharge élevé - Demande de pointe en énergie locale élevée pour la charge rapide - Investissement initial élevé pour l'acquisition du camion et la mise en place de l'infrastructure de recharge - Disponibilité commerciale limitée - Dégradation progressive des batteries, les rendant inutilisables pour des applications de transport une fois qu'elles ont perdu de 20 à 30 % de leur capacité initiale - Pas de normes disponibles pour gérer la sécurité face aux incendies
Piles à combustible à hydrogène	- Autonomie élevée - Faible temps de remplissage - Charge utile comparable au diesel, mais tout de même inférieure - Efficacité énergétique élevée par rapport aux véhicules à combustion interne	- Investissement initial très élevé pour l'achat du camion - Disponibilité commerciale très limitée - Faible disponibilité des infrastructures de remplissage - Coût élevé du déploiement des infrastructures - Gaz difficile à contenir - Coût élevé du carburant et faible disponibilité de l'hydrogène vert - Concurrence entre les secteurs pour l'utilisation de l'hydrogène - Efficacité énergétique beaucoup plus faible que celle des véhicules à batterie - Frais totaux de fonctionnement supérieurs à ceux du diesel - Risque d'incendie en cas de fuite

2.2.1.3 Projets pilotes

À ce stade, seuls quelques véhicules ont été testés sur les routes du Québec dans le secteur de la logistique. Au 31 mars 2024, 589 camions immatriculés ici étaient électriques, ce qui représente une augmentation de 234 VZE lourds par rapport au 31 décembre 2023. Le secteur des autobus est quant à lui en pleine effervescence et de nombreux modèles électriques circulent déjà sur les routes québécoises, qu'ils soient utilisés en transport scolaire ou pour les transports en commun. De nombreuses leçons ont été tirées de ces essais, et les technologies de VZE peuvent maintenant en bénéficier.

Au Québec, plusieurs entreprises, dont Purolator, Metro, Cascades, Groupe Robert, ainsi que d'autres opérateurs de camions comme Tessier, ont fait des essais avec des véhicules électriques de différentes classes (3 à 8).

Le projet Flotte rechargeable de l'Institut du véhicule innovant (IVI) est particulièrement intéressant à analyser pour obtenir des données concrètes après les tests de véhicules électriques. Un essai a notamment été réalisé pendant un mois avec Transport Inter-Nord, qui a testé un camion de classe 8 entièrement électrique entre août et septembre 2023. Le véhicule était en service pendant 10 heures par jour et se rechargeait la nuit grâce à un chargeur de 50 kW, pour une capacité totale de batterie de 410 kWh. Le véhicule électrique a démontré sa capacité à répondre aux exigences opérationnelles en ne consommant que 208 kWh par jour, alors que sa capacité nominale de batterie était de 438 kWh. Bien que ces essais au Québec soient encourageants, il manque encore de nombreuses données, notamment celles sur les conditions hivernales et la compréhension de la variabilité de la consommation énergétique causée par le froid. [33].

À ce jour, aucun résultat public ne présente des tests de véhicules lourds à pile à combustible au Québec, en dehors du train à Charlevoix [34]. Cependant, Harnois Énergie vient tout juste d'annoncer le déploiement d'un camion de classe 8 à pile à combustible pour une durée d'un mois sur les routes du Québec [35]. De plus, un projet-pilote a été mené en Alberta au mois de janvier 2024, au cours duquel un véhicule à hydrogène de la marque Nikola a effectué un trajet de 519 km entre Edmonton et Calgary sans nécessiter de ravitaillement. Ce test fait partie d'un programme lancé en février 2023 et auquel participent près de 70 transporteurs en Alberta. Le poids du véhicule est d'environ 12 000 kg, et lors de ce trajet, environ 61 % de l'hydrogène stocké à bord a été consommé [36].

2.2.1.4 Disponibilité des modèles au Canada

En mai 2024, Clean Energy Canada a publié un catalogue présentant plus de 150 modèles de véhicules zéro émission moyens et lourds à vendre au Canada et fabriqués par 34 fabricants différents. Plusieurs d'entre eux figurent sur la liste des camions admissibles au programme Écocamionnage [37]. Les véhicules présentés peuvent être soit en préproduction, en production ou en vente [38]. Le Tableau 2-2 présente un échantillon des exemples de véhicules à batterie extraits du guide. Il est important de noter que ces informations proviennent directement des fabricants et n'ont pas été vérifiées par des agences indépendantes, notamment en ce qui concerne l'autonomie des véhicules.

Tableau 2-2 Présentation d'exemples de modèles de véhicules électriques à batterie en vente et leur fabricant

Fabricant	Modèle	Classe du véhicule	Capacité de la batterie (kWh)	Autonomie annoncée du fabricant (km)	Capacité de charge (kg)	Efficacité (kWh/km)	Temps de charge	Puissance de charge maximale	Prix estimé (CA)
Brightdrop	Zevo 400	3	173	402	1 202	s. o.	s. o.	s. o.	136 000 à 137 955
Envirotech	Logistics Van	4	106	274	3 540	s. o.	Niveau 2/ Rapide	50 kW	182 995
Motiv	E-450	4	127	168	2 268	s. o.	6,5 h à 19,2 kW	s. o.	s. o., 9 à 12 mois d'attente
PeterBitt	220EV	6	Jusqu'à 282	Jusqu'à 322	s. o.	s. o.	s. o.	s. o.	427 000
Volvo	VNR Electric	7	375	370	29 937	s. o.	60 à 90 min à 250 kW	s. o.	564 390
Lion	Lion6	6	252	350	5 352	s. o.	3 h	70 kW	145 000
Lion	Lion8T	8	653	418	22 631	1,56	1,5 h (0 à 80 %)	290 kW	550 000 à 600 000
Tesla	Semi	8	914	864	19 958	1,06	0,5 h (70 %)	1.28 kW	187 500 à 225 000
Nikola	TRE BEV	8	733	531	s. o.	1,38	2 h (80 %)	240 kW	375 000
Volvo Trucks	VNR	8	565	443	14 061	1,28	1,5 h (80 %)	250 kW	187 500 à 375 000
Daimler	eCascadia	8	438	370	37 194	1,18	1,5 h (80 %)	270 kW	340 000 à 515 000
Kenworth	T680E	8	396	241	s. o.	1,64	3,33 h (100 %)	120 kW	s. o.
Peterbilt	579EV	8	396	241	s. o.	1,64	3,33 h (100 %)	120 kW	s. o.

Les principales caractéristiques des véhicules à pile à combustible de classe 8, basées sur une étude de Propulsion Québec publiée en 2023 [27], sont présentées dans le tableau ci-dessous. Selon l'ICCT, le prix estimé en 2024 d'un camion à hydrogène de classe 8 serait d'environ 675 000 \$ CA [28].

Tableau 2-3 Caractéristiques publiées des véhicules à pile à combustible de classe 8. À Noter que cette liste est non-exhaustive et présente simplement une revue succincte

Modèle	Autonomie	Temps de remplissage	Capacité de charge
(Hyundai) Xscent	720 km	30 min	82 000 lb
(Nikola) TRE FCEV	800 km	20 min	82 000 lb
(Kenworth-Toyota) T680 FCEV	500 km	15-20 min	82 000 lb

2.2.2 Chargeurs et infrastructures nécessaires

2.2.2.1 Infrastructures de recharge

Il existe plusieurs options de recharge pour les véhicules à batterie. Généralement, comme le montrent les tableaux précédents, la capacité des batteries des véhicules moyens et lourds varie en fonction de la classe du véhicule. Il est donc judicieux de choisir un mode de recharge adapté aux opérations des véhicules. Par exemple, pour les véhicules de classe 3 tels que les fourgonnettes de livraison qui sont généralement à l'arrêt pendant plusieurs heures dans le garage, une recharge de niveau 2 (soit de 16 à 19 kW) peut être suffisante. C'est d'ailleurs ce que font plusieurs compagnies de livraison, car cette méthode nécessite moins d'infrastructures. Ainsi, le niveau 2 est le plus approprié pour les véhicules dont l'utilisation quotidienne ne dépasse pas 200 km en moyenne. Ce type de recharge utilise le courant alternatif pour alimenter un chargeur interne installé à bord du véhicule, qui transforme le courant alternatif en courant continu [39]. Le chargeur est ensuite connecté au véhicule par l'entremise d'un connecteur par câble.

Au-delà de 19,2 kW et jusqu'à 350 kW, on parle de recharge rapide en courant continu (recharge de niveau 3). De nouveaux connecteurs de recharge, capables d'atteindre jusqu'à 3,75 MW, sont actuellement en développement et font l'objet de tests [40] [41] [42].

En plus des modes de recharge par câble, il y a aussi les modes de connexion par pantographe, ainsi que la recharge à induction. Cette dernière peut être utilisée pour charger le véhicule à un endroit précis [43] ou installée sous une route, permettant de recharger le véhicule pendant qu'il roule. La recharge localisée par induction est en phase de développement préliminaire, mais elle peut déjà être utilisée aujourd'hui en Amérique du Nord. De plus, une autre technologie est envisagée aujourd'hui pour recharger les poids lourds en route pendant la conduite. Il s'agit de la conduction par rail, pour le projet eRoadMontBlanc, développé par la société Autoroutes et tunnel du Mont-Blanc [44].

Une autre technologie intéressante a fait l'objet d'études dans le but de décarboner le corridor de l'autoroute 20 (A-20) : la technologie de caténaire [45]. Dans ce système, les véhicules possèdent des batteries, mais ils restent principalement connectés à une caténaire surplombant l'autoroute. Cette technologie est déjà utilisée dans certains transports en commun, tels que TransLink à Vancouver et la société de transport de Moscou. Les coûts des infrastructures sont élevés, mais ceux de leur utilisation sont faibles. Elle présente cependant l'inconvénient d'utiliser de l'électricité en continu, même pendant les périodes de pointe. À ce stade de développement, aucun des fabricants revus ne mise sur cette technologie en Amérique du Nord; elle n'est donc pas disponible et n'est que brièvement mentionnée dans cette analyse.

Il est également intéressant de souligner l'approche adoptée par certains fabricants en ce qui a trait au changement de batteries (*battery swapping*). Celle-ci consiste à ériger des stations d'échange grâce auxquelles les opérateurs peuvent remplacer leur batterie déchargée par une autre unité chargée en seulement quelques minutes. Cette stratégie exige une infrastructure spécifique pour le stockage et la recharge continue des batteries, ainsi qu'une standardisation des modèles de batteries et de configuration dans le véhicule. Cela peut être complexe en raison du manque de standardisation. Elle est actuellement mise en œuvre dans plusieurs projets pilotes, notamment en Australie [46].

La puissance du chargeur influence directement la vitesse de recharge du véhicule. Cependant, il faut noter que pour des puissances supérieures à 300 kW, ce ne sont pas tous les modèles de batteries et de véhicules qui sont compatibles. En effet, la recharge rapide accélère la dégradation des batteries. Pour supporter des taux de charge élevés, celles-ci doivent disposer d'une chimie et d'un système de refroidissement adéquats. Ainsi, même si les fabricants sont en mesure de concevoir des chargeurs très puissants, la limitation vient aujourd'hui des batteries.

Le chargeur n'est qu'un seul des éléments essentiels pour les infrastructures de recharge. La complexité de la recharge des véhicules électriques réside principalement dans la conception du système de distribution électrique qui alimente les chargeurs, ce qui implique souvent la mise à niveau de l'alimentation électrique et l'installation d'un local technique dédié, même si une intégration à la distribution électrique existante d'un bâtiment est possible.

Pour donner un ordre de grandeur, pour électrifier un parc de 350 autobus urbains, il faudrait prévoir une puissance de 20 MW pour alimenter les véhicules. L'investissement nécessaire pour déployer ces éléments d'infrastructure, tels que les transformateurs et les appareillages de commutation, est souvent sous-estimé par rapport aux coûts globaux du projet. En raison de la limitation actuelle de la demande de pointe, les projets de raccordement de 5 MW et plus doivent obtenir l'autorisation du ministère de l'Économie, de l'Innovation et de l'Énergie (MEIE) avant de pouvoir être intégrés au réseau d'Hydro-Québec. Le processus de raccordement est parfois très long et complexe.

Pour électrifier un parc de véhicules, il peut être nécessaire d'agrandir les garages existants en raison du manque d'espace, de les convertir pour qu'ils soient conformes aux normes, et d'ajouter des éléments de protection contre les incendies. Un autre élément important pour soutenir l'infrastructure de recharge est toute l'infrastructure TI qui doit être mise en place pour contrôler l'appel maximal de puissance, communément appelé « la pointe », et l'algorithme de distribution de recharge entre chaque chargeur. Ce besoin complexifie les opérations, et en particulier celles des petits transporteurs qui n'ont pas nécessairement les moyens d'investir dans des logiciels complexes nécessitant la collecte de données en temps réel.

Pour les transporteurs et les opérateurs de véhicules lourds, la recharge peut se faire au garage, chez les clients ou encore à des points de recharge publics, selon les opérations. Aujourd'hui, de nombreux camions se ravitaillent dans des stations-service privées prévues à cet effet. Il serait possible de déployer des bornes de recharge rapides, voire très rapides (MW) dans des endroits stratégiques de passage pour les camions.

Ce type de réflexion doit être mené par tous les paliers gouvernementaux afin d'assurer une adéquation entre les infrastructures de recharge et les véhicules lourds. Sur ce point, le volet pour véhicules lourds présent dans la Stratégie québécoise sur la recharge de véhicules électriques rendue publique en septembre 2023 sera bonifié au cours des prochaines années [47].

2.2.2.2 Transport et distribution de l'hydrogène

En ce qui concerne le ravitaillement des véhicules à hydrogène, les infrastructures nécessaires sont principalement des stations de remplissage. Deux options sont possibles quant à la distribution de l'hydrogène sur site : le transport sous forme gazeuse ou sous forme liquide.

Sous sa forme gazeuse, l'hydrogène peut être transporté sur de longues distances par remorque porte-tubes dont la pression est d'environ 250 bars. Au Québec, certaines compagnies telles qu'Air Products proposent de transporter l'hydrogène comprimé pour ravitailler directement les stations de remplissage de véhicules. Pour l'option de transport sous forme liquide, l'hydrogène doit être cryogénisé à une température inférieure à - 253 °C et stocké dans des réservoirs isolés semblables à ceux utilisés pour le gaz naturel liquéfié. L'avantage de cette solution est que l'hydrogène liquide est un vecteur énergétique beaucoup plus dense que sa forme gazeuse, ce qui nécessite moins d'espace pour le déplacer et le stocker. Selon une étude réalisée par Zen Energy en 2019, le coût de transport par camion de l'hydrogène liquide est nettement moins élevé par kilogramme que celui de l'hydrogène gazeux [48], mais requiert des infrastructures importantes, et n'est donc rentable qu'à partir d'une production quotidienne de 10 tonnes.

Une autre option pour le transport de l'hydrogène gazeux consiste à utiliser des gazoducs. Des tests sont actuellement réalisés pour démontrer qu'il est possible de mélanger jusqu'à 20 % d'hydrogène avec du gaz naturel sans nécessiter d'adaptations du réseau de gazoducs existant. Des modifications au réseau seraient toutefois nécessaires pour atteindre des concentrations plus élevées.

Les stations de remplissage d'hydrogène doivent pouvoir distribuer l'hydrogène sous forme gazeuse aux véhicules, tout en étant compatibles avec une entrée d'hydrogène liquide ou gazeux. L'hydrogène est généralement refroidi à - 40 °C avant d'entrer dans le pistolet afin d'éviter qu'il ne se réchauffe, ce qui permettrait de maximiser la quantité d'hydrogène distribuée dans le réservoir du véhicule.

La conception de la station de remplissage dépend de la taille du parc de véhicules à desservir. Pour des projets de moins de cinq véhicules, on peut installer une station de stockage et de remplissage d'hydrogène gazeux contenant un compresseur qui assure ensuite la distribution de l'hydrogène vers les véhicules. Pour des projets plus importants, l'achat d'un système cryogénique peut être plus avantageux, puisqu'il permet de stocker davantage d'hydrogène dans un espace plus restreint. Ce type d'application est peu répandu en Amérique du Nord, mais Daimler Truck et Linde le testent pour ravitailler un camion à hydrogène [49]. Ce genre de station nécessite un système de stockage d'hydrogène cryogénique, un système de pompes pour faire circuler l'hydrogène liquide, et un système de vaporisateur pour transformer l'hydrogène en sa forme gazeuse avant qu'il soit distribué aux véhicules.

Si le parc de véhicules compte 20 unités ou plus, il est possible d'envisager la construction d'un électrolyseur sur place plutôt que de livrer l'hydrogène directement. Cette installation pourrait être privée ou publique. Cela nécessite toutefois une connexion électrique puissante. À titre d'exemple, l'estimation de Winnipeg Transit, qui prévoit d'électrifier près de 1 000 autobus d'ici 2050, nécessiterait 42 pistolets et plus de 14 000 kg d'hydrogène par jour. La puissance d'un tel système pourrait atteindre 24 à 30 MW [50]. Cela en fait une installation tout aussi importante que celle des bornes de recharge dans un garage.

De même que pour le cas des chargeurs, les transporteurs pourraient envisager des points de ravitaillement communs pour leurs plus petits parcs, ce qui minimiserait la complexité de l'installation de stations de remplissage sur le site du garage.

2.3 Revue des réglementations et incitatifs adoptés pour accélérer la transition des véhicules lourds

Cette section vise à présenter les normes VZE pour les véhicules moyens et lourds mises en place par le Québec et les juridictions étudiées ainsi que les incitatifs offerts pour faciliter l'atteinte des objectifs liés au déploiement de ces normes. La revue des réglementations/politiques déployées comprend principalement l'analyse du mandat de vente ou les objectifs de réduction de GES pour les véhicules moyens et lourds dans la juridiction étudiée, ainsi que le contexte et la justification du déploiement de la réglementation. Une revue détaille aussi les incitatifs offerts, les entités ciblées par chacun d'entre eux et certaines modalités d'admissibilité.

2.3.1 Québec

2.3.1.1 Réglementations

Aujourd'hui, le Québec n'a pas encore mis en place une réglementation spécifique pour encadrer l'adoption de VZE dans le secteur des véhicules moyens et lourds, même si le gouvernement a déjà exprimé ce souhait dans son Plan pour une économie verte 2030.

Cependant, une norme visant à introduire les VZE dans le secteur des véhicules légers a été adoptée. Comme il est mentionné en introduction, le Québec a également adhéré au *Global Memorandum of Understanding on Zero-Emission Medium- and Heavy-Duty Vehicles* [51]. Il doit se doter de réglementations pour atteindre ses objectifs de neutralité carbone.

Le Québec a également adopté une réglementation exigeant que les autobus ou minibus scolaires acquis depuis le 31 octobre 2021 soient des modèles électriques [52].

2.3.1.1 Incitatifs

De nombreux incitatifs sont maintenant offerts au Québec pour encourager les propriétaires à opter pour un véhicule électrique. Le Tableau 2-4 répertorie plusieurs subventions [53].

Tableau 2-4 Incitatifs financiers offerts au Québec¹ [53]

Leviers		Programme/Soutien au Québec
Achat du véhicule	Subvention du coût du véhicule	Écocamionnage (MTMD) Programme d'incitatifs pour les véhicules moyens et lourds zéro émission du fédéral (iVMLZE) Autobus scolaires : Programme d'électrification du transport scolaire [54] Autobus : Aide financière pour l'électrification des transports et la mobilité durable [55]
	Financement pour achat	Déduction fiscale au fédéral
Recharge	Subvention du coût des bornes de recharge	Initiative pour le déploiement d'infrastructures pour les véhicules électriques (Fédéral) Transportez vert (MELCCFP) – Bornes de recharge à courant continu (BRCC) Branché au travail – niveau 2 Programme d'infrastructures pour les VEZ (Fédéral) Autobus scolaires : Programme d'électrification du transport scolaire [54] Autobus : Aide financière pour l'électrification des transports et la mobilité durable [55]
	Tarifs d'électricité	Tarif BR expérimental (Hydro-Québec) – BRCC
	Recharge publique (jusqu'à 350 kW)	Circuit électrique (Hydro-Québec) Autres : Flo, Tesla, ChargePoint, etc.
Développement et démonstrations	Soutien pour des projets de développement et démonstrations	Soutien aux projets collaboratifs pour le développement de produits innovants dans l'industrie des véhicules électriques (MEIE)
	Recherche et développement	Programme PSO (InnovÉE)

¹ Certains des programmes listés dans le Tableau 2-4 sont également offerts pour les véhicules légers.

Leviers		Programme/Soutien au Québec
		Technoclimat [56]
Autres incitatifs	Écoconduite	Transportez vert
	Accompagnement	Transportez vert Flotte rechargeable (IVI)

2.3.2 Californie

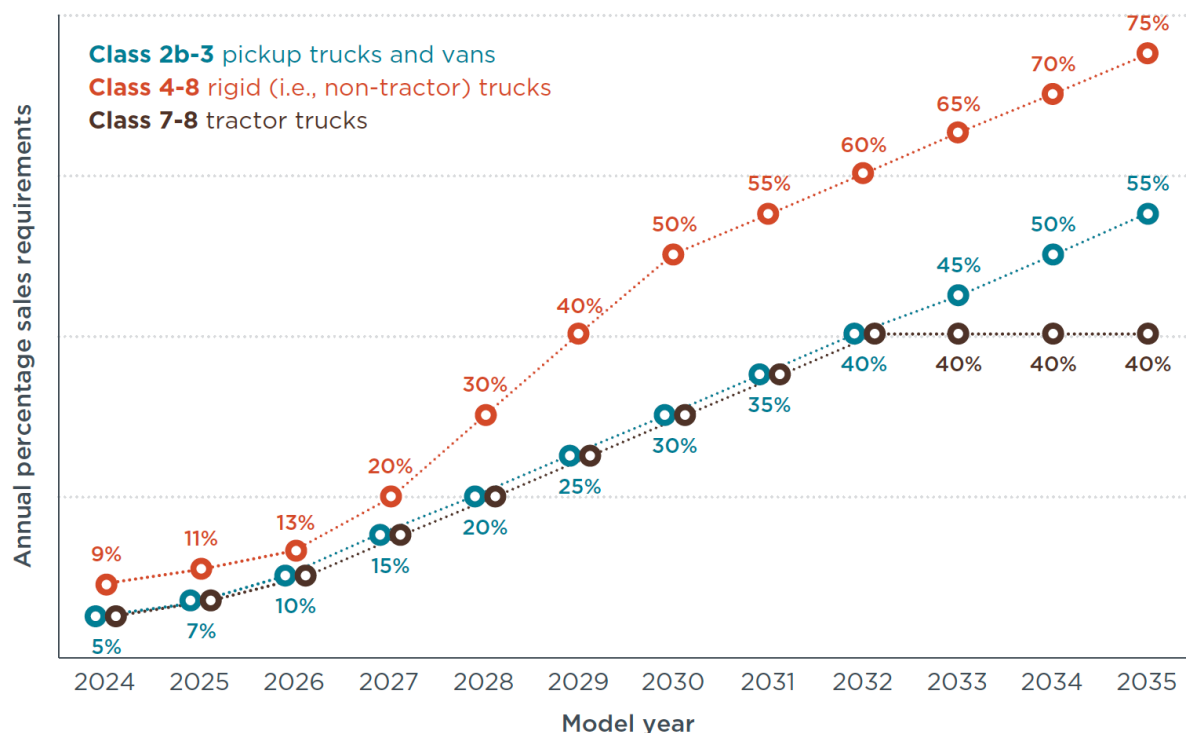
2.3.2.1 Réglementations

La Californie s'est positionnée comme un chef de file en matière de décarbonation du secteur du transport moyen et lourd aux États-Unis, grâce à une série d'initiatives ambitieuses regroupées sous la réglementation de l'ACT (*Advanced Clean Trucks*) et de l'ACF (*Advanced Clean Fleets*).

Certains experts considèrent les réglementations californiennes en matière de décarbonation comme étant parmi les plus ambitieuses au monde, avec celles de la Chine et de la Norvège. Plusieurs États américains ont suivi l'exemple de la Californie en adoptant l'ACT à leur tour : le Colorado, le Maryland, le Massachusetts, le New Jersey, le Nouveau-Mexique, New York, l'Oregon, Rhode Island, le Vermont et Washington [57].

La réglementation ACT, adoptée en mars 2021, impose aux fabricants un minimum de ventes de véhicules moyens et lourds zéro émission, de classes 2B à 8. La présentation des objectifs de vente de VZE en Californie est détaillée dans la Figure 2-1. Cette réglementation repose sur un système de crédits (comparable au marché du carbone et à la norme VZE légers au Québec) qui permet la vente ou l'achat de crédits de vente pour les fabricants dont les ventes sont supérieures ou inférieures aux quotas exigés à une date donnée. Les quotas s'appliqueront de 2024 à 2035 (Tableau 2-3).

Figure 2-1 Illustration de la réglementation sur les ventes ZVE imposée par l'ACT [58]



La mise en place de l'ACT, qui impose un mandat de vente aux manufacturiers, a été promulguée avant le déploiement d'exigences en matière d'électrification des transports auprès des propriétaires de parcs de véhicules lourds (incluses dans l'ACF) afin de stimuler l'acquisition de VZE. En effet, ce mandat de vente oblige les fabricants à proposer des modèles de camions électriques offrant des caractéristiques de performance et un rapport qualité-prix semblables à ceux des modèles actuels fonctionnant au diesel, afin que les exploitants de flottes acceptent de les acheter. Sachant que les marges financières des opérateurs de parcs commerciaux sont faibles, l'ACT va obliger les fabricants à proposer des modèles qui soient au moins aussi rentables pour eux que les camions fonctionnant au diesel.

La réglementation ACF est celle qui précise les exigences en matière de décarbonation pour les véhicules moyens et lourds de certains parcs considérés comme prioritaires. Elle comprend plusieurs mesures visant à accélérer la transition des opérateurs de véhicules moyens et lourds fonctionnant au diesel vers des véhicules à batterie ou à pile à combustible à hydrogène.

Parmi les mesures phares mises en place, on retrouve l'obligation :

- Pour les fabricants de ne vendre que des véhicules moyens et lourds zéro émission à compter de 2036
- Pour les véhicules de transport moyens d'être zéro émission d'ici 2035
- Pour certains camions lourds d'être zéro émission d'ici 2039 ou 2042

Dans le cadre de l'ACF, la Californie impose une date limite de conversion vers les VZE, selon les types de véhicules, et notamment l'obligation :

- De n'acheter que des camions porte-conteneurs zéro émission à partir de 2024 et d'en avoir 100 % zéro émission d'ici 2035
- D'avoir 100 % de camions-poubelles et d'autobus locaux d'ici 2040

- De ne produire que des équipements hors route (ex. : unités de réfrigération pour le transport, équipements de construction, etc.) zéro émission à partir de 2024 pour les fabricants
- De ne compter que des VZE dans leur parc d'ici 2040 pour les fournisseurs d'énergie

Cette réglementation impose également aux grands employeurs (y compris les détaillants, les fabricants, les entrepreneurs, etc.) qui comptent plus de 50 véhicules de fournir des informations sur les opérations de leur parc. Ces informations permettront de s'assurer qu'ils achèteront des VZE à l'avenir (voir Tableau 2-6).

Les parcs jugés prioritaires et les parcs d'entités publiques (catégories « parcs hautement prioritaires et parcs fédéraux » et « parcs d'agence d'État et d'entités publiques locales » [ex. : municipalités ou comtés]) auront quant à eux deux options pour se conformer à l'ACF. La première impose une proportion minimale de VZE dans le parc de véhicules (voir le Tableau 2-5 ci-dessous).

Tableau 2-5 Présentation des cibles d'adoption par type de parc selon le programme ACF [59]

Option 1 : Date limite de conversion					
Catégorie de véhicule devant être zéro émission	10 %	25 %	50 %	75 %	100 %
Camions-citernes, fourgonnettes, autobus à deux essieux, tracteurs de chantier, véhicules légers de livraison de colis	2025	2028	2031	2033	2035 et plus
Camions de travail, tracteurs à cabine courte, autobus à trois essieux	2027	2030	2033	2036	2039 et plus
Tracteurs à cabine couchette et véhicules spécialisés	2030	2033	2036	2039	2042 et plus

La deuxième option oblige les propriétaires de parcs considérés comme prioritaires ainsi que les entités responsables des parcs publics à n'acquérir que des VZE à compter de 2027 (ou de 2024 pour la catégorie « parcs hautement prioritaires avec plus de 50 véhicules et parcs fédéraux »). D'ici 2035, tous les véhicules moyens et lourds appartenant à des parcs considérés comme prioritaires ou à des parcs d'entités publiques devront être des VZE. Des mesures plus flexibles sont prévues pour les parcs comptant moins de 10 véhicules).

Les parcs considérés comme prioritaires comptent plus de 50 véhicules ou appartiennent à des entreprises réalisant un chiffre d'affaires annuel supérieur à 50 M\$ US.

L'ACT ne touchera à court terme que 60 à 70 % des véhicules moyens et lourds en Californie, étant donné que certains parcs ayant moins de 50 véhicules sont exemptés de cette réglementation. Cependant, l'ACF obligera dès 2036 la vente de 100 % de véhicules moyens et lourds zéro émission, ce qui forcera l'ensemble des opérateurs de parcs (y compris ceux possédant moins de 50 véhicules) à acheter des VZE, puisqu'ils ne pourront plus acquérir de véhicules moyens et lourds fonctionnant à l'essence ou au diesel à compter de cette date.

L'ACF exige également que les opérateurs de différentes catégories de véhicules produisent annuellement des rapports de conformité détaillant la vitesse de transition vers les VZE (voir Tableau 2-6).

Tableau 2-6 Comparatif des obligations de publication auprès du CARB, selon la catégorie de parc de véhicules [60]

Parcs hautement prioritaires et parcs fédéraux	Les propriétaires de parcs doivent soumettre chaque année des rapports de conformité contenant diverses informations sur les véhicules (marque, type de carburant, relevé d'odomètre, etc.) entre le 1 ^{er} février 2024 et le 1 ^{er} février 2045. Ils doivent conserver les enregistrements et la documentation requis pendant au moins cinq ans.
Parcs de camions porte-conteneurs	Les propriétaires de parcs doivent soumettre des rapports de conformité annuels contenant diverses informations sur les véhicules (année de fabrication du moteur, type de carburant, relevé d'odomètre, etc.) à compter du 1 ^{er} janvier 2025.
Parcs d'agence d'État et d'entités publiques locales	Les propriétaires de parcs doivent soumettre chaque année des rapports de conformité contenant diverses informations sur les véhicules (marque, type de carburant, relevé d'odomètre, etc.) du 1 ^{er} avril 2024 au 1 ^{er} avril 2045. Ils doivent conserver les enregistrements et la documentation requis pendant au moins cinq ans.
Fabricants	À partir de 2036, pour chaque véhicule vendu, les fabricants devront communiquer au California Air Resources Board (CARB) le numéro d'identification du véhicule, le type de carburant et si ce n'est pas d'un VZE, une preuve d'exemption d'urgence.

En plus de l'ACT et de l'ACF, l'Innovative Clean Transit Rule [61] imposera aux sociétés de transport d'acheter uniquement des autobus zéro émission d'ici 2029 et la réglementation Heavy-Duty Omnibus [62] obligera les manufacturiers et les transporteurs à réduire leurs émissions d'oxydes d'azote (NOx) de 90 % d'ici 2031.

Alors que l'Environmental Protection Agency (EPA) américaine a déjà autorisé la mise en application de l'ACT, la Californie n'a toujours pas reçu l'autorisation du gouvernement fédéral pour promulguer officiellement l'ACF et attend une dérogation de l'EPA à ce sujet. Sans cet accord, elle ne pourra pas appliquer toutes les mesures de l'ACF [63], à l'exception de celles concernant les parcs publics, pour lesquels la Californie est seule décisionnaire.

Même si aucun État ne s'est encore engagé à suivre les réglementations de l'ACF, plusieurs d'entre eux évaluent présentement comment cette dernière pourrait être mise en application sur leur territoire. Les objectifs sont similaires : réduire les émissions de GES des véhicules moyens et lourds comparables. La Californie partage actuellement les processus mis en place lors de l'ACF, les leçons apprises et des ressources clés pour aider les autres États à mettre en place leurs propres exigences de parc en matière de VZE.

En parallèle de ces initiatives, l'EPA a publié en avril 2024 une nouvelle réglementation concernant les standards d'émission des GES (phase 3) pour les véhicules moyens et lourds, y compris les autobus, pour les modèles de véhicules prévus pour la vente entre 2027 et 2032. Cette réglementation prévoit notamment qu'une proportion de VZE moyens et lourds doit être atteinte d'ici 2032 [64].

- 25 % de VZE pour l'ensemble des véhicules moyens et lourds aux États-Unis
- 50 % de VZE pour les camions de travail à multiple utilisation (*vocational vehicles*)²
- 34 % de VZE pour les camions lourds sans couchette (*day cab tractors*)

² Exemples : Camions à benne basculante; dépanneuses; fourgons; camions nacelles; balayeuses de rue; etc.

- 25 % de VZE pour les camions lourds avec couchette (*sleeper cab tractors*)

Les principaux impacts attendus à la suite de la mise en place de cette réglementation sont détaillés dans le Tableau 2-7.

Tableau 2-7 Estimations des impacts de la phase 3 des standards d'émission de GES promulgués par l'EPA

Types d'impact	Estimations des impacts
Réduction des émissions de gaz polluants	– Réduction de 25 % des émissions de GES des camions lourds à couchette (<i>sleeper cab tractors</i>) d'ici 2032 – Réduction de 60 % des émissions de GES des camions de travail à usage multiple (<i>vocation vehicles</i>) d'ici 2032 – Au total, 1,8 milliard de tonnes métriques de GES évitées de 2027 à 2055 – Réduction de 650 tonnes de particules fines (PM) – Réduction de 72 000 tonnes d'oxydes d'azote (NOx) – Réduction de 21 000 tonnes de composés organiques volatils (COV)
Retombées économiques	– Retombées économiques totales estimées à environ 320 G\$ US – Environ 87 G\$ US d'économie grâce à des actions visant à combattre le réchauffement climatique – Jusqu'à 29 G\$ US d'économies dans les dépenses en santé – Environ 12 G\$ US d'économie liée à la dépendance aux importations de pétrole
Économies pour les opérateurs de camions	– 250 G\$ US d'économies pour les acheteurs de véhicules lourds grâce à une réduction des coûts de carburant et de maintenance

2.3.2.2 Incitatifs

Pour financer la transition vers des VZE moyens et lourds, de nombreux programmes de subventions et d'écofiscalité ont été mis en place, grâce à la coordination de plusieurs organismes publics tels que le CARB, la Commission californienne de l'énergie (CEC), l'Agence des transports de Californie (CSTA) et le Bureau du gouverneur pour le développement économique et commercial (GOEBD). Au total, les budgets 2021 et 2022 de l'État prévoient une enveloppe de plus de 10 G\$ US sur les six prochaines années pour accélérer la conversion des parcs de véhicules moyens et lourds. Parmi les principaux programmes de subventions de la Californie, on compte :

- Le Hybrid and Zero-Emission Truck and Bus Voucher Incentive Project (HVIP), qui permet d'obtenir une aide financière allant jusqu'à 120 000 \$ US pour l'achat d'un VZE moyen ou lourd, quels que soient sa classe ou son type d'activité
- Le Carl Moyer Memorial Air Quality Standards Attainment Program, qui offre des subventions aux entités privées souhaitant déployer des équipements de recharge et mettre à niveau leurs infrastructures pour accueillir des chargeurs. Ce programme couvre jusqu'à 50 % des coûts admissibles

- Le Funding Plan for Clean Transportation Incentives [65], qui offre une aide financière allant jusqu'à 12 000 \$ US pour l'achat d'un VZE moyen ou lourd et 2 000 \$ US pour l'acquisition et l'installation d'un équipement de recharge
- L'Innovative Small e-Fleet Pilot Program, doté d'une enveloppe de 35 M\$ US et dont le but est d'offrir des rabais aux propriétaires de petits parcs de véhicules qui rencontrent des difficultés d'accès en raison des investissements de démarrage importants requis. Ce programme offre une aide financière pouvant aller jusqu'à 240 000 \$ US par véhicule
- Dans la même veine, le Truck Loan Assistance Program offre des prêts à taux réduit aux opérateurs propriétaires de moins de 10 véhicules lourds afin de faciliter le financement de VZE moyens et lourds
- Le Clean Off-Road Equipment (CORE) Voucher Incentive Project [66], qui vise à encourager l'achat d'équipements hors route électriques (ex. : porte-conteneurs pour camion)

D'autres programmes, tels que l'Implementation of MHD Vehicle Infrastructure [67], pouvant offrir entre 2 et 5 M\$ US pour les projets de grande envergure, et l'Energy Infrastructure Incentives for Zero-Emission, qui peut couvrir jusqu'à 50 % des coûts, dans la limite de 750 000 \$ US pour les chargeurs électriques et de 4 M\$ US pour les stations à hydrogène [68], soutiennent le financement d'équipements de charge et autres infrastructures nécessaires au chargement des VZE lourds. À ce titre, la Commission californienne de l'énergie investira 2,69 G\$ US dans le déploiement d'infrastructures destinées aux VZE légers, moyens et lourds.

Bien que la Californie ait mis en place de nombreux incitatifs pour favoriser l'adoption de VZE moyens et lourds, l'État est en discussion avec les représentants des entités privées pour qu'elles investissent également dans l'installation d'infrastructures de recharge.

La Commission des services publics de Californie a également mis en place des programmes de soutien importants pour financer les efforts des fournisseurs d'énergie. Au total, une enveloppe de 1 G\$ US a été approuvée par la Commission de l'énergie pour financer ces programmes, notamment :

- Le Charge Ready Transport (Southern California Edison), qui offre une aide financière pour la mise à niveau ou le déploiement d'équipements de recharge (enveloppe de 342,6 M\$ US) [69]
- L'EV Fleet Program (Pacific Gas & Electric), qui offre un rabais allant jusqu'à 9 000 \$ US par véhicule pour l'achat d'un VZE, en plus de couvrir jusqu'à 50 % des frais d'installation d'un chargeur (jusqu'à un maximum de 42 000 \$ US par chargeur) [70]
- Le Power Your Drive for Fleets (San Diego Gas & Electric), qui offre une aide financière pour l'acquisition et l'installation d'équipements de recharge allant jusqu'à 75 000 \$ US par chargeur [71]

Des programmes fédéraux tels que l'Inflation Reduction Act [72] et l'Infrastructure Investment and Jobs Act of 2021 [73] proposent des subventions complémentaires pour le financement des infrastructures de recharge. À l'heure actuelle, le gouvernement fédéral n'affiche pas d'orientation claire et affirmée quant à l'ampleur du soutien à accorder à l'installation d'infrastructures de recharge.

2.3.3 Colombie-Britannique

2.3.3.1 Réglementations (en cours de développement)

Dans son document de consultation de mai 2023 [22], le gouvernement de Colombie-Britannique a proposé d'aligner les cibles de vente de VZE lourds sur celles de la Californie, en précisant que ces mesures seront probablement mises en place progressivement à partir de 2027, et non pas en 2024 comme la Californie.

Le gouvernement est en train de réviser ces propositions à la lumière des réponses reçues des parties prenantes. Il revoit aussi les réglementations proposées qui s'inscriront dans son plan CleanBC 2030, dans lequel il s'est engagé à mettre en place une norme VZE pour les véhicules moyens et lourds.

Parmi les mesures phares proposées en 2023, nous retrouvons l'obligation :

- De ne vendre ou louer que des VZE lourds à compter de 2036, avec une plus grande proportion de ventes ou de locations de VZE chaque année jusqu'en 2036, couplée à un système de conformité basé sur l'allocation de crédits au moment de l'achat de VZE lourds, conformément au système ACT (voir le Tableau 2-8 ci-dessous)

Tableau 2-8 Présentation des cibles d'adoption par classe de véhicule proposé dans le papier de consultation (2023)

Année	Classe 3	Classe 4-8	Classe 7-8
2026	10 %	13 %	10 %
2027	15 %	20 %	15 %
2028	20 %	30 %	20 %
2029	25 %	40 %	25 %
2030	30 %	50 %	30 %
2031	35 %	55 %	35 %
2032	40 %	60 %	40 %
2033	45 %	65 %	40 %
2034	50 %	70 %	40 %
2035	55 %	75 %	40 %
2036 et plus	100 %	100 %	100 %

- D'atteindre une proportion de 50 % de VZE pour l'achat de nouveaux autobus d'ici 2026 et de 100 % d'ici 2029 pour les sociétés de transport public opérant des autobus de plus de 6 350 kg, à l'exception des autobus scolaires et de ceux à caténaire, conformément à la norme Innovative CleanTransit Rule [42] de la Californie
- D'avoir 41 % de VZE dans leurs parcs de véhicules moyens et lourds d'ici 2030 et 100 % d'ici 2040, et de reporter toutes leurs émissions de GES sur le même système de comptabilisation que celui du CARB pour les sociétés de transport public
- D'opérer 45 % de VZE d'ici 2026 et 100 % d'ici 2030 pour les opérateurs de parcs de camions frigorifiques
- D'atteindre une proportion de navettes à zéro émission de 33 % d'ici 2027, de 66 % d'ici 2031 et de 100 % d'ici 2035 pour les aéroports

- De n'acheter que des chariots électriques à partir de 2026 pour les opérateurs de chariots élévateurs, et d'éliminer tous les chariots élévateurs émettant des GES de leurs parcs d'ici 2029, conformément au plan de décarbonation de la Californie

Tout comme la Californie, la Colombie-Britannique souhaite mettre en place un système d'exigences d'électrification des parcs semblable à l'ACF. Cette réglementation servira à créer une demande pour les VZE chez les opérateurs de parcs. Parallèlement, la mise en place d'un mandat de vente chez les fabricants les obligera à commercialiser des modèles concurrentiels, offrant des caractéristiques de performance et un rapport qualité-prix similaires aux modèles actuels fonctionnant au diesel. Ce mandat de vente permettra aussi d'éviter que les opérateurs de parcs deviennent captifs des prix imposés par les fabricants, qui pourraient augmenter les prix d'achat des véhicules zéro émission (VZE), sachant qu'ils n'auraient pas d'autre choix que de les acheter pour se conformer à la réglementation.

À l'instar de la Californie, le gouvernement provincial a l'intention d'exiger la publication d'informations sur la proportion de VZE vendus ou achetés par les manufacturiers et opérateurs de parcs afin de mesurer la vitesse d'adoption des VZE moyens et lourds dans la province.

2.3.3.2 Incitatifs

Le gouvernement propose un vaste éventail de programmes sous l'égide du CleanBC Go Electric Program pour subventionner l'achat ou la location de VZE moyens et lourds [74] :

- Go Electric Rebates Program : Rabais à l'achat allant jusqu'à 150 000 \$ (classe 8) pour l'acquisition d'un véhicule moyen ou lourd et rabais à la location de 33 % à 100 %. Ce programme concerne également les véhicules moyens et lourds spécialisés pour les ports et les aéroports
- Commercial Vehicle Pilots Program : Aide financière allant jusqu'à un tiers du financement du projet d'acquisition de VZE moyens ou lourds et jusqu'à un tiers du financement du projet de déploiement d'équipements de recharge
- Go Electric Fleet Charging Program : 40 heures de services conseils pour le déploiement, et nombreux rabais pour financer la mise à niveau de l'infrastructure de recharge de VZE moyens et lourds (jusqu'à 125 000 \$), le déploiement d'équipements de recharge de VZE moyens et lourds (jusqu'à 20 000 \$), la faisabilité des projets (jusqu'à 5 000 \$) et l'achat de produits d'outils de télématique (jusqu'à 50 000 \$)
- Heavy-duty Vehicle Efficiency (HDVE) : Rabais pouvant aller jusqu'à 20 000 \$ pour un VZE moyen ou lourd
- Advanced Research and Commercialization Program : Programme de soutien aux innovations en matière de technologies pour les VZE
- Heavy-duty Vehicle Efficiency (HDVE) : Rabais pouvant aller jusqu'à 150 000 \$ pour l'acquisition et l'installation d'un équipement de recharge
- Go Electric Hydrogen Fuelling Infrastructure : Subventions pour déployer de nouvelles stations de recharge pour les véhicules fonctionnant avec une pile à combustible à hydrogène
- Go Electric Public Charger Program : Rabais pouvant aller jusqu'à 50 % du coût d'installation d'un équipement de recharge (avec un plafond de 80 000 \$)

BC Hydro propose également plusieurs programmes de subventions pour financer la transition des parcs VZE et les infrastructures de recharge :

- EV Ready Plan Rebate : rabais sur la planification du déploiement d'infrastructures de recharge (jusqu'à 15 000 \$ dollars en aide financière)
- Electrical Infrastructure Incentive : aide financière couvrant jusqu'à 50 % des coûts d'installation ou de mises à niveau de l'infrastructure électrique
- Fleet Electrification Rates : Rabais sur le coût de l'électricité destinée à la recharge de VZE moyens et lourds

Le gouvernement fédéral (Transports Canada) propose également le Programme d'incitatifs pour les véhicules moyens et lourds zéro émission, qui vise à subventionner jusqu'à 50 % du coût d'acquisition d'un VZE. L'enveloppe globale dédiée à cette aide est de 547,5 M\$ de 2022 à 2026 [75].

2.3.4 Europe

2.3.4.1 Réglementations

En novembre 2023 [76], le Parlement européen a adopté une réglementation obligeant l'industrie du transport lourd à réduire ses émissions de GES de 45 % d'ici à 2030, de 65 % d'ici à 2035 et de 90 % d'ici à 2040, en plus de l'objectif de réduction de 15 % pour 2025 déjà prévu dans la réglementation actuelle [77]. Cela s'applique à tous les poids lourds de plus de cinq tonnes.

L'UE oblige également les opérateurs d'autobus urbains et d'autocars à réduire leurs émissions de GES de 90 % d'ici 2030 et de 100 % d'ici 2035.

Les négociations avec les États membres sont toujours en cours en ce qui concerne les véhicules moyens de moins de 5 tonnes, ce qui signifie que les véhicules d'entités locales (ex. : véhicules de police) sont pour l'instant exemptés de cette réglementation.

Peu de détails ont été donnés quant à la vitesse de transition de chaque classe et aux réglementations pour les fabricants.

Une autre réglementation importante en matière de régulation est l'European Union Alternative Fuel Infrastructure Regulation (AFIR), qui obligera chaque pays européen à installer des chargeurs électriques rapides ou des stations de recharge à hydrogène sur les grands corridors européens du réseau transeuropéen de transport [78], à tous les 60 ou 120 km.

Un entretien spécifique a été organisé avec la Norvège, qui vise à atteindre l'objectif ambitieux de posséder 100 % de camions électriques d'ici 2030. Cet objectif s'applique à tous les véhicules moyens et lourds pesant plus de 3,5 tonnes et a été approuvé par le Parlement.

2.3.4.2 Incitatifs

En ce qui concerne l'Europe, peu de programmes spécifiques existent pour aider à l'acquisition ou à la location de VZE moyens et lourds. Ces programmes, offerts au niveau national et régional, prennent généralement la forme de primes à la conversion ou de crédits d'impôt. Les fournisseurs d'énergie (ex : EDF en France) proposent également des rabais sur le prix de l'électricité utilisée pour la recharge, sur l'assistance technique pour la mise en place de bornes de recharge et sur l'augmentation de la capacité du réseau électrique.

Les modèles de subvention des pays européens sont similaires entre eux et concernent les véhicules électriques dans leur ensemble, y compris les camions, ce qui rend parfois difficile de comprendre l'admissibilité des différents projets aux programmes proposés. Plusieurs pays européens, dont la France, s'engagent à augmenter et à clarifier l'aide disponible pour la transition des parcs de véhicules moyens et lourds [79].

Le montant des subventions accordées pour financer l'acquisition de camions zéro émission varie d'un pays à l'autre. En 2022, l'Allemagne était de loin le pays qui accordait le plus de subventions pour la conversion des parcs (jusqu'à 80 % de l'investissement, pour un maximum de 360 000 €). Toutefois, ces subventions ont été brutalement supprimées à la fin 2023 pour des raisons budgétaires. La majorité des pays européens proposent également des subventions ou des programmes d'écofiscalité pour soutenir le déploiement d'infrastructures de recharge, sans que ce soit spécifique aux véhicules lourds. Le Tableau 2-9 indique les subventions accordées pour l'achat de véhicules VZE ou l'installation d'équipements de recharge.

Tableau 2-9 Exemples de subventions dans les pays européens pour les VZE moyens et lourds (liste non exhaustive) [80]
[81]

Pays	Incitatifs pour l'achat de VZE moyens et lourds	Incitatifs pour le déploiement d'infrastructures de recharge
Norvège	— Réduction des frais de stationnement et de péage — Exemption des taxes d'importation — Exemption de toutes les taxes liées à l'achat	— Aide financière pour le déploiement de bornes tous les 50 km sur les grands corridors. Budget équivalant à 350 M\$ US pour le déploiement de bornes de recharge et la mise à jour d'aires de repos pour les camions
Allemagne	— Pas de subvention (<i>abolition du crédit d'impôt vert en raison des restrictions budgétaires en 2023</i>) — Exemption de toutes les taxes liées à l'achat — Réduction de 1 % de l'impôt sur le revenu pour les entreprises et les particuliers ayant des VZE	— Subvention pouvant atteindre 30 000 € pour l'acquisition et l'installation d'équipements de recharge — Subvention pouvant atteindre 50 000 € pour la mise à niveau de l'infrastructure électrique
France	— Prime à la casse à l'achat d'un VZE ou d'un véhicule peu polluant (jusqu'à 9 000 €) — Aide financière allant jusqu'à 100 000 € pour l'achat d'un camion électrique — Exemption des taxes annuelles sur les véhicules	— Couverture de 40 % des coûts d'acquisition et d'installation de bornes de recharge pour les municipalités

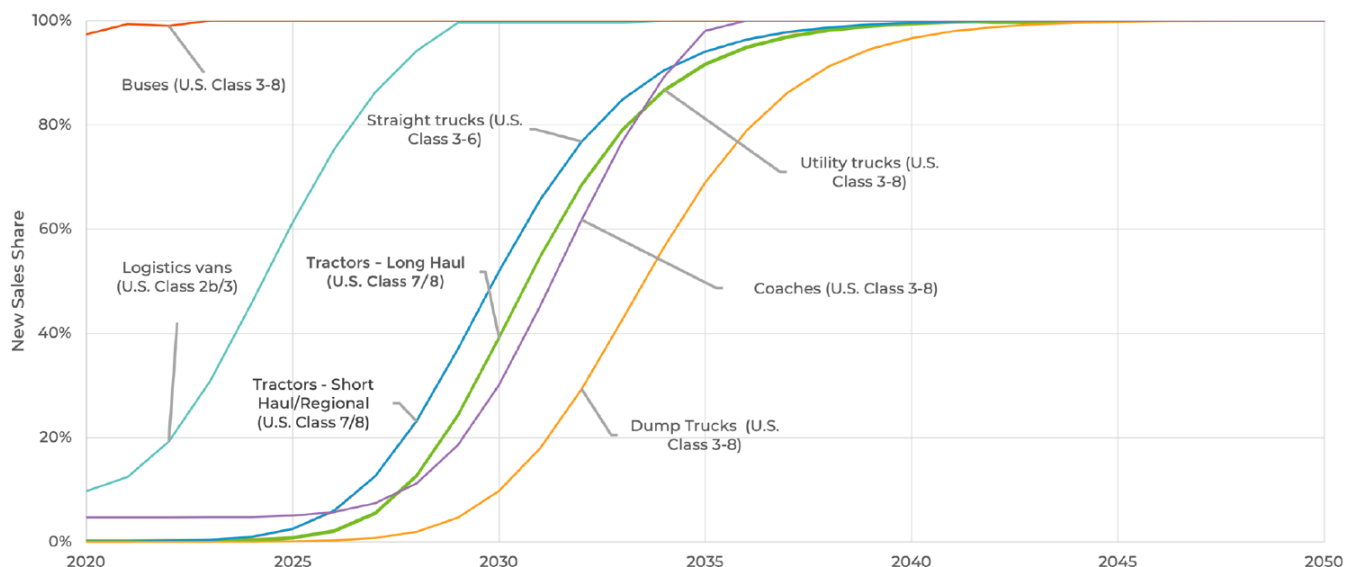
Pays	Incitatifs pour l'achat de VZE moyens et lourds	Incitatifs pour le déploiement d'infrastructures de recharge
Royaume-Uni	— Aide financière couvrant jusqu'à 20 % des fourgonnettes (jusqu'à 20 000 £) — Exemption de taxes annuelles pour les véhicules — Réduction de l'impôt sur les bénéfices — Déduction totale du prix d'achat de l'impôt sur le revenu de la société	— Couverture à hauteur de 75 % des coûts d'acquisition et d'installation
Espagne	— Prime à la conversion comprise entre 4 500 et 7 000 € — Déduction du prix d'achat de l'impôt sur le revenu de la société, à hauteur de 30 %	— Couverture à hauteur de 75 % des coûts d'acquisition et d'installation (jusqu'à 100 000 €)
Italie	— Prime à la conversion comprise entre 4 500 et 7 500 € — Exemption de taxes annuelles sur les véhicules pendant 5 ans, puis réduction de 75 %	— Déduction de 50 % des coûts d'acquisition et d'installation sur les taxes à payer

Plusieurs programmes existent au sein de l'UE pour financer l'investissement dans les infrastructures de recharge (Connecting Europe Facility (CEF); TEN-E Regulation). Ces programmes ne sont pas spécifiquement destinés au financement des infrastructures de recharge pour les VZE moyens et lourds, même si elles font partie de ces programmes.

2.3.5 Chine

À titre indicatif, la Chine a promulgué un mandat de vente ambitieux obligeant les fabricants à vendre 90 % de VZE moyens et lourds d'ici 2035, dont 100 % pour certaines classes spécifiques (2B et 3). En outre, la Chine va imposer aux fabricants de vendre 100 % de bus électriques d'ici la fin de l'année 2024 et 100 % de fourgonnettes électriques d'ici 2030 (voir figure ci-dessous).

Figure 2-2 Cible du mandat de vente de VZE promulgué par la Chine [82]



Cependant, il faut être prudent dans la comparaison avec la Chine pour les raisons suivantes :

- Le gouvernement chinois exerce un pouvoir de pression et d'influence très important sur les manufacturiers et les opérateurs
- Forte disponibilité de modèles de VE et de la technologie de VE sur le marché chinois
- Programmes de subventions qui financent une très grande partie des investissements
- Utilisation différente des véhicules (cycles de travail plus légers, opérations urbaines moins complexes, plus de véhicules pour moins de kilomètres parcourus)

2.4 Développement et implantation des réglementations

Cette section vise à présenter les grandes lignes des processus de réflexion et des processus législatifs/ administratifs ayant mené au déploiement des normes VZE pour les véhicules moyens et lourds, ainsi que le niveau d'implication des parties prenantes dans le processus de décision. L'objectif de cette section est également d'exposer les limites identifiées des normes VZE pour les véhicules moyens et lourds à déployer, la réaction des parties prenantes face au déploiement, ainsi que les potentiels obstacles pour leur mise en place.

2.4.1 Californie

En ce qui concerne l'ACT (mise en place d'un objectif de vente et d'un système de déclaration des informations concernant les opérations des parcs), la réflexion a débuté le 1^{er} novembre 2016. Après 15 ateliers de discussion et de présentations publiques, la norme a été entérinée par le CARB en mars 2021.

Le processus s'est fait en plusieurs étapes :

- Discussions s'étendant sur plusieurs années entre toutes les parties prenantes de l'industrie (communautés, opérateurs, manufacturiers, associations, fournisseurs d'électricité, etc.)
- Réalisation de plusieurs analyses coûts-bénéfice (retombées économiques, impacts sur la santé, etc.)

- Processus formel d'élaboration de la réglementation avec les règlements et les ressources administratives
- Présentation au conseil d'administration du CARB

La nécessité et les avantages de la transition vers les VZE moyens et lourds ont été présentés aux parties prenantes grâce à des programmes pilotes et des ateliers publics. Ces initiatives ont permis de justifier le besoin de mettre en place l'ACT, de sensibiliser les parties prenantes à la nécessité de la transition vers les VZE moyens et lourds et de faciliter les négociations avec celles-ci.

La participation du public a été encouragée tout au long de l'élaboration de la réglementation, notamment par le biais de recueils de témoignages d'entreprises et du public. De plus, le CARB a organisé de nombreux ateliers de réflexion publique et des conférences afin de favoriser la participation des entreprises et du grand public en général.

L'ACF, quant à lui, est le résultat de trois années de réflexion, qui ont débuté le 12 février 2020 et qui ont été approuvées par le CARB en avril 2023. Ce processus a été enrichi par de nombreuses analyses d'impact, de faisabilité financière et de coûts-bénéfice en collaboration avec les parties prenantes concernées.

Pour mener sa réflexion, le CARB s'est appuyé sur l'objectif de carboneutralité de la Californie d'ici 2050. Il a ensuite identifié les principales sources d'émission de GES. Sur la base du poids de l'industrie du transport moyen et lourd dans les émissions de GES, le CARB a commencé à travailler sur une réglementation imposant des objectifs de vente de véhicules zéro émission chez les fabricants. Leur adoption se fait progressivement par l'adoption de paliers à des échéances intermédiaires. Après avoir défini les modalités des objectifs de vente, le CARB s'est penché sur les incitatifs qui soutiennent les acteurs de l'industrie dans l'atteinte de ces objectifs.

Les réactions face aux annonces de l'État de Californie ont été mitigées chez les parties prenantes directement touchées par les mesures de l'ACT et de l'ACF [83]. D'un côté, les associations de protection de l'environnement estiment que ces mesures sont nécessaires et adéquates. D'un autre côté, des acteurs comme les associations de camionnage les jugent irréalisables et difficiles à respecter, entre autres en raison des délais de mise en œuvre trop serrés, du manque de maturité des technologies et de l'impact trop grand que ces réglementations auront (par exemple : augmentation du prix des véhicules, réduction des volumes de marchandises transportées).

Plusieurs chercheurs et analystes ont formulé des critiques majeures à l'égard de l'ACF :

- Le plan de décarbonation de la Californie serait trop axé sur les grands parcs de véhicules moyens et lourds et pas assez sur les petits, qui représentent une grande part du parc automobile total. Les parcs comptant moins de 50 véhicules ne sont pas visés par les réglementations de l'ACF [84]
- Le plan sera trop cher pour les municipalités qui devront assurer la transition de leurs parcs avant les opérateurs privés. Elle demande de l'aide financière supplémentaire ainsi qu'un délai supplémentaire de quatre ans (2039 au lieu de 2035) afin d'assurer une transition complète [85]
- Les programmes de subventions pour le déploiement d'infrastructures concernent surtout l'installation de bornes de recharge pour VZE à batterie électrique. Peu de subventions sont offertes pour soutenir le déploiement de stations de recharge pour les VZE fonctionnant avec une pile à combustible à hydrogène

Plusieurs actions en justice sont en cours et pourraient retarder, voire modifier le déploiement de l'ACF. Deux procès ont lieu pour des raisons procédurales, ce qui a seulement entraîné un retard dans la mise en place officielle de l'ACF. Un troisième procès pourrait avoir des conséquences plus importantes sur le déploiement de l'ACF pour les municipalités et les autres entités locales [86].

2.4.2 Colombie-Britannique

Le gouvernement de la Colombie-Britannique souhaite présenter une première proposition de mandat de vente au Parlement d'ici l'été 2024.

Après avoir approuvé l'orientation générale avec le nouveau gouvernement en place après les élections provinciales qui auront lieu à l'automne 2024, le groupe responsable du déploiement des normes VZE vise à promulguer une législation en 2025 pour une mise en œuvre du mandat de vente en 2026 ou en 2027.

À la suite de la consultation de l'été 2023 sur une potentielle norme VZE pour les véhicules moyens et lourds par le gouvernement, l'Association du camionnage de Colombie-Britannique a critiqué les mesures proposées [87], les jugeant difficiles à mettre en place dans le contexte actuel. Les principales critiques et freins évoqués par l'Association sont les suivants :

- Le manque d'options de VZE pour les transports spécialisés (ex. : transport de produits réfrigérés)
- Le manque d'infrastructures de recharge nécessaires pour opérer
- Le manque de subventions pour les propriétaires de petits parcs, qui n'auront pas les moyens de financer la transition
- Le manque de maturité technologique des véhicules à batterie électriques, qui ne peuvent parcourir plus de 400 km
- Les modèles de VZE actuels sont développés pour respecter les limites de poids en vigueur aux États-Unis qui sont inférieures à celles du Canada. Cela obligerait les opérateurs à posséder davantage de camions électriques que de camions au diesel pour transporter la même quantité de marchandises.

En outre, les fabricants et les opérateurs ont encouragé le gouvernement à privilégier davantage l'acquisition de véhicules à faibles émissions de GES plutôt que les VZE exclusivement afin d'effectuer une transition plus progressive.

Certains opérateurs pourraient vouloir contourner la loi en achetant des véhicules dans d'autres provinces. Cela pourrait être évité grâce à la promulgation d'un mandat de vente national par le gouvernement fédéral.

2.4.3 Europe

Comme en Californie et en Colombie-Britannique, les réactions des parties prenantes à la promulgation de la norme européenne sur les émissions de CO₂ des véhicules moyens et lourds sont mitigées.

Selon l'Association des constructeurs européens d'automobiles (ACEA) [88], la mise en œuvre dans le délai prévu serait très difficile. Les fabricants insistent sur le fait que les objectifs de réduction de CO₂ doivent être soutenus par des infrastructures de recharge et de remplissage d'hydrogène, des schémas de tarification carbone complets et des mesures de soutien significatives afin que les exploitants du secteur du transport investissent rapidement. Cependant, la mobilisation des constructeurs automobiles et des acteurs de la recharge a déjà débuté [89].

Selon l'ACEA, pour atteindre les objectifs fixés pour 2030, plus de 400 000 véhicules électriques à batterie et à hydrogène devront être mis en service sur la route, et au moins un tiers de toutes les nouvelles immatriculations devraient être des modèles à zéro émission. L'ACEA estime qu'il faudra au moins 50 000 stations de recharge électrique et de 700 stations d'hydrogène en Europe pour atteindre les objectifs de réduction des émissions.

2.5 Exercices de modélisation pour les normes VZE

Cette section vise à présenter les impacts et les avantages attendus à la suite du déploiement des normes VZE pour les véhicules moyens et lourds, ou d'une autre politique, dans chaque juridiction analysée. Cette section a également pour objectif de présenter brièvement le processus de modélisation appliqué par les gouvernements pour évaluer les impacts de ces normes et politiques.

2.5.1 Californie

Le CARB s'attend à obtenir des résultats majeurs au terme du déploiement de son plan de décarbonation du transport lourd. Une analyse coûts-avantages (voir Tableau 2-10 ci-dessous) a été effectuée pour évaluer l'impact du programme (économies de carburant, réduction des émissions, amélioration de la santé, décès évités, etc.).

Tableau 2-10 Bénéfices estimés entre 2020 et 2040 par CARB à la suite du déploiement de l'ACT [90]

Catégorie	Métrique	Valeur
Réduction des émissions en 2040	NO _x	27,9 tonnes/jour
	PM _{2,5}	0,85 tonne/jour
	GES	2,9 tonnes/jour
Bénéfices sur la santé 2020-2040	Morts prématurées évitées	943
	Valeur de tous les accidents de santé évités	8,9 G\$ US
Retombées pour le climat 2020-2040	Réduction de GES	173 millions de tonnes métriques
	Coût-bénéfice social pour le CO ₂ (taux d'actualisation de 3%)	1,2 G\$ US
Retombées économiques globales pour l'état de Californie	Coût-bénéfice direct net	5,9 G\$ US
	Augmentation du PIB de l'État	0,01% (+)
	Nombre d'emplois créés	7 442 emplois
Autres retombées (2020-2040)	Coûts totaux ³	21,3 G\$ US

³ Exemples des catégories de coûts : incitatifs à déployer, investissement dans les infrastructures de recharge, transition des flottes publiques, formation et éducation (programmes de formation pour mécaniciens)

Catégorie	Métrique	Valeur
	Bénéfices totaux ⁴	32,5 G\$ US
	Bénéfices nets	11,2 G\$ US
	Ratio coût-bénéfices	1,5

De plus, les bénéfices estimés à la suite du déploiement de l'ACF en particulier sont les suivants [59] :

- Circulation de 1 690 000 VZE lourds d'ici 2050
- Réduction de près de 25 millions de tonnes de CO₂ entre 2024 et 2041
- Économies de 26,5 G\$ US pour la santé à l'échelle de l'État grâce à l'amélioration de la qualité de l'air
- Économie de 48 G\$ US pour les opérateurs de parcs de véhicules moyens et lourds (notamment en carburant et en entretien)

2.5.2 Colombie-Britannique

Dans le cadre de la rédaction du document de consultation, le gouvernement n'a pas procédé à un exercice de modélisation.

Une tierce partie modélise actuellement les ventes de VZE et la réduction des émissions de GES en appliquant un scénario basé sur la situation actuelle. Ces prévisions serviront de référence pour des scénarios plus ambitieux qui seront développés au fur et à mesure que le groupe responsable du déploiement des normes VZE avancera dans l'élaboration de la réglementation.

2.5.3 Europe

Le coût total de possession pour les utilisateurs d'un véhicule moyen ou lourd neuf devrait considérablement baisser par rapport à celui de l'année 2023, ce qui permettrait de réaliser des économies d'environ 9 000 € pour un véhicule acheté en 2030 et d'environ 41 000 € pour un véhicule acheté en 2040.

Peu d'informations ont circulé sur les retombées économiques pour les transporteurs à la suite de l'adoption de la nouvelle norme européenne sur les émissions de CO₂ des véhicules lourds en novembre 2023. Il est encore trop tôt pour en évaluer l'impact sur les émissions de GES.

⁴ Exemples des catégories de bénéfices : Réduction des dépenses en santé et des revenus provenant des impôts et des taxes, augmentation de demandes de biens et services liés à l'achat de VZE

2.6 Leçons apprises et recommandations

Cette section vise à présenter les leçons tirées de la revue de littérature en ce qui a trait au déploiement de normes VZE pour les véhicules moyens et lourds. Cette liste a été établie en tenant compte des spécificités de l'industrie du transport routier au Québec et a pour principal objectif de présenter les meilleures pratiques pour le déploiement de normes VZE pour les véhicules moyens et lourds.

2.6.1 Recommandations pour la mise en place de réglementations de décarbonation du transport moyen et lourd fédérales

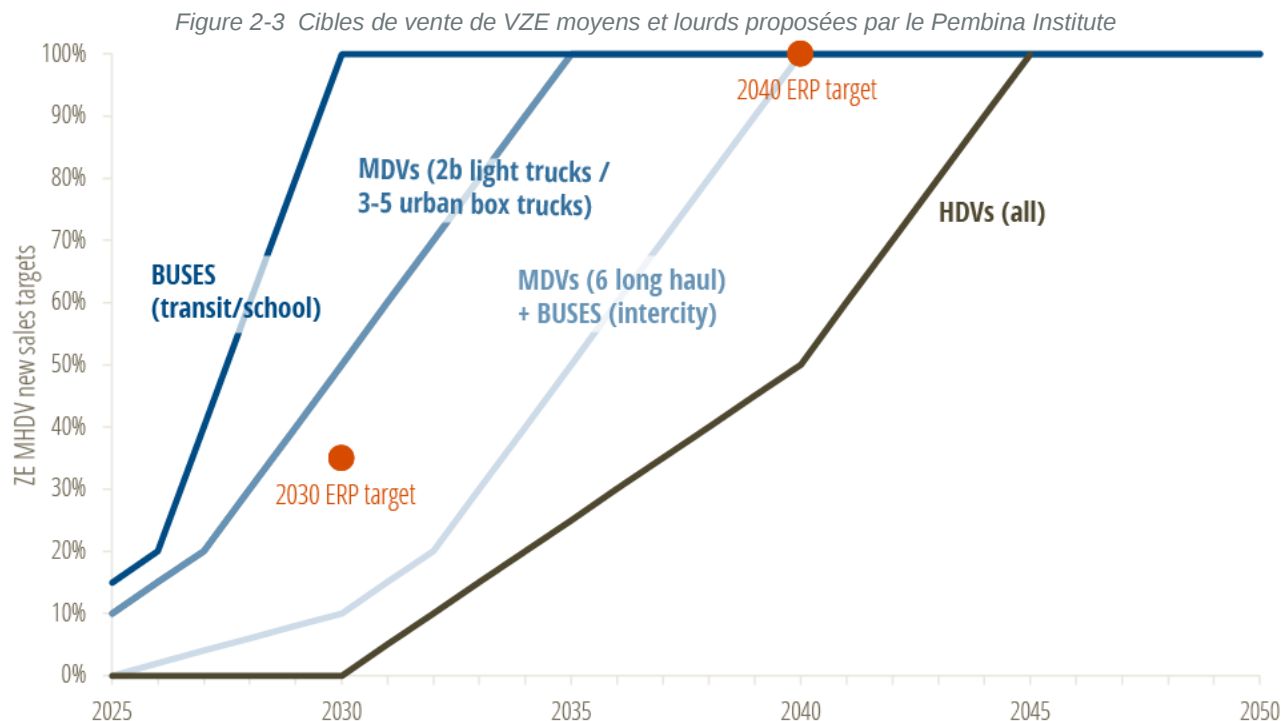
Bien que le gouvernement fédéral canadien n'ait pas encore établi de normes VZE pour les véhicules moyens et lourds, plusieurs rapports ont émis des recommandations concrètes pour orienter cette démarche. Dans ses recommandations pour le budget fédéral, l'association Mobilité électrique Canada a clairement défini ses priorités. En tête de liste, elle insiste sur la nécessité de réduire le coût total de possession des véhicules électriques moyens et lourds, en proposant des incitatifs financiers. De plus, elle souligne l'importance de garantir la disponibilité de ces véhicules sur le marché en préconisant l'établissement d'une norme VZE [91].

Dans son étude publiée en novembre 2023, le Pembina Institute, un organisme à but non lucratif spécialisé dans l'élaboration de politiques pour soutenir la transition du Canada vers les énergies renouvelables et la décarbonation, formule plusieurs recommandations quant aux réglementations fédérales à mettre en place pour décarboner le transport moyen et lourd au Canada [92]. Ces recommandations sont moins ambitieuses que celles proposées par la Colombie-Britannique ou celles promulguées par la Californie, mais plus audacieuses que celles avancées par l'Union européenne. Ce rapport propose une obligation pour les fabricants de vendre une proportion de VZE correspondant à 100 % pour les autobus d'ici 2030, 50 % d'ici 2030 et 100 % d'ici 2040 pour les véhicules moyens, 10 % d'ici 2032 et 100 % d'ici 2045 pour les véhicules moyens et lourds (voir Figure 2-3). Cette modélisation a été effectuée à l'aide de l'outil gTech.

Dans ce rapport du Pembina Institute, on propose également au gouvernement fédéral de prolonger le soutien du déploiement des autobus urbains et scolaires après 2026, de renforcer les programmes de soutien pour les opérateurs privés afin qu'ils adoptent davantage de VZE moyens et lourds, et d'allouer au moins 1 G\$ au Programme de transport écoénergétique de marchandises, qui servira à la modernisation du parc actuel de camions longue distance.

De plus, il est recommandé de collaborer avec les provinces pour établir le nombre minimal de bornes de recharge à installer dans les parcs de VZE moyens et lourds au niveau fédéral, provincial et municipal pour les classes 2B à 6. Il a été recommandé d'installer des chargeurs sur les autoroutes principales, telles que celle reliant Québec et Toronto, à intervalles d'au moins 60 km pour les classes 7 et 8. Le rapport propose également l'établissement de programmes de financement plutôt que de subventions pour les acteurs privés par l'entremise de la Banque de l'infrastructure du Canada.

D'autres recommandations portant sur la main-d'œuvre, l'innovation et les coûts d'électricité sont également abordées dans le rapport.



2.6.2 Leçons apprises et recommandations tirées de la revue de la littérature

Les principales recommandations tirées de l'examen de la littérature sont présentées ci-dessous, et constituent des recommandations des auteurs de cette étude :

1. **Justice sociale.** Il est important de comprendre le contexte des opérateurs pour évaluer dans quelle mesure la transition pourrait affecter leur rentabilité et leur efficacité opérationnelle, notamment pour les petites entreprises et celles qui desservent les communautés marginalisées. Une étude de faisabilité détaillée est nécessaire pour évaluer les impacts de la norme VZE. Des mesures trop ambitieuses et trop éloignées de la réalité des manufacturiers et des opérateurs de parcs pourraient entraîner des retombées économiques négatives pour l'industrie du transport, et engendrer des coûts pour la population.
2. **Implication des parties prenantes.** L'implication et la consultation des parties prenantes dans le processus de mise en place de normes VZE pour les véhicules moyens et lourds sont importantes pour faciliter les négociations et mesurer la faisabilité des normes à déployer. Compte tenu du savoir des opérateurs de parcs et des manufacturiers en matière de technologie, de dynamique de marché ou encore de main-d'œuvre, leur implication dans le processus de décision est essentielle et permettra de mettre en place des mesures adaptées à leurs besoins. En les sensibilisant à la nécessité de la transition et des normes futures, les gouvernements favorisent la préparation des différentes parties prenantes à leur adoption.
3. **Connaître les profils d'utilisation des véhicules commerciaux.** Plusieurs juridictions interrogées devaient faire face à un manque de données important quant aux profils d'utilisation des véhicules moyens et lourds sur leurs routes. Parfois, on attribuait ce manque de données à la Loi sur la concurrence. Le secteur du camionnage, en particulier, ne partage que très peu de données publiquement. Il est donc recommandé que le Québec mène un exercice d'enquête origine-destination approfondi pour comprendre comment les véhicules moyens et lourds se déplacent sur l'ensemble du territoire.

4. **Conscientisation des parties prenantes.** Les VZE moyens et lourds utilisent une technologie nouvelle qui n'est pas toujours bien comprise par les opérateurs de parcs automobiles. Le partage d'informations clés sur les caractéristiques de ces véhicules et l'éducation des futurs utilisateurs de VZE moyens et lourds sont un atout important pour qu'ils acceptent leur adoption et appréhendent avec plus de sérénité l'évolution de leurs activités durant toute la transition.
5. **Investissement dans les infrastructures de recharge.** Afin de maintenir une répartition équitable des ressources et un contrôle adéquat des infrastructures de recharge, il faut trouver un équilibre entre la proportion d'investissement à assumer par le gouvernement et les entités privées pour le financement d'infrastructures de recharge. Dans les juridictions étudiées, les entités privées encouragent largement le gouvernement à assumer la majorité des investissements dans les infrastructures de recharge afin de réduire le coût de leur transition vers les VZE. La mise en place d'un plan d'investissement public dans les infrastructures de recharge en parallèle du déploiement d'un mandat de vente semble être envisagée par la plupart des gouvernements interrogés.
6. **Achat aligné avec la réalité de l'utilisation des VZE.** Pour maximiser l'investissement dans la transition vers les VZE moyens et lourds, les opérateurs devront s'assurer qu'ils achètent ou louent des modèles de camions correspondant à leur modèle d'affaires et à leurs besoins opérationnels (capacité de charge, distance à parcourir, etc.). Cela permettra d'optimiser l'utilisation des VZE achetés ou loués. Par exemple, un opérateur qui effectue peu de trajets en transportant beaucoup de matériel aurait avantage à acheter ou louer un véhicule lourd ayant une plus grande autonomie et une plus grande capacité de chargement plutôt que plusieurs véhicules moyens.
7. **La difficulté de l'électrification réside dans l'incertitude des opérations.** Les véhicules les plus difficiles à électrifier sont ceux qui ont moins de prédictibilité dans leur utilisation, notamment les véhicules moyens et lourds utilisés à la fois pour des trajets courts et longs. Ces véhicules seront probablement les derniers à être électrifiés.
8. **Déploiement de la main-d'œuvre nécessaire pour assurer la transition.** Afin d'assurer le succès de la transition vers les véhicules zéro émission, le gouvernement peut considérer la mise en place des mesures et des incitatifs pour former la main-d'œuvre à l'utilisation et à l'entretien des VZE moyens et lourds.
9. **Réduction du volume de marchandises transportées.** La transition vers les VZE moyens et lourds entraînera d'abord une réduction de la capacité de transport de marchandises maximale des camions, en raison du décalage entre la capacité de chargement des camions à diesel et celle des camions électriques. Au Québec, la loi autorise un poids maximal par camion qui est plus élevé que dans d'autres juridictions (notamment aux États-Unis). Cet élément doit être pris en compte au moment du déploiement de normes VZE afin de limiter l'impact sur les volumes de marchandises transportées.
10. **Mise en place nécessaire de normes VZE au niveau national.** Il est important que le gouvernement fédéral établisse une norme VZE moyens et lourds à l'échelle nationale, afin d'éviter que les opérateurs ou les fabricants déménagent dans d'autres provinces pour contourner les normes VZE provinciales. Le gouvernement québécois pourrait militer pour l'adoption d'une telle réglementation nationale.
11. **Soutien aux opérateurs de petite taille.** Des incitatifs spécifiques seront nécessaires pour soutenir les opérateurs de parcs de petite taille qui ont des moyens limités pour financer l'achat de VZE moyens et lourds. En outre, le gouvernement québécois doit prêter attention aux situations des chauffeurs incorporés pour éviter que certains grands opérateurs contournent la transition de leur parc vers les VZE en faisant appel à plusieurs prestataires opérant des VZE moyens et lourds à leur

place. De plus, du soutien administratif sera nécessaire pour les petits transporteurs qui n'ont pas toujours les ressources internes pour répondre aux exigences administratives de la norme VZE.

12. **Engagement constant à long terme.** Un engagement ferme du gouvernement à long terme (10 à 15 ans) se traduirait par des programmes de financement et d'aide pour créer une culture de l'électrification des VZE moyens et lourds. Cela encouragerait leur adoption, comme c'est le cas en Norvège. Il sera intéressant développer ces programmes en gardant pour cible que le montant des subventions à l'achat soit garanti chaque année, et ce, même en cas de forte demande.
13. **Limiter la concurrence déloyale en imposant une exigence de déclaration du nombre de VZE dans son parc automobile.** La mise en place d'exigences d'électrification des parcs obligeant les opérateurs à déclarer chaque année la proportion de VZE dans leur parc permettrait de s'assurer qu'il n'y a pas de concurrence déloyale. En effet, cela inciterait tous les acteurs de l'industrie à réaliser la transition de leurs parcs au même moment.
14. **Mise en place d'exigences pour que les transporteurs informent le gouvernement sur les progrès de l'électrification des parcs.** Les transporteurs doivent être en mesure d'informer le gouvernement du nombre de véhicules zéro émission qu'ils ont acheté chaque année. Ce type de données sera intéressante pour mesurer le succès de la réglementation et ses retombées.

2.7 Tableau récapitulatif des normes mises en place et de leurs conséquences

Le tableau ci-dessous présente les éléments clés de chaque norme analysée.

Tableau 2-11 Points saillants et comparatifs des juridictions analysées

Points de différenciation	Québec	Colombie-Britannique	Californie	Norvège ⁵
Nombre de camions [23] [18] [23] [93]	175 402 (2022)	222 555 (2022)	517 633 (2023)	70 670 (2020)
Nombre de camions électriques déployés	22 (2022) [23] 589 (2024)	14 (2022) [23]	2 000 (2022) [94]	1 413 (2020) [95]
PIB [96] [16] [97] [98]	400,9 G\$ CA (2023)	281 G\$ CA (2023)	4 125 G\$ US (2022)	485 G€ (2023)
Nombre d'habitants [96] [17] [97] [99]	8,8 millions (2023)	5,4 millions (2023)	39 millions (2023)	5,5 millions (2023)
Densité de population [100] [101] [102]	5,8 habitants/km ²	4,8 habitants/km ²	97 habitants/km ²	16 habitants/km ²
Nombre d'entreprises exploitant des camions [103] [104] [105] [106]	55 015 (2023) (2015)	26 000 (2024)	135 000 (2023)	34 210 (2024)

⁵ La Norvège a été choisie pour représenter une comparaison plus spécifique que celle de l'Union européenne.

Points de différenciation	Québec	Colombie-Britannique	Californie	Norvège ⁵
Total des routes pavées [107] [108] [109] [110]	325 000 km (2024)	719 000 km (2024)	285 336 km (2021)	190 600 (2023)
Poids maximum par camion (pour remorque sèche; période sans dégel) [111] [112] [113] [114]	2 essieux : 24 948 kg 3 essieux : 30 844 kg Poids total : 36 740 kg	2 essieux : 18 200 kg 3 essieux : 27 300 kg Poids total : 38 000 kg	2 essieux : 15 400 kg 3 essieux : 24 500 kg Poids total : 36 287 kg	2 essieux : 19 500 kg 3 essieux : 26 000 kg Poids total : 46 000 kg
Température moyenne en hiver (source : données météo)	- 8 °C	- 3 °C	10 °C	0 °C
Température moyenne en été (source : données météo)	23 °C	18 °C	25 °C	20 °C
Objectifs de VZE à vendre ou en circulation	100 % de ventes de VZE pour les autobus scolaires. Mandat en développement pour les véhicules moyens et lourds	Mandat en développement	100 % d'achats de VZE moyens et lourds d'ici 2036	100 % de VZE moyens et lourds en circulation d'ici 2030
Exigences majeures d'électrification de parcs	100% de ventes de VZE pour les autobus scolaires. Mandat en développement pour les véhicules moyens et lourds	Mandat en développement	- Obligation pour les fabricants de déclarer chaque année le nombre de VZE vendus et pour les opérateurs de parcs, la proportion de VZE qu'ils possèdent - Obligation pour les véhicules de transport moyens d'être zéro émission d'ici 2035 - Obligation pour certains parcs d'être zéro émission d'ici 2039 ou 2042 - Obligation pour les municipalités	Peu d'informations disponibles

Points de différenciation	Québec	Colombie-Britannique	Californie	Norvège ⁵
			et le gouvernement californien de n'utiliser que des VZE dans leur parc d'ici 2035 - Obligation de n'acheter que des camions porte-conteneurs VZE à partir de 2024	

3. Caractérisation du marché des véhicules moyens et lourds au Québec

3.1 Sources de données

Quatre sources de données ont servi à caractériser l'utilisation des véhicules moyens et lourds au Québec. La première est la plateforme Altitude de Geotab, qui permet d'accéder à des données agrégées sur l'origine et la destination et qui présente les éléments les plus détaillés pour décrire les profils d'utilisation des véhicules des classes 3 à 8. Les autres sources de données (SAAQ, MTMD, Statistique Canada) sont principalement publiques et permettent d'analyser le nombre de véhicules répertoriés sur les routes, le type de déplacement par classe et les données agrégées liées aux activités de camionnage au Québec et au Canada.

3.1.1 Plateforme Altitude Geotab

Geotab, compagnie canadienne, est l'une des plus grandes entreprises de télématique au monde et la première à avoir dépassé le million de véhicules connectés sur une seule plateforme ouverte. Sa plateforme Altitude est une interface interactive de systèmes de transport intelligent (STI) qui permet à ses utilisateurs de comprendre les caractéristiques des déplacements dans une zone spécifique, en fonction des données observées. L'utilisation de ce service nécessite l'achat d'une zone (ville, province, etc.) pour une période donnée, selon les besoins de l'utilisateur. Le module Origine-Destination utilisé dans le cadre de cette étude produit des données agrégées à partir de la collecte d'un échantillon de données télématiques enregistrant le déplacement des véhicules moyens et lourds dans l'ensemble du Québec.

Pour la réalisation de cette étude, le consortium s'est procuré les données couvrant toute la province du Québec sur une période de trois mois (du 1^{er} septembre au 30 novembre 2023), pour toutes les classes de camions selon la classification présentée dans la section 1.3. La plateforme a notamment permis d'effectuer des extractions de données liées aux déplacements des camions, agrégées pour tout le Québec ou par région (zones de recensement de Statistique Canada). Ainsi, les données obtenues de Geotab ne sont pas désagrégées par camion, mais constituent plutôt une moyenne pour l'ensemble du Québec ou par zone de recensement. Les types de données fournies par Geotab sont les suivants :

- Distance en kilomètres
- Durée des voyages en minutes
- Description des voyages par type d'industrie (services d'hébergement et de restauration, construction, finance et assurance, etc.)
- Nombre de voyages par type d'activité (local, longue distance, etc.)

Pour chacun de ces types de données, Geotab indique la moyenne et la médiane. Les facteurs d'expansion des déplacements ne sont pas disponibles pour la zone géographique du Québec et n'ont donc pas été appliqués aux déplacements fournis par Geotab. Ainsi, les données obtenues de Geotab ne sont pas exhaustives. Les nombres de déplacements et de voyages issus de ces analyses sont donc présentés en valeurs relatives (%).

La couche de données de la plateforme Altitude est entièrement gérée par des API (*Application Programming Interface* ou interface de programmation d'application). De ce fait, les mêmes données qui pilotent l'interface utilisateur d'Altitude sont disponibles dans leur forme de base par le biais de requêtes directes avec les API.

Grâce aux API, il est possible d'extraire des données qui ne sont pas disponibles par l'entremise de l'interface Altitude. Par exemple, on peut obtenir les distances parcourues par type de route et la consommation de carburant en L/100 km, et ce, par classe de camion. Ces données API sont obtenues à l'aide de requêtes réalisées, par exemple, dans le langage de programmation interprété Python, en suivant les directives du guide de Geotab [115].

La dernière étude sur les déplacements interurbains de camions au Québec, soit l'Enquête nationale en bordure de route sur le camionnage, date de 2006-2007 et est donc désuète. Il est important d'utiliser des données Geotab pour obtenir une mise à jour [116].

3.1.2 SAAQ

La Société de l'assurance automobile du Québec (SAAQ) détient tous les enregistrements des véhicules immatriculés au Québec, ce qui inclut tous les types de véhicules. Ces enregistrements contiennent des informations sur la région administrative où le véhicule a été immatriculé, le type de carburant utilisé, l'année d'immatriculation, etc. Les bases de données de la SAAQ sont exhaustives et répertorient tous les camions immatriculés dans la province.

Dans le cadre de cette étude, le consortium a reçu du MELCCFP les données du parc de véhicules entre 2012 et 2022, incluant les PNBV. Ces données ont ainsi permis d'obtenir les classes des camions (C3 à C8), conformément à la catégorisation préconisée par le FHA.

Ces données ont servi à brosser le portrait du parc de camions au Québec entre 2012 et 2022.

3.1.3 MTMD

Les données de comptage permanent disponibles à certains endroits du réseau routier ont également servi à la caractérisation du marché à l'échelle provinciale. Le Ministère dispose de plusieurs sites de comptage permanents dans les sections des infrastructures routières sous sa juridiction (autoroutes, routes nationales, routes régionales, etc.). Les équipements de comptage recensent tous les véhicules, toutes catégories confondues, par tranche de 15 minutes ou par heure, par jour de semaine et par mois, sur une journée complète, et ce, du 1^{er} janvier au 31 décembre de l'année. Une exploitation des fichiers issus de tous les sites de comptage en 2022, qui sont positionnés sur le réseau routier sous la juridiction du Ministère, a permis d'agrégier les données issues des différents sites en une seule table de données.

Plus spécifiquement, dans le cas des camions faisant l'objet de la présente étude, le Ministère utilise deux types de classes : porteur et articulé. Ainsi, les véhicules moyens ne sont pas considérés dans cette analyse de données.

Étant donné que ces volumes de camions ne constituent qu'un échantillonnage de l'ensemble des véhicules lourds circulant sur le réseau routier québécois, la présentation des analyses y afférentes se fait en valeur relative (%).

Une autre source de données utilisée dans la modélisation est l'étude « Évaluation de la durée de vie des véhicules lourds » [117], un document interne au Ministère, afin d'extraire des informations quant à la durée de vie et aux distances annuelles parcourues par les camions. Ces données sont extraites et traitées à partir du programme Écocamionnage.

3.1.4 Statistique Canada

Les données disponibles sur le site Web de Statistique Canada ont été consultées pour en extraire des informations pertinentes pour le projet. Les recherches ont permis d'identifier des historiques de données agrégées liées aux activités de camionnage entre 2011 et 2017, à l'intérieur de la province de Québec et depuis cette dernière vers tout le Canada. Les éléments pertinents identifiés sont les suivants :

- Le type de produit transporté
- Les distances parcourues en kilomètres
- Le nombre d'expéditions – une expédition est une quantité de marchandises qui est transportée par camion à partir d'un point d'origine vers une destination
- Les revenus et les tonnes-kilomètres de marchandises transportées

Ces données constituent un échantillonnage des activités de camionnage. L'échantillon total est d'environ 234 500 camions, entre 2011 et 2017.

3.2 Méthodologie de traitement des données

La méthodologie de traitement des données a surtout consisté à regrouper les informations pertinentes et à en tirer les conclusions nécessaires, par le biais de requêtes API ou de tableaux pivots Excel. Il est important de noter que chaque base de données présente ses propres limites et constitue un échantillon qu'il n'est pas possible d'étendre pour le moment. Par conséquent, les indicateurs sont principalement présentés sous la forme de moyennes et de pourcentages. Les données actuelles ne permettent pas d'obtenir la distribution des comportements opérationnels au sein d'une même classe.

3.2.1 Types d'analyses par source de données

Pour les données de véhicules issues de Geotab, la classification est la même que celle décrite dans la section 1.3. Pour une journée de déplacement, un véhicule peut effectuer plusieurs segments de voyages, caractérisés dans la base de données Geotab, par exemple pour effectuer plusieurs livraisons. Il faut donc faire la distinction entre les voyages qui constituent l'ensemble des déplacements d'un camion dans une journée, et les segments de voyages, qui sont séparés par des arrêts.

Pour chaque classe, les analyses suivantes sont présentées :

- Proportion (%) de voyages par type d'activité (local, longue distance, etc.)
- Proportion (%) de voyages par industrie
- Distances parcourues (km) par jour par type de route
- Indicateurs moyens par classe, soit les temps de marche au ralenti par jour (minutes), les distances parcourues par segment de voyage (km), la durée des voyages (h), la durée entre les segments de voyages (h), le temps d'arrêt à destination (h), la vitesse des voyages (km/h), le nombre de segments par voyage
- Consommation de carburant (L/100 km)
- Pourcentage de kilomètres effectués sur différentes routes (artères, autoroutes, routes nationales, etc.)

Pour les données de la SAAQ entre les années 2012 et 2022 où celles-ci sont disponibles, les informations suivantes sont présentées :

- Évolution du parc de camions par classe
- Évolution du type de carburant utilisé par les camions
- Proportions (%) de classes de camion
- Nombre d'enregistrements par région administrative

Pour les données de comptage du MTMD, seuls deux types de véhicules sont disponibles : articulé et porteur. Ainsi, pour ces deux catégories confondues, les informations suivantes sont présentées :

- Carte des débits de camions circulant sur les routes sous la juridiction du MTMD
- Proportion de camions selon le jour de la semaine (lundi au dimanche)
- Proportion de camions selon le mois de l'année (janvier à décembre)

Quant aux données de Statistique Canada, disponibles entre 2011 et 2017, on présente les informations suivantes :

- Distances totales parcourues (km)
- Nombre agrégé des expéditions, poids des expéditions et valeur agrégée
- Poids des expéditions et leurs valeurs agrégées (\$)
- Tonnes-kilomètres (t-km) parcourues par les camions

3.2.2 Limitations à considérer

Les données Geotab ne sont pas pondérées par les facteurs d'expansion qui permettraient de représenter l'ensemble de la population des camions. Elles constituent donc un échantillon dont il faut interpréter les résultats avec prudence, en fonction du nombre de données disponibles par zone. Les données fournies ne sont pas granulaires ; elles constituent ainsi une moyenne pour tout le Québec ou par zone de recensement. Par conséquent, les analyses qui en résultent se font autour de ces valeurs moyennes. Ainsi, il est difficile d'obtenir une distribution des comportements des véhicules au sein d'une même classe. Par exemple, il n'est pas possible d'indiquer le pourcentage des véhicules de classe 8 qui effectuent moins de 250 km par jour.

Geotab a partagé des données agrégées présentant les distances moyennes parcourues pour les voyages en dehors du Québec et depuis l'extérieur du Québec vers l'intérieur du Québec qui ne représentaient que 8 % du nombre total de voyage enregistrés par Geotab entre septembre et novembre 2023. Cependant, selon l'Enquête nationale en bordure de route sur le camionnage, les voyages interprovinciaux et internationaux représentaient en 2007 26,4 % des déplacements de camions. En 2012, les échanges interprovinciaux et internationaux représentaient près de 30 % du tonnage de marchandises transportées [1]. Ainsi, il est important de noter que les données présentées dans ce rapport ne sont qu'un échantillon.

Une autre limitation concerne l'incapacité des données Geotab à suivre la trajectoire complète d'un camion sur plusieurs mois. Il est probable que de nombreux camions alternent entre des trajets de courte distance (en moyenne 129 km pour les déplacements interprovinciaux, comme détaillé ci-dessous) et des trajets plus longs à l'intérieur d'une même province (plus de 500 km en moyenne). Cela impacte les choix technologiques pour la transition des parcs de véhicules.

Les données du MTMD proviennent des compteurs permanents installés sur certaines sections des routes relevant de la responsabilité du Ministère. Ainsi, ces comptages ne sont pas exhaustifs et ne constituent qu'un échantillon de l'ensemble des camions circulant au Québec.

Les données de Statistique Canada constituent également un échantillon des activités de camionnage au Québec. Il faut donc les interpréter avec prudence.

Quant aux données sur la consommation de carburant (L/100 km) fournies par Geotab, elles doivent également être interprétées avec prudence. Elles sont en fait calculées par un algorithme prédictif appliqué à l'ensemble des données téléométriques recueillies en Amérique du Nord, ce qui peut entraîner des biais. Il est donc possible que la consommation de carburant estimée pour une classe de véhicules plus lourds corresponde à celle d'une classe de véhicules moins lourds.

L'objectif de cette caractérisation est de mettre en évidence le profil moyen d'utilisation de chaque classe de véhicules afin de comprendre les contraintes opérationnelles de ces véhicules si on les électrifieait. Cette étude n'a pas pour objectif de remplacer une enquête dédiée « Origine-Destination » comme celle réalisée par le Ministère en 2007 ni de se substituer à une collecte de données approfondie. Cependant, elle permet de compléter les bases de données existantes avec une nouvelle source d'information agrégée basée sur des données réelles de télémétrie.

3.3 Résultats de la caractérisation du marché

Cette section présente les résultats de l'analyse de la caractérisation du marché concernant le parc de véhicules moyens et lourds, qui ne cesse d'augmenter chaque année. La quasi-totalité de ces véhicules utilise actuellement des carburants fossiles pour leur fonctionnement. Le déplacement des camions se concentre principalement sur les axes autoroutiers, surtout en semaine et au printemps et en été. De plus, les véhicules parcourent plus de quatre fois la distance pour distribuer des biens depuis la province vers l'extérieur.

Le profil d'utilisation de chaque classe de véhicules peut se résumer ainsi :

Classe 3, 4 et 5 : Ces véhicules parcourent une distance de 78 km par jour à une vitesse moyenne de 47 km/h et font entre quatre et cinq arrêts par jour. Ils sont en moyenne à l'arrêt à destination pendant 17 heures par jour.

Classe 6 et 7 : Ces véhicules parcourent 80,5 km par jour à une vitesse moyenne de 44 km/h et font jusqu'à quatre arrêts par jour. Ils sont à l'arrêt en moyenne 1,55 heures par jour à destination.

Classe 8 : Ces véhicules parcourent en moyenne 129 km par jour à une vitesse moyenne de 57 km/h et font entre trois et quatre arrêts par jour. Ils restent en moyenne 14,5 heures par jour à destination pour les voyages intraprovinciaux. Pour les voyages internationaux et interprovinciaux la distance moyenne est de 584 km avec un temps moyen d'arrêt à destination de 16,3 heures par jour.

3.3.1 Données de la SAAQ

3.3.1.1 Évolution du parc de camions entre 2012 et 2022

La Figure 3-1 montre l'évolution du parc de camions entre 2012 et 2022, en fonction des classes de véhicules (de 3 à 8). La Figure 3-2 illustre le pourcentage (%) de camions immatriculés en pour l'année 2022 seulement (année la plus récente), la répartition du parc demeurant pratiquement inchangée entre 2012 et 2022.

On constate que, entre 2012 et 2022, les camions de classe 8 représentaient les deux tiers du parc de camions enregistrés à la SAAQ. En effet, le volume de cette classe de camions était d'environ 77 000 unités en 2012 (64 % du parc de camions) et a augmenté progressivement chaque année pour atteindre 95 300 camions en 2022 (66 %). À l'exception des camions de classe 8, ce sont ceux de classe 3 qui sont les plus nombreux en termes d'immatriculations auprès de la SAAQ. Leur volume était de 13 800 en 2012 (12 % du parc), puis de 16 500 en 2022 (11,5 % du parc de camions).

On remarque qu'à partir de 2014, il y a eu une inversion de la tendance d'immatriculation entre les camions de classes 6 et 7. Ceux de classe 7 ont diminué jusqu'en 2022 pour devenir la classe la moins enregistrée à la SAAQ, avec environ 5 150 unités, tandis que ceux de classe 6 ont augmenté pour atteindre environ 7 300 unités en 2022.

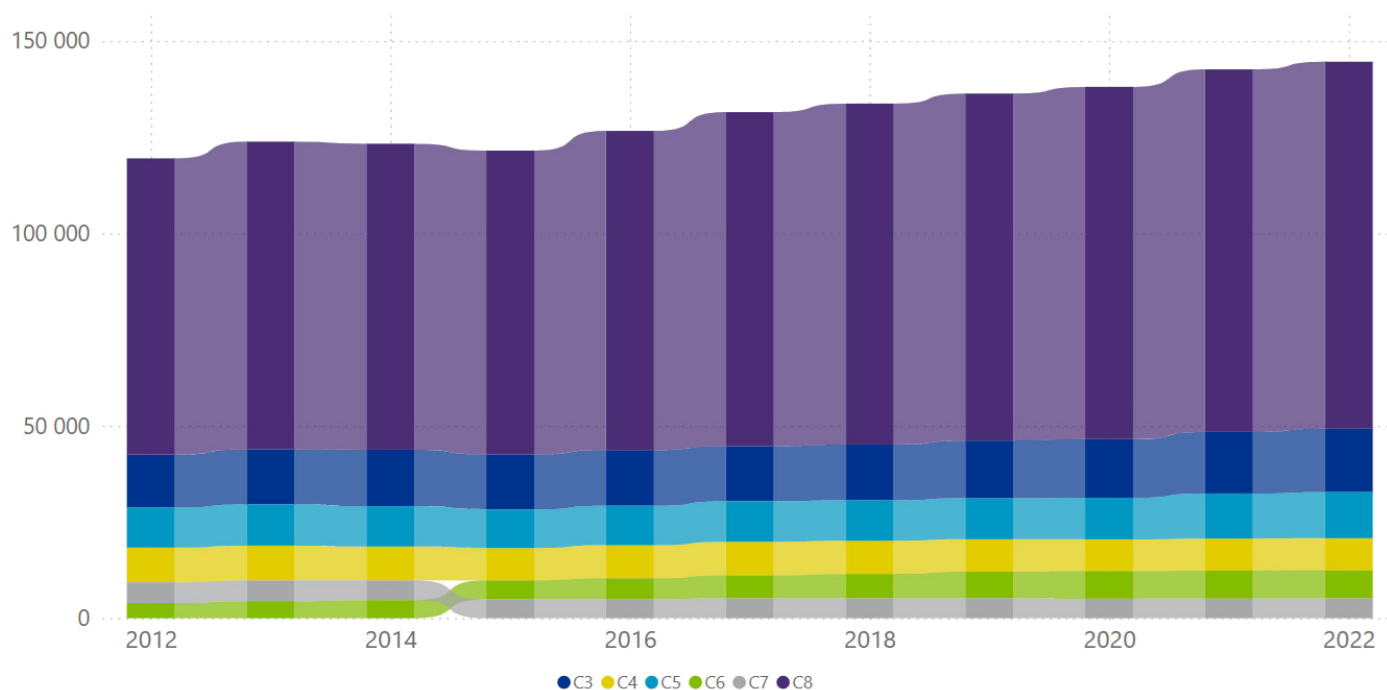


Figure 3-1 Évolution du parc de véhicules moyens et lourds enregistrés à la SAAQ, entre 2012 et 2022

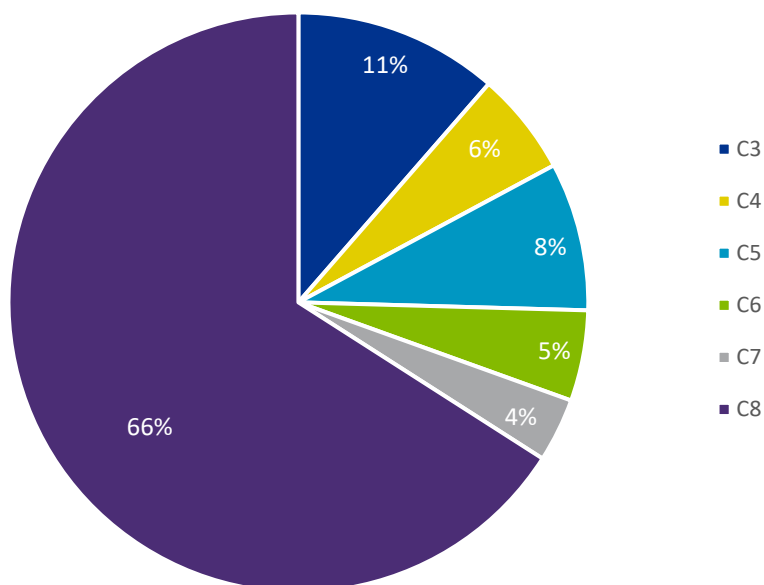


Figure 3-2 Répartition par classe du parc de camions immatriculés à la SAAQ, 2022

3.3.1.2 Type de propulsion utilisé par classe de camions

Plus spécifiquement, entre 2012 et 2022, seulement 120 camions enregistrés auprès de la SAAQ étaient électriques. En fait, on comptait deux camions en 2012, puis leur nombre a augmenté progressivement pour atteindre 120 camions en 2022. Au 31 mars 2024, 589 camions immatriculés au Québec étaient électriques, ce qui correspond à une augmentation de 234 VZE lourds par rapport au 31 décembre 2023. Il est ainsi possible de conclure que la transition énergétique n'en est qu'à ses débuts, selon le portrait dressé dans cette étude.

Le Tableau 3-1 pour l'année 2022 montre que le diesel est le carburant le plus utilisé par les véhicules moyens et lourds, sauf pour la classe C4 où l'utilisation de l'essence est équivalente à celle du diesel. Plus le camion est lourd (à partir de C5), plus l'utilisation du diesel augmente, atteignant 99 % pour la classe 8. À part le diesel, c'est l'essence qui est le carburant le plus utilisé par ces véhicules. En ce qui concerne les VZE, deux camions électriques ont été immatriculés par la SAAQ en 2012, puis à 120 en 2022, et à 589 au 31 mars 2024.

Tableau 3-1 Type de propulsion utilisé par classe de camions⁶

Carburant	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Diesel	56 %	47 %	81 %	95 %	96 %	99 %
Électricité	0 %	0 %	0 %	1 %	0 %	0 %
Essence	43 %	48 %	17 %	4 %	3 %	1 %
Gaz naturel	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %

3.3.2 Données du MTMD

3.3.2.1 Carte des débits de camions (sur 24 h) – Réseau routier du Québec

La Figure 3-3 montre les volumes de camions circulant sur le réseau autoroutier du Québec en 2022, selon les données recueillies par les compteurs permanents du MTMD installés à certains endroits du réseau routier. La carte a été complétée à l'aide d'un script pour avoir ainsi les débits à tous les tronçons du réseau routier sous la juridiction du MTMD.

⁶ À noter que les autres types de véhicules comme les hybrides ou ceux au propane sont exclus de ce tableau, car ils sont très peu ou pas du tout utilisés.

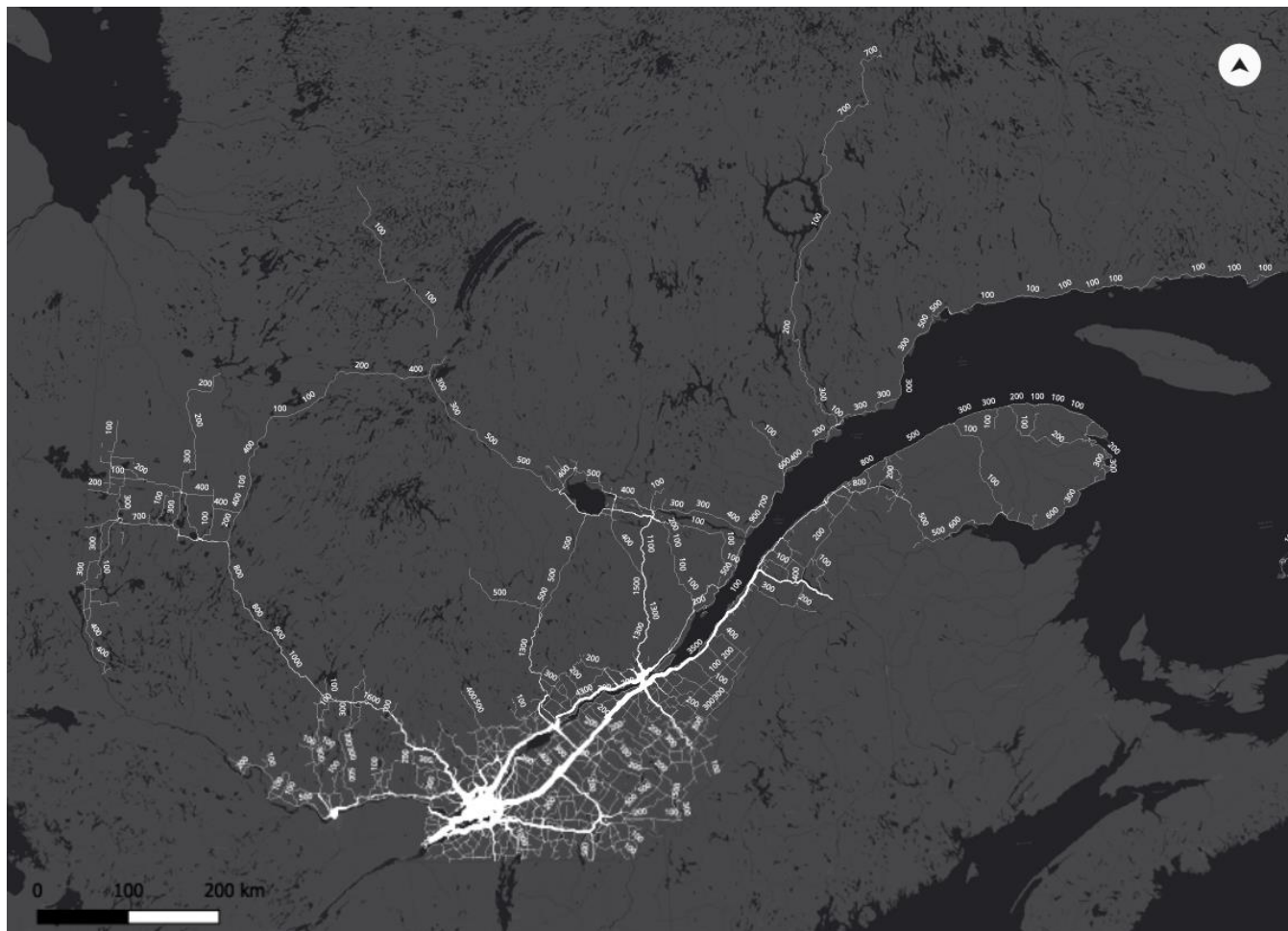


Figure 3-3 Volumes de camion sur le réseau routier du MTMD

Cette figure montre que la circulation des camions est principalement concentrée dans les régions de Montréal et de la Montérégie. On identifie également deux importants corridors entre Montréal et Québec : celui de l'A-40 et celui de l'A-20, situés respectivement au nord et au sud du fleuve Saint-Laurent.

3.3.2.2 Répartition du volume de camions par mois et par jour de la semaine

La Figure 3-4 présente les proportions de camions recensés à l'aide des compteurs permanents sur le réseau routier sous la juridiction du MTMD, et ce, selon la journée de la semaine. La Figure 3-5 présente les proportions de camions en circulation en fonction du mois de l'année.

Selon les données recueillies, les routes sont plus sollicitées durant la semaine (du lundi au vendredi) que durant le week-end. Le jeudi est la journée de semaine où il y a le plus de camions sur le réseau routier (18,1%).

D'une manière générale, c'est la période de mai à septembre où on observe le plus grand nombre de camions en transit sur le réseau routier du Québec, avec un maximum observé pour le mois de juin (9,9 %). En période hivernale (de novembre à mars), le réseau routier est moins sollicité par les camions.

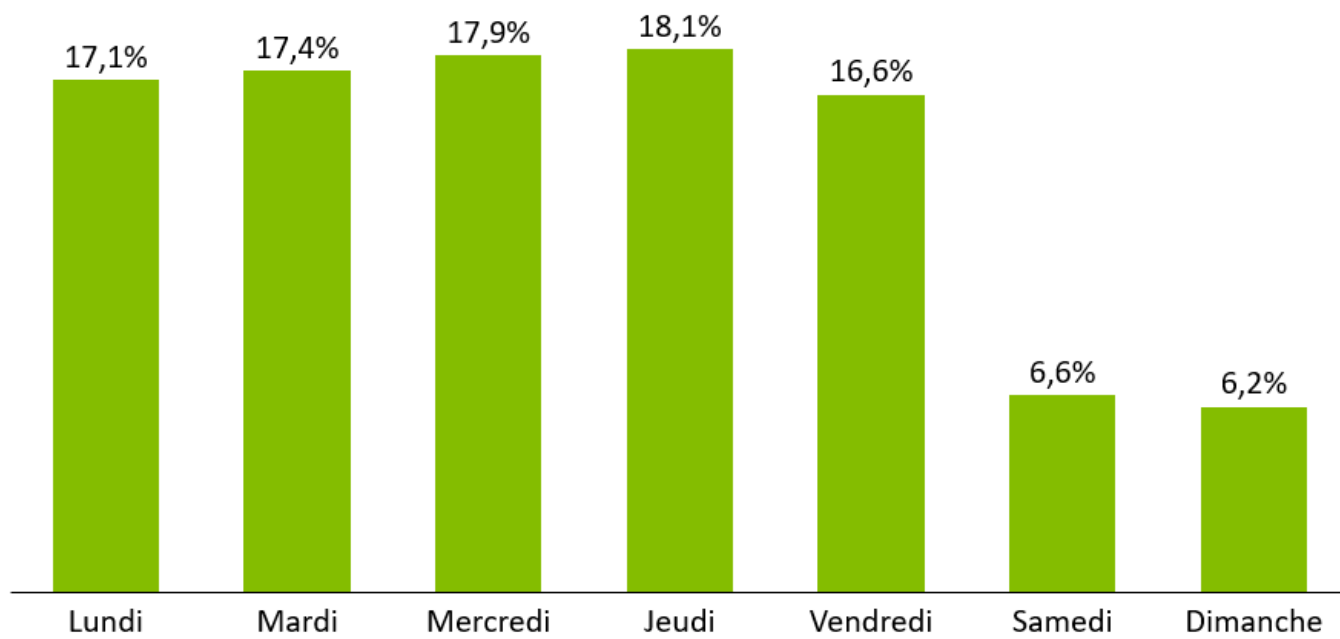


Figure 3-4 Proportion de débits de camions en circulation selon le jour de la semaine, exprimée en pourcentage

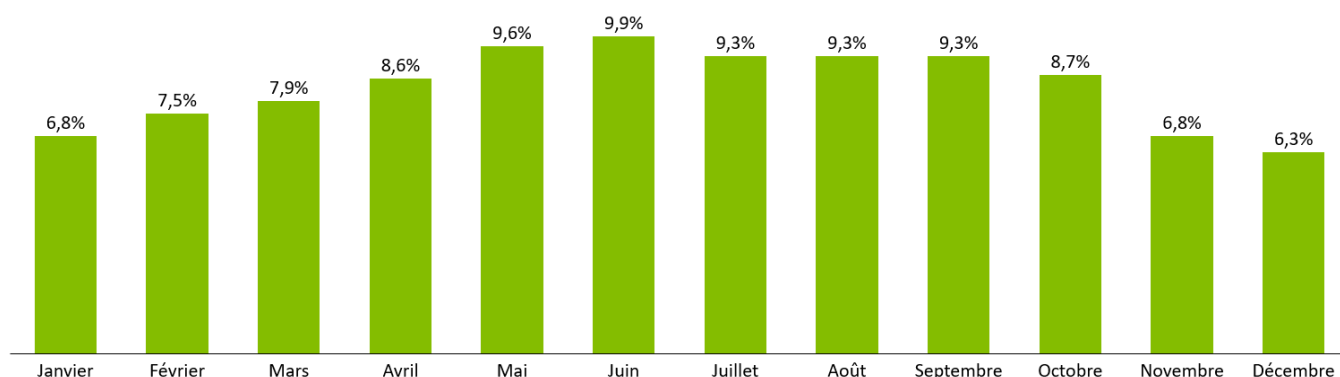


Figure 3-5 Proportion de débits de camions en circulation selon le mois de l'année, exprimée en pourcentage

3.3.3 Données de Statistique Canada

Les tableaux ci-dessous présentent respectivement les flux de marchandises transportées par les camions à l'intérieur du Québec et depuis le Québec vers tout le Canada, et ce, entre 2011 et 2017.

Il faut noter que, en raison de la taille de l'échantillon, Statistique Canada doit utiliser une méthodologie comprenant un plan d'échantillonnage à quatre degrés pour saisir la population de manière adéquate. Ainsi, il faut interpréter les données ci-dessous avec prudence. Les tonnes-kilomètres transportées correspondent au poids de chaque expédition multiplié par la distance sur laquelle elle a été transportée, puis additionnée. Le poids en kilogrammes pourrait ne pas correspondre à celui exprimé en tonnes-kilomètres, en raison de la méthode d'échantillonnage.

Tableau 3-2 Flux de marchandises transportées par les camions à l'intérieur du Québec en millions (2011-2017)

Groupes de produits	Dollars (\$M)	kg (M)	km (M)	Tonnes-kilomètres
Aliments	131 168	58 398	1 426	8 535
Autres biens fabriqués	416 236	19 325	635	2 286
Biens divers transportés	487 263	79 369	4 055	12 147
Charbon	158	1 254	2	72
Déchets et débris	38 203	111 969	522	16 123
Mazout et pétrole brut	61 086	67 795	302	8 402
Métaux de base et articles de métaux communs	129 606	64 222	571	8 705
Minéraux	78 119	70 288	251	8 107
Plastique et produits chimiques	155 239	24 277	611	4 911
Produits agricoles	115 995	50 131	346	7 531
Produits forestiers	152 736	116 076	960	21 199
Véhicules automobiles et autres équipements de transport	62 438	4 596	517	836
Total	1 828 245M	667 702M	10 198M	98 851M

Ce tableau montre que la valeur agrégée des expéditions à l'intérieur de la province est estimée à 1,8 G\$, pour un total de 57 millions d'expéditions. Les camions parcourent quant à eux 10,2 milliards de km pour 98,8 milliards de tonnes-km. Le groupe de produits le plus transporté en termes de km est constitué des biens divers (4 milliards de km) et des aliments (1,4 milliard de km).

Tableau 3-3 Flux de marchandises transportées par les camions depuis le Québec vers tout le Canada en millions (2011-2017)

Groupes de produits	Dollars (\$M)	kg (M)	km (M)	Tonnes-kilomètres
Aliments	200 587	80 692	4 166	30 825
Autres biens fabriqués	590 214	27 951	5 442	12 333
Biens transportés divers	794 666	128 551	19 079	62 398
Charbons	159	1 260	2	76
Déchets et débris	41 437	118 657	674	19 942
Mazouts et pétrole brut	68 870	76 408	439	11 542
Métaux de base et articles de métaux communs	204 289	98 118	3 107	38 888
Minéraux	83 534	76 166	534	13 312
Plastique et produits chimiques	230 957	35 824	2 833	16 682
Produits agricoles	130 953	58 354	922	14 892
Produits forestiers	208 815	158 895	3 608	58 224
Véhicules automobiles et autres équipements de transport	94 380	7 204	1 603	3 600
Total	2 648 860 M	868 079M	42 409 M	282 711M

Le Tableau 3-3 montre que la valeur agrégée des flux de marchandises depuis le Québec vers l'intérieur du pays est de 2 648 G\$ pour un total de 84 millions d'expéditions. Les camions ont quant à eux effectué un parcours de 42,4 milliards de km pour 282,7 milliards de tonnes-km. Le groupe de produits le plus transporté en termes de kilomètres est celui des autres biens transportés (19 milliards de km), suivi par les autres biens fabriqués (5,4 milliards de km). Ainsi, il y a plus de quatre fois plus de kilomètres parcourus pour transporter des biens entre le Québec et le reste du Canada qu'à l'intérieur de la province. Cette indication ne signifie pas que le nombre de camions qui circulent vers le reste du Canada est plus élevé que celui des déplacements internes à la province.

3.3.4 Données opérationnelles

Pour la présentation des résultats de Geotab, les analyses, telles que les figures de proportion de voyages par type d'activité et par industrie, ainsi que les tableaux synthèses des indicateurs clés (distance, durée des voyages, etc.), sont d'abord présentées en utilisant la médiane et la moyenne. Les définitions de ces deux mesures statistiques sont les suivantes:

- Médiane : Elle représente une valeur qui sépare la moitié supérieure de la moitié inférieure d'un ensemble de données. En d'autres mots, c'est la valeur du milieu lorsque les données sont triées en ordre croissant ou décroissant.
- Moyenne : Elle est calculée en additionnant toutes les valeurs puis en divisant la somme par le nombre total de valeurs. C'est une mesure de tendance centrale qui représente la valeur moyenne de l'ensemble des données.

Les principaux constats qui découlent de ces résultats sont ensuite présentés. Le détail des résultats pour chaque classe de véhicules se trouve à l'Annexe A. Le Tableau 3-4 et le Tableau 3-5 présentent un résumé des indicateurs liés aux voyages des camions, et ce, pour chacune des classes étudiées et pour toutes les classes agrégées. Cela permet de faciliter la comparaison entre les classes et d'en dégager des conclusions pertinentes.

La définition des indicateurs présentés est la suivante :

- Distance parcourue par voyage : Distance totale parcourue (voyage complet)
- Durée entre les segments : Temps d'arrêt entre deux segments de voyage, par exemple pour effectuer une livraison
- Nombre de segments par voyage : Nombre de segments de voyages individuels représentant par exemple une livraison
- Temps de marche au ralenti : La durée totale de marche au ralenti (en minutes), incluant les arrêts aux feux rouges, lors des livraisons, etc.
- Temps moyen d'arrêt à destination : Durée totale du temps à l'arrêt final, par exemple le garage
- Vitesse réelle des voyages : Vitesse moyenne pour chaque voyage

Tableau 3-4 Indicateurs des voyages intraprovinciaux des camions pour les classes C3 à C8 (médiane)

Médiane pondérée	C3	C4	C5	C6	C7	C8	Total
Distance parcourue par voyage (km)	53,7	44,0	47,1	57,6	55,4	88,3	57,7
Durée entre les segments (h)	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,5
Nombre de segments par voyage	2,0	2,5	2,3	3,1	2,7	2,3	2,5
Durée des voyages (h)	1,0	1,0	1,1	1,4	1,3	1,6	1,2
Temps de marche au ralenti (min)	2,0	3,0	2,8	3,9	3,3	2,6	2,9
Temps moyen d'arrêt à destination (h)	4,6	9,2	9,0	10,3	8,6	6,7	8,1
Vitesse réelle des voyages (km/h)	54,2	38,8	42,4	40,1	40,9	57,3	45,6

Tableau 3-5 Indicateurs des voyages intraprovinciaux des camions pour les classes C3 à C8 (moyenne)

Moyenne pondérée	C3	C4	C5	C6	C7	C8	Total
Distance parcourue par voyage (km)	91,0	65,8	76,4	85,3	84,6	129,3	88,7
Durée entre les segments (h)	0,7	0,8	0,8	1,0	0,9	0,8	0,8
Nombre de segments par voyage (h)	3,9	5,9	4,0	5,0	4,2	3,6	4,4
Durée des voyages (h)	1,7	1,7	1,8	2,1	2,0	2,3	2,0

Moyenne pondérée	C3	C4	C5	C6	C7	C8	Total
Temps de marche au ralenti (min)	4,3	6,7	6,4	7,4	6,9	6,5	6,4
Temps moyen d'arrêt à destination (h)	15,1	18,2	17,8	18,0	17,3	14,5	16,8
Vitesse réelle des voyages (km/h)	54,2	42,0	44,7	43,3	43,6	57,1	47,5
Consommation (L/100 km) de diesel	24	23	24	26	29	43	-
Consommation (L/100 km) d'essence	27	29	38	34	40	0	-

Une lecture synthétique de ces tableaux permet de dégager les principaux constats suivants :

- Pour chaque classe de véhicules, la distance médiane parcourue par voyage (km) est entre 48 % et 55 % inférieure à la moyenne. Cela indique une distribution asymétrique vers la droite (c'est-à-dire que les longs voyages sont relativement plus rares et plus longs).
- En moyenne, c'est le camion de classe 8 qui effectue le plus de kilométrage (129 km) et affiche la vitesse moyenne la plus élevée (57 km/h). La moyenne globale agrégée pour toutes les classes confondues est quant à elle d'environ 89 km pour une vitesse de 47,5 km/h. Il est important de rappeler que cette distance moyenne parcourue exclut les voyages intraprovinciaux et internationaux.
- La vitesse plus élevée des véhicules de classe 8 s'explique notamment par le fait qu'ils effectuent moins d'arrêts que les autres classes (3,5 arrêts/voyage versus une moyenne globale de 4,5 arrêts/voyage).
- Les véhicules de classe 3 à 7 font de nombreux arrêts, entre 4 et 5 en moyenne par jour, probablement pour effectuer davantage de livraisons que les camions lourds.
- Le temps de marche au ralenti, en moyenne, est plus élevé pour la classe 6 et s'établit à 6 % de la durée totale des voyages effectués par cette classe.
- Le temps disponible pour la recharge ou le remplissage à la destination est en moyenne plus élevé pour la classe 4 (18,2 h) et plus faible pour la classe 8 (14,5 h). Cependant, le temps de recharge disponible entre chaque segment de voyage est plus élevé pour la classe 8 avec une durée de 2,3 h. Cette information permet de valider la capacité des véhicules à se charger à destination, mais aussi potentiellement de pouvoir se charger en partie pendant les pauses entre chaque segment de voyage.
- Les véhicules de classe 8 fonctionnent principalement au diesel (99 %), avec une consommation moyenne de 43 L/100 km.

De plus, Geotab a fourni des données supplémentaires concernant la distance moyenne parcourue par les véhicules de classe 8 en dehors du Québec. Ces données, présentées dans Tableau 3-6 montrent que ces véhicules ont des caractéristiques de déplacement avec des distances et des durées plus longues. Par exemple, un camion de classe 8 voyageant vers une autre province du Canada parcourt en moyenne 516 km, et vers les États-Unis un peu plus de 650 km en moyenne. Il est à souligner que cet échantillon de données ne représente que 8% du nombre total de déplacements des véhicules de classe 8 collectés dans la base de données.

Tableau 3-6 Indicateurs des voyages interprovinciaux et internationaux des camions pour les classes C3 à C8 (moyenne)

Moyenne pondérée	Depuis QC vers US	Depuis US vers QC	Depuis CA vers QC	Depuis QC vers CA
Distance parcourue par voyage (km)	657	646	530	503
Durée des voyages (h)	8,9	7,5	7,1	3,5
Temps de marche au ralenti (min)	10	11,5	9,5	10
Temps moyen d'arrêt à destination (h)	22,7	10,3	15,7	16,7

Le tableau ci-dessous indique la répartition des distances parcourues en fonction du type de route et de la classe des camions. La définition de chaque type de route est indiquée selon la définition de Open Street Map [118]:

- L'autoroute est définie comme une voie de circulation rapide à accès limité restreint, généralement composée de deux voies de circulation et d'une bande d'arrêt d'urgence.
- Les routes artérielles comprennent les routes principales, secondaires et tertiaires.
- Les routes nationales comprennent les axes routiers interrégionaux. Elles servent de liaisons entre les principales agglomérations, généralement de 25 000 habitants et plus.
- Les routes locales sont des rues résidentielles où les piétons ont la priorité légale sur les voitures et où les vitesses sont maintenues très basses.
- Les routes collectrices servent à relier les centres ruraux, à une route principale ou nationale et vice-versa, et à relier les villes et les régions.

Il est important de noter que ces définitions ne correspondent pas nécessairement à la classification fonctionnelle du réseau routier du MTMD [119].

Tableau 3-7 Proportions de kilomètres de déplacements par type de route et par classe de camions

Fréquentation par type de route	C3	C4	C5	C6	C7	C8	Total
Autoroutes	46,9 %	47,9 %	46,9 %	46,9 %	49,6 %	53,8 %	52,8 %
Artères	36,0 %	34,9 %	36,3 %	35,9 %	34,3 %	30,6 %	31,4 %
Collectrices	3,4 %	5,3 %	4,9 %	5,4 %	5,5 %	3,3 %	3,6 %
Locales	1,1 %	2,8 %	2,2 %	2,0 %	1,6 %	0,8 %	1,0 %
Nationales	11,1 %	7,7 %	8,3 %	8,6 %	7,6 %	10,1 %	9,9 %
Autres	1,4 %	1,3 %	1,4 %	1,1 %	1,3 %	1,4 %	1,4 %

Les proportions de camions varient en fonction de la hiérarchie du réseau routier. Il y en a davantage sur le réseau autoroutier, où la vitesse affichée est généralement de 100 km/h et où le transit de camions est permis, puis ils diminuent graduellement pour atteindre de faibles proportions sur le réseau local où le camionnage est habituellement interdit.

Ainsi, c'est sur le réseau autoroutier, réseau supérieur de plus grande hiérarchie établie par le MTMD, que la majorité des camions effectuent leurs déplacements, avec une proportion globale d'environ 53 %. Ce sont les camions de classe 8 qui circulent le plus sur ce réseau, où ils effectuent plus de la moitié de leurs déplacements (environ 54 %).

Il est intéressant de noter que l'Enquête nationale en bordure de route de 2006-2007 [12], qui exclut les déplacements locaux, a estimé la longueur moyenne des déplacements intraprovinciaux à 166 km. En comparaison, les déplacements interprovinciaux et internationaux avaient une longueur moyenne respective de 400 km et de 913 km. Les seuls déplacements de moins de 80 km sont ceux entre deux régions administratives. Ces données montrent aussi que la majorité des camions de classe 8 au Québec en 2007 étaient des tracteurs semi-remorques.

3.4 Tableau récapitulatif des éléments de caractérisation

Le Tableau 3-8 présente un résumé agrégé des éléments clés de la caractérisation pour les classes 3 à 8. Ces éléments serviront dans le prochain chapitre pour mettre en place le modèle gTech et modéliser l'environnement opérationnel de chaque classe de véhicules moyens et lourds au Québec. Il est intéressant de noter que les résultats ont été répertoriés dans un outil PowerBI partagé avec le MELCCFP. Grâce à cet outil, il est facile de consulter les données.

Tableau 3-8 Récapitulatif des éléments clés de la caractérisation

Indicateurs clés et sources	Valeurs moyennes
Temps disponible pour la recharge ou le remplissage à la destination (Geotab)	16,8 h
Temps disponible pour la recharge par voyage (Geotab)	2 h
Temps de marche au ralenti par rapport à la durée du voyage (Geotab)	5 %
Vitesse des voyages (Geotab)	47,5 km/h
Majorité des voyages qui s'effectuent sur l'autoroute (Geotab)	53 %
Majorité du parc composée de camions de classe 8 (SAAQ, 2022)	95 300 (66 %)
Diesel comme carburant le plus utilisé pour les véhicules de classe 3 à 8 (données SAAQ, 2022)	85 %
Nombre peu élevé de camions propulsés à l'électricité (données Q1 2024)	589
Régions administratives où il y a plus de camions immatriculés à la SAAQ (données 2022)	19 % (Montréal) et 18 % (Montréal)
Grands corridors de longues distances identifiés	Relient Montréal et Québec : les corridors de l'A-40 et de l'A-20

Références

- [1] Ministère des Transports, «Portrait statistique et économique: le camionnage au Québec,» 31 03 2024. [En ligne]. Disponible : <https://www.transports.gouv.qc.ca/fr/entreprises-partenaires/ent-camionnage/statistiques/Documents/portrait-statistique.pdf>.
- [2] Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs, «Inventaire québécois des émissions de gaz à effet de serre,» 2021. [En ligne]. Disponible : <https://www.environnement.gouv.qc.ca/changements/ges/2021/inventaire-ges-1990-2021.pdf>. [Accès le 07 05 2024].
- [3] «Memorandum of Understanding (MOU) on Zero-Emission Medium- and Heavy-Duty Vehicles,» Drive to Zero, [En ligne]. Disponible : [https:// globaldrivetozero.org/mou-nations/](https://globaldrivetozero.org/mou-nations/). [Accès le 31 03 2024].
- [4] Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs, «Norme véhicules zéro émission (VZE),» 2023. [En ligne]. Disponible : <https://www.environnement.gouv.qc.ca/changementsclimatiques/vze/index.htm#:~:text=La%20norme%20VZE%20soutient%20les,l%C3%A9gers%20%C3%A0%20essence%20en%202035..>
- [5] Association du camionnage du Québec, «Le stratagème « Chauffeur inc. »,» 25 03 2024. [En ligne]. Disponible : <https://www.carrefour-acq.org/dossiers/le-stratageme-chauffeur-inc>. [Accès le 31 03 2024].
- [6] J. Arsenault, «Jusqu'à 2 milliards ont échappé à l'État,» La Presse, 19 12 2023. [En ligne]. Disponible : <https://www.lapresse.ca/affaires/2023-12-19/modele-chauffeur-inc/jusqu-a-2-milliards-ont-echappe-a-l-etat.php>. [Accès le 31 03 2024].
- [7] C. Néron, «Inflation et pénurie de main d'oeuvre continuent d'affecter l'industrie,» Informe Affaires, 30 09 2023. [En ligne]. Disponible : <https://informeaffaires.com/regional/transport/inflation-et-penurie-de-main-doeuvre-continuent-d-affecter-lindustrie#:~:text=%C2%AB%20L'industrie%20du%20camionnage%20et,1%20%25%2C%20en%20mai%20%C2%BB..> [Accès le 31 03 2024].
- [8] Transport Routier, «Canada : un camionneur sur quatre est âgé de 55 à 64 ans,» 04 05 2022. [En ligne]. Disponible : <https://www.transportroutier.ca/nouvelles/canada-un-camionneur-sur-quatre-est-age-de-55-a-64-ans/>. [Accès le 31 03 2024].
- [9] Publication Québec, «A-33.02 - Loi visant l'augmentation du nombre de véhicules automobiles zéro émission au Québec afin de réduire les émissions de gaz à effet de serre et autres polluants,» 31 12 2023. [En ligne]. Disponible : <https://www.legisquebec.gouv.qc.ca/fr/document/lc/A-33.02>. [Accès le 31 03 2024].
- [10] Gouvernement du Canada, «Programme de transport écoénergétique de marchandises : Guide du demandeur – Volet 1,» [En ligne]. Disponible : <https://ressources-naturelles.canada.ca/efficacite-energetique/efficacite-energetique-transports-carburants-remplacement/programme-transport-ecoenergetique-marchandises/programme-de-transport-ecoenergetique-de-marchandises-guide-du>. [Accès le 31 03 2024].
- [11] Données Québec, «Véhicules en circulation, 2022,» [En ligne]. Disponible : <https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/vehicules-en-circulation/resource/36e97894-fd4a-46fd-ab89-9e46329d60a9>. [Accès le 26 05 2024].
- [12] Ministère des Transports du Québec, «Enquête nationale en bordure de route,» 2007. [En ligne]. Disponible : https://www.transports.gouv.qc.ca/fr/entreprises-partenaires/ent-camionnage/statistiques/documents/deplacements_camions_2006-2007.pdf. [Accès le 31 03 2024].

- [13] Navius Research, «Analysis of Canada's proposed Clean Fuel Regulations,» 07 05 2022. [En ligne]. Disponible : <https://www.pembina.org/reports/2022-spring-update-navius-cfr-analysis.pdf>. [Accès le 31 03 2024].
- [14] Pembina Institute, «Canada's Pathway to Net-Zero for Medium- and Heavy-Duty Trucks and Buses,» 01 11 2023. [En ligne]. Disponible : <https://www.pembina.org/pub/ZeroX2040-pathway-net-zero-mhd-trucks-buses#:~:text=Pembina's%20research%20shows%20that%20the,time%20according%20to%20vehicle%20type..> [Accès le 31 03 2024].
- [15] Comité consultatif sur les changements climatiques, «Décarbonation du transport lourd et marchandises Construire une voie durable,» 25 07 2023. [En ligne]. Disponible : <https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/adm/org/comite-consultatif-changements-climatiques/avis/decarbonation-transport-lourd.pdf>. [Accès le 31 03 2024].
- [16] Bureau of Economic Analysis (US Department of Commerce), «GDP by State,» 29 Mars 2024. [En ligne]. Disponible : <https://www.bea.gov/data/gdp/gdp-state>.
- [17] H. Johnson, M. Cuellar Mejia et E. McGhee, «Fact - Sheet: California's Population,» Institute of California, Public Policy, Janvier 2024. [En ligne]. Disponible : https://www.ppic.org/wp-content/uploads/JTF_PopulationJTF.pdf.
- [18] California Department of Motor Vehicles (DMV), «Vehicles Registered and Driver's Licenses / ID Cards Held,» 01 Janvier 2023. [En ligne]. Disponible : <https://www.dmv.ca.gov/portal/file/california-dmv-statistics-pdf/>.
- [19] California Department of Transportation, «California Freight Mobility Plan 2023,» 2023. [En ligne]. Disponible : <https://dot.ca.gov/-/media/dot-media/programs/transportation-planning/documents/cfmp-2023-toc/cfmpfinaljuly0720234cfuturea11y.pdf>.
- [20] Executive Department State Of California, «Executive Order N-79-20,» 23 Septembre 2020. [En ligne]. Disponible : https://www.gov.ca.gov/wp-content/uploads/2020/09/9.23.20-EO-N-79-20-Climate.pdf?utm_medium=email&utm_source=govdelivery.
- [21] CARB, «ACT - Meetings & Workshops,» 2024. [En ligne]. Disponible : <https://ww2.arb.ca.gov/act-meetings-workshops>.
- [22] Gouvernement de Colombie-Britannique, «B.C. Medium- and Heavy-Duty Zero-Emission Vehicles,» 2023. [En ligne]. Disponible : https://www2.gov.bc.ca/assets/gov/farming-natural-resources-and-industry/electricity-alternative-energy/transportation/bc_mhd_zev_2023_consultation_paper_20230516.pdf.
- [23] Statistiques Canada, «Immatriculations de véhicules, par type de véhicule et type de carburant,» 02 Novembre 2023. [En ligne]. Disponible : <https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/en/tv.action?pid=2310030801>.
- [24] Conseil de l'Union européenne, «Pacte vert pour l'Europe,» 2024. [En ligne]. Disponible : <https://www.consilium.europa.eu/fr/policies/green-deal/#:~:text=Loi%20europ%C3%A9enne%20sur%20le%20climat&text=En%20l'adoptant%2C%20l'impact%20men%C3%A9%20par%20la%20Commission..>
- [25] CITEPA, «Véhicules lourds: La commission propose de nouvelles normes d'émission de CO2 Post-2030, mais ne renforce pas celles pour 2025-2029,» 21 Mars 2023. [En ligne]. Disponible : https://www.citepa.org/fr/2023_02_a04/.
- [26] Commission européenne, «La Commission propose un objectif de zéro émission à partir de 2030 pour les bus urbains neufs et une réduction de 90 % des émissions pour les camions neufs d'ici à 2040,» 14 Février 2023. [En ligne]. Disponible : https://france.representation.ec.europa.eu/informations/la-commission-propose-un-objectif-de-zero-emission-partir-de-2030-pour-les-bus-urbains-neufs-et-une-2023-02-14_fr.
- [27] Propulsion Québec, «Potentiel d'adoption de l'hydrogène vert dans le transport lourd et de longue distance au Québec,» 2023. [En ligne]. Disponible : https://propulsionquebec.com/wp-content/uploads/2023/11/PropulsionQc_Hydrogene-vert_VF.pdf.

- [28] ICCT, «Total cost of ownership of alternative powertrain technologies for class 8 long-haul trucks in the US,» 04 2023. [En ligne]. Disponible : <https://theicct.org/wp-content/uploads/2023/04/tco-alt-powertrain-long-haul-trucks-us-apr23.pdf>. [Accès le 31 03 2024].
- [29] Skeleton Tech, «Supercapacitor and SuperBattery energy storage for mining: fast charging safe, powerful, and reliable solutions for electrification.,» [En ligne]. Disponible : <https://www.skeletontech.com/en/mining>. [Accès le 14 05 2024].
- [30] Effenco, «Moins de batteries, plus d'autonomie: comment révolutionner l'électrification des camions lourds vocationnels,» 21 04 2021. [En ligne]. Disponible : <https://propulsionquebec.com/nos-ressources/moins-de-batteries-plus-dautonomie-comment-revolutionner-lelectrification-des-camions-lourds-vocationnels/>. [Accès le 14 05 2024].
- [31] B. Sharpe, «Zero-emission tractor-trailers in Canada,» 04 2019. [En ligne]. Disponible : <https://theicct.org/wp-content/uploads/2021/06/ZETractorTrailers-Working-Paper042019.pdf>. [Accès le 31 03 2024].
- [32] Transport & Environment, « How to decarbonise long-haul trucking in Germany.,» 2021. [En ligne]. Disponible : https://te-cdn.ams3.digitaloceanspaces.com/files/2021_04_TE_how_to_decarbonise_long_haul_trucking_in_Germany_final.pdf. [Accès le 14 05 2024].
- [33] Flotte rechargeable Camions lourds, «Rapport d'essai d'un camion lourd électrique en conditions réelles,» 20 11 2023. [En ligne]. Disponible : <https://flotterechargeable.ca/wp-content/uploads/2023/12/rapport-delelectrification-phase-3-inter-nord.pdf>. [Accès le 31 03 2024].
- [34] Radio-Canada, «Comment fonctionne le premier train à hydrogène en Amérique,» 2023. [En ligne]. Disponible : <https://www.google.com/search?q=train+charlevoix+hydrogene&safe=active&ssui=on>. [Accès le 23 06 2024].
- [35] Harnois Énergie, «Un premier camion à hydrogène sur les routes du Québec,» 26 06 2024. [En ligne]. Disponible : <https://www.newswire.ca/fr/news-releases/un-premier-camion-a-hydrogene-sur-les-routes-du-quebec-800388032.html>. [Accès le 26 06 2024].
- [36] N. Sokic, «Alberta's long-haul Nikola hydrogen truck trial gives a taste of future promise,» Electric Autonomy, 28 02 2024. [En ligne]. Disponible : <https://electricautonomy.ca/2024/02/28/nikola-hydrogen-truck-trial-alberta/>. [Accès le 31 03 2024].
- [37] Ministère des transports et de la mobilité durable, «Programme d'aide à la réduction des émissions de gaz à effet de serre dans le transport routier des marchandises (écocamionnage),» 04 2024. [En ligne]. Disponible : 49 895. [Accès le 13 05 2024].
- [38] Clean Energy Canada, «Zero-Emission Medium and Heavy-Duty Vehicle CANADIAN MODEL AVAILABILITY CATALOGUE,» 05 2024. [En ligne]. Disponible : <https://cleanenergycanada.org/wp-content/uploads/2024/05/ZEMHDV-AvailabilityCatalogue-V7-Online-1.pdf>. [Accès le 15 05 2024].
- [39] Lion Électrique, «Comprendre les options de recharge pour les véhicules électriques lourds,» [En ligne]. Disponible : <https://thelionelectric.com/fr/documents/fr/Comprendre-les-options-de-recharge-pour-les-vehicules-electriques-lourds-Equiterre.pdf>. [Accès le 31 03 2024].
- [40] MAN Truck, «In Megawatt Steps to Green Heavy Duty Transport,» [En ligne]. Disponible : <https://www.man.eu/corporate/en/experience/megawatt-charging-revolutionises-long-haul-truck-transport-120000.html#:~:text=New%20charging%20standard%20for%20higher%20ranges&text=The%20new%20standard%20is%20known,at%20up%20to%20375%20kW..> [Accès le 31 03 2024].
- [41] InsideEVs, «Industry Develops 3.75 MW Charging System For EV Trucks,» 27 09 2021. [En ligne]. Disponible : <https://insideevs.com/news/535918/megawatt-charging-system-ev-trucks/>. [Accès le 02 03 2024].

- [42] Hydro-Québec, «Guide de recharge pour parcs de véhicules électriques,» 06 2022. [En ligne]. Disponible : https://www.hydroquebec.com/themes/electrification-transport/documents/2022G118f_guide_recharge_gestionnaire_flotte_v12.pdf. [Accès le 15 05 2024].
- [43] InductEV, «Commercial Fleets,» [En ligne]. Disponible : <https://www.inductev.com/commercial-fleet>. [Accès le 24 05 2024].
- [44] Alix Nouhaud, «ERS – La route électrique du futur,» 28 09 2023. [En ligne]. Disponible : <https://www.greenmot.com/ers-la-route-electrique-du-futur/#:~:text=Un%20ERS%20est%20un%20syst%C3%A8me,un%20patin%20sur%20le%20v%C3%A9hicule..> [Accès le 14 05 2024].
- [45] CPCS, «Decarbonization of long-haul trucking in eastern Canada,» 15 06 2021. [En ligne]. Disponible : https://energie.hec.ca/wp-content/uploads/2021/05/REPORT_eHighwaysEstCanada_WEB.pdf. [Accès le 31 03 2024].
- [46] Janus Electric, «Electrifying the road transport fleet with tomorrows technology, today,» [En ligne]. Disponible : <https://www.januselectric.com.au/>. [Accès le 14 05 2024].
- [47] Gouvernement du Québec, «Stratégie québécoise sur la recharge de véhicules électriques,» 2023. [En ligne]. Disponible : <https://www.quebec.ca/gouvernement/politiques-orientations/strategie-recharge-vehicules-electriques>. [Accès le 15 05 2024].
- [48] Zen and the art of clean energy solutions, «BC Hydrogen Study,» 06 2019. [En ligne]. Disponible : <https://www2.gov.bc.ca/assets/gov/government/ministries-organizations/zen-bcbn-hydrogen-study-final-v6.pdf>. [Accès le 31 03 2024].
- [49] S. Edelstein, «Could liquid hydrogen make fuel-cell trucks more viable vs EVs?,» 26 02 2024. [En ligne]. Disponible : https://www.greencarreports.com/news/1142267_liquid-hydrogen-fuel-cell-trucks-vs-evs. [Accès le 31 03 2024].
- [50] Winnipeg Transit, «Transition to Zero-Emission Technical Evaluation Report,» 2021. [En ligne]. Disponible : https://info.winnipegtransit.com/assets/2788/Transition_to_Zero_Emission_Technology_Report_-_Rev1.pdf. [Accès le 31 03 2024].
- [51] Global Commercial Vehicle Drive to Zero, «PLEDGE PARTNERS,» 2024. [En ligne]. Disponible : <https://globaldrivetozero.org/about/pledge-partners/>.
- [52] LégisQuébec, «Règlement sur les véhicules routiers affectés au transport des élèves,» 01 Janvier 2024. [En ligne]. Disponible : <https://www.legisquebec.gouv.qc.ca/fr/document/rc/T-12,%20r.%2017>.
- [53] Propulsion Québec, «L'électrification des parcs de véhicules au Québec,» 12 2020. [En ligne]. Disponible : <https://propulsionquebec.com/wp-content/uploads/2023/07/Electrification-des-parcs-de-vehicules-FR.pdf>. [Accès le 31 03 2024].
- [54] Gouvernement du Québec, «À propos du Programme d'électrification du transport scolaire,» 2024. [En ligne]. Disponible : <https://www.quebec.ca/transports/aide-financiere/electrification/transport-scolaire/achat-autobus>.
- [55] Gouvernement du Québec, «Aide financière pour l'électrification des transports et la mobilité durable,» 2024. [En ligne]. Disponible : <https://www.quebec.ca/transports/aide-financiere/electrification>.
- [56] Transition Énergétique Québec, «Technoclimat,» 2024. [En ligne]. Disponible : <https://transitionenergetique.gouv.qc.ca/innovation/programme/technoclimat>.
- [57] CARB, «States that have Adopted California's Vehicle Regulations,» Avril 2024. [En ligne]. Disponible : <https://ww2.arb.ca.gov/our-work/programs/advanced-clean-cars-program/states-have-adopted-californias-vehicle-regulations>.
- [58] ICCT, B. Sharpe et C. Buysse, «California's Advanced Clean Trucks regulation: sales requirements for zero-emission heavy-duty trucks,» 20 Juillet 2020. [En ligne]. Disponible :

- <https://theicct.org/publication/californias-advanced-clean-trucks-regulation-sales-requirements-for-zero-emission-heavy-duty-trucks/>.
- [59] CARB (California Air Resources Board), «Advanced Clean Fleets Regulation Summary,» 17 Mai 2023. [En ligne]. Disponible : <https://ww2.arb.ca.gov/resources/fact-sheets/advanced-clean-fleets-regulation-summary>.
- [60] California Renewable Transportation Alliance, «FAQs: Advanced Clean Fleets Regulation,» 2024. [En ligne]. Disponible : <https://ca-rta.org/faq-acf/>.
- [61] CARB (California Air Resources Board), «Innovative Clean Transit (ICT) Regulation Fact Sheet,» 16 Mai 2019. [En ligne]. Disponible : <https://ww2.arb.ca.gov/resources/fact-sheets/innovative-clean-transit-ict-regulation-fact-sheet>.
- [62] S. Kelly et B. Sharpe, «California's Heavy-duty omnibus regulation: Updates to emission standards, testing requirements, and compliance procedures,» ICCT, Janvier 2022. [En ligne]. Disponible : <https://theicct.org/wp-content/uploads/2022/01/california-us-hdv-omnibus-reg-jan22.pdf>.
- [63] EPA, «CLEAN AIR ACT § 209(b) WAIVER AND § 209(e) AUTHORIZATION REQUEST; SUPPORT DOCUMENT SUBMITTED BY THE CALIFORNIA AIR RESOURCES BOARD,» 15 Novembre 2023. [En ligne]. Disponible : <https://www.epa.gov/system/files/documents/2023-12/ca-waiver-carb-req-acf-2023-11-15.pdf>.
- [64] EPA, «Proposed Standards to Reduce Greenhouse Gas Emissions from Heavy-Duty Vehicles for Model Year 2027 and Beyond,» 04 2024. [En ligne]. Disponible : <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi?Dockkey=P101762L.pdf>. [Accès le 15 05 2024].
- [65] CARB (California Air Resources Board), «Funding Plan for Clean Transportation Incentives,» 2023. [En ligne]. Disponible : <https://ww2.arb.ca.gov/our-work/programs/low-carbon-transportation-investments-and-air-quality-improvement-program/funding>.
- [66] California Core, «CLEAN OFF-ROAD EQUIPMENT VOUCHER INCENTIVE PROJECT,» 2023. [En ligne]. Disponible : <https://californiacore.org/>.
- [67] California Energy Commission, «GFO-23-603 - Implementation of Medium- and Heavy-Duty Zero-Emission Vehicle Infrastructure Blueprints,» 19 Septembre 2023. [En ligne]. Disponible : <https://www.energy.ca.gov/solicitations/2023-09/gfo-23-603-implementation-medium-and-heavy-duty-zero-emission-vehicle>.
- [68] EnergiIze, «Funding ZEV Charging & Refueling Deployment for MDHD Fleets,» Mai 2022. [En ligne]. Disponible : <https://www.energiize.org/>.
- [69] S. C. Edison, «Charge Ready Transport Programm,» 2024. [En ligne]. Disponible : <https://crt.sce.com/overview>.
- [70] PG&E, «EV Fleet program,» 2024. [En ligne]. Disponible : <https://www.pge.com/en/clean-energy/electric-vehicles/ev-fleet-program.html>.
- [71] SDGE, «Power Your Drive for Fleets,» 2024. [En ligne]. Disponible : <https://www.sdge.com/business/electric-vehicles/power-your-drive-for-fleets>.
- [72] J. A. (Sponsor) Yarmuth, «H.R.5376 - Inflation Reduction Act of 2022,» 08 Avril 2022. [En ligne]. Disponible : <https://www.congress.gov/bill/117th-congress/house-bill/5376/text>.
- [73] P. A. (Sponsor) DeFazio, «H.R.3684 - Infrastructure Investment and Jobs Act,» 08 Avril 2022. [En ligne]. Disponible : <https://www.congress.gov/bill/117th-congress/house-bill/3684/text>.
- [74] Gouvernement de Colombie-Britannique, «Go Electric Program,» 22 Janvier 2024. [En ligne]. Disponible : <https://www2.gov.bc.ca/gov/content/industry/electricity-alternative-energy/transportation-energies/clean-transportation-policies-programs/clean-energy-vehicle-program>.
- [75] Transport Canada, «Programme d'incitatifs pour les véhicules moyens et lourds zéro émission (iVMLZE),» 03 Avril 2024. [En ligne]. Disponible : <https://tc.canada.ca/en/road>

transportation/innovative-technologies/zero-emission-vehicles/medium-heavy-duty-zero-emission-vehicles.

- [76] Parlement européen, «Renforcement des normes de performance en matière d'émissions de CO₂,» 21 Novembre 2023. [En ligne]. Disponible : https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2023-0403_FR.pdf.
- [77] F. Crocco, «Les législateurs européens ont établi des objectifs de réduction des émissions de CO₂ pour les véhicules lourds, ce qui entraînera à la quasi-élimination de la vente de nouveaux camions diesel d'ici à 2040,» Décision Poids lourd , 19 Janvier 2024. [En ligne]. Disponible : <https://www.auto-infos.fr/article/l-europe-signe-la-quasi-fin-des-camions-diesel-pour-2040.280626>.
- [78] Parlement européen, «Regulation (EU) 2022/869 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2022 on guidelines for trans-European energy infrastructure, amending Regulations (EC) No 715/2009, (EU) 2019/942 and (EU) 2019/943 and Directives 2009/73/EC and (EU) 2019/94,» 30 Mai 2022. [En ligne]. Disponible : https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv%3AOJ.L_.2022.152.01.0045.01.ENG&toc=OJ%3AL%3A2022%3A152%3ATOC.
- [79] V. Cimino, «Le gouvernement promet plus d'aides pour acheter des poids lourds électriques,» Automobile propre, 25 Novembre 2023. [En ligne]. Disponible : <https://www.automobile-propre.com/le-gouvernement-promet-de-nouvelles-aides-pour-aider-lindustrie-des-poids-lourds-a-se-decarboner/>.
- [80] J. Alunno, «Quelles subventions pour les camions électriques en Europe?,» AVEM, 02 Novembre 2022. [En ligne]. Disponible : <https://www.panion.org/ev-incentives-2023-these-6-countries-promote-e-mobility-the-most/>.
- [81] Panion.org, «EV incentives 2023: These 6 countries promote e-mobility the most,» 2023. [En ligne]. Disponible : <https://www.panion.org/ev-incentives-2023-these-6-countries-promote-e-mobility-the-most/>.
- [82] O. M. C. F. Baha M. Al-Alawi, «TECHNOLOGY AND COMMERCIALIZATION PATHWAYS FOR ZERO-EMISSION MEDIUM AND HEAVY-DUTY VEHICLES IN CHINA,» Calstart, Mai 2022. [En ligne]. Disponible : <https://globaldrivetozero.org/publication/technology-and-commercialization-pathways-for-zero-emission-medium-and-heavy-duty-vehicles-in-china/>.
- [83] L. Steves, «Breaking Down California's Advanced Clean Trucks And Advanced Clean Fleets Rules,» Breakthrough, 19 Décembre 2023. [En ligne]. Disponible : <https://www.breakthroughfuel.com/blog/breaking-down-californias-advanced-clean-trucks-and-advanced-clean-fleets/>.
- [84] S. Wilson, «California Ready to Take Giant Leap Toward Zero-Emission Trucks,» Union of Concerned Scientists, 19 Avril 2023. [En ligne]. Disponible : <https://blog.ucsusa.org/sam-wilson/california-ready-to-take-giant-leap-toward-zero-emission-trucks/>.
- [85] N. Lopez, «California phases out diesel trucks: What happens next?,» Cal Matters, 28 Avril 2023. [En ligne]. Disponible : <https://calmatters.org/environment/climate-change/2023/04/california-phases-out-diesel-trucks/>.
- [86] Clean Technica, «The Legal Battle to Preserve the Advanced Clean Fleets Rule,» Février 2024. [En ligne]. Disponible : <https://cleantechnica.com/2024/01/19/the-legal-battle-to-preserve-the-advanced-clean-fleets-rule/>.
- [87] Today's Trucking, «Proposed B.C. emission mandates 'unachievable', BCTA says,» 26 Juin 2023. [En ligne]. Disponible : <https://www.trucknews.com/sustainability/proposed-b-c-emission-mandates-unachievable-bcta-says/1003176265/>.
- [88] Transport Info, «Émissions de CO₂ des camions : Le Parlement européen et les Etats membres s'accordent pour une réduction de 90 % en 2040,» 22 Janvier 2024. [En ligne]. Disponible : <https://www.transportinfo.fr/emissions-de-co2-des-camions-le-parlement-europeen-et-les-etats-membres-saccordent-pour-une-reduction-de-90-en-2040/>.

- [89] Avere France, «Oui, le transport lourd peut connaître sa révolution électrique... mais encore faut-il l'y aider !», 17 Juillet 2023. [En ligne]. Disponible : <https://www.aver-france.org/tribune-oui-le-transport-lourd-peut-connaître-sa-revolution-electrique-mais-encore-faut-il-ly-aider/>.
- [90] ICCT, B. Sharpe et C. Buysse, «California's Advanced Clean,» Juillet 2020. [En ligne]. Disponible : <https://theicct.org/sites/default/files/publications/CA-HDV-EV-policy-update-jul2020.pdf>.
- [91] Mobilité Électrique Canada, «Electric Mobility Canada's Zero-Emission Medium and Heavy Duty Working Group,» 25 03 2024. [En ligne]. Disponible : <https://emc-mec.ca/wp-content/uploads/2024/03/2024-03-25-ZE-MHDV-WG-priority-BUDGET-messages-FINAL-.pdf>. [Accès le 31 03 2024].
- [92] Pembina Institute, «ZeroX2040,» Novembre 2023. [En ligne]. Disponible : <https://www.pembina.org/Decarbonizing-MHDVs>.
- [93] Statista, «Number of registered vehicles in Norway in 2020, by type,» 2020. [En ligne]. Disponible : <https://www.statista.com/statistics/828602/number-of-registered-vehicles-in-norway-by-type/>.
- [94] California Energy Commission, «New Data Shows Nearly 2,000 Zero-Emission Trucks and Buses on California's Roads, 43 Related In-State Manufacturers,» 18 Août 2022. [En ligne]. Disponible : <https://www.energy.ca.gov/news/2022-08/new-data-shows-nearly-2000-zero-emission-trucks-and-buses-californias-roads-43#:~:text=In%2DState%20Manufacturers-,New%20Data%20Shows%20Nearly%20%2C000%20Zero%2DEmission%20Trucks%20and%20Buses,43%20Related%20In%2DSt>.
- [95] S. Hankey, «Norway Is Taking The Lead In Electric Trucks,» Clean Technica, 27 Mars 2023. [En ligne]. Disponible : <https://cleantechnica.com/2024/03/27/norway-is-taking-the-lead-in-electric-trucks/>.
- [96] Ibis World, «Quebec Economic Overview,» 2023. [En ligne]. Disponible : <https://www.ibisworld.com/canada/economic-profiles/quebec/#:~:text=What%20is%20Quebec's%20Gross%20Domestic,of%2013%20provinces%20and%20territories..>
- [97] Ibis World, «British Columbia Economic Overview,» 2023. [En ligne]. Disponible : <https://www.ibisworld.com/canada/economic-profiles/british-columbia/#:~:text=What%20is%20British%20Columbia's%20Gross,the%20five%20years%20to%202023..>
- [98] Countryeconomy.com, «Norway GDP - Gross Domestic Product,» 2023. [En ligne]. Disponible : <https://countryeconomy.com/gdp/norway#:~:text=Gross%20Domestic%20Product%20of%20Norway,196%20countries%20that%20we%20publish..>
- [99] PopulationPyramid.net, «Pyramides des âges pour le monde entier de 1950 à 2100,» 2023. [En ligne]. Disponible : <https://www.populationpyramid.net/fr/norv%C3%A8ge/2023/>.
- [100] Statistique Canada, «Population,» [En ligne]. Disponible : <https://ressources-naturelles.canada.ca/sciences-terre/geographie/atlas-canada/explorez-nos-cartes/cartes-thematiques-selectionnees/population/16881>. [Accès le 15 05 2024].
- [101] La presse, «La Norvège en quelques points,» 23 07 2011. [En ligne]. Disponible : <https://www.lapresse.ca/international/dossiers/tuerie-en-norvege/201107/23/01-4420443-la-norvege-en-quelques-points.php>. [Accès le 15 05 2024].
- [102] Public Policy Institute of California, «California's Population,» 01 2024. [En ligne]. Disponible : https://www.pplic.org/wp-content/uploads/JTF_PopulationJTF.pdf. [Accès le 15 05 2024].
- [103] Freight Waves Ratings, «Best trucking companies in California,» 19 Mai 2023. [En ligne]. Disponible : <https://ratings.freightwaves.com/best-trucking-companies-in-california/#:~:text=As%20a%20large%2C%20highly%20populated,than%20135%2C000%20different%20trucking%20companies..>

- [104] Commission des transports du Québec, «Rapport annuel de gestion,» 2023. [En ligne]. Disponible : https://www.ctq.gouv.qc.ca/fileadmin/documents/publications/RAG-CTQ_2022-23.pdf.
- [105] Trade and Invest British Columbia, «Infrastructure in British Columbia,» 2024. [En ligne]. Disponible : <https://www.britishcolumbia.ca/about-british-columbia-canada/infrastructure/#:~:text=Nearly%206%2C000%20trucking%20companies%20are,door%20transportation%20throughout%20the%20province..>
- [106] BoldData, «List of Trucking Companies Norway,» 2024. [En ligne]. Disponible : <https://bolddata.nl/en/companies/norway/trucking-companies/>.
- [107] Ministère des Transports et de la Mobilité durable, «Information sur le réseau routier,» 2024. [En ligne]. Disponible : <https://www.transports.gouv.qc.ca/fr/projets-infrastructures/info-reseau-routier/pages/information-sur-le-reseau-routier.aspx#:~:text=R%3%A9seau%20routier%20moderne%20et%20efficace,325%20000%20km%20de%20routes..>
- [108] Caltrans, «Caltrans Facts 2023,» Juin 2023. [En ligne]. Disponible : <https://dot.ca.gov/-/media/dot-media/programs/research-innovation-system-information/documents/caltrans-fact-booklets/caltransfacts2023a11y.pdf>.
- [109] Gouvernement de Colombie-Britannique, «Roads & Roadless Areas in British Columbia,» 2024. [En ligne]. Disponible : <https://www.env.gov.bc.ca/soe/indicators/land/roads.html#:~:text=British%20Columbia%20has%20approximately%20719%2C000%20kilometres%20of%20roads%2C%20when%20including,length%20of%20roads%20in%20B.C..>
- [110] Gouvernement de Norvège, «National Transport Plan 2022–2033,» 2023. [En ligne]. Disponible : <https://www.regjeringen.no/en/dokumenter/national-transport-plan-2022-2033/id2863430/?ch=2>.
- [111] Groupe Robert, «Chartes de poids,» Non-spécifié. [En ligne]. Disponible : https://www.robert.ca/images/Documentation/Capacite_chargement-Charges_maximales_FR.pdf.
- [112] Caltrans, «Legal Basis for Truck Restrictions,» 2024. [En ligne]. Disponible : <https://dot.ca.gov/programs/traffic-operations/legal-truck-access/legal-basis-truck-restrictions#:~:text=In%20addition%2C%20legal%20trucks%20in,axle%20weight%20limits%20as%20well..>
- [113] Gouvernement de Colombie-Britannique, «COMMERCIAL TRANSPORT REGULATIONS,» 30 Mars 2022. [En ligne]. Disponible : https://www.bclaws.gov.bc.ca/civix/document/id/complete/statreg/30_78.
- [114] Freightlink, «Norway Country Guide,» 2024. [En ligne]. Disponible : <https://www.freightlink.co.uk/knowledge/country-guides/norway#:~:text=Vehicle%20Restrictions&text=Two%20axle%20rigids%20have%20a,are%20restricted%20at%2050t%20maximum..>
- [115] Geotab, «Altitude API Guide [PUB],» [En ligne]. Disponible : <https://docs.google.com/document/d/1bZfFiSctIEy7QM4YtK0PgtaYTtEtFJ2dkiKKIHbcL94/edit#heading=h.og3wqky3w6tt>. [Accès le 31 03 2024].
- [116] Ministère des transports, «Les déplacements interurbains de camions au Québec: Enquête nationale en bordure de route sur le camionnage,» 2007. [En ligne]. Disponible : https://www.transports.gouv.qc.ca/fr/entreprises-partenaires/ent-camionnage/statistiques/Documents/Deplacements_camions_2006-2007.pdf. [Accès le 23 06 2024].
- [117] Pascal Lê-Huu, «Évaluation de la durée de vie des véhicules lourds,» Ministère des Transports et de la mobilité durable, 2023.

- [118] Open Street Map, «Key:highway,» [En ligne]. Disponible : <https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Key:highway>. [Accès le 31 03 2024].
- [119] Ministère des transports et de la mobilité durable, «Classification fonctionnelle du réseau routier,» [En ligne]. Disponible : <https://www.transports.gouv.qc.ca/fr/entreprises-partenaires/municipalites/infrastructures-routieres/Pages/classification-fonctionnelle-reseau-routier.aspx#:~:text=Les%20routes%20collectrices%20permettent%20de,une%20route%20de%20classe%20sup%C3%A9rieure..> [Accès le 31 03 2024].
- [120] Ibis World, «Local Freight Trucking in California,» 2023. [En ligne]. Disponible : <https://www.ibisworld.com/us/industry/california/local-freight-trucking/11115/>.
- [121] Clinique auditive, «Les camionneurs, un métier à risque pour l'audition,» [En ligne]. Disponible : <https://www.entendezvous.ca/camionneurs-perde-auditive>. [Accès le 23 06 2024].
- [122] Radio-Canada, «La pollution sonore nuit à l'intelligence des oiseaux,» 03 02 2021. [En ligne]. Disponible : <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1768047/pollution-sonore-intelligence-diamants-mandarins>. [Accès le 23 06 2024].
- [123] Gouvernement du Canada, «Inventaire des émissions de polluants atmosphériques : aperçu,» [En ligne]. Disponible : <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/polluants/inventaire-emissions-atmospheriques-apercu.html>. [Accès le 23 06 2024].
- [124] Gouvernement du Canada, «Base de données complète sur la consommation d'énergie,» [En ligne]. Disponible : http://oee.nrcan.gc.ca/corporate/statistics/neud/dpa/menus/trends/comprehensive_tables/list.cfm. [Accès le 23 06 2024].

A

Annexe A Présentation détaillée des données Geotab

Tableau A-0-1 Présentation de l'évolution du parc de véhicules moyens et lourds enregistrés à la SAAQ, entre 2012 et 2022

Année	C3	C4	C5	C6	C7	C8
2012	13 773	9 031	10 384	3 944	5 376	76 978
2013	14 376	9 086	10 682	4 457	5 330	79 902
2014	14 681	8 817	10 483	4 712	5 098	79 509
2015	14 312	8 411	10 036	4 957	4 872	78 939
2016	14 487	8 590	10 268	5 380	4 988	82 918
2017	14 330	8 747	10 515	5 954	5 177	86 784
2018	14 488	8 628	10 501	6 335	5 161	88 612
2019	15 020	8 437	10 634	6 871	5 201	90 162
2020	15 230	8 231	10 793	7 207	5 066	91 542
2021	15 992	8 325	11 716	7 287	5 085	94 214
2022	16 494	8 326	11 967	7 315	5 146	95 348

Classe C3

Les figures et le tableau présentés ci-dessous permettent de dégager les constats suivants :

- Les trois types d'activités types d'activités les plus populaires pour cette classe de véhicule sont : régional (38 %), local (24 %) et longue distance (14 %) en fonction du nombre de voyage.
- Les industries les plus populaires pour cette classe de véhicules sont : fabrication (26 %), commerce de gros (19 %) et commerce de détail (12 %) en fonction du nombre de voyage.
- En moyenne, les véhicule de la classe 3 parcourent 91 km par voyage, avec environ 4 arrêts par jour pour une vitesse moyenne de 54 km/h;
- Le temps disponible pour la recharge ou le remplissage à la destination finale est en moyenne de 15,1 heures, et par voyage de 1,7 heure.
- Le temps de marche au ralenti correspond, en moyenne, à environ 4 % de la durée totale des voyages.

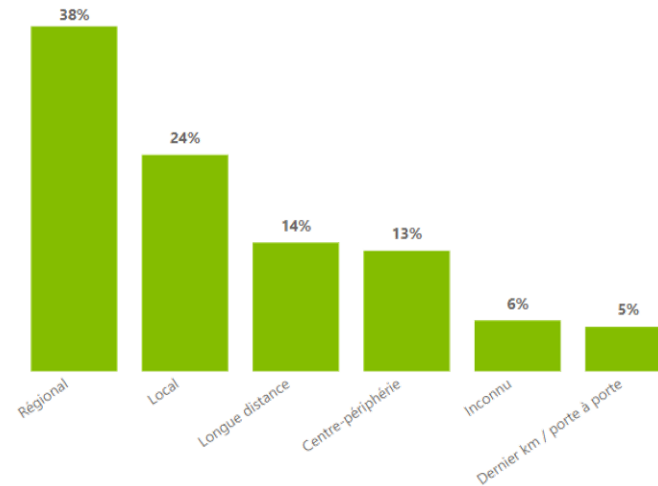


Figure A-0-1 Répartition des voyages par type d'activité pour la classe 3 (en pourcentage)

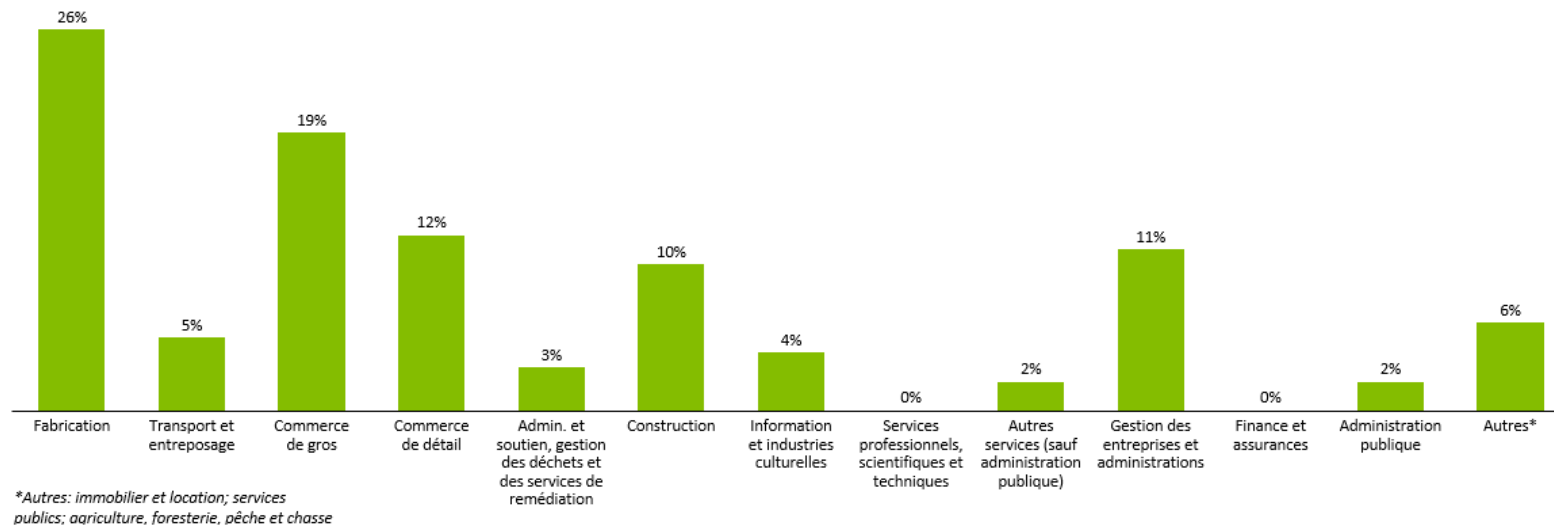


Figure A-0-2 Répartition des voyages par industrie pour la classe 3 (en pourcentage)

Les Figure A-0-1 et B2 présentent respectivement la répartition des voyages par type d'activité et la répartition des voyages par industrie. Le Tableau A-0-2, quant à lui, illustre les indicateurs des voyages des camions de classe 3.

Tableau A-0-2 Indicateurs liés aux voyages des véhicules de la classe 3

Indicateur	Médiane pondérée	Moyenne pondérée
Distance parcourue par voyage (km)	53,7	91,0
Durée entre les segments (h)	0,40	0,7
Nombre de segments par voyage	2,0	3,9
Temps marche au ralenti (min)	2,0	4,3
Temps moyen d'arrêt à destination (h)	4,0	15,1
Vitesse réelle des voyages (km/h)	54,2	54,2
Durée des voyages (h)	1,0	1,7
Consommation (L/100 km) de diesel	-	24
Consommation (L/100 km) d'essence	-	27

Classe C4

Les figures et le tableau ci-dessous permettent de dégager les constats suivants :

- Les trois types d'activités types d'activités les plus populaires pour cette classe de véhicule sont : local (34 %), régional (26 %) et dernier km / porte à porte (21 %) en fonction du nombre de voyage.
- Les industries les plus populaires pour cette classe de véhicules sont : commerce de détail (19 %), transport et entreposage (17 %) et fabrication (13 %) en fonction du nombre de voyage.
- En moyenne, les véhicule de la classe 4 parcourent 66 km par voyage, avec environ 6 arrêts par voyage pour une vitesse moyenne de 42 km/h
- Le temps disponible pour la recharge ou le remplissage à la destination finale est en moyenne de 18,2 heures, et par voyage de 1,7 heure.
- Le temps de marche au ralenti correspond, en moyenne, à environ 6,6 % de la durée totale des voyages.

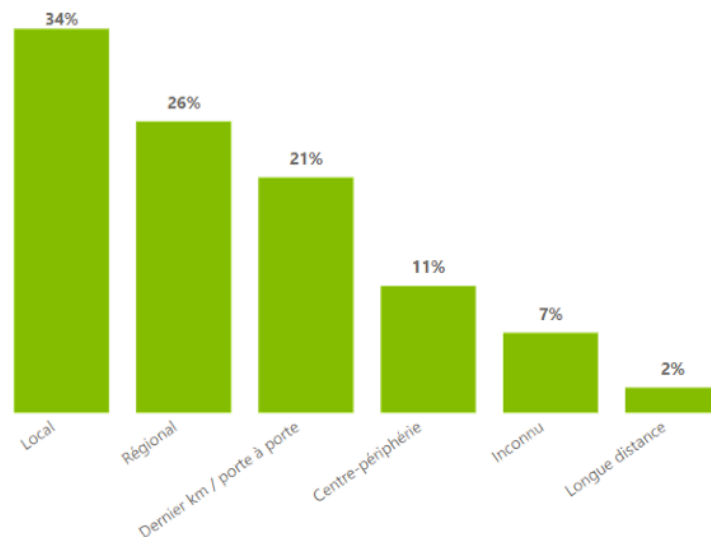


Figure A-0-3 Répartition des voyages par type d'activité pour la classe 4 (en pourcentage)

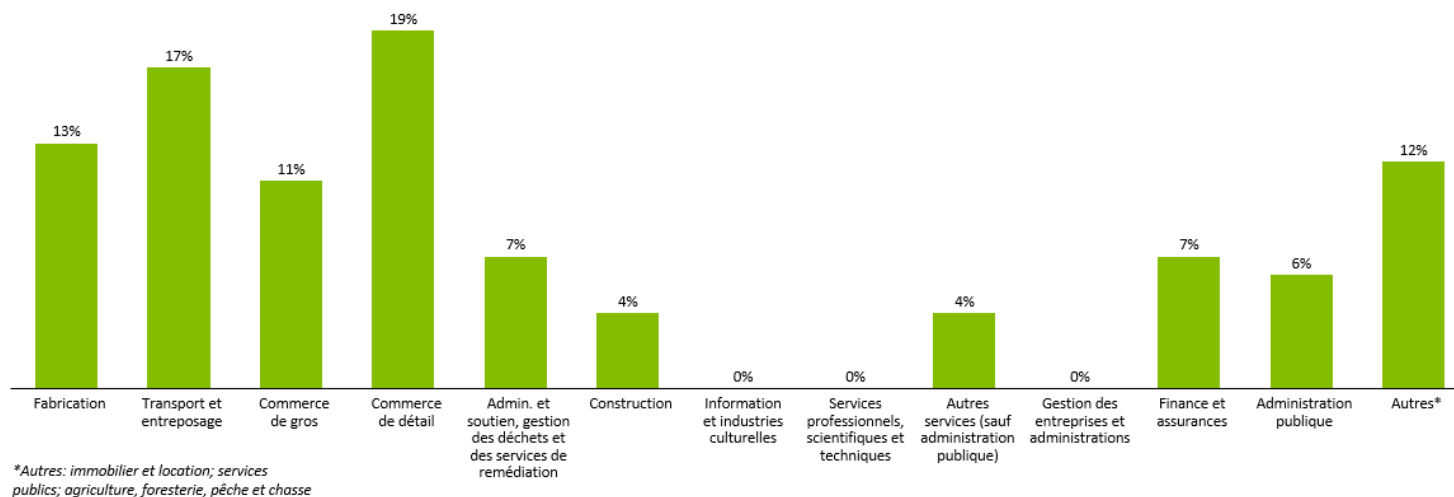


Figure A-0-4 Répartition des voyages par industrie pour la classe 4 (en pourcentage)

Les Figure A-0-3 et Figure A-0-4 présentent respectivement la répartition des voyages par type d'activité et la répartition des voyages par industrie, pour la classe 4. Le Tableau A-0-3 présente les indicateurs liés aux voyages des camions de classe 4.

Tableau A-0-3 Indicateurs liés aux voyages des véhicules de la classe 4

Indicateur	Médiane pondérée	Moyenne pondérée
<i>Distance parcourue par voyage (km)</i>	44,0	65,8
<i>Durée entre les segments (h)</i>	0,5	0,8
<i>Nombre de segments par voyage</i>	2,5	5,9
<i>Temps marche au ralenti (min)</i>	3	6,7
<i>Temps moyen d'arrêt à destination (h)</i>	9,2	18,2
<i>Vitesse réelle des voyages (km/h)</i>	38,8	42,0
<i>Durée des voyages (h)</i>	1,0	1,7
<i>Consommation (L/100 km) de diesel</i>	-	23
<i>Consommation (L/100 km) d'essence</i>	-	29

Classe C5

Les figures et le tableau ci-dessous permettent de dégager les constats suivants :

- Les trois types d'activités types d'activités les plus populaires pour cette classe de véhicule sont : local (33 %), régional (29 %) et centre-périphérie (20 %) en fonction du nombre de voyage.
- Les industries les plus populaires pour cette classe de véhicules sont : transport et entreposage (19 %), fabrication (16 %), information et industries culturelles (16 %) en fonction du nombre de voyage.
- En moyenne, les véhicule de la classe 5 parcourent 76 km par voyage, avec environ 4 arrêts par voyage par jour pour une vitesse moyenne d'environ 45 km/h.
- Le temps disponible pour la recharge ou le remplissage à la destination finale est en moyenne de 17,8 heures, et par voyage de 1,8 heure.
- Le temps de marche au ralenti correspond, en moyenne, à environ 6 % de la durée totale des voyages.

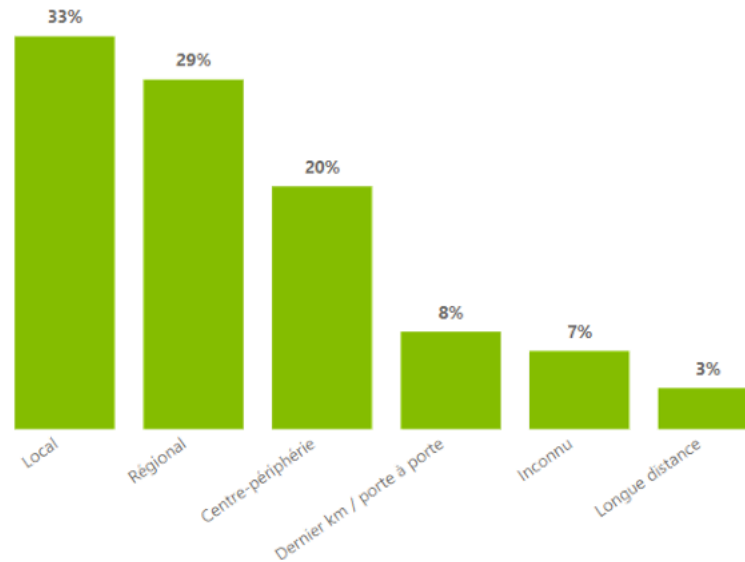


Figure A-0-5 Répartition des voyages par type d'activité pour la classe 5 (en pourcentage)

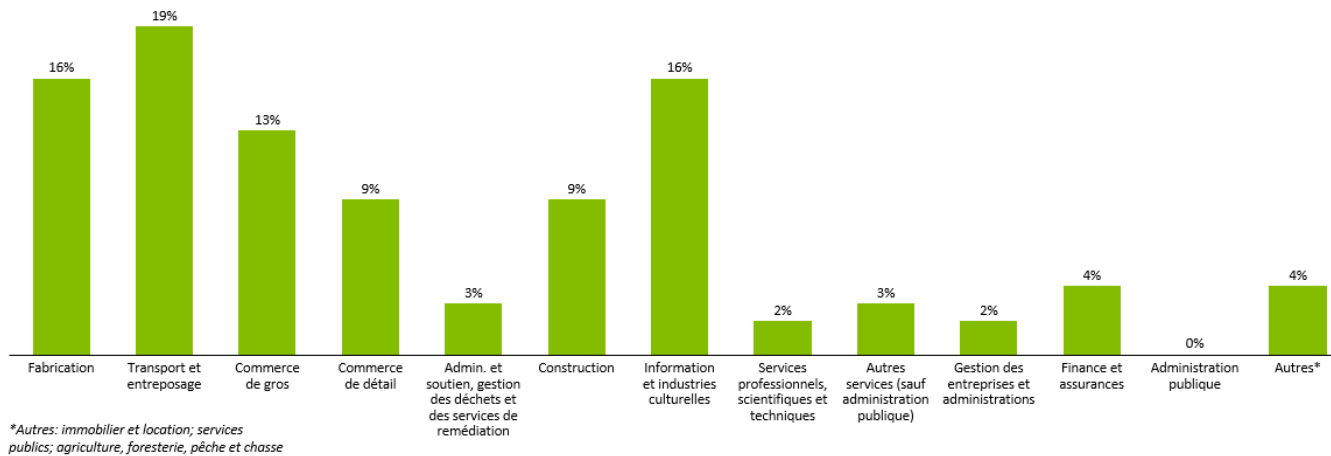


Figure A-0-6 Répartition des voyages par industrie pour la classe 5 (en pourcentage)

Les Figure A-0-5 et Figure A-0-6 présentent respectivement la répartition des voyages par type d'activité et la répartition des voyages par industrie, pour la classe 5. Le Tableau A-0-4 présente les indicateurs liés aux voyages des camions de classe 5.

Tableau A-0-4 Indicateurs liés aux voyages des véhicules de la classe 5

Indicateur	Médiane pondérée	Moyenne pondérée
Distance parcourue par voyage (km)	47,1	76,4
Durée entre les segments (h)	0,5	0,8
Nombre de segments par voyage	2,3	4,0
Temps marche au ralenti (min)	2,8	6,4
Temps moyen d'arrêt à destination (h)	9,0	17,8
Vitesse réelle des voyages (km/h)	42,4	44,7
Durée des voyages (h)	1,1	1,8
Consommation (L/100 km) de diesel	-	24
Consommation (L/100 km) d'essence	-	38

Classe C6

Les figures et le tableau ci-dessous permettent de dégager les constats suivants :

- Les trois types d'activités les plus populaires pour cette classe de véhicule sont : régional (30 %), local (25 %) et centre-périphérie (23 %) en fonction du nombre de voyage.
- Les industries les plus populaires pour cette classe de véhicules sont : fabrication (30 %), transport et entreposage (19 %), service professionnels (16 %) en fonction du nombre de voyage.
- En moyenne, les véhicules de la classe 6 parcourent 85 km par voyage, avec environ 5 arrêts par voyage par jour pour une vitesse moyenne d'environ 43 km/h.
- Le temps disponible pour la recharge ou le remplissage à la destination finale est en moyenne de 18 heures, et par voyage de 2,1 heures.
- Le temps de marche au ralenti correspond, en moyenne, à environ 6 % de la durée totale des voyages.

Les Figure A-0-7 et B8 présentent respectivement la répartition des voyages par type d'activité et la répartition des voyages par industrie, pour la classe 6. Le Tableau A-0-5 présente les indicateurs liés aux voyages des camions de classe 6.

Tableau A-0-5 Indicateurs liés aux voyages des véhicules de la classe 6

Indicateur	Médiane pondérée	Moyenne pondérée
Distance parcourue par voyage (km)	57,6	85,36
Durée entre les segments (h)	0,6	1,0
Nombre de segments par voyage	3,1	5,0
Temps marche au ralenti (min)	3,9	7,4
Temps moyen d'arrêt à destination (h)	10,3	18,0
Vitesse réelle des voyages (km/h)	40,1	43,3
Durée des voyages (h)	1,4	2,1
Consommation (L/100 km) de diesel	-	26
Consommation (L/100 km) d'essence	-	34

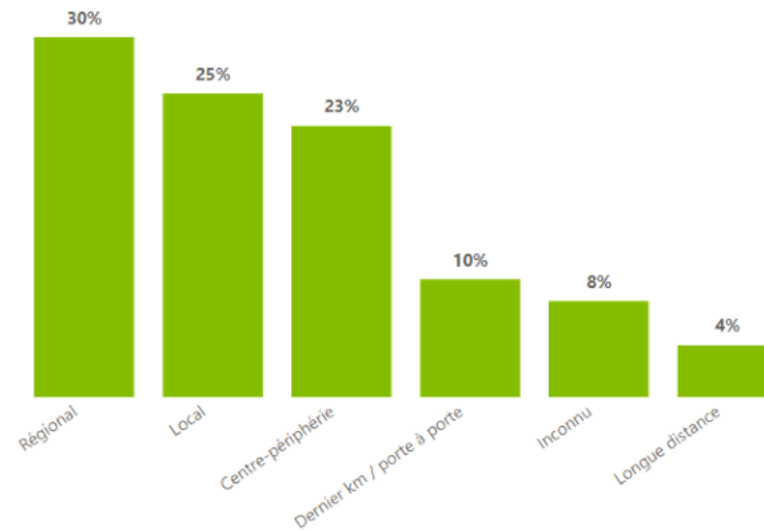


Figure A-0-7 Répartition des voyages par type d'activité pour la classe 6 (en pourcentage)

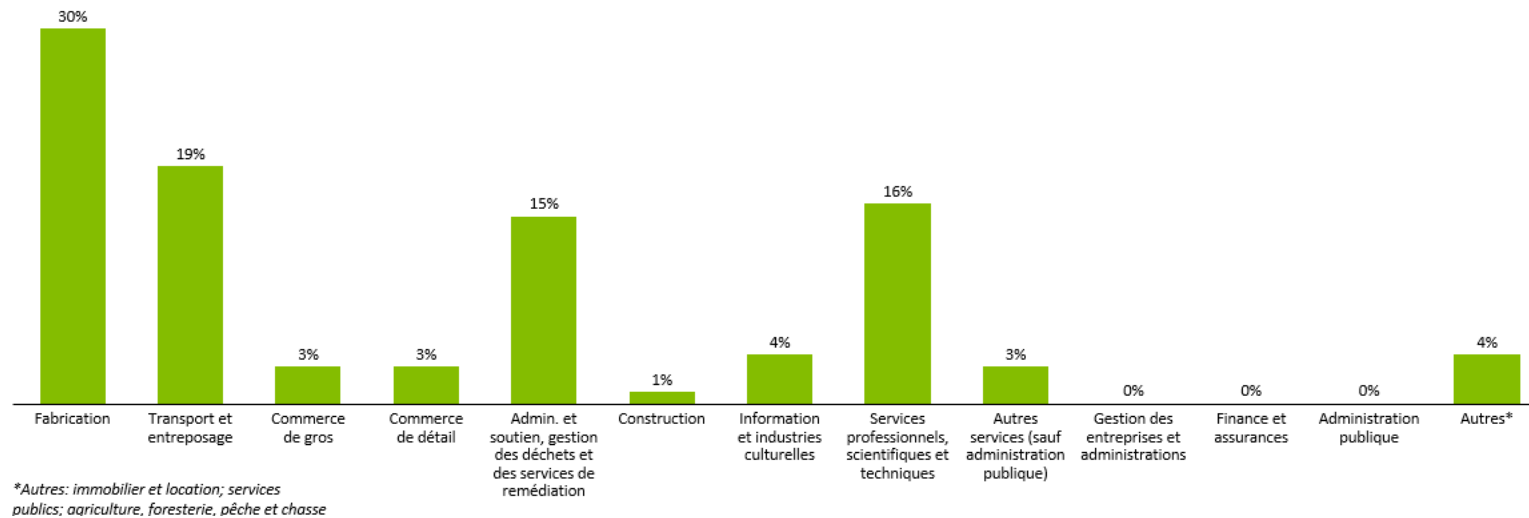


Figure A-0-8 Répartition des voyages par industrie pour la classe 6 (en pourcentage)

Classe C7

Les figures et le tableau ci-dessous permettent de dégager les constats suivants :

- Les trois types d'activités les plus populaires pour cette classe de véhicule sont : régional (29 %), local (29 %) et centre-périphérie (27 %) en fonction du nombre de voyage.
- Les industries les plus populaires pour cette classe de véhicules sont : Transport et entreposage (32 %), fabrication (22 %), et administration (12 %) en fonction du nombre de voyage.
- En moyenne, les véhicule de la classe 7 parcourent 85 km par voyage, avec environ 4 arrêts par voyage pour une vitesse moyenne d'environ 44 km/h.
- Le temps disponible pour la recharge ou le remplissage à la destination finale est en moyenne d'environ 17 heures, et par voyage de 0,9 heures.
- Le temps de marche au ralenti correspond, en moyenne, à environ 6 % de la durée totale des voyages.

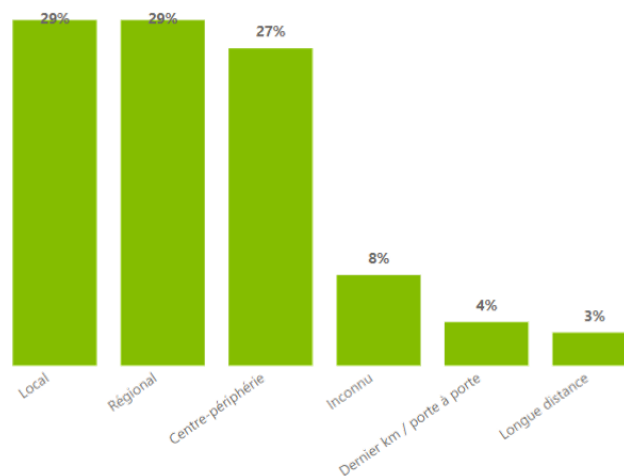


Figure A-0-9 Répartition des voyages par type d'activité pour la classe 7 (en pourcentage)

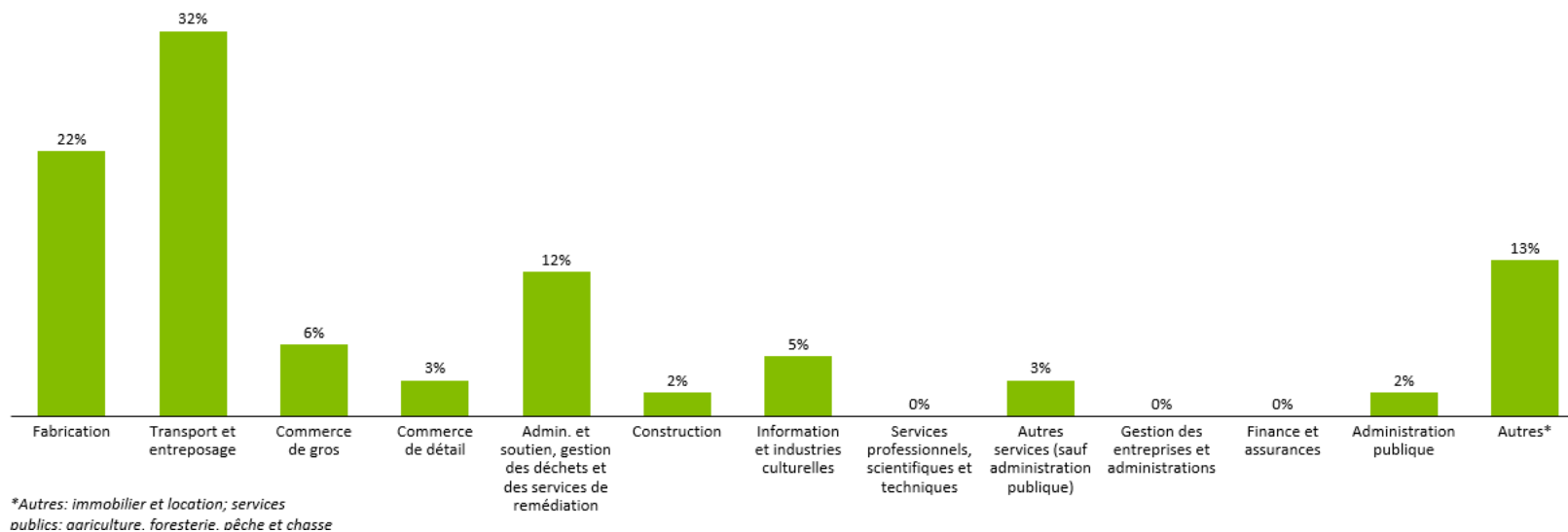


Figure A-0-10 Répartition des voyages par industrie pour la classe 7 (en pourcentage)

Les Figure A-0-9 et Figure A-0-10 présentent respectivement la répartition des voyages par type d'activité et la répartition des voyages par industrie, pour la classe 7. Le Tableau A-0-6 présente les indicateurs liés aux voyages des camions de classe 7.

Tableau A-0-6 Indicateurs liés aux voyages des véhicules de la classe 7

Indicateur	Médiane pondérée	Moyenne pondérée
Distance parcourue par voyage (km)	55,4	84,6
Durée entre les segments (h)	0,6	0,9
Nombre de segments par voyage	2,7	4,2
Temps marche au ralenti (min)	3,3	6,9
Temps moyen d'arrêt à destination (h)	8,6	17,3
Vitesse réelle des voyages (km/h)	40,9	43,6
Durée des voyages (h)	1,3	2,0
Consommation (L/100 km) de diesel	-	29
Consommation (L/100 km) d'essence	-	40

Classe C8

Les figures et le tableau ci-dessous permettent de dégager les constats suivants :

- Les trois types d'activités les plus populaires pour cette classe de véhicule sont : longue distance (33 %), régional (28 %) et centre-périphérie (18 %) en fonction du nombre de voyage;
- Les industries les plus populaires pour cette classe de véhicules sont : transport et entreposage (36 %), fabrication (26 %), commerce de gros (11 %) en fonction du nombre de voyage;
- En moyenne, les véhicule de la classe 8 parcourent 129 km par voyage, avec environ 4 arrêts par jour pour une vitesse moyenne d'environ 57 km/h;
- Le temps disponible pour la recharge ou le remplissage à la destination finale est en moyenne d'environ 14,5 heures, et par voyage de 2,3 heures;
- Le temps de marche au ralenti correspond, en moyenne, à environ 4,7 % de la durée totale des voyages.

Il faut noter que les données Altitude Geotab n'incluent que les déplacements intraprovinciaux et ne prennent pas en compte les véhicules se déplaçant aux États-Unis ou dans d'autres provinces. Cependant, tel que présenté dans la section 3.3.4, des données supplémentaires ont été partagées par Geotab pour analyser les points clés des déplacements vers l'extérieur du Québec et depuis l'extérieur du Québec, présentant des kilométrages moyens bien plus élevés entre 503 et 657 km par voyage.

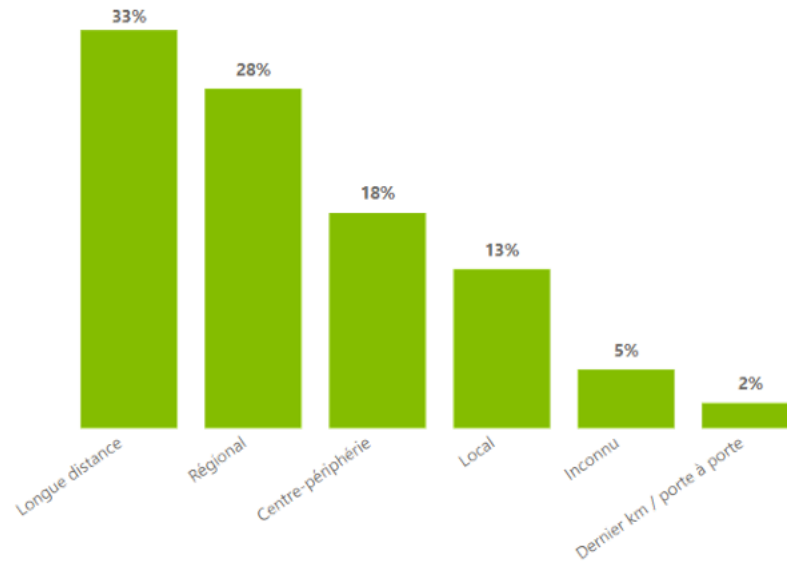


Figure A-0-11 Répartition des voyages par type d'activité pour la classe 8 (en pourcentage)

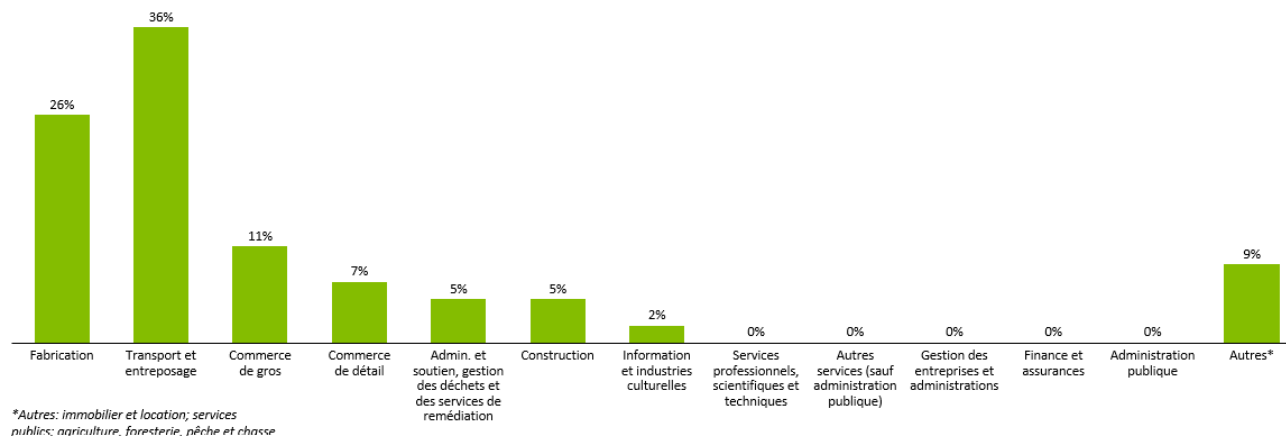


Figure A-0-12 Répartition des voyages par industrie pour la classe 8 (en pourcentage)

Les Figure A-0-11 et Figure A-0-12 présentent respectivement la répartition des voyages par type d'activité et la répartition des voyages par industrie, pour la classe 8. Le Tableau A-0-7 présente les indicateurs liés aux voyages des camions de classe 8.

Tableau A-0-7 Indicateurs liés aux voyages des véhicules de la classe 8

Indicateur	Médiane pondérée	Moyenne pondérée
<i>Distance parcourue par voyage (km)</i>	88,3	129,3
<i>Durée entre les segments (h)</i>	0,5	0,8
<i>Nombre de segments par voyage</i>	2,3	3,6
<i>Temps marche au ralenti (min)</i>	2,6	6,5
<i>Temps moyen d'arrêt à destination (h)</i>	6,7	14,5
<i>Vitesse réelle des voyages (km/h)</i>	57,1	57,3
<i>Durée des voyages (h)</i>	1,6	2,3
<i>Consommation (L/100 km) de diesel</i>	-	43
<i>Consommation (L/100 km) d'essence</i>	-	0

