

Guide des meilleures pratiques pour des parcs de véhicules écologiques

Ressources Naturelles Canada

Mars 2025



Also available in English under the title: Green Fleet Best Practices Guide.

© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, représenté par le ministre des Ressources naturelles, 2025

Pour obtenir des renseignements sur les droits de reproduction, veuillez communiquer avec Ressources naturelles Canada à copyright-droitdauteur@nrcan-rncan.gc.ca.

N° de cat. M164-18/2025F-PDF (En ligne)

ISBN 978-0-660-77635-4

Glossaire

A	Ampère
BRVE	Bornes de recharge pour véhicules électriques
CC	Courant continu
CRCC	Chargeur rapide à courant continu
CTP	Coût total de propriété
CVC	Chauffage, ventilation et climatisation
DE	Diagnostic embarqué
DMED	Distance moyenne entre les défaillances
EDC	État de charge
EPI	Équipements de protection individuelle
GC	Gouvernement du Canada
GES	Gaz à effet de serre
GRC	Gendarmerie royale du Canada
IRF	Identification par radiofréquence
kVA	Kilovolt-ampère
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattheure
MCI	Moteur à combustion interne
MCS	Système de charge mégawatt
MVA	Mégavolt-ampère
NACS	Standard de charge nord-américain
OCPP	Protocole ouvert de bornes de recharge
PVSSN	Parc de véhicules de sûreté et sécurité nationale
RACI	Responsable (R), Approbateur (A), Consulté (C), Informé (I)
RNCan	Ressources naturelles Canada
SAE	<i>Society of Automotive Engineers</i>
SGC	Système de gestion de la charge
SGE	Système de gestion de l'énergie
SSE	Système de stockage d'énergie
V	Volt
VBE	Véhicule à batterie électrique
VE	Véhicule électrique
VEPC	Véhicule électrique à pile à combustible
VHE	Véhicule hybride électrique
VHER	Véhicule hybride électrique rechargeable
VL	Véhicules légers
VML	Véhicules moyens et lourds
VZE	Véhicules zéro émission

À propos

Ressources naturelles Canada (RNCan)

Le Programme de verdissement des parcs automobiles de RNCan soutient les entités fédérales dans leurs efforts de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) liées au transport. Il offre une expertise technique pour la planification et le déploiement de véhicules zéro émission (VZE) ainsi que d'infrastructures de recharge sur les sites du gouvernement du Canada (GC). Grâce à des analyses basées sur des données probantes et des consultations stratégiques, le programme permet de développer des plans d'électrification des parcs automobiles et aide les gestionnaires à identifier des solutions de mobilité durable adaptées à leurs besoins opérationnels.



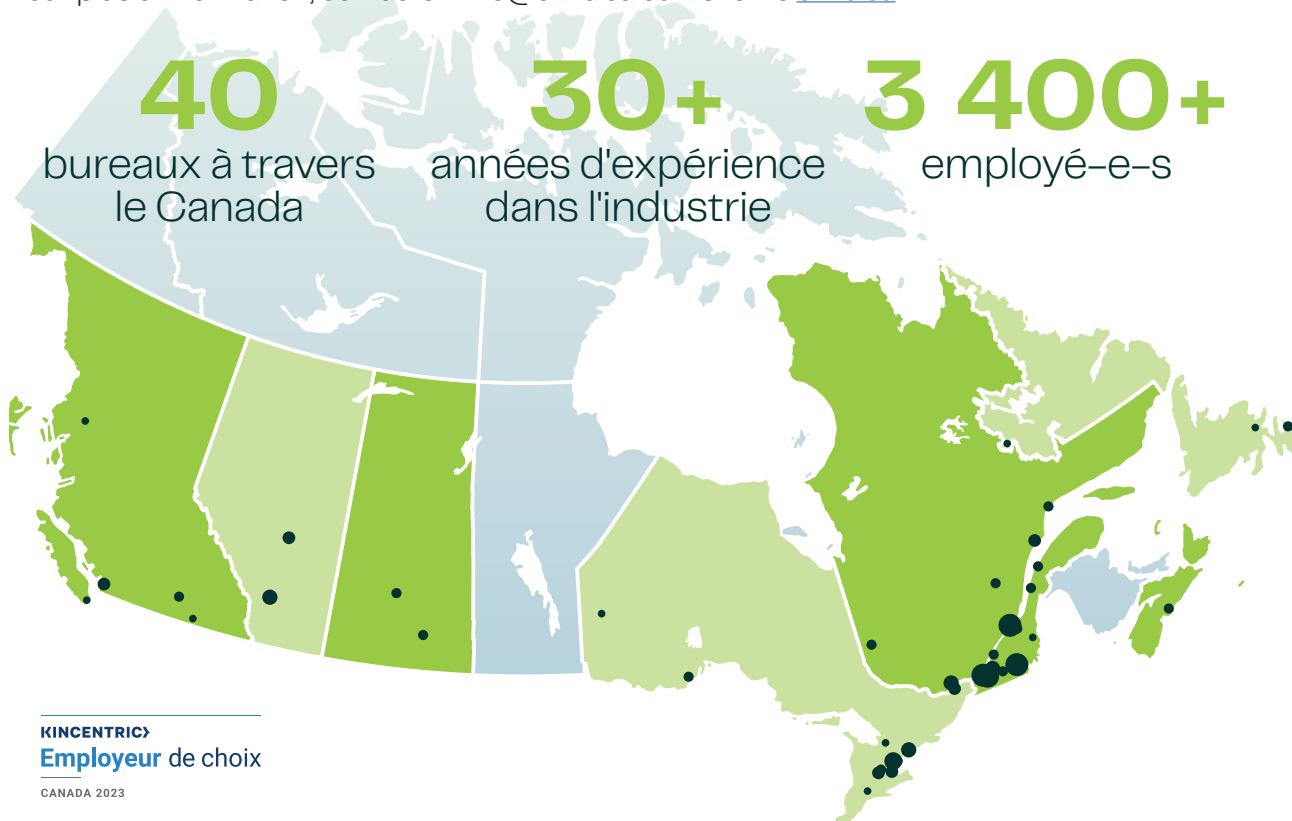
CIMA+

CIMA+ offre des services de génie-conseil en énergie, infrastructures, transport, bâtiment et environnement. Depuis 1990, nous sommes devenus l'une des plus grandes firmes privées du pays, avec 40 bureaux et plus de 3 400 employé-e-s, dont la majorité sont actionnaires.

Chez CIMA+, nous plaçons l'humain au centre de l'ingénierie en développant des solutions durables et novatrices. Notre centre d'expertise en décarbonation des parcs de véhicules regroupe plus de 80 spécialistes qui ont accompagné de nombreux opérateurs et facilité le déploiement de plus de 1 000 stations de recharge rapide à travers le pays.

Notre approche couvre l'ensemble du processus de transition de parc de véhicules, de la stratégie à la mise en œuvre : planification, conception, approvisionnement, ingénierie des systèmes, gestion du changement et supervision de la construction.

Pour plus d'information, contactez info@cima.ca ou visitez le cima.ca.



Remerciements et limites du rapport

Remerciements

Les auteurs souhaitent remercier Hydro-Québec, *BC Hydro*, le ministère des Transports et de la Mobilité durable, la *Toronto Transit Commission*, la Ville de Toronto, Purolator, Postes Canada, la Gendarmerie royale du Canada et Geotab pour avoir partagé leurs précieuses connaissances et retours d'expérience sur le sujet de l'écologisation des parcs de véhicules.

Limites du rapport

L'écologisation des parcs de véhicules est une vaste entreprise multidisciplinaire. Ce guide s'adresse principalement aux exploitants et aux gestionnaires de parcs de véhicules qui dirigent des programmes d'écologisation. Il vise à fournir de bonnes pratiques et des recommandations sur la manière d'aborder efficacement les projets d'écologisation des véhicules et, plus généralement, la gestion de la transition vers des technologies propres. Les auteurs se sont efforcés de fournir des références utiles et impartiales basées sur les informations connues au moment de la publication de ce guide.

Les auteurs ont délibérément choisi de rester concis et pertinents, tout en offrant une profondeur technique. Bien que ce guide ne puisse pas être exhaustif, il vise à mettre en évidence les informations nécessaires pour assurer la réussite de la transition d'un parc de véhicules vers des véhicules zéro émission.

Enfin, même si le guide aborde toutes les technologies à faible teneur en carbone et à émissions nulles, il met fortement l'accent sur les véhicules électriques (VE) à batterie et leurs équipements de recharge, car les trajectoires de vente actuelles démontrent que ces technologies devraient dominer l'écologisation des parcs de véhicules au cours de la prochaine décennie.

An aerial photograph of the Toronto skyline at sunset. The sun is low on the horizon, casting a warm orange glow over the city. The CN Tower stands prominently on the right side of the image. In the foreground, several high-rise buildings are visible, including one with a 'WESTIN' sign. A large green logo, consisting of two overlapping rounded shapes, is positioned on the left side of the image. The text 'Sommaire exécutif et introduction' is overlaid in white on the lower part of the image.

Sommaire exécutif et introduction

Sommaire exécutif et introduction

1 – Introduction

En 2022, le secteur des transports représentait 28 % des GES du Canada, le transport routier étant responsable de 18 % des émissions nationales. Pour atteindre l'objectif de carboneutralité d'ici 2050, les Canadiens doivent collectivement se tourner vers d'autres formes d'énergie, intégrant la transition des parcs de véhicules légers, moyens et lourds vers des véhicules zéro émission (VZE) dans tout le pays. Pour cette transition, une planification proactive de du parc de véhicules intégrant les véhicules, les installations et les opérations sera essentielle.

Bien que l'écologisation des véhicules personnels comporte son propre lot de défis, celle des parcs de véhicules commerciaux et professionnels s'accompagne de complexités supplémentaires en raison des différentes configurations d'exploitation, des exigences opérationnelles, des besoins en autonomie, et de l'état des infrastructures. Ces dernières peuvent souvent être sous-dimensionnées, obsolètes et incapables de répondre aux normes les plus récentes en matière d'installation d'équipements de recharge et de ravitaillement en carburant alternatif.

Bien qu'il n'y ait pas une solution unique pour réussir l'écologisation d'un parc de véhicules, cinq éléments ont été identifiés pour une transition réussie :

1. Assurer un engagement clair de la part de l'organisation : Fixer des objectifs précis et fournir aux employés le temps et les ressources nécessaires pour s'investir efficacement dans la transition vers les VZE.
2. Briser les silos : Favoriser une collaboration centralisée entre les équipes chargées des opérations des parcs de véhicules, de l'infrastructure, des approvisionnements, de la haute direction, et des autres équipes impliquées dans la planification de la transition est essentiel, car les décisions prises par chaque groupe peuvent avoir des répercussions sur les autres.
3. Prendre des décisions basées sur des informations à jour : Dans un contexte d'évolution rapide de la gestion des parcs de véhicules, rester informé des avancées en matière de VZE, d'infrastructures et de solutions logicielles pour assurer un succès à long terme.

4. Acheter des véhicules et des équipements qui correspondent aux besoins opérationnels : Prioriser le remplacement des véhicules à moteur à combustion interne (MCI) par des VZE adaptés aux cycles de conduite requis. Pour les segments du parc de véhicules qui sont plus difficiles à écologiser, élaborer un plan progressif pour les remplacements futurs de véhicules basé sur des données réelles collectées.
5. Planifier le succès à long terme : La transition vers les VZE est un processus en constante évolution. Les gestionnaires de parcs de véhicules doivent anticiper les évolutions en matière de performance et d'efficacité énergétique des véhicules, en intégrant une planification continue.

2 – Principaux éléments à prendre en compte dans la planification de la transition du parc de véhicules (avant l'acquisition)

Pour assurer une transition progressive vers les VZE, les gestionnaires doivent évaluer la composition de leurs parcs et définir les besoins opérationnels actuels et futurs. Des programmes de formation sur mesure doivent être développés en interne pour faciliter la gestion du changement et aider les opérateurs et les techniciens à s'adapter aux nouvelles technologies. Ces programmes devraient inclure des modules sur la conduite, l'entretien, le ravitaillement en carburant alternatif, la recharge et d'autres aspects liés à l'utilisation et à la gestion d'un parc de VZE.

L'acquisition de véhicules nécessite un examen approfondi des technologies disponibles, des délais de livraison, du coût total de propriété (CTP) et de l'accès aux services de maintenance. L'achat et l'installation de chargeurs requièrent souvent d'importantes mises à niveau des bâtiments existants et de leurs infrastructures électriques. Ce guide passe en revue les améliorations courantes à apporter aux bâtiments et fournit les lignes directrices relatives à la recharge à l'extérieur, afin de faciliter le déploiement de stations de recharge sur site.

Pour réussir la transition vers les VZE, il est essentiel de garantir une distribution efficace de l'énergie aux infrastructures de recharge. Les fournisseurs d'électricité doivent être impliqués dès les premières étapes du projet et s'engager activement dans la réussite du projet. Les démarches pour les contacter et les intégrer au projet varient selon les provinces et les distributeurs locaux. L'infrastructure mise en place doit être conçue pour le long terme et durer plusieurs cycles de vie des véhicules, la résilience est donc un facteur clé à considérer. Si les parcs de véhicules opèrent sur des sites loués, plusieurs options

permettent de poursuivre la transition, notamment des systèmes de recharge flexibles pouvant être installés puis déplacés. De plus, négocier avec les propriétaires peut augmenter la durée des contrats de location et des garanties.

Les gestionnaires de parcs de véhicules doivent également investir dans de nouvelles infrastructures et dans des systèmes de gestion de la recharge afin d'optimiser l'efficacité énergétique tout en limitant les pointes de consommation d'énergie. Ces systèmes doivent souvent être intégrés aux bases de données et aux systèmes informatiques existants, ce qui nécessite une ingénierie des systèmes pour garantir que les protocoles de communication et de cybersécurité sont optimisés.

L'élaboration d'un plan exhaustif et bien structuré pour la transition du parc de véhicules permet de s'assurer que les budgets disponibles correspondent aux besoins opérationnels et que les financements peuvent être sécurisés. La réalisation d'analyses financières est essentielle dans ce processus, car l'écologisation des transports introduit de nouveaux modèles d'affaires et la génération de nouvelles sources de revenus. Par exemple, les programmes d'électrification peuvent être confiés à des fournisseurs clé en main, ce qui permet de convertir l'investissement initial en dépenses opérationnelles récurrentes. Des options de location-vente pour les véhicules peuvent être envisagées, et de nouvelles sources de revenus, telles que les crédits carbone ou le partage d'accès à la recharge entre opérateurs de parcs de véhicules, peuvent être explorées pour soutenir la transition.

3 – Considérations clés pour une gestion efficace des véhicules

Une fois les VZE achetés et déployés, la télématique peut aider à contrôler et à analyser des indicateurs de performance clés tels que la consommation d'énergie globale du parc de véhicules, le taux de succès des trajets planifiés, la durée de fonctionnement des véhicules, l'état de santé des batteries et la distance moyenne parcourue entre les pannes.

Pour maximiser l'efficacité des VZE et de l'infrastructure de recharge associée, il est primordial que les opérateurs de parcs de véhicules bénéficient d'une formation adéquate. Au Canada, l'utilisation de VZE nécessite des considérations spécifiques, notamment en raison de la demande accrue de chauffage en hiver. Pour atténuer la réduction de l'autonomie des VE durant cette saison, des pratiques telles que le préchauffage des véhicules avant le départ, le préconditionnement des batteries et l'entreposage adéquat des VE doivent être mises en place.

Une gestion efficace de la répartition des véhicules, combinée à une stratégie de recharge optimisée, peut réduire considérablement les coûts d'investissement et d'exploitation. Pour les grands parcs de véhicules, il est pertinent d'envisager la mise en place de systèmes de recharge intelligents. Ces systèmes garantissent une recharge efficace des véhicules en fonction des besoins opérationnels tout en facilitant des décisions éclairées en matière de répartition.

4 – Objectifs du guide

Ce guide offre un aperçu des meilleures pratiques en matière d'écologisation et de gestion des parcs de véhicules. Il couvre des sujets tels que l'anxiété d'autonomie, l'impact des conditions hivernales sur les performances des véhicules, le coût total de possession, le financement, la résilience de l'infrastructure et l'installation de systèmes de recharge afin d'aider dans la transition vers des véhicules zéro-émission. Ce guide aborde également les défis liés à la capacité électrique limitée des dépôts de parcs de véhicules, à l'espace restreint, aux risques d'incendie, à la gestion du changement, à l'évolution et des rôles organisationnels, et aux préoccupations en matière de cybersécurité.

Ensemble, nous avons le pouvoir d'accélérer la transition énergétique et d'atteindre les objectifs de carboneutralité du Canada. Envisageons d'amorcer le passage vers un meilleur avenir.

Table des matières

1	Politiques publiques et objectifs gouvernementaux en vigueur	15
1.1	Objectifs et politiques du Gouvernement du Canada en matière de VZE	16
1.2	Objectifs et politiques des gouvernements provinciaux canadiens	18
2	Écologisation des parcs de véhicules	21
2.1	Renforcement des capacités pour assurer la transition	21
2.1.1	Parties prenantes impliquées	22
2.1.2	Plan de transition vers les VZE	25
2.1.3	Évolution des rôles et des responsabilités	26
2.2	Utilisation des véhicules, besoins opérationnels et inventaire	28
2.2.1	Mesures de l'utilisation des véhicules	28
2.2.2	Mise en œuvre et avantages de la télématique	29
2.2.3	Considérations relatives à la composition du parc de véhicules	31
2.3	Considérations relatives au remplacement des véhicules	33
2.3.1	Groupes motorpropulseurs des véhicules	33
2.3.2	Planification de l'approvisionnement	35
2.3.3	Portrait actuel et projeté du marché des VZE	38
2.4	Mise à niveau de l'infrastructure	42
2.4.1	Typologie des BRVE, nouvelles solutions de recharge et termes clés	42
2.4.2	Systèmes de gestion de l'énergie, répartition des charges et recharge intelligente	51
2.4.3	Éléments à prendre en compte pour les études d'avant-projet et de faisabilité	53
2.4.4	Installation des BRVE, mise à niveau du bâtiment et coûts du matériel	55
2.4.5	Considérations pour un réseau de BRVE	59
2.4.6	Modèle de propriété des systèmes de BRVE	59
2.4.7	Les divers droits fonciers et leur importance	61
2.5	Considérations pour les parcs de véhicules des forces de l'ordre	64
2.5.1	Écologisation du parc de véhicules (en prévision de l'achat)	64
2.5.2	Gestion et exploitation d'un parc de véhicules VZE pour les forces de l'ordre (après l'achat)	66
3	Gestion du parc de véhicules zéro émission	69
3.1	Formation des conducteurs et utilisation des VZE	69
3.1.1	Stratégies pour réduire la consommation d'énergie et optimiser l'autonomie	70
3.1.2	Atténuer la dégradation des batteries	72

3.1.3	Baisse des performances en hiver et considérations météorologiques extrêmes	73
3.1.4	Fonctionnement et entretien des VZE	75
3.2	Gestion et utilisation des BRVE	79
3.2.1	Recharge efficace au dépôt	79
3.2.2	Accès des employés et du public aux BRVE	81
3.2.3	Consignes d'utilisation pour la recharge	82
3.2.4	Recharge à domicile	83
3.3	Responsabilité environnementale	84
3.3.1	Considérations relatives au cycle de vie des VZE et des systèmes de recharge	84
3.3.2	Deuxième vie et recyclage des batteries	85
3.3.3	Désaffectation des véhicules en fin de vie utile	86

4 Conclusion.....88

5 Références91

Liste des tableaux

2-1:	Principales parties prenantes internes et rôles dans l'écologisation des véhicules	22
2-2:	Principales parties prenantes externes et rôles dans l'écologisation des véhicules	23
2-3:	Modèle de propriété des véhicules	36
2-4:	Typologie des BRVE	43
2-5:	Considérations pour installer les solutions de recharge dans les installations louées	61

Liste des figures

1-1:	Cibles de ventes de VZE légers du Canada	16
2-1:	Structure recommandée pour l'élaboration d'un plan de transition vers les VZE	25
2-2:	Autonomie médiane et maximale (en km) des VBE légers proposés à la vente aux États-Unis – Années modèles 2011–2023 [33]	35
2-3:	Évolution de l'adoption des autobus électriques au Québec.	39
2-4:	Composants de distribution électrique simplifiés pour un BRVE (Hydro-Québec, 2015) [52]	47
2-5:	Utilisation typique de l'énergie au cours d'une journée d'exploitation du parc de véhicules de transport en commun	50
3-1:	Illustration de la consommation d'énergie d'un groupe motopropulseur VZE (adaptée des résultats d'une présentation des Transports publics genevois sur leur projet d'électrification TOSA)	71



1

Politiques publiques et objectifs gouvernementaux en vigueur

1

Politiques publiques et objectifs gouvernementaux en vigueur

Messages clés

- Le gouvernement du Canada (GC) a introduit une norme sur la disponibilité des VE en décembre 2023, obligeant les constructeurs automobiles à atteindre des objectifs annuels de ventes de VZE légers. D'ici 2035, toutes les nouvelles ventes de véhicules légers (VL) devront être des VZE. De plus, le gouvernement s'engage à harmoniser ses normes d'émissions pour les VML (véhicules moyens et lourds) avec les normes nord-américaines les plus strictes, basées sur les performances, ce qui entraînera une augmentation substantielle des ventes de VML zéro émission dans les années à venir.
- La stratégie pour un gouvernement vert (SGV) inclut un objectif selon lequel le parc de véhicules légers du gouvernement fédéral sera composé à 100 % de VZE d'ici 2030, et qu'au moins 40 % des nouveaux véhicules commerciaux moyens et lourds achetés seront des VZE d'ici la même année.
- Le soutien financier et les incitatifs à l'achat sont également offerts par certaines provinces pour promouvoir l'adoption des VE et accélérer le déploiement des infrastructures de recharge.

1.1 Objectifs et politiques du Gouvernement du Canada en matière de VZE

Les objectifs du Gouvernement du Canada en matière de VZE et de climat sont définis par deux réglementations : le Plan de réduction des émissions pour 2030 et le Plan d'action du Canada pour un transport routier propre, qui ont pour objectif de réduire les émissions de GES des véhicules routiers à l'échelle nationale, en vue d'atteindre la carboneutralité d'ici 2050.

Un levier politique mis en avant dans ces cadres est l'introduction d'un règlement sur les ventes de VZE légers. En décembre 2023, le gouvernement du Canada a publié la Norme sur la disponibilité des véhicules électriques. Celle-ci oblige les fabricants et les importateurs automobiles à atteindre des objectifs annuels de ventes de VZE légers. Ainsi, il est stipulé que 20 % des nouvelles ventes de VL doivent être des VZE d'ici 2026, une proportion qui augmentera à 60 % en 2030 et à 100 % en 2035.

Par ailleurs, Environnement et Changement climatique Canada harmonisera les réglementations canadiennes sur les polluants atmosphériques et les GES avec les normes finales de l'Agence de protection de l'environnement des États-Unis (EPA) en matière de standard d'émissions des véhicules. Cette initiative devrait entraîner une augmentation significative des ventes de VZE pour les véhicules moyens et lourds (VML) entre 2029 et 2032.¹ La Figure 1-1 présente les objectifs de vente de VZE du Canada pour les VL de 2026 à 2035 [1].

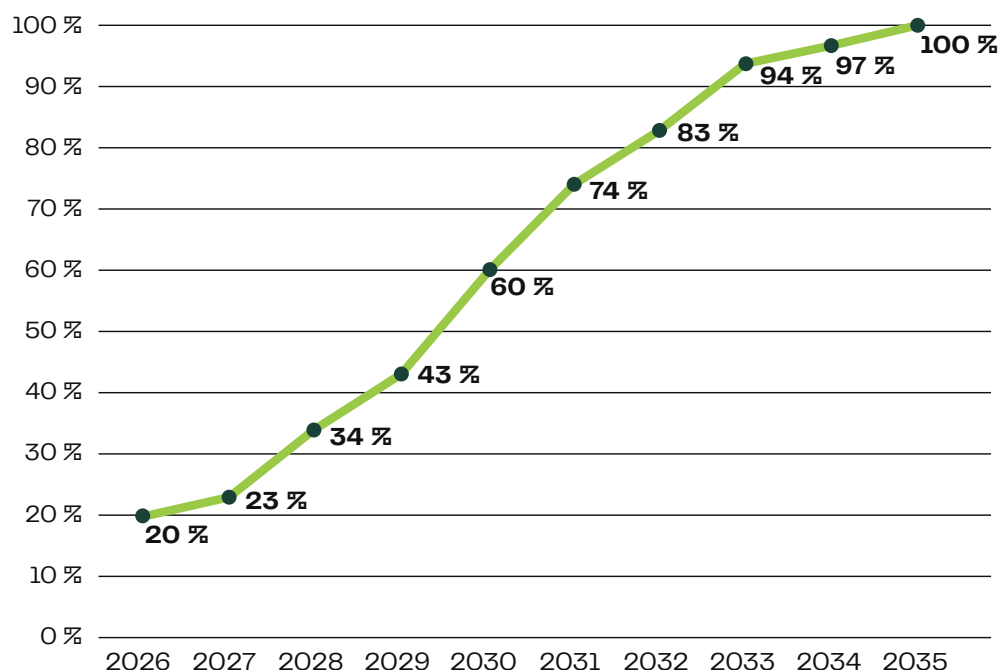


Figure 1-1: Cibles de ventes de VZE légers du Canada

¹ Au Canada, les véhicules légers sont ceux dont le poids nominal brut du véhicule (PNBV) est inférieur ou égal à 4 536 kg (10 000 lb), ce qui correspond aux classes 1 et 2 du PNBV. Les VML, quant à eux, ont un PNBV supérieur à 4 536 kg et couvrent les classes 3 à 8.

Le GC donne l'exemple grâce à l'élaboration et à la mise en œuvre de sa SGV, qui stipule qu'à partir de 2025, 100 % des nouveaux achats de véhicules légers pour le parc de véhicules fédérale devront être des VZE, avec pour objectif d'atteindre une composition de parc de véhicules légers entièrement zéro émission d'ici 2030 [2]. Pour le parc de véhicules de sûreté et sécurité nationales (PVSSN) de la Gendarmerie royale du Canada (GRC), la stratégie vise un objectif de 50 % des véhicules légers en VZE d'ici 2030, et 100 % d'ici 2035. Au niveau national, le GC exploite actuellement un parc de 17 000 véhicules légers conventionnels et plus de 12 000 véhicules légers pour le PVSSN. La SGV prévoit également des cibles pour les VML : au moins 40 % des nouveaux achats doivent être des VZE d'ici 2030.

Le GC offre plusieurs programmes financiers pour aider les Canadiens et les organisations à passer aux VZE. Ces initiatives visent à rendre ces véhicules plus accessibles et abordables, tout en favorisant le développement d'infrastructures nécessaires à leur adoption généralisée.

- Le Programme d'infrastructure pour les véhicules à émission zéro [3] et l'initiative de la Banque de l'infrastructure du Canada pour les stations de recharge et de ravitaillement en hydrogène [4] soutiennent le déploiement de ces installations pour les entités publiques et privées.
- Le Programme d'incitatifs pour les véhicules zéro émission (iVZE) [5] offre une remise pouvant atteindre 5 000 \$ par véhicule aux consommateurs admissibles qui achètent ou louent un VZE qualifié. Les entreprises peuvent également profiter d'un allègement fiscal temporaire lors de leur première année d'utilisation de véhicules légers, moyens et lourds à zéro émission, qu'ils soient neufs ou d'occasion ².
- Le Fonds pour le transport en commun à zéro émission [6] et l'initiative d'autobus zéro émission de la Banque de l'infrastructure du Canada [7] sont coordonnés pour faciliter la transition des véhicules de transport en commun vers des VZE, grâce à divers mécanismes de financement.
- Le GC s'est engagé à investir 1,2 milliard de dollars canadiens pour déployer des infrastructures publiques et privées de recharge à travers le Canada.
- L'initiative de sensibilisation aux véhicules à émission zéro (ISVEZ) soutient des projets qui renforcent la sensibilisation, les connaissances et la confiance du public dans les véhicules et les infrastructures à émissions zéro, en finançant des activités de sensibilisation, d'éducation et de renforcement des capacités afin de promouvoir leur adoption à l'échelle nationale au Canada [8].

Le Règlement sur les combustibles propres crée des opportunités économiques aux exploitants de bornes de recharge en leur permettant de générer des revenus grâce à l'augmentation de l'utilisation de l'électricité comme carburant. En remplaçant les carburants liquides traditionnels, les propriétaires de parcs de véhicules peuvent obtenir des crédits carbone lorsqu'ils installent des infrastructures de recharge dans le cadre de leur transition vers des VZE [9].

² Depuis le 13 janvier 2025, les fonds du programme d'Incitatifs pour les véhicules zéro émission (iVZE) ont été entièrement engagés. En conséquence, le programme iVZE est désormais officiellement suspendu.

Ces incitatifs évoluent. Les informations les plus récentes sur les programmes actuels sont disponibles sur le site Web du GC [10].

1.2 Objectifs et politiques des gouvernements provinciaux canadiens

La Colombie-Britannique et le Québec sont des chefs de file en matière d'adoption des VZE au Canada grâce à des incitatifs à l'achat, des investissements dans les infrastructures de recharge et l'introduction de quotas de vente de VZE légers au niveau provincial [11].

Objectifs de vente de VZE au Québec

- Véhicules légers : Atteindre 2 M de VZE en circulation d'ici 2030, puis exiger que 100 % des nouveaux VL vendus soient zéro émission à partir de 2035 [12].
- Autobus : Imposer que 55 % des parcs d'autobus urbains et 65 % des autobus scolaires soient zéro émission d'ici 2030 [13].

Pour atteindre ces objectifs, divers programmes financiers sont mis à disposition des citoyens, des entreprises et des entités publiques, tels que Roulez vert [14] et Écocamionnage [15]. De plus, à compter de 2025, le gouvernement du Québec cessera d'octroyer des subventions aux autobus à MCI et réservera ses incitatifs exclusivement aux autobus zéro émission, ce qui favorisera leur adoption dans les secteurs des transports en commun et scolaires.

Le Québec participe également au système de plafonnement et d'échange de carbone de la Western Climate Initiative (marché californien du carbone), ce qui permet aux propriétaires de parcs de véhicules de générer des revenus supplémentaires en décarbonant leurs opérations.

Objectifs de vente de VZE en Colombie-Britannique

- 26 % des ventes de nouveaux VL doivent être des VZE d'ici 2026.
- 90 % des ventes de nouveaux VL doivent être des VZE d'ici 2030.
- 100 % des ventes de nouveaux VL doivent être des VZE d'ici 2035.

Pour atteindre ces objectifs, des incitatifs financiers sont offertes aux citoyens, aux entreprises et aux entités publiques par le biais de programmes tels que le CleanBC Go Electric Commercial Vehicle Pilots Program [16], le CleanBC Go Electric Rebates Program [17], et le CleanBC Heavy-Duty Vehicle Efficiency Program [18]. En complément, BC Hydro encourage l'électrification des parcs de véhicules en proposant des incitatifs pour la planification et la mise en place de stations de recharge [19]. La province a également instauré une norme sur les carburants à faible teneur en carbone (LOFS), permettant aux exploitants de stations de recharge pour VE de générer des crédits pour leurs infrastructures, afin d'offrir une source de revenus supplémentaire aux propriétaires de parcs de véhicules dans cette province.

Autres provinces et territoires canadiens

- D'autres provinces et territoires, tels que la Nouvelle-Écosse, le Yukon, le Manitoba, le Nouveau-Brunswick, l'Île-du-Prince-Édouard, Terre-Neuve-et-Labrador et les Territoires du Nord-Ouest, proposent également des remises et des incitatifs à l'achat de VZE. De plus, la Colombie-Britannique, l'Ontario, le Québec et la Nouvelle-Écosse ont investi dans des programmes visant à développer l'infrastructure de recharge.
- Il est important de souligner que les incitatifs provinciaux évoluent régulièrement. À l'heure actuelle, certains programmes prévoient une réduction progressive des montants accordés pour l'achat de VZE. Pour connaître les plus récentes informations, consulter le site Web de du gouvernement provincial ciblé.



2

Écologisation des parcs de véhicules

2

Écologisation des parcs de véhicules

2.1 Renforcement des capacités pour assurer la transition

Message clés

- L'affectation de ressources appropriées et la mise en place de stratégies de gestion du changement bien définies constituent les bases d'une transition réussie vers un parc de véhicules à zéro émission. Dans les grands parcs de véhicules, il est essentiel de désigner un employé ou une équipe dédiée à temps plein pour gérer les changements opérationnels et les ajustements liés aux nouvelles infrastructures.
- La constitution d'un comité de pilotage multidisciplinaire peut faciliter la transition. Ce comité, qui coordonne les interactions entre le parc de véhicules et les opérations d'infrastructure, aura également pour mandat de superviser la planification globale du programme.
- La planification et la gestion d'un projet d'écologisation de parc de véhicules doivent prendre en compte l'ensemble du cycle de vie du projet, depuis les premières étapes de mise en œuvre jusqu'à la fin de service de l'infrastructure et des véhicules.

2.1.1 Parties prenantes impliquées

Les projets d'écologisation de parcs de véhicules sont intrinsèquement multidisciplinaires, puisqu'ils touchent à divers aspects comme les opérations et la gestion des infrastructures. Pour assurer leur succès, il est important d'impliquer les principales parties prenantes, tant internes qu'externes, au bon moment, en précisant explicitement leurs rôles et responsabilités. Sans une coordination importante, une forte résistance au changement ainsi que des ralentissements dans les processus d'approbation peuvent survenir, entraînant des retards et des coûts additionnels.

Le Tableau 2-1 présente les principales parties prenantes internes (sans ordre particulier), qui sont généralement impliquées dans la planification et la mise en œuvre des projets d'écologisation des véhicules. Cette liste peut être ajustée en fonction de la taille du parc de véhicules, car une personne peut assumer plusieurs rôles.

Tableau 2-1: Principales parties prenantes internes et rôles dans l'écologisation des véhicules

Parties prenantes internes	Rôles
Gestionnaire de programme	Planifie l'ensemble de la transition vers les VZE, coordonne toutes les disciplines impliquées, obtient les autorisations et les budgets nécessaires, assure le suivi du processus décisionnel et garantit la réussite globale du projet. En cas de location des installations, il s'assure que les contrats de location permettent l'installation d'infrastructures de recharge.
Opérateurs de VZE	Fournissent un retour d'information sur les performances des véhicules, les besoins opérationnels, la facilité de charge et l'expérience utilisateur, pour guider les améliorations futures.
Équipe de gestion et d'entretien du parc de véhicules	Supervise les activités quotidiennes, assure la disponibilité des véhicules, gère leur recharge, surveille leurs performances et procède à l'acquisition des véhicules par le biais des mécanismes d'achat en place. Elle est également responsable de l'entretien et de la réparation des VZE, de la gestion des problèmes techniques liés aux composants du groupe motopropulseur et de la surveillance du cycle de vie des véhicules conformément aux directives de gestion du matériel, qui dictent souvent le calendrier de remplacement.
Gestionnaire des infrastructures/des biens immobiliers	Gère et supervise les activités liées à la construction et à l'installation des infrastructures de recharge. Assure une intégration harmonieuse des systèmes de distribution d'électricité et des équipements de recharge dans les installations existantes et les aires de stationnement.

Équipe de haute direction	Approuve les décisions clés, les budgets et les échéanciers, et veille à ce que le projet d'écologisation soit aligné avec les objectifs de développement durable de l'organisation. Communique l'importance de cette transition à l'ensemble du personnel et encourage la mise en place de solutions proposées pour résoudre les problèmes.
Cadre dirigeant porteur du projet	Est généralement un membre de l'équipe de la haute direction. Veille à ce que le gestionnaire de programme dispose d'un soutien suffisant de la part de la direction, ce qui facilite une prise de décision efficace et une progression fluide du projet.
Responsable du développement durable et équipe de marketing/communication	Suit l'évolution des projets pour garantir leur conformité avec les objectifs de réduction des émissions de GES et leur impact sur le climat. Participe à l'élaboration des communications internes et externes pour mettre en valeur les succès des projets.
Équipe d'approvisionnement	S'assure de la mise en place rapide et adéquate des mécanismes d'acquisition de VZE et d'infrastructures de recharge. Choisit les fournisseurs et négocie les contrats pour l'achat de véhicules, d'équipements et de services, en collaboration avec l'équipe de gestion du parc de véhicules pour assurer la durabilité et l'intégration des véhicules achetés.
Responsable informatique	Assure l'intégration des plateformes d'analyse de données et des systèmes télématiques et de gestion des charges, tout en respectant les protocoles de cybersécurité.
Analyste de données	Produit des rapports périodiques sur la consommation d'énergie, assure le suivi de l'utilisation de l'électricité et analyse les coûts énergétiques.

L'écologisation des véhicules nécessite également la participation de diverses parties prenantes externes, comme indiqué dans le Tableau 2-2 ci-dessous.

Tableau 2-2: Principales parties prenantes externes et rôles dans l'écologisation des véhicules

Parties prenantes externes	Rôles
Fournisseurs d'électricité	Assurent une capacité électrique appropriée et établissent les échéanciers et les coûts pour la mise à niveau des raccordements au réseau.
Autorité compétente	Est responsable de l'approbation des permis et de l'application des codes de construction, des règles de sécurité incendie et des normes électriques. Cette fonction est généralement assurée par des entités telles que les municipalités, les services d'incendie ou d'autres organismes de réglementation.

Propriétaires	Propriétaires d'emplacements loués. Jouent un rôle clé dans l'approbation et le soutien à l'installation d'infrastructures de recharge.
Organismes de financement	Proposent des options de financement pour les projets d'électrification de parcs de véhicules.
Compagnies d'assurance	Évaluent les impacts potentiels de l'électrification des véhicules sur les primes mensuelles. Les clauses existantes des contrats d'assurance doivent être vérifiées, car elles peuvent freiner l'adoption des VE.
Fabricants et fournisseurs	Fournissent des VZE, des infrastructures de recharge, des équipements de distribution électrique, des systèmes de télématique, des logiciels de soutien, ainsi que des solutions clé en main, telles que la recharge en tant que service.
Fournisseurs de services spécialisés	Apportent une expertise en gestion de projet, en ingénierie, en études et en construction.

Meilleures pratiques pour un engagement réussi des parties prenantes

- Impliquez les principales parties prenantes dès le début du processus pour assurer une compréhension claire des objectifs, des résultats attendus et des responsabilités spécifiques de chacun. Mettez en évidence les avantages de la transition vers les VZE, tant pour les parties prenantes que pour l'organisation dans son ensemble, pour favoriser une plus grande adhésion.
- Mettez sur pied un comité de pilotage interne multidisciplinaire ou un groupe de travail incluant des représentants des équipes de gestion de parcs de véhicules, d'infrastructure, d'opérations, de finances, d'approvisionnement, de technologies de l'information et, si nécessaire, de la direction. Ce comité pourra superviser et coordonner les efforts entourant la conversion des véhicules.

2.1.2 Plan de transition vers les VZE

Chaque organisation ayant un parc de véhicules doit concevoir un plan de transition sur mesure, adapté à ses besoins spécifiques. La planification, pierre angulaire de l'écologisation des parcs de véhicules, doit être considérée comme un processus en constante évolution qui ne s'arrête que lorsque les VZE et les infrastructures de recharge atteignent la fin de leur vie utile.

La première étape d'un programme d'écologisation consiste à élaborer un plan de transition vers les VZE, qui décrit les objectifs, les résultats attendus, les avantages, les rôles des différentes parties prenantes, ainsi que le contexte et le calendrier du projet. Ce plan peut être intégré à une stratégie plus vaste d'écologisation, comme un plan global de réduction des émissions au sein de l'organisation.

En élaborant ce plan, l'organisation définit sa vision pour la transition de son parc de véhicules et structure le déploiement en fonction des objectifs et des règlements provinciaux et fédéraux concernant les ventes de VZE. Ce plan assure également que l'infrastructure sera prête à temps et que le personnel sera adéquatement formé pour gérer les nouveaux véhicules et les technologies connexes.

Un plan de transition vers les VZE peut aussi servir de cadre stratégique pour la transition et traiter des questions de sécurité potentielles, (comme illustré à la Figure 2-1). Il peut également établir des procédures en cas de défaillance opérationnelle ou d'incident impliquant un VZE ou une infrastructure de recharge.

Le plan doit également comporter des mécanismes de suivi des progrès de l'organisation, tirer profit des leçons apprises, établir des procédures de gouvernance et de suivi de la performance qui serviront à évaluer la réussite du programme d'écologisation. Des informations supplémentaires sur les indicateurs clés de performance à suivre se trouvent à la section 3.



Figure 2-1: Structure recommandée pour l'élaboration d'un plan de transition vers les VZE

L'intégration d'objectifs annuels en matière de VZE dans la stratégie de remplacement des véhicules de l'entreprise facilite la planification du déploiement. Ces objectifs ou jalons annuels favorisent également une meilleure coordination entre les parties prenantes et renforcent leur engagement vers un objectif commun et clair d'adoption des VZE.

De nombreuses ressources mises à disposition par les services publics, les gouvernements et les

associations industrielles fournissent des directives précises pour établir un processus solide de planification de l'écologisation des véhicules. Ces ressources peuvent être consultées dans les références suivantes : [20] [21] [22] [23] [24].

Meilleures pratiques pour l'élaboration d'un plan de transition vers les VZE

- Évaluez les opérations actuelles : Analysez les opérations existantes pour déterminer le nombre de véhicules nécessaire et la capacité électrique requise. Identifiez des stratégies d'atténuation en cas de panne de courant ou de défaillance des équipements. Élaborez un plan à long terme (jusqu'à 10 ans) en étapes pour anticiper les besoins en carburant et en recharge.
- Trouvez un équilibre entre la planification et le lancement du projet : Une planification excessive peut ralentir les progrès en diminuant l'élan et la motivation, tandis qu'une planification insuffisante peut entraîner des coûts plus élevés et des opportunités manquées. Comme il est difficile de résoudre toutes les incertitudes avant le lancement, commencez par un projet pilote à petite échelle pour réduire les risques et vous familiariser avec les technologies modernes, les processus et les procédures.

2.1.3 Évolution des rôles et des responsabilités

La transition vers les VZE entraîne une évolution de la dynamique opérationnelle et une redéfinition des rôles et des responsabilités au sein de l'organisation. Ce processus nécessite le développement de nouvelles compétences et une collaboration étroite entre les équipes, notamment celles responsables de l'infrastructure et de la gestion du parc de véhicules, car les opérations liées aux VZE dépendent fortement de la disponibilité et de l'efficacité des infrastructures de recharge.

À mesure que ces rôles et responsabilités évoluent, il est recommandé d'entamer un dialogue avec les syndicats pour intégrer de manière harmonieuse les nouvelles compétences requises du personnel. Des réunions interservices régulières peuvent également être planifiées pour favoriser les échanges et la collaboration concernant les changements des procédures.

Voici des exemples de nouvelles responsabilités découlant de cette transition :

- Gestionnaires de parcs de véhicules et de la maintenance : Adapter les opérations, notamment en ajustant les itinéraires et en réaffectant les véhicules en fonction de la réduction de l'autonomie, de l'allongement des temps de recharge, des nouveaux besoins en maintenance, etc.

- Les techniciens : Assurer la maintenance des nouvelles technologies et des infrastructures propres aux VZE, notamment les composants spécifiques du groupe motopropulseur, et gérer la charge énergétique des stations de recharge etc.
- Équipe des technologies de l'information et de la gestion des données : Intégrer et gérer les systèmes de données (big data), y compris la télématique, les systèmes de gestion de la recharge, les itinéraires, ainsi que les inventaires des véhicules et des pièces détachées etc.
- Opérateurs de VZE : Adapter les comportements de conduite pour optimiser l'efficacité énergétique, maximiser l'autonomie des véhicules et utiliser efficacement les infrastructures disponibles.

Meilleures pratiques en matière de gestion du changement

- Définissez et structurez clairement les nouveaux rôles et responsabilités afin de garantir la réussite du projet. La matrice RACI (Responsible, Accountable, Consulted, Informed) peut s'avérer particulièrement utile pour établir ces rôles de manière détaillée et éviter toute confusion [25].
- Affectez des ressources humaines dédiées à temps plein au projet, ce qui peut nécessiter l'embauche de personnel supplémentaire si nécessaire.
- Allouez du temps aux personnes impliquées dans la gestion du projet (organisation des comités de pilotage, la rédaction de rapports d'entreprise et la supervision des consultants et des ingénieurs).
- Mettez en place des programmes de communication et de formation sur mesure pour favoriser la gestion du changement et assurer une transition harmonieuse.

2.2 Utilisation des véhicules, besoins opérationnels et inventaire

Messages clés

- Le déploiement de la télématique dans les véhicules à MCI en prévision de leur remplacement est devenu une pratique de plus en plus courante pour garantir l'adéquation opérationnelle des nouveaux VZE au sein du parc des véhicules.
- L'analyse des données collectées peut aider à déterminer les besoins actuels et futurs en matière de maintenance et de demande d'énergie.
- Le passage aux VZE pourrait entraîner une augmentation du nombre de véhicules nécessaires pour fournir les mêmes services, ce qui aurait un impact sur les opérations, les budgets et l'allocation de l'espace.

2.2.1 Mesures de l'utilisation des véhicules

Lors de la planification de la transition vers les VZE, il est important d'analyser les données collectées pour aider à caractériser l'utilisation actuelle des véhicules. Cela constituera une base solide pour identifier les VZE appropriés aux opérations et les meilleures options en matière de ravitaillement en carburant et de recharge.

Voici les principaux indicateurs permettant de mesurer l'utilisation des véhicules :

- Heures d'opération
- Durée moyenne quotidienne du temps de stationnement (en marche) des véhicules, y compris le nombre d'arrêts et leur localisation
- Distance quotidienne moyenne parcourue par véhicule
- Consommation quotidienne/mensuelle de carburant et efficacité énergétique par rapport aux valeurs nominales partagées par les fabricants (L/100 km)
- Classification des trajets (courts, derniers kilomètres, longs, retour à la base, etc.)
- Charge utile moyenne
- Fluctuations de la température ambiante
- Vitesse moyenne et vitesse maximale
- Événements quotidiens et heures d'arrêt des véhicules
- Variations saisonnières et périodes de pointe d'utilisation

Ces données serviront à modéliser les besoins futurs en énergie et en autonomie, à déterminer les éventuelles augmentations de capacité électrique et à planifier les ajustements spécifiques aux tâches attribuées pour chaque catégorie de véhicules. De plus, documenter les changements opérationnels au sein d'un parc de véhicules existant, tels que les variations saisonnières, les périodes de pointe d'utilisation et le nombre moyen de remorquages annuels (le cas échéant), peut aider à évaluer les performances des VZE pendant les périodes de forte et de faible utilisation.

Il est également possible de collecter des données sur l'équipement de recharge et le matériel de distribution d'électricité pour analyser leur utilisation, leurs performances et leur risque de défaillance future. Pour plus d'informations sur ce sujet, consultez la section *Systèmes de gestion de l'énergie, répartition des charges et recharge intelligente*.

Meilleures pratiques pour la collecte de données sur l'utilisation des véhicules

- Recueillez des données de base sur les véhicules à MCI, notamment la consommation de carburant, les kilomètres parcourus, les temps de marche au ralenti et les périodes d'arrêt. Cela permettra de prendre des décisions éclairées basées sur des données fiables.
- Intégrez la collecte et l'analyse des données opérationnelles dans les procédures courantes. Classez ces données par type de véhicule, emplacement spécifique (bâtiment ou dépôt), et cas d'utilisation.
- Émettez des hypothèses fondées sur des informations qualitatives, telles que les retours des conducteurs sur l'utilisation du véhicule, son état, la consommation de carburant ou d'énergie, la charge utile, et la distance parcourue, en l'absence de données opérationnelles. Évaluez et ajustez ces hypothèses lors de la phase initiale du déploiement des VZE pour assurer leur pertinence et leur exactitude.

2.2.2 Mise en œuvre et avantages de la télématique

Un dispositif de télématique se connecte au port de diagnostic embarqué (DE) (version 2) et/ou au bus de communication Controller Area Network (CAN) d'un véhicule pour accéder à ses données. Il permet de collecter et de traiter des métriques clés, telles que l'état de charge (EDC) de la batterie, qui est essentiel pour gérer les VZE. Le statut du système de carburant fournit quant à lui des informations sur les performances des véhicules à combustion interne. Les codes de diagnostic de panne aident à identifier les anomalies ou problèmes techniques détectés par le système du véhicule. Enfin, l'état de santé du moteur ou de la batterie évalue la condition générale et l'efficacité des composants clés dans les VE.

Les données collectées sont transmises via des réseaux cellulaires ou satellitaires à un serveur distant, où elles peuvent être stockées et analysées. Dans les zones éloignées sans service cellulaire, les données sont collectées hors ligne et téléchargées dans le nuage informatique lorsque le véhicule revient dans une zone connectée.

L'un des principaux avantages de la télématique pour la transition vers un parc de VZE est sa capacité à guider le remplacement des véhicules et à optimiser les stratégies de recharge. Pour les parcs de véhicules à MCI, ces données fournissent des informations précieuses sur l'utilisation des véhicules, qui permettent de déterminer l'autonomie nécessaire pour répondre aux besoins opérationnels quotidiens. Lors de la transition vers des VZE, la télématique offre une visibilité sur la capacité de charge de chaque véhicule et sur le temps estimé pour une charge complète. Elle contribue également à améliorer la répartition de la recharge entre les véhicules, ce qui permet d'optimiser la consommation d'énergie.

La télématique améliore le retour sur investissement en fournissant des informations basées sur des données, ce qui permet aux gestionnaires de parc de véhicules d'optimiser la taille de leur parc de véhicules et de s'assurer que chaque véhicule est adapté à ses tâches spécifiques. De plus, elle facilite la mise en œuvre et le suivi de programmes d'écoconduite. Consultez la section *Stratégies pour réduire la consommation d'énergie et optimiser l'autonomie* pour plus d'informations.

Un projet pilote de télématique constitue une approche efficace pour intégrer cette technologie de manière contrôlée et progressive. Une démarche graduelle permet au personnel de se familiariser avec les logiciels et la technologie, de déterminer les utilisations les plus efficaces des données et d'éviter une surcharge initiale d'informations. Un projet pilote permet également de se concentrer sur des objectifs spécifiques, comme l'optimisation de l'utilisation des véhicules ou le suivi de la maintenance, tout en anticipant et en résolvant les défis potentiels dès le départ.

Un défi pour les fournisseurs de télématique soutenant les parcs de véhicules VZE, en particulier ceux composés de VML, est l'absence de protocoles de communication standardisés. Contrairement aux véhicules à MCI, les VZE génèrent des données dans des formats variés, rendant l'harmonisation des communications de données complexe entre les différents modèles. Les formats de données spécifiques aux VZE peuvent nécessiter des configurations personnalisées ou des mises à jour de micrologiciels pour garantir que le système de télématique interprète avec précision les métriques clés.

Bonnes pratiques pour la mise en œuvre de la télématique

- Allouez un délai suffisant pour la collecte des données : Il est recommandé de prévoir au moins trois mois pour produire des rapports utiles, mais une année complète est idéale pour tenir compte des variations saisonnières.
- Vérifiez la compatibilité des dispositifs télématiques avec les systèmes des fabricants (DE version II, *Controller Area Network*. Ceci doit être effectué au moment de l'achat des systèmes de télématique.
- Informez les opérateurs de véhicules munis de dispositifs télématiques sur les enjeux liés à la protection de la vie privée, le type de données collectées et leur utilité, notamment pour améliorer les habitudes de conduite, optimiser les trajets et renforcer la protection des données.

2.2.3 Considérations relatives à la composition du parc de véhicules

Lors de la transition des véhicules à MCI vers les VZE, plusieurs facteurs influenceront la composition idéale du parc de véhicules. Au départ, il peut s'avérer difficile de substituer chaque VML par un VZE équivalent. Par exemple, les camions de classe 8 entièrement électriques ont généralement une autonomie et une capacité de charge utile inférieures à celles de leurs équivalents à MCI. Cette complexité est particulièrement ressentie pour les opérations nécessitant de longs trajets, des charges lourdes et/ou une disponibilité des véhicules 24/7. Cela pose des problèmes particuliers pour les opérations nécessitant de longs trajets, de lourdes charges ou une disponibilité constante des véhicules. Pour assurer un niveau de service constant dans ces situations, il faudrait probablement ajouter des véhicules, ce qui entraînerait des problèmes de stationnement, de financement, d'approvisionnement en pièces détachées et de gestion de la recharge, à cause de l'espace disponible limité. Cela souligne l'importance de mettre en place un plan de transition vers les VZE bien conçu, capable de modéliser les opérations actuelles tout en tenant compte de ces limitations. Cependant, avec l'amélioration continue de l'autonomie des VZE [26], ces contraintes devraient s'atténuer dans les années à venir.

Pendant la phase de transition, il est courant qu'un parc de véhicules mixte, composé à la fois de véhicules à MCI et de VZE, soit exploité. Cette situation entraîne des exigences spécifiques supplémentaires pour les gestionnaires de parc véhicules, comme l'affectation des véhicules à des itinéraires adaptés à leur autonomie et à leurs capacités. Ce besoin devient de plus en plus important à mesure que les VZE vieillissent et que leur batterie se détériore, ce qui entraîne une baisse de leur autonomie.

Consultez la section *Atténuer la dégradation des batteries* pour plus d'informations sur la dégradation des batteries.

Pour les parcs de véhicules stationnés à l'intérieur, il peut être judicieux de créer des espaces réservés exclusivement aux VZE, en les séparant des zones dédiées aux véhicules à combustion interne. Cela permet de regrouper les bornes de recharge et les équipements spécialisés de sécurité incendie en un seul endroit. EV Fire Safe, une organisation financée par le ministère australien de la Défense, a mené des recherches sur les risques d'incendie dans des véhicules électriques à batterie (VEB) et des véhicules hybrides rechargeables (VHER). Les résultats indiquent qu'entre 2010 et aujourd'hui, 511 incidents d'emballement thermique ont été signalés dans le monde, sur un total d'environ 40 M de VE en circulation [27]. Bien que ces incendies restent rares, il convient de faire preuve de prudence, car la majorité des VE en circulation sont encore récents, tandis que de nombreux incendies de véhicules à MCI concernent des modèles plus anciens, souvent équipés de composants usés [28].

Lorsqu'un incendie de batterie survient dans un véhicule léger (VL) électrique, il peut nécessiter jusqu'à 150 000 litres d'eau pour être maîtrisé, contre seulement 1 900 litres pour un véhicule à MCI équivalent [29] [30]. Des mesures de sécurité spécifiques doivent donc être mises en place, en particulier lorsque les véhicules sont stationnés à l'intérieur.

Pour obtenir des informations détaillées sur les améliorations des bâtiments en matière de sécurité incendie, se référer à la section *Installation des BRVE, mise à niveau du bâtiment et coûts du matériel*.

Enfin, l'écologisation des parcs de véhicules offre l'opportunité d'évaluer des modes de transport différents, notamment des solutions de transport actif et de micromobilité comme les vélos électriques, les vélos-cargos et les scooters.

Meilleures pratiques pour la planification des opérations des parcs de véhicules à groupes motopulseurs mixtes

- Déterminez si des véhicules supplémentaires seront nécessaires pour garantir la continuité du service au début de la transition, en analysant l'utilisation actuelle des véhicules, les estimations d'autonomie et les durées potentielles de ravitaillement/recharge.
- Élaborez des protocoles de recharge flexibles dès la phase de planification pour anticiper l'évolution des besoins des parcs de véhicules. L'ajout de nouveaux VZE implique de prendre en compte les différences potentielles dans les vitesses de charge entre les modèles récents et anciens. Ces protocoles doivent être régulièrement révisés et ajustés pour assurer une compatibilité et une efficacité optimales à mesure que le parc de véhicules évolue.
- Évaluez la possibilité et la faisabilité d'effectuer certaines opérations grâce à des moyens différents de transport durable.

2.3 Considérations relatives au remplacement des véhicules

Messages clés

- Les différents types de groupes motopropulseurs possèdent leurs propres avantages et inconvénients, de sorte que les gestionnaires de parcs de véhicules doivent tenir compte des objectifs en matière d'émissions de leur organisation, des exigences opérationnelles et de l'accès aux infrastructures nécessaires lorsqu'ils évaluent les options qui s'offrent à eux.
- Les autres modèles de propriété des véhicules, tels que le crédit-bail et la location avec option d'achat, peuvent faciliter la transition vers les VZE, atténuer les risques liés à leur acquisition et réduire l'investissement en capital.
- Les mécanismes de tarification du carbone, les subventions et les autres possibilités de financement doivent être pris en compte dans le calcul du CTP potentiel, car ils peuvent contribuer à compenser une partie des coûts liés à l'achat de VZE.

2.3.1 Groupes motorpropulseurs des véhicules

Les VHE (Véhicules hybrides électriques) combinent un MCI et un moteur électrique pour améliorer le rendement énergétique et réduire les émissions. Les VHE ne sont pas considérés comme des VZE, car ils ne peuvent pas fonctionner uniquement à l'aide d'une source d'énergie zéro émission. Les batteries des VHE sont alimentées par le freinage régénératif et le MCI. Les VHE ne peuvent pas être branchés sur un réseau électrique. Le moteur électrique est principalement utilisé pendant les arrêts lorsque le véhicule est allumé, et pour les départs et à basse vitesse, ce qui permet d'économiser de l'énergie. À des vitesses plus élevées, ou quand il faut recharger la batterie, c'est le MCI qui prend le relais. Les VHE sont particulièrement avantageux en milieu urbain, où les arrêts fréquents permettent au moteur électrique de fonctionner plus souvent. En moyenne, les VHE présentent un gain d'efficacité énergétique de 20 à 40 % par rapport aux véhicules à moteur à combustion interne comparables en réduisant les émissions lors de la marche au ralenti et en utilisant efficacement les deux sources d'énergie [31].

Les VHER (Véhicules hybrides électriques rechargeables) sont équipés de groupes motopropulseurs hybrides et électriques à batterie³ de grande capacité qui peuvent être rechargés sur le réseau électrique. Ils peuvent fonctionner uniquement à l'électricité sur de courtes distances, ce qui réduit la consommation de carburant et les émissions pour les déplacements quotidiens. Lorsque la batterie est déchargée, les VHER passent automatiquement au mode hybride conventionnel et utilisent le MCI si nécessaire. Cette double capacité offre une flexibilité aux opérateurs tout en éliminant l'anxiété liée à l'autonomie. Bien qu'ils n'aient pas besoin d'être

³ Une batterie est un ensemble de piles ou d'éléments individuels regroupés pour stocker et fournir de l'énergie électrique

branchés pour fonctionner, une recharge régulière permet de maximiser leur efficacité et de réduire les coûts d'exploitation. Une analyse de l'*International Council on Clean Transportation* a montré que l'utilisation des VHER permet de réduire les émissions de CO₂ entre 15 % et 55 % par rapport aux véhicules MCI [32]. En hiver, le MCI peut également augmenter l'autonomie des VHER en compensant l'impact des températures froides sur la batterie. Il existe deux types de systèmes de propulsion pour les VHER : les hybrides en série, où le MCI sert de générateur pour alimenter la batterie, tandis que le moteur électrique entraîne les roues, et les hybrides mixtes, qui combinent les deux moteurs. Ces derniers peuvent fonctionner en mode électrique, à combustion ou combiné, ce qui leur permet d'optimiser leurs performances en fonction de l'EDC de la batterie et des besoins de conduite. Ces distinctions permettent aux consommateurs de choisir un VHER adapté à leurs habitudes de conduite et à leurs priorités en matière d'efficacité énergétique.

Les VBE (Véhicules à batterie électrique), quant à eux, fonctionnent à l'électricité grâce à des batteries et des moteurs pour la propulsion. Ils n'émettent aucune pollution, mais doivent être branchés au réseau électrique pour recharger leur batterie, puisqu'ils n'ont pas de MCI. Grâce à la puissance immédiate de leurs moteurs, les VBE offrent une expérience de conduite réactive et captivante. Leur coût d'entretien est réduit en raison du nombre limité de pièces mécaniques. De plus, l'électricité utilisée par kilomètre est souvent moins chère que l'essence, en fonction des tarifs locaux et des heures d'utilisation [31]. Comme les VHE et VHER, les VBE utilisent le freinage régénératif pour récupérer l'énergie cinétique lors de la décélération, ce qui permet d'augmenter considérablement l'autonomie de la batterie, qui a considérablement augmenté au cours des dernières années voir Figure 2-2 et qui se situe maintenant à plus de 800 km. Cependant, l'autonomie réelle peut varier en fonction de facteurs tels que le style de conduite (vitesse, accélération), le poids du véhicule et la température ambiante, qui peuvent affecter l'efficacité de la batterie.

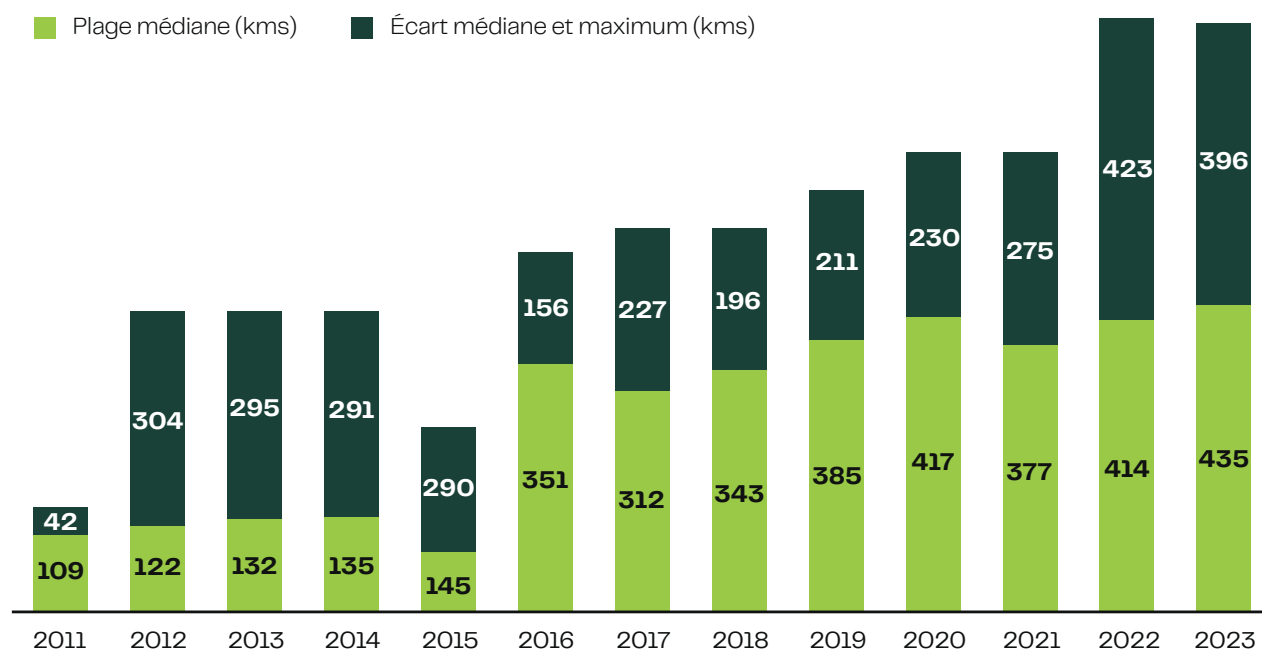


Figure 2-2: Autonomie médiane et maximale (en km) des VBE légers proposés à la vente aux États-Unis – Années modèles 2011-2023 [33]

Les VEPC (véhicules électriques à pile à combustible) fonctionnent à l'aide d'hydrogène comprimé qui réagit avec de l'oxygène dans une pile à combustible à échange de protons pour produire de l'électricité qui alimente un moteur électrique. Ces véhicules, équipés de groupes motopropulseurs électriques, ne rejettent aucune émission à l'échappement, à l'exception de la vapeur d'eau. Dans les VEPC modernes, en particulier pour les modèles lourds, la pile à combustible fonctionne de pair avec des batteries de petite capacité, qu'elle recharge en continu pendant le fonctionnement. Cette configuration maximise l'efficacité énergétique et permet à la pile à combustible de servir de prolongateur d'autonomie. Cette combinaison unique d'autonomie et de temps de ravitaillement rapide rend les VEPC particulièrement adaptés aux longs trajets et aux applications énergivores. Cependant, leur adoption est entravée par le nombre limité de stations de ravitaillement en hydrogène au Canada. Bien que leur infrastructure se développe progressivement, la disponibilité limitée des stations et le coût élevé de l'hydrogène demeurent des obstacles majeurs à une adoption généralisée.

2.3.2 Planification de l'approvisionnement

Des pratiques de gestion telles que le dimensionnement optimal des parcs de véhicules consistent à adapter leur taille aux besoins opérationnels en éliminant les actifs inutiles. Cette approche permet de réduire les coûts et les émissions tout au long du cycle de vie du parc de véhicules. De plus, l'optimisation de la taille des véhicules individuels, qui consiste à choisir les véhicules les plus

écoénergétiques tout en répondant aux exigences opérationnelles, peut également contribuer à réduire les coûts et les émissions.

Une fois le nombre idéal de véhicules et les types appropriés déterminés, plusieurs options de propriété peuvent être envisagées, comme le montre le Tableau 2-3. Les méthodes d'approvisionnement varient selon le type d'organisation. Une pratique courante consiste à demander des devis à plusieurs fournisseurs pour obtenir des offres concurrentielles.

Tableau 2-3: Modèle de propriété des véhicules

Type de propriété du véhicule	Avantages	Inconvénients
Option 1 : Achat et propriété de l'organisation	• Conservation du contrôle total de l'actif par le propriétaire des véhicules	• Prise en charge de tous les risques par le propriétaire des véhicules, incluant la responsabilité de l'entretien et la souscription d'une couverture d'assurance appropriée
Option 2 : Location (à court ou à long terme)	• Facilité accrue de la gestion de la dégradation de la batterie, des réparations, etc. • Réduction des coûts initiaux par rapport à l'option 1	• Augmentation des coûts à long terme en raison des intérêts et des frais de service de location
Option 3 : Location avec option d'achat	• L'acheteur possède le véhicule à la fin du terme du bail • Coûts initiaux moins élevés, par rapport à l'option 1	• Engagement contractuel à long terme avec une flexibilité limitée

Lors de la rédaction de ce rapport, plusieurs incitatifs et options financières pour l'achat d'un VZE étaient disponibles. Ceux-ci comprenaient des prêts à faible taux d'intérêt, des remises et des subventions offertes aux niveaux municipal, provincial et fédéral. Chaque programme doit être examiné attentivement, car certains exigent un paiement initial suivi d'un remboursement, tandis que d'autres offrent des remises directes en passant par le fabricant agréé. Il est également important de vérifier les critères d'admissibilité, car certaines organisations peuvent ne pas répondre aux exigences de certains programmes.

Pour mettre en place une stratégie d'achat efficace, les spécificités des différentes technologies existantes doivent être prises en compte :

- S'assurer que les conditions de garantie des batteries fixées par le fabricant sont claires et acceptables.
- Veiller à ce que la batterie puisse être remplacée dans les véhicules à longue durée de vie pour atténuer le risque de mise hors service prématurée.

- S'assurer que l'infrastructure de recharge est compatible avec le véhicule. Dans certains cas, des adaptations peuvent être nécessaires pour accueillir des véhicules plus imposants, comme l'installation de prises combinées, de rails fixés au plafond, de pantographes ou de systèmes de charge par induction, etc.
- Établir un plan de disponibilité des pièces de rechange et de garantie pour les composants clés.

L'acquisition des véhicules doit également être synchronisée avec la disponibilité des infrastructures de recharge pour assurer leur fonctionnement dès leur arrivée. Il est important de tenir compte des délais de livraison, qui peuvent s'étendre sur 1,5 à 2 ans pour certains modèles d'autobus électriques à batterie ou de camions de classe 8. Pour plus d'informations sur la disponibilité des VZE, consultez la section suivante.

Le rééquipement des véhicules existants est une autre option envisageable. Ce nouveau concept, principalement testé dans le domaine des transports en commun, consiste à convertir des véhicules à MCI en VZE en installant des groupes motopropulseurs électriques [34]. Cette approche, offre plusieurs avantages, notamment des délais plus courts (moins d'un an), une réduction immédiate des émissions, et un impact environnemental plus faible sur le cycle de vie grâce à la réutilisation des châssis et des matériaux des véhicules.

Selon les conclusions du projet flotte rechargeable de l'Institut du Véhicule Innovant, les conditions optimales actuelles pour l'électrification des parcs de véhicules moyens et lourds incluent des cycles d'utilisation avec des distances parcourues inférieures à 200 km par jour et un retour à la base pour la recharge pendant la nuit. Les modèles opérationnels pouvant être électrifiés avec les technologies actuelles, sans nécessiter de changements significatifs dans les opérations quotidiennes, comprennent ceux utilisant des configurations de type fourgon sec (sans prise de force, unités de réfrigération pour le transport ou bennes basculantes) et transportant des charges faibles à moyennes [35].

Meilleures pratiques en matière de planification de l'approvisionnement

- Choisissez des modèles de propriété adaptés à vos besoins, en tirant parti des diverses options de propriété lorsque cela est justifié. Gardez à l'esprit que votre décision influencera les options de financement disponibles.
- Basez votre choix de VZE sur la disponibilité prévue, les estimations du coût total de propriété (CTP) et la compatibilité opérationnelle.
- Abordez la question de la compatibilité des chargeurs dès la phase initiale d'acquisition du projet, en tenant compte du matériel, du niveau de puissance et du type de connecteur. Cela permettra d'éviter les complications d'adaptation des véhicules par la suite. Cette démarche est particulièrement importante pour les VZE lourds, car beaucoup d'entre eux nécessitent un équipement de recharge spécifique.
- Assurez une synchronisation des calendriers d'achat des véhicules et d'installation des infrastructures. Sans chargeurs, vous ne serez pas en mesure d'utiliser des VZE. Cela peut paraître évident, mais ce décalage temporel est malheureusement fréquent chez les propriétaires de parcs de véhicules en transition vers les VZE.

2.3.3 Portrait actuel et projeté du marché des VZE

Disponibilité des VZE

Selon un rapport de Transports Canada, les réserves de VL ont augmenté considérablement en 2023 par rapport aux années précédentes. Les ventes de VZE sur ce marché ont représenté 12 % du total des ventes [36]. Au moment de la rédaction de ce rapport, les tendances indiquaient une amélioration des délais d'attente et une réduction notable du pourcentage de concessionnaires n'ayant pas de VZE en stock, celui-ci étant descendu à 47 %, le niveau le plus bas jamais enregistré.

Pour les VML, plus de 150 modèles de VZE sont actuellement sur le marché ou devraient l'être prochainement [37]. Toutefois, les délais d'attente pour ces véhicules restent très variables, allant de 60 jours à 36 mois, selon le modèle et le fabricant. Les problèmes liés à la chaîne d'approvisionnement continuent d'affecter la distribution, les niveaux de stocks et l'accessibilité régionale, surtout en dehors des provinces comme la Colombie-Britannique et le Québec, où les incitatifs et les mandats de vente de VZE sont plus importants.

Le Canada déploie actuellement des efforts considérables pour renforcer la chaîne d'approvisionnement des batteries et soutenir l'industrie des VZE dans son ensemble, afin de réduire les délais d'attente. Le mandat de vente de VZE offre également aux fabricants des données essentielles sur la demande du marché, ce qui leur permet de planifier plus efficacement leurs stratégies de production et de distribution pour accélérer l'adoption des VZE au Canada.

Projections sur la disponibilité des VZE

L'offre de VZE au Canada dépend étroitement des capacités de production des constructeurs automobiles nord-américains, qui sont elles-mêmes influencées par les réglementations fédérales et étatiques du Canada et des États-Unis. Par exemple, le mandat de vente de VZE pour les VML en Californie, établi par le programme Advanced Clean Fleets, oblige les constructeurs à accroître leur production pour atteindre l'objectif de 100 % de ventes de VZE d'ici 2036 [38].

Les mandats de vente aux États-Unis et les lois canadiennes vont influencer le financement disponible au niveau fédéral et provincial pour favoriser leur adoption. Par exemple, en 2021, le gouvernement du Québec a exigé que tous les nouveaux autobus scolaires achetés soient des VZE pour être admissibles à un financement, tout en cessant de subventionner l'achat de ceux à moteur à combustion interne [39]. La Figure 2-3 montre l'impact de cette décision sur le marché des autobus scolaires au Québec, mettant en évidence l'accélération de la transition vers des modèles électriques dans cette province.

2015	2021	2022	2023	2024
Apparition des premiers autobus scolaires électriques au Québec	1 % des autobus scolaires sont électriques. Objectif 2030 : 65 % d'autobus scolaires propulsés par des moteurs électriques Objectif 2035 : 100 % Nouveau programme : 250 millions \$ investis	Le programme de décarbonation fait croître de 74 % la vente d'autobus thermiques (effet rebond arrière)	6.6 % du parc de véhicules scolaires est électrique	1 606 autobus scolaires sont électriques au Québec (près de 15 % du parc de véhicules)

Figure 2-3: Évolution de l'adoption des autobus électriques au Québec.

Le premier déploiement officiel d'un autobus scolaire électrique au Québec faisait partie d'un projet pilote en 2015 visant à démontrer la faisabilité de l'électrification de ce type de transport [40]. Avant l'annonce du mandat de vente, moins de 1 % du parc des autobus scolaires du Québec fonctionnait à l'électricité. Cette annonce a entraîné une augmentation significative des ventes de véhicules à MCI, soit une hausse de 74 % en un an. Les fabricants de bus scolaires ont pu augmenter leur production en moins de deux ans, ce qui a permis d'introduire davantage de modèles. Quatre ans plus tard, près de 15 % du parc de véhicules d'autobus scolaires du Québec était à zéro émission. Parallèlement, de nouveaux modèles commerciaux et financiers (comme des programmes de location) ont émergé pour soutenir cette transition. Cet exemple montre l'impact des réglementations sur l'accélération de l'adoption des VZE et la capacité du marché à s'adapter rapidement à ces nouvelles exigences.

Une tendance similaire peut être observée sur le marché des véhicules légers. Suite à l'adoption de la norme de disponibilité des véhicules électriques en 2022, les ventes de véhicules légers VZE au Canada ont augmenté de près de 3 % en 2023. En février 2024, 13 constructeurs automobiles distincts proposaient des VZE, contre seulement 10 au cours des trois mois précédents.

Bien que la prévision de la disponibilité future des véhicules reste complexe en raison de facteurs indépendants de la volonté du Canada, la tendance des cinq dernières années montre une nette amélioration de la disponibilité des VZE et de la diversification des modèles.

Prix des VZE et CTP

Compte tenu des différences de prix entre les VZE et les véhicules à MCI, notamment des coûts d'achat initiaux plus élevés pour les VZE et des coûts d'exploitation plus faibles, une analyse du coût total de propriété (CTP) est essentielle. Elle permet de comprendre les implications financières en termes de coût d'investissement et coûts opérationnels récurrents de l'écologisation des parcs de véhicules. Cette analyse permet aux gestionnaires de parcs de véhicules d'identifier les opportunités d'économies et d'orienter les décisions concernant le remplacement, le maintien ou la vente des véhicules.

Pour une analyse CTP fiable, l'établissement d'un scénario de référence est une étape clé. Celui-ci sert de point de référence pour la comparaison des coûts avec les VZE aux véhicules à MCI (achat, carburant, entretien). Sans cette base, il est impossible de quantifier les différences de coûts ou d'évaluer avec précision l'impact budgétaire de la transition vers les VZE.

Une étude réalisée en 2022 par Clean Energy Canada a révélé que le CTP des VL électriques était inférieur de 30 % à celui des véhicules à MCI au Canada⁴, grâce aux économies réalisées sur le carburant et l'entretien, en tenant compte des incitatifs gouvernementaux [41]. En se basant sur un prix moyen de l'essence ordinaire de 1,45 \$/L (avril 2021 à mars 2022 [42]) et un tarif électrique résidentiel moyen de 0,13 ¢/kWh [43], le coût initial plus élevé des VE est compensé par leurs coûts d'exploitation réduits comparé aux véhicules à MCI.

Pour les VML, le CTP varie davantage selon les provinces, en raison de facteurs comme les politiques locales des services publics et les programmes régionaux de crédits pour les carburants propres. Selon l'*International Council on Clean Transportation*, d'ici 2030, le CTP des camions longue distance électriques à batterie sera probablement inférieur à celui des camions diesel aux États-Unis [44]. De plus, le CTP des fourgonnettes et des camionnettes électriques ayant une autonomie de 320 km est déjà inférieur à celui des modèles au diesel [45].

Une analyse complète du CTP pour les VZE doit inclure des facteurs tels que les taux d'utilisation des véhicules, la tarification locale de l'électricité et la stratégie de recharge (charge rapide ou lente). Ces éléments ont un impact significatif sur les prévisions financières à long terme.

⁴ Résultat d'une comparaison entre une Chevrolet Bolt 2022 et une Toyota Corolla Hatchback 2022 pour une distance totale du cycle de vie couverte d'environ 160 000 km. Cette analyse ne tient pas compte de la valeur de revente à la fin du cycle de vie du véhicule.

Les programmes de crédits réglementaires, comme la législation canadienne sur les carburants propres, le système de plafonnement et d'échange du Québec et la norme sur les carburants à faible teneur en carbone de la Colombie-Britannique, offrent de nouvelles perspectives de revenus pour les propriétaires de parcs de véhicules. Ces crédits, qui récompensent l'utilisation de carburants à faibles émissions, peuvent être vendus sur le marché du carbone, ce qui contribue à compenser une partie des coûts de transition.

Pour réduire davantage le CTP, des solutions émergentes telles que les capacités du véhicule-réseau ⁵ permettent d'utiliser les véhicules comme solutions de stockage d'énergie. Ces systèmes offrent la possibilité de revendre l'électricité pendant les périodes de forte demande afin de générer des revenus supplémentaires. Les capacités véhicule-réseau sont particulièrement intéressantes pour les parcs de véhicules ayant des périodes d'immobilisation prolongées, comme les autobus scolaires en Ontario, où les tarifs d'électricité varient selon les heures.

Bien que le CTP ne prenne généralement pas en compte les frais d'installation et de maintenance de l'infrastructure, il couvre néanmoins les coûts énergétiques pour alimenter les véhicules. Les coûts initiaux élevés pour la mise en place de l'infrastructure de recharge demeurent un obstacle, en particulier pour les petits parcs de véhicules privés, les parcs de véhicules publics ou ceux confrontés à des frais élevés de raccordement au réseau électrique.

Bonnes pratiques pour l'élaboration d'une analyse du CTP

- Envisagez de nouveaux modèles de financement incluant l'utilisation de crédits carbone ou d'autres incitatifs financiers.
- Associez-vous avec un consultant pour développer un calculateur de CTP adapté aux VZE ou utiliser des ressources en ligne disponibles gratuites, notamment le modèle *Transportation Technology Total Cost of Ownership* du *National Renewable Energy Laboratory* [46].
- Assurez-vous que l'analyse de CTP considère les options de financement offertes par les fournisseurs de solutions clé en main pour soutenir votre projet d'écologisation (infrastructure et véhicules).

⁵ La technologie véhicule-réseau permet aux propriétaires de VZE de générer des revenus en revendant l'énergie stockée à des prix plus élevés pendant les heures de pointe.

2.4 Mise à niveau de l'infrastructure

Messages clés

- Les besoins actuels et futurs doivent être pris en compte lors de la sélection du type et du nombre approprié de chargeurs.
- La recharge intelligente via un SGE peut aider à gérer les pics de demande, à équilibrer la recharge et à réduire les coûts énergétiques. L'intégration de matériel et de logiciels pour suivre et contrôler le flux d'énergie permet de mieux comprendre les besoins opérationnels et le CTP.
- Le choix d'un modèle de propriété pour un chargeur doit permettre de trouver un équilibre entre le contrôle, le coût et la responsabilité opérationnelle. Les modèles de propriété varient de la propriété exclusive à une propriété par des tiers ou des entités publiques, chacun offrant un degré d'autonomie et de contrôle des risques différents.
- L'intégration des recommandations issues de l'évaluation du site dans les travaux de préconception et de faisabilité assure un phasage et une adéquation avec les exigences futures du parc de véhicules. La phase de préconception est généralement suivie de la conception technique, de l'obtention des permis, de la construction et de la mise en service pour les projets complexes, ce qui requiert une expertise pluridisciplinaire en génie civil, électrique, mécanique et structurel.
- L'implantation de systèmes de recharge connectés à un réseau permet une surveillance en direct, une facturation et une gestion optimisée de la recharge, mais nécessite une sélection rigoureuse des équipements compatibles et des protocoles de communication afin de maintenir la disponibilité opérationnelle et d'assurer l'adaptabilité aux besoins futurs.

2.4.1 Typologie des BRVE, nouvelles solutions de recharge et termes clés

Termes clés

- Le **volt (V)** est une unité de mesure du potentiel électrique, de la différence de potentiel électrique et de la force électromotrice.
- L'**ampère (A)** est une mesure de la quantité de charge électrique en mouvement par unité de temps, ou courant électrique.
- Le **volt-ampère (VA)** est une unité de mesure de la puissance apparente, ou de la quantité totale d'énergie utilisée dans un système. Donc, 1 000 VA équivaut à 1 kilovolt-ampère (kVA), et 1 000 kVA correspondent à 1 mégavolt-ampère (MVA).

- Le **borne de recharge** pour véhicules électriques (**BRVE**), communément appelé le chargeur, fournit de l'énergie électrique au VE. Les systèmes de recharge incluent les chargeurs, les équipements connexes, les logiciels et les protocoles de communication qui fournissent de l'énergie au véhicule de manière efficace et sûre [47].

Deux unités sont utilisées pour décrire les capacités de recharge des VE et des chargeurs.

- Premièrement, le **kilowatt (kW)** sert à mesurer la puissance électrique. D'autre part, le **kilowattheure (kWh)** est utilisé pour définir la quantité d'énergie électrique stockée par la batterie d'un véhicule. Une analogie qui permet de simplifier la différenciation de ces unités est d'imaginer les kW comme la vitesse à laquelle l'eau s'écoule dans un tuyau, et les kWh comme le volume d'eau total qui s'écoule d'un tuyau sur une période donnée.
- La consommation d'énergie est exprimée en **kWh/100 km**, ce qui peut être traduit en litres équivalents par 100 km (**Le/100 km**). Par exemple, un véhicule à MCI a une consommation moyenne de 10,86 L/100 km, tandis qu'un VE de taille équivalente consomme en moyenne 2,3 Le/100 km, ce qui représente une économie d'énergie importante [48].

Les unités kW et kWh sont toutes deux utilisées pour mesurer la consommation d'électricité, de sorte que le tarif appliqué par les fournisseurs d'électricité mesure les deux paramètres lorsqu'il s'agit de facturer un client. Les fournisseurs d'électricité facturent les clients à la fois sur la demande de pointe d'électricité la plus élevée au cours d'une période de facturation et sur la quantité totale d'énergie électrique consommée. Il existe quatre types de BRVE présentés dans le Tableau 2-4.

Tableau 2-4: Typologie des BRVE

	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3/rapide (CRCC)	Recharge ultrarapide (mégawatt)
Puissance de charge des bornes	• 1,5 à 1,8 kW	• 7,2 à 19,2 kW	• 24 à 350 kW	• 350 à 4,5 MW
Alimentation électrique	• Prise d'alimentation 120 V AC (tels que prises murales ou chauffe-blocs)	• 208/240 V, 15 à 80A	• Varie en fonction du type et du nombre de chargeurs	• Varie en fonction du type et du nombre de chargeurs
Infrastructure électrique	• Chargeur de niveau 1 • Prise de courant pour une utilisation continue de 15 A	• Chargeur de niveau 2 • Infrastructure électrique adaptée	• CRCC • Infrastructure électrique adaptée (distribution et/ou transformateur)	• Chargeur MW • Infrastructure électrique adaptée (alimentation moyenne tension + transformateur)

Connecteurs [49]	• J1772 • Tesla NACS (Standard de charge Nord-américain) SAE J3400	• J1772 • Tesla NACS SAE J3400	• Tesla NACS SAE J3400 • SAE J1772 Combo CCS1 • CHAdeMO • SAE J3105 • SAE J2954-2	• Système de charge Mégawatt (MCS) – SAE J3271 (en cours de développement)
Types de connecteurs pour véhicules légers [49]	 • J1772 et J3400	 • J3400, Combo, CHAdeMO	N/A	
Gain d'autonomie/ heure de recharge) [50]	• 3 à 8 km	• 16 à 50 km	• Jusqu'à l'autonomie maximale du véhicule*	• Jusqu'à l'autonomie maximale du véhicule*
Avantages	• Faible coût d'installation	• Coût d'installation modéré par station • Recharge accélérée	• Recharge rapide	• Recharge ultrarapide
Inconvénients	• Recharge lente, non adaptée aux parcs de véhicules commerciaux ou d'entreprise	• Moins adapté aux VML avec une utilisation élevée et peu de temps pour la recharge	• Coûts d'installation plus élevés • Les coûts d'exploitation peuvent être élevés en l'absence d'une gestion adéquate de la demande en période de pointe • La plupart des VHER ne sont pas compatibles	• Installation complexe • Coût d'installation élevé • Coûts d'exploitation élevés • Compatibilité réduite avec les véhicules

* Note: Le gain d'autonomie lié à la recharge rapide n'est pas linéaire et diminue considérablement une fois que l'état de charge (EDC) de la batterie dépasse 80 %.

Lors de la planification du déploiement des chargeurs pour VE, il est important de prendre en compte la compatibilité de l'infrastructure, tant pour le véhicule que pour le connecteur, afin d'assurer une interopérabilité sans faille.

Le Tableau 2-4 présente plusieurs normes de connexion qui existent en Amérique du Nord. Les connecteurs varient en fonction des réseaux de recharge et de la marque du véhicule. Récemment, les constructeurs automobiles se sont orientés vers l'adoption de la Norme de recharge nord-américaine (NACS), en particulier pour les véhicules légers, bien que des adaptateurs de stations de recharge pour des connecteurs J1772 et NACS soient également disponibles.

La compatibilité du réseau d'infrastructures de recharge est également assurée grâce à des protocoles de communication à codes sources ouverts introduits par l'industrie des VZE, tels que le Protocole ouvert de bornes de recharge (OCPP), qui permet aux conducteurs de VE d'accéder à différents réseaux de recharge au Canada, en standardisant les communications entre les stations de recharge et les systèmes de gestion de différents fournisseurs.

Recharge sur site public

L'une des méthodes de recharge possibles consiste à permettre aux conducteurs de recharger leurs VE sur des bornes publiques. Ces stations sont souvent situées à des endroits stratégiques le long des principales artères et des autoroutes pour que les conducteurs puissent recharger rapidement leur véhicule lors de leurs arrêts. Cette méthode repose généralement sur l'utilisation de bornes de recharge plus puissantes, qui permettent de recharger la batterie le plus rapidement possible sans entraver les activités ni nécessiter un retour au garage. Maximiser l'utilisation des chargeurs publics réduit également la nécessité d'investir dans une infrastructure sur site.

Les municipalités, les fournisseurs d'électricité et les opérateurs privés peuvent installer des bornes de recharge publiques, qui sont généralement situées le long des grandes artères routières ou à proximité des zones résidentielles et des centres d'activité, tels que les stations-service ou les centres commerciaux. L'accès à ces bornes de recharge est majoritairement payant, et le prix peut varier. Les prix sont déterminés en fonction du temps de recharge par session, de la quantité d'électricité consommée (par exemple, kWh), ou du temps branché au chargeur. Les options de paiement peuvent aussi varier : applications mobiles, cartes à IRF (identification par radiofréquence) ou cartes de crédit.

Si la recharge hors site fait partie de la stratégie choisie, il convient d'établir des lignes directrices spécifiques, car les coûts associés peuvent varier. Il est également recommandé de montrer aux conducteurs comment localiser les chargeurs disponibles sur le terrain à l'aide d'applications mobiles spécifiques ou de cartes de localisation, telles que celle fournie par RNCAN⁶. Bien que les options de recharge des VL soient de plus en plus disponibles, les stations de recharge publiques des VML le long des principaux corridors de fret n'en sont encore qu'à leurs débuts [51].

⁶ [*Localisateur de stations de recharge et de stations de ravitaillement en carburants de remplacement*](#)

Recharge au dépôt

La recharge au dépôt peut se faire sur des places de stationnement désignées, à l'extérieur ou dans le bâtiment. Elle est surtout pratiquée par les parcs de véhicules qui effectuent des opérations nécessitant un retour au dépôt quotidien avec de longues périodes d'attente entre les trajets. La recharge des VE au dépôt implique généralement une forte demande d'électricité sur des sites initialement conçus pour les véhicules à MCI. Une infrastructure de distribution électrique adaptée est nécessaire pour alimenter efficacement les chargeurs pour VE avec la tension et le courant appropriés. Bien que les systèmes électriques existants puissent parfois être utilisés pour connecter les chargeurs, des mises à niveau électriques sont souvent nécessaires pour répondre aux demandes d'énergie accrues.

Pour fournir l'électricité nécessaire aux chargeurs, il faut une infrastructure de distribution électrique. Voici les composants principaux dont la taille et le coût peuvent varier considérablement selon l'ampleur du projet :

- Compteurs utilisés par les entreprises de fournisseurs d'électricité pour mesurer et facturer l'énergie.
- Transformateurs pour ajuster la tension d'alimentation au niveau requis.
- Sectionneurs pour isoler certaines parties des circuits électriques.
- Panneaux de distribution pour acheminer l'électricité vers les différents circuits.
- Disjoncteurs pour diviser les circuits et protéger l'équipement des surintensités et des courts-circuits.
- Conduits pour protéger et contenir le câblage électrique.
- Câblage pour transporter l'électricité à travers les circuits jusqu'aux prises électriques et aux équipements.

Ces composants clés sont nécessaires et peuvent être coûteux et exigeants en espace, en fonction de l'ampleur du projet.

La source d'alimentation d'un bâtiment dépend de son emplacement, de son usage et de la consommation électrique mesurée en watts (W) ou en kW. Les établissements commerciaux et les petites installations industrielles sont généralement alimentés par un courant triphasé de 600 V, qui peut répondre à de nombreuses applications commerciales et industrielles et servir à la recharge des VE. La Figure 2-4 présente une illustration d'un système de distribution électrique simplifié pour alimenter un équipement de charge de 50 kW.

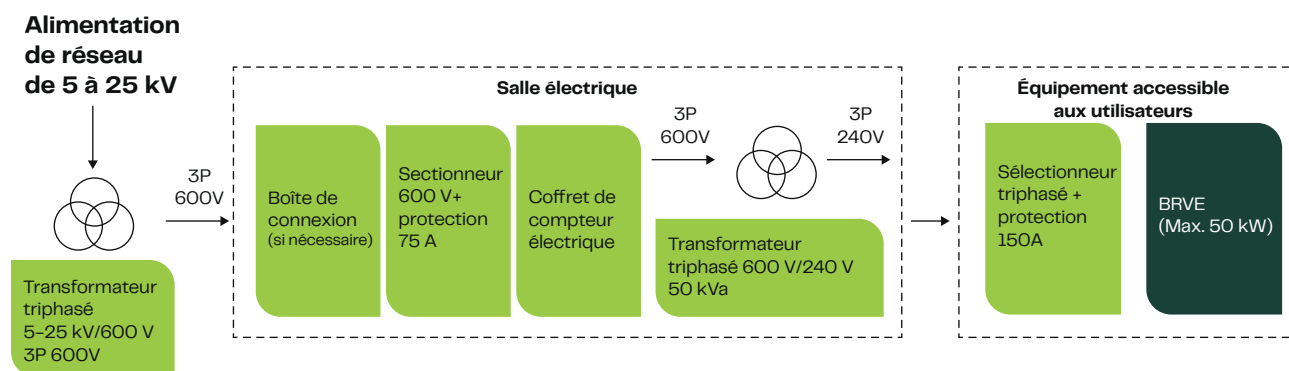


Figure 2-4: Composants de distribution électrique simplifiés pour un BRVE (Hydro-Québec, 2015) [52]

Les bâtiments industriels et commerciaux plus importants sont alimentés en moyenne tension à partir de 2,5 kV, généralement lorsque la puissance de leur charge est supérieure à 2 MVA. Il convient de noter qu'au Canada, la majeure partie de l'énergie fournie aux sites par les fournisseurs d'électricité est évaluée à 600 V, alors que certains équipements de recharge rapide, développés principalement pour le marché américain, nécessitent une alimentation de 480 V. Cela crée le besoin de transformateurs supplémentaires pour alimenter les chargeurs.

L'entrée électrique du site est souvent le principal facteur limitant dans les projets d'installation de bornes de recharge. Une demande de raccordement doit donc être soumise aux fournisseurs d'électricité afin d'augmenter cette capacité.

Innovations et améliorations technologiques

Le marché des chargeurs pour VE a rapidement évolué ces dernières années en termes de fiabilité et de nouvelles fonctionnalités aux utilisateurs. Par exemple, la puissance de recharge de l'équipement a augmenté, des protocoles de communication de recharge normalisés tels que l'OCPP ont été adoptés et des nouvelles configurations de distribution d'énergie automatisées sont disponibles. L'un des principaux sujets de recherche et de développement actuels est le développement du système de charge mégawatt ultrarapide, visant à repousser les limites de la recharge, en particulier pour les VML.

Il existe actuellement une grande variété de solutions novatrices adaptées aux divers parcs de véhicules et à leurs exigences :

- Chargeurs de VE portables ou roulants composés d'un chariot avec des prises de recharge. L'unité elle-même est connectée à une prise de courant via un câble d'extension et offre une solution de recharge mobile à l'intérieur d'un local.
- Capacités d'alimentation variables en vue d'une expansion future. Certains chargeurs pour VE peuvent être installés et connectés aux installations avec une puissance délibérément réduite

pour limiter l'impact sur l'infrastructure en attendant une mise à niveau du transformateur ou de la connexion électrique.

- Appareils muraux compacts qui peuvent être installés directement sur le mur. Ces appareils ne nécessitent pas de socle et n'ont donc pas d'encombrement sur sol.
- Recharge sans fil utilisant l'induction pour transmettre l'énergie. Cette technologie utilise un module spécifique qui est encastré dans le sol et se connecte à un récepteur sur les véhicules.
- Chargeurs à double port ou plusieurs connecteurs qui utilisent la même borne de recharge pour alimenter plusieurs véhicules en même temps par l'intermédiaire de câbles et de connecteurs. Jusqu'à quatre connecteurs peuvent être connectés à un seul chargeur.
- Systèmes de gestion de l'énergie, qui peuvent partager l'énergie en la répartissant dynamiquement entre plusieurs véhicules qui se rechargent en même temps, en fonction de multiples critères, dont l'EDC de chaque véhicule, le programme de distribution pour le jour suivant, les contraintes de vitesse de charge des véhicules, etc.
- Maintenance prédictive : Bien qu'elle en soit encore à ses débuts, la maintenance prédictive a un immense potentiel pour minimiser les coûts et prolonger la durée de vie des infrastructures de recharge. Elle utilise diverses technologies, dont l'internet des objets et l'intelligence artificielle, pour exploiter les données historiques de performance et la surveillance en direct de l'état des installations afin de prévoir les besoins futurs en matière de maintenance avant que les pannes ne se produisent. La maintenance prédictive peut également être utilisée pour surveiller les transformateurs, les appareillages de commutation et chaque composant impliqué dans la distribution électrique.
- Distribution centralisée qui convertit le courant alternatif en courant continu (CC) grâce à une rectification effectuée de manière centralisée plutôt que dans les unités de recharge. Cette technologie permet de gagner de l'espace.
- Recharge bidirectionnelle permettant aux VE non seulement de puiser de l'énergie depuis le réseau, mais également de la redistribuer par les bornes de recharge pour alimenter ainsi des bâtiments, des maisons ou d'autres appareils.

Ces caractéristiques peuvent être particulièrement utiles dans le cas des installations à faible capacité énergétique, puisqu'elles permettent d'optimiser et de répartir l'utilisation de l'énergie.

Recharge dédiée, parallèle, séquentielle et échelonnée

La recharge des véhicules peut se faire selon plusieurs configurations :

- Recharge dédiée : Un chargeur est associé à une prise spécifique, ou à un point de connexion unique, pour desservir un seul véhicule.
- Recharge distribuée : Un chargeur possède plusieurs prises et peut être connecté simultanément

à quatre véhicules. Ce type de configuration offre plusieurs modes :

- Recharge séquentielle : Le chargeur alimente un véhicule à puissance maximale jusqu'à ce qu'il soit complètement chargé et, une fois la recharge terminée, le deuxième véhicule est chargé, puis le troisième, et ainsi de suite.
- Recharge en parallèle : La puissance du chargeur est divisée de manière à ce que plusieurs véhicules se chargent simultanément. Dans cette configuration, les véhicules ne reçoivent pas la totalité de la puissance du chargeur ; au lieu de cela, chacun partage la puissance à un niveau réduit.
- Recharge séquentielle graduelle : Le chargeur distribue la puissance maximale à chaque borne de recharge partagée à des intervalles de temps décalés, plutôt que de charger complètement un véhicule avant de passer au suivant.

Ces méthodes de recharge distribuées présentent plusieurs avantages, notamment la possibilité d'optimiser les séquences de recharge sur l'ensemble d'un parc de véhicules, ce qui réduit le nombre de chargeurs nécessaires. Cette optimisation permet de réduire l'investissement initial, les frais d'exploitation et l'espace nécessaire dans les zones de stationnement. Cependant, sa mise en œuvre augmente la complexité, puisque le système de gestion de la charge (SGC) doit automatiser le processus pour tous les chargeurs de VE. La technologie de gestion de la recharge en Amérique du Nord étant encore en développement, la charge dédiée est présentement utilisée pour la plupart des parcs de véhicules.

Résilience et redondance des systèmes

Il faut prévoir la redondance et la résilience des chargeurs pour VE. Ces deux notions sont parfois confondues, mais elles renvoient à des concepts distincts. La redondance d'un système garantit qu'un système de secours peut prendre le relais en cas de défaillance d'un composant. Par exemple, l'ajout de plusieurs transformateurs ayant une capacité réduite peut offrir une redondance au niveau de la conception. En effet, si l'un d'entre eux tombe en panne, une partie de la capacité de recharge sera toujours disponible.

La résilience, quant à elle, correspond à la capacité d'un système à maintenir ses activités, même si les conditions d'exploitation changent. En ce qui concerne les systèmes de charge pour VE, la résilience correspond généralement à la capacité d'un système à résister à différents niveaux de coupures de courant.

La Figure 2-5 illustre l'utilisation typique de l'énergie pour un parc de véhicules de 300 autobus opéré par une société de transport en commun. Bien que les coupures de courant prolongées soient rares, une interruption de quelques heures seulement pendant une période de pointe peut avoir des répercussions sur les opérations des véhicules pendant plusieurs jours.

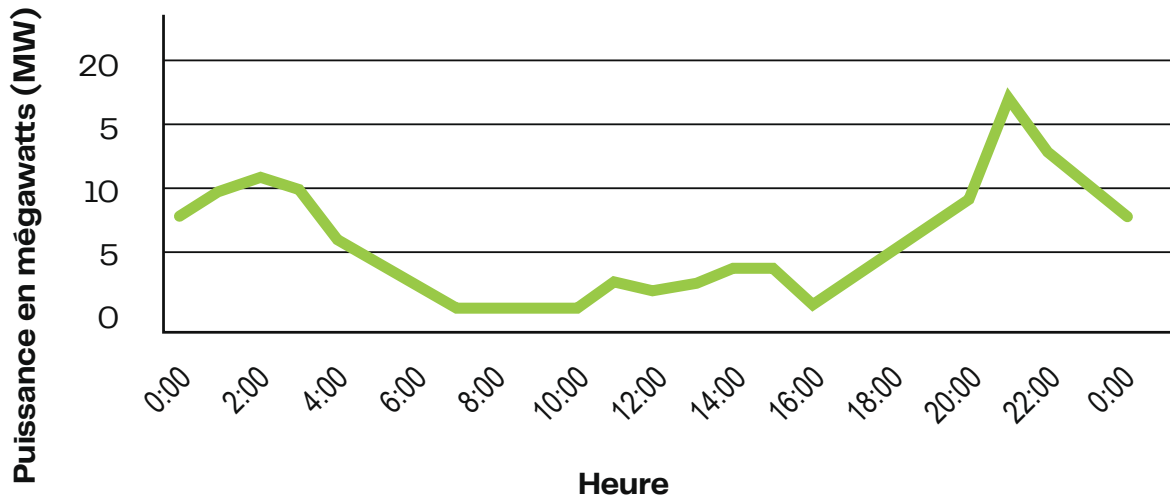


Figure 2-5: Utilisation typique de l'énergie au cours d'une journée d'exploitation du parc de véhicules de transport en commun

En cas de pannes prolongées, il peut être nécessaire de recourir à des solutions locales, comme des groupes électrogènes alimentés au gaz naturel. En revanche, les coupures de courte durée peuvent être gérées efficacement par des systèmes de stockage d'énergie (SSE). Lorsqu'ils sont correctement utilisés, les SSE peuvent également contribuer à compenser les pointes de consommation d'énergie et éventuellement à réduire les coûts globaux de l'électricité. Cependant, ces systèmes peuvent s'avérer coûteux et ne sont pas toujours dimensionnés pour couvrir l'ensemble des besoins en énergie des véhicules. Par exemple, certaines agences de transport en commun conçoivent leur système de résilience afin d'assurer seulement 30 % de leurs services en cas de pannes de longues durées. Intégrer une analyse avantages-coûts dans le processus de planification lors de l'évaluation des systèmes d'alimentation de secours et de résilience permet de garantir qu'ils soient adaptés au parc de véhicules.

Meilleures pratiques pour la planification de la stratégie de recharge

- Élaborez une stratégie de recharge pour le parc de véhicules qui corresponde aux besoins opérationnels et qui tienne compte de l'état des infrastructures existantes et les perspectives d'évolution future. Les parcs de véhicules qui fonctionnent pendant la journée et effectuent des trajets quotidiens de moins de 200 km jusqu'à leur base peuvent probablement se contenter d'une stratégie simplifiée avec des chargeurs de niveau 2. En revanche, les parcs de véhicules dont les activités sont plus diversifiées devront faire l'objet d'une planification plus détaillée.
- Envisagez d'inclure des systèmes de résilience telles que des batteries sur site pour le stockage de l'énergie, permettant de maintenir les opérations en cas de coupure de courant de courte durée, même à une capacité réduite. Exploiter l'infrastructure de recharge publique comme solution de transition ou de secours pour garantir l'accès en tout temps à une station de recharge électrique pour les véhicules en cas de panne au dépôt.
- Suivez l'évolution de la technologie pour optimiser votre stratégie de recharge. Par exemple, les systèmes de distribution électrique deviennent de plus en plus efficaces, et les chargeurs pour VE moyens et lourds atteignent 1 MW et plus.

2.4.2 Systèmes de gestion de l'énergie, répartition des charges et recharge intelligente

Gérer les pointes de consommation électrique est un défi à la fois en termes de planification de l'infrastructure que de l'impact sur les coûts d'exploitation. Lors de l'installation et de l'utilisation de plusieurs chargeurs en même temps, la puissance totale requise peut augmenter, ce qui peut mettre à l'épreuve l'infrastructure électrique et entraîner une augmentation des coûts d'électricité. Les systèmes de gestion de l'énergie (SGE) peuvent contribuer à atténuer ces enjeux en surveillant et en contrôlant le flux d'énergie de l'infrastructure électrique en tout temps.

L'objectif premier des SGE est de réduire la consommation d'énergie de pointe en utilisant un ensemble de commandes et de dispositifs pour gérer la distribution, l'utilisation et le stockage de l'énergie par le biais de la gestion et de la répartition de la charge. Pour l'infrastructure de recharge, les SGE se concentrent sur la régulation des processus de recharge en fonction des contraintes physiques et opérationnelles, telles que la puissance de sortie, la priorisation de la recharge entre les véhicules, etc. On appelle « recharge intelligente » le processus de surveillance et de contrôle automatisé de la recharge.

Les fonctions de gestion de l'énergie peuvent être fournies par des composants connectés au réseau ou non. Les dispositifs autonomes, dépourvus de liaison réseau, ont la capacité de gérer

l'énergie de manière autonome, sans nécessiter de logiciel externe pour réguler la charge, le délestage et la répartition de celle-ci. De plus, ils sont plus robustes en matière de sécurité réseau et de protection des données, puisqu'elles ne s'appuient pas sur des réseaux externes. Toutefois, leur incapacité à interagir avec d'autres systèmes entrave leurs fonctionnalités de gestion de l'énergie.

Les bornes connectées au réseau peuvent être reliées par des connexions sans fil, cellulaires ou câblées, et offrent diverses fonctionnalités via un logiciel, souvent présenté sous la forme d'une plateforme infonuagique ou d'un réseau local. Ce logiciel fonctionne avec du matériel connecté et s'appuie sur des données en temps réel pour assurer la gestion de la charge. Ce type de chargeur permet au SGE d'élargir sa gamme d'entrées et de contraintes opérationnelles pour offrir des processus de recharge intelligents personnalisés, avec des résultats plus précis en fonction des opérations en cours.

Ce type de système peut être fourni par des entreprises spécialisées en logiciels ou par celles qui fabriquent des bornes de recharge pour VE. Il comporte un coût de gestion annuel qui dépend habituellement du nombre de stations de recharge connectées. En ce qui concerne la résilience, les systèmes informatiques doivent être en mesure de s'appuyer sur des fonctionnalités locales pour maintenir les opérations lorsque l'accès à internet est indisponible.

Installer un SGE pour l'exploitation de grands parcs de VZE avec des modèles de chargeur pour VE mixtes présente plusieurs avantages :

- Centraliser la gestion des opérations entraîne une baisse des coûts d'électricité et une amélioration des performances.
- Les SGE permettent de superviser plusieurs sites en même temps, ce qui donne un aperçu global de l'état de charge et de l'utilisation des actifs.
- Utiliser des protocoles de communication normalisés assure que les SGE ne dépendent pas du fabricant de chargeurs. Ils traitent les données en temps réel et présentent un tableau de bord aux utilisateurs.
- Faciliter l'identification des chargeurs permet de prioriser la recharge, de facturer et de mesurer l'énergie propre à chaque utilisateur.

La mise en œuvre du SGE peut se faire de manière graduelle. Les fonctionnalités de départ peuvent se concentrer sur le suivi de base de la recharge, avec un partage de données spécifiquement destiné aux opérateurs seulement.

Les étapes suivantes peuvent se concentrer sur l'amélioration des opérations grâce à l'intégration de plusieurs sources de données, ce qui permet un meilleur contrôle et des capacités plus avancées. Une approche progressive et agile permet aux équipes de se familiariser graduellement avec la technologie de SGE, ce qui favorise son intégration aux opérations au fil du temps.

Bien qu'il n'y ait pas de règle pour déterminer avec précision quand est-ce qu'un système SGE devient nécessaire, sa mise en œuvre ne doit pas rendre les opérations trop complexes. Il est probablement inutile de prévoir un SGE si la recharge peut être facilement exécutée sans ajouter une couche de complexité supplémentaire, ou si la capacité électrique actuelle est suffisante pour répondre aux besoins de tous les chargeurs fonctionnant simultanément.

Meilleures pratiques pour la mise en œuvre d'un SGE

- Évaluez l'utilité d'un SGE pour répondre aux exigences opérationnelles, en ne l'implantant que si nécessaire. Il est peu probable qu'un SGE complet soit nécessaire pour l'exploitation de petits parcs de véhicules.
- Assurez-vous de l'interopérabilité du logiciel SGE avec l'infrastructure informatique des autres systèmes mis en place, notamment en cas d'exploitation de parcs de véhicules de grande taille.

2.4.3 Éléments à prendre en compte pour les études d'avant-projet et de faisabilité

Avant de s'engager dans l'installation d'un système d'alimentation électrique, il est recommandé de mener une étude de faisabilité. Cette démarche peut prendre de deux à six mois, selon la complexité du site et des opérations des véhicules, et comprend généralement les étapes suivantes :

1. Débutez le processus par une visite du site pour évaluer l'agencement, l'espace disponible et la capacité de l'infrastructure électrique existante. Cette évaluation consiste à vérifier l'espace disponible pour la mise à niveau de l'infrastructure, à s'assurer que le site est accessible aux utilisateurs de VE et aux équipes de maintenance, et à vérifier le respect des règlements locaux et des normes de sécurité.
2. Effectuez une évaluation électrique après la visite du site pour estimer la capacité électrique actuelle. Cette étape est importante pour déterminer le nombre de bornes de recharge pouvant être installées sans nécessiter de modernisation des infrastructures électriques existantes. Selon le type de BRVE et l'ampleur du projet, l'étude de faisabilité peut également analyser les aspects structurels et mécaniques. Des professionnels expérimentés peuvent aider à identifier les futurs enjeux dès l'étape de la faisabilité.
3. Évaluez ensuite le nombre et les types de chargeurs nécessaires. L'analyse des données historiques d'utilisation des véhicules peut aider à prévoir les besoins futurs en matière de recharge. Cette analyse permet de déterminer la combinaison appropriée du nombre de chargeurs de niveau 2 et de chargeurs rapides en fonction des besoins opérationnels. Il convient de tenir compte de facteurs tels que le taux d'adoption des VE au sein du parc de véhicules, le taux de

remplacement des véhicules et les avancées technologiques lors des prévisions sur 5 à 10 ans concernant les besoins en matière de recharge.

4. Élaborez une stratégie progressive et un plan d'implantation. Une approche de mise en œuvre progressive offre une vision à long terme pour l'installation graduelle des chargeurs, en commençant par l'implantation d'un nombre réduit de chargeurs et en déployant davantage à mesure que la demande augmente. Il est important d'entamer des discussions préliminaires avec votre fournisseur d'électricité afin d'évaluer la capacité du réseau à supporter une charge électrique supplémentaire et, le cas échéant, de planifier les mises à niveau nécessaires de l'infrastructure. Ce dialogue permet de déterminer les étapes et les coûts associés à la connexion de l'installation finale au réseau. En outre, l'intégration de stratégies d'adaptation pour l'avenir, telles que la conception de sites prêts à accueillir des expansions futures et l'adaptation aux technologies émergentes, garantit que l'infrastructure reste pertinente et rentable à long terme.
5. Réalisez des projections budgétaires pour évaluer les dépenses anticipées en matière d'investissement, de construction et d'exploitation. Cette étape permet d'assurer une planification financière adéquate. Il est essentiel de prévoir un fonds de réserve pour les dépenses imprévues afin d'assurer la viabilité financière du projet. Lors de l'élaboration des prévisions financières, il est recommandé de modéliser les revenus potentiels. Il faut tenir compte des recettes potentielles provenant des droits d'utilisation ou des crédits carbone, en fonction de l'utilisation prévue. Il est également recommandé d'inclure les incitatifs, l'aide financière et les subventions disponibles qui pourraient contribuer à diminuer les coûts. Il est conseillé de consulter des experts tels que des ingénieurs ou des consultants pour obtenir une estimation précise des dépenses d'investissement et d'exploitation. Après avoir établi ces estimations et analysé le CTP, l'équipe sera en mesure d'évaluer les modifications des dépenses énergétiques, des coûts d'entretien et des autres frais d'exploitation. Ce processus fournira un aperçu complet et détaillé du coût global de la transition.
6. Examinez les avantages écologiques de la conversion du parc de véhicules. Cela peut aider une organisation à classer et à hiérarchiser la transition vers les VZE par rapport à d'autres projets stratégiques. L'estimation du coût par tonne de GES évitée peut aider à établir des priorités dans l'enchaînement des projets. Établir l'inventaire des émissions de GES actuelles permet également de fournir une image claire de la contribution du projet aux objectifs de développement durable de l'organisation.

Meilleures pratiques pour les études d'avant-projet et de faisabilité

- Effectuez une étude de faisabilité exhaustive avant la conception pour évaluer les modifications nécessaires à l'infrastructure existante pour l'exploitation des BRVE.
- Envisagez une approche graduelle pour déployer les chargeurs pour VE en vous basant sur l'analyse des données historiques d'utilisation des véhicules.
- Sollicitez l'avis d'experts pour repérer les points de blocage techniques et les lacunes de l'infrastructure.
- Évaluez les coûts d'investissement et d'exploitation nécessaires, y compris les demandes de raccordement pour augmenter la capacité électrique du site, les équipements de distribution électrique et les différentes options de chargeurs pour VE.

2.4.4 Installation des BRVE, mise à niveau du bâtiment et coûts du matériel

Messages clés

- La mise par écrit de toutes les subtilités propres au site et aux opérations liées à l'installation des bornes de recharge est essentielle, surtout lorsqu'un grand nombre d'entre elles doivent être installées dans l'enceinte du bâtiment. Cela permettra de détecter et de prévoir les éventuels obstacles.
- L'aménagement d'un système d'alimentation électrique pour un parc de véhicules requiert la collaboration d'experts de diverses disciplines, ainsi qu'une prise en compte globale de ses répercussions sur les systèmes électriques, l'agencement du matériel et les procédures.

L'installation d'un système de recharge et la rénovation d'un bâtiment suivent généralement les étapes suivantes :

- Conception technique détaillée : Cette phase comprend la création de plusieurs itérations de plans d'ingénierie détaillés pour l'installation, qui aboutissent à des plans approuvés pour la construction. Pour les grands projets d'électrification des véhicules, ce processus englobe diverses disciplines, notamment l'ingénierie électrique, mécanique, structurelle et civile, ainsi que des experts en télécommunications et des architectes, le cas échéant. Pour les projets moins complexes, tels que l'installation de moins de 10 chargeurs de niveau 2, ce processus peut être géré directement par l'entrepreneur.

- **Approvisionnement** : Ce processus implique l'élaboration d'un appel d'offres ou de demandes de devis pour sélectionner les équipements de recharge et de distribution électrique appropriés. La phase d'acquisition peut également servir à choisir l'entrepreneur ou à envisager d'autres modèles commerciaux, tels que les fournisseurs de solutions clé en main.
- **Obtention du permis** : Cette phase survient au début de la phase de conception technique détaillée. Les exigences diffèrent selon la province, la municipalité et l'ampleur du projet.
- **Administration du contrat** : Cette phase permet de garantir que la construction progresse conformément aux prévisions et aux plans techniques approuvés. Dans le cas de projets plus complexes, il est possible qu'il faille faire appel à des équipes externes, par exemple si le propriétaire du parc de véhicules et/ou du bâtiment n'a pas l'expérience nécessaire pour gérer un tel projet.
- **Mise en service** : Cette dernière étape de l'assurance qualité comprend une série de tests visant à s'assurer que les chargeurs sont installés correctement et qu'ils fonctionnent comme prévu.

Installation de bornes de recharge à l'extérieur

Les améliorations courantes pour les installations extérieures incluent la pose de nouvelles fondations en béton pour les supports de bornes de recharge, l'installation d'un nouvel enrobé pour les zones pavées, l'ajout de panneaux de signalisation et de protections pour les bornes contre la circulation, la peinture des places de stationnement réservées et l'installation d'un éclairage adéquat.

Voici les principaux facteurs à considérer lors de l'installation de bornes de recharge en extérieur :

- Localiser les infrastructures souterraines, telles que les lignes de gaz, pour évaluer les conditions existantes et minimiser les risques de dommages. Cela peut s'avérer difficile si les plans du bâtiment et de l'infrastructure électrique ne sont pas à jour.
- Évaluer le potentiel de contamination du sol sur le site, car des mesures de décontamination supplémentaires pourraient être nécessaires.
- Mettre en place, dans la mesure du possible, un compteur secondaire dédié aux bornes de recharge. Certaines compagnies d'électricité, comme Hydro-Québec, offrent des tarifs avantageux pour la recharge, auxquels un utilisateur ne peut accéder que si son compteur est dédié à cette utilisation [53].
- Tenir compte de la courte période de construction au Canada pendant la planification, la conception et la réalisation. Un manque de coordination peut entraîner des retards ou des coûts supplémentaires, notamment pendant la saison hivernale.
- Gérer correctement les eaux de pluie sur le site et s'éloigner des zones dangereuses (stockage de carburant) lors de l'installation des bornes.
- Prendre en compte les retards potentiels de livraison des équipements, surtout en ce qui concerne les transformateurs, lors de la planification du projet.
- Mettre l'accent sur l'expérience utilisateur et l'accessibilité lors de la conception pour les stations de recharge.

Les installations extérieures sont généralement moins chères que les installations intérieures, le prix variant selon les conditions du site, les exigences en matière d'excavation, la capacité électrique et le type de transformateur. Le budget pour l'ingénierie, l'installation et la mise en service d'un chargeur de niveau 2 (un seul connecteur) est souvent d'une à cinq fois plus élevé que le coût du chargeur lui-même.

Installation des bornes de recharge à l'intérieur d'un bâtiment

Aménager un espace pour les BRVE dans les garages ou les entrepôts peut s'avérer difficile, surtout lorsque l'espace disponible est restreint. L'installation d'un système de recharge sur le toit ou la suspension d'un chargeur au plafond exigent souvent des renforcements structurels coûteux en raison du poids additionnel. Une option envisageable consiste à concevoir une structure autonome pour soutenir les câbles de connexion ou les pantographes. Dans les endroits où l'espace est restreint, il faut planifier l'agencement en prenant en compte le futur déploiement des chargeurs avant de commencer leur installation.

Outre le stationnement principal, d'autres parties du bâtiment, comme les aires de maintenance, peuvent requérir des modifications afin de respecter les protocoles de sécurité reliés à l'emballement thermique des batteries et à l'utilisation d'équipement de protection individuelle. Si les batteries sont situées sur le toit des véhicules, une plateforme sur portique devra être acquise pour y accéder.

Enfin, l'ajout d'équipements électriques produisant de la chaleur peut faire varier la température intérieure du bâtiment, notamment dans les petites salles électriques, ce qui peut influencer les performances du système de chauffage, ventilation et climatisation (CVC). Les systèmes CVC sont habituellement configurés pour gérer les émissions des échappements des moteurs à combustion interne, et peuvent nécessiter des ajustements pour fonctionner avec les VZE et les systèmes de recharge. Les véhicules à hydrogène exigent une ventilation additionnelle et des modifications du toit pour empêcher la formation de poches d'hydrogène.

Lors de l'installation d'un système de recharge intérieur, les aspects suivants doivent être considérés :

- Ajouter des salles électriques peut s'avérer nécessaire pour héberger les équipements, ce qui peut nécessiter l'agrandissement du bâtiment.
- Examiner les lignes directrices de l'Association nationale de protection contre les incendies, car il n'existe actuellement aucun code canadien établi pour la protection contre l'incendie spécifique aux systèmes de recharge. Comme indiqué à la section « Considérations relatives à la composition du parc de véhicules », les incendies de batteries de VE sont rares, mais il est difficile de les éteindre.
- Moderniser le système de CVC pour tenir compte de l'excès de chaleur généré par les systèmes de charge et l'équipement électrique.
- Veiller à ce que les zones de maintenance soient rénovées pour se conformer aux normes de

sécurité nécessaires à la réparation des VZE, et qu'elles soient adéquatement équipées pour entretenir des véhicules plus lourds.

- Acheter des chargeurs portatifs pour les espaces d'entretien, si nécessaire.
- Installer des détecteurs d'hydrogène, des alarmes et des conduits permanents au sommet du plafond, afin d'assurer un passage sécurisé pour l'évacuation de l'hydrogène.

Les dépenses dépendent du type, de la capacité, du nombre de chargeurs, de l'usage prévu, des exigences de redondance et de l'éventuelle nécessité d'ajouter des équipements de distribution électrique. Celles-ci sont principalement liées aux équipements électriques et à la main-d'œuvre, mais peuvent également inclure des coûts mécaniques et structurels pour les installations internes. Les coûts des travaux de génie civil concernent les installations extérieures et les ajustements nécessaires aux structures existantes pour se conformer aux nouvelles normes du bâtiment. Il est difficile d'estimer ces coûts dans ce guide, car ils dépendent de nombreux facteurs, notamment du type d'installation de recharge, des caractéristiques du bâtiment et des systèmes électriques en place.

Meilleures pratiques pour installer des bornes de recharge et rénover des bâtiments

- Évaluez tous les effets possibles sur les infrastructures existantes liés à l'installation de bornes de recharge et au fonctionnement des VZE, y compris sur la distribution électrique, l'agencement de l'espace, les modifications des espaces d'entretien, les mesures de protection contre les incendies, la modernisation des systèmes de CVC, etc.
- Anticipez l'évolution du site (intérieur ou extérieur) afin d'optimiser le déploiement de l'infrastructure électrique et de faciliter les expansions futures de manière plus efficace.

2.4.5 Considérations pour un réseau de BRVE

Un réseau de bornes de recharge connecté permet une surveillance en temps réel des actifs, de la détection des pannes, de la facturation, de l'identification des chargeurs et de la gestion de la charge. L'accès au réseau implique un coût additionnel, notamment en raison de l'acquisition de matériel et de logiciels intelligents. En optant pour des solutions agnostiques et indépendantes, il est possible d'assurer l'adaptabilité entre les bornes de recharge de plusieurs fournisseurs.

Lors de la planification de la connexion des bornes de recharge, il est important de s'assurer que les sites disposent d'un accès fiable à l'Internet via des réseaux Ethernet, cellulaires, Wi-Fi ou satellitaires (s'ils sont éloignés). La mise en réseau d'un système de recharge expose également les opérations à un ensemble de risques liés à la cybersécurité et à la fiabilité de l'infrastructure de télécommunications pour maintenir la continuité des opérations.

La connectivité entre les systèmes de recharge peut également être établie localement entre plusieurs appareils, ce qui diminue la dépendance à l'égard des communications externes. Cependant, cela limite également les possibilités de contrôle et de surveillance à distance.

Meilleures pratiques pour la connexion des systèmes de recharge

- Établissez un mode de gestion et d'exploitation des bornes de recharge adapté à vos opérations.
- Renforcez la résilience de votre réseau EVSE avec des équipements et des processus de sauvegarde pour assurer la continuité en cas de défaillance du réseau.
- Assurez-vous que le déploiement du réseau dispose de protocoles adéquats pour prévenir les cyberattaques sur les chargeurs et les bases de données.

2.4.6 Modèle de propriété des systèmes de BRVE

Pour choisir un modèle d'affaires définissant le type de propriété des bornes de recharge, il faut considérer plusieurs critères, notamment l'accès au capital, les contraintes imposées par le propriétaire du site (si le site est loué), le niveau de risque accepté, les capacités des ressources internes disponibles, ainsi que le degré d'autonomie souhaité pour la gestion et l'entretien des chargeurs.

La liste suivante présente les principaux modèles de propriété des bornes de recharge :

1. Système de recharge possédé par le gestionnaire du parc de véhicules : L'organisation qui possède les véhicules achète et exploite les stations de recharge, ce qui lui permet d'exercer un contrôle total sur son système de recharge et de conserver tous les revenus générés. Toutefois, cette solution entraîne également une responsabilité accrue pour le propriétaire,

notamment à ce qui a trait à l'entretien, à la gestion et au risque d'obsolescence future. Elle suppose que l'organisation dispose des capacités internes nécessaires pour gérer l'exploitation, la maintenance et le remplacement éventuel des chargeurs.

2. Système de recharge possédé par une entreprise de solution intégrée et clé en main : Dans ce cas, les fournisseurs de services de recharge clé en main restent propriétaires de l'équipement de recharge, et les louent à l'opérateur des VZE dans le cadre d'un contrat de service. Ceux-ci peuvent également fournir une assistance pour l'opération et l'entretien. Il existe plusieurs modèles d'affaires dans le cadre de cette approche, chacun avec différents niveaux de participation de l'organisation et de transfert des risques. Les avantages pour les propriétaires de parcs de véhicules sont la réduction des coûts d'investissement initiaux pour l'infrastructure, la réduction des risques financiers et l'externalisation des compétences et des capacités requises pour diriger le déploiement et la maintenance de l'infrastructure. Le fournisseur de services convertit effectivement les dépenses d'investissement en coûts d'exploitation et les répercute sur le propriétaire des VZE par le biais d'une redevance mensuelle qui comprend des frais de service. Bien que cette option puisse s'avérer plus coûteuse à long terme en raison des frais de service, elle peut être attractive pour les gestionnaires de parcs de véhicules qui accordent la priorité aux économies de dépenses en capital et à la réduction des risques liés à l'installation et à l'exploitation des bornes de recharge.
3. Système de recharge possédé par une tierce partie : L'organisation délègue à une entité externe la gestion partielle ou complète des aspects liés à la propriété, à l'exploitation, à l'entretien et à la facturation des bornes de recharge. Cette formule se caractérise par son adaptabilité, offrant aux deux parties la possibilité d'établir des termes précis quant à leurs obligations réciproques. Il s'appuie souvent sur des partenariats avec des fournisseurs de services spécialisés dans les VE.
4. Système de recharge détenu par les fournisseurs d'énergie : La compagnie qui distribue l'électricité possède les systèmes de recharge. Elle a la possibilité de les mettre en location les bornes auprès de l'entreprise ou de créer ses propres sites et son réseau de recharge dédié. Ce modèle peut s'avérer pertinent pour les entreprises, car il réduit les risques liés à la maintenance et d'obsolescence des équipements.

Les modèles de propriété peuvent varier, chaque organisation négociant l'équilibre optimal entre la prise en charge des coûts et le niveau d'autonomie souhaité.

Si l'organisation décide d'acquérir ses propres bornes de recharge, cela peut offrir des possibilités de diversification des revenus. Par exemple, elle pourrait s'associer à des entreprises locales ou participer à des initiatives municipales pour ouvrir l'accès public aux bornes de recharge en dehors des heures réservées à son propre parc de véhicules.

Meilleures pratiques pour le choix d'un modèle de propriété d'infrastructure

- Évaluez les différents types de propriété et les modèles d'affaires pour vos équipements de recharge. Même si le partenariat n'est pas une obligation, il est souvent privilégié, en particulier pour les parcs de véhicules de petite et moyenne taille.
- Optez pour un modèle de propriété qui correspond à vos besoins et qui est offert dans votre région. Les fournisseurs de solutions clé en main peuvent couvrir l'ensemble du Canada.

2.4.7 Les divers droits fonciers et leur importance

Le niveau d'autonomie des organisations opérant un parc de véhicules varie si ces dernières sont propriétaires des installations, ou sont locataires.

Cette section concerne les gestionnaires de parcs de véhicules qui ne possèdent pas les installations où stationnent leurs véhicules. Dans ce cas, étant donné que c'est le propriétaire qui établit les modalités du bail pour l'installation du chargeur, il est important pour le gestionnaire de parc de véhicules d'aligner les intérêts et de négocier des conditions de projet mutuellement acceptables.

Le Tableau 2-5 présente les possibilités dont disposent les gestionnaires de parc de véhicules ou d'autres représentants d'une organisation pour s'orienter dans le processus de négociation.

Tableau 2-5: Considérations pour installer les solutions de recharge dans les installations louées

Action	Description
1. Étudiez vos options	Pour des installations permanentes, l'infrastructure électrique existante peut être mise à niveau afin d'augmenter la capacité et répondre aux besoins en électricité des bornes de recharge à long terme. Deux options temporaires sont disponibles : l'exploitation de chargeurs indépendants intégrés à des batteries et l'exploitation de chargeurs indépendants intégrés à des conteneurs configurés. Cette dernière option peut alimenter jusqu'à 20 chargeurs de niveau 2. Ces options permettent à leur propriétaire une grande flexibilité, puisqu'elles peuvent être déplacées en fonction des besoins, moyennant des frais additionnels.

	L'option des stations de recharge intégrées à des conteneurs est plus répandue au Québec, principalement pour favoriser l'électrification des autobus scolaires. L'un des défis de cette application réside dans la connexion secondaire nécessaire pour relier le conteneur au réseau électrique. En Ontario par exemple, la plupart des fournisseurs d'électricités locaux imposent des conditions de service limitant chaque propriété ou terrain à un seul point de connexion. Cependant, d'autres options existent. Il est possible de négocier avec le propriétaire pour installer des bornes de recharge permanentes, avec un soutien financier du locataire et/ou des garanties de location à long terme.
2. Élaborez votre modèle d'affaires	Identifier les risques lors de l'élaboration d'un modèle d'affaires. Par exemple, installer une infrastructure de recharge coûteuse dans des sites où un propriétaire peut mettre fin à son bail présente des risques importants. De plus, des retards peuvent survenir dans l'obtention des permis nécessaires si le propriétaire ne donne pas la priorité à vos demandes concernant l'installation des bornes de recharge sur le site. N'oubliez pas de rappeler à votre propriétaire qu'il pourrait être admissible à des subventions et/ou des contributions spécifiques, auxquelles seul le propriétaire est admissible.
3. Répondez aux préoccupations du propriétaire	Après avoir présenté la vision et l'ambition du projet au propriétaire, le gestionnaire du parc de véhicules doit répondre à toute préoccupation concernant l'installation d'un système d'alimentation électrique. À ce stade, il convient de présenter au propriétaire tous les avantages du déploiement de chargeurs pour faciliter son adhésion (c'est-à-dire la pérennité de la propriété, la contribution aux objectifs de développement durable, l'augmentation de la valeur locative future ou l'augmentation de la valeur de la propriété, etc.).
4. Définissez la répartition des coûts	Une fois que le projet a été validés, décrivant l'étendue des travaux, les possibles mises à niveau électriques, les rénovations immobilières requises, la planification ainsi que les frais associés, le propriétaire du parc de véhicules devra réviser et négocier le bail actuel, allouer les ressources financières et spécifier qui sera responsable de chaque tâche du projet.
5. Identifiez les responsables	Définissez clairement qui sera propriétaire des chargeurs et qui en assurera l'entretien après leur installation.

6. Prenez en compte les conditions juridiques	Veillez à ce que tous les aspects juridiques, y compris les responsabilités, les garanties et les clauses d'indemnisation, soient pris en compte pour protéger les deux parties. Mettez à jour le contrat de location pour tenir compte de l'infrastructure ajoutée au site. En cas de résiliation d'un bail, l'intégration de clauses sur le transfert des chargeurs peut simplifier les démarches. Si nécessaire à cette étape, prenez contact avec les ressources appropriées.
7. Analysez les termes de l'assurance	Assurez-vous que l'assurance couvre les dommages éventuels causés par des problèmes de recharge.
8. Tenez le propriétaire au courant	Fournissez au propriétaire des mises à jour régulières tout au long du processus d'installation, y compris les délais, et les ajustements nécessaires, le cas échéant.

Pour éviter les retards dans le processus d'autorisation et de mise en conformité, les opérateurs de parcs de véhicules peuvent prendre en charge les demandes relatives aux permis nécessaires, avec l'approbation préalable du propriétaire. Cela s'applique même lorsqu'on travaille avec des entrepreneurs, comme des firmes de génie-conseil ou de construction, plutôt que de s'en remettre uniquement aux décisions du propriétaire du site.

Meilleures pratiques pour le déploiement de bornes de recharge dans des sites loués

- Considérez l'installation de systèmes de recharge avec batterie intégrée ou systèmes de recharge supportés par un conteneur, si cela est réalisable.
- Examiner les termes du bail pour s'assurer qu'il n'est pas nécessaire de libérer le site à court terme, même si vous optez pour une installation temporaire par conteneur.
- Obtenez l'approbation écrite du propriétaire pour le plan d'électrification avant d'aller de l'avant
- Maintenez une communication régulière avec le propriétaire pour l'impliquer dans chaque étape du processus, ce qui facilitera les négociations.
- Clarifiez les responsabilités pour l'installation et l'utilisation du chargeur, y compris en ce qui concerne les frais connexes et les clauses juridiques pour résoudre les éventuels litiges.

2.5 Considérations pour les parcs de véhicules des forces de l'ordre

Messages clés

- Les véhicules des forces de l'ordre ont des profils d'utilisation particuliers (poursuites à grande vitesse, marche au ralenti prolongée, patrouilles urbaines 24 heures sur 24, équipement embarqué spécialisé, etc.). Il est important de les connaître pour mieux anticiper les besoins de recharge.
- Le travail en étroite collaboration avec les fabricants de VZE permet d'adapter les véhicules aux exigences opérationnelles spécifiques.
- L'installation d'une station de recharge de niveau 3 permet une recharge rapide lors du retour au stationnement principal et de répondre aux besoins de déploiements d'urgence.
- L'élaboration d'un plan de contingence est essentielle pour assurer la recharge au stationnement principal et maintenir les activités du parc de véhicules en cas de panne d'électricité.
- La télématique doit être utilisée pour suivre efficacement la consommation d'énergie, ce qui facilite la gestion de l'équipement d'urgence, la planification des quarts de travail et l'optimisation des performances des VZE. Pour assurer une disponibilité continue des véhicules dans un parc de véhicules des forces de l'ordre, une gestion précise de la stratégie de recharge est essentielle afin de préparer les véhicules aux interventions d'urgence. Les dispositifs de télématique, qui peuvent suivre des données sensibles des véhicules des forces de l'ordre, nécessiteront des mesures de sécurité plus strictes.
- La formation spécialisée des opérateurs de VZE est nécessaire pour les familiariser avec les caractéristiques des groupes motopropulseurs électriques (couple instantané, freinage par récupération, etc.) afin d'assurer de l'efficacité opérationnelle, en particulier lors de poursuite.

2.5.1 Écologisation du parc de véhicules (en prévision de l'achat)

Les véhicules des forces de l'ordre ont souvent des modes de conduite spécifiques qui nécessitent des accélérations rapides, des phases de ralenti prolongées et des ravitaillements rapides. Ils doivent être munis d'une série d'équipements spécialisés pour remplir leur mission, notamment des gyrophares, des sirènes qui utilisent une grande quantité d'énergie pour alimenter les ordinateurs portables embarqués, etc.

Une étroite collaboration avec les fabricants de voiture est importante pour assurer la compatibilité des équipements nécessaires au bon fonctionnement des véhicules des forces de l'ordre avec les modèles de VZE choisis. Cela inclut notamment la vérification que les systèmes électriques du véhicule ont une capacité suffisante pour opérer le véhicule avec les équipements additionnels sans réduire de manière significative l'autonomie des véhicules. Lors de l'intégration de ces équipements, il est également pertinent de considérer l'ergonomie, car les agents, qui doivent porter leur propre équipement de sécurité, ont besoin d'avoir suffisamment d'espace à l'intérieur de l'habitacle. Par ailleurs, un exemple à considérer est la modification du limiteur de vitesse en marche arrière des VZE, souvent réglé par défaut entre 10 et 15 km/h par les fabricants. Cette limitation peut affecter les opérations. Il est donc important d'envisager des ajustements et de consulter les fabricants pour évaluer les solutions possibles.

En raison de la consommation énergétique élevée des véhicules des forces de l'ordre, l'électrification de leur parc de véhicules est un défi majeur. En effet, l'infrastructure de recharge doit être en mesure de répondre aux besoins des interventions d'urgence et aux changements de quart, surtout lorsque des déploiements rapides de véhicules sont nécessaires. Il est possible d'optimiser l'utilisation des bornes de recharge rapide dans des emplacements clés pour assurer une réponse immédiate aux appels prioritaires.

Il faut également harmoniser les stratégies de recharge avec les exigences opérationnelles spécifiques. Les véhicules utilisés par plusieurs agents successivement ou dédiés aux interventions d'urgence devraient être alimentés par des chargeurs rapides, tandis que ceux affectés aux patrouilles générales pourraient être rechargés avec des bornes de niveau 2.

Les systèmes télématiques recueillent des informations sensibles, comme les trajets des voitures de police et les coordonnées GPS pour la surveillance. Les gestionnaires de parcs de véhicules doivent collaborer avec les fournisseurs d'équipements et/ou les prestataires de services télématiques pour assurer la sécurité, l'anonymat, la suppression et/ou l'accès restreint aux données collectées.

Jusqu'à présent, un nombre limité de municipalités et d'entreprises ont testé l'utilisation des VZE pour les activités des forces de l'ordre, comme la Ville de Repentigny, au Québec. Le bilan du projet-pilote de la Ville a révélé que la technologie actuelle des véhicules électriques, en particulier la Ford Mustang Mach-E, satisfait adéquatement aux exigences opérationnelles des patrouilles de police. Les besoins en recharge s'intègrent bien aux opérations, même dans le contexte d'opérations 24 h/24, 7 j/7 en hiver [54]. Un chargeur rapide de 50 kW a servi comme principale source d'alimentation.

La GRC poursuit le déploiement accru de VZE dans son parc de véhicules, notamment pour les tâches liées à la circulation routière et aux services généraux. Les données préliminaires du détachement West Shore de la GRC montrent que les capacités des VZE peuvent supporter les exigences opérationnelles, comme la marche au ralenti ou l'utilisation de l'équipement auxiliaire, et que ces exigences n'ont pas eu d'impact significatif sur la durée de vie de la batterie ou sur l'autonomie du véhicule [55].

Meilleures pratiques pour l'écologisation des parcs de véhicules des forces de l'ordre

- Évaluez la compatibilité des VZE et des infrastructures avec les exigences opérationnelles des forces de l'ordre.
- Assurez-vous que l'équipement auxiliaire des modèles de VZE répond aux exigences opérationnelles et que les données soient adéquatement protégées en travaillant en étroite collaboration avec les fabricants et les fournisseurs de services télématiques.

2.5.2 Gestion et exploitation d'un parc de véhicules VZE pour les forces de l'ordre (après l'achat)

L'analyse des données télématiques peut aider les gestionnaires de parcs de véhicules à évaluer l'impact des équipements additionnels, tels que les systèmes de CVC, les radios, les ordinateurs de bord et l'éclairage de secours, sur la consommation d'énergie des véhicules. Ces informations permettent d'optimiser l'affectation des véhicules ou les stratégies opérationnelles pour maximiser les performances des VZE [56].

Il faut pouvoir élaborer une stratégie de recharge appropriée pour les véhicules de police, qui doivent souvent être prêts à être déployés à tout moment. La gestion efficace de cette stratégie peut être facilitée par l'implantation d'alertes indiquant que les véhicules restent longtemps sans être rechargés [54].

Les opérations des forces de l'ordre exigent des performances de conduite exceptionnelles, telles que l'accélération rapide (y compris en marche arrière), des manœuvres furtives, des déplacements hors chaussée et des techniques d'immobilisation de précision, pour lesquelles les VZE se comportent différemment des véhicules à MCI traditionnels. Cette différence souligne la nécessité de programmes de formation spécialisés pour les agents, axés sur la gestion du couple instantané des VE, l'utilisation du freinage régénératif et la connaissance des limites des VZE lors de poursuites. Ces formations devraient aussi inclure l'utilisation optimale des systèmes de chauffage et de refroidissement pour maximiser l'autonomie des voitures durant les longues journées de travail.

Les véhicules de police ont souvent une intensité d'utilisation très élevée, ce qui peut entraîner une dégradation prématurée des batteries. Une stratégie de maintenance proactive permettrait de contrôler les coûts opérationnels à long terme et de garantir la disponibilité des véhicules. Inclure le contrôle de l'état des batteries dans les entretiens réguliers peut contribuer à prévenir la détérioration des batteries et à orienter les décisions de remplacement ou d'affectation des véhicules dont l'autonomie des batteries approche de sa limite.

Meilleures pratiques pour la gestion des parcs de véhicules VZE des forces de l'ordre

- Utilisez des chargeurs rapides, que ce soit au stationnement principal ou dans des endroits publics stratégiques, afin d'être prêt à intervenir rapidement.
- Planifiez les heures de recharge en fonction de l'utilisation des véhicules, ce qui permettra d'optimiser leur disponibilité et de réduire les coûts d'exploitation.
- Développez une formation spécifique pour les conducteurs de VZE afin d'optimiser les performances des véhicules (autonomie, maniabilité) pendant les opérations de recharge, de conduite et de marche au ralenti.
- Élaborez un cadre décisionnel structuré pour le déploiement des véhicules, en veillant à ce que les VZE soient affectés à des tâches correspondant à leurs capacités opérationnelles, tout en réservant les véhicules à MCI aux tâches nécessitant une autonomie accrue ou spécialisée, telles que les missions sur de longues distances.
- Créez un protocole pour gérer l'état des batteries, en planifiant leurs remplacements en fin de vie et en minimisant l'impact d'une utilisation intensive sur leur durée de vie.
- Anticipez les conditions météorologiques extrêmes et élaborer des protocoles pour maintenir les performances des VZE et la sécurité des agents par temps froid ou chaud.
- Vérifiez si l'infrastructure de recharge, l'autonomie des véhicules et les stratégies opérationnelles permettent un déploiement efficace des VZE, en particulier dans les zones isolées ou rurales.



3

Gestion du parc de véhicules zéro émission

3

Gestion du parc de véhicules zéro émission

3.1 Formation des conducteurs et utilisation des VZE

Messages clés

- La mise en œuvre des pratiques d'écoconduite peut réduire considérablement la consommation d'énergie des VZE. Les économies potentielles de carburant peuvent atteindre 30 %.
- Le maintien de la santé des batteries grâce à des pratiques optimales de recharge et de décharge (par exemple, en évitant les décharges en dessous de 20-30 %) et le suivi des recommandations du fabricant permettent de maintenir une dégradation annuelle de la capacité des batteries d'environ 2 %, tout en contribuant à prolonger leur durée de vie.
- L'anticipation des conditions hivernales, qui peuvent réduire l'autonomie des VZE jusqu'à 30 % en raison des besoins accrus en chauffage, du conditionnement des batteries et de l'augmentation de la résistance au roulement, est importante. Le préchauffage des VZE lorsqu'ils sont branchés, l'utilisation de solutions de chauffage efficaces telles que les sièges chauffants, ainsi qu'un entretien approprié des pneus, sont des mesures qui permettent d'optimiser l'autonomie et assurer la sécurité des véhicules.
- La formation complète des opérateurs et du personnel d'entretien est essentielle pour s'assurer que les VZE sont conduits, rechargés et entretenus de manière efficace.
- Le suivi des indicateurs de performance clé, tels que le taux de disponibilité des véhicules et la distance moyenne entre les pannes, permet d'optimiser la fiabilité et l'efficacité des VZE.

3.1.1 Stratégies pour réduire la consommation d'énergie et optimiser l'autonomie

Deux facteurs peuvent contribuer à améliorer l'efficacité énergétique des moteurs des VZE : maximiser l'utilisation du freinage régénératif et l'adoption de pratiques d'écoconduite. L'écoconduite est une pratique qui encourage une accélération progressive, une vitesse constante, une anticipation du trafic et l'évitement des freinages brusques. Conduire à des vitesses modérées et limiter l'utilisation de dispositifs à forte consommation d'énergie, comme la climatisation et le chauffage, contribuent également à économiser l'énergie. Pour s'assurer que les opérateurs de VZE appliquent effectivement les bonnes pratiques en matière d'écoconduite, il faut leur offrir une formation spécialisée.

Les gestionnaires peuvent fournir aux conducteurs des évaluations basées sur des données de conduite collectées en temps réel, ce qui permet d'optimiser la sécurité et l'efficacité énergétique. Cela nécessite toutefois qu'un système télématique approprié soit en place. En fournissant des données en temps réel sur des aspects tels que la vitesse, les freinages, l'efficacité des itinéraires et le temps d'arrêt, il est possible de détecter et de corriger les pratiques de conduites plus gourmandes en énergies. De plus, la surveillance de l'EDC et de la santé des batteries et des habitudes de recharge permet aux gestionnaires de parcs de véhicules de planifier des itinéraires qui misent sur l'autonomie du véhicule tout en réduisant la consommation d'énergie inutile.

Bien que le pourcentage d'économies d'énergie résultant de l'écoconduite puisse varier en fonction du type de véhicule, du type de conduite et de la nature des tâches effectuées par les véhicules, une étude menée par la *Society of Automotive Engineers* (SAE) [57] a montré que l'application de l'écoconduite peut générer jusqu'à 22 % d'économies de consommation d'énergie⁷. Pour les VML, les projets pilotes menés par Run on Less aux États-Unis avec des camions à zéro émission ont permis de mesurer une économie d'énergie moyenne de 16 %, voire jusqu'à 30 % dans certains cas [58].

Le comportement de l'opérateur et l'utilisation du chauffage/climatisation peuvent fortement influencer la consommation d'énergie des VZE. La Figure 3-1 illustre un exemple typique de la répartition de l'énergie entre les principaux composants de la chaîne de traction électrique pour un autobus électrique en Suisse. La propulsion nécessite 21 % de l'énergie totale, le chauffage 32 %, les équipements auxiliaires 19 %, tandis que le reste correspond à d'autres pertes. Il est important de limiter les pertes d'énergie associées à la propulsion et au chauffage pour optimiser l'autonomie.

Pour améliorer l'efficacité du CVC grâce à l'écoconduite, les opérateurs peuvent préconditionner les VE pendant qu'ils se rechargent, ce qui économise l'énergie de la batterie pour ces fonctions. La consommation d'énergie peut également être réduite en maintenant des températures modérées, en utilisant des sièges chauffants et en optant pour une ventilation naturelle lorsque c'est possible. Réduire les périodes d'inactivité pendant les journées de températures extrêmes permet également d'économiser de l'énergie, ce qui augmente l'autonomie et l'efficacité du véhicule.

¹ Cette étude a été menée avec une Chevrolet Bolt, reliée à des systèmes de communication du véhicule à infrastructure sur une piste de 3,7 km comportant divers panneaux d'arrêt, feux de signalisation et limitations de vitesse.

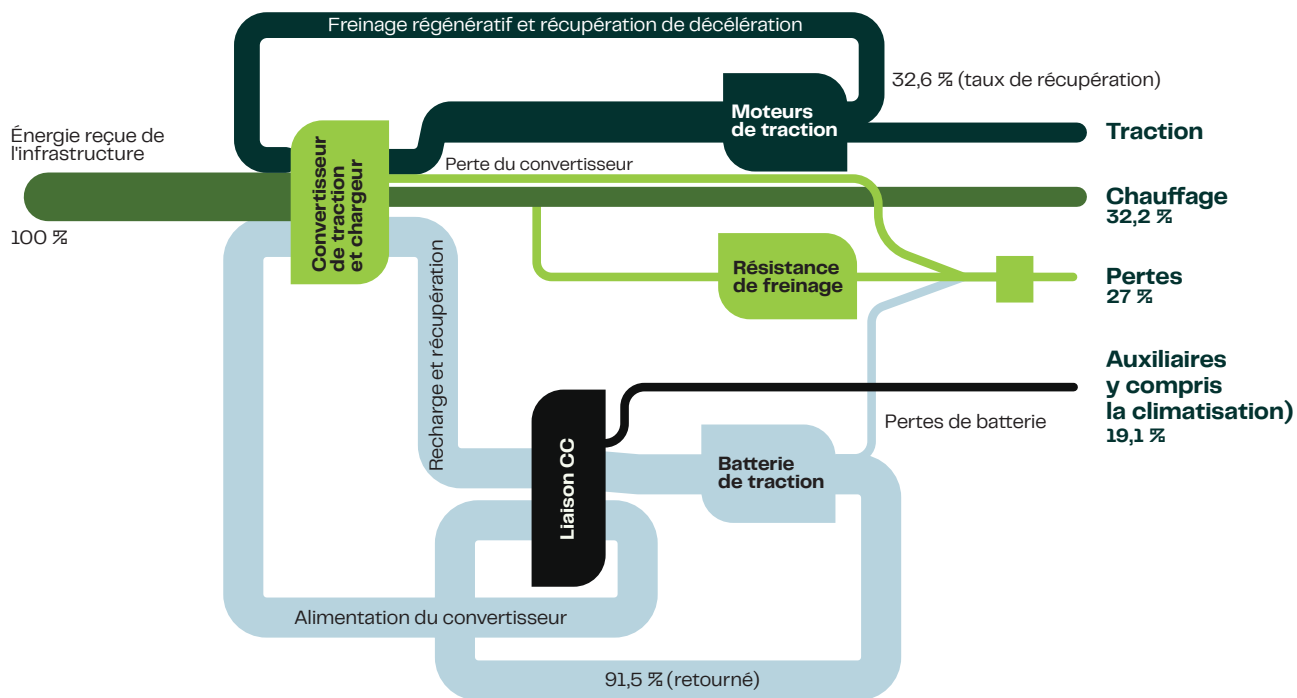


Figure 3-1: Illustration de la consommation d'énergie d'un groupe motopropulseur VZE (adaptée des résultats d'une présentation des Transports publics genevois sur leur projet d'électrification TOSA)

Meilleures pratiques pour réduire la consommation d'énergie des VZE

- Intégrez l'écoconduite dans la formation de vos conducteurs.
- Encouragez les conducteurs de VZE à adapter leurs habitudes de conduite en fonction des recommandations et du retour d'information du système télématique.

3.1.2 Atténuer la dégradation des batteries

Le phénomène de dégradation des batteries se caractérise par une diminution progressive de leur capacité utilisable au fil du temps. Selon une étude de Geotab, qui suit des milliers de véhicules électriques légers, la perte annuelle moyenne de capacité des batteries est inférieure à 2 % [59]. Cependant, sur toute la période d'utilisation d'un véhicule, une décroissance annuelle aussi minime peut aboutir, après 10 ans, à une réduction significative de 20 % de sa capacité. Cette baisse peut avoir un impact important sur les opérations des véhicules dont la durée de vie dépasse les 10 ans.

L'usure de la batterie ne se limite pas à une baisse de l'autonomie : elle entraîne également un temps de charge plus long en raison d'une résistivité accrue⁸ et une puissance réduite de la batterie, ce qui affecte les performances du véhicule, comme la capacité de stockage d'énergie et les accélérations.

Heureusement, il existe plusieurs moyens d'atténuer l'impact de la dégradation de la batterie. Par exemple, il ne faut pas charger un véhicule lorsque son EDC atteint 100 %, car cela pourrait entraîner une formation de lithium métallique, ce qui accélère la dégradation de la batterie. La plupart des chargeurs actuels réduisent automatiquement le taux de charge au minimum dès qu'ils atteignent 100 %, selon un processus appelé « charge résiduelle ». Le véhicule peut également être débranché une fois qu'il est complètement chargé. Il est préférable de ne pas opérer un véhicule avec un EDC en dessous d'un certain niveau, habituellement inférieur à 20–30 %, car cela stresse la batterie et réduit sa durée de vie. Chaque fabricant recommande des niveaux de charge légèrement différents pour maximiser la longévité de la batterie.

Les systèmes télématiques permettent de surveiller l'état de la batterie, mais une compréhension plus approfondie nécessite des plateformes de surveillance et d'analyse en temps réel de la batterie. Ces dispositifs peuvent être intégrés au système d'information du véhicule ou proposés par des fournisseurs tiers avec des outils distincts. Ils offrent des données détaillées sur les fonctionnalités, l'état de santé et les modes d'utilisation des batteries. Ils se servent d'indicateurs comme la tension et le courant des cellules pour évaluer la durée de vie résiduelle d'une batterie en se fondant sur les cycles de conduite actuels ou sur les tendances historiques. Ils sont également utilisés pour détecter les éventuels défauts qui peuvent causer des incendies en collectant des données en temps réel sur sa température.

⁸ La résistivité est la capacité d'un matériau à s'opposer au passage du courant électrique. En ce qui concerne les batteries, elle évalue la capacité des composants internes à résister à la circulation des charges électriques.

Meilleures pratiques pour atténuer la dégradation des batteries

- Maintenez l'EDC du véhicule entre 30 et 80 % pour maximiser la durée de vie de la batterie. Suivez les recommandations de chaque fabricant pour se faire.
- Anticipez et prévoyez le coût du remplacement de la batterie ou d'une garantie prolongée si le véhicule est destiné à une utilisation de plus de 10 ans.

3.1.3 Baisse des performances en hiver et considérations météorologiques extrêmes

Les opérateurs de parcs de véhicules doivent être conscients que les conditions hivernales affectent l'autonomie des VZE en raison des éléments suivants :

- Le chauffage de l'habitacle dû au refroidissement ambiant peut entraîner une baisse d'autonomie du véhicule allant jusqu'à 30 % lorsque les températures sont inférieures à -1 °C, en fonction des capacités du véhicule et de la technologie de chauffage [60]. En effet, les VZE sont plus efficaces et produisent moins de chaleur résiduelle que les véhicules à MCI, ce qui ne leur permet pas de produire suffisamment de chaleur pour être réutilisée pour le réchauffement de l'habitacle.
- Les pneus d'hiver plus résistants au roulement et la traction réduite sur les surfaces hivernales nécessitent plus d'énergie.
- Les conditions de conduite glissantes entravent la récupération d'énergie par freinage régénératif. En ce qui concerne le système de contrôle de traction du véhicule, les fabricants de VZE ont la possibilité de désactiver le freinage régénératif en cas de dérapage pour prévenir le blocage des roues.
- Les temps de recharge sont rallongés si la batterie n'a pas été préalablement chauffée, car elle doit d'abord se réchauffer avant que la vitesse de recharge puisse augmenter [61].
- Le maintien de la température de la batterie par temps froid nécessite une quantité d'énergie supplémentaire. De plus, charger un VE en hiver est plus énergivore et coûteux.

Pour limiter l'impact des basses températures sur la batterie et préserver l'autonomie du véhicule, il est conseillé de préchauffer celui-ci lorsqu'il est branché. Cela s'appelle le pré conditionnement et aide le véhicule et la batterie à atteindre une température de conduite optimale. Des contrôles de maintenance réguliers, y compris la surveillance de la santé de la batterie, sont recommandés pour maximiser l'efficacité et l'autonomie des VZE par temps froid.

La pression des pneus a un impact sur l'efficacité en affectant la résistance au roulement. Des pneus sous-gonflés augmentent la résistance, ce qui nécessite plus d'énergie pour propulser le véhicule et réduit l'autonomie. Les températures froides réduisent la pression des pneus, rendant les vérifications régulières importante pour maintenir l'efficacité et l'autonomie. La pression des pneus doit être mesurée au moins une fois par mois et plus fréquemment lors de changements de température

extrêmes afin de garantir un gonflage adéquat. Conduire un véhicule avec des pneus sous-gonflés de 56 kilopascals (8 lb/po²) peut augmenter la consommation de carburant jusqu'à 4 % [62].

Certains véhicules zéro-émission, tels que les autobus qui doivent chauffer de grands espaces tout au long de la journée, ont souvent recours à des systèmes de chauffage auxiliaires au diesel pour compléter le chauffage électrique résistif ou les pompes à chaleur. Même si cela ne correspond pas à une solution zéro émission, le chauffage au diesel allège la charge sur la batterie du véhicule et aide à augmenter son autonomie.

Selon les commentaires des exploitants de parcs de véhicules, les conditions hivernales n'affectent pas la performance des chargeurs, qui peuvent fonctionner jusqu'à -40 °C. Toutefois, les conditions hivernales peuvent rendre leur manipulation plus difficile en cas d'accumulation de neige ou de glace sur le câble et le connecteur. L'installation d'auvents au-dessus des systèmes de recharge peut contribuer à atténuer ce problème.

Veillez à dégager la neige autour et devant les chargeurs afin d'en faciliter l'accès. Pour les chargeurs publics partagés, l'une des causes les plus courantes de dommages en hiver est le déneigement des équipements de recharge. Il est important de veiller à ce que l'accessibilité soit maintenue tout au long de l'hiver, car la neige peut souvent s'accumuler autour des chargeurs dans les stationnements.

Cette section se concentre sur l'effet des températures froides sur l'autonomie, mais certaines recherches suggèrent que la climatisation consomme plus d'énergie par degré refroidit que les systèmes de chauffage par degré chauffé [60]. Par conséquent, lorsque la température intérieure est significativement différente de la température ambiante confortable, l'utilisation de la climatisation aura un impact important sur l'autonomie du véhicule.

Meilleures pratiques pour atténuer l'impact des conditions hivernales

- Préchauffez⁹ le véhicule pendant 20 à 30 minutes avant de partir, en le laissant branché.
- Privilégiez les véhicules munis de sièges et d'un volant chauffant, ou encore d'un système de chauffage dirigé, comme un chauffage soufflant orienté vers le conducteur, pour diminuer la nécessité de préchauffer l'habitacle. Cela est particulièrement important lors de l'acquisition de véhicules ayant des requis opérationnels particuliers et de véhicules moyens de livraison pour des applications nécessitant de grands habitacles, comme dans le secteur de la livraison, où l'objectif devrait être de maintenir le conducteur au chaud plutôt que de chauffer l'ensemble de l'habitacle. Si cela correspond à l'application de votre véhicule et si les fabricants le proposent, il est recommandé d'opter pour des modèles équipés de pompes à chaleur, qui sont plus économes en énergie que les chauffages à résistance.
- Surveillez régulièrement l'état et la pression des pneus afin d'optimiser l'autonomie en hiver.
- Encouragez les opérateurs à limiter l'utilisation de la climatisation par temps chaud et à adopter des stratégies de refroidissement écoénergétiques, telles que la ventilation naturelle directe ou le pré refroidissement du véhicule lorsqu'il est branché, afin de préserver l'autonomie.

3.1.4 Fonctionnement et entretien des VZE

Opération des VZE³

Pour assurer un fonctionnement efficace et optimal du véhicule, il est conseillé de suivre les directives suivantes :

- Déployer une formation sur les procédures de sécurité pour les systèmes de recharge et les bonnes pratiques d'utilisation des chargeurs.
- Communiquer aux opérateurs que la conduite d'un VZE est semblable à celle d'un véhicule à MCI, mais qu'elle présente certaines différences, comme l'accélération instantanée grâce au couple du moteur, une conduite plus silencieuse, et l'absence de passages de vitesses.
- Instaurer une stratégie de recharge qui tient compte de la demande de pointe et de l'équilibrage de la recharge.
- S'assurer que les VZE ont suffisamment de puissance pour effectuer leurs trajets en vérifiant leur EDC avant leur utilisation. Selon la taille du parc de véhicules et la nature des opérations, cette vérification peut être automatisée par le biais d'un système de gestion de l'énergie ou être effectuée manuellement par l'opérateur, par exemple, en confirmant que la batterie atteint un

⁹ Le préchauffage consiste à réchauffer l'habitacle du véhicule et le système de batterie avant le départ, tout en étant encore connecté à une station de recharge.

niveau de charge prédéfini avant le départ. Ces systèmes peuvent aussi avertir les gestionnaires lorsqu'un véhicule n'a pas assez d'énergie emmagasinée pour effectuer le trajet prévu.

- Informer les conducteurs sur la disponibilité de l'infrastructure de la recharge publique et les procédures à suivre, en leur fournissant les ressources nécessaires, comme les cartes de paiement, les applications mobiles des réseaux de recharge, ou encore l'assistance routière pour cas de panne.
- Analyser régulièrement les données recueillies par le biais du système de gestion de l'énergie, des systèmes télématiques et des autres outils disponibles, pour prévenir les défaillances, optimiser les performances des véhicules et les stratégies de recharge, améliorer le comportement des opérateurs, réduire la consommation énergétique et prolonger la durée de vie des VZE.

Les gestionnaires de parcs de véhicules devraient également surveiller régulièrement les indicateurs clés suivants :

- La consommation énergétique : Ce suivi permet d'identifier des comportements de conduite inefficaces, comme la marche au ralenti prolongée, et d'encourager les opérateurs à adopter des pratiques d'écoconduite.
- La disponibilité des véhicules et des bornes de recharge : Le suivi de la disponibilité opérationnelle des véhicules et des bornes est important pour évaluer leur utilisation quotidienne et assurer leur performance.
- La distance moyenne entre les défaillances (DMED) : Ce ratio, obtenu en divisant la distance totale parcourue par le nombre de pannes, évalue la fiabilité des véhicules. Une surveillance annuelle de cet indicateur permet de s'assurer que les procédures d'entretien sont appropriées et que les véhicules fonctionnent à la hauteur des attentes en matière de performance. Pour recueillir ces données, il est impératif de mettre en place un système de suivi des pannes.
- Les habitudes d'utilisation et la distance parcourue : L'analyse de ces données permet d'optimiser l'affectation des VZE à des itinéraires compatibles avec leur autonomie et leurs capacités opérationnelles, ce qui maximise leur efficacité.
- Les événements de recharge des VHER : Le suivi des recharges permet d'évaluer dans quelle mesure le moteur électrique est utilisé par les opérateurs de VHER pour réduire la consommation de carburant et les émissions de GES.

Entretien des VZE

Les VZE nécessitent généralement moins d'entretien que les véhicules à MCI. Cela s'explique en partie par un besoin moins important de liquides et de pièce de rechange, et une réduction de l'usure des freins grâce au freinage régénératif [63]. Les composants clés du groupe motopropulseur, comme le moteur et les convertisseurs, sont souvent conçus pour durer au-delà du cycle de vie de la batterie. Toutefois, les VZE doivent se conformer à des exigences et à des protocoles de sécurité spécifiques pour assurer une désactivation et une manipulation en toute sécurité des

systèmes électriques à haute tension. Ces interventions nécessitent des équipements de protection individuelle (EPI) et des outils isolants adaptés.

Au Canada, divers programmes de formation spécialisés pour les techniciens dans des régions différentes sont offerts et sont obligatoires pour pouvoir réaliser toute intervention sur un VZE. Les équipes d'entretien doivent être formées et équipées pour gérer des situations d'urgence liées aux batteries, comme un emballement thermique.

Selon l'application du véhicule, il peut nécessiter un ou plusieurs changements de batterie pendant sa durée de vie. Dans ce cas, un espace spécialement conçu, maintenu à une température régulée et facilement accessible pour les pompiers, doit être prévu pour le stockage temporaire des batteries usagées avant de s'en séparer. Pour plus de détails sur la gestion des batteries en fin de vie, consulter la section Deuxième vie et recyclage des batteries.

Voici quelques recommandations pour que les pratiques d'entretien soient adaptées aux exigences particulières des VZE :

- **Entretien préventif :** Les constructeurs automobiles et les fabricants de bornes de recharge proposent habituellement des programmes d'entretien et d'inspection personnalisés. Ceux-ci comprennent des vérifications régulières des composants haute tension comme la batterie, le moteur, le câblage et les systèmes de refroidissement, qui sont essentiels au maintien d'une température optimale de la batterie.
- **Maintenance corrective :** Contrairement aux véhicules à MCI, l'entretien correctif des VZE dépend principalement de l'analyse des données et des alertes du véhicule pour diagnostiquer les problèmes et intervenir rapidement.
- **Entretien des chargeurs :** Effectuez des inspections régulières des bornes conformément aux recommandations du fabricant. Cela inclut la vérification de l'état des câbles et de leur usure, des dommages sur les connecteurs et les prises, ainsi que l'entretien des systèmes de gestion des câbles. Les bornes de recharge rapide (niveau 3) nécessitent des vérifications régulières des filtres à air pour éviter la surchauffe et optimiser les performances des systèmes de refroidissement.

Trouver rapidement des techniciens qualifiés pour l'entretien des VZE dans les régions éloignées peut être un défi en raison des exigences en matière de formation spécialisée. Cette problématique doit être prise en compte dans le plan de maintenance. Parmi les solutions possibles, les gestionnaires de parcs de véhicules peuvent envisager de créer des programmes de formation personnalisés pour le personnel d'exploitation et de maintenance, ou bien de confier l'entretien au constructeur ou à un tiers.

Meilleures pratiques pour l'exploitation et l'entretien des VZE

- Créez une procédure d'exploitation interne pour déterminer les caractéristiques de chaque système, établir des procédures opérationnelles pour les VZE, et mettre en place des plans d'intervention d'urgence, y compris des diagrammes détaillant les procédures à suivre pour les utilisateurs et le personnel travaillant à proximité des véhicules.
- Concevez des formations adaptées au personnel pour assurer une utilisation sécuritaire et optimale des véhicules et des bornes de recharge.
- Surveillez régulièrement des indicateurs tels que la disponibilité des véhicules, la distance moyenne entre les pannes et l'utilisation des bornes pour optimiser les opérations et la maintenance.
- Informez les autorités locales, notamment les pompiers, des procédures d'exploitation et des plans d'urgence, car elles jouent un rôle clé en cas d'incident.
- Collaborez avec des partenaires publics et privés, y compris les fournisseurs d'électricité, pour identifier et évaluer les emplacements potentiels destinés à l'infrastructure de recharge rapide publique pour les véhicules moyens et lourds dans les municipalités, les stations-service et les zones récréatives [64]. Intégrer ces emplacements dans la stratégie globale de recharge du parc de véhicules, en les considérant comme des sites de recharge principaux ou de secours.

3.2 Gestion et utilisation des BRVE

Messages clés

- Le recours à des systèmes de gestion de l'énergie ou de la recharge (par exemple, SGE/SGC) pour planifier et superviser les recharges est recommandé. La priorisation des recharges pendant les heures creuses permet de réduire la demande en électricité aux heures de pointe et diminuer les coûts opérationnels.
- Le partage des bornes de recharge sur le lieu de travail permet aux employés de recharger leurs véhicules personnels. Cette initiative doit prendre en considération les coûts, la capacité du site ainsi que les contraintes logistiques liées à l'installation, tout en assurant la priorité des besoins opérationnels du parc de véhicules. En offrant cet accès, les parcs de véhicules peuvent générer des revenus additionnels tout en optimisant la gestion des plages horaires de recharge pour éviter les conflits d'utilisation durant les heures de pointe.
- S'assurer d'un accès équitable et de préserver la durabilité des bornes en communiquant clairement des règles et des bonnes pratiques en matière de recharge et d'utilisation des chargeurs aux employés. Par exemple, il faut débrancher le véhicule une fois la recharge terminée, respecter les limites de temps, et ranger correctement les câbles. Installer une signalisation claire et établir des procédures simples pour indiquer les équipements de recharge endommagés.
- La mise à disposition de la recharge à domicile des véhicules de fonction nécessitant l'installation de bornes de recharge de niveau 1 ou 2 financées par l'employeur peut permettre d'éviter des investissements coûteux sur site. Les politiques doivent être adaptées aux exigences opérationnelles et prévoir des stratégies de remboursement équitables, tout en prenant en compte les implications fiscales associées aux avantages offerts aux employés.

3.2.1 Recharge efficace au dépôt

Assurer une recharge optimale au dépôt exige que les parties impliquées s'adaptent aux avancées technologiques et aux nouveaux systèmes. Les opérateurs, équipes de maintenance et superviseurs doivent bien comprendre leurs responsabilités et se conformer aux directives opérationnelles. Ces dernières peuvent être renforcées par une signalisation physique sur place qui indique les tâches à accomplir et les zones de stationnement réservées.

La surveillance et le contrôle des activités de charge au sein d'un dépôt grâce à des outils SGE ou SGC automatisés permettent de répondre aux besoins de recharge, tout en limitant le nombre de bornes nécessaires. Ces outils optimisent les opérations en automatisant l'identification des véhicules, le suivi de l'EDC, l'utilisation des bornes et la gestion de l'énergie. Ils facilitent également le travail des employés en détectant rapidement les pannes matérielles ou les problèmes opérationnels. De plus, un SGE peut collecter les données de consommation énergétique du bâtiment et exploiter l'énergie produite localement (panneaux solaires) ou intégrer d'autres systèmes de stockage d'énergie au besoin.

La planification d'une recharge efficace dans les dépôts inclut également des stratégies de gestion des risques et des procédures d'urgence. Les organisations doivent se préparer à d'éventuelles défaillances d'équipements (bornes de recharge pour véhicules électriques, véhicules, logiciels, réseau électrique, etc.) et mettre en place des plans de contingence pour garantir la continuité des opérations. L'intégration de systèmes redondants, combinant plusieurs solutions de recharge et des bornes mobiles, renforce la capacité du personnel à faire face aux pannes avec plus de confiance. La compatibilité des équipements est essentielle pour gérer efficacement les défaillances et anticiper les besoins de maintenance. Le suivi en continu des températures des batteries et la capacité du système à alerter immédiatement le conducteur et les autorités compétentes en cas de dysfonctionnement sont également des éléments clés de la gestion des événements de recharge sur site.

Enfin, en privilégiant la recharge durant la nuit ou en dehors des heures de pointe, lorsque la demande sur le réseau est plus faible, les gestionnaires de parcs de véhicules peuvent alléger la pression sur le réseau, profiter de tarifs d'électricité plus avantageux et éviter des frais énergétiques élevés. Cette stratégie est particulièrement intéressante dans les régions où un taux d'ajustement global est imposé, comme c'est le cas en Ontario.

Meilleures pratiques pour une recharge efficace aux dépôts

- Mettez à jour les processus d'exploitation existants pour tenir compte des changements nécessaires à la gestion d'un parc de véhicules mixtes VZE et MCI.
- Automatisez autant que possible les opérations et mettez au point un système de charge adapté aux spécificités du parc de véhicules.
- Contrôlez en permanence l'état des batteries des VZE pour prévenir les risques de panne ou de dysfonctionnement.
- Si vous mettez en place un SGE, procédez par étapes afin de vous assurer que les utilisateurs finaux se familiarisent avec la technologie et adaptent les opérations en conséquence.

3.2.2 Accès des employés et du public aux BRVE

L'adoption des véhicules VZE au Canada a atteint 16,5 % pour les véhicules légers [65] au troisième trimestre de 2024. Cette progression concerne autant les parcs de véhicules (professionnels) que les véhicules personnels des employés. Les besoins en recharge de ces derniers dépendent de la distance parcourue pour se rendre au travail et de l'accès à une borne de recharge à leur domicile. Pour les sites où il y a peu de bornes publiques à proximité, et où les employés effectuent de longs trajets pour se rendre au travail, il serait pertinent de leur permettre d'utiliser les bornes existantes ou d'en installer pour eux.

Pour planifier les besoins en recharge pour les employés, il faut répertorier les types de groupes motopropulseurs des véhicules personnels. Les propriétaires de VHER ont moins besoin de bornes de recharge sur leur lieu de travail, grâce à leur MCI qui prend le relais lorsque la batterie est déchargée. En revanche, les propriétaires de véhicules entièrement électriques dépendent fortement des bornes de recharge, surtout s'ils ont un accès limité à la recharge au domicile.

Avant de déployer des bornes de recharge pour les véhicules des employés, il est important d'analyser minutieusement les coûts, notamment l'installation des bornes et les frais de fonctionnement et d'entretien. Le choix du chargeur doit être adapté aux cas d'utilisation des employés. Bien que les bornes de niveau 2 soient plus coûteuses à l'achat que celles de niveau 1, elles permettent des temps de recharge moins élevés. La recharge de niveau 1 peut être une option intéressante pour les employés à temps plein, car elle permet de recharger un véhicule stationné pour une plus longue période et une recharge continue pendant une journée de travail de huit heures. Les employeurs qui souhaitent fournir un accès à la recharge de niveau 1 doivent savoir que la gestion de la consommation énergétique et la mise en place d'un système de facturation peuvent se révéler compliquées, étant donné que ces bornes ne sont généralement pas conçues pour être intégrées dans un réseau connecté.

Pour que les bornes de recharge soient accessibles à la fois aux employés et au public, il est important de les réserver prioritairement aux parcs de véhicules, surtout lors des périodes de forte demande où l'offre est limitée. La disposition physique du site peut entrer en conflit avec l'accès public, particulièrement si le stationnement des véhicules du parc est délibérément séparé des autres zones. Il est donc nécessaire d'établir une procédure claire qui accorde la priorité d'utilisation des bornes aux véhicules du parc durant les heures de pointe. Par exemple, les bornes peuvent être configurées pour limiter l'accès aux utilisateurs publics à certaines heures afin de garantir la priorité pour les véhicules du parc. En revanche, en dehors des heures d'opération, l'accès au public pourrait être permis, ce qui générerait des revenus additionnels pour l'opérateur, sans nuire à la fonction principale des bornes, qui est de répondre aux besoins des véhicules du parc.

Permettre aux employés d'utiliser les bornes de recharge du parc automobile pourrait entraîner des répercussions sur le plan fiscal. Si les employés ne paient pas de frais ou si ceux-ci sont inférieurs au prix du marché, il peut y avoir une taxation sur ces avantages. Pour remédier à cette situation, il faut

mettre en place un système de tarification pour la recharge électrique. Cela exige l'installation de technologies appropriées pour assurer une facturation précise.

Les bornes publiques peuvent constituer une solution viable pour les véhicules du parc, à condition qu'elles soient judicieusement situées le long des trajets empruntés par les VZE, dans les zones urbaines, ou comme solution de secours lorsque l'EDC d'un véhicule est faible et éloigné de sa source de recharge principale. Lorsque l'infrastructure publique de recharge est utilisée, les opérateurs doivent veiller à déplacer le véhicule dès que la recharge est terminée. En effet, la plupart des municipalités appliquent des frais additionnels lorsque le véhicule occupe un espace de stationnement sans qu'il soit en train de se charger. Par exemple, BC Hydro facture 0,40 \$ par minute d'inactivité à compter de cinq minutes après la fin de la recharge [66].

Meilleures pratiques pour la recharge des employés sur le lieu de travail

- Mettez l'accent sur la mise en place de solutions de recharge dans les lieux de travail qui répondent aux exigences particulières des détenteurs de VZE, tout en assurant une utilisation équitable par les salariés ne disposant pas de possibilités de recharge à domicile.
- Évaluez les demandes actuelles et futures en matière de recharge pour le parc de véhicules et élaborer des directives d'utilisation précises avant d'autoriser les employés à utiliser les bornes de recharge sur leur lieu de travail.

3.2.3 Consignes d'utilisation pour la recharge

Pour assurer l'égalité d'accès à la recharge pour tous les utilisateurs de VZE, il est essentiel d'établir des règles claires et faciles à appliquer concernant l'utilisation des bornes de recharge. Lors de l'élaboration de ces lignes directrices, les gestionnaires doivent prendre en compte les éléments suivants :

- Demander aux conducteurs de débrancher et de déplacer leur véhicule dès qu'il a atteint un niveau de charge suffisant pour leurs besoins immédiats ou lorsque la session de recharge a expiré. On entend par « niveau de recharge suffisant » le minimum requis pour que le véhicule soit opérationnel pour la prochaine utilisation planifiée, de manière à libérer rapidement la borne pour d'autres utilisateurs.
- Utilisez exclusivement les bornes de recharge désignées, en particulier si certaines sont réservées aux véhicules du parc pendant les heures de pointe.
- Encouragez les conducteurs à ranger soigneusement les câbles de recharge après usage pour préserver l'équipement, éviter les dommages et prévenir les risques de trébuchement.
- Mettez en place un système de signalement des dommages ou dysfonctionnements, soit par le biais d'une application mobile, soit grâce à un processus bien établi et facilement compréhensible.

- Installez une signalisation claire pour informer les utilisateurs des restrictions de stationnement ou des règles à suivre.

3.2.4 Recharge à domicile

Dans certaines situations spécifiques, les gestionnaires du parc de véhicules peuvent autoriser les conducteurs à retourner à la maison avec leur véhicule professionnel après leur quart de travail. Par exemple, les employés municipaux ou de construction pourraient être autorisés à rentrer chez eux avec leur véhicule de fonction pour éviter de devoir récupérer des outils au garage le matin.

De plus, les conducteurs de ce type de véhicule peuvent parfois avoir besoin de le recharger à leur résidence pour assurer sa disponibilité pour des missions longues ou imprévues. Ces cas sont toutefois rares. Des solutions existent pour faire face à de telles situations, comme l'explique ce qui suit.

Lorsqu'ils effectuent leur recharge à domicile, les employés sont encouragés à utiliser une borne de recharge de niveau 1, qui fonctionne avec des prises électriques standard de 120 V. Il est recommandé d'opter pour une recharge de niveau 1 plutôt que pour une mise à niveau des panneaux électriques et l'installation de bornes de recharge résidentielles de niveau 2. La recharge nocturne de niveau 1 est idéale pour les véhicules légers et un usage quotidien inférieur à 100 km (en considérant une recharge de 15 kWh par nuit). Cependant, pour que les employeurs puissent rembourser l'énergie consommée, des étapes additionnelles sont nécessaires, puisque les câbles de recharge ne comportent pas de compteurs. Les employeurs peuvent prendre en charge l'installation de chargeurs résidentiels de niveau 2, si nécessaire. Ces bornes peuvent fournir des informations détaillées sur la consommation électrique, ce qui permet de simplifier le suivi et le remboursement des frais d'électricité des employés.

Fournir des équipements de recharge à domicile et couvrir les frais d'électricité pourrait être considéré comme un avantage imposable. Pour qu'un véhicule électrique soit admissible à la recharge à domicile, il est essentiel de déterminer des critères d'admissibilité en fonction des politiques internes et des exigences opérationnelles en tenant compte des habitudes de conduite et des possibilités de recharge à domicile. Par exemple, si l'utilisateur est locataire ou propriétaire, s'il vit dans une maison ou un condominium, etc.

Les politiques internes doivent clairement définir l'utilisation autorisée des véhicules afin qu'ils soient utilisés de manière appropriée. Une stratégie de remboursement équitable des frais d'électricité doit aussi être mise en place, en favorisant le remboursement basé sur la consommation réelle mesurée. Cette méthode assure un remboursement juste, en fonction du niveau de recharge utilisé.

3.3 Responsabilité environnementale

Messages clés

- L'analyse du cycle de vie des VZE doit prendre en compte le type d'actif, son utilisation et les caractéristiques de la batterie. Cela est particulièrement important pour les véhicules dont la durée de vie prévue dépasse 10 ans. Les programmes de maintenance préventive et prédictive peuvent aider à prolonger la durée de vie des véhicules et de l'infrastructure de recharge.
- La collaboration avec les fabricants et les entreprises de recyclage certifiées peut garantir que les batteries des VZE soient correctement recyclées, conformément aux réglementations locales et fédérales. Des services sécurisés pour le stockage et le transport des batteries doivent être mis en place pour assurer la conformité et la sécurité.
- L'estimation du calendrier de remplacement des actifs peut être facilitée par une évaluation annuelle de la durée de vie restante et de l'état des véhicules. Les véhicules en bon état peuvent être revendus sur à des concessionnaires ou sur le marché de revente, tandis que ceux qui ne sont pas réparables peuvent être confiés à des centres de recyclage.

3.3.1 Considérations relatives au cycle de vie des VZE et des systèmes de recharge

La durée de vie d'un VZE dépend de plusieurs facteurs, dont le cycle d'utilisation et le respect des directives du fabricant concernant la gestion de l'EDC. Les choix relatifs au remplacement des batteries tout au long de son cycle de vie peuvent avoir un impact significatif sur la rentabilité du projet. Les véhicules lourds sont souvent soumis à des conditions opérationnelles plus exigeantes, ce qui entraîne une usure prématurée des batteries et une diminution progressive de leurs performances. Alors que les premières générations de VZE légers commencent tout juste à atteindre leur durée de vie prévue, il n'y a pas encore de meilleures pratiques établies pour améliorer leur longévité. Par conséquent, les éléments suivants se fondent sur des lignes directrices générales plutôt que sur des retours d'expérience éprouvés.

Pour les véhicules très sollicités ainsi que pour ceux dont la durée de vie est d'au moins 10 ans, il est probable qu'un remplacement de batterie soit nécessaire. Il est important de vérifier la compatibilité des batteries avant de planifier leur remplacement. En effet, certains blocs-batteries ou types de composition chimique des batteries pourraient devenir introuvables sur le marché dans 5, 7 ou même 10 ans. Il faut donc aborder ce point dans les documents d'approvisionnement pour garantir la compatibilité à long terme et assurer l'engagement des fabricants à fournir des batteries de rechange.

La chaîne de valeur des batteries est appelée à évoluer dans les 5 à 10 prochaines années. Les fournisseurs de pièces devront s'adapter aux nouvelles exigences en matière d'efficacité, d'accessibilité et de diversité des options de véhicules.

L'adoption de programmes de maintenance préventive représente un levier essentiel pour prolonger la durée de vie des véhicules et des bornes de recharge. Il est important de respecter scrupuleusement le calendrier de maintenance recommandé par le fabricant afin de maintenir les conditions de garantie. De plus, la maintenance prédictive permet d'anticiper les éventuelles pannes en suivant l'état des batteries et en identifiant les moments propices à un remplacement, ce qui contribue à prolonger la durée de vie des équipements.

3.3.2 Deuxième vie et recyclage des batteries

Les gestionnaires de parcs de véhicules doivent engager des discussions avec les fabricants avant de revendre leurs VZE pour examiner les options de gestion de la fin de vie des batteries des véhicules électriques. Bien qu'elles ne soient plus appropriées pour un usage automobile, ces batteries peuvent encore détenir une capacité adéquate pour être réutilisées dans des applications de deuxième vie, comme le stockage de l'énergie. Leur recyclage permet non seulement d'allonger leur durée de vie fonctionnelle, mais aussi de contribuer à l'équilibre de la demande énergétique en stockant de l'énergie pendant les périodes de faible consommation.

Lorsqu'une batterie atteint la fin de sa durée de vie utile, il est nécessaire de la recycler. Pour ce faire, un protocole bien établi permet de gérer adéquatement le processus. Ce dernier doit respecter les règlements locaux et nationaux, comme ceux édictés par la Loi canadienne sur la protection de l'environnement, 1999. Voici les étapes à suivre pour le recyclage d'une batterie :

- Effectuez un bilan de santé des cellules de la batterie avec l'aide du fabricant pour établir si elle peut être réutilisée ou doit être recyclée. Les principales compositions chimiques de batteries que l'on trouve dans les VZE sont le LTO ($\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$), le LFP (LiFePO_4), le NMC (LiNiMnCoO_2) et le NCA (LiNiCoAlO_2). Ces informations guideront les prochaines étapes de recyclage.
- Confiez le retrait de la batterie à un personnel qualifié qui respectera les consignes de sécurité du fabricant. Cette opération est généralement réalisée par un tiers dans le cadre d'un accord avec le fabricant.
- Stockez les batteries en fin de vie dans des contenants sécurisés et résistants au feu dans des zones désignées avant leur ramassage. Ces dernières doivent être bien sécurisées pour prévenir tout risque de surchauffe.
- Sélectionnez des partenaires agréés pour le recyclage des batteries, qui utilisent des techniques comme l'hydrométallurgie pour maximiser la récupération des matériaux, tels que le lithium et le cobalt. Cela assure la conformité aux règlements provinciaux et fédéraux relatifs aux matériaux dangereux.

- Étant donné que les batteries au lithium sont considérées comme des marchandises dangereuses en vertu de la loi de 1992 sur le transport des marchandises dangereuses, optez pour des transporteurs certifiés pour le transport des batteries et gardez des traces documentaires à chaque étape afin de respecter les exigences réglementaires et documenter le processus de recyclage.

Bien que l'industrie canadienne du recyclage des batteries en soit encore à ses débuts, des usines de recyclage ont déjà commencé à fonctionner au Canada, comme Lithion Technologies à Saint-Bruno-de-Montarville, au Québec. Par ailleurs, plusieurs usines de recyclage sont actuellement en construction au Québec, en Ontario et en Colombie-Britannique.

3.3.3 Désaffectation des véhicules en fin de vie utile

Selon la durée de vie restante d'un véhicule, plusieurs options sont possibles pour sa désaffectation, qu'il soit zéro émission ou à moteur thermique. S'il est encore fonctionnel, mais qu'il doit être retiré du service en raison de sous-performance ou d'un ajustement de la taille du parc de véhicules, les gestionnaires peuvent contacter le fabricant ou un revendeur de véhicules d'occasion pour explorer des opportunités de vente ou de reprise, ainsi que des rabais pour l'achat de nouveaux modèles. Des organisations de grande taille, comme celles qui gèrent des parcs de véhicules gouvernementaux, s'appuient sur des programmes de cession d'actifs, comme GCSurplus.

La valeur de rachat d'un véhicule dépend de divers éléments, notamment sa durée de vie résiduelle, sa marque, son modèle, son âge, son état général, les services après-vente offerts ainsi que la facilité d'obtention de pièces de rechange. En divulguant des informations sur le statut de la garantie des composants essentiels et l'état général du véhicule à l'acheteur potentiel, il est possible de négocier le prix de l'actif. Bien que sa valeur résiduelle puisse fluctuer en fonction de son état et des conditions du marché, la demande pour les véhicules d'occasion est actuellement élevée, en particulier pour les véhicules légers [67].

Les VZE se déprécient généralement plus rapidement que les véhicules thermiques en raison de l'évolution technologique rapide et de leur coût initial plus élevé. De plus, la dégradation des batteries et les incitatifs à l'achat de nouveaux VZE réduisent encore davantage la valeur des modèles d'occasion [68].

Si le véhicule n'est plus en état de circuler ou qu'il ne peut être réparé, la solution la plus simple consiste à l'envoyer dans une casse ou un centre de recyclage. Certains établissements proposent un remboursement proportionnel à la valeur des éléments récupérés. En outre, des associations locales, telles que l'Ontario Automotive Recyclers Association ou des entités gouvernementales, comme la Société de l'assurance automobile du Québec, peuvent aider les entreprises à vendre le véhicule en pièces détachées, à prendre en charge le transport, à mettre le véhicule au rancart, et plus encore.

A photograph of a city street during autumn. The trees lining the street have vibrant yellow and orange leaves. Several cars are driving on the road, some with their headlights on. In the background, a traffic light and street signs for 'Alma St' and 'Dunbar' are visible. A green utility vehicle is also present on the left side of the road.

4

Conclusion

4

Conclusion

La conversion des parcs de véhicules s'inscrit dans une perspective globale du Canada visant à atteindre la carboneutralité d'ici 2050 tout en abordant les enjeux mondiaux liés aux changements climatiques. Les gestionnaires de parcs de véhicules jouent un rôle crucial dans ce processus. Les stratégies présentées dans ce guide leur offrent une feuille de route pour faciliter cette transition. Il convient à chacun d'adapter son approche en fonction de ses besoins et de ses défis opérationnels.

La technologie des VZE évolue constamment, en particulier en ce qui concerne l'autonomie et les capacités de recharge. Cette avancée pourrait contribuer à résoudre les problèmes d'écologisation des parcs de véhicules à l'avenir.

Voici les principaux points à retenir de ce guide :

- La planification minutieuse et méthodique est l'un des facteurs clés du succès de la transition. Elle commence par une analyse approfondie de la composition du parc de véhicules et des besoins spécifiques liés aux opérations. En intégrant une étude exhaustive du coût total de possession, qui prend en compte à la fois les dépenses liées aux véhicules et les investissements nécessaires dans l'infrastructure, il est possible d'identifier des économies d'exploitation futures. L'installation des bornes de recharge nécessite généralement des travaux de mise à niveau des stationnements et des bâtiments, ainsi que de nouveaux raccordements au réseau électrique, tout en assurant la pérennité et la résilience de l'infrastructure à long terme. Il est donc essentiel d'établir rapidement une collaboration avec les fournisseurs d'électricité. L'implantation d'un système de gestion de l'énergie améliorera également les pratiques de recharge, en optimisant l'utilisation de l'énergie.
- Lors de l'élaboration d'un plan de transition vers les VZE, il est essentiel de comprendre pleinement la disponibilité des modèles de VZE par rapport aux besoins du parc de véhicules. Une analyse des tendances sur les cinq dernières années montre une amélioration de la disponibilité, portée par l'introduction de réglementations et l'augmentation des capacités de production.

- La mise en place de programmes de gestion du changement bien structurés, accompagnée d'une formation approfondie du personnel sur l'utilisation et l'entretien sécuritaires et efficaces des VZE et de leur infrastructure, est essentielle. Un engagement clair de la part de l'organisation et une véritable transformation culturelle sont nécessaires pour adapter les procédures opérationnelles et d'approvisionnement aux nouvelles technologies, afin d'assurer leur adoption durable.
- Les parcs de véhicules, que ce soient ceux des forces de l'ordre ou d'autres services publics, ont des exigences spécifiques qui ont été détaillées dans la section « Considérations pour les parcs de véhicules des forces de l'ordre ». Il est important de les prendre en compte dès la phase de planification pour s'assurer que ces besoins particuliers soient satisfaits.
- La gestion d'un parc de VZE nécessite un suivi constant de leurs performances. L'utilisation de la télématique et de systèmes de suivi des données tels que l'utilisation des véhicules, leur disponibilité et la distance moyenne entre les pannes permettent d'optimiser la recharge et la maintenance. Cela assure un usage efficient et prolonge leur durée de vie.
- L'adoption de pratiques telles que l'écoconduite et une stratégie de recharge sur le réseau public peut contribuer à accroître l'autonomie des véhicules et à réduire la consommation d'énergie.
- L'utilisation d'outils automatisés et de systèmes de gestion de la recharge simplifie la planification des heures de recharge, facilite les opérations et réduit les dépenses liées aux pointes de consommation d'énergie. Ces outils améliorent l'efficacité des infrastructures de recharge.
- Les températures hivernales peuvent affecter l'autonomie des VZE, mais des stratégies telles que le préchauffage des véhicules branchés et le choix de véhicules équipés de pompes à chaleur ou de chauffage d'appoint peuvent atténuer cet impact.
- L'entretien préventif régulier et le suivi de l'EDC des batteries sont essentiels pour limiter leur dégradation et assurer leur longévité des véhicules et des infrastructures.

En réfléchissant aux points abordés dans ce guide, il convient de réaliser que l'écologisation des parcs de véhicules est un processus continu. En prenant des décisions éclairées et stratégiques, les gestionnaires de parcs de véhicules peuvent jouer un rôle clé dans l'atteinte des objectifs de carboneutralité du Canada, tout en contribuant activement à la construction d'un avenir durable et résilient.



5

Références

5

Références

- [1] Gouvernement du Canada, « La norme sur la disponibilité des véhicules électriques du Canada (cibles réglementées pour les véhicules zéro émission), » 20 12 2023. [En ligne]. Disponible: <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/nouvelles/2023/12/la-norme-sur-la-disponibilite-des-vehicules-electriques-du-canada-cibles-reglementees-pour-les-vehicules-zero-emission.html>. [Accès le 28 01 2025].
- [2] Gouvernement du Canada, « Stratégie pour un gouvernement vert : Une directive du gouvernement du Canada, » 29 05 2024. [En ligne]. Disponible: <https://www.canada.ca/fr/secretariat-conseil-tresor/services/innovation/ecologiser-gouvernement/strategie.html>. [Accès le 02 11 2024].
- [3] Ressources naturelles Canada, « Programme d'infrastructure pour les véhicules à émission zéro, » 02 07 2024. [En ligne]. Disponible: https://ressources--naturelles-canada-ca.translate.goog/efficacite-energitique/efficacite-energitique-transports/pivez?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=fr&_x_tr_hl=fr&_x_tr_pto=sc. [Accès le 02 11 2024].
- [4] Banque de l'Infrastructure du Canada, « Initiative d'infrastructures de recharge et de ravitaillement en hydrogène, » [En ligne]. Disponible: <https://cib-bic.ca/en/charging-and-hydrogen-refuelling-infrastructure-initiative/>. [Accès le 27 11 2024].
- [5] Transport Canada, « Vue d'ensemble du programme, » 24 08 2024. [En ligne]. Disponible: <https://tc.canada.ca/fr/transport-routier/technologies-novatrices/vehicules-zero-emission/incitatifs-vehicules-zero-emission/vue-ensemble-programme>. [Accès le 02 11 2024].
- [6] Gouvernement du Canada, « Fonds pour le transport en commun à zéro émission, » 01 08 2024. [En ligne]. Disponible: <https://housing-infrastructure.canada.ca/zero-emissions-trans-zero-emissions/index-eng.html>. [Accès le 02 11 2024].
- [7] Banque de l'infrastructure du Canada, « Initiative d'autobus zéro émission, » 01 08 2024. [En ligne]. Disponible: <https://cib-bic.ca/fr/zero-emission-buses-initiative/>. [Accès le 02 11 2024].
- [8] Gouvernement du Canada, « Initiative de sensibilisation aux véhicules à émission zéro, » 26 11 2024. [En ligne]. Disponible: <https://natural-resources.canada.ca/energy-efficiency/transportation-energy-efficiency/zero-emission-vehicles-awareness-initiative>. [Accès le 22 11 2024].

- [9] Electric Autonomy, « Utilizing the Canadian Clean Fuel Regulations credit program to help green your fleet, » 01 04 2024. [En ligne]. Disponible: <https://electricautonomy.ca/sponsored/2024-04-01/cfr-credits-3degrees-canada-fleet-electrification/>. [Accès le 08 12 2024].
- [10] Gouvernement du Canada, « Véhicules zéro émission, » [En ligne]. Disponible: <https://www.canada.ca/fr/services/transport/vehicules-zero-emission.html>. [Accès le 27 11 2024].
- [11] Ressources naturelles Canada, « Infrastructure de recharge pour les véhicules électriques au Canada, » 03 07 2024. [En ligne]. Disponible: https://ressources-naturelles.canada.ca/efficacite-energitique/efficacite-energitique-transports/bibliotheque-ressources/infrastructure-recharge-vehicules-electriques-canada?_gl=1*1kwI5j6*_ga*MTA5MjYzO-TAxMy4xNzIOMTYwNDMw*_ga_C2N57Y7DX5*MTczOTExNjQ5MS40OC4. [Accès le 02 11 2024].
- [12] Natural Resources Canada, « Table 4. ZEV sales targets for Canada, British Columbia and Quebec, » Electric Vehicle Charging Infrastructure for Canada, 2024 02. [En ligne]. Disponible: <https://natural-resources.canada.ca/energy-efficiency/transportation-alternative-fuels/resource-library/electric-vehicle-charging-infrastructure-for-canada/25756#a4>. [Accès le 04 12 2024].
- [13] Gouvernement du Québec, « Politique-cadre d'électrification et de lutte contre les changements climatiques, » 2020. [En ligne]. Disponible: <https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/adm/min/environnement/publications-adm/plan-economie-verte/plan-economie-verte-2030.pdf>. [Accès le 02 11 2024].
- [14] Gouvernement du Québec, « À propos du programme Roulez vert, » 02 11 2025. [En ligne]. Disponible: <https://www.quebec.ca/transports/transport-electrique/aide-financiere-vehicule-electrique/programme-roulez-vert>. [Accès le 14 11 2024].
- [15] Ministère des Transports et de la Mobilité durable, « Programme Écocamionnage, » [En ligne]. Disponible: <https://www.transports.gouv.qc.ca/fr/aide-finan/entreprises-camionnage/aide-ecocamionnage/Pages/aide-ecocamionnage.aspx>. [Accès le 14 11 2024]
- [16] Gouvernement de la Colombie-Britannique, « About CVP (Commercial Vehicle Pilots), » [En ligne]. Disponible: <https://cvpbc.ca/about/>. [Accès le 25 09 2024].
- [17] Gouvernement de la Colombie-Britannique, « Rebates for Fleets & Organizations, » [En ligne]. Disponible: <https://www.goelectricotherrebates.ca/rebate/rebates-for-fleets-and-organizations>. [Accès le 25 09 2024].
- [18] BC Trucking Association, « Clean BC Heavy-Duty Vehicle Efficiency Program, » [En ligne]. Disponible: <https://www.bctrucking.com/cleanbc-hdve-program#:~:text=The%20CleanBC%20Heavy%2Dduty%20Vehicle,of%20approved%20fuel%2Defficient%20equipment>. [Accès le 25 09 2024].
- [19] Gouvernement de la Colombie-Britannique, « Passenger vehicle rebates for individuals, » [En ligne]. Disponible: <https://goelectricbc.gov.bc.ca/rebates-and-programs/for-individuals/explore-personal-rebate-offers/>. [Accès le 04 11 2024].
- [20] U.S. Department of Energy, « Federal Fleet ZEV Ready Center, » [En ligne]. Disponible: <https://www.energy.gov/femp/federal-fleet-zev-ready-center>. [Accès le 02 11 2024].
- [21] Propulsion Québec, « Transporteur+ guide, » 14 06 2022. [En ligne]. Disponible: <https://propulsionquebec.com/nos-ressources/guide-transporteur/>. [Accès le 02 11 2024].

- [22] BC Hydro, « Fleet electrification, » 09 2020. [En ligne]. Disponible: <https://www.bchydro.com/content/dam/BCHydro/customer-portal/documents/power-smart/electric-vehicles/fleet-electrification-guide.pdf>. [Accès le 02 11 2024].
- [23] Hydro-Québec, « Bornes de recharge pour véhicules électriques Guide technique d'installation, » 06 2022. [En ligne]. Disponible: <https://www.hydroquebec.com/data/electrification-transport/pdf/guide-technique.pdf>. [Accès le 02 11 2024].
- [24] Ministère des transports du Québec, « Guide des bonnes pratiques de l'utilisation des véhicules électriques, » 17 05 2023. [En ligne]. Disponible: <https://www.transports.gouv.qc.ca/fr/services/cger/electrification/Documents/guide-bonnes-pratiques-utilisation-des-vehicules-electriques.pdf>. [Accès le 02 11 2024].
- [25] D. Miranda et R. Watts, « What Is A RACI Chart? How This Project Management Tool Can Boost Your Productivity, » 4 06 2024. [En ligne]. Disponible: <https://www.forbes.com/advisor/business/raci-chart/>. [Accès le 02 11 2024].
- [26] Bloomberg, « The Long-Range EV Boom Has Arrived, » 06 03 2024. [En ligne]. Disponible: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2024-03-06/tesla-helped-spur-a-long-range-electric-vehicle-boom?embedded-checkout=true>. [Accès le 02 11 2024].
- [27] Electric Vehicle Battery Fires, « EV FireSafe, » 2024. [En ligne]. Disponible: <https://lwfiles.mycourse.app/63eddf5c5c08745dab2ef5ff-public/publicFiles/EV%20FireSafe%20Global%20EV%20Fires%202010%20-%20June%202024.pdf>. [Accès le 02 11 2024].
- [28] Forbes, « Electric Vehicles Not Guilty Of Excess Short-Term Fire Risk Charges, » 21 04 2024. [En ligne]. Disponible: <https://www.forbes.com/sites/neilwinton/2024/04/21/electric-vehicles-not-guilty-of-excess-short-term-fire-risk-charges/>. [Accès le 01 12 2024].
- [29] International Association of Fire and Rescue Services, « Up to 150 000 liters of water needed to put out a fire in an electric car, » 18 09 2022. [En ligne]. Disponible: <https://ctif.org/news/150-000-liters-water-needed-put-out-fire-electric-car>. [Accès le 01 11 2024].
- [30] National Fire Protection Association, « Research Insights: Fire Safety for Electric Vehicles and Other Modern Vehicles in Parking Structures, » 12 07 2024. [En ligne]. Disponible: <https://www.nfpa.org/news-blogs-and-articles/blogs/2024/07/12/parking-garages-and-evs>. [Accès le 09 09 2024].
- [31] Natural Resources Canada, Compositeur, Transcripts from ecoDriving solutions En ligne course. [Enregistrement audio]. 2023.
- [32] International Council on Clean Transportation, « Real-world usage of plug-in hybrid electric vehicles: Fuel consumption, electric driving, and CO2 emissions, » ICCT, 2020.
- [33] U.S. Department of Energy and U.S. Environmental Protection Agency, « Top Range for Model Year 2023 EVs was 516 Miles on a Single Charge, » 07 11 2023. [En ligne]. Disponible: <https://www.energy.gov/eere/vehicles/articles/fotw-1323-january-1-2024-top-range-model-year-2023-evs-was-516-miles-single>. [Accès le 27 10 2024].
- [34] Urban Mobility Forum, « A canadian first, Milton Transit Diesel Bus Being Converted to Electric Power, » 07 2023. [En ligne]. Disponible: <https://mtbtransitsolutions.com/wp-content/uploads/2023/07/cutq-article.pdf>. [Accès le 27 10 2024].

- [35] Institut du Véhicule Innovant, « Formula for Success: a data-driven look at where heavy-duty electric trucks perform best, » EMC Conference, Halifax, 09 2024. [En ligne]. Disponible: <https://drive.google.com/file/d/19dC4mZZONviaIAYChUvII4tc2P07Gt7f/view>. [Accès le 02 11 2024].
- [36] Transports Canada, « Estimation des stocks au Canada : mise à jour de 2024, » Dunskey Energy + Climate Advisors, 11 2024. [En ligne]. Disponible: <https://tc.canada.ca/fr/transport-routier/publications/disponibilite-vehicules-zero-emission>. [Accès le 02 11 2024].
- [37] Clean Energy Canada; CALSTART, « Zero-Emission Medium- and Heavy-Duty Vehicle (ZEMHDV) Canadian Disponible Model Catalogue, » 05 2024. [En ligne]. Disponible: <https://cleanenergycanada.org/report/canadian-zemhdv-model-availability-catalogue/>. [Accès le 02 11 2024].
- [38] California Air Resources Board, « Advanced Clean Fleets Regulation Overview, » 03 07 2024. [En ligne]. Disponible: <https://www2.arb.ca.gov/resources/fact-sheets/advanced-clean-fleets-regulation-overview>. [Accès le 02 11 2024].
- [39] Association des Véhicules Électriques du Québec, « Plus de 250M\$ pour électrifier 65 % des autobus scolaires d'ici 2030, » 25 04 2021. [En ligne]. Disponible: <https://www.aveq.ca/actualiteacutes/electrification-des-transports-plus-de-250-m-pour-electrifier-65-des-autobus-scolaires-dici-2030>. [Accès le 12 11 2024].
- [40] Radio Canada, « Un autobus scolaire électrique 100 % québécois, » 27 11 2014. [En ligne]. Disponible: <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/695717/autobus-lion-scolaire-electrique-la-val-saint-jerome-batterie>. [Accès le 07 12 2024].
- [41] Clean Energy Canada, « The True Cost, » 2022. [En ligne]. Disponible: https://cleanenergycanada.org/wp-content/uploads/2022/03/Report_TheTrueCost.pdf. [Accès le 02 11 2024].
- [42] Statistique Canada, « Prix de détail moyens mensuel, essence et mazout, par géographie1, » 10 2021. [En ligne]. Disponible: https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=1810000101&pickMembers%5B0%5D=2.2&cubeTimeFrame.startMonth=04&cubeTimeFrame.startYear=2021&cubeTimeFrame.endMonth=03&cubeTimeFrame.endYear=2022&referencePeriods=20210401%2C20220301&request_locale=fr. [Accès le 02 11 2024].
- [43] Hydro-Québec, « 2023 Comparison of Electricity Prices in Major North American Cities, » 2023. [En ligne]. Disponible: <https://www.hydroquebec.com/data/documents-donnees/pdf/comparison-electricity-prices.pdf>. [Accès le 02 11 2024].
- [44] International Council on Clean Transportation, « Total Cost of Ownership of Alternative Powertrain Technologies for Class 8 Long-Haul Trucks in the United States, » [En ligne]. Disponible: <https://theicct.org/wp-content/uploads/2023/04/tco-alt-powertrain-long-haul-trucks-us-apr23.pdf>. [Accès le 02 11 2024].
- [45] International Council on Clean Transportation, « Cost of electric commercial vans and pickup trucks in the United States through 2040, » 01 2022. [En ligne]. Disponible: <https://theicct.org/publication/cost-ev-vans-pickups-us-2040-jan22/#:~:text=The%20analysis%20finds%20that%20over,%2482%2C000%20for%20a%20diesel%20van>. [Accès le 02 11 2024].

- [46] National Renewable Energy Laboratory, « T3CO: Transportation Technology Total Cost of Ownership, » [En ligne]. Disponible: <https://www.nrel.gov/transportation/t3co.html>. [Accès le 09 11 2024].
- [47] NEMA, « Electric Vehicle Supply Equipment/System, » NEMA, [En ligne]. Disponible: <https://www.nema.org/membership/products/view/electric-vehicle-supply-equipment-system>. [Accès le 02 11 2024].
- [48] Régie de l'énergie du Canada, « Aperçu du marché : Les véhicules hybrides rechargeables sont beaucoup plus écoénergétiques sur de courtes distances, » 03 11 2021. [En ligne]. Disponible: <https://www.cer-rec.gc.ca/fr/donnees-analyse/marches-energetiques/aperçu-marches/2021/aperçu-marche-les-vehicules-hybrides-rechargeables-sont-beaucoup-plus-ecoenergetiques-sur-de-courtes-distances.html>. [Accès le 02 10 2024].
- [49] Flo, « EV Connectors: NACS adoption and the dynamic charging landscape, » [En ligne]. Disponible: <https://www.flo.com/insights/ev-connectors-do-all-evs-use-the-same-plug/>. [Accès le 08 12 2024].
- [50] Government of Canada, « Electric vehicle charging, » 19 06 2024. [En ligne]. Disponible: <https://natural-resources.canada.ca/energy-efficiency/transportation-alternative-fuels/electric-vehicle-charging/25049>. [Accès le 08 12 2024].
- [51] International Council on Clean Transportation, « Near-term infrastructure deployment to support zero-emission medium-and heavy-duty vehicles in the united states, » 05 2023. [En ligne]. Disponible: <https://theicct.org/wp-content/uploads/2023/05/infrastructure-deployment-mhdv-may23.pdf>. [Accès le 02 11 2024].
- [52] Hydro-Québec, « Electric Vehicle Charging Stations, Technical Installation Guide, » 2015.
- [53] Hydro-Québec, « Structure du tarif expérimental BR, » [En ligne]. Disponible: <https://www.hydroquebec.com/business/customer-space/rates/rate-br-experimental-rate-fast-charge-stations-billing.html>. [Accès le le 29 11 2024].
- [54] Institut du véhicule innovant, « Projet pilote de patrouille 100% électrique: rapport technique de fin de projet, » Repentigny (Quebec, 2023).
- [55] Gendarmerie royale du Canada, « La GRC passe aux véhicules zéro émission, » 20 02 2024. [En ligne]. Disponible: <https://grc.ca/fr/gazette/grc-passe-vehicules-zero-emission>. [Accès le 09 02 2025]
- [56] J. Bauman, C. Wang and P. Zheng, « A Review of Electric Vehicle Auxiliary Power Modules: Challenges, Topologies, and Future Trends, » 21 07 2023. [En ligne]. Disponible: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10158904?utm=>. [Accès le 02 11 2024].
- [57] Society of Automotive Engineers, « Energy Savings Impact of Eco-Driving Control Based on Powertrain Characteristics in Connected and Automated Vehicles: On-Track Demonstrations, » 2024. [En ligne]. Disponible: <https://www.sae.org/publications/technical-papers/content/2024-01-2606/> [Accès le 31 10 2024]
- [58] North American Council For Freight Efficiency, « Electric Trucks Have Arrived: Documenting A Real-World Electric Trucking Demonstration, » 03 2022. [En ligne]. Disponible: https://nacfe.org/wp-content/uploads/2024/05/RoL-Electric-Report-FINAL_compressed.pdf. [Accès le 31 10 2024].
- [59] Geotab, « How long do electric car batteries last? What 10,000 electric vehicles tell us about EV battery life, » 2024. [En ligne]. Disponible: <https://www.geotab.com/blog/ev-battery-health/>. [Accès le 01 11 2024].

- [60] Center for Transportation and the Environment, « An Analysis of the Association between Changes in Ambient Temperature, Fuel Economy, and Vehicle Range for Battery Electric and Fuel Cell Electric Buses, » 19 12 2019. [En ligne]. Disponible: https://uploads-ssl.webflow.com/65031a705b5de941f4c1c742/65e795a4f97686c31da32526_Four-Season-Analysis.pdf. [Accès le 02 11 2024].
- [61] Canadian Broadcast Corporation, « Yes, frigid weather may reduce your EV battery range. Here's how to prepare, » 19 01 2024. [En ligne]. Disponible: <https://www.cbc.ca/news/ev-cold-weather-battery-range-1.7087293#:~:text=Some%20EVs%20can%20lose%20up%20to%2030%20per%20cent%20of,their%20range%20in%20freezing%20conditions>. [Accès le 01 11 2024].
- [62] Gouvernement du Canada, « Rouler sur l'air, » 2011. [En ligne]. Disponible: <https://tc.canada.ca/fr/transport-routier/conduire-toute-securite/rouler-air>. [Accès le 08 12 2024].
- [63] U.S. Department of Energy, « Maintenance and Safety of Electric Vehicles, » 2024. [En ligne]. Disponible: <https://afdc.energy.gov/vehicles/electric-maintenance>. [Accès le 02 11 2024].
- [64] École des Hautes Études Commerciales de Montréal (HEC Montréal), « DECARBONIZATION OF LONG-HAUL TRUCKING IN EASTERN CANADA, » 05 2021. [En ligne]. Disponible: https://energie.hec.ca/wp-content/uploads/2021/05/REPORT_eHighwaysEstCanada_WEB.pdf. [Accès le 02 11 2024].
- [65] Electric Autonomy, « ZEVs leap to 16.5 per cent market share in Q3 2024: S&P Global, » 23 11 2024. [En ligne]. Disponible: <https://electricautonomy.ca/data-trackers/2024-11-23/sp-q3-2024-zev-registration-canada/>. [Accès le 08 12 2024].
- [66] BC Hydro, « Charging rates & roaming, » [En ligne]. Disponible: <https://www.bchydro.com/powersmart/electric-vehicles/charging-on-the-go/charging-rates-roaming.html>. [Accès le 30 11 2024].
- [67] Canadian Broadcast Corporation, « What to look for when buying a used EV, » 06 05 2024. [En ligne]. Disponible: <https://www.cbc.ca/radio/costofliving/used-ev-batteries-explainer-1.7192098>. [Accès le 08 12 2024].
- [68] Leaseplan, « Comparing costs: EV vs ICE, » [En ligne]. Disponible: <https://www.leaseplan.com/en-sp/drive-electric/ev-costs/ev-vs-ice-costs/?utm>. [Accès le 01 12 2024].

