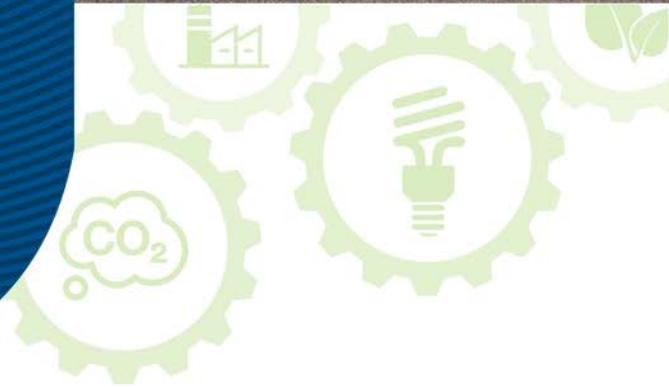




FUTUREPROOF YOUR FLEET

HEAVY DUTY Vehicle Resource Guide



Guide de ressources pour les véhicules LOURDS

Janvier 2025

Préparé par :



**Partners in
Project Green**

A Program of Toronto and Region Conservation Authority

TABLE DES MATIÈRES

Résumé	ii
À propos de Futureproof Your Fleet	iii
À propos des auteurs	iii
Partners in Project Green	iii
Introduction	1
I. Aperçu.....	1
II. Planification de la transition des parcs.....	1
III. Comment utiliser ce guide	2
2. Technologies à faibles émissions de carbone et zéro émission	3
I. Électrique à batterie	4
II. Gaz naturel comprimé (GNC) et gaz naturel renouvelable (GNR)	8
III. Hydrogène.....	11
IV. Diesel renouvelable.....	14
3. Conclusion – Se préparer à la transition	17
Glossaire	19
Références	20

Résumé

Le transport de marchandises représente 10% des émissions de GESⁱ (gaz à effet de serre) du Canada. À l'échelle locale, le secteur des transports est considéré comme le deuxième contributeur en importance aux émissions globales de la région du Grand Torontoⁱⁱ. Cela met en évidence le besoin urgent pour les propriétaires et les exploitants de parcs d'adopter des solutions de recharge plus propres.

Il existe aujourd'hui un large éventail d'options technologiques de recharge pour les parcs de véhicules. Chacune d'entre elles offre des avantages et des défis uniques en ce qui concerne le rendement des véhicules, la réduction des émissions et plus encore. Pour prendre des décisions éclairées qui peuvent contrebalancer les avantages environnementaux et la faisabilité opérationnelle, il est essentiel que les gestionnaires de parcs et les propriétaires d'entreprise aient accès à une expertise technique, à des incitatifs financiers et à du soutien pour le développement de l'infrastructure.

Avec l'évolution des véhicules et des types de carburant à faibles émissions de carbone et zéro émission, les propriétaires de parcs de véhicules sont confrontés à un certain nombre de possibilités et de défis. Ce guide est conçu pour aider les propriétaires de parcs de véhicules lourds, catégorie qui comprend les classes de véhicules 7 à 8, selon Transports Canadaⁱⁱⁱ. Les camions de livraison urbaine, les autobus, les transporteurs de marchandises et les tracteurs de manœuvre sont des exemples courants de véhicules lourds. Pour les entreprises qui souhaitent faire passer leurs parcs à des solutions de recharge plus propres, il est essentiel d'avoir accès à une expertise technique, à des incitatifs financiers et à du soutien pour le développement des infrastructures.

Ce guide donne un aperçu de quatre technologies de véhicules zéro émission (VZE) pour les véhicules lourds :

- Électrique à batterie
- Gaz naturel comprimé/renouvelable (GNC/GNR)
- Hydrogène
- Diesel renouvelable

La voie vers la décarbonisation des parcs de véhicules peut comprendre l'utilisation de plusieurs technologies, en fonction de la taille du parc, de son cycle de service unique, de ses opérations, de ses installations et de l'infrastructure disponible. À mesure que l'adoption de la technologie augmente, la disponibilité et l'abordabilité des solutions de recharge à faibles émissions de carbone adaptées aux parcs de véhicules lourds devraient augmenter.

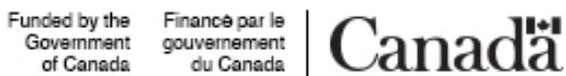
L'information contenue dans ce document est protégée par le droit d'auteur

© Office de protection de la nature de Toronto et de la région

À propos de Futureproof Your Fleet

Futureproof Your Fleet est un programme de Partners in Project Green de l'Office de protection de la nature de Toronto et de la région. Il réunit des chefs de file dans le domaine des véhicules écologiques pour offrir de l'information, des ressources, des discussions et des occasions de réseautage qui permettent de développer un parc à faibles émissions de carbone. Les technologies à faibles émissions de carbone et zéro émission comme l'hydrogène, le gaz naturel, le diesel renouvelable et les véhicules électriques à batterie font l'objet d'une discussion détaillée, par l'entremise d'ateliers dirigés par des experts, de présentations perspicaces et de discussions avec des groupes d'experts. Le carrefour de ressources Futureproof Your Fleet offre des renseignements, des guides et des outils utiles aux entreprises et aux exploitants de parcs de véhicules.

Ce projet est financé en partie par le gouvernement du Canada, dans le cadre de son Initiative de sensibilisation aux véhicules à émission zéro.



À propos des auteurs

Partners in Project Green

Partners in Project Green de l'Office de protection de la nature de Toronto et de la région est une communauté sans but lucratif de chefs de file qui font progresser l'action environnementale et la prospérité économique dans la région du Grand Toronto. Composé d'entreprises, de gouvernements, d'institutions et de services publics, PPG s'efforce de faire progresser collectivement la durabilité sociale et environnementale par l'échange de connaissances, la mise en œuvre de technologies et d'infrastructures et la création de réseaux.

Nous remercions nos partenaires et experts en technologie qui ont contribué à l'élaboration de ces ressources :



Change Energy Services (CES) est un cabinet de services d'ingénierie stratégique spécialisé dans les solutions de systèmes de combustibles gazeux. Il aide ses clients à faire la transition vers une économie à faibles émissions de carbone en les guidant dans la mise en œuvre de changements majeurs aux systèmes de combustible dans leurs activités afin d'atteindre les résultats économiques, environnementaux et sociaux souhaités.



Refuel Energy Inc. produit des carburants renouvelables pour l'équipement et l'infrastructure existants. Refuel Energy, établie à Toronto, prévoit de construire une installation de production de carburant renouvelable en Ontario.



Enbridge Gas est la plus grande société de stockage, de transport et de distribution de gaz naturel au Canada, établie en Ontario. Elle offre un choix énergétique à environ 3,9 millions de résidents et d'entreprises, et soutient activement la transition vers un avenir à zéro émission nette.



Plug 'N Drive est un organisme à but non lucratif qui s'engage à accélérer l'adoption des véhicules électriques afin de maximiser leurs avantages environnementaux et économiques. Depuis 2011, Plug'n Drive s'est imposé comme un chef de file canadien dans l'industrie des véhicules électriques, représentant une source d'information fiable et impartiale sur les voitures électriques, les bornes de recharge et le secteur de l'électricité.



The Transport Project Canada est une coalition nationale de parcs, de fabricants de véhicules et de moteurs, d'oléoserveurs, de fournisseurs, de producteurs et de fournisseurs de carburant qui se consacrent à la décarbonisation du secteur des transports.



FleetZero est un fournisseur de solutions clés en main qui aide les parcs de véhicules moyens et lourds à passer à des technologies de propulsion à faibles émissions et zéro émission. Il offre des services de conseil, de mise en œuvre et d'entretien ainsi que des outils de sécurité et de l'équipement de protection individuelle.

Introduction

I. Aperçu

Le secteur des transports est responsable de 36 % des émissions de la RGTH, en raison de l'utilisation de l'essence et du diesel^{iv}. Une partie importante de ces émissions de GES liées au transport est liée aux véhicules moyens et lourds. Ce secteur utilise principalement des carburants conventionnels. L'identification de voies potentielles pour réduire les émissions peut aider les efforts visant à réduire les émissions de carbone associées au transport de marchandises.

Il existe aujourd'hui un large éventail d'options technologiques de recharge pour les parcs de véhicules. Chacune d'entre elles offre des avantages et des défis uniques en ce qui concerne le rendement des véhicules, la réduction des émissions et plus encore. Selon le rapport [The State of Sustainable Fleets 2024 Market Brief](#), l'industrie du transport entre dans une « période de complexité de pointe » à ce stade précoce d'une transition durable. Tout changement dans la technologie des véhicules peut entraîner des conséquences attendues, ainsi que des conséquences involontaires. Il est important que les gestionnaires et les exploitants de parcs soient bien informés et tiennent compte de plusieurs facteurs différents pendant la phase de planification, notamment le type de carburant, la disponibilité des stations de ravitaillement ou de recharge, l'autonomie, l'utilisation du véhicule, le développement de l'infrastructure et la sécurité.

II. Planification de la transition des parcs

La gestion d'un parc exige une planification approfondie, une prise de décisions minutieuse et de renseignements à jour sur l'évolution du paysage technologique. Le rapport [Écologisation des parcs automobiles gouvernementaux^v](#) de Ressources naturelles Canada (RNCAN) décrit plusieurs pratiques d'excellence qui peuvent s'appliquer aux entreprises pour la transition vers un parc à faibles émissions de carbone. Ces pratiques comprennent la collecte de données pour optimiser le parc existant et l'élaboration d'un plan de transition du parc.

Les gestionnaires et les exploitants de parcs de véhicules peuvent envisager les recommandations suivantes pour la transition vers des technologies de véhicules à faibles émissions de carbone et zéro émission (VZE) :

1. Évaluer les besoins du parc : Évaluer les besoins de l'entreprise et les modèles opérationnels pour sélectionner la technologie de VZE la plus adaptée à votre parc. Recueillir des données de référence et déterminer la portée, le budget et l'échéancier de la transition.
2. Évaluer l'état de préparation de l'infrastructure : Élaborer un plan complet pour l'infrastructure nécessaire, comme les bornes de recharge pour les véhicules électriques ou les stations de ravitaillement pour les véhicules au GNC/GNR, au diesel renouvelable et à l'hydrogène.
3. Lancer des programmes pilotes : Commencer par des programmes pilotes pour tester le rendement et la faisabilité de différentes technologies et options de véhicules.

4. Surveiller et optimiser les résultats : Comparer les résultats avec les données de référence provenant des technologies de parc existantes. Surveiller le rendement des nouvelles technologies et continuer d'optimiser les opérations pour atteindre une plus grande efficacité.
5. Former le personnel : Pour assurer la sécurité et l'efficacité des opérations, former la totalité des opérateurs, des gestionnaires et du personnel de soutien et les préparer à travailler avec les nouvelles technologies.

III. Comment utiliser ce guide

Ce guide est conçu pour aider à la prise de décisions sur la transition vers des parcs de véhicules lourds à faibles émissions de carbone et zéro émission. Il couvre quatre options technologiques clés avec une discussion de haut niveau sur la disponibilité des véhicules, les perspectives du marché, l'infrastructure, l'économie, l'entretien et la sécurité. Ce guide de ressources fournit des conseils pour aider les gestionnaires de parcs à planifier et à déployer de nouvelles technologies pour leur parc de véhicules lourds afin de réduire leurs impacts environnementaux et leurs défis opérationnels.

Qu'est-ce qu'un véhicule lourd?

Transports Canada inclut les véhicules lourds dans les classes 7 et 8, en fonction de leur poids nominal brut du véhicule (PNBV). Ces véhicules comprennent des camions de transport, des porteurs-remorqueurs, des bétonnières, des camions à benne basculante et plus encore. Transports Canada fournit des renseignements supplémentaires sur la classification des véhicules :

[Véhicules admissibles \(canada.ca\)](https://canada.ca)



Figure 1. Catégories de poids des véhicules telles que définies par la Federal Highway Administration, US Department of Transportation (USDOT) *Source* : Page Web du département de l'Énergie des États-Unis, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy.

2. Technologies à faibles émissions de carbone et zéro émission

Les gestionnaires de parc peuvent envisager plusieurs technologies à faibles émissions de carbone et zéro émission. Cette liste comprend l'hydrogène, la technologie électrique à batterie, le gaz naturel comprimé, le diesel renouvelable et plus encore. Chacune de ces options offre des possibilités de décarbonisation des parcs de véhicules lourds et le bon

choix pour les gestionnaires de parc dépend des besoins particuliers de leur parc, des exigences en matière d'infrastructure, du budget et des objectifs environnementaux de leur organisation. Les gestionnaires de parc doivent évaluer efficacement le cycle de service des parcs, ce qui nécessite de comprendre les modèles opérationnels et les besoins de ravitaillement. En plus des objectifs en matière d'émissions et de décarbonisation, les gestionnaires de parc doivent tenir compte de plusieurs facteurs critiques pour prendre une décision éclairée, notamment la disponibilité des véhicules, les coûts, l'entretien, la sécurité et le développement de l'infrastructure. Il est important de considérer comment le passage à l'une ou l'autre de ces technologies peut affecter le rendement du parc et des véhicules à long terme. Les quatre technologies mentionnées ci-dessus sont présentées dans la section suivante :

I. Électrique à batterie

Les véhicules électriques peuvent être classés comme des véhicules électriques à batterie (VEB), qui fonctionnent uniquement à l'électricité, ou des véhicules électriques hybrides rechargeables (VEHR), qui fonctionnent à la fois à l'électricité et à l'essence ou au diesel :

- Les **VEB** sont alimentés par de l'électricité stockée dans des batteries rechargeables qui sont généralement fabriquées à partir de divers matériaux, y compris des métaux et des minéraux tels que le lithium, le cobalt et le nickel, etc. Comme ils ne brûlent aucun combustible fossile lorsqu'ils fonctionnent, ils ne produisent aucune émission de carbone à l'échappement, ce qui en fait une option efficace pour réduire les émissions des parcs^{vi}.
- Les **VEHR** utilisent des batteries ainsi que de l'essence ou du diesel pour alimenter un moteur à combustion interne. Selon la fréquence à laquelle le véhicule est utilisé en mode entièrement électrique, les VEHR^{vii} peuvent offrir des coûts d'exploitation moins élevés, des économies de carburant et une réduction des émissions par rapport aux véhicules conventionnels.

Les récents développements dans la technologie des batteries ont considérablement amélioré l'autonomie et l'efficacité des véhicules électriques par rapport à leurs versions précédentes. Les VEB offrent des avantages en matière de réduction du bruit et un fonctionnement plus silencieux, ce qui produit un environnement de travail plus confortable pour les conducteurs^{viii}.

CONSIDÉRATIONS CLÉS :

Applications et perspectives du marché : La technologie des batteries électriques est considérée comme étant appropriée pour décarboner les cycles de service de desserte locale et régionaux ou courte distance en raison de leur autonomie limitée, par rapport aux carburants conventionnels. Les camions conventionnels à base de diesel et d'essence ont un avantage important en matière d'autonomie, car ils peuvent parcourir jusqu'à 3 000 km sans faire le plein, comparativement à la plupart des semi-remorques électriques qui ont une autonomie de 800 à 1000 km^{ix}. Ce chiffre pourrait être plus élevé avec les véhicules à autonomie prolongée.

L'utilisation de la télématique, également connue sous le nom de suivi de parc ou de suivi GPS des véhicules, peut améliorer l'adoption des VE en optimisant les itinéraires, en planifiant l'infrastructure de recharge et en prédisant les besoins d'entretien^x. Elle aide à gérer la consommation d'énergie, ce qui permet d'augmenter l'efficacité de la recharge des véhicules et donc de réduire les coûts liés à la recharge. Ces dispositifs, s'ils sont installés sur tous les véhicules du parc, permettent aux exploitants de cerner avec précision les possibilités d'amélioration. Cela peut inclure la reconnaissance de tendances pour déterminer la manière dont la consommation d'énergie peut être optimisée ou la prédiction des besoins d'entretien de la batterie qui conviennent le mieux au cycle de service d'un parc. Par exemple, la recharge pendant les pauses-santé obligatoires et les heures de chargement pourrait aider les véhicules lourds électriques à maintenir des horaires efficaces.



La télématique est offerte par plusieurs fournisseurs, tels que [Geotab](#), [Bell](#), [Telus](#) et [FleetChallenge](#).

Disponibilité des véhicules et échéanciers : Une multitude de facteurs peuvent avoir une incidence sur les délais de transition d'un parc vers la technologie électrique à batterie. Les principaux facteurs à prendre en compte comprennent la taille du parc, la disponibilité des véhicules et les exigences en matière d'infrastructure sur place. Une collecte suffisante de données sur le parc devrait également être intégrée aux échéanciers de planification. Bien que la disponibilité des véhicules électriques lourds sur le marché ait augmenté, les changements d'infrastructure au niveau du site sont probablement l'aspect le plus long de la transition du parc. Si des changements à l'infrastructure sont nécessaires, ils doivent être planifiés dès le début pour s'assurer que les installations sont prêtes à accueillir les véhicules à leur arrivée. Cela pourrait prendre encore plus de temps pour les plus grands parcs en raison du plus grand nombre de mises à niveau et de bornes de recharge et de la formation supplémentaire du personnel requis.



[Le catalogue de Clean Energy Canada](#) fournit une liste des modèles de véhicules lourds zéro émission et de leur disponibilité sur le marché

Infrastructure : L'adoption de VEB peut entraîner une charge importante sur le réseau électrique local, car une capacité électrique supplémentaire est nécessaire pour les besoins de recharge des véhicules. Les gestionnaires de parc ont deux options d'infrastructure à considérer lors de l'évaluation de la conversion du parc aux VE : la recharge sur place ou la recharge hors site.

La recharge sur place comprend l'installation de bornes de recharge de VE et de l'infrastructure électrique nécessaire pour recharger les véhicules du parc dans leurs installations. Pour obtenir une capacité électrique adéquate pour les besoins de recharge sur place, il est important que les gestionnaires de parc de véhicules

trouvent un entrepreneur en électricité agréé et s'assurent que l'équipement est certifié « ULc » ou « CSA ». La recharge hors site peut comprendre l'utilisation d'infrastructures publiques ou d'emplacements de recharge privés tiers.

Lorsqu'ils comparent la recharge sur place à l'infrastructure hors site ou publique, les gestionnaires de parc doivent peser les coûts et les avantages de l'installation de bornes de recharge sur place et de l'utilisation de l'infrastructure publique et planifier une expansion future^{xi}. Chaque option a ses avantages et ses désavantages, qui sont décrits plus en détail ci-dessous.

Tableau 1. Recharge sur place et recharge publique pour les parcs électriques

	Recharge sur place	Infrastructures publiques
Avantages	La recharge sur place offre plus de commodité et de contrôle. Les gestionnaires de parc peuvent optimiser les horaires de recharge pour réduire les coûts énergétiques.	Les exploitants peuvent utiliser un réseau croissant de bornes de recharge publiques sans coût initial élevé.
Défis	Les dépenses cumulatives liées à la recharge, à l'équipement, à l'installation, à la mise à niveau du site, aux besoins en espace et à l'entretien continu peuvent être très élevées.	Avec les bornes de recharge publiques, les opérateurs ont moins de contrôle sur le temps de recharge. Cela peut entraîner des temps d'arrêt potentiels. Dans certains cas, il peut y avoir des problèmes de compatibilité avec les bornes de recharge publiques.
<p>On conseille aux gestionnaires de parc automobile :</p> <ul style="list-style-type: none"> • De comparer le coût de l'installation de bornes de recharge sur place à celui de l'infrastructure publique. • D'analyser les tendances d'utilisation quotidiennes pour déterminer les besoins en infrastructures. • De tenir compte de l'expansion future et des progrès technologiques. • Une approche hybride, combinant la recharge sur place et la recharge publique, peut équilibrer les coûts et offrir de la flexibilité en cas d'expansion du parc. 		

Sécurité : En plus de la formation standard sur la sécurité électrique, les gestionnaires de parc et les mécaniciens doivent suivre un protocole spécialisé lorsqu'ils travaillent avec des véhicules électriques en raison de leur système à haute tension^{xii}. De nombreux fabricants publient pour leurs véhicules des guides qui doivent



Le [Alternative Fuels Data Center \(AFDC\)](#) du département de l'Énergie des États-Unis fournit une [liste de vérification](#) utile aux gestionnaires de parc automobile pour la mise en œuvre des véhicules électriques et des infrastructures de recharge.

être respectés. Il est important de s'assurer que les mécaniciens sont équipés du bon équipement de protection individuelle et d'outils professionnels tels que des sondes de détection de pannes et des outils à main isolés.

Entretien : Les véhicules entièrement électriques ont généralement des besoins d'entretien inférieurs à ceux des véhicules conventionnels. En effet, la batterie et les composants électroniques ont typiquement besoin d'un entretien planifié minimal et les systèmes de freinage régénératif durent généralement plus longtemps. Cependant, il est important de noter que les véhicules électriques hybrides rechargeables (VEHR) et les véhicules hybrides électriques (VHE) ont des moteurs à combustion interne, avec des exigences d'entretien similaires à celles des parcs conventionnels^{xiii}.

Le respect du calendrier d'entretien du fabricant de la batterie est essentiel pour garder les systèmes électriques en bon état. La sensibilité à la température est un défi important, qui affecte particulièrement l'autonomie dans les climats plus froids. Les mesures spéciales pour l'entretien des parcs de véhicules électriques comprennent la mise en place d'un système de gestion thermique des batteries. Des mises à jour logicielles régulières peuvent également être nécessaires pour assurer le fonctionnement optimal du système de gestion de la batterie^{xiv}.

Économie : Bien que le coût de revient initial d'un véhicule électrique soit généralement plus élevé que celui d'un véhicule conventionnel comparable, il est important de comparer le coût total de possession (CTP) du parc. Le coût total de possession représente le coût global associé à l'achat et à l'utilisation du véhicule pendant sa durée de vie et offre un moyen équilibré de comparer les options technologiques^{xv}. Il est influencé par un certain nombre de facteurs^{xvi}, tels que le coût des bornes de recharge, les coûts de l'électricité, l'installation de recharge, l'entretien, la capacité de charge utile et les réparations. À mesure que de plus en plus de parcs passent aux véhicules électriques, l'abordabilité des VEB et des VEHR devrait s'améliorer. Cette tendance pourrait être stimulée par les innovations dans la technologie des batteries, les économies d'échelle et les incitatifs gouvernementaux visant l'adoption des VE. De plus, grâce à une mécanique plus simple que les moteurs à combustion, les VEB peuvent entraîner un coût d'exploitation inférieur.



L'outil Calculateur de coût de carburant – Électricité vs Essence/Diesel d'Electric Autonomy permet aux utilisateurs de comparer le coût d'exploitation d'un parc de véhicules électriques à ceux des véhicules à combustion en fonction des tarifs d'électricité locaux.

II. Gaz naturel comprimé (GNC) et gaz naturel renouvelable (GNR)

Le gaz naturel comprimé (GNC) et le gaz naturel renouvelable (GNR) sont différentes formes de gaz naturel, principalement composées de méthane, stockées sous un système à haute pression^{xvii} :

- Le GNC est extrait de sources de combustibles fossiles et comprimé à haute pression. Comme il est moins dense en carbone, la combustion du GNC produit 20 % moins d'émissions de gaz à effet de serre (GES) et près de 90 % moins de NOx, de SOx et de particules que la combustion du diesel conventionnel^{xviii}.
- Le GNR est produit par purification du biogaz généré par des déchets organiques en décomposition et est chimiquement identique au GNC. Il offre une solution de recharge plus propre à l'essence et au diesel, et peut favoriser une économie circulaire, car il est principalement composé de méthane provenant de déchets. Il est considéré comme ayant un potentiel élevé de réduction des émissions de GES^{xix}. En effet, l'utilisation du GNR pourrait permettre d'éviter l'utilisation de combustibles fossiles et de détourner le méthane qui serait autrement rejeté dans l'atmosphère par la décomposition des déchets organiques dans les sites d'enfouissement, les usines de traitement des eaux usées et les fermes.

CONSIDÉRATIONS CLÉS :

Applications et perspectives du marché : Les véhicules au GNC et au GNR peuvent être un choix pratique pour les applications courte et longue distance. L'autonomie, la charge utile et le temps de ravitaillement en carburant sont similaires à ceux des véhicules pétrole-diesel. L'autonomie des véhicules au GNC/GNR peut varier en fonction de la taille de la matrice de stockage, de la charge utile, de l'environnement de conduite et des charges d'énergie supplémentaires comme l'hydraulique. En moyenne, les véhicules lourds au GNC peuvent parcourir de 650 à 1300 km avec un réservoir plein. Cependant, cette autonomie peut être étendue à l'aide de réservoirs supplémentaires de stockage de GNC/GNR^{xx}. Cette modularité du stockage de GNC/GNR à bord peut aider les véhicules à répondre à un large éventail d'applications, y compris les camions porteurs, le transport de ligne, les bétonnières et les porte-voitures.

Le gaz naturel liquéfié (GNL) est une autre forme de gaz naturel qui se profile à l'horizon et qui pourrait gagner du terrain sur le marché des camions lourds^{xxi}.

Disponibilité des véhicules et échéanciers : Les véhicules conventionnels peuvent être convertis pour fonctionner au gaz naturel, comme le propane. La technologie et l'équipement du GNC sont compatibles avec la

plupart des véhicules existants, et des modifications minimales sont nécessaires dans certains cas. Cela peut inclure la mise à niveau du système d'allumage pour gérer les différentes caractéristiques de combustion du GNC.

Les moteurs diesel peuvent être adaptés aux trousseaux de mélange de GNC, qui sont ajustés pour remplacer une partie du carburant diesel (30 % à 45 % en énergie équivalente) par du gaz naturel dans le cadre du cycle de combustion du diesel. Le gaz naturel est mélangé à l'air par le collecteur d'admission. Un ordinateur réduit la quantité de carburant diesel pompée dans chaque cylindre.

L'inventaire local des véhicules ainsi que la disponibilité des composants compatibles auront une incidence sur l'échéancier global de la transition au GNC ou au GNR^{xxii}.

Infrastructure : Comme les véhicules au GNC/GNR ont besoin de gaz naturel pour fonctionner, l'accès à l'infrastructure de ravitaillement est une considération importante pour les gestionnaires de parcs qui souhaitent assurer la transition de leur parc. L'infrastructure de gaz naturel existante est mise à profit pour développer des stations de ravitaillement en GNC et GNR^{xxiii}. À l'avenir, le vaste réseau de gazoducs à travers le Canada pourra être utilisé pour transporter le GNR vers les stations de ravitaillement. Les stations de ravitaillement en GNC existantes peuvent également être modernisées pour traiter le GNR et réduire le besoin de nouvelles infrastructures.

Pour passer au GNC ou au GNR, les gestionnaires de parc peuvent envisager quelques options d'infrastructure :

- Option 1 – Stations publiques : Les gestionnaires de parc automobile et les propriétaires d'entreprise doivent confirmer l'approvisionnement en gaz naturel dans la région. L'Ontario offre des stations de ravitaillement pour un usage public ou commercial, et d'autres sont en cours d'aménagement le long de la Transcanadienne.
- Option 2 – Station sur place : Les gestionnaires de parc peuvent travailler avec les services publics de gaz et les entrepreneurs pour construire une station de GNC/GNR sur place. Des rénovations et des approbations ou des permis supplémentaires peuvent être nécessaires sur le site pour assurer la sécurité des opérations^{xxiv}.
- Option 3 – Ravitaillement en tant que service : Les gestionnaires de parc peuvent travailler avec des fournisseurs tiers et opter pour un système de ravitaillement rapide portatif pour les parcs de transport, où aucun raccordement direct au gaz n'est requis.

Sécurité : Le GNC et le GNR sont considérés comme des systèmes d'alimentation en carburant à haute intégrité avec des années de données disponibles et sont semblables aux véhicules diesel en ce qui concerne leurs facteurs de sécurité. Les risques peuvent inclure des incendies et des fuites^{xxv}. D'autres risques pour la sécurité

peuvent être attribués à la nécessité du stockage de gaz à haute pression. Les risques de collision ne sont pas exacerbés par le poids, car le poids des véhicules est égal à celui des véhicules conventionnels. Les conducteurs et les opérateurs devraient recevoir une formation adéquate sur la conduite et l'utilisation sécuritaires des véhicules au GNC. Cette formation devrait inclure la détection des fuites et la façon de gérer les urgences. Lorsqu'ils font le plein de GNC, les conducteurs et les opérateurs doivent suivre les précautions de sécurité et s'assurer que des extincteurs et des trousse de premiers soins sont présents dans le véhicule^{xxvi}.

Entretien : On recommande pour les véhicules au GNC/GNR des intervalles d'entretien semblables à ceux des véhicules diesel. Les niveaux du filtre à carburant au gaz naturel et des réservoirs de récupération du liquide de refroidissement doivent être surveillés quotidiennement, et l'admission d'air doit être vérifiée à intervalles réguliers. Les opérateurs et les mécaniciens doivent être formés selon les instructions du fabricant^{xxvii}.

Économie : À mesure que de plus en plus d'entreprises effectuent des transitions des technologies de carburant, l'abordabilité des véhicules au GNC devrait augmenter. Il existe un fort potentiel d'adoption continue de ce carburant par les propriétaires de parcs à la recherche de durabilité et de rentabilité dans l'exploitation de leurs parcs de véhicules lourds. En raison d'un processus de combustion plus propre, les coûts d'entretien associés au GNC/GNR sont inférieurs à ceux des moteurs diesel conventionnels. Cependant, le coût global dépend fortement du cycle de service du parc.

Les véhicules au GNC et au GNR peuvent avoir un coût initial plus élevé que les véhicules diesel traditionnels en raison de la nécessité d'un système d'alimentation spécialisé ou d'une modification du véhicule. Par conséquent, il est important de tenir compte du coût total de possession (CTP) pour une évaluation complète. Les données du marché suggèrent une réduction de 30 à 50 % des coûts de carburant avec le GNC, par rapport au diesel conventionnel, car les systèmes de post-traitement du diesel, la combustion régénérée de la suie et le coût supplémentaire du fluide d'échappement diesel (FED) ne sont pas nécessaires. Il existe un fort potentiel d'adoption continue de ce carburant par les propriétaires de parcs à la recherche d'objectifs de rentabilité et de



Les prix de détail pour différents types de carburant, y compris le GNC, se trouvent sur le site Web du gouvernement de l'Ontario : <https://www.ontario.ca/prix-des-carburants/>

durabilité. Des fournisseurs comme Cummins et Enbridge offrent une comparaison des coûts d'investissement et une analyse comparative de la modélisation du rendement.

III. Hydrogène

Considéré comme une source d'énergie propre prometteuse, l'hydrogène peut être utilisé pour alimenter les véhicules principalement de deux façons différentes :

- Véhicules électriques à pile à combustible (VEPC) : L'hydrogène agit comme un vecteur d'énergie, qui s'écoule dans une pile à combustible, réagit avec l'oxygène et crée de l'électricité qui alimente le moteur électrique.
- Moteurs à combustion interne à hydrogène : Ces véhicules brûlent de l'hydrogène dans un moteur à combustion interne modifié, de façon semblable à l'essence utilisée dans les moteurs conventionnels.

Les VEPC et les moteurs à combustion interne à hydrogène sont des technologies complémentaires pour réduire les émissions des transports. Leur adoption peut stimuler le développement d'infrastructures de production, de transport et de distribution d'hydrogène. D'importants investissements publics et privés donneront l'impulsion nécessaire pour faire progresser l'approvisionnement et l'infrastructure de l'hydrogène, afin qu'il devienne une technologie pour la vente au détail au public dans la région du Grand Toronto^{xxviii}.



Le rapport de la Stratégie canadienne pour l'hydrogène souligne des développements importants dans l'ensemble de la chaîne de valeur de l'hydrogène

La section suivante fournit de plus amples renseignements sur l'adoption des VEPC :

CONSIDÉRATIONS CLÉS :

Applications et perspectives du marché : La technologie des VEPC est considérée comme étant très appropriée pour les activités de desserte locale des véhicules lourds, en raison de la disponibilité limitée de l'infrastructure de ravitaillement à l'heure actuelle. À mesure que la demande augmente et que l'infrastructure de ravitaillement se développera, le transport sur de longues distances bénéficiera de cette technologie légère de stockage d'énergie. Cela est particulièrement important pour les parcs de véhicules lourds, où la conduite sur de longues distances est courante et où il faut beaucoup de carburant. L'hydrogène permet un stockage plus léger d'énergie à bord du véhicule, par rapport à un camion électrique de taille semblable. Les VEPC contiennent une plus grande quantité d'énergie par unité de masse qu'une installation de stockage de batterie ou le diesel conventionnel. Par conséquent, le véhicule peut obtenir une plus grande quantité d'énergie, sans augmenter considérablement le poids total. Il s'agit d'une considération importante pour les camions grands routiers qui doivent souvent respecter des règlements stricts sur le poids. De plus, l'hydrogène peut être une technologie appropriée pour le transport commercial sur de longues distances et 24 heures sur 24, 7 jours sur 7, car les temps de ravitaillement sont courts et comparables à ceux des véhicules diesel^{xxix}.

Infrastructure : Le choix de l'infrastructure de ravitaillement dépend de la technologie utilisée pour stocker l'hydrogène à bord des véhicules. L'hydrogène n'est pas riche en énergie et doit donc être stocké à haute pression pour fournir une autonomie adéquate et réduire la fréquence de ravitaillement. À bord d'un véhicule, il est généralement stocké à une pression de 350 bars ou de 700 bars^{xxx}. Il est moins coûteux de livrer de l'hydrogène à des pressions plus basses, c'est pourquoi il est important de déterminer la pression optimale lors du déploiement de l'infrastructure de ravitaillement et de minimiser les coûts^{xxxi}. Lorsqu'il s'agit de transport lourd, une pression de 700 bars est considérée comme la plus appropriée pour la conduite sur de longues distances.

Les stations de ravitaillement en hydrogène comprennent des équipements de stockage, de compression et de distribution. Ces stations ne sont pas de taille standard et sont disponibles en plusieurs configurations différentes, allant des petites stations sur place aux grandes stations pour les applications de vente au détail^{xxxii}. Alors que les petites stations destinées à un remplissage à basse pression offrent un coût d'exploitation inférieur, les plus grandes stations de ravitaillement peuvent être nécessaires pour répondre aux besoins d'un volume élevé. De plus, les stations de ravitaillement pourraient être conçues pour des remplissages lents ou rapides. La configuration « remplissage lent » offre des coûts d'investissement et d'exploitation moins élevés, mais exige une fenêtre de 6 à 8 heures. D'autre part, un « remplissage rapide » est préférable si les véhicules du

🔗 La [*base de données sur la production d'hydrogène*](#) de l'Association Canadienne de l'hydrogène présente une carte des installations de production d'hydrogène, fournies volontairement par les producteurs canadiens.

parc doivent être ravitaillés l'un après l'autre. Les gestionnaires de parc doivent tenir compte du cycle de service de leur parc pour décider de leurs besoins en matière d'infrastructure de ravitaillement^{xxxiii}.

Disponibilité des véhicules et échéanciers : L'hydrogène peut être considéré comme un type de carburant émergent par la plupart des parcs commerciaux, car la chaîne d'approvisionnement nationale en hydrogène est encore en développement. Les gestionnaires de parc pourraient avoir besoin de plus de temps pour évaluer leurs options et identifier les fabricants d'équipement d'origine (OEM) et les fournisseurs de ravitaillement pour commencer à mettre à l'essai cette technologie. L'acquisition de VEPC a généralement des temps d'attente plus longs que les véhicules conventionnels. De plus, on peut s'attendre à un long délai d'acquisition de l'équipement de ravitaillement, en fonction de la pression requise.

🔗 Le North American Council for Freight Efficiency (NACFE) a décrit les tendances qui pourraient accélérer l'adoption de l'hydrogène dans son [*rapport d'orientation*](#)

Sécurité : L'hydrogène n'a ni couleur ni odeur, mais il peut avoir des taux de fuite et de dissipation très élevés en raison de sa légèreté moléculaire, ce qui nécessite un équipement spécialisé pour la détection des fuites. Dans un espace clos, l'hydrogène peut s'échapper et s'accumuler jusqu'à ce qu'une concentration inflammable soit atteinte. Par conséquent, une ventilation adéquate est requise et l'utilisation de capteurs avancés de détection d'hydrogène est recommandée. Les conducteurs et les opérateurs doivent également être formés aux méthodes appropriées pour éteindre les incendies d'hydrogène et disposer d'un équipement de protection.

Des efforts sont en cours pour harmoniser les règlements internationaux de sécurité pour les VEPC. Le [National Renewable Energy Laboratory des États-Unis](#) est en train de développer des outils de vérification de la conformité. Le [Code canadien d'installation de l'hydrogène \(CCIH\)](#) est la norme qui établit les exigences d'installation de l'équipement de production d'hydrogène, du transport, du stockage et de l'entretien.

Entretien : Une gestion thermique efficace est essentielle pour maintenir des conditions de fonctionnement optimales pour les piles à hydrogène^{xxxiv}. Des températures extrêmement élevées ou basses peuvent nuire au rendement du véhicule et réduire la durabilité à long terme. Pour s'assurer que les VEPC fonctionnent efficacement et ont une longue durée de vie, un système de gestion thermique propre au type de technologie peut être nécessaire^{xxxv}. Les gestionnaires de parc automobile peuvent consulter les [Codes et normes du Groupe CSA pour l'infrastructure canadienne](#), comme la [norme CSA B401.1](#) (et la norme CSA B401.3 qui sera bientôt publiée) pour connaître les exigences générales relatives aux installations d'entretien. Il est également important de prendre note des calendriers d'entretien préventif recommandés par les fabricants d'équipement d'origine pour les véhicules à pile à combustible.

Économie : La compréhension du cycle de service du parc peut aider à déterminer la rentabilité de l'adoption des VEPC. Comme plusieurs facteurs interconnectés s'ajoutent au coût opérationnel global, une station de ravitaillement en hydrogène doit être dimensionnée pour répondre aux besoins particuliers du parc. Le coût d'une station de ravitaillement dépend fortement du type d'exploitation et peut varier de milliers de dollars pour une petite station à des projets de plusieurs millions de dollars pour les grandes stations. Le coût des projets d'infrastructure dépend en fin de compte du type de station et de la capacité globale requise, car ces projets sont généralement adaptés aux besoins particuliers du parc. À mesure que la technologie de ravitaillement en hydrogène se répand sur le marché, les coûts associés devraient diminuer, suivant des tendances similaires avec d'autres technologies propres.



Le [Hydrogen Village](#) offre des programmes de formation éducative sur la technologie de l'hydrogène comme combustible.

IV. Diesel renouvelable

Le diesel renouvelable représente une avancée importante dans la technologie des carburants durables, car il est produit à partir d'huiles de cuisson recyclées, d'huiles végétales usagées et de graisses animales. Il est important de noter que le diesel renouvelable n'est pas le même carburant que le biodiesel, car il subit un processus de production différent appelé hydrotraitement et a une structure moléculaire distincte. Les deux types de carburant ont des trajectoires de production très différentes, ce qui a une incidence sur leurs caractéristiques opérationnelles et leur pertinence pour différents types de parcs^{xxxvi}.

- **Diesel renouvelable** : Il est chimiquement similaire au diesel conventionnel et peut être utilisé directement dans les moteurs diesel. Il n'est pas associé à des exigences particulières en matière de manipulation, de mélange ou d'entreposage, car il répond aux normes internationales (ASTM D975) pour le diesel pétrolier et peut être utilisé tel quel. Le diesel renouvelable n'a pas de limites de mélange, comparativement au biodiesel.
- **Biodiesel** : Il doit être mélangé avec du diesel pétrolier et a des propriétés chimiques ainsi que des exigences de stockage et de manipulation différentes. Habituellement, 20 % de biodiesel est mélangé au diesel pétrolier et il doit répondre aux normes de qualité prescrites par les normes internationales ASTM D7467^{xxxvii}.

Le diesel renouvelable offre l'occasion de réduire considérablement les émissions, même si ses émissions d'échappement sont comparables à celles du diesel conventionnel. En effet, le processus de production du diesel renouvelable entraîne généralement moins d'émissions de GES que le diesel conventionnel au cours de son cycle de vie^{xxxviii}. Pour faire cette évaluation, il est important de tenir compte de toutes les étapes du cycle de vie, de la culture de la matière première à la transformation et au transport du combustible^{xxxix}. Si le diesel renouvelable est produit à partir de déchets organiques locaux, il peut aider à réduire les déchets et à favoriser une économie circulaire^{xl}.

CONSIDÉRATIONS CLÉS :

Applications et perspectives du marché : Le diesel renouvelable peut être utilisé dans les moteurs diesel existants sans modification, car il satisfait à la spécification ASTM D975 et aux normes internationales pour le pétrole conventionnel. Comme il est approuvé pour remplacer directement le diesel pétrolier, il peut être utilisé avec l'infrastructure et les véhicules existants. Le diesel renouvelable reproduit la molécule de diesel pétrolier, mais a une teneur énergétique 2,2 % plus élevée et une intensité en carbone (IC) plus faible, ce qui permet une plus grande autonomie pour le même volume et le même poids de carburant. Par conséquent, le diesel renouvelable convient à toute application de véhicules lourds, qui est actuellement exploitée par des véhicules diesel conventionnels. Cependant, l'approvisionnement en carburant et la disponibilité des stations de ravitaillement publiques détermineront en fin de compte son utilisation et son adoption.

Infrastructure : Des mises à niveau limitées de l'infrastructure sont nécessaires pour la livraison et l'entreposage de diesel renouvelable. Cependant, il y a actuellement un faible approvisionnement du marché pour le diesel renouvelable au Canada. Sa disponibilité dépend des sources de matières premières et des installations de production. Plusieurs nouvelles installations de diesel renouvelable sont prévues ou sont en construction au Canada^{xli}, en plus d'une raffinerie de diesel renouvelable qui est en développement dans la région de Toronto.

Disponibilité des véhicules et échéanciers : Les gestionnaires de parc n'ont pas besoin d'acquérir de nouveaux véhicules ou de moderniser des véhicules existants pour fonctionner au diesel renouvelable. Cela permet aux parcs de passer au diesel renouvelable sans coûts initiaux, à l'exception des investissements dans l'infrastructure de ravitaillement et de stockage. Cependant, l'échéancier global pour passer au diesel renouvelable peut varier de quelques semaines à plusieurs mois, selon l'échelle des activités, le type de véhicule et la disponibilité de l'infrastructure de ravitaillement.

Sécurité : Comme indiqué ci-dessus, le diesel renouvelable est approuvé comme carburant diesel selon la spécification ASTM D975 et les normes internationales. Les pratiques et procédures de sécurité liées au diesel conventionnel sont bien documentées et plus faciles à atténuer, car la plupart des exploitants et des conducteurs connaissent ce carburant. Toute menace pour la santé de l'exploitant du parc provient principalement de défaillances mécaniques ou d'incidents liés à un incendie. Le diesel renouvelable doit être manipulé avec précaution pour prévenir les incendies, car il est inflammable au-dessus de 60 degrés Celsius (ce qui est comparable au diesel conventionnel). Le gouvernement canadien a établi plusieurs exigences réglementaires et de sécurité pour le diesel renouvelable en vertu de la Norme sur les combustibles propres et du Règlement sur les carburants renouvelables.

Entretien : Les véhicules du parc automobile qui utilisent le diesel renouvelable doivent faire l'objet de vérifications d'entretien régulières pour s'assurer que les systèmes d'alimentation en carburant sont propres et fonctionnent correctement. Cela comprend la vérification des fuites et l'assurance que les filtres à carburant sont en bon état. Les conducteurs de véhicules doivent se conformer à la réglementation concernant la manipulation et l'entreposage du diesel renouvelable.

Économie : Un avantage important de la transition vers le diesel renouvelable est qu'il n'y a aucun coût initial pour l'acquisition d'un nouveau parc de véhicules ou de stations de ravitaillement. Il est considéré comme un carburant de substitution direct, ce qui signifie qu'il peut être utilisé dans les véhicules actuellement disponibles. Cependant, en ce qui concerne les coûts d'exploitation, le prix du marché du diesel renouvelable pourrait varier selon la méthode de production et la disponibilité des matières premières. Bien que les renseignements accessibles au public sur le diesel renouvelable soient limités, les gestionnaires de parc peuvent comprendre ses tendances de prix en suivant des indices comme le Chicago Board of Trade (CBOT) – CME Group, basé aux États-Unis, qui fournit une fiche d'information sur les prix du ^{xlii}diesel renouvelable. L'indice des prix du diesel renouvelable est souvent lié aux prix du pétrole conventionnel. Toutefois, il est important de noter qu'il s'agit de marchés indépendants et que les tendances de prix du diesel renouvelable peuvent être mieux comprises lorsqu'elles sont liées à l'offre et à la demande de matières premières.

 Le [Alternative Fuels Data Center](#) offre des renseignements supplémentaires sur la façon dont le prix du diesel renouvelable est établi.

3. Conclusion – Se préparer à la transition

La transition des parcs de véhicules lourds vers des technologies de véhicules à faibles émissions de carbone et zéro émission exige une planification exhaustive. Chaque option technologique aura ses défis et ses possibilités uniques. La prise en compte de ces éléments dans les étapes de planification et d'évaluation du parc peut faciliter la réussite de la transition vers les technologies de carburant de remplacement. Des conseils peuvent être demandés à chaque étape de l'élaboration des plans de gestion du parc et de l'évaluation des avantages et des désavantages de chaque technologie.

Avec un environnement réglementaire en évolution rapide, la plupart des entreprises déclarent leurs mesures de durabilité et publient leurs plans de décarbonisation. Par conséquent, le potentiel de réduction des émissions de GES des options technologiques disponibles doit être pris en compte. L'établissement de protocoles, la gestion des coûts, le suivi des progrès et la formation du personnel sont essentiels à la réussite.

Le calendrier d'adoption des différentes technologies de VZE varie selon le type de véhicule et le système de carburant et dépend fortement du cycle de service du parc. Le développement de l'infrastructure est également un facteur important, car il faut plusieurs années avant que les stations de recharge et de ravitaillement soient pleinement opérationnelles. L'analyse du coût total de possession (CTP) s'applique à toutes les technologies, car le coût global dépend du coût initial ainsi que de l'utilisation des véhicules et de l'accès à du carburant et à des infrastructures abordables. L'adoption généralisée de toutes les technologies décrites dans ce guide dépend de la mise en place de stations de recharge et de ravitaillement fiables.

Pour aider à atteindre les objectifs fixés par le [Plan de réduction des émissions](#) du Canada et orienter leurs parcs de véhicules vers ces solutions de recharge, les gestionnaires devraient rechercher des incitatifs financiers et un soutien à l'infrastructure. Le gouvernement canadien a mis en œuvre des politiques et lancé des programmes, comme le [Programme de transport écoénergétique de marchandises](#) de RNCan et les [Incitatifs pour les véhicules moyens et lourds zéro émission \(canada.ca\)](#) de Transports Canada, qui visent à aider les entreprises à passer aux VZE.



Visitez le [carrefour de ressources Futureproof Your Fleet](#) de Partners in Project Green (PPG) :

Une bibliothèque croissante de ressources informationnelles sur la décarbonisation des parcs de véhicules qui comprend des études de cas, des rapports de recherche, des guides de référence et des outils pour guider les gestionnaires de parcs et les professionnels du secteur des transports.



La liste de vérification de l'état de préparation des gestionnaires de parc est disponible sur le Carrefour de ressources pour offrir des conseils concrets aux gestionnaires

Glossaire

- VEB : Véhicule électrique à batterie
- GNC : Gaz naturel comprimé
- VE : Véhicule électrique
- GES : Gaz à effet de serre
- PNBV : Poids nominal brut du véhicule
-
- kW : Kilowatt
- GNL : Gaz naturel liquéfié
-
-
- NOx : Oxyde d'azote
- OEM : Fabricant d'équipement d'origine
- VEHR : Véhicule électrique hybride rechargeable
- PM : Matière particulaire
- RD : Diesel renouvelable
- GNR : Gaz naturel renouvelable
- SOx : Oxyde de soufre
- CTP : Coût total de possession
- VZE : Véhicule zéro émission

Références

ⁱ Environnement et Changement climatique Canada. « Plan de réduction des émissions pour 2030 : Prochaines étapes du Canada pour un air pur et une économie forte ». *Gouvernement du Canada*. 2022. <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/nouvelles/2022/03/plan-de-reduction-des-emissions-pour-2030--prochaines-etapes-du-canada-pour-un-air-pur-et-une-economie-forte.html>

ⁱⁱ Ville de Toronto. 2021. « Sector-Based Emissions Inventory ». *Ville de Toronto*. URL : [Sector-Based Emissions Inventory – City of Toronto](#)

ⁱⁱⁱ Transports Canada. 2024. « Incitatifs pour les véhicules moyens et lourds zéro émission – Programme iVMLZE ». Consulté le 3 octobre 2024. URL : [Vue d'ensemble du programme](#).

^{iv} The Atmospheric Fund. « 2022 Carbon Emissions Inventory for the Greater Toronto and Hamilton Area ». Consulté le 2 octobre 2024. URL : [Summary – 2022 GTHA Carbon Emissions Inventory \(taf.ca\)](#)

^v Ressources naturelles Canada (RNCan). *Écologisation des parcs de véhicules gouvernementaux* : Guide des pratiques d'excellence. 2018. Consulté le 22 septembre 2024. URL : <https://ressources-naturelles.canada.ca/efficacite-energitique/efficacite-energitique-transports/guide-pratique-excellence-ecologisation-parcs-automobile-gouvernementaux>

^{vi} Tuffour, J.P., et Ewing R. « Can battery electric vehicles meet sustainable energy demands? Systematically reviewing emissions, grid impacts, and coupling to renewable energy ». *Energy Research & Social Science* 114 (2024) : 103625.

^{vii} Département de l'Énergie des États-Unis. *Alternative Fuels Data Center – PHEV*. <https://afdc.energy.gov/vehicles/electric-basics-phev>

^{viii} Pridemore, A., et coll. « Electric vehicles from life cycle and circular economy perspectives ». *Agence européenne pour l'environnement : Copenhague, Danemark*. 2018. [Electric vehicles from life cycle and circular economy perspectives – TERM 2018 – Agence européenne pour l'environnement](#)

^{ix} Agrawal, S. « Fact Sheet- The Future of the Trucking Industry: Electric Semi-Trucks ». Environmental and Energy Study Institute. 2023. https://www.eesi.org/files/FactSheet_Electric_Trucks_2023.pdf

^x Kane, M. 2022. « US : Median Range of 2021 Gasoline Vehicles Is 72% Higher Than BEVs ». *InsideEVs*, janv. 2022 <https://insideevs.com/news/561634/us-median-range-gasoline-bevs/>

^{xi} Département des Transports des États-Unis. « EV Infrastructure Project Planning Checklist ». *Département des Transports des États-Unis*. 2023. <https://www.transportation.gov/rural/ev/toolkit/ev-infrastructure-planning/project-planning-checklist>.

^{xii} GMG EnviroSafe. « EV Safety First: A Guide to Electric Vehicle Compliance and Risk Management ». *GMG EnviroSafe*, 2022. URL : <https://www.gmgenvirosafe.com/blog-posts/ev-safety-first-a-guide-to-electric-vehicle-compliance-and-risk-management>.

-
- ^{xiii} Département de l'Énergie des États-Unis. « Maintenance and Safety of Electric Vehicles ». *Alternative Fuels Data Center*, 2024, <https://afdc.energy.gov/vehicles/electric-maintenance> *Alternative Fuels Data Center: Maintenance and Safety of Electric Vehicles (energy.gov)*
- ^{xiv} Voir, K. W., et coll. « Critical review and functional safety of a battery management system for large-scale lithium-ion battery pack technologies ». *International Journal of Coal Science & Technology* 9.1 (2022) : 36. [Critical review and functional safety of a battery management system for large-scale lithium-ion battery pack technologies | International Journal of Coal Science & Technology \(springer.com\)](#)
- ^{xv} Hagman, J., et coll. « Total cost of ownership and its potential implications for battery electric vehicle diffusion ». *Research in Transportation Business & Management* 18 (2016) : 11-17.
- ^{xvi} Bhardwaj, C. *Helping Fleets Charge: Barriers and solutions to charging electric medium- and heavy-duty vehicles in Ontario*. The Pembina Institute, 2024
- ^{xvii} Page d'accueil de l'Energy Information Administration des États-Unis. *Natural gas explained*. URL : <https://www.eia.gov/energyexplained/natural-gas/>
- ^{xviii} Département de l'Énergie des États-Unis. *Alternative Fuels Data Center: Natural Gas Emissions*. 2024. URL : <https://afdc.energy.gov/vehicles/natural-gas-emissions>
- ^{xix} Cummins Inc. *Comparing Emission Reductions Across Alternative Fuels*. 2022. [Comparing emission reductions across alternative fuels | Cummins Inc.](#)
- ^{xx} California Natural Gas Vehicle Partnership. « *Natural Gas Vehicles* ». [Natural Gas Vehicles - CNGVP](#). Consulté le 10 octobre 2024.
- ^{xxi} Alliance canadienne pour les véhicules au gaz naturel (ACVGN). *Utilisation du gaz naturel dans le secteur des transports moyens et lourds – Plan d'action 2.0*. 2019. https://natural-resources.canada.ca/sites/nrcan/files/oeef/pdf/transportation/alternative-fuels/resources/pdf/NRCan_NGRoadmap_f_WEB.pdf
- ^{xxii} Mitchell, G. *Building a business case for compressed natural gas in fleet applications*. No. NREL/TP-5400-63707. National Renewable Energy Laboratory, Golden, Colorado, 2015.
- ^{xxiii} Enbridge Gaz. *The Future of Clean Energy: A Guide to Producing and Using RNG by Enbridge Gas*. [Producing Renewable Natural Gas \(RNG\) | Enbridge Gas](#)
- ^{xxiv} Alliance canadienne pour les véhicules au gaz naturel (ACVGN). « *En route avec le gaz naturel : Ontario* ». 2018. <https://cngva.org/wp-content/uploads/2018/01/Station-Permitting-Guidelines-Ontario-FR.pdf>.
- ^{xxv} Yaïci, Wahiba et Hajo Ribberink. « Feasibility study of medium- and heavy-duty compressed renewable/natural gas vehicles in Canada ». *Journal of Energy Resources Technology* 143.9 (2021) : 090907.
- ^{xxvi} Département de l'Énergie des États-Unis. NREL : *Compressed Natural Gas (CNG) Safety Assurance*. Clean Cities, 2024, https://cleancities.energy.gov/files/u/news_events/document/document_url/265/compressed-natural-gas-cng-safety-assurance.pdf.
- ^{xxvii} Kelly, Kay et coll. *Compressed Natural Gas Vehicle Maintenance Facility Modification Handbook*. No. DOE/GO-102017-4918. National Renewable Energy Laboratory, Golden, Colorado; Gladstein, Neandross & Associates, Santa Monica, Californie, 2017. https://afdc.energy.gov/files/u/publication/cng_maintenance_facility_mod.pdf
- ^{xxviii} Banque de l'infrastructure du Canada. 2024. « Investissement de 337 M\$ de la BIC dans le réseau de production et de ravitaillement en hydrogène dans l'Ouest du Canada ». *BIC, 2024*. [Investissement de 337 M\\$ de la BIC dans le réseau de production et de ravitaillement en hydrogène dans l'Ouest du Canada | Banque de l'infrastructure du Canada \(BIC\) \(bic.bic.ca\)](#)

-
- ^{xxxix} Département de l'Énergie des États-Unis. « Hydrogen's Role in Transportation ». *Département de l'Énergie des États-Unis*, 2024
- ^{xxx} Murdoch, H., Munster, J., Satyapal, S., Rustagi, N., Elgowahy, A. et Penev, M. 2023. *Pathways to Commercial Liftoff, Clean Hydrogen*. Département de l'Énergie des États-Unis. [Pathways to Commercial Liftoff - Clean Hydrogen](#).
- ^{xxxix} Lin, Z., Ou, S., Elgowainy, A., Reddi, K., Veenstra, M., et Verduzco, L. 2018. A method for determining the optimal delivered hydrogen pressure for fuel cell electric vehicles. *Applied energy*, 216, 183-194. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.02.041>.
- ^{xxxii} Genovese, M., Blekhman, D. et Fragiaco, P. 2024. An exploration of safety measures in hydrogen refueling stations: delving into hydrogen equipment and technical performance. *Hydrogen*, 5(1), 102-122.
- ^{xxxiii} Apostolou, D. et Xydis, G. 2019. A literature review on hydrogen refuelling stations and infrastructure. Current status and future prospects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 113, 109292.
- ^{xxxiv} Pearman, D., Buttner, W. J., Loiselle-Lapoint, A., Conde, A., Post, M. B. et Hartmann, K. 2021. Safety Compliance Verification of Fuel Cell Electric Vehicle Exhaust. [NREL](#).
- ^{xxxv} Zhao, R., Qin, D., Chen, B., Wang, T. et Wu, H. 2022. Thermal management of fuel cells based on diploid genetic algorithm and fuzzy PID. *Applied Sciences*, 13(1), 520, <https://doi.org/10.3390/app13010520>.
- ^{xxxvi} Renewable Diesel as a Major Transportation Fuel in California: Opportunities, Benefits and Challenges
<https://cdn.gladstein.org/pdfs/whitepapers/renewable-diesel-as-a-major-transportation-fuel-in-ca-report.pdf>
- ^{xxxvii} ASTM International. Standard Specification for Diesel Fuel Oil, Biodiesel Blend (B6 to B20). [D7467 Standard Specification for Diesel Fuel Oil, Biodiesel Blend \(B6 to B20\)](#)
- ^{xxxviii} Département de l'Énergie des États-Unis. « Renewable Diesel ». *Alternative Fuels Data Center*, 2024
<https://afdc.energy.gov/fuels/renewable-diesel>
- ^{xxxix} Lamberink, L. « Experts Weigh the Pros and Cons of Renewable Diesel in the North ». *CBC News*, 13 juin 2024, <https://www.cbc.ca/news/canada/north/renewable-diesel-north-experts-1.7233178>.
- ^{xl} Chevron Renewable Energy Group. « Circular Economy of Biodiesel ». *Chevron Renewable Energy Group*, 2024, <https://www.regi.com/resources/insights/circular-economy-of-biodiesel>.
- ^{xli} Ressources naturelles Canada. *Aperçu du marché : De nouvelles installations de diesel renouvelable aideront à réduire l'intensité des émissions de carbone des combustibles au Canada. Installations de diesel renouvelable existantes et prévues au Canada*. 2023. [REC – Aperçu du marché : De nouvelles installations de diesel renouvelable aideront à réduire l'intensité des émissions de carbone des combustibles au Canada](#)
- ^{xlii} CME Group Inc. *Renewable diesel fact card*. 2021. [Renewable Diesel](#)