

Place à la puissance : infrastructure de recharge pour VE et maturité du réseau électrique en Ontario

Évaluation de l'infrastructure, de la capacité du réseau électrique et des approches politiques nécessaires pour assurer l'avenir de la mobilité électrique en Ontario

Rapport spécialisé trimestriel

Septembre 2025



Ontario

OVIN
INSIGHTS
Specialized Series

@CIO
Où l'avenir se réalise



Table des matières

1. Portrait de la recharge de VE	3
2. État de préparation du réseau électrique : capacité, flexibilité et contraintes	7
3. Contexte réglementaire de l'infrastructure: de recharge pour VE	20
4. Portrait de la recharge de VE en Ontario	27
5. Possibilités pour l'Ontario	46
6. Glossaire	54
7. L'équipe du ROIV	58
8. Avis de non-responsabilité	61
9. Références	63

Sommaire

L'Ontario joue un rôle stratégique essentiel dans la conception de l'avenir de l'infrastructure de recherche pour véhicules électriques (VE), non seulement au Canada, mais aussi sur la scène internationale, en tant que chef de file de l'intégration au réseau intelligent et de l'innovation en transport propre. La demande en électricité des VE de la province devrait augmenter de 2,33 TWh d'ici 2026 et atteindre 41,75 TWh d'ici 2050, soit près de 16 % de la demande totale d'électricité¹. Devant cette augmentation considérable, il est impératif de soutenir la transition par une planification coordonnée, une capacité accrue et des technologies novatrices.

Fort de cadres stratégiques robustes, d'une infrastructure numérique de pointe et d'investissements proactifs dans la modernisation du réseau électrique, l'Ontario établit les normes pour aider les administrations à faire une transition vers la mobilité électrique qui rime avec fiabilité du réseau électrique, équité et croissance économique. Le leadership de la province, étayé par le déploiement de compteurs intelligents, la promotion des ressources énergétiques décentralisées (RED) et l'innovation dans les technologies d'échange d'énergie véhicule-réseau (V2G), la place à l'avant-garde de la transition énergétique.

Les capacités des réseaux intelligents de la province sont au cœur de sa stratégie en matière de VE. En Ontario, le déploiement des compteurs intelligents et

de l'infrastructure relative aux compteurs avancés (ICA) est pratiquement universel, de sorte qu'il est possible de gérer l'énergie en temps réel et d'intégrer des RED, par exemple des panneaux solaires sur les toits et des systèmes de stockage d'énergie par batterie. Des technologies telles que les systèmes de gestion des ressources énergétiques décentralisées (SGRED) et les centrales virtuelles (CV) permettent aux services publics de traiter les VE et autres actifs décentralisés comme des ressources flexibles du réseau électrique. Les fonctions d'analyse prédictive par l'intelligence artificielle (IA) sont utilisées pour prévoir les répercussions de la recharge de VE et optimiser la gestion de la charge, tandis que les modèles de stockage à la demande donnent une deuxième vie aux batteries pour VE afin de reporter les mises à niveau coûteuses de l'infrastructure.

Le cadre réglementaire de l'Ontario soutient la transition grâce à diverses initiatives, notamment les procédures de raccordement pour la recharge de véhicules électriques, qui définissent des exigences normalisées de raccordement pour les services publics, et les programmes fédéraux, dont le Programme d'infrastructure pour les véhicules à émission zéro (PIVEZ) et le Règlement sur l'électricité propre. À l'heure actuelle, les bornes de recharge sont fortement concentrées dans les régions urbaines de l'Ontario. Des disparités régionales persistent, en particulier dans les communautés rurales et du Nord, mais des initiatives telles que le réseau de recharge IVY et le Programme ontarien pour la recharge des véhicules électriques aident à réduire ces écarts. Les goulets

d'étranglement du réseau électrique, caractérisés par des transformateurs surchargés et des artères d'une capacité limitée, complexifient le développement du réseau et illustrent à quel point une planification et des investissements stratégiques sont nécessaires.

L'infrastructure de recharge de l'Ontario repose sur des réseaux publics et privés. Les bornes de recharge publiques, essentiellement de niveau 2, sont concentrées dans les régions urbaines et le long des autoroutes tandis que les bornes de recharge privées, surtout résidentielles, représentent près de 80 % des bornes pour VE en utilisation. Toutefois, l'accès à la recharge à domicile n'est pas universel, en particulier dans les immeubles résidentiels à logements multiples (IRLM); il importe donc de poursuivre l'expansion de l'infrastructure publique et de l'appuyer par des politiques ciblées.

Il est essentiel de gérer la charge pour assurer la stabilité du réseau électrique à mesure que l'adoption des VE s'accélère. L'Ontario préconise une tarification de l'électricité selon l'heure de consommation (FHC), y compris un tarif d'électricité de nuit très bas (NTB), pour inciter les utilisateurs à recharger leur véhicule durant les heures creuses. Des projets pilotes de gestion de la recharge ont fait état d'une réduction considérable de la demande en période de pointe et des technologies d'échange d'énergie de véhicule à X (V2X), y compris avec un réseau de distribution d'électricité (Vehicle-to-Grid ou V2G), un réseau domestique (Vehicle-to-Home ou V2H) et le réseau d'un bâtiment (Vehicle-to-Building ou V2B), qui s'avèrent viables d'un point de vue technique

et économique. Ces innovations accroissent la résilience en permettant aux VE de restituer de l'énergie au réseau de distribution d'électricité ou au réseau d'un bâtiment en plus d'offrir aux propriétaires de nouvelles sources de revenus.

Les questions environnementales et d'équité sociale sont au cœur des stratégies en matière de VE, y compris celles de l'Ontario. L'infrastructure de recharge pour VE contribue à la réduction des émissions et des risques pour la santé liés aux stations d'essence, tandis que des initiatives comme le Programme ontarien pour la recharge des VE et les normes de conception universelle concourent à un accès équitable. Des pratiques exemplaires ailleurs dans le monde, comme l'*Equitable EV Charging Act* en Californie et la politique sur le « droit de recharge » de la Norvège sont des avenues à étudier par l'Ontario. Par ailleurs, une planification communautaire et une conception inclusive sont essentielles pour assurer un accès à tous les utilisateurs.

La trajectoire de cette demande croissante doit aller de pair avec l'accroissement des capacités, la modernisation des systèmes de distribution, la coordination de la recharge intelligente et la robustesse des chaînes d'approvisionnement. Des initiatives telles que le volet de recharge évoluée et de V2G du Fonds de partenariats en R-D du ROIV misent sur les technologies de demain pour soutenir l'innovation et l'efficacité énergétique. Pour satisfaire à la demande, l'Ontario peut aussi accroître l'accès dans les IRLM,

2

renforcer les réseaux de distribution dans les communautés rurales et éloignées, intégrer des technologies de recharge intelligente et V2G, simplifier les processus de délivrance des permis et permettre aux VE réunis au moyen d'un agrégateur de participer au marché. La transparence des données et la confiance des consommateurs constituent aussi des pistes à explorer, par exemple, car des expériences de recharge fiables et conviviales sont primordiales pour accélérer l'adoption. En misant sur ses forces existantes et en s'attaquant aux défis actuels, l'Ontario est bien placé pour diriger la transition vers un avenir caractérisé par du transport électrique et propre.

Le présent rapport propose une analyse détaillée de l'infrastructure de recharge pour VE actuelle et projetée de l'Ontario, qui est étayée par des recherches et des entretiens avec des experts. Il examine si le réseau électrique est prêt à prendre en charge la demande croissante provenant de la recharge de VE, en mettant en relief les principaux défis et possibilités. Le rapport aborde différentes questions, notamment les progrès technologiques, les cadres politiques et réglementaires, les tendances du marché et les répercussions sur la stabilité du réseau électrique et la consommation d'énergie. Enfin, il donne un aperçu des occasions à saisir par l'Ontario pour continuer à développer son infrastructure et assurer une transition harmonieuse à un système de transport plus durable.

« En élargissant l'accès à l'infrastructure de recharge au-delà des centres urbains, nous veillons à ce que les travailleurs et les familles de la province puissent adopter les VE en toute confiance². »

— Victor Fedeli, ministre du Développement économique, de la Création d'emplois et du Commerce

1. Portrait de la recharge de VE

Les VE sont de plus en plus nombreux sur nos routes et les systèmes qui les alimentent évoluent rapidement. Le paysage de la recharge s'adapte, pour répondre aux besoins des utilisateurs et aux exigences opérationnelles, en proposant différents types de chargeurs et en misant sur de nouvelles technologies qui accélèrent et améliorent la recharge, comme la recharge intelligente, la recharge dynamique et l'échange de batterie. Les réseaux de recharge, publics comme privés, doivent avoir des caractéristiques précises pour satisfaire aux besoins de l'utilisateur moyen et ils se développent pour suivre l'évolution de la demande. Il importe de tenir compte des moyens d'améliorer l'expérience des utilisateurs et d'optimiser la consommation d'électricité pour favoriser le développement et la croissance de la recharge pour VE et de se pencher sur des facteurs tels que l'accessibilité, la disponibilité et la fiabilité pour gagner la confiance des consommateurs et faire en sorte qu'ils continuent à adopter les VE. Les innovations en matière de technologies et d'infrastructures, l'évolution des besoins des utilisateurs et les considérations relatives au réseau électrique façonnent l'avenir de la recharge de VE.



1.1 Chargeurs pour VE : la base

L'infrastructure de recharge pour VE se présente sous différentes formes en fonction des besoins et des environnements. Les chargeurs sont regroupés dans trois grandes catégories selon le type de recharge : niveau 1, niveau 2 et niveau 3. Les chargeurs pour VE peuvent être à courant alternatif (CA), utilisé généralement pour la recharge lente, ou à courant continu (CC), qui sert surtout à la recharge rapide³. La section qui suit présente les principales caractéristiques et utilisations des différents niveaux de recharge ainsi qu'un aperçu des technologies émergentes.

Recharge de niveau 1

Méthode de recharge de VE la plus simple et la plus lente. Elle utilise une prise murale standard et permet de recharger entièrement un véhicule électrique à batterie (VEB) en 40 à 50 heures et un véhicule hybride rechargeable (VHR) en 5 à 6 heures⁴. De nombreux VE sont dotés d'un cordon amovible qui permet de les recharger à partir de n'importe quelle prise standard. Elle ne convient pas pour recharger complètement des VEB en peu de temps, mais est idéale pour la recharge nocturne complète de VHR; c'est une bonne option pour les conducteurs qui font de courts trajets ou utilisent moins leur voitures.

Recharge de niveau 2

Méthode de recharge la plus courante. Option plus rapide et plus puissante que la recharge CA; les chargeurs sont installés dans les maisons et les établissements commerciaux par des maîtres-électriciens⁶. Avec un chargeur de niveau 2, un VEB peut se recharger en 4 à 10 heures et un VHR en 1 à 2 heures seulement⁷. Les chargeurs de niveau 2 servent surtout à la recharge publique, qui est souvent appelée « recharge de destination » ou « d'occasion », car c'est l'option idéale pour les conducteurs qui prévoient rester plusieurs heures au même endroit ou veulent recharger partiellement leur véhicule⁸.

Recharge de niveau 3

Méthode de recharge CC la plus rapide et la plus puissante; les chargeurs de niveau 3 alimentent directement la batterie en CC⁹. Les chargeurs de niveau 3 servent habituellement à recharger les VEB, en 45 à 60 minutes environ¹⁰. Les bornes de recharge de niveau 3 doivent être installées par des professionnels et coûtent beaucoup plus cher. Certains VE ne sont pas compatibles avec les chargeurs de niveau 3. Voici certaines des normes qui s'appliquent actuellement aux chargeurs de niveau 3 : système de recharge nord-américain (NACS ou SAE J3400), norme de recharge rapide japonaise CHAdeMO et le système de recharge combiné, version 2 (SRC-2)¹¹.

Niveau 1

Temps de recharge
4 à 10 heures ou plus



Tension de
120V

Niveau 2

Temps de recharge
4 à 10 heures ou plus



Tension de
208 ou 240V

Niveau 3

Temps de recharge
45 à 60 minutes
ou plus



Tension de
480V

1.2 Technologies de recharge émergentes

Plusieurs nouvelles méthodes de recharge de VE sont en cours de développement et sont appelées à transformer le marché. En voici une description :

Recharge intelligente : les chargeurs intelligents sont connectés à l'Internet et accessibles à distance, ce qui permet une recharge programmée en fonction de la capacité du réseau et des signaux de tarification. Les propriétaires de VE peuvent ainsi optimiser l'heure de la recharge pour réaliser des économies, tout en permettant aux exploitants de réseau d'électricité de bénéficier d'une précieuse flexibilité pour gérer la demande. Outre les avantages pour le réseau électrique, la recharge intelligente permet de garder les batteries en bon état, car elle gère les régimes de charge afin d'éviter la surcharge et la surchauffe qui sont responsables de la baisse de performance des batteries au fil du temps¹². Les améliorations dans ces domaines sont positives, puisque, selon les experts, l'un des principaux défis de l'industrie est la dégradation des batteries, en particulier avec la recharge de niveau 3¹³.

Recharge dynamique : la recharge dynamique, qui s'effectue dans les véhicules en mouvement, est également à l'étude. Elle peut être réalisée via la conduction, notamment au moyen des lignes caténaires aériennes couramment utilisées par les tramways et les systèmes légers sur rail, ou par recharge sans fil par induction. Les lignes aériennes servent habituellement à alimenter des véhicules

lourds, tandis que les rails conducteurs et les systèmes de recharge par induction peuvent prendre en charge les véhicules légers et les véhicules lourds. Dans tous les cas, les véhicules doivent être munis des composants nécessaires pour se connecter à l'infrastructure de recharge¹⁴. Il est aussi possible d'utiliser les deux méthodes en mode statique, là où les véhicules s'arrêtent naturellement (p. ex. aux arrêts de bus ou centres logistiques); les utilisateurs disposent ainsi d'options de recharge flexibles¹⁵.

Échange de batterie : solution émergente qui permet de remplacer rapidement une batterie déchargée par une batterie complètement chargée, offrant une commodité qui s'apparente à faire le plein dans une station d'essence¹⁶. Elle peut contribuer à réduire les coûts initiaux des VE, à prolonger la durée de vie des batteries grâce à une manipulation professionnelle, à diminuer la pression exercée sur les réseaux électriques et à soutenir les objectifs de l'économie circulaire en centralisant la réutilisation et le recyclage¹⁷.

1.3 Caractéristiques des réseaux de recharge

Les stratégies de déploiement des bornes de recharge publiques, qui varient selon les pays et les villes, reposent sur des facteurs tels que la densité de population, l'accès à la recharge à domicile et la conception du réseau routier¹⁸.

Réseaux publics

Les réseaux de recharge publics sont composés de deux grands types d'infrastructure : les bornes de

recharge de niveau 2 et les bornes de niveau 3. Les bornes de recharge publiques, essentiellement de niveau 2 et donc moins rapides, sont situées dans les régions urbaines. Les bornes de recharge autoroutières, moins nombreuses, sont habituellement de niveau 3; comme elles sont plus puissantes, leur contribution à la capacité de charge totale est plus importante¹⁹. La recharge le long des corridors routiers est primordiale pour permettre aux VEB de parcourir de longues distances au moyen de l'infrastructure de niveau 3. Ces corridors doivent couvrir de grands territoires et disposer d'une capacité suffisante (nombre de chargeurs et vitesse), afin d'éviter les files d'attente et de garantir un accès fiable²⁰.

Cependant, bien que la connectivité passe par une infrastructure le long des corridors routiers, en raison des longues distances entre les zones peuplées au Canada, bon nombre de ces corridors sont peu fréquentés. La recharge dans les agglomérations, notamment les villes de plus de 1 000 habitants, représente l'essentiel des besoins en matière de déploiement d'infrastructure de recharge²¹. Dans les villes, les regroupements communautaires de recharge, dont les bornes de recharge publiques près des magasins, en bordure de trottoir ou sur le lieu de travail, jouent un rôle crucial. Ce constat vaut particulièrement pour les zones où les options de recharge à domicile sont limitées²².

Réseaux privés

Les solutions de recharge privées demeurent les principales méthodes employées par les utilisateurs de VE; ainsi, environ 80 % de la recharge au Canada est effectuée à domicile, généralement pendant la nuit²³. Si l'infrastructure de recharge publique est essentielle, en particulier pour les conducteurs qui habitent dans les IRLM ou parcourant de longues distances, elle est utilisée moins souvent dans le cadre d'une conduite quotidienne. Toutefois, l'accès à la recharge à domicile n'est pas universel. De nombreux résidents d'immeubles collectifs souhaitant installer des bornes de recharge se butent à des obstacles, par exemple, lorsqu'une mise à niveau des bâtiments est impossible ou que les nouveaux complexes d'habitation ne sont pas adaptés pour les VE. Dans de tels cas, une infrastructure de recharge publique en milieu urbain devient un substitut indispensable²⁴. De plus, il faut que les véhicules moyens et lourds, aient accès à une infrastructure de recharge privée, notamment dans les marchés qui en sont à un stade précoce de développement. Cela comprend la recharge nocturne dans les dépôts et la recharge occasionnelle à destination, par exemple dans les entrepôts²⁵.

1.4 Utilisation de l'énergie et expérience des utilisateurs

L'adoption des VE s'accélère, si bien que les performances et la facilité d'utilisation de l'infrastructure de recharge revêtent de plus en plus d'importance. Outre leur disponibilité, l'efficacité et la fiabilité des bornes de recharge utilisées par les

conducteurs sont des indicateurs clés du bon fonctionnement d'un système. Des facteurs tels que les taux d'utilisation de l'énergie, la fiabilité des chargeurs, les temps d'attente et l'accessibilité concourent tous à l'expérience générale des utilisateurs et influent sur la confiance du public dans les réseaux de recharge de VE. L'utilisation de l'infrastructure de recharge pour VE dépend à la fois de ses capacités et du comportement des utilisateurs. Au début de l'adoption des VE, la capacité de l'infrastructure peut dépasser la demande et se traduire par de faibles taux d'utilisation. Maintenant que l'accélération de l'adoption se poursuit et que le marché gagne en maturité, l'utilisation devient plus efficiente et s'arrime mieux à la demande²⁶. Cependant, une telle augmentation de la consommation d'électricité, notamment durant les heures de pointe, peut exercer une pression importante sur le réseau électrique. Pour relever ces défis, on pourra recourir davantage à des solutions et technologies émergentes qui optimisent le moment et la manière dont les VE consomment de l'électricité, de manière à équilibrer les charges du réseau électrique et à améliorer l'efficacité globale²⁷.

À mesure que l'utilisation et la disponibilité augmenteront, il faudra s'assurer de prendre en compte l'expérience utilisateur, fortement tributaire de l'accès et de la fiabilité. L'accès ne passe pas seulement par la disponibilité. De nombreuses bornes de recharge publiques sont qualifiées de « semi-publiques » étant donné qu'elles ne sont accessibles qu'à certains groupes, par exemple les clients d'hôtels ou de supermarchés, ou seulement

pendant les heures d'ouverture. Même l'utilisation des bornes de recharge entièrement publiques peut être difficile en raison de l'incompatibilité des types de connecteurs, des systèmes de paiement restrictifs ou des limites propres aux marques²⁸. L'amélioration de l'expérience utilisateur ne repose pas seulement sur le développement de l'infrastructure; elle nécessite une normalisation, des performances fiables et un accès transparent aux données en temps réel sur la disponibilité et les tarifs des bornes de recharge. Ces éléments sont essentiels pour rendre l'infrastructure de recharge publique véritablement accessible et conviviale.

Le temps de disponibilité des bornes de recharge est également un indicateur clé de l'expérience utilisateur, car la recharge est possible seulement quand l'équipement est opérationnel. Un rapport commandé par Ressources naturelles Canada révèle qu'en janvier 2022, 6 % des chargeurs de niveau 2 et 5 % des chargeurs de niveau 3 étaient hors service, tandis que 7 % et 11 % des sessions de recharge de niveau 2 et de niveau 3 ont échoué respectivement, et duré moins de cinq minutes. Pour ces raisons, la satisfaction moyenne des utilisateurs a été de seulement 3,6 sur 5, ce qui montre l'impact direct de la fiabilité technique sur la confiance et la satisfaction des conducteurs²⁹.

2. État de préparation du réseau électrique : capacité, flexibilité et contraintes

Au Canada et ailleurs dans le monde, les administrations investissent dans les technologies de réseaux électriques intelligents et l'infrastructure numérique pour faciliter l'intégration des VE aux réseaux électriques modernes. Des innovations telles que les réseaux électriques intelligents, dotés de fonctions de surveillance en temps réel, d'automatisation et de communication bidirectionnelle, aident à gérer plus efficacement l'énergie et facilitent l'adoption à grande échelle des VE. En combinant ces technologies aux compteurs intelligents, à l'IA, aux systèmes de gestion des ressources énergétiques décentralisées (SGRED) et à des modèles émergents comme le stockage à la demande (SaaS) et les centrales virtuelles (CV), l'industrie continue d'évoluer pour répondre à la demande croissante d'électricité, améliorer la résilience du réseau électrique et s'adapter aux principaux défis.



2.1 Intégration aux réseaux intelligents et infrastructure numérique

Maintenant que le marché mondial des VE arrive à maturité, de plus en plus de régions intègrent ces véhicules à des réseaux électriques intelligents et modernes. Ces efforts sont soutenus par des investissements croissants dans les technologies de réseau intelligent et l'infrastructure numérique afin de gérer l'énergie en temps réel, d'améliorer la fiabilité du réseau électrique et de soutenir la transition vers des systèmes de transport plus propres.

Réseaux intelligents

Réseau intelligent s'entend d'un réseau électrique amélioré grâce à des technologies de communication numérique et d'automatisation, permettant une transmission bidirectionnelle de données entre les services publics et les consommateurs, y compris des groupes tels que les producteurs d'énergie renouvelable, les propriétaires immobiliers et les utilisateurs de VE. Cette infrastructure assure une surveillance en temps réel, l'exécution de commandes adaptatives et une gestion efficace de la demande d'électricité dans l'ensemble d'un écosystème, un facteur particulièrement important pour favoriser l'intégration à grande échelle des VE.

À l'échelle mondiale, les réseaux intelligents gagnent en importance, car les administrations cherchent à moderniser des infrastructures

vieillissantes et à supporter des charges énergétiques de plus en plus dynamiques, notamment celles liées aux VE. D'ici 2030, 80 % des foyers dans le monde devraient être munis d'un compteur intelligent, un appareil numérique qui enregistre la consommation d'électricité en temps réel et communique avec les services publics³⁰. Par exemple, comme les compteurs intelligents échangent des données en continu avec les systèmes administratifs des services publics, les sociétés de distribution locales (SDL) peuvent mettre à niveau leurs systèmes de gestion de la distribution pour permettre une circulation bidirectionnelle de l'électricité à travers le réseau. Cela est essentiel pour intégrer les ressources énergétiques décentralisées (RED), y compris les VE, qui peuvent à la fois puiser de l'électricité dans le réseau et lui en fournir.

Compteurs avancés et analytique prédictive

Les systèmes de compteurs avancés, lorsqu'ils sont intégrés à des dépôts de données centralisés, peuvent permettre de réaliser des analyses prédictives essentielles à la planification à long terme du réseau électrique. En analysant les habitudes de consommation, les services publics peuvent dégager des tendances dans l'adoption des VE, en prévoir les effets localisés et intervenir de manière ciblée avant que des goulets d'étranglement ne surviennent.

Illustration d'un réseau intelligent

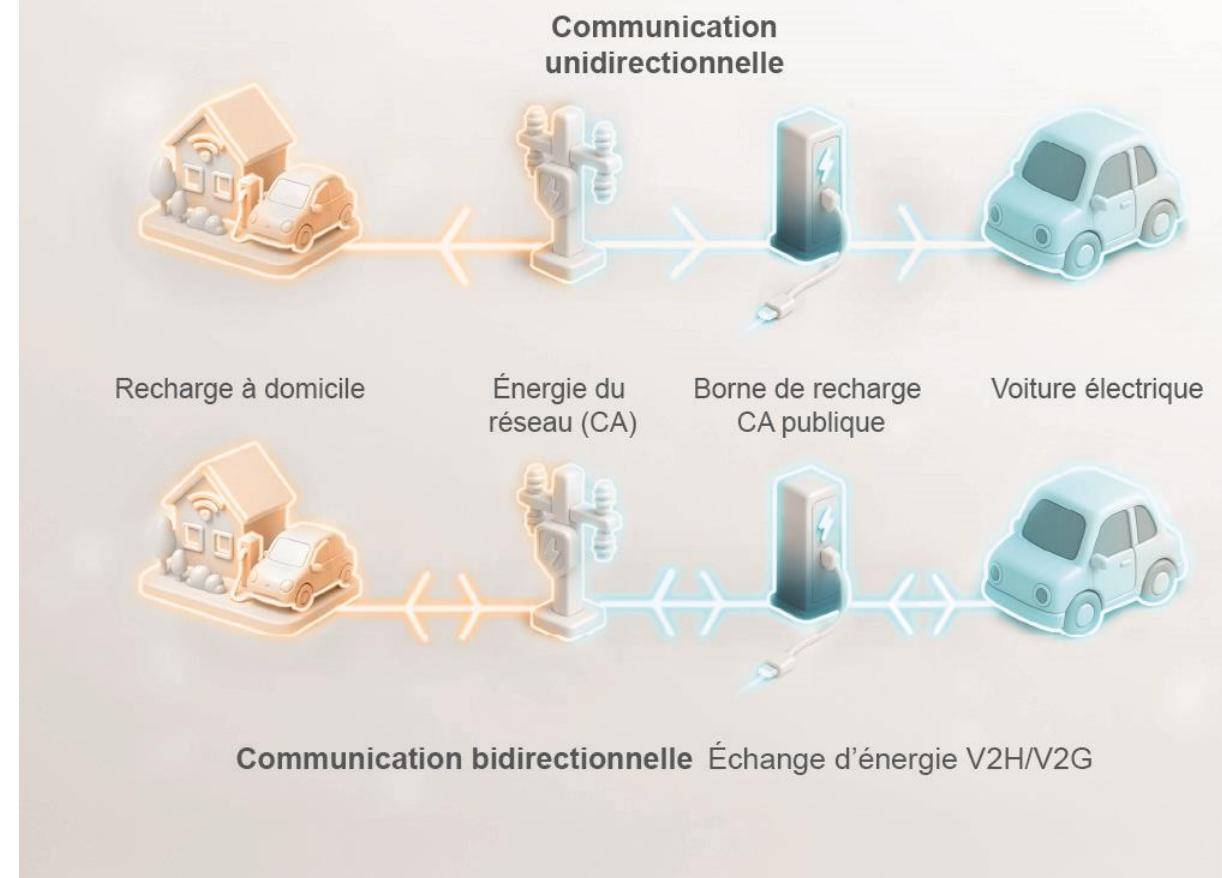


Utilisation de la communication bidirectionnelle et de l'IA pour équilibrer les charges

La communication bidirectionnelle au sein du réseau électrique permet à des appareils tels que les chargeurs de VE de consommer de l'électricité tout en répondant aux signaux du réseau, par exemple, des demandes d'arrêter ou de reporter la recharge pendant les périodes de forte demande. Jumelés à des technologies telles que l'IA, ces systèmes peuvent prévoir les pics de consommation, optimiser la distribution d'énergie et équilibrer l'offre et la demande en temps réel.

À l'échelle internationale, des technologies qui interagissent avec le réseau sont actuellement mises à l'épreuve et déployées dans les principales administrations. On peut citer par exemple le programme automatisé de gestion de la demande de la Californie, qui permet aux clients de réduire leur consommation d'énergie pendant les périodes de pointe³¹. Au Royaume-Uni, dans le cadre du projet Octopus Energy Powerloop, financé par le Department for Business, Energy and Industrial Strategy et l'Office for Zero Emission Vehicle du Royaume-Uni, 135 clients dotés de chargeurs bidirectionnels ont pu restituer au réseau l'énergie stockée dans leur VE pendant les périodes de pointe, participant ainsi aux marchés des services de réseau³².

Communication bidirectionnelle



Outils numériques et plateformes logicielles

Afin de gérer efficacement les VE comme ressources du réseau, les services publics et les fournisseurs de services déplacent de plus en plus de plateformes logicielles avancées appelées SGRED. Ces outils regroupent et contrôlent diverses ressources décentralisées, notamment les VE, les batteries et les systèmes solaires installés sur les toits, en les traitant essentiellement comme des actifs flexibles à répartir. Intégrés à l'exploitation du réseau ou aux marchés de l'électricité, ces systèmes regroupés fonctionnent comme des CV, capables de fournir des services similaires à ceux d'une centrale classique. À l'échelle mondiale, les CV gagnent rapidement en popularité en tant que moyen de stabiliser les réseaux et de réduire les émissions.

Stockage à la demande (SaaS)

Grâce aux modèles SaaS, il est possible d'offrir le stockage par batterie en tant que service public flexible plutôt que comme un actif fixe appartenant au client. Via des ententes SaaS, les fournisseurs tiers peuvent installer et exploiter des batteries que les services publics ou les propriétaires d'immeubles peuvent « louer » pour gérer la demande en périodes de pointe ou prendre en charge la recharge des VE. Une avenue en pleine expansion dans le cadre de ce modèle est la réutilisation des batteries de VE, qui conservent généralement environ 70 à 80 % de leur capacité après la mise hors service du véhicule et peuvent remplir des fonctions secondaires, notamment dans des systèmes fixes³³.

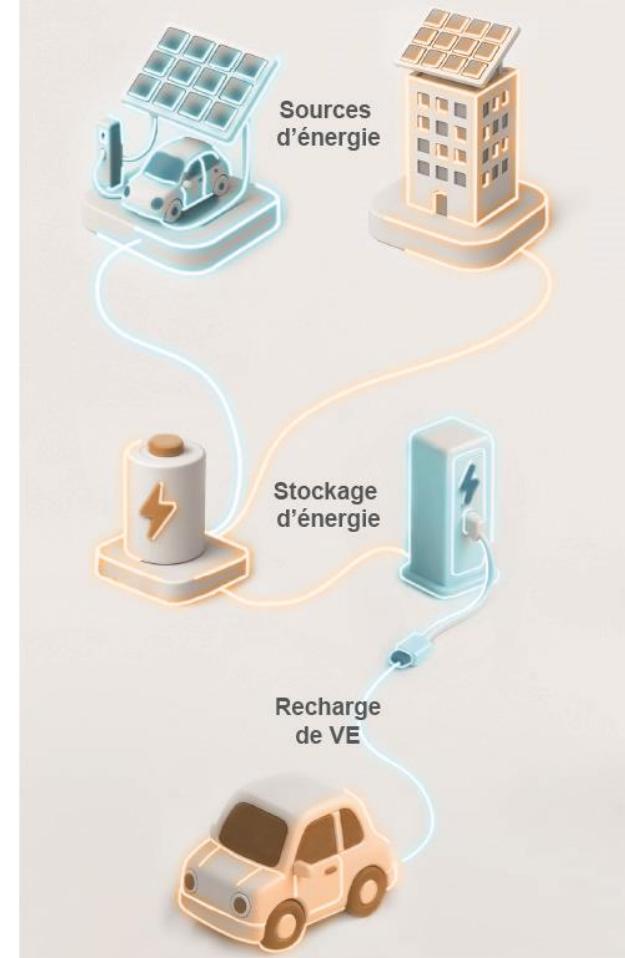
2.2 Ressources énergétiques décentralisées et stockage favorisant l'intégration des VE

On voit de plus de VE sur les routes, de sorte que la pression sur le réseau devrait augmenter, en particulier pendant les heures de pointe, quand de nombreux conducteurs et autres gros consommateurs d'électricité se branchent simultanément. Cela a incité les administrations à trouver des solutions innovantes, telles que les ressources énergétiques décentralisées (RED) et le stockage d'énergie, afin d'éviter que l'adoption de VE, qui suit une tendance croissante, ne se heurte pas à des obstacles systémiques à cause du réseau électrique.

RED et production derrière le compteur

Les RED, notamment les panneaux solaires installés sur les toits, les petites éoliennes, les batteries derrière le compteur (BTM) et les microréseaux communautaires, fournissent une énergie localisée qui peut recharger directement des VE tout en réduisant la pression sur le réseau électrique global. Associés à des technologies logicielles et de stockage intelligentes, ces systèmes peuvent modifier, réduire et même inverser le flux d'électricité, afin qu'en plus de consommer de l'électricité, les VE puissent contribuer à la résilience du réseau. Les ressources BTM, installées du côté client du compteur électrique, alimentent d'abord les charges sur place et n'exportent que l'électricité excédentaire. À l'échelle mondiale, l'énergie solaire BTM est aujourd'hui la source d'énergie renouvelable qui connaît la croissance la plus rapide. L'Agence internationale de l'énergie (AIE) prévoit que

Illustration de ressources énergétiques décentralisées



l'énergie solaire à elle seule représentera environ 80 % de la croissance de l'ensemble des énergies renouvelables entre 2024 et 2030³⁴.

Systèmes de stockage d'énergie par batterie

Un système de stockage d'énergie par batterie (SSEB) est un système fixe de batteries qui emmagasine l'électricité en vue d'une utilisation ultérieure et dont on peut se servir pour équilibrer les charges du réseau lors de la recharge de VE. Les SSEB connectés au réseau mettent l'électricité en réserve lorsque la demande ou les prix sont bas et la restituent quand le système est très sollicité, offrant ainsi la flexibilité que nécessite un système de transport où prédominent les VE. Selon les experts, les SSEB peuvent jouer un rôle important dans la mise en œuvre de solutions d'énergies renouvelables³⁵. La valeur du marché mondial des SSEB devrait doubler en seulement cinq ans et osciller entre 120 à 150 milliards de dollars américains d'ici 2030³⁶. Cette tendance va de pair avec l'adoption croissante des VE, propice à la création d'une relation synergique garantissant le développement d'une infrastructure de recharge pour VE efficace. Les experts soulignent que des solutions telles que les SSEB peuvent contribuer à stabiliser la demande exercée sur le réseau, en précisant qu'un réseau dont la demande n'est pas gérée peut nécessiter d'importantes dépenses en capital au titre d'infrastructures qui auraient autrement pu être évitées³⁷.

2.3 Microréseaux et systèmes communautaires

Un microréseau est un système énergétique local qui peut fonctionner seul ou en coordination avec le réseau principal. Il comprend souvent des ressources énergétiques décentralisées (RED), des batteries et des commandes intelligentes, et peut être considéré comme un regroupement de charges électriques. Les RED peuvent « s'isoler » du réseau principal et fonctionner de manière indépendante, en particulier lors de pannes généralisées du réseau ou de catastrophes naturelles. Les microréseaux et les VE interagissent grâce à un flux d'énergie bidirectionnel; les VE se rechargent via le réseau quand l'électricité, en particulier celle issue de sources renouvelables, est disponible, et peuvent restituer de l'énergie en périodes de pointe. Les experts mentionnent que cet échange, géré par des systèmes intelligents, équilibre l'offre et la demande, renforce la résilience et favorise l'utilisation d'énergies propres³⁸. Les microréseaux peuvent gérer l'énergie sans interagir avec le réseau ni le perturber, ce qui présente l'avantage de ne pas surcharger le réseau pendant les heures de pointe. De plus, ces technologies nécessitent des investissements financiers beaucoup moins importants que ceux dont l'infrastructure du réseau aurait besoin pour répondre à la demande. Concernant la recharge des VE, les RED protègent également les véhicules en charge contre les problèmes liés à la qualité de l'électricité du réseau principal, notamment lors des pointes estivales³⁹.



À l'heure actuelle, les microréseaux ne représentent qu'une très faible proportion des services d'approvisionnement en électricité. Cependant, à mesure que les technologies des microréseaux s'améliorent et que le système de transport et de distribution d'électricité classique évolue pour garantir une plus grande indépendance énergétique, le marché mondial de ces systèmes autonomes devrait connaître une forte croissance⁴⁰.

2.4 Stratégies de gestion et d'optimisation de la charge

Avec l'accélération de l'adoption des VE, le moment et l'intensité des activités de recharge sont des facteurs essentiels dans la planification du réseau. Sans intervention, les regroupements de VE en recharge pendant les heures de pointe en soirée pourraient surcharger les transformateurs locaux et accroître le besoin d'investir des sommes importantes pour moderniser l'infrastructure. Les stratégies de gestion et d'optimisation de la charge visent à remédier à ce problème, en déterminant comment, quand, voire dans quel sens l'électricité circule entre les véhicules et le réseau.

Stratégies de tarification

La tarification FHC est une méthode bien établie pour influencer le comportement des consommateurs. Elle reflète le coût réel de la fourniture d'électricité tout au long de la journée, encourageant ainsi les gens à déplacer leur consommation aux heures où

le réseau est moins sollicité. Cette stratégie a été largement adoptée à l'échelle mondiale. Aux États-Unis, la California Public Utilities Commission a approuvé plusieurs tarifs d'électricité FHC résidentiels et commerciaux pour les conducteurs de VE dans le but de les inciter à recharger leurs véhicules pendant les heures creuses, quand l'électricité est moins chère⁴¹. En revanche, avec la tarification NTB, les tarifs sont beaucoup plus bas pendant certaines heures de la nuit afin d'encourager la consommation d'électricité lorsque la demande globale est la plus faible. Selon les tarifs FHC et NTB, cette dernière catégorie de tarifs peut souvent s'avérer plus rentable pour les clients qui consomment plus d'électricité la nuit, comme les travailleurs de quarts ou ceux qui optent pour la recharge nocturne⁴².

Gestion de la recharge

Si la tarification peut servir en général à orienter les comportements, la gestion de la recharge permet aux services publics et aux exploitants d'ajuster activement les tarifs ou horaires de recharge des VE en temps réel. Les experts soulignent que cela peut contribuer à atténuer les pointes, à stabiliser la tension et à jumeler la recharge aux sources d'énergies renouvelables disponibles⁴³. À l'échelle mondiale, la gestion de la recharge gagne du terrain. Aux États-Unis, des services publics tels que Con Edison à New York ciblent les exploitants de stations de recharge commerciales⁴⁴. En Californie, PG&E se concentre sur les propriétaires de VE résidentiels. Ces deux services publics ont mis en place des programmes

pilotes qui explorent la réponse automatique des chargeurs de VE aux signaux du réseau⁴⁵.

Échange d'énergie de véhicule à X (V2X) et recharge bidirectionnelle

La gestion de la recharge unidirectionnelle fait maintenant place au domaine émergent des technologies V2X. Ces systèmes permettent aux VE de restituer de l'électricité à différentes fins, offrant ainsi flexibilité, résilience et sources potentielles de revenus. Les experts ont souligné l'intérêt de ces technologies pour réduire les coûts d'infrastructure du réseau, soutenir les SDL et les sociétés de transport, offrir une souplesse au réseau et fournir d'autres occasions de tirer parti de la production d'énergie renouvelable, dont l'énergie solaire⁴⁶.

L'échange d'énergie V2X comprend de nombreuses sous-catégories :

- **Échange d'énergie véhicule-réseau (V2G) :** permet aux VE de restituer l'énergie emmagasinée au réseau quand la demande est forte. Cela contribue à équilibrer les charges du réseau et à réduire le besoin de construire de nouvelles centrales⁴⁷.
- **Échange d'énergie véhicule-bâtiment (V2B) :** les VE garés peuvent fournir de l'énergie à un bâtiment en périodes de pointe ou lors de pannes. Le système s'assure que la charge du véhicule est suffisante pour répondre aux besoins du conducteur en fin de journée⁴⁸.

- **Échange d'énergie véhicule-domicile (V2H) :** s'apparentant à l'échange d'énergie V2B, mais à plus petite échelle, ce système permet à un VE d'alimenter un domicile, le plus souvent pendant une panne, en faisant office de génératrice d'appoint⁴⁹.
- **Échange d'énergie de véhicule à véhicule (V2V) :** permet à un VE d'alimenter directement un autre véhicule (voiture, camion, autobus, cyclomoteur ou vélo électrique)⁵⁰.
- **Échange d'énergie véhicule-charge (V2L) :** permet à un VE doté de prises de courant et d'un onduleur d'alimenter des outils électriques, des appareils et d'autres dispositifs enfichables en le transformant en source d'alimentation mobiles⁵¹.

Il importe de souligner que plusieurs conditions doivent être satisfaites à divers égards (véhicule, borne de recharge, infrastructure de transport, réglementation) pour permettre la recharge bidirectionnelle et l'utilisation de la technologie V2X afin d'alimenter des domiciles (V2H), d'appuyer le réseau (V2G) ou de faire fonctionner des appareils (V2L).

Tout d'abord, le VE doit prendre en charge le flux d'énergie bidirectionnel dans ses composants électroniques et doit être jumelé à un chargeur ou onduleur bidirectionnel compatible.

En deuxième lieu, le connecteur et le protocole employé, comme CHAdeMO, doivent permettre une communication bidirectionnelle⁵². Troisièmement, l'infrastructure résidentielle ou du réseau doit être dotée de dispositifs d'interconnexion appropriés, tels qu'un panneau ou commutateur de transfert intelligent et un flux d'énergie en fonction des signaux du réseau ou des besoins énergétiques résidentiels.

Enfin, il faut souvent obtenir une approbation réglementaire ou des autorisations des services publics, en particulier pour utiliser la technologie V2G et s'assurer de respecter les normes pour l'interconnexion et les systèmes de rémunération.

À l'échelle internationale, la technologie V2X passe du concept à la réalité. Au Japon, les véhicules électriques Nissan LEAF sont déjà en mesure d'alimenter des domiciles pendant jusqu'à deux jours lors de pannes de courants⁵³. En Californie, les services publics réalisent d'importants projets pilotes dans le cadre desquels des parcs de VE restituent de l'électricité au réseau en périodes de pointe, pour aider à prévenir les pannes durant les canicules⁵⁴. Du côté de la Nouvelle-Zélande, Mitsubishi Motors New Zealand y a lancé en 2022 le premier module doté de la technologie V2H capable d'alimenter des appareils résidentiels par des batteries de VE rechargées via des panneaux solaires⁵⁵.

« Pour répondre à la demande croissante en énergie, nous collaborons avec différentes collectivités pour planifier et bâtir notre avenir. Nous voulons ainsi produire davantage d'électricité fiable et abordable pour nos familles, aujourd'hui comme demain⁵⁶. »

– Stephen Lecce, ministre de l'Énergie et des Mines

Vers l'échange d'énergie de véhicule à X (V2X)



2.5 Avantages économiques et sociaux du développement de l'infrastructure de recharge pour VE

Il est primordial de développer l'infrastructure de recharge pour VE pour accroître l'adoption de ces véhicules et bénéficier des différents avantages environnementaux et sociaux qui en découlent, tels que la réduction des émissions, une amélioration de la santé et de la sécurité par rapport aux stations d'essence classiques et l'optimisation de l'espace. La recharge de VE favorise un mode de transport plus durable, qui produit moins d'émissions et est moins polluant, surtout dans les endroits où le bouquet énergétique du réseau privilégie les énergies renouvelables⁵⁷. En Ontario, 33 % du réseau à haute tension de la province est alimenté par l'énergie nucléaire, 28 % par le gaz naturel, 24 % par l'hydroélectricité; les 15 % restants sont issus de l'énergie éolienne, de l'énergie solaire, de biocarburants et du stockage⁵⁸. Le réseau communautaire à basse tension est alimenté principalement par l'énergie éolienne et solaire, qui compte pour 78 % de la capacité totale⁵⁹. De plus, avec les bornes de recharge pour VE, il n'est pas nécessaire d'installer des réservoirs souterrains ni de manipuler des matières dangereuses comme l'essence, qui dégage des vapeurs nocives pour la santé⁶⁰, ce qui présente des avantages importants tant pour l'environnement qu'au chapitre de la santé et de la sécurité⁶¹.

Selon leur taille et leur portée, les bornes de recharge pour VE peuvent aussi nécessiter moins d'espace par

véhicule que les stations d'essence classiques, ce qui peut concourir à une utilisation optimale du territoire et à prévenir la dégradation de l'environnement et l'épuisement des ressources naturelles. Il est souvent plus facile d'intégrer les bornes de recharge aux infrastructures existantes, par exemple, aux stationnements et structures en place; sans compter qu'il est possible de recharger les véhicules à l'aide de prise de courant de 12 volts de série. Comme on le fait avec les stations d'essence, il faut soigneusement planifier l'installation des bornes de recharge, pour éviter de nuire aux habitats et de perturber les écosystèmes.

Réglementation de l'équité et de l'accessibilité

L'adoption des VE poursuit sa croissance dans les administrations de la planète, de sorte qu'une infrastructure de recharge sûre, fiable, accessible et abordable est plus que jamais nécessaire. Différents pays et villes ont adopté diverses stratégies de déploiement de bornes de recharge publiques en fonction de facteurs tels que la répartition de la population, l'accès à la recharge à domicile et l'état des réseaux routiers. Le thème du déploiement équitable de l'infrastructure de recharge des VE est important; il est donc primordial d'examiner comment des investissements à long terme peuvent favoriser une égalité d'accès tout en tenant compte des besoins diversifiés et de soutenir les communautés sous-représentées. À cette fin, des politiques et programmes gouvernementaux visant expressément à garantir l'équité sont appliqués à l'échelle mondiale. Quelques exemples sont présentés ci-contre.

En Californie, la California Energy Commission a constaté que c'est chez les résidents à faible revenu et les personnes déclarant appartenir à la communauté noire, afro-américaine, hispanique ou latino-américain que l'accès à la recharge à domicile est la plus faible⁶². Pour y remédier, la Californie a présenté le projet de loi intitulé *Equitable EV Charging Act* qui prévoit l'analyse du nombre de chargeurs nécessaires pour soutenir adéquatement l'adoption des VE dans les communautés à faible revenu et prescrire l'élaboration d'outils d'octroi de permis et de pratiques exemplaires afin d'aider les administrations locales et les promoteurs à mettre en place une infrastructure de recharge efficace en bordure de trottoir⁶³.

Des mesures ont aussi été prises en Europe à la suite de constats semblables. Étant donné que les résidents d'habitations multifamiliales étaient moins susceptibles d'avoir accès à la recharge, la Norvège s'est affairée à combler ce fossé. Ainsi, en Norvège, les locataires d'immeubles collectifs et de coopératives d'habitation disposent d'un « droit de recharge », en vertu duquel ils peuvent installer les bornes nécessaires à l'électrification des places de stationnement⁶⁴. La Norvège dispose de la plus importante infrastructure de recharge pour VE au sein de l'Union européenne (UE)⁶⁵.

Pour assurer l'équité, il faut également privilégier une conception universelle, une approche reconnue pour créer des environnements accessibles que toutes les personnes peuvent et utiliser, peu importe leurs âge, taille, capacité ou handicap⁶⁶, car de nombreuses bornes de recharge pour VE

n'ont pas été conçues en tenant compte de ces principes. Certaines administrations tentent déjà de corriger le tir. La ville de Delta en Colombie-Britannique a confié à un consultant externe le mandat d'ajouter des caractéristiques d'accessibilité à toutes les nouvelles stations de recharge, comme des piédestaux moins hauts, des câbles de recharge plus longs, un système de gestion de câblage et l'aménagement à chaque station d'une place de stationnement plus large⁶⁷. Au Royaume-Uni, la British Standards Institution a récemment publié une norme libre de droits pour les bornes de recharge de VE accessibles, élaborée de concert avec Designability, un organisme spécialisé dans la conception accessible, et avec l'aide de personnes handicapées⁶⁸.

Ce faisant, divers besoins ont été pris en compte, y compris la transparence des tarifs et la convivialité des systèmes. L'UE a adopté le *Règlement sur le déploiement d'une infrastructure pour carburants alternatifs*, qui fixe des règles pour les nouvelles stations de recharge accessibles au public, y compris des exigences en matière de prix transparents et non discriminatoires, de fourniture de données, de paiement et d'interopérabilité⁶⁹.

L'adoption des VE ne cesse de croître à l'échelle mondiale tout comme la nécessité de tenir compte et d'intégrer des aspects d'équité. Cela implique notamment de faire participer la communauté à la planification de l'infrastructure, au moyen

d'un processus décisionnel local qui tient compte de ses caractéristiques et besoins uniques.

Planification communautaire et efforts de mobilisation

Selon l'initiative, le développement de l'infrastructure de recharge pour VE peut profiter aux communautés de manière délibérée et mûrement réfléchie. La planification de l'infrastructure pour VE peut être effectuée au niveau du corridor, pour faciliter les déplacements interrégionaux, au niveau du site, en mettant l'accent sur des endroits préétablis et enfin, à l'échelle de la communauté, pour répondre aux différents besoins d'une région ou municipalité⁷⁰. La planification communautaire implique la participation d'intervenants des gouvernements, d'agences chargées d'élaborer des plans de transport et de transit et d'organismes communautaires, dans le but de comprendre les besoins locaux et de tenir compte de différents points de vue lors du processus de planification. Il est ainsi possible de favoriser une réflexion sur l'avenir intégrant des facteurs propres aux régions envisagées, comme l'infrastructure du réseau, la densité de chargeurs et le profil démographique des utilisateurs à l'échelle locale. Cette approche présente divers avantages, car elle vise à créer une expérience utilisateur unifiée, à réduire le plus possible les obstacles à l'accès, à accroître la fiabilité et à diminuer le risque d'abandon d'actifs⁷¹. La prise de décisions à l'échelle communautaire peut également permettre aux membres de la communauté d'avoir voix au chapitre dans leur localité et

de tenir compte des moyens d'atténuer des problèmes courants, comme l'accès inéquitable et une augmentation non souhaitée du trafic⁷². Le programme City Light de Seattle en est un exemple; il a reçu plus de 1 800 propositions de communautés pour déterminer l'emplacement d'une trentaine de bornes de recharge publiques⁷³.

Adaptation de la main-d'œuvre

Le passage au transport à plus faible émission de carbone va de pair avec de nouveaux emplois et compétences dans les secteurs tels que la fabrication de VE et de pièces pour VE ainsi que l'entretien et la réparation des VE. Même si elles passent souvent inaperçues, de nouvelles possibilités d'emploi sont créées par le développement de l'infrastructure de recharge des VE, qui a aussi besoin de main-d'œuvre pour pourvoir des emplois devant et derrière le compteur de même que dans le domaine de l'entretien de la réparation. Il peut s'agir de postes en construction, électricité, génie, planification et gestion, puisqu'il faut des conducteurs d'équipement, des électriciens, des techniciens en réparation, des ingénieurs électriciens, civils et de structures, des arpenteurs-géomètres, des rédacteurs de devis, des directeurs de la construction et des responsables de l'acquisition de lieux pour mettre en œuvre et exploiter l'infrastructure de recharge de VE⁷⁴. À cet effet, on estime que le Canada aura besoin d'environ 3 500 postes à temps plein pour répondre aux besoins prévus du secteur de la recharge

de VE, car la demande de main-d'œuvre devrait y augmenter rapidement⁷⁵. Aux États-Unis, le développement de l'infrastructure de recharge pour VE devrait créer plus de 160 000 emplois d'ici 2032, dont 90 % répondront aux besoins de l'infrastructure de VE légers. Une croissance de l'emploi devrait aussi être observée dans le domaine de l'assemblage final en raison de la production intérieure⁷⁶.

Pour créer ces emplois et favoriser l'acquisition de nouvelles compétences, des organismes du monde entier offrent du soutien en matière de formation. À titre d'exemple, ChargePoint, une entreprise spécialisée dans la recharge de VE, propose un programme de formation et de certification pour devenir un technicien certifié en installation, mise en service et réparation des bornes de VE⁷⁷. Dans le domaine de l'éducation, l'Institut de technologie de la Colombie-Britannique offre une formation en milieu industriel sur l'infrastructure de recharge des VE qui porte, entre autres, sur la conception universelle, l'atténuation des défis liés à l'adoption précoce et les exigences en matière de réseau électrique⁷⁸. Des exemples d'initiatives similaires en Ontario sont présentés à la section 4.

2.6 Principaux défis

Capacité et utilisation du réseau

Les réseaux électriques sont généralement conçus pour répondre à la demande en période de pointe, par exemple pendant les chaudes journées d'été, de sorte qu'une grande partie de leur capacité est inutilisée pendant les périodes creuses. Cette utilisation moyenne, aussi appelée facteur d'utilisation, indique

à quel point l'utilisation du réseau est efficace⁷⁹. Un facteur d'utilisation faible s'apparente à faire voler un avion comptant de nombreux sièges vides : la sous-utilisation de l'infrastructure se traduit par une augmentation du coût par unité d'énergie fournie. L'électrification se poursuit, grâce aux efforts de transition aux VE et pompes à chaleur, de sorte qu'une demande non gérée pourrait empirer les périodes de pointe et mettre la capacité à rude épreuve. Heureusement, avec une planification intelligente, il est possible de transférer de nouvelles charges aux périodes creuses, pour ainsi améliorer l'efficacité du réseau.

De nombreuses régions doivent composer avec une faible utilisation et une augmentation des pointes de demande. Le fait de ne pas contrôler la gestion de la recharge de VE peut ainsi engendrer une hausse de la demande en soirée, nécessitant des mises à niveau coûteuses, alors qu'une capacité est disponible dans la nuit⁸⁰. Pour y remédier, les services publics et les décideurs adoptent des outils afin de gérer la demande, comme la tarification FHC et la recharge intelligente dans le but d'aplanir la courbe de charge. La recharge intelligente peut réduire la demande en période de pointe et répartir la charge des VE durant la journée, de manière à éviter les surcharges et à optimiser l'utilisation de l'infrastructure existante⁸¹.

Contraintes liées aux chaînes d'approvisionnement

L'essor de l'électrification à l'échelle mondiale ainsi que les perturbations engendrées par la pandémie ont exercé des pressions sur les chaînes d'approvisionnement de composants essentiels au réseau. La demande de transformateurs,

d'appareillages de commutation et de bornes de recharge haute puissance est forte tandis que l'offre en la matière est faible; par conséquent, les délais de production s'allongent et les prix augmentent⁸². Ces composants sont indispensables. Les transformateurs abaissent ou élèvent la tension des postes de transformation et lignes de distribution, les appareillages de commutation contrôlent et protègent les circuits électriques tandis que les bornes de recharge relient les VE au réseau. Les pénuries et retards dans l'approvisionnement de ce matériel ralentissent le développement du réseau et les projets d'électrification partout dans le monde⁸³. À l'échelle internationale, les services publics et promoteurs font état de retards dans la livraison des équipements. En Europe, une pénurie de transformateurs a « freiné la réalisation » de nouveaux projets d'énergie renouvelable⁸⁴ alors qu'aux États-Unis, l'insuffisance de transformateurs de secours s'est traduite par des pannes plus longues après des événements météorologiques extrêmes⁸⁵. Les délais de production des nouveaux appareils ont explosé. En guise d'exemple, le délai de livraison des gros transformateurs de haute tension est désormais de trois à cinq ans et leur prix a pratiquement doublé depuis 2018⁸⁶. De même, les commandes d'appareillages de commutation s'accumulent; si les délais de production s'améliorent, ils sont néanmoins plus longs qu'avant la pandémie de COVID-19, et ont des répercussions sur les services publics et les projets⁸⁷. Même le matériel de recharge de VE est touché : les délais de production de certaines bornes de recharge haute puissance se sont allongés, passant d'environ huit semaines à plus de trente semaines à cause de la pénurie de semi-conducteurs et la forte demande⁸⁸.

Risques sur le plan de la cybersécurité

Au fil de l'innovation, de l'intégration et de la numérisation des technologies du réseau, la cybersécurité demeure en tête des préoccupations de l'industrie. Le réseau nord-américain moderne qui couvre le continent est composé de différentes technologies et confie à divers organismes le mandat d'assurer un approvisionnement sûr et fiable en électricité. Les perturbations du réseau peuvent avoir de graves répercussions sur la sécurité publique, la sécurité nationale et l'économie. Les cybermenaces mondiales ont été beaucoup plus nombreuses au cours de la dernière décennie⁸⁹. La plupart des cybermenaces visant le secteur de l'électricité au Canada étaient des tentatives de fraude et d'extorsions par rançongiciel et des activités d'espionnage et de prépositionnement par des auteurs parrainés par des États⁹⁰. Ces activités ciblent généralement les sociétés de distribution locales et les entreprises du réseau de production-transport, dans le but de perturber le réseau, dans son ensemble. Les experts ajoutent qu'il est aussi important de protéger les systèmes intelligents contre les cybermenaces et les attaques. Maintenant que l'écosystème de recharge de VE gagne en intelligence et devient plus intégré, il est essentiel de tenir compte de la cybersécurité à plusieurs points, pas seulement au sein du réseau⁹¹. Des défis liés à la confidentialité des données existent également en l'absence de règles claires régissant les données produites par l'infrastructure de réseau intelligent et de recharge de VE⁹².

La question des VE et de la cybersécurité, dynamique et en pleine mouvance, porte sur des facteurs tels que la confidentialité des données, la continuité des activités, la sécurité du réseau, les répercussions financières, voire la sécurité nationale⁹³. Les organisations du secteur se doivent donc d'investir en cybersécurité afin que celui-ci puisse continuer de tirer profit des technologies améliorées et émergentes.

Délais des projets d'interconnexion

Le raccordement au réseau de nouvelles sources d'électricité ou de nouvelles charges importantes, aussi appelé interconnexion, est un processus complexe, qui prend du temps. Il implique la réalisation d'études d'impact, l'obtention d'approbations réglementaires et souvent, la construction de lignes ou des mises à niveau pour que l'énergie puisse circuler. Autrement dit, même si les projets de production d'électricité ou les sites de recharge de VE sont prêts à être mis en service, leur raccordement au réseau peut prendre des années. Les délais très longs en matière d'interconnexion sont un problème très connu dans la foulée de l'accélération de la transition énergétique. Le nombre de projets de production d'énergie renouvelable a explosé et ceux-ci sont tous en attente d'approbation et de capacités du réseau. En moyenne, une nouvelle centrale qui présente une demande d'interconnexion en Amérique du Nord doit patienter environ cinq ans avant d'être exploitée à des fins commerciales⁹⁴. Ce délai est attribuable en partie au volume beaucoup plus important de demandes à traiter par les exploitants

et au fait que ces derniers doivent souvent moderniser les réseaux de transport, dont la capacité excédentaire est limitée⁹⁵.

Confiance des consommateurs

La voie vers l'adoption des VE n'est pas un long fleuve tranquille, car la difficulté à gagner la confiance des consommateurs dans un marché en évolution continue d'influencer la transition à l'échelle de l'écosystème des VE. L'autonomie et la recharge demeurent les principales préoccupations des consommateurs du monde entier⁹⁶. Dans sa dernière enquête annuelle mondiale sur la mobilité auprès des consommateurs, McKinsey donne des précisions sur ces enjeux, et mentionne que le facteur le plus important est une plus longue autonomie⁹⁷. De nombreux acheteurs potentiels demeurent préoccupés à l'idée de faire des trajets qui s'écartent de leurs déplacements quotidiens habituels, y compris de longs voyages en voiture. Les facteurs qui arrivent respectivement en troisième et quatrième positions sont la disponibilité des bornes de recharge et l'accès à la recharge rapide. Les acheteurs potentiels souhaitent une expérience aussi pratique que de faire le plein dans une station d'essence, mais accordent plus d'importance à l'autonomie qu'à la durée de recharge. La plupart des personnes qui envisagent l'achat d'un VE conviennent que 30 minutes pour recharger entièrement un véhicule est assez, ce qu'on peut couramment faire avec des bornes de niveau 3. Parmi les autres obstacles, citons la perception des consommateurs selon laquelle ils devront recharger

souvent leur véhicule durant la journée, ce qui n'est pas nécessaire la plupart du temps.

Les consommateurs disent aussi éprouver des problèmes de paiement, y compris des lecteurs de carte de crédit défaillants et une mauvaise connectivité de réseau qui nuisent au traitement, un trop grand nombre de modes de paiement et des interfaces exclusives qui ajoutent à la confusion des utilisateurs et des lecteurs de carte qui fonctionnent mal parce qu'ils sont exposés aux intempéries. La fonction de paiement peut aussi nuire à l'équité, puisque la hauteur et l'angle d'un lecteur de cartes peuvent créer des problèmes d'accessibilité⁹⁸. Il peut être difficile de faire le suivi de ces problèmes, qui nécessitent des solutions, comme une normalisation visant à optimiser l'expérience des consommateurs⁹⁹.

Pour s'attaquer à ces enjeux, des programmes de spécifications relatives au traitement des paiements sont mis en place; l'initiative Charge Ready NY 2.0 de l'État de New York en est un exemple¹⁰⁰. Au Canada, Alimentation Couche-Tard a pris conscience de l'importance de simplifier le traitement des paiements de recharge de VE afin d'améliorer l'expérience utilisateur. Elle s'est donc associée à Nuvei, une entreprise de technologie de paiement, et à Nayax, un fournisseur de solutions de paiement, pour offrir des modes normalisés de paiement sans argent comptant aux bornes de recharge de VE d'Alimentation Couche-Tard¹⁰¹.

Les experts soulignent que l'itinérance gagne du terrain dans le secteur des VE au sein de régions, dont l'Europe; celle-ci permet aux conducteurs de VE d'utiliser facilement n'importe quelle borne de recharge publique, peu importe l'opérateur du réseau de recharge¹⁰². Cela implique divers concepts, notamment : accès simplifié pour les conducteurs au moyen d'une seule application, conclusion d'accords d'itinérance entre les réseaux de recharge et utilisation de solutions, comme le protocole de communication Open Charge Point Interface pour l'échange de données¹⁰³.

Il est possible de regagner une bonne partie de la confiance des consommateurs en leur communiquant plus d'informations, mais aussi en veillant à mettre en place une infrastructure appropriée et à la normaliser.

80 %

des acheteurs potentiels de VE au monde estiment que l'accès au réseau de recharge public est insuffisant actuellement¹⁰⁴

10 %

des propriétaires de VE actuels de la planète croient qu'il y a assez de bornes de recharge¹⁰⁵

42 %

des acheteurs potentiels au monde envisageraient l'achat d'un VE si l'autonomie et la capacité des batteries augmentaient¹⁰⁶

24,2 %

plus de bornes de recharge publiques au Canada de mars 2024 à mars 2025¹⁰⁷

3. Contexte réglementaire de l'infrastructure de recharge pour VE

Comme les administrations s'engagent de plus en plus à éliminer progressivement les véhicules dotés d'un moteur à combustion interne (MCI), l'attention se tourne désormais sur l'état de préparation des réseaux électriques et des cadres réglementaires qui les régissent. Le respect des objectifs d'adoption de VE ne repose plus simplement sur l'offre de véhicules; il est aussi tributaire de la capacité, de la flexibilité et de la résilience du réseau électrique. Partout dans le monde, des administrations adoptent des politiques qui, en plus d'accroître l'accès aux bornes de recharge publiques, répondent à des objectifs de fiabilité, d'accessibilité, d'interopérabilité et d'intégration avec l'ensemble des systèmes d'énergie. Les thèmes qui ressortent souvent sont la nécessité de tenir compte des éléments suivants : normalisation, tarifs transparents, compatibilité avec le réseau intelligent et accès inclusif. Ensemble, ces efforts réglementaires jettent les bases d'un écosystème de VE mondial à la fois vaste, équitable, efficace et prêt pour l'avenir. Ce chapitre examine d'abord le contexte réglementaire mondial, avant de passer à celui du Canada.





3.1 Contexte réglementaire mondial

Cette section présente un aperçu des principales approches réglementaires en place dans les grands marchés tels que les États-Unis, l'UE, le Royaume-Uni et la Chine et montre comment l'infrastructure pour VE développée par chacun d'eux sous-tend d'ambitieux objectifs de décarbonation et d'électrification.

États-Unis

Les États-Unis ont mis en place un cadre de financement et d'ordre réglementaire complet pour la recharge pour VE, essentiellement au moyen de normes et d'exigences relatives à l'infrastructure des véhicules électriques (NEVI) et d'autres programmes fédéraux connexes¹⁰⁸. Depuis février 2024, les normes NEVI prévoient des exigences réglementaires de base unifiées qui s'appliquent à toutes les bornes de recharge publiques financées par des programmes fédéraux. Ces normes visent tous les États,

le district de Columbia et Porto Rico et ont pour but d'assurer une expérience utilisateur uniforme et de grande qualité dans tout le pays. Voici certaines des exigences réglementaires :

- Temps de disponibilité des bornes de recharge : au moins 97% à des fins de fiabilité.
- Transparence des tarifs : affichage en temps réel des tarifs en \$/kWh à des fins d'équité et de clarté.
- Accessibilité des modes de paiement : systèmes de paiement sans contact qui acceptent les principales cartes de crédit et de débit, sans abonnement nécessaire.
- Équité et accessibilité : respect de *l'Americans with Disabilities Act* et des règles d'accessibilité pour les utilisateurs qui ont une connaissance limitée de l'anglais.
- Interopérabilité : bornes de recharge conformes à la norme ISO 15118-2 et au protocole OCPP 1.6J ou ultérieur, et éventuellement au protocole OCPP 2.0.1.
- Capacité d'itinérance : conformité à l'Open Charge Point Interface (OCPI) 2.2.1 en vue d'un accès homogène d'un réseau à l'autre.
- Déclaration de données : communication obligatoire des données par les tiers aux institutions fédérales à des fins de transparence et de planification.

Le NEVI Formula Program versera 5 milliards de dollars sur cinq ans (2022-2026) aux États pour les aider à déployer une infrastructure de recharge de VE le long de divers corridors pour l'approvisionnement en carburants de remplacement (Alternative Fuel Corridors ou AFC). Ces fonds visent la création d'un réseau national cohérent qui soutient les longs déplacements en VE et la planification d'infrastructures fondée sur les données¹⁰⁹. Le programme de subventions discrétionnaires pour l'infrastructure de recharge et de ravitaillement (CFI) complète l'initiative NEVI en offrant une somme additionnelle de 2,5 milliards de dollars aux projets de recharge de VE dans les régions urbaines et rurales, y compris le long des AFC¹¹⁰. Ensemble, ces programmes représentent un investissement sans précédent du gouvernement fédéral dans l'infrastructure de VE. L'initiative NEVI fait partie d'une vaste stratégie fédérale de modernisation du transport et de réduction des émissions de gaz à effet de serre. Toutefois, sa mise en œuvre a été ralenti en raison de défis d'ordre politique et administratif. Ainsi, le financement de l'initiative NEVI et des programmes connexes a été reporté et soumis à des examens en vertu du décret présidentiel Unleashing American Energy, qui a suspendu temporairement le versement de certains fonds et s'est traduit par un nouveau contrôle des dépenses dans le secteur de l'énergie¹¹¹.

Union européenne

L'UE a adopté un cadre réglementaire robuste et exécutoire pour accélérer le déploiement de son infrastructure pour carburants de remplacement, qui porte expressément sur la recharge de VE. Ce cadre s'appuie sur le *Règlement sur le déploiement d'une infrastructure pour carburants alternatifs* (AFIR), entré en vigueur le 13 avril 2024¹¹². L'AFIR est un élément clé d'une vaste stratégie de l'UE visant à réduire de 55 % les émissions nettes de gaz à effet de serre d'ici 2030, dans le cadre du pacte vert pour l'Europe¹¹³. L'AFIR fixe des objectifs contraignants en matière de déploiement et des normes techniques pour l'infrastructure de recharge et de ravitaillement public qui s'appliquent à tous les États membres de l'UE. Il vise aussi à éliminer l'angoisse de la panne, à assurer l'interopérabilité et à offrir une expérience utilisateur transfrontalière homogène.

En vertu de l'AFIR, l'UE impose des objectifs en matière de déploiement afin que le développement de l'infrastructure pour VE suive la croissance des véhicules à émission zéro sur les routes. Dans le cas des VE à passagers, chaque État membre doit mettre en place des stations de recharge ouvertes au public capables de fournir une puissance de sortie totale d'au moins 1,3 kW par VE à batterie immatriculé. Ainsi, les stations de recharge sont déployées de manière proportionnelle à l'adoption de VE¹¹⁴. Pour faciliter les longs trajets, des stations de recharge dotées de bornes d'une puissance de sortie individuelle

d'au moins 150 kW doivent être déployées tous les 60 km le long du réseau routier central du RTE-T dès 2025. En ce qui concerne les VE lourds, le règlement exige que des stations de recharge dotées de bornes d'une puissance de sortie individuelle d'au moins 350 kW soient déployées tous les 60 kilomètres le long du réseau routier central du RTE-T et tous les 100 kilomètres le long du réseau routier global du RTE-T d'ici la fin de 2030¹¹⁵. En plus de s'appliquer au transport routier, l'AFIR prévoit des dispositions pour les secteurs du transport maritime et du transport aérien. Les ports maritimes dont le volume de trafic est élevé doivent fournir une alimentation électrique à quai d'ici 2030 afin de réduire les émissions produites par les navires amarrés. Dans la même veine, les aéroports sont tenus de fournir de l'électricité aux aéronefs en stationnement à tous les postes de stationnement au contact d'ici 2025 et à tous les postes de stationnement au large d'ici 2030¹¹⁶.

L'AFIR accorde la priorité à la création d'une expérience homogène et conviviale pour les conducteurs de VE dans l'ensemble de l'UE. L'une de ses principales exigences est la transparence des prix, y compris la possibilité pour les utilisateurs de consulter des informations en temps réel sur les prix qui sont claires et uniformes. Pour simplifier l'accès, toutes les stations de recharge doivent prendre en charge les modes de paiement ad hoc par cartes de

crédit ou de débit, afin que les utilisateurs n'aient pas à s'abonner ou à installer des applications exclusives. Le règlement impose aussi des normes d'interopérabilité, y compris la prise en charge par l'infrastructure des protocoles normalisés de communication et une capacité d'itinérance transfrontalière obligatoire. De plus, les exploitants doivent fournir des informations en temps réel sur la disponibilité des points de recharge, leur localisation et le prix via des moyens électroniques, pour que les utilisateurs disposent de toutes les informations nécessaires à la planification de leurs trajets.

Outre ceux imposés à l'échelle de l'UE, plusieurs États membres ont fixé leurs propres objectifs ambitieux pour accélérer le déploiement des infrastructures. Par exemple, l'Allemagne compte installer 1 million de bornes de recharge publiques d'ici 2030, tandis que la France vise le déploiement de 400 000 stations de recharge accessibles au public d'ici 2030, soit plus du double par rapport au nombre de stations qu'on y dénombrait à la fin de 2024¹¹⁷. Ces stratégies nationales complètent le cadre de l'AFIR en répondant aux besoins locaux et en renforçant les grands objectifs de l'UE en matière de climat et de mobilité.

Royaume-Uni

Le Royaume-Uni a pris des mesures importantes pour normaliser et améliorer l'expérience de recharge publique de VE en adoptant un règlement sur les bornes de recharge publiques (Public Charge Point Regulations 2023 ou PCPR), qui est entré en vigueur le 24 novembre 2023¹¹⁸. Ce règlement vise à faire en sorte que l'infrastructure de recharge publique soit fiable, accessible et conviviale, dans le but de soutenir la transition du Royaume-Uni au transport à émission zéro. Il impose plusieurs exigences aux exploitants de bornes de recharge accessibles au public, dont les suivantes :

- Fiabilité : taux de fiabilité de 99 % à toutes les bornes de recharge rapide, en vue du fonctionnement continu de l'infrastructure de recharge ultrarapide.
- Paiement sans contact : toutes les nouvelles bornes de recharge d'une puissance nominale d'au moins 8 kW doivent prendre en charge le paiement sans contact par carte de crédit ou débit, afin que les utilisateurs n'aient pas besoin d'installer des applications exclusives ou de s'abonner.
- Itinérance : les exploitants doivent autoriser le paiement par l'intermédiaire d'au moins un tiers fournisseur de services d'itinérance, pour que les utilisateurs puissent accéder à plusieurs réseaux à partir du même compte.

- Assistance téléphonique en tout temps : les utilisateurs qui ont besoin d'aide pour régler des problèmes aux bornes de recharge publiques doivent avoir accès 24 heures sur 24, 7 jours sur 7 à un service d'assistance téléphonique assuré par du personnel.
- Partage de données ouvertes : les exploitants sont tenus de partager des données en temps réel au moyen du protocole OCPI, y compris sur la disponibilité des points de recharge, leur localisation et le prix.
- Prix transparents : tous les prix doivent être affichés clairement en pence par kWh, afin que les utilisateurs puissent comparer les coûts d'un réseau à l'autre¹¹⁹.

Ces mesures visent à renforcer la confiance des consommateurs dans le réseau de recharge public, notamment chez ceux qui n'ont pas accès à la recharge à domicile ou parcouruent de longues distances.

En parallèle à ces moyens réglementaires, le gouvernement du Royaume-Uni, par l'intermédiaire de l'Office des véhicules à émission zéro (OZEV) du Royaume-Uni, offre un éventail de programmes incitatifs pour accélérer le déploiement de l'infrastructure de recharge pour VE. Citons en exemple les programmes EV Chargepoint Grant¹²⁰ et Workplace Charging Scheme, qui fournissent du soutien financier pour l'installation de bornes de recharge à domicile et dans les établissements commerciaux¹²¹. Ces initiatives visent à compléter l'infrastructure publique, en stimulant les

investissements privés et en favorisant l'accès à la recharge dans différents environnements. Ensemble, le PCPR et les programmes incitatifs de l'OZEV forment un cadre complet qui fixe des normes élevées contraignantes en matière d'infrastructure publique tout en soutenant l'adoption à grande échelle des VE au Royaume-Uni.

Chine

La Chine fait progresser rapidement son écosystème de VE, grâce, entre autres, au déploiement généralisé de son infrastructure de recharge et à l'intégration des VE dans l'ensemble du système énergétique.

Chapeautée par la Commission nationale du développement et de la réforme et d'autres organismes clés de la République populaire de Chine, le cadre réglementaire du pays repose sur une vision stratégique destinée à positionner les VE à la fois comme des ressources de transport et des ressources énergétiques flexibles¹²².

L'approche réglementaire de la Chine trouve son origine dans un cadre politique global qui met l'accent sur la planification systématique, le leadership en innovation et la coordination du développement. Guidé par des objectifs de développement national et des principes de directives gouvernementales, de participation au marché et de collaboration multipartite, le pays entend mettre en place un écosystème d'interaction véhicule-réseau robuste, intelligent et sécuritaire. L'innovation est au cœur de cette stratégie, axée sur la normalisation, la sécurité et la coopération internationale.

Le cadre réglementaire de la Chine qui s'applique à la recharge de VE et à l'intégration de la technologie V2G repose sur un ensemble d'activités stratégiques axées sur la mise en place d'un écosystème énergétique robuste, intelligente et souple. L'un de ses principaux objectifs est le développement de technologies, y compris des investissements considérables dans la recherche et l'innovation. Ceux-ci visent à réaliser des progrès en matière de batteries à durée de vie élevée capables d'effectuer plus de 3 000 cycles de charge-décharge, à mettre au point de l'équipement de recharge bidirectionnelle et à aménager des bornes compatibles avec le réseau qui sont dotées de capacités de production d'énergie solaire, de stockage et de recharge¹²³.

En outre, la Chine accorde la priorité au développement de systèmes de commandes intelligents et de mesures de cybersécurité pour garantir la sécurité et l'efficacité de l'interaction véhicule-réseau. Pour appuyer cette évolution technologique, la Chine accélère les efforts de normalisation. D'ici la fin de 2025, le gouvernement entend mettre la touche finale aux principales normes régissant les protocoles de communication, la réglementation de l'énergie et la sécurité tout en adoptant un système complet de mise à l'essai et de certification d'équipements V2G.

Ces efforts sont complétés par des initiatives destinées à harmoniser les normes chinoises aux critères internationaux et ainsi renforcer la compétitivité à l'échelle mondiale. Sur le plan économique, le gouvernement met en place des tarifs d'électricité

FHC pour la recharge à domicile et examine des façons de rémunérer les propriétaires de VE qui restituent de l'énergie au réseau. La participation au marché est encouragée grâce à l'implication d'agrégateurs aux programmes de gestion de la demande, aux marchés au comptant et au marché du carbone¹²⁴.

De plus, la Chine déploie des projets de démonstration pour valider et peaufiner ses stratégies V2G. Ces projets pilotes réalisés dans des parcs de véhicules publics et des quartiers résidentiels visent à élaborer des modèles d'affaires évolutifs ainsi que des systèmes d'assurance robustes pour les batteries. Les sociétés du réseau sont incitées à construire des centres intégrés de recharge, de stockage et de production d'énergie solaire et à élargir l'accès au réseau de distribution. Enfin, l'intégration au réseau est prioritaire, les sociétés du réseau électrique ayant le mandat d'intégrer la V2G à la gestion de la demande, à améliorer les systèmes de compteurs et de transactions, et à autoriser une participation directe au marché via les plateformes d'agrégateurs¹²⁵.



3.2 Contexte réglementaire au Canada

L'approche du Canada en matière d'infrastructure pour VE est modelée par ses engagements climatiques à l'échelle nationale et la nécessité de décarboner le secteur des transports, à l'origine de plus de 20 % des émissions de gaz à effet de serre du pays. Le gouvernement fédéral s'est engagé à faire en sorte que tous les véhicules légers neufs vendus soient des véhicules à émission zéro (VEZ) d'ici 2035 et que tous les véhicules moyens et lourds vendus soient des VEZ d'ici 2040, selon la faisabilité¹²⁶. Pour soutenir cette transition, le Canada met en place un cadre réglementaire et de financement à volets multiples pour développer l'infrastructure de recharge pour VE, gérer les impacts sur le réseau et garantir un accès équitable dans les régions. Cette expansion de l'infrastructure est renforcée par la *Loi canadienne sur la responsabilité en matière de carboneutralité* adoptée en 2021, en vertu de laquelle le Canada s'engage

à atteindre la carboneutralité d'ici 2050. La loi prévoit des objectifs contraignants de réduction des émissions tous les cinq ans ainsi que l'obligation de publier des rapports annuels sur les progrès et de les rendre publics à des fins de transparence. Les transports sont aussi un élément central de cette loi. La loi prévoit également la constitution d'un Groupe consultatif pour la carboneutralité chargé de fournir des conseils indépendants sur l'atteinte des objectifs de lutte contre les changements climatiques¹²⁷.

Afin d'alimenter les VE avec une électricité propre et durable, le gouvernement fédéral a publié la version définitive du *Règlement sur l'électricité propre* en décembre 2024 en vertu de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999)*. À compter de 2035, ce règlement établit des limites contraignantes pour la pollution par le dioxyde de carbone provenant des unités de production d'électricité à partir de combustibles fossiles d'une capacité de 25 mégawatts ou plus. Il appuie la transition à un réseau d'électricité carboneutre d'ici 2050 en encourageant les sociétés de services publics à investir dans les technologies d'énergie renouvelable, de stockage d'énergie par batterie et de réseau intelligent¹²⁸. Le cadre réglementaire et politique du Canada pour l'infrastructure des VE est le fruit d'un effort coordonné à l'échelle nationale pour décarboner le secteur des transports et moderniser le réseau électrique. Ensemble, ces initiatives jettent les bases d'un écosystème de transport résilient, équitable et prêt pour l'avenir.



3.3 Initiatives en place au Canada

L'engagement du Canada à développer l'infrastructure pour VE est appuyé par un éventail d'initiatives stratégiques et de programmes de démonstration destinés à accélérer l'innovation, à améliorer l'intégration au réseau et à assurer un accès équitable à la recharge partout au pays.

Corridor binational de recharge pour VE Canada–États-Unis : en mai 2023, le gouvernement du Canada a annoncé un partenariat avec les États-Unis pour mettre en place un corridor binational de recharge pour VE. Ce corridor, qui s'étendra de Kalamazoo, au Michigan à la Ville de Québec au Québec, donnera accès à des bornes de recharge de niveau 3 installées environ à tous les 80 km. L'initiative vise à soutenir les déplacements transfrontaliers en VE, à accroître la connectivité régionale et à promouvoir la coopération

nord-américaine pour mettre en place une infrastructure de transport propre¹²⁹.

Programme de démonstration d'infrastructure pour les véhicules électriques (DIVE) : administré par RNCAN, le programme DIVE a bénéficié de 76 millions de dollars au titre des budgets de 2016 et 2017 pour soutenir la démonstration de technologies de recharge de VE et de ravitaillement en hydrogène de prochaine génération. Le programme vise à accélérer l'entrée sur le marché des infrastructures d'énergie propre innovantes en appuyant des projets qui portent sur les obstacles techniques et non techniques au déploiement. À ce jour, plus de 20 projets de démonstration ont été lancés dans six provinces et un territoire, dans les milieux urbains et ruraux. Ils ont été réalisés en partenariat avec divers promoteurs, notamment l'industrie, des services publics, des administrations municipales et des organisations à but non lucratif. Ils portaient entre autres sur les domaines suivants :

- Gestion de la charge et modèles d'affaires pour les IRLM et les lieux de travail
- Recharge en bordure de trottoir et infrastructure pour les véhicules autonomes
- Recharge bidirectionnelle avec stockage d'énergie et utilisations de la technologie V2G
- Solutions de recharge rapide pour les communautés nordiques et éloignées

- Élaboration de normes d’interopérabilité pour la recharge aérienne d’autobus électriques
- Transformation de batteries usagées en sources de recharge rapide
- Solutions matérielles et logicielles novatrices en matière de recharge¹³⁰.

Le programme a atteint tous ses principaux objectifs en réalisant des projets de démonstration dans tous les domaines prioritaires. Enfin, il s'est adapté pour répondre à l'évolution des besoins du secteur de la mobilité électrique, en veillant à ce que des projets appropriés soient sélectionnés pour remédier aux obstacles et aux lacunes¹³¹.

Programme d'innovation énergétique – Réseaux électriques intelligents : programme fédéral dirigé par RNCAN qui soutient le développement et la mise à l'échelle de technologies de réseaux électriques intelligents. Le programme, qui n'accepte plus de nouvelles propositions depuis mai 2025, finance les projets technologiques, commerciaux et réglementaires qui permettent d'éliminer les obstacles au déploiement de solutions de réseau intelligent, comme la recharge intelligente des VE, l'équilibrage des charges et la gestion de l'énergie en temps réel¹³².

Programme Énergie propre pour les collectivités rurales et éloignées : lancé en 2018, ce programme soutient le déploiement de systèmes d'énergie renouvelable, de microréseaux et d'une infrastructure

de recharge de VE dans les communautés autochtones et éloignées hors réseau. Il vise à réduire l'utilisation du diesel pour le chauffage, à améliorer la sécurité énergétique et à appuyer le développement économique local. Voici ses principaux objectifs :

- Soutenir la transition vers une énergie propre dans les régions éloignées
- Accroître la résilience et réduire la dépendance énergétique des collectivités
- Renforcer les capacités locales au moyen de formations et de l'élaboration de plans énergétiques communautaires.
- Favoriser le leadership autochtone dans le développement des énergies propres.

Les projets financés dans le cadre de ce programme portent souvent sur l'intégration de capacités de production d'énergie solaire, de stockage par batterie et de bornes de recharge de VE aux microréseaux communautaires, à des fins de réduction des émissions et d'amélioration de la qualité de vie dans les régions sous-desservies¹³³. Jusqu'à maintenant, le programme, qui a bénéficié de 453 millions de dollars depuis sa mise sur pied, a soutenu plus de 190 projets à l'échelle nationale¹³⁴.

PIVEZ : administré par Ressources naturelles Canada (RNCAN), l'organisme fédéral responsable de surveiller la politique énergétique nationale et l'infrastructure connexe, le PIVEZ est une initiative

fédérale clé qui fournit du financement pour le déploiement de bornes de recharge de VE et de stations de ravitaillement à l'hydrogène à l'étendue du Canada. Il accorde la priorité au déploiement d'infrastructure dans les lieux publics, sur les lieux de travail, dans les IRLM, sur la rue et dans les parcs de véhicules et comporte un volet de financement à l'intention des communautés et des organismes d'exécution autochtones. La contribution du programme, en vigueur jusqu'en 2027, est limitée à 50 % des coûts totaux du projet (ou 75 % dans le cas de projets dirigés par des Autochtones). Le programme s'attaque à un obstacle majeur à l'adoption des VE, à savoir l'accès limité à l'infrastructure de recharge, en soutenant le développement d'un réseau d'un bout à l'autre du pays¹³⁵.

4. Portrait de la recharge de VE en Ontario

Le développement d'une infrastructure de recharge pour VE en Ontario doit passer par des efforts coordonnés entre le gouvernement, l'industrie et les fournisseurs de services publics. Des initiatives de planification stratégique sont en cours pour permettre au réseau électrique de la province de répondre à la demande croissante provenant des VE. Celles-ci servent entre autres à évaluer la capacité du réseau électrique, à prévoir les besoins futurs en électricité et à explorer des solutions favorisant une intégration efficace et équitable de l'infrastructure de recharge. Comme l'adoption des VE s'accélère, il est de plus en plus important d'équilibrer l'offre et la demande d'énergie, d'assurer la fiabilité du réseau électrique et d'optimiser les habitudes de recharge. Le paysage de la recharge est façonné par un éventail diversifié d'intervenants, y compris des organismes publics, des fournisseurs d'énergie et des entreprises technologiques. La collaboration entre ces parties prenantes est essentielle pour mettre en place un réseau de recharge robuste et accessible qui répond aux besoins de tous les conducteurs, peu importe où ils habitent (milieu urbain ou rural) ou s'ils parcourront de longues distances.



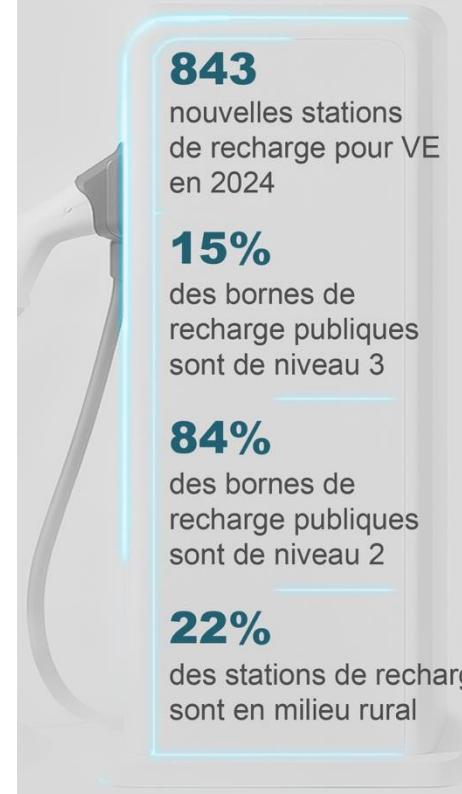
4.1 Réseau d'électricité de l'Ontario

Répartition de l'infrastructure de recharge

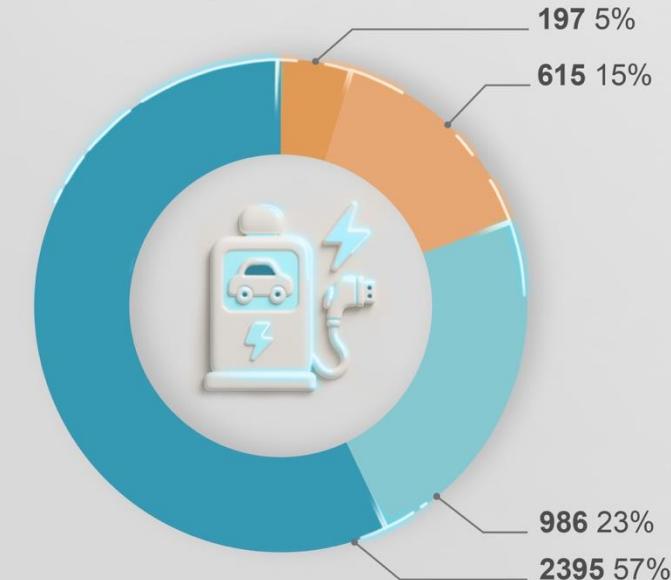
La vaste majorité des bornes de recharge publiques pour VE de l'Ontario sont concentrées dans les régions à forte densité de population du Sud de la province, en particulier dans les grandes villes telles que Toronto, Ottawa, Mississauga et London et le long des autoroutes de la série 400, là où l'adoption des VE est la plus élevée. En revanche, les régions rurales et le Grand Nord comptent beaucoup moins de bornes de recharge, créant ainsi des « déserts de recharge » le long des corridors éloignés.

Selon les plus récentes données disponibles, il y a environ 4 200 emplacements de stations de recharge pour VE dans la province; on y dénombre plus de 12 000 bornes de recharge¹³⁶. On retrouve la moitié des stations, soit près de 78 % en milieu urbain et le reste, soit 22 %, dans les communautés rurales¹³⁷. Cette répartition suit une tendance qui s'apparente à celle de l'adoption des VE, la proportion de citadins qui sont propriétaires d'un VE était beaucoup plus grande. Le réseau de recharge de l'Ontario compte principalement des bornes de recharge de niveau 2, qui représentent jusqu'à 84 % de toutes les bornes de recharge¹³⁸. On les utilise couramment tant pour la recharge publique qu'à domicile. Les bornes de recharge rapide de niveau 3 représentent 16 % de

Infrastructure de recharge de VE en Ontario



Répartition régionale des emplacements de stations de recharge pour VE en Ontario



Légende

- Nord
- Est
- Ouest
- Centre

Sources: Ressources naturelles Canada (RNCan), Rural Ontario Institut (ROI), gouvernement de l'Ontario

l'ensemble des bornes et sont réparties plus équitablement, 42 % de celles-ci étant installées dans les régions rurales¹³⁹. Les bornes de recharge de niveau 1 sont rares; on en dénombre seulement deux au registre public de la province¹⁴⁰.

Pour favoriser une recharge bidirectionnelle homogène et fonctionnelle, des conditions doivent être respectées au chapitre des véhicules, des bornes de recharge, de l'infrastructure et de la réglementation. L'une de ces conditions préalables est la présence de types de connecteurs et de protocoles appropriés. En juillet 2025, près de 10 % de toutes les stations de recharge publiques pour VE en Ontario sont dotées d'au moins un connecteur qui prend en charge un échange d'énergie bidirectionnel ou V2X, moyennant le respect d'autres conditions¹⁴¹.

Pour ce qui est répartition régionale de l'infrastructure¹⁴², la région du Centre, qui comprend Toronto, York, Peel et d'autres municipalités, arrive en tête, car on y trouve 57 % de toutes les stations de recharge¹⁴³. Vient ensuite la région de l'Ouest (24 %), qui comprend, entre autres, les villes de Waterloo, Windsor et Niagara¹⁴⁴. Le classement est complété par la région de l'Est (15 %), qui englobe Ottawa, Peterborough, Kingston et d'autres municipalités de palier supérieur et la région du Nord (5 %), composé notamment de Nipissing, d'Algoma et de Thunder Bay¹⁴⁵. La concentration de l'infrastructure dans le Centre de l'Ontario s'explique par une plus forte densité de population et une utilisation accrue de véhicules, mais met aussi en relief des occasions

d'élargir l'accès dans le Nord et l'Est de la province¹⁴⁶.

Le déploiement des stations de recharge pour VE s'est accéléré rapidement. De quelques installations au début des années 2010, le nombre de nouvelles stations est passé à 940 en 2023¹⁴⁷. Ce nombre continue d'augmenter dans la province, avec l'ouverture de 853 nouvelles stations en 2024 et 330 de plus en 2025 (données de juillet 2025)¹⁴⁸. Cette tendance à la hausse témoigne de l'approche proactive privilégiée par l'Ontario pour établir un robuste écosystème de VE.

Jusqu'à 2019, on assistait chaque année à l'ouverture de cinq stations de recharge pour VE en moyenne dans le Nord de l'Ontario. Cette moyenne a augmenté depuis, pour passer à 26 nouvelles stations de recharge pour VE par année au cours des quatre dernières années, grâce, entre autres, aux initiatives mises de l'avant par les sociétés de services publics locales et le réseau de recharge Ivy, qui ont déployé des douzaines de bornes de recharge le long des corridors routiers avec l'aide d'Hydro One¹⁴⁹. Le réseau Ivy exploite maintenant des emplacements dans des villes telles qu'Atikokan, Dryden et Upsala, le long d'un corridor pour VE de 800 kilomètres dans le Nord-Ouest de l'Ontario¹⁵⁰. Le Programme ontarien pour la recharge des VE, dont il est question dans la prochaine section, fait partie de la stratégie du gouvernement de l'Ontario pour combler ces lacunes et favoriser une répartition géographique plus équitable des stations de recharge,

afin que les conducteurs de VE de toutes les régions de la province aient accès à une connectivité fiable et homogène¹⁵¹.

Demande prévue d'électricité

Le nombre croissant de VE transformera la demande d'électricité en Ontario au cours des 10 à 25 prochaines années. Les plus récentes prévisions de planification de la Société indépendante d'exploitation du réseau d'électricité (SIERE) montrent que les nouvelles demandes exercées sur le réseau découlent dans une large mesure de l'électrification des transports¹⁵². On peut lire dans le Rapport sur les perspectives de planification annuelle 2025 que la SIERE prévoit qu'avec la recharge de VE et l'électrification, la consommation d'électricité du secteur du transport de l'Ontario montera en flèche, passant d'environ 3 TWh en 2026 à près de 44 TWh d'ici 2050¹⁵³. Il s'agit d'une augmentation de plus de 40 TWh, représentant une progression de 1 382 % ou une croissance moyenne de 11,9 % par année.

Le tableau de la page suivante compare les croissances prévues de la demande en électricité des VE en Ontario et de la demande énergétique annuelle totale exercée sur le réseau de 2026 à 2050 selon les prévisions établies par la SIERE dans son Rapport sur les perspectives de planification annuelle 2025. Les données font clairement état d'une tendance à la hausse du côté de la consommation d'électricité par les VE et de la demande globale d'énergie. En 2026, la consommation d'énergie des VE devrait totaliser

2,33 TWh, soit seulement 1,5 % de la demande globale de l'Ontario, à savoir 156,67 TWh¹⁵⁴. D'ici 2030, la demande venant des VE est appelée à tripler, pour passer à 8,11 TWh, soit 4,3 % de la demande totale¹⁵⁵. Cette progression s'accélère considérablement d'ici 2035, avec une consommation de 21,63 TWh venant des VE, ou 10,1 % de la demande de la province qui s'élève à 214,78 TWh¹⁵⁶.

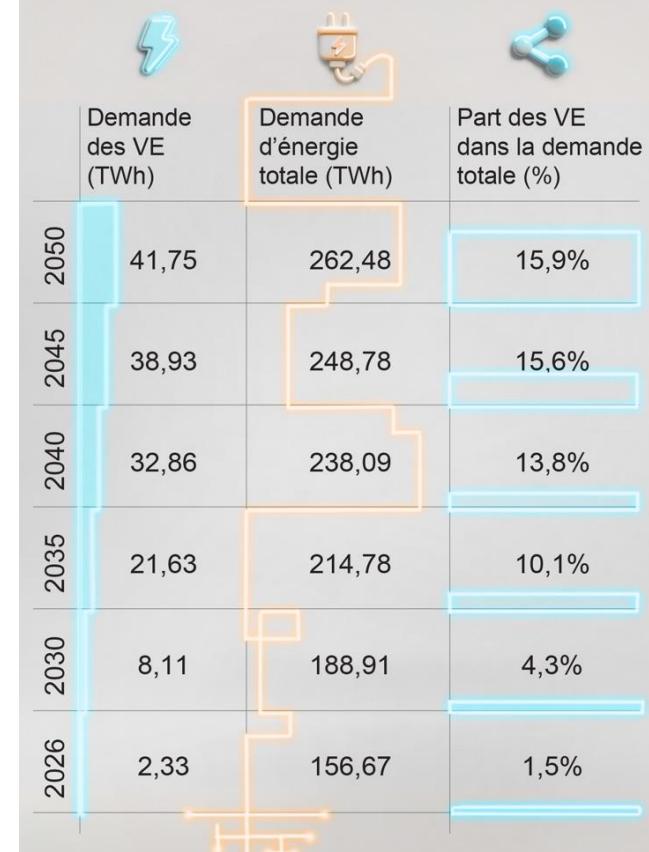
La tendance se poursuit jusqu'en 2040 et 2045, la demande découlant des VE devrait atteindre 32,86 TWh et 38,93 TWh respectivement, soit 13,8 % et 15,6 % de la demande totale¹⁵⁷. En 2050, les besoins en électricité des VE devraient s'élever à 41,75 TWh, ce qui représente 15,9 % de la demande totale prévue en Ontario, soit 262,48 TWh¹⁵⁸. La trajectoire de cette demande croissance en électricité des VE cadre avec les objectifs et les politiques d'adoption de VE de l'Ontario.

Les modèles de la SIERE tiennent compte de l'objectif obligatoire fixé par le gouvernement fédéral selon lequel 100 % des véhicules légers neufs vendus devront être des véhicules à émission zéro d'ici 2035 (y compris un objectif intermédiaire de 60 % d'ici 2030)¹⁵⁹. Par conséquent, le parc de VE légers de l'Ontario devrait augmenter, pour passer de près de 400 000 véhicules en 2025 à quelque 11,5 millions en 2050¹⁶⁰. Cela fera augmenter la demande d'électricité par près de 18 % sur 25 ans, car la part de la demande venant des VE sur la demande totale passera de 1,5 % en 2025 à environ 16 % d'ici 2050.

Cette évolution ne se résume pas à une augmentation de la consommation; elle transforme en profondeur le profil de charge du réseau. À la lumière des prévisions de la SIERE, il est évident que l'état de préparation du réseau électrique deviendra l'élément le plus important pour assurer l'intégration sécuritaire et efficace des VE à l'ensemble du réseau électrique ontarien.

L'Ontario adopte une approche globale pour répondre à la croissance de la demande au chapitre de l'énergie et de l'électrification. Cette approche consiste à accroître la capacité de production d'énergie, en misant particulièrement sur des sources propres et flexibles. De plus, la province améliore ses réseaux de distribution d'électricité pour prendre en charge les besoins accusés de recharge de VE à domicile et en milieu commercial, au moyen de stratégies adaptées aux besoins particuliers des régions urbaines et rurales. Elle procède aussi au déploiement d'une infrastructure de recharge intelligente, y compris la tarification FHC et l'intégration de la technologie V2G, pour gérer la demande en période de pointe et rendre le réseau plus efficace. Enfin, l'Ontario investit dans les programmes de stockage d'énergie par batterie et de gestion de la demande pour équilibrer la variabilité qui caractérise les sources d'énergies renouvelables et les habitudes de recharge de VE. Pour appuyer ces efforts, la province s'affaire à accroître la résilience de la chaîne d'approvisionnement en composants essentiels, comme les transformateurs, appareillages de commutation et bornes de recharge, afin d'éviter les retards et de conserver la confiance des consommateurs.

Part de la demande d'énergie venant des VE dans la demande totale en Ontario (2025-2050)



Source: Rapport sur les perspectives de planification annuelle de la SIERE (2024)

Main-d'œuvre pour l'infrastructure de recharge pour VE

La transition vers la mobilité électrique va également de pair avec la création de nouveaux emplois et compétences au sein de l'infrastructure de recharge des VE, qui ne se rapportent pas seulement aux véhicules. Représentant un vaste écosystème qui s'appuie sur un éventail de postes, des conducteurs d'équipement aux électriciens et aux techniciens en passant par les ingénieurs, les arpenteurs-géomètres, les rédacteurs de devis, les directeurs de la construction et les responsables de l'acquisition de lieux, l'infrastructure de recharge pour VE offre des débouchés uniques aux professionnels d'aujourd'hui et de demain¹⁶¹.

Les établissements d'enseignement et autres organismes s'adaptent pour répondre à la demande de nouveaux travailleurs et de nouvelles compétences. Le Collège George Brown propose une formation de techniciens en VE, qui s'adresse aux mécaniciens de véhicules automobiles qui souhaitent acquérir les compétences nécessaires pour travailler sur des VE et aux électriciens chargés d'installer, de réparer et d'entretenir les bornes de recharge pour VE¹⁶². Le programme de formation en infrastructure de VE offert par la Section locale 353 de la Fraternité internationale des ouvriers en électricité constitue un autre exemple¹⁶³. Polytechnique Seneca mentionne que les diplômés de son programme de niveau avancé de trois ans en technologie du génie électrique peuvent devenir des technologues concepteurs en électricité d'installations de recharge pour VE¹⁶⁴.

Les experts ont souligné l'importance d'offrir plus de possibilités d'études en Ontario qui portent sur les connaissances requises par l'industrie en pleine croissance des VE. La réussite de la mobilité électrique est fortement tributaire du développement de talents dans la province; il est donc essentiel que la main-d'œuvre actuelle et future ait accès à des possibilités d'études¹⁶⁵.

Le ROIV a publié le rapport Pleins feux sur les compétences, les talents et le perfectionnement de la main-d'œuvre : Réparation de VE, marché des pièces de recharge et infrastructures pour VE nécessaires à l'électrification. Le rapport avance que la requalification peut aider les travailleurs à s'adapter à la numérisation accrue qui caractérise l'électrification du secteur de la mobilité de la province¹⁶⁶. Voici les principales compétences requises pour développer l'infrastructure pour les VE : connaissance de la programmation et des logiciels (Java, langage d'interrogation structuré et infonuagique); des lacunes dans les compétences technologiques sont prévues, notamment en logiciel d'entretien, génie logiciel assisté par ordinateur et suite d'applications IBM Maximo.

Ces observations illustrent l'éventail de possibilités et de besoins immédiats et futurs au sein de l'industrie qui façonnent la main-d'œuvre de l'Ontario et influencent les initiatives en éducation mises en œuvre à l'échelle de la province.

État de préparation des réseaux de distribution locaux

L'état de préparation du réseau électrique pour répondre à la demande de la recharge de VE varie

beaucoup d'une région à l'autre. Les centres urbains à forte densité de population comme Toronto et Ottawa possèdent de vastes réseaux de distribution, mais ceux-ci sont vieillissants, de sorte que de nombreux transformateurs et artères qui alimentent des copropriétés, des services de transport en commun et l'industrie sont déjà surchargés. Toronto Hydro mentionne qu'une « pression de plus en plus grande » est exercée sur le réseau de la ville à cause de la croissance et de l'électrification; c'est pourquoi la société a lancé un plan de modernisation (2025-2029) doté d'un budget de 5,1 milliards de dollars pour accroître la capacité et la fiabilité du réseau¹⁶⁷. Son plan prévoit d'importantes améliorations aux transformateurs, artères et postes de transformation dans les zones à forte croissance et des solutions innovantes, dont des projets pilotes de stockage d'énergie côté client et de recharge intelligente des VE¹⁶⁸.

Les sociétés de services qui desservent des municipalités de plus petite taille et des banlieues (comme Alectra Utilities, distributeur d'électricité de Mississauga, de Vaughan, de Markham et d'autres banlieues de la région du grand Toronto) constatent aussi une adoption accrue de VE dans les quartiers résidentiels qui peut mettre à l'épreuve l'infrastructure locale. Dans son plus récent plan de réseau de distribution, Alectra a cerné le besoin de rénover et de remplacer l'infrastructure vieillissante¹⁶⁹. De plus, Alectra a lancé récemment divers programmes, dont AlectraDrive @Home qui donne accès à des bornes de recharge intelligente et des systèmes de gestion de la charge à des clients résidentiels¹⁷⁰. Ces programmes aident à étaler les périodes de charge pour éviter que

des regroupements de propriétaires de VE d'une rue donnée rechargent tous leur véhicule en même temps.

En revanche, dans de nombreuses régions rurales desservies par Hydro One, le problème réside dans les longues lignes d'alimentation et le fait que l'installation d'un nouveau site de recharge ou l'adoption de dizaines de VE dans les petites communautés peuvent soudainement accaparer une bonne partie de la capacité de charge locale. Pour répondre aux besoins des grosses stations de recharge pour VE, comme celles des parcs de camions électriques ou des aires de repos des autoroutes, il faudrait apporter des améliorations considérables aux artères et transformateurs des réseaux de distribution en milieu rural. Dans le Nord de l'Ontario, une majorité de villes et de collectivités des Premières Nations sont alimentées par des réseaux de production en antenne et au diesel dont la capacité excédentaire est très limitée¹⁷¹. L'intégration de la recharge de VE dans ces régions risque de nécessiter des améliorations plus substantielles au réseau électrique, comme l'ajout de sources d'énergies renouvelables, de capacités de stockage ou de nouvelles lignes pour compléter le matériel de recharge.

Goulots d'étranglement des réseaux électriques et stratégies d'atténuation des sociétés de services publics

Comme de plus en plus de bornes de recharge sont installées, les SDL doivent composer avec des goulots d'étranglement à l'échelle de leurs réseaux électriques.

Transformateurs surchargés : les petits transformateurs des rues résidentielles, surtout les plus vieux de 10 à 25 kilovoltampères (kVA) n'ont pas été conçus pour répondre à une forte demande occasionnée par la recharge simultanée de plusieurs VE. À titre d'exemple, un transformateur de 10 kVA peut être surchargé, même si seulement deux VE se rechargent en même temps et un transformateur de 25 kVA avec la recharge de trois ou quatre VE¹⁷². Pour y remédier, des sociétés de services publics comme Niagara-on-the-Lake Hydro étudient la possibilité de remplacer les petits transformateurs par des gros dans les régions où l'adoption de VE gagne en popularité et d'actualiser les normes de conception afin d'utiliser des transformateurs de capacité accrue dans de nouvelles subdivisions¹⁷³. Les experts soulignent aussi le rôle critique des transformateurs pour libérer le plein potentiel des réseaux intelligents et de la recharge de VE. Pour mettre en place une infrastructure intelligente, il faut tenir compte des transformateurs et les remplacer éventuellement par des appareils haute fréquence. On doit prêter attention aux transformateurs et autres équipements du réseau ainsi qu'aux solutions technologiques telles que l'IA et l'apprentissage automatique pour en arriver à bâtir un écosystème entièrement intelligent¹⁷⁴. S'il est relativement facile de remplacer un à un les transformateurs, il est plus difficile de prévoir lequel d'entre eux sera le prochain à tomber en panne.

Artères d'une capacité limitée : les principales lignes électriques (artères) qui alimentent les quartiers peuvent aussi être surchargées. Lorsqu'elles ont été aménagées, leur taille était adaptée à la consommation usuelle des ménages, mais pas aux

besoins de charge supplémentaires venant des VE. Comme de plus en plus de VE sont rechargés à domicile, certains segments des artères peuvent atteindre les limites de leur capacité, surtout si les artères sont vieilles ou à basse tension. Une baisse de tension est une autre source de préoccupation, surtout dans les régions rurales, car la longueur de leurs lignes peut faire en sorte que la tension soit peu élevée à la fin du circuit.

Mettre à niveau les artères est plus complexe que de remplacer les transformateurs, en particulier si les lignes sont enterrées. En guise de solutions, les sociétés de services publics risquent de privilégier la mise à niveau des artères les plus à risque, de recourir au stockage d'énergie ou à la recharge programmée pour réduire les charges de pointe et de promouvoir l'installation de petits sites de recharge à divers endroits plutôt que de gros sites centralisés.

Limites des postes de transformation : plus globalement, les postes de transformation qui abaissent la tension acheminée du réseau de transport aux réseaux locaux sont aussi sous pression. Ces gros transformateurs, de 10 à 50 mégavoltampères (MVA) alimentent des villes ou districts au complet.

En Ontario, beaucoup de ces transformateurs sont en voie d'atteindre leur capacité maximale en raison de la croissance urbaine et de la consommation accrue d'électricité, y compris pour la recharge de VE. L'ajout ou la mise à niveau de transformateurs coûte cher et prend du temps¹⁷⁵. Certaines régions, comme le centre-ville de Toronto ou les banlieues en forte croissance, vont peut-être avoir besoin de nouveaux postes de transformation au début des années 2030.

Si les mises à niveau systémiques des réseaux de distribution et de leurs composants sont inévitables, les sociétés de services publics se servent d'outils de cartographie des capacités pour faire la planification juste-à-temps des mises à niveau et peuvent transférer des charges d'un poste à l'autre ou employer la gestion de charge dynamique pour prévenir les surcharges¹⁷⁶.

Cartes de capacité interactives

En 2022, la CEO a demandé à tous les distributeurs d'électricité de lui fournir des informations publiques sur la capacité excédentaire de leur réseau, dans le but d'aider les clients à planifier les bornes de recharge de VE et autres nouvelles charges¹⁷⁷. Au moins 15 SDL sur les 59 en activité en Ontario ont lancé des cartes de capacité en ligne en 2025¹⁷⁸.

Toronto Hydro a été la première grande société de services publics à donner suite à la demande en publiant sa carte de capacité de charge interactive au début de 2025¹⁷⁹. La carte permet de visualiser la charge supplémentaire que chaque poste de 27,6 ou 13,8 kilovolts (kV) de la ville peut fournir sans nécessiter de mise à niveau¹⁸⁰. Cela permet aux entreprises de recharge de VE et aux hôtes de site de choisir des emplacements appropriés au début du stade de planification, et ainsi éviter de payer pour un long processus de mise à niveau. La carte vise à aider les clients à consulter les raccordements au réseau et à faciliter la planification de projets des entrepreneurs, des promoteurs et des autres entreprises¹⁸¹.

Toronto Hydro mentionne que la carte a été bien accueillie par le secteur de l'électricité et de l'efficacité énergétique¹⁸². D'autres sociétés de services publics ont emboîté le pas. Ainsi, Alectra Utilities a lancé sa carte en mars 2025¹⁸³. De plus, à l'échelle de l'Ontario, Hydro One, Enwin, Milton Hydro, Oakville Power, Entegrus Powerlines et Halton Hills Hydro Inc. ont toutes publié des cartes de capacité du réseau de distribution interactive pour les régions qu'elles desservent¹⁸⁴. De leur côté, les plus petites sociétés de services publics, comme London Hydro, Lakeland Power Distribution Limited, Canadian Niagara Power, Niagara Peninsula Energy, Niagara-on-the-Lake Hydro, Oshawa Power, NT Power et Eastern Ontario Power ont publié une estimation de la capacité de charge pour leurs régions respectives en format PDF¹⁸⁵.

Dans le cadre de la phase 2 de cette initiative, la CEO exigera la publication de cartes cohérentes et avancées sur une plateforme provinciale centralisée dès décembre 2025 afin que les intervenants aient facilement accès à des renseignements à jour sur la capacité des réseaux de distribution¹⁸⁶. Tandis que l'Ontario garde une longueur d'avance, les cartes de capacité deviennent des outils de planification essentiels pour déterminer les goulots d'étranglement des réseaux et les endroits dans la province où de la capacité est disponible pour le déploiement de l'infrastructure de recharge pour VE.

4.2 Initiatives stratégiques de l'Ontario axées sur la recharge pour VE

Une panoplie de projets pilotes et de démonstration de technologies sont menés en Ontario pour faire progresser l'infrastructure de recharge pour VE, l'intégration au réseau et la gestion intelligente de l'énergie. Chapeautées par des sociétés de services publics, des entreprises privées et des organismes publics, ces initiatives sont souvent réalisées en collaboration avec des programmes fédéraux et des établissements locaux.

Programmes et stratégies à l'échelle provinciale

Le gouvernement de l'Ontario met de l'avant des initiatives stratégiques pour développer une infrastructure de recharge pour VE qui est à la fois abordable, fiable, sûre et accessible. Un élément central des programmes axés sur les VE de l'Ontario est le Programme ontarien pour la recharge des VE, qui accorde du financement aux municipalités, aux communautés autochtones, aux organismes sans but lucratif et aux partenaires du secteur privé pour l'installation de bornes de recharge publiques pour VE. Il est présenté à la page suivante.

Fonds de partenariats en R-D – Volet de recharge évoluée et de V2G : importante initiative pour aider les PME de l'Ontario à élaborer, à mettre à l'essai et à valider des technologies innovantes d'intégration au réseau et de recharge de VE. Doté de coinvestissements allant jusqu'à 1 million de dollars, il s'attaque à de

grands défis, dont la mise au point de solutions de recharge sans fil, ultrarapide, bidirectionnelle, dynamique et intelligente, de technologies V2G et d'intégration de sources d'énergies renouvelables, ainsi que de systèmes de gestion de la demande énergétique et du réseau électrique et de stockage et de transmission d'énergie. En favorisant la collaboration entre les PME, l'industrie et les partenaires de recherche, le programme accélère la commercialisation des technologies qui renforcent la position de chef de file de l'Ontario dans le secteur de la mobilité durable¹⁸⁷.

Tarif d'électricité à rabais applicable aux bornes de recharge de véhicules électriques : dans le but de réduire encore plus les coûts et de favoriser les investissements dans les marchés émergents, l'Ontario compte proposer un nouveau tarif qui abaisserait le coût de l'électricité pour les bornes de recharge publiques de VE dans les régions où la demande pour ce service commence tout juste à émerger, ce qui rendrait l'infrastructure de recharge plus économique et donnerait aux conducteurs ontariens suffisamment de confiance pour passer aux véhicules électriques¹⁸⁸. Le nouveau tarif devrait entrer en vigueur le 1^{er} janvier 2026¹⁸⁹.

Procédures de raccordement pour la recharge des véhicules électriques : l'Ontario s'affaire aussi à accroître la fiabilité et la sécurité au moyen des procédures de raccordement pour la recharge de véhicules électriques, lancées en mai 2024. Il s'agit de

règles que doivent suivre toutes les compagnies d'électricité locales dans le cadre de l'installation et du raccordement de nouvelles bornes de recharge pour VE. Les procédures simplifient les efforts de coordination entre les promoteurs et les sociétés de services publics, réduisent les retards liés aux formalités administratives et favorisent l'application de normes techniques uniformes au sein du réseau de recharge de l'Ontario¹⁹⁰.

Régime de tarification d'électricité de nuit très bas : lancé en 2023 pour rendre l'énergie plus abordable et améliorer l'efficacité du réseau, le régime de tarification prévoit des tarifs d'électricité très bas entre 23 h et 7 h, pour inciter les propriétaires de VE à recharger leur véhicule pendant les heures creuses. Les économies annuelles peuvent atteindre jusqu'à 90 \$ par foyer; de plus, la tarification aide à équilibrer la demande exercée sur le réseau et à réduire les émissions¹⁹¹.

Développement du réseau de recharge Ivy : bénéficiant du soutien d'Hydro One, le réseau de recharge IVY comprend maintenant 150 bornes de recharge rapide dans plus de 60 emplacements. Pour faciliter les déplacements de longue distance, il a installé en partenariat avec le gouvernement de l'Ontario des bornes de recharge de niveau 3 dans chacune des 20 stations ONroute rénovées le long des autoroutes 400 et 401¹⁹².

Loi de 2024 sur l'énergie abordable : sanctionnée en décembre 2024, la *Loi de 2024 sur l'énergie abordable* comprend une partie qui confirme que la *Loi de 1998 sur la Commission de l'énergie de l'Ontario* ne s'applique pas aux propriétaires et exploitants de bornes de recharge pour VE, apportant ainsi les éclaircissements nécessaires aux entités du secteur privé qui souhaitent investir dans l'infrastructure de recharge¹⁹³.

« L'avenir de l'Ontario est électrique et notre gouvernement fait en sorte qu'il soit plus facile que jamais de posséder et d'exploiter un VE en Ontario, tout en attirant des milliards de dollars d'investissements et en créant des dizaines de milliers d'emplois bien rémunérés dans le processus. Nous améliorons l'accès aux bornes de recharge pour véhicules électriques, en particulier dans les communautés rurales et du Nord, afin d'aider un plus grand nombre de conducteurs à passer à l'électrique en toute confiance¹⁹⁴. »

— Prabmeet Sarkaria, ministre des Transports de l'Ontario

Pleins feux sur le Programme ontarien pour la recharge des VE

Lancé par le gouvernement de l'Ontario, le Programme ontarien pour la recharge des VE finance l'installation de bornes de recharge publiques pour VE dans la province dans le but de bâtir un réseau plus branché, de rendre les bornes de recharge plus accessibles et abordables et de favoriser l'adoption de VE¹⁹⁵. En 2023, le premier engagement du programme consistait à investir 91 millions de dollars dans l'installation de plus de 1 300 nouvelles bornes de recharge pour VE dans les communautés partout en Ontario¹⁹⁶. Administré actuellement par le ministère des Transports (MTO), le programme comprend deux volets : le volet des sites communautaires et le volet des sites gouvernementaux¹⁹⁷.

Dans le cadre du volet des sites communautaires, les entités des secteurs privés, public et sans but lucratif et les communautés autochtones admissibles peuvent présenter une demande de subvention pour l'installation de bornes de recharge dans les zones sous-desservies. Jusqu'à maintenant, du financement a été accordé à plus de 270 projets visant à installer des bornes dans des arénas, des hôpitaux, des parcs et d'autres sites. Cela comprend l'installation de 190 nouvelles bornes de recharge dans le Nord de l'Ontario¹⁹⁸. Le volet des sites gouvernementaux met quant à lui l'accent sur les terrains appartenant au gouvernement situés dans les régions éloignées et sous-desservies de l'Ontario, y compris les aires de repos des autoroutes, les stationnements de covoiturage et les destinations touristiques¹⁹⁹.

Le Programme ontarien pour la recharge des VE est particulièrement utile dans les endroits qui ont besoin du soutien du gouvernement pour stimuler les investissements dans l'infrastructure de recharge pour VE, notamment les emplacements saisonniers qui sont plus achalandés pendant certains mois de l'année et les régions éloignées où, en raison d'un moins grand nombre d'utilisateurs, l'utilisation est faible, mais tout de même importante pour permettre l'adoption des VE à l'échelle locale et les longs déplacements. En couvrant jusqu'à 75 % des coûts des projets des demandeurs admissibles, le programme facilite la participation des communautés de la province à la transition vers les VE. Le Programme ontarien pour la recharge des VE est aussi bénéfique pour les propriétaires éventuels de VE, en remédiant à l'accès insuffisant à des bornes de recharge publiques fiables, un facteur connu qui nuit à l'adoption des VE²⁰⁰.

Par ailleurs, dans son budget de 2025, le gouvernement s'est engagé à investir 92 millions de dollars supplémentaires, pour un total de plus de 180 millions de dollars, afin d'augmenter le nombre de bornes de recharge pour VE²⁰¹. Compte tenu de l'évolution et du développement du Programme ontarien pour la recharge des VE, le MTO examine présentement les résultats du programme et les commentaires reçus à ce sujet afin de faire en sorte qu'il continue de répondre aux besoins particuliers de la population ontarienne à l'échelle provinciale²⁰². Le MTO se penche aussi sur les moyens que le programme pourrait employer pour soutenir les technologies qui préparent l'infrastructure de recharge de la province pour l'avenir et améliorent l'état de préparation du réseau électrique²⁰³.



Démonstrations de V2G

Projet pilote de recharge bidirectionnelle V2G de Blackstone Energy Services : ce projet portait sur la mise à l'essai d'une technologie de recharge bidirectionnelle dans des collèges de l'Ontario, y compris la restitution d'électricité au réseau ou à l'établissement par les VE en périodes de pointe. Il servait à examiner comment les VE peuvent servir de RED et contribuer à stabiliser le réseau électrique²⁰⁴.

Peak Power – projet pilote de recharge

bidirectionnelle V2G Peak Drive : l'un des plus importants du genre au monde, ce projet de démonstration de recharge bidirectionnelle V2G utilisait des véhicules Nissan LEAF et des bornes de recharge bidirectionnelle dans trois immeubles de bureaux commerciaux du centre-ville de Toronto. Il a montré que les VE pouvaient fournir des services de réseau et réduire la demande d'électricité en périodes de pointe²⁰⁵.

Recharge intelligente et intégration de l'IA

Projet pilote VE Partout de BluWave-ai et Hydro Ottawa : ce projet se sert de l'IA pour gérer la recharge de VE en périodes de pointe. Soutenu par la SIERE et par la CEO, il a montré comment l'IA peut optimiser les horaires de recharge et ainsi réduire la pression exercée sur le réseau et les coûts énergétiques²⁰⁶.

Programme pilote de recharge intelligente de Toronto Hydro : mené en collaboration avec Plug'n Drive et Elocity Technologies, ce programme pilote

fournissait des dispositifs de recharge intelligente aux résidents avec lesquels ils pouvaient surveiller et contrôler la recharge de leur VE. Il servait aussi à recueillir des données sur les habitudes de recharge afin d'orienter les futurs efforts de planification de l'infrastructure et de gestion de la demande²⁰⁷.

SWTCH : recharge intelligente de VE dans les immeubles résidentiels à logements multiples : appuyé par le Fonds de partenariats en R-D, le programme Stages de développement des talents et un site régional pour le développement des technologies (SRDT) du ROIV, SWTCH a mis au point Cortex, une plateforme de recharge intelligente de VE, qui permet d'améliorer l'efficacité énergétique du réseau en gérant l'équilibrage des charges dans les immeubles à logements multiples²⁰⁸.

SWTCH et Kite Mobility : optimisation de la recharge dans une communauté à forte densité de population : en juillet 2025, SWTCH a réalisé un projet de recharge pour VE dans un environnement à locataires multiples en partenariat avec Friday Harbour Resort, Kite Mobility et le ROIV. Dans le cadre du projet, 15 bornes de recharge intelligente de niveau 2 et un système de gestion de la demande ont été installés pour dans un complexe de villégiatures de luxe avec SWTCH Control^{MC} pour ajuster dynamiquement les charges en fonction de la consommation d'énergie en temps réel, réduire la pression exercée sur le réseau local et faciliter l'adoption à grande échelle des VE. Le projet a aussi été intégré à la plateforme de mobilité partagée de

Kite, sur laquelle les résidents peuvent réserver et partager des VE et véhicules de micromobilité, ce qui encourage l'utilisation de moyens de transport durables dans les milieux à forte densité de population²⁰⁹.

Plateforme de gestion intelligente des activités de recharge de Clockwork : projet novateur qui se sert de l'IA pour améliorer la fiabilité et l'efficacité de l'infrastructure des VE. Clockwork a développé une plateforme alimentée par l'IA qui surveille l'état des bornes de recharge pour VE, détecte les anomalies et automatise les tâches d'entretien. Cette approche proactive aide à réduire le temps d'indisponibilité et à offrir un service uniforme aux utilisateurs. Soutenu par le ROIV, le projet, mené en partenariat avec BGIS, vise à mettre à l'échelle les réseaux de recharge intelligente tout en réduisant le plus possible les coûts et l'impact sur le réseau²¹⁰.

Plateforme HIEV-Nano d'Elicity : projet de recharge intelligente de VE axé sur l'intégration avant-gardiste de l'IA et technologies d'échange d'énergie bidirectionnel. Appuyée par le ROIV, la plateforme HIEV-Nano d'Elicity gère dynamiquement l'énergie en permettant aux VE de se recharger et de restituer de l'énergie aux domiciles, aux immeubles ou au réseau d'électricité. Ce système équilibre les charges énergétiques en temps réel, réduisant du coup le besoin de précéder à des mises à niveau coûteuses du réseau en plus de favoriser la durabilité. La solution d'Elicity convient particulièrement aux dépôts de véhicules, aux IRLM et aux sites commerciaux²¹¹.

Électrification des réseaux de transport en commun

Projet pilote de recharge d'autobus électriques de la CTT et de PowerON Energy Solutions : la Commission de transport de Toronto (CTT) a installé 10 pantographes pour recharger des autobus électriques à son garage Birchmount situé à Scarborough. Réalisé en partenariat avec PowerON Energy Solutions, ce projet pilote portait sur l'électrification du parc de véhicules de la CCT et la mise à l'essai de solutions de recharge haute capacité dans les dépôts²¹².

Chaîne de blocs et innovation énergétique

Projet pilote de recharge avec chaîne de bloc de SWTCH et Opus One : ce projet de démonstration se servait de la technologie de chaîne de blocs pour suivre la consommation et la facturation d'énergie liées à la recharge de VE dans des immeubles de bureaux de Toronto. Il portait aussi sur la transformation des VE en source d'électricité pour les résidents, afin de pousser plus loin le concept de systèmes énergétiques décentralisés²¹³.

Recharge de VE lourds et industriels

Projet pilote de recharge de véhicules lourds d'HydroOne : financé par RNCan, ce projet pilote est axé sur l'élaboration d'un modèle évolutif de recharge pour les camions électriques lourds. Il porte sur les exigences uniques à respecter en matière d'infrastructure et de réseau pour électrifier le secteur du transport commercial²¹⁴.

Investissement dans Stromcore pour la mise au point de chargeurs pour chariots élévateurs électriques : avec le soutien du gouvernement fédéral, Stromcore a lancé deux nouveaux produits, plus précisément Turbo Bank, un chargeur rapide alimenté par l'IA, et Electric Cart, un chariot élévateur électrique adapté au temps froid. Ces innovations soutiennent l'électrification dans le secteur industriel et la recharge rapide dans des environnements difficiles²¹⁵.

Innovation en matière de véhicules autonomes et de recharge sans fil

Système de recharge rapide pour véhicules autonomes de Jule : grâce au soutien du Programme de développement des talents du ROIV, Jule a recruté de nouveaux membres pour son équipe d'ingénieurs en vue de la mise au point et du déploiement de stations de recharge adaptées aux véhicules autonomes (VA)²¹⁶.

Système de recharge sans fil pour VA ou VE d'eLeapPower : soutenu par le Fonds de partenariats en R-D et le Programme de développement des talents du ROIV, ce projet portait sur les solutions de recharge sans fil et autonome pour les véhicules utilitaires électriques et connectés et visait à répondre au défi que représentent les infrastructures du dernier kilomètre²¹⁷.

Station de recharge de VE transportable de TROES et Day & Night Solar : financé dans le cadre du volet VE du Fonds de partenariats en

R-D du ROIV, ce projet est axé sur le développement d'une station de recharge portable de niveau 3 alimentée à l'énergie solaire et d'un SSEB repliable. Ce système se déploie rapidement pour servir d'appoint au réseau, en permettant de recharger des VE dans des endroits éloignés ou des emplacements temporaires²¹⁸.

« Notre gouvernement ouvre la voie à un avenir électrique en construisant l'infrastructure de recharge pour VE dont les conducteurs ont besoin, là où ils en ont besoin. En augmentant l'accessibilité des bornes de recharge publiques pour VE dans la province, y compris au sein des communautés rurales et nordiques, nous offrons aux conducteurs des options de déplacement plus durables et plus pratiques²¹⁹. »

— Prabmeet Sarkaria, ministre des Transports de l'Ontario

4.3 Initiatives de l'Ontario axées sur le réseau intelligent et l'infrastructure numérique

Réseau intelligent et compteurs avancés

L'Ontario s'impose comme un chef de file mondial dans l'intégration des VE au réseau d'électricité. Grâce à son engagement à innover dans le domaine des réseaux intelligents ces dix dernières années, la province a jeté de solides bases numériques qui permettent de gérer l'énergie en temps réel, soutiennent des solutions de transport propres et placent l'Ontario à l'avant-garde de la transition énergétique²²⁰.

Un élément central des efforts de l'Ontario pour rendre son réseau intelligent est son infrastructure relative aux compteurs avancés (ICA), y compris le déploiement pratiquement universel de compteurs intelligents dans les foyers et les entreprises²²¹. Ces compteurs prennent en charge la facturation de tarifs FHC et fournissent des données détaillées en temps réel sur la consommation d'électricité²²². Les données recueillies sont essentielles pour gérer la recharge des VE, car les services publics peuvent s'en servir pour surveiller l'évolution de la demande et aider les consommateurs à opter pour la recharge pendant les heures creuses, afin de réduire la pression exercée sur le réseau et les coûts. Pour promouvoir l'innovation et responsabiliser les consommateurs, l'Ontario a adopté la norme de transmission des données sur l'électricité du bouton vert²²³. Cette initiative permet aux consommateurs de transférer en toute sécurité les

données sur leur consommation d'énergie vers des applications tierces; ces données sont ensuite utilisées pour développer des solutions de recharge intelligente et des outils de gestion énergétique²²⁴. En élargissant l'accès aux données de consommation d'énergie, l'Ontario favorise une nouvelle gamme de services numériques qui peuvent optimiser les horaires de recharge de VE, réduire les coûts et rendre le réseau plus fiable.

Le réseau intelligent de l'Ontario s'appuie sur une vaste infrastructure de données. Le système de gestion et de stockage des données des compteurs (SGSDC) enregistre des milliards de données ponctuelles transmises par les compteurs intelligents, que les services publics utilisent pour analyser les habitudes de recharge de VE²²⁵. Dans le cadre de projets pilotes, des VE ont été équipés d'enregistreurs de données sur les habitudes de recharge (heure et lieu), lesquelles ont servi à prévoir les répercussions locales sur le réseau au moyen de modèles améliorés par l'IA²²⁶. Avec ces renseignements, les services publics peuvent créer des « cartes de densité » d'adoption de VE, déterminer les transformateurs susceptibles d'être surchargés et élaborer des programmes à l'intention des clients, comme des alertes s'ils rechargent leur VE en période de forte demande. Comme la demande d'électricité provenant de l'électrification du transport augmentera de 20 % par année, ces analyses sont essentielles à la planification proactive du réseau²²⁷.

Solutions et services numériques et logiciels

L'Ontario compte aussi sur un écosystème florissant de plateformes logicielles permettant de gérer la recharge de VE de manière évolutive. La plateforme infonuagique « EV Fleet Orchestrator » mise au point par l'entreprise d'Ottawa BluWave-ai en constitue un exemple, car elle optimise la recharge des parcs de VE en utilisant les données en temps réel sur les prévisions météorologiques, les tarifs d'électricité, l'état des bornes et la télématique des véhicules²²⁸. Cet outil permet aux exploitants de parcs automobiles, y compris ceux œuvrant dans les domaines du transport en commun municipal, de la livraison du dernier kilomètre et du soutien aéroportuaire, d'étaler les recharges, de réduire les charges de pointe, voire d'employer les VE comme source d'énergie de secours, ce qui se traduit à la fois par des économies d'exploitation et des avantages pour le réseau²²⁹.

Les services publics investissent également dans l'innovation. La SIERE se sert de son Fonds d'innovation pour le réseau (FIR) pour appuyer des projets portant sur la recharge intelligente et le stockage d'énergie par batterie²³⁰. Depuis 2005, le FIR a permis de réaliser des projets d'énergie novateurs en Ontario dans le but de réduire la facture d'électricité des contribuables. Le FIR a financé plus de 260 projets depuis sa mise sur pied, y compris ceux qui visent à soutenir l'infrastructure de recharge de VE²³¹. Plus récemment, il a soutenu des projets d'Elocity Technologies, de PowerON Energy Solutions LP, de Sky Clean Energy, d'Alectra Utilities et de SWTCH

qui étaient axés, entre autres, sur les plateformes intégrées de VE, le stockage d'énergie par batterie, la V2G et l'efficacité du réseau. Depuis 2019, la valeur totale des projets financés par le FIR s'élève à plus de 110 millions de dollars, y compris des investissements de 9,26 millions de dollars en 2024²³².

Une autre initiative digne de mention est l'Espace innovation de la Commission de l'énergie de l'Ontario, un bac à sable réglementaire flexible à la disposition des projets pilotes d'intégration des véhicules au réseau²³³. Ces initiatives facilitent la transition de l'Ontario d'une infrastructure fixe à des systèmes logiciels d'énergie intelligents, en plus de servir d'exemples aux autres administrations qui souhaitent intégrer efficacement les VE à leur réseau.

Par ailleurs, l'Ontario examine de nouveaux modèles pour gérer la demande venant de la recharge, dont le stockage à la demande (SaaS). Les modèles SaaS adaptés aux VE offrent un accès à la demande au stockage d'énergie par batterie, ce qui aide à équilibrer les charges du réseau, à gérer les coûts d'énergie et à soutenir l'intégration de sources d'énergies renouvelables. Par exemple, dans le cadre du projet pilote VE Partout, Moment Energy, une entreprise qui donne une deuxième vie aux batteries de VE après leur mise hors service, réemploiera ces batteries pour fournir une capacité supplémentaire en périodes de pointe²³⁴. Ce modèle permet aux services publics de reporter des mises à niveau coûteuses de l'infrastructure en comblant leurs besoins d'énergie auprès de tiers qui en emmagasinent²³⁵. Dans la même veine, la plateforme de décarbonation de Peak Power, une entreprise torontoise du secteur des technologies

propres, regroupe les VE et les batteries sous forme de « centrale virtuelle » qui peut participer aux programmes de réduction de la demande en périodes de pointe²³⁶. La centrale virtuelle de Peak Power a été exploitée en janvier 2020, lorsque la SIERE a demandé de réduire la demande. Durant cet événement, la réduction moyenne de la demande s'est chiffrée à 1 mégawatt (MW) sur une période de quatre heures, grâce à la centrale virtuelle composée de quatre batteries de 500 kilowatts (kW), de douze VE de 30 kW et des efforts de réduction de charges menés dans huit immeubles commerciaux au centre-ville de Toronto²³⁷. En quatre heures, la valeur de ces réductions a dépassé 10 500 \$²³⁸.

Ces modèles SaaS présentent des avantages opérationnels et économiques, en transformant les VE en actifs qui concourent à la fiabilité et la résilience du réseau.

Initiatives en matière de RED, de SSEB et de microréseaux

L'Ontario dispose d'installations prometteuses de RED, notamment de panneaux solaires installés sur les toits, qui aident à contrebalancer la consommation d'électricité des VE. Deux programmes clés ont appuyé les RED en Ontario : le Programme de tarifs de rachat garantis (TRG) pour les micro-projets et le Programme de facturation nette. Mis en œuvre de 2009 à 2017, le Programme de TRG pour les micro-projets versait aux propriétaires et autres fournisseurs un prix garanti pendant 20 ans pour toute l'électricité produite dans le cadre de projets d'énergie renouvelable qui ont une puissance installée d'au plus 10 kW²³⁹.

Le Programme de facturation nette est une initiative permanente dans le cadre duquel les consommateurs peuvent produire de l'électricité renouvelable pour leur propre usage tout en envoyant l'excédent d'électricité, ce qui leur permet d'obtenir un crédit pour compenser les frais liés à leur future consommation d'électricité²⁴⁰. Les crédits servent aussi à compenser l'énergie du réseau qu'un VE consomme la nuit. North Bay est un exemple de communauté qui se sert des RED pour la recharge de VE. À son parc énergétique communautaire, une « fleur de panneaux solaires » orientable de 10 kW recharge une batterie de 250 kW, qui en retour, alimente des bornes de recharge publiques, afin que les véhicules puissent être rechargés, même si le réseau principal est en panne²⁴¹.

Comme mentionné précédemment, le marché mondial des SSEB, qui désigne les batteries fixes qui emmagasinent de l'électricité et équilibrent les charges du réseau, en plus de servir à la recharge de VE, connaît un essor dans la foulée de l'adoption des VE. Les exemples d'utilisation de cette technologie en Ontario sont abondants. Les sociétés de transport en commun, dont la CCT, collaborent avec la filiale PowerOn d'Ontario Power Generation (OPG) à la conception de garages d'autobus dotés de SSEB appartenant à des services publics qui rechargent lentement les autobus électriques pendant les heures creuses et les rechargent rapidement au changement de quart, ce qui permet d'aplanir le profil de charge du dépôt et de réduire les coûts pendant la durée de vie des autobus²⁴². Toujours à Toronto, Peak Power a coordonné l'utilisation d'une centrale virtuelle composée d'un VE et d'un système de stockage

d'énergie, afin de réduire la demande exercée par un bâtiment sur le réseau en périodes de pointe²⁴³.

Un microréseau est un système énergétique local contrôlable doté de ses propres sources d'énergie qui peut fonctionner seul ou en coordination avec le réseau principal, notamment en cas de pannes. L'Ontario s'est aussi penché sur le rôle de soutien et d'optimisation que les microréseaux peuvent jouer au chapitre de la recharge de VE. Parmi les exemples de projets pilotes de microréseau, mentionnons le projet de microréseau d'énergie communautaire intelligent d'Opus One réalisé à Pickering en Ontario²⁴⁴. Le microréseau regroupait 27 maisons en rangée dotées chacune de panneaux solaires installés sur le toit, d'un SSEB et d'une borne de recharge de VE. Le projet intégrait tous ces éléments à l'aide d'une plateforme de gestion des ressources énergétiques intelligente, afin de coordonner leur utilisation.

4.4 Initiatives de gestion de la demande et d'optimisation de la charge en Ontario

Du côté de la demande, une approche de gestion et d'optimisation de la charge multidimensionnelle est étudiée par l'Ontario; celle-ci intègre des signaux économiques comme les tarifs FHC, des systèmes de gestion de la recharge de VE pour coordonner la demande et une circulation bidirectionnelle d'énergie permettant aux VE de restituer de l'énergie aux domiciles, aux immeubles et même au réseau d'électricité.

Stratégies de tarification

L'Ontario prévoit une augmentation de 75 % de la demande d'électricité d'ici 2050, d'où l'importance d'une utilisation efficace du réseau²⁴⁵. La province a lancé des mesures telles que le régime de tarification NTB pour encourager la recharge de VE en période creuse, en offrant un tarif réduit de 3,9 ¢ par kilowattheure (kWh) de 23 h à 7 h²⁴⁶. Cette initiative aide à aplani la courbe de charge et à utiliser l'excédent d'électricité produit durant la nuit. De plus, la Commission de l'énergie de l'Ontario (CEO) entend adopter des tarifs d'électricité applicables aux stations de recharge rapide publiques pour VE ayant un faible facteur d'utilisation (infrastructure haute capacité peu utilisée)²⁴⁷. Ce tarif, réduit d'environ 67 % par rapport aux tarifs antérieurs appliqués en période creuse, donne une excellente raison aux conducteurs de VE de planifier la recharge de leur VE quand la demande est faible. Selon les estimations, il serait possible de réaliser des économies de 5,7 millions de dollars en coûts de capacité si un nombre suffisant de clients passait au tarif de nuit très bas²⁴⁸. Le tarif est appliqué moyennant un mécanisme de « gestion virtuelle de la charge », qui incite les consommateurs à déplacer les charges vers les périodes où le réseau est le plus flexible.

De plus, l'Ontario a été l'une des premières administrations en Amérique du Nord à offrir des tarifs d'électricité NTB à la quasi-totalité des clients résidentiels²⁴⁹. Les tarifs d'électricité NTB varient selon la période durant laquelle l'électricité est consommée; ainsi, les tarifs les plus bas sont appliqués

pendant les heures creuses et les tarifs plus élevés en périodes de pointe. Ces stratégies de tarification favorisent l'adoption de VE tout en atténuant la pression sur le réseau en périodes de pointe. Enfin, des services publics et d'autres acteurs clés réalisent des projets axés sur la « recharge intelligente » et l'échange d'énergie V2G; les programmes pilotes de Peak Power et d'Alectra (AlectraDrive @Home) en sont des exemples. Ces efforts visent à faire en sorte que le réseau ne soit ni surdimensionné ni surchargé.

Initiatives de gestion de la recharge

Les services publics emploient des outils de gestion de la recharge pour ajuster la recharge des VE en temps réel afin d'éviter les pics de consommation, assurer la stabilité du réseau et utiliser plus d'énergie de sources renouvelables, en plus d'envoyer des signaux concernant les tarifs. L'Ontario dirige des programmes qui portent sur ce genre de solutions. Par exemple, BluWave-ai a organisé avec succès le premier événement de gestion de la demande et de la recharge par l'IA au Canada au moyen d'un éventail diversifié de VE, en partenariat avec Hydro Ottawa²⁵⁰. La plateforme EV Everywhere^{MC} de l'entreprise a suspendu les séances de recharge en périodes de pointe pour aider à stabiliser le réseau et à promouvoir la consommation d'énergie de sources renouvelables²⁵¹. De son côté, dans le cadre du programme pilote AlectraDrive @Home, Alectra a étudié la réponse des propriétaires de VE aux incitatifs et aux commandes automatisées²⁵². À ce sujet, les experts soulignent l'importance d'offrir des incitatifs dans le cadre des

efforts pour mettre en place un système efficace de gestion du réseau. Les consommateurs ont particulièrement besoin d'être incités à participer à des programmes, notamment si les services publics contrôlent la recharge de leur VE, par exemple en période de canicule, quand le réseau est mis à rude épreuve²⁵³. Le programme AlectraDrive @Home a permis de conclure qu'un contrôle direct de la part des services publics ainsi que des incitatifs tarifaires permettaient d'obtenir les mêmes résultats, soulignant combien l'application de judicieux facteurs comportementaux peut être efficace²⁵⁴. Le programme pilote réunissait trois groupes de conducteurs de VE : les services publics géraient la recharge des VE du premier groupe, un petit crédit pour la recharge pendant les heures creuses était versé au deuxième groupe et le troisième agissait comme groupe témoin²⁵⁵. On a constaté une réduction de près de 60 % de la recharge dans le groupe ayant reçu un incitatif sous forme de crédit et de 85 % dans le groupe dont la recharge était gérée par les services publics entre 19 h et 21 h, la période où le réseau est le plus sollicité²⁵⁶.

Initiatives d'échange d'énergie V2X

Les technologies V2X permettent aux VE de communiquer entre eux et de restituer de l'énergie au réseau ou à d'autres systèmes, ce qui traduit par plus de flexibilité, une résilience énergétique accrue et de nouvelles sources de revenus. L'Ontario a déjà commencé à déployer des technologies de recharge V2X. En 2019, 21 bornes de recharge bidirectionnelle de niveau 3 connectées à des véhicules Nissan LEAF

ont été déployées dans trois tours de bureaux dans le cadre du projet Peak Drive²⁵⁷. En périodes de forte demande, les véhicules restituaient de l'énergie aux immeubles, pour des économies annuelles d'énergie atteignant jusqu'à 8 000 \$ par VE, illustrant du coup la faisabilité technique de l'intégration de la technologie V2B et les avantages économiques qu'elle présente²⁵⁸. Si on est encore loin d'un déploiement généralisé de la technologie V2G, celle-ci est très prometteuse à long terme. Selon les prévisions, la capacité totale de décharge des VE de l'Ontario pourrait dépasser la demande de pointe en été dans la province²⁵⁹. Utilisées de manière stratégique, ces ressources latentes pourraient fournir de l'électricité en période de pointe à des coûts bien moindres que ceux à engager pour la construction et l'exploitation de centrales d'électricité de pointe au gaz naturel.

4.5 Principaux acteurs de l'écosystème de l'infrastructure de recharge de VE en Ontario

L'écosystème de l'infrastructure de recharge de VE de l'Ontario évolue rapidement, sous l'impulsion d'un groupe diversifié d'intervenants, y compris des entreprises privées, des organismes de réglementation et des fournisseurs d'électricité. Cet écosystème englobe la fabrication de matériel, le développement de logiciels, le stockage d'énergie et l'intégration au réseau intelligent. Des acteurs clés contribuent non seulement à l'expansion des réseaux de recharge de VE résidentiels, commerciaux et publics, mais aussi à l'innovation dans les secteurs tels que la gestion énergétique par l'IA, la recharge sans fil et les

technologies de batterie. Les organismes de réglementation et les services publics locaux jouent un rôle essentiel dans l'élaboration des politiques et la normalisation des exigences de raccordement au réseau, en plus de soutenir le déploiement de l'infrastructure de recharge dans la province.

Organismes de réglementation

Commission de l'énergie de l'Ontario : principal organisme de réglementation des services publics d'électricité et de gaz naturel de la province. Pour simplifier l'intégration de l'infrastructure de recharge pour VE, la CEO a publié les procédures de raccordement pour la recharge de véhicules électriques²⁶⁰. Comme mentionné précédemment, en 2022, la CEO a aussi demandé à tous les distributeurs d'électricité de lui fournir des informations publiques sur la capacité excédentaire de leur réseau, afin de faciliter la planification des bornes de recharge de VE et autres nouvelles charges.

Société indépendante d'exploitation du réseau d'électricité : organisme chargé de gérer le réseau d'électricité de l'Ontario et de planifier les besoins énergétiques à long terme. Il appuie l'intégration de la recharge pour VE au moyen de programmes comme le FIR, qui finance les projets axés sur la recharge intelligente, les technologies V2G et la fiabilité du réseau²⁶¹.

Grandes sociétés de services publics

Toronto Hydro : société de distribution d'électricité municipale qui dessert la ville de Toronto. Dans le

domaine de la recharge de VE, Toronto Hydro appuie le déploiement de l'infrastructure en établissant des partenariats et des plans stratégiques qui cadrent avec les objectifs de carboneutralité de la ville²⁶².

Alectra Utilities : société qui dessert plusieurs municipalités, dont Mississauga, Vaughan et Hamilton. Elle prend activement part à des programmes pilotes de réseau intelligent et de recharge de VE, y compris à la recherche sur la technologie V2G, et elle a conçu un site Web accessible au public qui fournit de l'information sur les VE²⁶³.

Hydro One : société qui dessert des clients principalement dans des régions rurales et éloignées, qui représentent 26 % de tous les clients dans la province²⁶⁴. Elle facilite les raccordements des stations de recharge rapide publiques, en particulier le long des autoroutes et dans les régions sous-desservies²⁶⁵.

Fournisseurs de l'infrastructure de recharge pour VE

United Chargers (Toronto) : important fabricant canadien d'équipements de recharge pour VE qui est reconnu pour sa gamme de bornes Grizzl-E. United Chargers se consacre à la création de solutions de recharge durables, abordables et évolutives pour les particuliers et les entreprises²⁶⁶.

Autochargers.ca (Markham) : filiale d'United Chargers, elle est spécialisée dans la vente,

l'installation et l'entretien de bornes de recharge de VE résidentielles et commerciales²⁶⁷.

Evolute Power (Toronto) : société spécialisée dans les solutions de gestion de l'énergie et de recharge pour VE, en particulier celles destinées aux IRLM. Ses technologies vedettes, comme le panneau intelligent Evolute^{MC} et la plateforme Evolute PRO, sont évolutives et compatibles avec toutes les bornes de recharge de l'infrastructure des immeubles²⁶⁸. Forte du soutien du ROIV et en partenariat avec Eaton Industries Canada, Evolute Power fait progresser son système de gestion énergétique intelligent d'infrastructure de VE²⁶⁹.

Kiwi Charge (Toronto) : société qui offre la recharge en tant que service (CaaS) au moyen d'unités mobiles autonomes qui alimentent directement les VE stationnés, pour ainsi éviter des mises à niveau coûteuses des infrastructures. En rendant la recharge résidentielle plus accessible et abordable, Kiwi Charge accélère l'adoption des VE en milieux urbains²⁷⁰.

metroEV (Markham) : entreprise spécialisée dans l'installation de bornes de recharge pour VE destinées aux secteurs résidentiel, commercial et institutionnel²⁷¹.

SWTCH (Toronto) : entreprise qui offre des solutions de recharge de VE adaptées aux immeubles à logements multiples,

complétées par une robuste plateforme de recharge²⁷².

Jule (Toronto) : entreprise qui intègre des options de recharge de niveau 3 aux systèmes de gestion intelligente de l'énergie et de stockage d'énergie par batterie, pour accroître la réactivité du réseau²⁷³. Auparavant eCamion, Jule a collaboré avec le Centre d'excellence automobile de l'Université technologique de l'Ontario par l'intermédiaire du SRDT de Durham du ROIV à la mise au point d'une solution de stockage d'énergie et de recharge rapide de bout en bout²⁷⁴.

SolarBank Corporation (Toronto) : l'entreprise, qui se nomme maintenant PowerBank Corporation, s'implante dans le secteur des infrastructures de VE en réalisant des projets de recharge rapide à Woodstock, Peterborough et Milton, en collaboration avec AI Renewable et des collectivités des Premières Nations²⁷⁵.

Technologies de stockage d'énergie et de batterie

Gbatteries (Ottawa) : entreprise qui met au point une technologie novatrice de gestion intelligente des batteries conçue pour la mobilité électrique²⁷⁶.

Peak Power (Toronto) : fournisseur de solutions logicielles de stockage d'énergie et d'optimisation pour les immeubles, les véhicules et le réseau d'électricité²⁷⁷.

TROES (Markham) : fournisseur de systèmes modulaires de stockage d'énergie par batterie intégrant des contrôleurs de miniréseaux²⁷⁸.

Stromcore Energy Inc. (Mississauga) : concepteur de batteries aux ions de lithium industrielles qui fait avancer les technologies de recharge rapide²⁷⁹.

AlumaPower (Sarnia) : entreprise en démarrage du secteur des technologies propres qui conçoit une technologie de batterie air-aluminium qui transforme les rebuts d'aluminium en énergie propre durable²⁸⁰. Grâce au soutien du ROIV, AlumaPower travaille avec Festival Hydro pour mettre à l'essai en conditions réelles un générateur d'électricité indépendant du réseau pour la recharge de VE²⁸¹.

e-Zinc Inc. (Toronto) : entreprise qui met à l'essai des solutions de stockage de l'énergie longue durée. e-Zinc a mis au point une technologie électrochimique révolutionnaire de stockage d'énergie dans du zinc métallique, qui constitue une solution de recharge sûre, abordable et recyclable aux batteries conventionnelles²⁸². Appuyée par le ROIV et en partenariat avec Toyota Tsusho Canada, e-Zinc met au point des solutions de stockage novatrices à différentes fins, dont la recharge évolutionnée de VE²⁸³.

Solutions de recharge intelligente et reposant sur l'IA

BluWave-ai (Ottawa) : entreprise qui a développé la plateforme de planification intelligente de la recharge de VE alimentée par l'IA du programme VE Partout²⁸⁴.

Clockwork (Kitchener) : entreprise qui met au point un logiciel de gestion des activités de recharge de VE qui permet aux exploitants de connaître en temps réel la performance de l'ensemble des bornes de recharge ainsi que l'intégrité des systèmes. Forte du soutien du ROIV et de la collaboration de BGIS Global Integrated Solutions, l'entreprise développe une plateforme alimentée par l'IA pour améliorer la fiabilité et l'efficacité de l'infrastructure de recharge de VE²⁸⁵.

eLeapPower (Toronto) : entreprise qui met au point systèmes efficaces pour groupe motopropulseur et des équipements de recharge sans fil avec lesquels les VE peuvent se recharger directement à partir de sources renouvelables²⁸⁶.

Elocity Technologies Inc. (Toronto) : fournisseur de systèmes de recharge intelligente et bidirectionnelle (HIEV-Nano) compatibles avec des solutions de production d'énergie solaire et de stockage d'énergie par batterie²⁸⁷. Appuyée par le ROIV, Elocity Technologies travaille en partenariat avec Milton Energy and Generation Solutions Inc. et Burlington Electricity Services Inc. à la mise en œuvre d'une solution de recharge de VE résidentielle et commerciale en nanoréseau²⁸⁸.

Innovateurs dans les technologies pour véhicules et de recharge

Daymak (Toronto) : entreprise qui met au point des VE légers et une technologie brevetée de recharge sans fil (Ondata)²⁸⁹.

PowerON Energy Solutions (Toronto) : filiale d'OPG qui se spécialise dans l'électrification des parcs de véhicules de transport. Elle fournit aux sociétés de transport en commun et aux exploitants commerciaux des solutions d'infrastructure de recharge pour VE et énergétiques qui contribuent à accélérer le virage de l'Ontario vers la mobilité électrique verte²⁹⁰.

Verdyn (Toronto) : fournisseur de solutions énergétiques spécialisé dans les systèmes de recharge de VE et d'alimentation de pointe. Son infrastructure résiliente novatrice permet l'intégration de sources d'énergie propre et d'éléments au réseau dans les régions éloignées et en milieu industriel²⁹¹. Avec le soutien du ROIV, Verdyn travaille avec Thinking Capital à la mise au point et à la démonstration d'une installation de recharge rapide innovante par énergie solaire en microréseau CC qui comprend une solution de stockage d'énergie²⁹².

Soneil Spark (Brampton) : entreprise qui offre une gamme de technologies de recharge intelligente évolutives, y compris des bornes de recharge modulaires de niveau 3 et des remorques de recharge de VE mobiles. Soneil Spark couourt aux progrès de l'infrastructure de VE résidentielle, commerciale et en régions éloignées²⁹³. Grâce au soutien d'OK Tire et du ROIV, Soneil Spark conçoit un système d'équilibrage des charges du réseau qui permet d'utiliser plus efficacement l'infrastructure électrique existante, afin que les entreprises puissent déployer des capacités de recharge de VE sans avoir à faire des améliorations coûteuses et de longue haleine aux équipements électriques²⁹⁴.

Variablegrid (Toronto) : entreprise spécialisée dans les systèmes de gestion énergétique de la recharge de VE à domicile et pour immeubles à logements multiples²⁹⁵. Bénéficiant du soutien du ROIV, Variablegrid collabore avec Hypercharge Networks et Leading Ahead Inc. au développement d'une plateforme de gestion énergétique qui ajuste dynamiquement la recharge de VE, dotée de capacités de coordination énergétique multiniveau et d'échange d'énergie V2G²⁹⁶.

Voltra (Waterloo) : entreprise en démarrage qui met au point un logiciel d'interface de programmation d'application modulaire pour moderniser l'infrastructure de VE et les systèmes énergétiques décentralisés. Sa plateforme phare, Charge, permet de contrôler les réseaux de recharge de VE en temps réel et de façon évolutive, ce qui

aide les services publics et les sociétés d'exploitation à gérer la demande, à accroître la fiabilité et à prolonger la durée de vie de leur infrastructure existante²⁹⁷.

Cence Power Inc. (Markham) : spécialisée dans la commercialisation d'un système de distribution de CC facile à déployer, Cence Power Inc. met au point un système d'alimentation de 12kW de classe 4 dotée de capacités de gestion de défauts qui révolutionne l'infrastructure de recharge de VE de niveau 2 en éliminant le besoin d'installer du câblage CA traditionnel, une protection mécanique et des conduits^{298,299}.

Ce projet vise à accroître l'extensibilité, la rentabilité et la flexibilité des installations de bornes de recharge de VE, en particulier dans les établissements commerciaux, où les panneaux électriques sont souvent situés loin des stationnements. Contrairement aux bornes de recharge de niveau classiques, qui nécessitent du câblage CA de 240 V, le système de Cence Power Inc. alimente directement la borne de recharge en CC de 400 V; l'installation est donc simplifiée et il est possible d'utiliser du câblage en cuivre moins épais, ce qui réduit considérablement les coûts des matériaux et les répercussions sur l'environnement. Le système comprend un mécanisme perfectionné de détection de défauts et de coupure rapide de courant qui en assure la sécurité ainsi que le maintien d'une distribution d'électricité en CC à haut rendement.

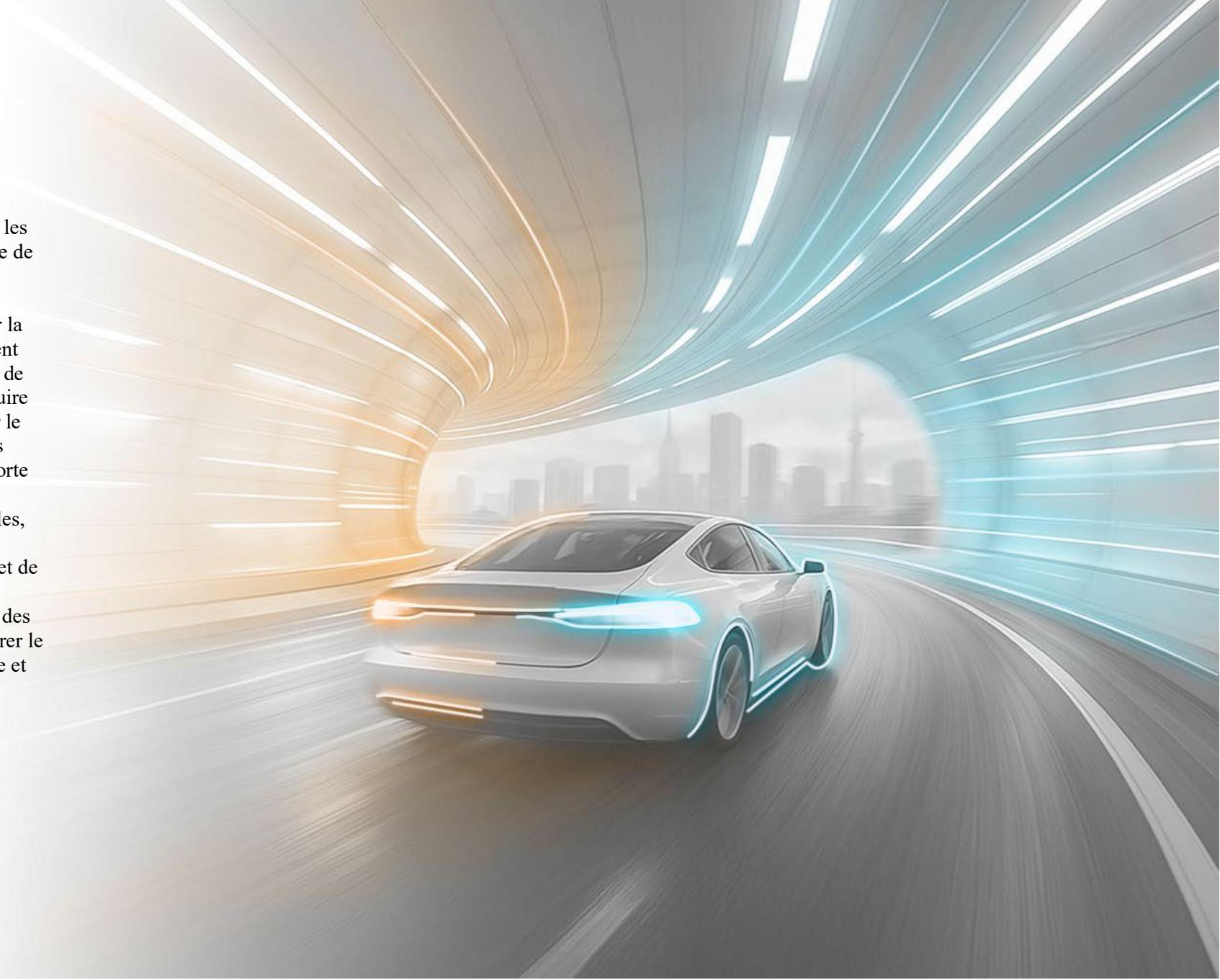
Ce projet a pour objectif de faire passer la technologie d'un système de validation de principe fonctionnel à un système certifié par l'UL, validé dans le cadre d'installations pilotes en Ontario. En réduisant les besoins en main-d'œuvre et en matériaux des installations de bornes de recharge pour VE, la solution soutient l'adoption à grande échelle des VE tout en consolidant la position de chef de file de l'Ontario dans l'innovation en énergie propre. Le projet créera des emplois hautement spécialisés dans les secteurs de l'énergie et des technologies propres en Ontario, renforcera les partenariats de fabrication locaux et aidera la province à atteindre ses objectifs en accélérant la transition à une infrastructure de recharge de VE plus efficace.

Principaux acteurs de l'écosystème de l'infrastructure de recharge de VE en Ontario



5. Possibilités pour l'Ontario

À l'heure où l'Ontario accélère sa transition vers les VE, la province se voit offrir une occasion unique de bâtir un réseau de recharge de VE encore plus équitable, efficace et prêt pour l'avenir. Des programmes comme le Programme ontarien pour la recharge des VE et les procédures de raccordement pour la recharge de véhicules électriques ont jeté de solides bases et la prochaine étape consiste à réduire les écarts qui subsistent dans l'accès, à simplifier le déploiement et à dégager une nouvelle valeur des technologies émergentes. Le prochain chapitre porte sur les possibilités suivantes : accès élargi à la recharge dans les immeubles à logements multiples, renforcement des réseaux en régions rurales et éloignées, intégration de la recharge intelligente et de la technologie V2G, simplification du processus d'obtention de permis et participation au marché des VE réunis au moyen d'un agrégateur, pour préparer le terrain à une infrastructure connectée, intelligente et inclusive.



5.1 Élaborer une stratégie d'infrastructure de recharge de VE provinciale pour orienter et harmoniser les initiatives existantes

En élaborant une stratégie d'infrastructure de recharge de VE ciblée, l'Ontario peut mener la transition vers des solutions de transport propres en plus de s'attaquer aux principaux défis liés à la capacité du réseau électrique, à l'urbanisme et à l'accès équitable. Les experts soulignent la valeur d'une stratégie pour la planification et les engagements commerciaux à long terme³⁰⁰. Une stratégie bien définie peut servir de feuille de route pour coordonner les investissements, simplifier l'obtention de permis et le déploiement et faire en sorte que le développement de l'infrastructure suit la croissance de l'adoption de VE. Les experts mettent en relief l'importance d'avoir des stratégies de déploiement compatibles avec le réseau et de mettre l'accent sur des solutions qui tiennent à la fois compte du réseau et des utilisateurs finaux. Par exemple, ils recommandent la colocalisation de bornes de recharge, la réalisation d'études d'impact sur le réseau, l'utilisation de RED et d'énergie de sources renouvelables et des normes d'intéropérabilité qui tiennent compte de l'intégration future des bornes de recharge³⁰¹.

Une stratégie d'infrastructure de recharge de VE conçue pour l'Ontario peut être particulièrement importante dans les zones à forte densité et les IRLM.

Les experts ajoutent que l'âge moyen des appartements en Ontario est d'environ quarante ans, de sorte que les coûts d'infrastructure peuvent augmenter considérablement à cause d'une capacité électrique, d'une superficie disponible et d'une connectivité limitées³⁰². Une stratégie peut aussi appuyer la décentralisation des réseaux de distribution d'électricité en Ontario, qui compte 59 distributeurs³⁰³. Dans cet écosystème, les petites sociétés de services publics risquent d'avoir moins de ressources pour s'attaquer de front à la recharge de VE. Les experts mentionnent la possibilité d'intégrer les communications entre les SDL pour simplifier l'écosystème de l'infrastructure de recharge de VE³⁰⁴.

Le fait de se concentrer expressément sur l'infrastructure de recharge de VE pourrait aussi grandement contribuer à réduire les coûts, en plus de permettre d'harmoniser les efforts des secteurs public et privé, limiter les recouplements et obtenir plus efficacement du financement. Pour maximiser les investissements, les experts soulignent qu'il faut tenir compte de l'interopérabilité de l'infrastructure durant les efforts pour accroître les capacités de recharge de VE, afin d'offrir des services fiables aux clients et une marche à suivre claire aux SDL, y compris sur leur participation dans le secteur de la recharge de VE³⁰⁵. Les experts ajoutent que les besoins en matière de recharge des véhicules à passagers, des gros camions et des dépôts de VE diffèrent considérablement. Il importe de les examiner si l'on souhaite mettre en place une stratégie efficace pour l'infrastructure de recharge de VE³⁰⁶.

En outre, la stratégie de l'Ontario doit établir une distinction entre l'infrastructure générale de recharge de VE et les exigences propres à la recharge rapide de niveau 3. Les bornes de recharge rapide, essentielles pour ceux qui parcourent de longs trajets et dans les parcs de véhicules commerciaux et régions urbaines où le roulement est élevé, nécessitent plus d'électricité, des raccordements plus robustes au réseau et des exigences différentes en matière d'emplacement que les bornes de niveaux 1 et 2. L'intégration à la stratégie d'une partie consacrée à la recharge de niveau 3 permettrait d'aborder le besoin de moderniser le réseau, afin qu'il soit à haute capacité, d'assurer la planification stratégique des corridors et d'établir des partenariats avec des exploitants commerciaux. Elle contribuerait aussi à optimiser le déploiement de la recharge rapide en fonction du trafic, des types de véhicule et des zones économiques, au lieu de simplement accroître l'accès général. Sans ce genre d'approche ciblée, on risque de passer à côté d'importants scénarios d'utilisation et de rater des occasions d'accélérer l'adoption des VE au sein de secteurs percutants.

L'Ontario peut s'inspirer des chefs de file mondiaux. L'AFIR de l'UE impose la mise en place de stations de recharge rapide tous les 60 km le long des principaux corridors et comprend des normes techniques et des échéanciers clairs à cet égard. Cela a ouvert la voie au déploiement accéléré et à l'interopérabilité au sein des États membres. Parallèlement, la stratégie nationale de la Chine lui a permis de mettre en place une infrastructure de

recharge de VE de premier plan en misant sur de rigoureux efforts de planification centrale, d'intégration urbaine et d'innovation en matière de technologies d'échange de batterie et de réseau intelligent. Enfin, certains experts recommandent de faire mention des normes ouvertes de recharge de VE pour améliorer l'interopérabilité et veiller à ce que les investissements dans l'infrastructure de recharge de VE, tant sous forme de matériel que de logiciels, soient pérennes et prêts à intégrer de nouvelles technologies³⁰⁷. En adoptant une stratégie semblable fondée sur les données qui tient compte de la géographie unique, du réseau et de la dynamique de marché de l'Ontario, la province peut assurer la pérennité de son infrastructure, attirer des investissements et favoriser une transition énergétique équitable et efficace.

5.2 Accroître l'accès à la recharge de VE dans les immeubles résidentiels à logements multiples

Comme l'adoption de VE s'accélère en Ontario, il devient de plus en plus important de garantir un accès équitable à l'infrastructure de recharge dans les IRLM. Une partie importante de la population ontarienne habite dans des immeubles en copropriété ou des ensembles d'habitations collectives, où il peut être difficile techniquement et coûteux pour les résidents d'installer leur propre borne de recharge pour VE. Les experts soulèvent aussi des problèmes de capacité du réseau dans ces régions et d'autres défis rencontrés lors de la mise à niveau des IRLM pour la recharge de VE. Les immeubles existants, en

particulier ceux construits avant l'arrivée des VE, n'ont pas été conçus pour supporter les besoins en électricité de la recharge. De plus, l'infrastructure électrique de certaines régions peut être vieillissante et encore plus limitée³⁰⁸.

Pour remédier à cette situation, la province pourrait lancer des incitatifs ciblés pour la modernisation des installations d'IRLM existants visant à permettre la recharge de VE. Ces incitatifs pourraient aider à payer les coûts engagés pour l'amélioration des systèmes électriques, l'installation de bornes de recharge et l'obtention de permis; de plus, des conseils techniques sur le processus pourraient être donnés aux gestionnaires immobiliers et aux syndicats de copropriétaires. Parallèlement, l'Ontario pourrait prendre des mesures proactives pour veiller à ce que les nouveaux projets immobiliers soient pérennes en imposant l'installation d'une infrastructure compatible avec les VE dans tous les nouveaux IRLM de la province, comme Toronto le fait avec son règlement de zonage 569-2013³⁰⁹. Ce faisant, il faudrait aussi mettre à jour les codes du bâtiment afin d'exiger qu'un pourcentage minimal des places de stationnement soient dotées de la capacité électrique nécessaire pour installer des bornes de recharge de VE. Ces obligations contribueraient à réduire le besoin d'effectuer ultérieurement de coûteuses mises à niveau et à faire en sorte que les nouveaux parcs immobiliers cadrent avec les objectifs d'électrification à long terme de la province. Il serait aussi possible d'encourager les municipalités à adopter des règlements de zonage complémentaires qui soutiennent l'infrastructure de VE dans les zones à forte densité.

Pour s'attaquer aux défis uniques des milieux urbains, où le stationnement est limité et partagé, l'Ontario pourrait appuyer les programmes pilotes de solutions de recharge partagée ou intelligente. Ces programmes pourraient porter sur des modèles novateurs, comme les sites de recharge communautaires, les systèmes d'accès par tranches de temps et les technologies de gestion intelligente de la charge qui permettent à plusieurs utilisateurs de partager efficacement une borne de recharge. En s'associant avec les services publics, les fournisseurs de technologies et les administrations locales, la province peut mettre à l'essai des solutions évolutives qui rendent la recharge de VE plus accessible dans les milieux urbains denses, pour ainsi remédier au manque d'infrastructure à la disposition des citadins.

5.3 Continuer à encourager la collaboration entre l'industrie, le gouvernement et le milieu de l'enseignement

Les technologies de recharge intelligente de VE et les innovations en la matière sont indispensables pour préparer la mise en place d'un réseau robuste et tourné vers l'avenir. Comme les intervenants évoluent dans divers domaines, dont la production, le transport et la distribution d'électricité, la vente au détail et la recharge de VE, une collaboration stratégique continue entre les organismes gouvernementaux, les établissements d'enseignement et l'industrie de la recharge de VE est essentielle. Ces intervenants apportent chacun une expertise et des ressources différentes en plus de jouer un rôle important au sein du réseau d'électricité ontarien. L'Ontario fait déjà preuve

de leadership grâce à des initiatives telles que le FIR de la SIERE, qui examine les goulots d'étranglement et les risques à l'échelle du réseau électrique et finance des projets et tire parti des possibilités et des nouvelles technologies qui en découlent³¹⁰. Le ROIV donne également accès à des espaces propices à l'établissement de liens dans le cadre de ses divers programmes, dont le Fonds de partenariats en R-D, le Programme des incubateurs et le réseau de SRDT.

De plus, les universitaires de la province s'intéressent au croisement entre les VE, l'électricité et la technologie et font la démonstration de résultats fort utiles pour les gouvernements et l'industrie. Par exemple, l'Université technologique de l'Ontario compte en son sein le groupe Smart Transportation Electrification and Energy Research (STEER), qui dirige des travaux de recherche et de développement sur les bornes de recharge filaires et sans fil, les systèmes de stockage d'énergie et les moteurs d' entraînement des VE avec le soutien du gouvernement et des partenaires de l'industrie³¹¹. Le Programme de chaires d'excellence en recherche du Canada du McMaster Automotive Resource Centre de l'Université McMaster en constitue un autre exemple. Ses travaux de recherche portent sur l'électrification des véhicules, y compris la recharge, la technologie V2X, les systèmes de gestion et de stockage d'énergie, l'électronique de puissance et les convertisseurs CC/CC d'électronique de puissance³¹².

Une approche multidisciplinaire est propice à l'établissement d'un écosystème intégré qui favorise la résilience du réseau, l'extensibilité et la transition plus

vaste vers un réseau de mobilité électrique durable. Les experts mentionnent aussi qu'une collaboration accrue pourrait aider les services publics qui cherchent à utiliser les nouvelles technologies et y accéder de manière sûre sans nuire aux activités du réseau³¹³. Un dialogue ouvert et des possibilités de collaboration peuvent également aider les organisations à concevoir des solutions qui répondent aux besoins du marché ontarien et à tenir compte des obstacles à l'adoption tôt dans le processus³¹⁴. Ce genre d'approche est particulièrement utile dans les marchés de l'électricité qui accordent plus d'importance à la faisabilité financière qu'à l'exploration de nouvelles technologies.

De plus, les experts soulignent combien les possibilités de financement, dont les subventions, concourent à l'innovation et le rôle des espaces mis à la disposition de l'industrie, des organismes de réglementation et des services publics dans la recherche axée sur les nouvelles technologies. Des incitatifs peuvent être une source de motivation pour innover et faire des améliorations dans des espaces positifs, afin d'accroître la rentabilité et l'émergence de nouvelles technologies et solutions au service des consommateurs et du réseau³¹⁵. Moyennant la poursuite d'efforts coordonnés, ces groupes peuvent accélérer la mise au point de systèmes énergétiques intelligents et de solutions de recharge pour VE, dans le but de réduire le plus possible l'impact sur le réseau.

5.4 Renforcer les réseaux de recharge en régions rurales et éloignées

Pour assurer un accès équitable à l'infrastructure de recharge de VE en Ontario, il faut s'attaquer aux défis uniques auxquels font face les communautés rurales, nordiques et autochtones. Souvent, celles-ci ont souvent une faible densité de population et n'offrent pas les incitatifs commerciaux qui stimulent les investissements du secteur privé dans les centres urbains. Pour combler ce fossé, l'Ontario devrait continuer à offrir plus de financement ciblé pour les bornes de recharge publiques dans les régions sous-desservies. Il importe aussi de renforcer les réseaux de recharge ruraux pour remédier à un obstacle de taille à l'adoption de VE, soit l'angoisse de la panne, et de permettre aux conducteurs de VE de parcourir de longues distances dans la province et hors de ses frontières. Faute d'un accès fiable à la recharge dans les régions éloignées, les conducteurs pourraient être réticents à passer aux VE, surtout s'ils font des trajets interurbains ou se rendent dans différentes régions du pays.

En outre, une collaboration avec les services publics locaux, les coopératives d'énergie et les organismes communautaires est primordiale pour déterminer les endroits les plus judicieux pour les nouvelles bornes. Ces parties prenantes connaissent très bien les habitudes de déplacement, la capacité du réseau et

les besoins communautaires à l'échelle locale. En les faisant collaborer, la province peut s'assurer de la faisabilité technique et des avantages pour la société des investissements dans l'infrastructure. La priorité pourrait être accordée aux lieux névralgiques suivants des régions éloignées : centres communautaires, cliniques médicales, écoles et centres de transport régionaux. Dans les régions particulièrement éloignées ou hors réseau, l'Ontario pourrait explorer des solutions de recharge innovantes, comme les unités de recharge mobile, les stations alimentées à l'énergie solaire ou les systèmes à batterie tampon qui ne dépendent pas d'une connectivité complète au réseau. Ces technologies peuvent constituer des options flexibles et évolutives dans les endroits où une infrastructure classique n'est pas une solution viable. Ces modèles pourraient être mis à l'essai en partenariat avec des communautés autochtones et des fournisseurs de technologies propres dans le cadre de programmes pilotes pour aider à renforcer la capacité locale et faire en sorte qu'aucune région ne soit écartée de la transition vers les VE.

5.5 Intégrer des technologies de recharge intelligente et V2G

L'intégration de technologies de recharge intelligente et V2G offre l'occasion d'accroître l'efficacité du réseau, de réduire les coûts d'énergie et de rendre le réseau d'électricité plus résilient. Avec la recharge intelligente, il est possible de recharger les VE pendant les heures creuses ou quand l'énergie de source renouvelable est disponible en abondance,

tandis que la V2G permet aux VE de restituer de l'électricité au réseau selon les besoins, en transformant en quelque sorte les véhicules en unités de stockage d'énergie mobiles.

Les experts ajoutent qu'il est important de tirer parti des technologies intelligentes, des données et d'une collaboration entre l'industrie et les services publics pour en arriver à répondre à la demande croissante d'électricité et issue de la recharge de VE en optimisant la capacité et la production d'énergie. Des solutions de recharge de VE et de réseaux plus intelligentes peuvent contribuer à une utilisation plus efficace des services publics. Faire fonctionner des centrales de pointe par intermittence et dans le but de maintenir la capacité, par exemple lors de canicules, coûte cher. De plus, les centrales de pointe sont peu utilisées, mais comme elles fonctionnent généralement au gaz naturel, elles produisent beaucoup d'émissions. Le fait d'en faire un usage limité aide à réduire les émissions. Pour accroître la capacité de production d'énergie, il faut investir des sommes considérables dans des projets qui s'échelonnent sur plusieurs années.³¹⁶

Les technologies intelligentes peuvent aider à réduire la demande de pointe et la pression sur le réseau en plus d'améliorer l'intégration de sources d'énergies renouvelables intermittentes. Selon les experts, il existe actuellement une lacune en matière de recharge bidirectionnelle, à savoir le peu d'intérêt démontré par les grandes sociétés qui desservent d'importants parcs de VE, où la technologie est encore peu employée³¹⁷. Pour tirer parti de ces avantages, l'Ontario peut

continuer à appuyer les projets pilotes qui mettent la technologie V2G à l'essai dans divers environnements, comme les parcs de véhicules commerciaux, les lieux de travail et les quartiers. Les parcs d'autobus scolaires ou les véhicules de livraison qui sont stationnés pendant de longues périodes se prêteraient fort bien à des essais axés sur la V2G. Ces projets pilotes contribueraient à cerner les obstacles de nature technique, économique et comportementale tout en fournissant des données utiles pour orienter un déploiement à plus grande échelle.

Parallèlement, la province pourrait collaborer avec les organismes de réglementation et les autres parties prenantes à l'élaboration de normes et de cadres réglementaires clairs en matière de recharge bidirectionnelle. Ces efforts serviront notamment à définir les exigences d'interconnexion, les protocoles de sécurité et les modes de rémunération pour la restitution d'énergie au réseau. De plus, les parties impliquées devront s'entendre sur les conditions à satisfaire à différents égards (véhicule, borne de recharge, infrastructure de transport, réglementation) pour assurer une expérience de recharge bidirectionnelle homogène. Sans ces politiques générales, les services publics et les consommateurs peuvent être réticents à investir dans une infrastructure qui prend en charge la recharge bidirectionnelle et la technologie V2G.

Enfin, l'Ontario peut continuer à offrir des programmes de tarification dynamique ou de gestion de la demande qui récompensent les propriétaires de VE qui rechargent leur véhicule lorsque la demande

est faible ou réduisent la charge en périodes de pointe. Utilisés avec des bornes de recharge intelligentes, ces programmes peuvent automatiser l'utilisation d'énergie, au profit des consommateurs et du réseau. Les experts ajoutent qu'une adéquation entre les indicatifs financiers et les besoins du réseau peut aider l'Ontario à accélérer l'adoption de technologies de recharge intelligente tout en poursuivant ses grands objectifs de décarbonation et d'électrification³¹⁸.

5.6 Simplifier les processus d'obtention de permis et d'interconnexion

Les procédures de raccordement pour la recharge de véhicules électriques ont joliment préparé le terrain à la normalisation de l'installation et du raccordement au réseau des bornes de recharge de VE, mais une simplification s'impose pour accélérer le déploiement et réduire les goulots d'étranglement administratifs. Il serait possible de créer une plateforme numérique centralisée de style « guichet unique » pour l'obtention de permis à partir de laquelle les promoteurs, les municipalités et les services publics pourraient gérer les demandes, les approbations et les inspections. Cette plateforme permettrait de suivre le statut en temps réel, de téléverser des documents et de recevoir des notifications automatiques, ce qui contribuerait grandement à réduire les délais et à améliorer la transparence du processus d'obtention de permis. De plus, la province pourrait offrir une assistance technique et du soutien en renforcement des capacités

aux municipalités et aux petites sociétés de services publics qui ne disposent pas des ressources ou des compétences pour traiter efficacement les demandes liées à la recharge de VE. Cette aide pourrait prendre la forme de programmes de formation, de modèles normalisés ou d'un service d'assistance provincial qui fournit des conseils sur les exigences techniques, les questions de zonage et les procédures d'interconnexion. En égalisant les chances, l'Ontario peut faire en sorte que les petites communautés ne soient pas laissées pour compte lors du déploiement de l'infrastructure des VE.

En Ontario, il faut suivre un processus en six étapes pour raccorder une nouvelle installation au réseau, qui prend en général de 3 à 5 ans³¹⁹. Le nouveau Plan intégré de l'énergie de l'Ontario recommande notamment d'examiner les procédures et les délais de raccordement au réseau et d'étudier la possibilité d'établir des normes de rendement pour les sociétés concernées, en particulier la SIERE et la CEO³²⁰. Certaines mesures ont déjà été mises en œuvre : en 2024, la CEO a publié des procédures normalisées de raccordement pour la recharge de véhicules électriques assorties de calendriers et d'exigences qui s'appliquent à toutes les compagnies d'électricité locales et remplacent les procédures disparates que suivaient jusqu'à maintenant 58 services publics locaux³²¹. Les procédures sont donc plus claires et prévisibles à la fois pour les promoteurs et les services publics, ce qui aide à harmoniser les attentes et à réduire les incertitudes relatives aux projets. Les experts ajoutent que des efforts pour simplifier les processus

d'interconnexion contribueraient à accélérer le déploiement de l'infrastructure de recharge pour VE³²².

L'Ontario complète ses investissements à grande échelle dans l'infrastructure de production et de distribution d'électricité avec des réformes destinées à accélérer le raccordement des actifs. En définissant clairement à qui incombe la responsabilité d'améliorer les raccordements et en tirant parti d'outils comme « un guichet unique » pour coordonner les demandes de permis, l'Ontario vise à faire en sorte que les ressources nécessaires soient branchées efficacement au réseau.

5.7 Permettre aux VE d'intégrer le marché par agrégation et en procédant à une réforme de la réglementation

L'intégration au marché constitue l'une des plus importantes possibilités de transformation de l'écosystème de VE en Ontario; plus précisément, il s'agit de permettre la participation des VE réunis au moyen d'un agrégateur ou des agrégateurs tiers aux marchés de l'électricité administrés par la SIERE. Ainsi, les parcs de VE pourraient servir de RED et fournir des services en matière de capacité, de régulation de la fréquence et de gestion de la demande. Aux États-Unis, le décret n° 2222 de la Federal Energy Regulatory Commission contribue déjà à ce virage en exigeant des exploitants de réseau d'électricité d'autoriser les regroupements de RED à soumissionner sur les marchés de gros³²³. L'Ontario emboîte le pas

avec l’initiative en matière de RED de la SIERE intitulée DER Market Vision and Design Project³²⁴.

Dans cette feuille de route, la SIERE énonce l’objectif de mettre en place d’ici 2026 des modèles de participation élargie aux marchés de gros en vertu desquels les RED, y compris les VE, pourront fournir les services qu’ils sont techniquement en mesure d’offrir. Ces efforts comprennent l’élaboration de nouveaux modèles de participation, de protocoles de collaboration entre la SIERE et les SDL et de cadres pour les solutions de recharge non filaires³²⁵. Ils sont essentiels pour exploiter pleinement la valeur des VE comme actifs du réseau, maintenant qu’ils sont de plus en plus nombreux et que leur capacité collective de stockage d’énergie augmente.

Dans un avenir rapproché, rien ne dit qu’un agrégateur qui gère une dizaine de milliers de VE ne pourra pas contribuer à réduire la demande de plusieurs mégawatts lors d’une enchère de capacité ou à réguler la fréquence en modulant les modèles de recharge en temps réel³²⁶. Pour ce faire, l’Ontario devra établir des cadres réglementaires clairs en matière d’agrégation, y compris des règles pour la télémétrie, les systèmes de compteurs et de transactions et la cybersécurité. De plus, une coordination entre la SIERE, la CEO et les services publics sera nécessaire pour que la participation des VE réunis par un agrégateur ne compromette pas la fiabilité du réseau ni la protection des renseignements personnels des clients.

En considérant les VE à la fois comme des ressources de transport et des participants actifs du réseau, l’Ontario peut offrir de nouvelles sources de revenus et inciter du coup les propriétaires de VE à servir d’appoint au réseau, à améliorer la flexibilité du réseau et à réduire le besoin de faire des mises à niveau coûteuses de l’infrastructure. Cette nouvelle approche marquerait une étape importante dans la transition énergétique de la province, caractérisée par la pleine intégration des VE au réseau électrique et la mise en valeur de leur rôle au chapitre de la fiabilité, de l’abordabilité et de la décarbonation.

5.8 Renforcer la confiance des consommateurs au moyen de solutions fondées sur les données

Si le nombre de bornes de recharge publiques installées est généralement connu, il manque de données sur le fonctionnement ou le temps de disponibilité de ces appareils³²⁷. Les adopteurs précoce de VE sont plus enclins à accepter les défaillances occasionnelles des bornes de recharge, mais il importe de faire en sorte que la recharge soit fiable et conviviale pour renforcer la confiance des consommateurs et inciter un grand nombre d’entre eux à faire la transition³²⁸. Même si les tentatives de recharge infructueuses découlent fréquemment d’erreurs de la part des utilisateurs, elles peuvent aussi être causées par des problèmes techniques occasionnés par des véhicules non compatibles ou la défaillance du système dorsal³²⁹. Les conditions ambiantes, en particulier les conditions météorologiques extrêmes dans les pays comme

le Canada, peuvent avoir une forte incidence sur l’efficacité et la demande d’énergie, et façonner ce faisant les modèles d’utilisation³³⁰.

Les experts ont souligné l’importance des renseignements sur la capacité dans le maintien de réseaux de recharge efficaces et fiables, surtout dans les milieux urbains. L’utilisation des cartes de capacité interactives publiées en ligne par les services publics de l’Ontario contribuera à la fiabilité de l’électrification dans la province, y compris la recharge de VE. Les experts ajoutent que ces informations aideront à attirer des investisseurs directs étrangers en mettant à leur disposition des données claires et accessibles; ainsi, l’écosystème de l’infrastructure de recharge de VE pourra se développer afin de répondre aux besoins des clients³³¹.

5.9 Poursuivre la constitution de la main-d’œuvre d’aujourd’hui et de demain

Tandis que l’Ontario continue de se positionner comme un chef de file en électrification des transports, il doit reconnaître que le développement d’une main-d’œuvre qualifiée et prête pour l’avenir est à la fois une nécessité stratégique et une occasion importante à saisir. La capacité de la province à poursuivre sur sa lancée dans le secteur des VE et notamment à l’essor de l’infrastructure de recharge repose sur la constitution d’un bassin de talents capables de s’adapter aux technologies émergentes, de stimuler l’innovation et de soutenir les entreprises de fabrication locales et les exportateurs. Le développement de la main-d’œuvre

ne consiste pas seulement à les préparer pour l'avenir; il s'agit aussi de répondre aux besoins immédiats d'une industrie qui évolue rapidement.

Les experts jugent important de doter les jeunes d'aujourd'hui des compétences nécessaires pour comprendre et utiliser les technologies émergentes, qui seront particulièrement essentielles pour conserver et créer des emplois dans la province. Ces efforts peuvent également aider à faire de l'Ontario un chef de file dans la fabrication et les exportations qui touchent l'infrastructure de recharge de VE. Elocity fait partie des entreprises qui démontrent déjà ce potentiel, car son modèle de recharge actuel comprend une carte de circuit principale fabriquée au Canada³³².

La Stratégie et feuille de route en matière de talents du ROIV contribue de belle façon aux efforts ci-dessus. Initiative provinciale, elle garantit un développement de talents qui répond à l'évolution des besoins des secteurs de l'automobile et de la mobilité. Il est ainsi possible d'adapter le bassin de talents de l'Ontario en fonction de la transformation qui s'opère dans ces secteurs. En cernant les principales lacunes en matière de compétences et les débouchés à venir, la feuille de route facilite la planification stratégique dans les domaines de l'éducation, de la formation et de l'emploi, et contribue à la constitution d'une main-d'œuvre résiliente et compétitive, capable de répondre aux exigences de l'électrification et de la mobilité intelligente.

En guise d'exemple concret de réussite, les experts mentionnent les programmes axés sur la main-d'œuvre tels que le Programme de développement des talents du ROIV, qui est très utile pour les organisations qui souhaitent embaucher des stagiaires ou des boursiers en vue d'une participation directe à leurs activités ou projets. Ces programmes concourent grandement à la transition de la main-d'œuvre, qui peut s'avérer difficile tant pour les employés que pour les employeurs. Veiller à ce que les personnes en début de carrière de l'Ontario aient accès à des débouchés après leurs études peut aussi contribuer à les conserver dans la province ainsi qu'au développement des économies locales et à l'essor des industries de la province. Les experts estiment que le maintien en poste de la main-d'œuvre représente une solution pour la province et recommandent de mettre en valeur les avantages, autres que ceux de nature financière, qui font de l'Ontario un endroit où il fait bon vivre et travailler³³³. Le fait de décrire de manière convaincante les attraits de l'Ontario pour les résidents et les travailleurs peut contribuer à la constitution d'une main-d'œuvre résiliente et engagée.

Tant la main-d'œuvre actuelle que celle de demain doivent acquérir des compétences et des connaissances. Pour combler les lacunes actuelles dans les compétences, les employeurs peuvent envisager d'offrir à leurs effectifs des ateliers obligatoires ou facultatifs sur l'infrastructure des VE. Enfin, pour appuyer ceux qui débutent dans le domaine, les experts recommandent aux universités

d'examiner la possibilité d'intégrer à leurs programmes d'études actuels des cours axés sur les réseaux intelligents et d'autres technologies du réseau, comme les SSEB³³⁴.

L'occasion qui se présente à l'Ontario réside dans sa capacité à façonner de manière proactive une main-d'œuvre qui, en plus de répondre aux besoins actuels, est prête à relever les défis de demain. En continuant de soutenir l'éducation, la formation et le maintien en poste de la main-d'œuvre, la province peut consolider son leadership en électrification et devenir une plaque tournante mondiale de l'innovation en recharge de VE.

6 Glossaire

AFC	Corridors pour l'approvisionnement en carburants de remplacement (<i>alternative fuel corridors</i>)
AFIR	Règlement sur le déploiement d'une infrastructure pour carburants alternatifs
AIE	Agence internationale de l'énergie
BTM	Derrière le compteur (<i>behind-the-meter</i>)
CA	Courant alternatif
CaaS	Recharge en tant que service (<i>Charging-as-a-Service</i>)
CC	Courant continu
CEO	Commission de l'énergie de l'Ontario
CHAdeMO	Norme de recharge rapide japonaise (CHArge de MOve)
CTT	Commission de transport de Toronto
CV	Centrale virtuelle
DIVE	Démonstration d'infrastructure pour véhicules électriques
EVCCP	Procédures de raccordement pour la recharge des véhicules électriques (<i>Electric Vehicle Charging Connection Procedure</i>)
FHC	Tarifs selon l'heure de consommation
FIR	Fonds d'innovation pour le réseau

IA	Intelligence artificielle
ICA	Infrastructure relative aux compteurs avancés
IRLM	Immeubles résidentiels à logements multiples
IRR	Infrastructure de recharge et de ravitaillement
kV	Kilovolt
kVA	Kilovoltampère
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattheure
MCI	Moteur à combustion interne
MVA	Mégavoltampère
MW	Mégawatt
kV	Système de recharge nord-américain (<i>North American Charging System</i>)
kVA	Normes nationales américaines relatives à l'infrastructure des véhicules électriques
kW	Tarifs d'électricité de nuit, très bas
OCPI	Protocole Open Charge Point Interface
OPG	Ontario Power Generation
OZEV	Office des véhicules à émission zéro du Royaume-Uni

PCPR	Règlement sur les bornes de recharge publiques du Royaume-Uni (<i>Public Charge Point Regulations</i>)
PIVEZ	Programme d'infrastructure pour les véhicules à émission zéro
R.-U.	Royaume-Uni
RED	Ressources énergétiques décentralisées
REP	Règlement sur l'électricité propre
RNCan	Ressources naturelles Canada
RTE-T	Réseau transeuropéen de transport
SaaS	Stockage à la demande (<i>Storage-as-a-Service</i>)
SDL	Sociétés de distribution locales
SGRED	Systèmes de gestion des ressources énergétiques décentralisées
SGSDC	Système de gestion et de stockage des données de comptage (<i>Meter Data Management/Repository</i>)
SIERE	Société indépendante d'exploitation du réseau d'électricité
SRC	Système de recharge combiné
SRDT	Site régional pour le développement des technologies
SSEB	Système de stockage d'énergie par batterie
TRG	Tarifs de rachat garantis
TWh	Térawattheure

UE	Union européenne
V2B	Échange d'énergie véhicule-bâtiment
V2G	Échange d'énergie véhicule-réseau
V2H	Échange d'énergie véhicule-maison
V2L	Échange d'énergie véhicule-charge
V2V	Échange d'énergie de véhicule à véhicule
V2X	Échange d'énergie entre un véhicule et n'importe quel appareil
VA	Véhicule autonome
VE	Véhicule électrique
VEB	Véhicule électrique à batterie
VEZ	Véhicule à émission zéro
VHR	Véhicule hybride rechargeable

7. L'équipe du ROIV

**Raed Kadri**

Vice-président, Initiatives stratégiques et développement des activités, directeur du Réseau ontarien d'innovation pour les véhicules (ROIV)

rkadri@oc-innovation.ca

**Mona Eghanian**

Vice-présidente adjointe et sous-directrice
meghanian@oc-innovation.ca

**Emma Kadede**

Coordonnatrice d'équipe
ekadede@oc-innovation.ca

**Hazel Lo** Adjointe administrative
hlo@oc-innovation.ca

Équipe de développement sectoriel et régional

**Dan Ruby**

Directeur du développement sectoriel et régional
druby@oc-innovation.ca

**Patrick Farrer**

Gestionnaire, Programme des incubateurs du ROIV
pfarrer@oc-innovation.ca

**John George**

Responsable sectoriel
jgeorge@oc-innovation.ca

**Corey Shenken**

Responsable régional, Innovation
cshenken@oc-innovation.ca

**Fredrik Andersson**

Responsable régional, Innovation
fandersson@oc-innovation.ca

Équipe de développement des talents et de la main-d'œuvre



Tara J. Remedios
Directrice, Stratégie en matière
de talents et planification de
la main-d'œuvre
tremedios@oc-innovation.ca



Alèque Juneau
Gestionnaire, Stratégie en
matière de main-d'œuvre et
de talents
ajuneau@oc-innovation.ca



Carli Fink
Stratège, Stratégie en matière de
talents et planification de la main-
d'œuvre
cfink@oc-innovation.ca



Rodayna Abuelwafa
Cheffe de projet,
Développement des
compétences
rabuelwafa@oc-innovation.ca



Curtis Lundgren
Chef de projet,
Planification de la main-
d'œuvre et talents
clundgren@oc-innovation.ca



Gowri Prakash
Cheffe de projet technique
gprakash@oc-innovation.ca

Équipe de développement organisationnel et des partenariats stratégiques et internationaux



Greg Gordon
V.-p. adj., Développement
organisationnel, partenariats
stratégiques et internationaux
ggordon@oc-innovation.ca



Joelle Monje
Responsable, Partenariats stratégiques
jmonje@oc-innovation.ca

Équipe de la stratégie et des programmes



Digvijay Mehra
Directeur, Stratégie et
programmes, ROIV
dmehra@oc-innovation.ca



Stephanie Rodrigues
Responsable, Initiatives
stratégiques
srodrigues@oc-innovation.ca



Shane Daly
Gestionnaire du portefeuille
de programmes
sdaly@oc-innovation.ca



Natalia Rogacki
Gestionnaire du portefeuille
de programmes (en congé)
nrogacki@oc-innovation.ca



William To
Gestionnaire du portefeuille
de programmes
wto@oc-innovation.ca



Romelle Maluto
Gestionnaire du portefeuille
de programmes
rmaluto@oc-innovation.ca



Sanhita Guin
Gestionnaire du portefeuille
de programmes
sguin@oc-innovation.ca



Homeira Afshar
Analyste de la
recherche et des
données
hafshar@oc-innovation.ca



Jesurun Ramesh
Responsable des
incubateurs du ROIV
jramesh@oc-innovation.ca



Priyanka Sharma
Spécialiste des programmes
psharma@oc-innovation.ca

8 Avis de non-responsabilité

Le présent rapport a été rédigé par Arup Canada Inc. pour le compte du Centre d’innovation de l’Ontario à la suite d’une demande de propositions intitulée « Ontario Vehicle Innovation Network (OVIN) – Annual Comprehensive Sector Report & Quarterly Specialized Reports » datée du 3 octobre 2024. Il fait partie d’une série de cinq rapports dressant un portrait analytique des technologies automobiles, des véhicules électriques et de la mobilité intelligente en Ontario qui intègre des facteurs liés au paysage des compétences et des talents du secteur.

Les renseignements contenus dans ce rapport sont d’ordre général et le CIO ne fournit aucun conseil ou service professionnel au moyen de la présente publication. Par conséquent, les lecteurs sont invités à ne pas se fier indûment à ce rapport et à faire preuve de diligence raisonnable, notamment en effectuant des recherches et des analyses, avant de prendre des décisions à la lumière du rapport ou des mesures qui peuvent avoir une incidence sur leur entreprise ou sur leurs finances.

Aucune déclaration, aucune garantie, ni aucun engagement (explicite ou implicite) n’est donné quant à l’exactitude ou à l’exhaustivité des informations contenues dans le présent rapport. Le CIO ne peut être tenu responsable de toute perte ou de tout dommage, quel qu’il soit, survenant directement ou indirectement, en relation avec toute personne se fiant à la présente publication.

Les images protégées par le droit d’auteur ne peuvent être utilisées sans un accord écrit explicite. Il convient de les traiter comme des illustrations générales, et non comme une représentation exacte du propos.

© CIO, 2025 Tous droits réservés.



9 Références

- ¹ SIERE. (Avril 2025). Rapport sur les perspectives de planification annuelle 2025 : données du module de prévision de la demande (en anglais seulement). <https://www.ieso.ca/-/media/Files/IESO/Document-Library/planning-forecasts/apo/2025/Demand-Forecast-Module-Data.xlsb>
- ² Gouvernement de l'Ontario. (Novembre 2024). L'Ontario construit un plus grand nombre de bornes de recharge pour véhicules électriques. <https://news.ontario.ca/fr/release/1005313/lontario-construit-un-plus-grand-nombre-de-bornes-de-recharge-pour-vehicules-electriques>
- ³ Smart Electric Power Alliance. (Septembre 2024). EV Charging Infrastructure: Trends, Requirements & Costs (en anglais seulement). <https://sepapower.org/knowledge/ev-charging-infrastructure/>
- ⁴ Smart Electric Power Alliance. (Septembre 2024). EV Charging Infrastructure: Trends, Requirements & Costs (en anglais seulement). <https://sepapower.org/knowledge/ev-charging-infrastructure/>
- ⁵ Plug'n Drive. (s.d.). Charging (en anglais seulement). <https://www.plugndrive.ca/guide-ev-charging/#:~:text=All%20EV%20models%20come%20standard%20with%20a%20portable,matter%20where%20you%20are%2C%20you%20can%20always%20recharge>.
- ⁶ Plug'n Drive. (s.d.). Charging (en anglais seulement). <https://www.plugndrive.ca/guide-ev-charging/#:~:text=All%20EV%20models%20come%20standard%20with%20a%20portable,matter%20where%20you%20are%2C%20you%20can%20always%20recharge>.
- ⁷ Smart Electric Power Alliance. (Septembre 2024). EV Charging Infrastructure: Trends, Requirements & Costs (en anglais seulement). <https://sepapower.org/knowledge/ev-charging-infrastructure/>
- ⁸ Plug'n Drive. (s.d.). Public Charging (en anglais seulement). <https://www.plugndrive.ca/public-charging/>
- ⁹ Smart Electric Power Alliance. (Septembre 2024). EV Charging Infrastructure: Trends, Requirements & Costs (en anglais seulement). <https://sepapower.org/knowledge/ev-charging-infrastructure/>

-
- 10 Gouvernement de l'Ontario. (s.d.). Chargement des véhicules électriques. <https://www.ontario.ca/page/charging-electric-vehicles>
- 11 Smart Electric Power Alliance. (Septembre 2024). EV Charging Infrastructure: Trends, Requirements & Costs (en anglais seulement). <https://sepapower.org/knowledge/ev-charging-infrastructure/>
- 12 AIE. (Mai 2025). Global EV Outlook 2025 (en anglais seulement). <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2025>
- 13 Entretien avec Sheldon Williamson, professeur, Faculté de génie et des sciences appliquées, Université technologique de l'Ontario. (Juillet 2025). Entretien avec Arup. (18 juillet 2025).
- 14 AIE. (Mai 2025). Global EV Outlook 2025 (en anglais seulement). <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2025>
- 15 AIE. (Mai 2025). Global EV Outlook 2025 (en anglais seulement). <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2025>
- 16 Energy Digital. (Mai 2025). Will Battery Swapping Change How Vehicles Are Powered? (en anglais seulement). <https://energydigital.com/articles/could-battery-swapping-make-evs-more-sustainable>
- 17 AIE. (Mai 2025). Global EV Outlook 2025 (en anglais seulement). <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2025>
- 18 AIE. (Mai 2025). Global EV Outlook 2025 (en anglais seulement). <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2025>
- 19 AIE. (Avril 2023). Global EV Outlook 2023 (en anglais seulement). <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2023>
- 20 Dunsky Énergie + Climat. (Mars 2022). <https://ressources-naturelles.canada.ca/sites/nrcan/files/energy/cpcin/2022-les-besoins-infrastructures-recharge-fra.pdf>
- 21 Gouvernement du Canada. (Février 2024). <https://ressources-naturelles.canada.ca/efficacite-energetique/efficacite-energetique-transports/bibliotheque-ressources/infrastructure-recharge-vehicules-electriques-canada>
- 22 Dunsky Énergie + Climat. (Mars 2022). <https://ressources-naturelles.canada.ca/sites/nrcan/files/energy/cpcin/2022-les-besoins-infrastructures-recharge-fra.pdf>
- 23 AIE. (Avril 2023). Global EV Outlook 2023 (en anglais seulement). <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2023>
- 24 Dunsky Énergie + Climat. (Mars 2022). <https://ressources-naturelles.canada.ca/sites/nrcan/files/energy/cpcin/2022-les-besoins-infrastructures-recharge-fra.pdf>
-

-
- 25 [Infrastructure de recharge pour les véhicules électriques au Canada – Ressources naturelles Canada](#)
- 26 AIE. (Avril 2023). Global EV Outlook 2023 (en anglais seulement). <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2023>
- 27 Apex Charger. (s.d.). The Impact of EV Charging on the Power Grid: Challenges and Solutions (en anglais seulement). <https://apexcharger.com/blog/the-impact-of-ev-charging-on-the-power-grid/>
- 28 AIE. (Avril 2023). Global EV Outlook 2023 (en anglais seulement). <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2023>
- 29 ICCT. (Mars 2023). Improving public charging infrastructure reliability (en anglais seulement). <https://theicct.org/wp-content/uploads/2023/03/public-charging-reliability-mar23.pdf>
- 30 Transforma Insights (en anglais seulement). (Août 2024). <https://transformainsights.com/news/global-smart-meters-2033>
- 31 PG&E. (s.d.). Demand response (DR) programs (en anglais seulement). <https://www.pge.com/en/save-energy-and-money/energy-saving-programs/demand-response-programs.html>
- 32 Octopus Electric Vehicles. (s.d.). Powerloop: Vehicle-to-Grid Technology (en anglais seulement). <https://octopusev.com/powerloop>
- 33 Hossain et coll. (Juin 2019). A Comprehensive Review on Second-Life Batteries: Current State, Manufacturing Considerations, Applications, Impacts, Barriers & Potential Solutions, Business Strategies, and Policies (en anglais seulement). <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=8718282>
- 34 Agence internationale de l'énergie (AIE). (s.d.). Solar PV (en anglais seulement). <https://www.iea.org/energy-system/renewables/solar-pv>
- 35 Entretien avec Denis Steyn, PDG, Verdyn. (Juillet 2025). Entretien avec Arup. (16 juillet 2025).
- 36 McKinsey & Company. (Août 2023). [Enabling renewable energy with battery energy storage systems](#) (en anglais seulement).
- 37 Entretien avec Sanjeev Singh, fondateur et chef de la direction, Elicity. (Juillet 2025). Entretien avec Arup. (24 juillet 2025).
- 38 Entretien avec Denis Steyn, PDG, Verdyn. (Juillet 2025). Entretien avec Arup. (16 juillet 2025).
- 39 Entretien avec Denis Steyn, PDG, Verdyn. (Juillet 2025). Entretien avec Arup. (16 juillet 2025).
- 40 Precedence Research. (Janvier 2025). Microgrid Market Size, Share, and Trends 2025 to 2034 (en anglais seulement). <https://www.precedenceresearch.com/microgrid-market>

41 CPUC. (s.d.). Electricity Vehicles Rates and Cost of Fueling (en anglais seulement). <https://www.cpuc.ca.gov/industries-and-topics/electrical-energy/infrastructure/transportation-electrification/electricity-rates-and-cost-of-fueling>

42 Gouvernement de l'Ontario. (Avril 2023). L'Ontario lance un nouveau tarif d'électricité de nuit très bas. <https://news.ontario.ca/fr/release/1002916/lontario-lance-un-nouveau-tarif-delectricite-de-nuit-tres-bas>

43 Entretien avec Sanjeev Singh, fondateur et chef de la direction, Elocity. (Juillet 2025). Entretien avec Arup. (24 juillet 2025).

44 Con Edison. (Février 2024). Con Edison Launches First-of-Its-Kind Managed Charging Rewards Program for Commercial Operators (en anglais seulement). <https://www.coned.com/en/about-us/media-center/news/2024/02-14/con-edison-launches-managed-charging-rewards-program>

45 PG&E. (s.d.). EV Charge Manager (en anglais seulement). <https://www.pge.com/en/clean-energy/electric-vehicles/ev-charge-manager-program.html>

46 Entretien avec Sanjeev Singh, fondateur et chef de la direction, Elocity. (Juillet 2025). Entretien avec Arup. (24 juillet 2025).

47 Driivz. (s.d.). Glossary – V2X (en anglais seulement). <https://driivz.com/glossary/vehicle-to-everything-v2x/>

48 Driivz. (s.d.). Glossary – V2X (en anglais seulement). <https://driivz.com/glossary/vehicle-to-everything-v2x/>

49 Driivz. (s.d.). Glossary – V2X (en anglais seulement). <https://driivz.com/glossary/vehicle-to-everything-v2x/>

50 Driivz. (s.d.). Glossary – V2X (en anglais seulement). <https://driivz.com/glossary/vehicle-to-everything-v2x/>

51 Driivz. (s.d.). Glossary – V2X (en anglais seulement). <https://driivz.com/glossary/vehicle-to-everything-v2x/>

52 Pulse Energy. (Août 2024). Understanding CHADdeMO and CCS in EV Charging (en anglais seulement). <https://pulseenergy.io/blog/electric-vehicle-charging-station-ccs-chademo-explained>

53 PromWad Electronics Design (en anglais seulement). (Avril 2025). <https://promwad.com/news/v2g-v2h-vpp-protocols-eebus-ocpp-openadr>

54 PromWad Electronics Design (en anglais seulement). (Avril 2025). <https://promwad.com/news/v2g-v2h-vpp-protocols-eebus-ocpp-openadr>

55 Stuff. (Juillet 2022). New Zealand vehicle-to-house trial allows EV batteries to power appliances in the home (en anglais seulement).
<https://www.stuff.co.nz/business/350494939/new-zealand-vehicle-to-house-trial-allows-ev-batteries-to-power-appliances-in-the-home>

56 Gouvernement de l'Ontario. (Novembre 2024). L'Ontario produit plus d'énergie pour faire face à la flambée de la demande.
<https://news.ontario.ca/fr/release/1005403/ontario-produit-plus-denergie-pour-faire-face-a-la-flambee-de-la-demande>

57 United States Environmental Protection Agency. (s.d.). Electric Vehicle Myths (en anglais seulement). <https://www.epa.gov/greenvehicles/electric-vehicle-myths>

58 SIERE. (Juin 2025). Ontario's Electricity Grid: Supply Mix and Generation (en anglais seulement). <https://www.ieso.ca/Learn/Ontario-Electricity-Grid/Supply-Mix-and-Generation>

59 SIERE. (Juin 2025). Ontario's Electricity Grid: Supply Mix and Generation (en anglais seulement). <https://www.ieso.ca/Learn/Ontario-Electricity-Grid/Supply-Mix-and-Generation>

60 Mailman School of Public Health de l'Université Columbia. (Octobre 2018). Gas Stations Vent Far More Toxic Fumes Than Previously Thought (en anglais seulement). <https://www.publichealth.columbia.edu/news/gas-stations-vent-far-more-toxic-fumes-previously-thought>

61 Meshari Al-Harbi, Ibrahim Alhajri, AlAnood AlAwadhi et Joann K. Whalen. (2020). Health symptoms associated with occupational exposure of gasoline station workers to BTEX compounds, Atmospheric Environment, Volume 241, 117847, ISSN 1352-2310 (en anglais seulement). <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.117847>

62 Flo. (Février 2024). Le député McCarty présente un projet de loi sur l'équité de la recharge des véhicules électriques (EV Charging Act) pour améliorer l'accès à la recharge.
<https://www.flo.com/fr-ca/press-release/le-depute-mccarty-presente-un-projet-de-loi-sur-lequite-de-la-recharge-des-vehicules-electriques/>

63 The EV Report. (Février 2024). EV Charging Equity Act Unveiled (en anglais seulement). <https://theevreport.com/ev-charging-equity-act-unveiled>

64 Lawrence National Centre for Policy and Management, Ivey Business School. (Mai 2025). Driving Change: How Norway's EV Experience Can Guide Global Transitions (en anglais seulement). <https://www.ivey.uwo.ca/media/jnmnxjn2/western-drivingchange-12-sm.pdf>

65 Association des constructeurs européens d'automobiles. (Mai 2024). Correlation between electric car sales and charging point availability (en anglais seulement). <https://www.acea.auto/figure/interactive-map-correlation-between-electric-car-sales-and-charging-point-availability-2023-data/>

66 Centre for Excellence in Universal Design. (s.d.). About Universal Design (en anglais seulement). <https://universaldesign.ie/about-universal-design>

-
- 67 Electric Autonomy. (Janvier 2024). Accessibility required: Municipalities pushing to make accessible EV chargers the norm (en anglais seulement). <https://electricautonomy.ca/news/2024-01-09/municipalities-accessible-ev-chargers/>
- 68 Designability. (s.d.). Design guidance (en anglais seulement). <https://accessibleevcharging.designability.org.uk/design-guidance/>
- 69 Commission européenne. (s.d.). Infrastructure pour carburants alternatifs (traduction automatique en français) . https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/clean-transport/alternative-fuels-sustainable-mobility-europe/alternative-fuels-infrastructure_en?prefLang=fr&etrans=fr
- 70 Département des Transports des États-Unis. (s.d.). Types of EV Infrastructure Planning (en anglais seulement). <https://www.transportation.gov/rural/ev/toolkit/ev-infrastructure-planning/planning-types#community-level-planning>
- 71 Ville de Toronto. (Septembre 2024). Approach to public Electric Vehicle (EV) Charging to 2030 (en anglais seulement). <https://www.toronto.ca/legdocs/mmis/2024/ie/bgrd/backgroundfile-248782.pdf>
- 72 Resources for the Future. (Août 2024). Equity in Electric Vehicle Charging Infrastructure en anglais seulement). https://media.rff.org/documents/WP_24-14.pdf
- 73 Seattle City Light. (s.d.). Curbside Level 2 Electric Vehicle Charging (en anglais seulement). <https://www.seattle.gov/city-light/in-the-community/current-projects/curbside-level-2-ev-charging>
- 74 International Council on Clean Transportation. (Mai 2025). A method of estimating workforce needs from charging infrastructure build-out for medium-and heavy-duty vehicles (en anglais seulement). <https://theicct.org/wp-content/uploads/2025/05/ID-390-%E2%80%93-high-HDV-workforce-technical-brief-letter-50179-v3.pdf>
- 75 Accélérer et et ChargePoint. (Février 2023). Recharge des VE et emplois au Canada. <https://www.accelerervze.ca/reports/rXdJMeJozY#:~:text=A%20joint%20report%20from%20Accelerate,be%20created%20through%20charger%20installation>
- 76 International Council on Clean Transportation. (Janvier 2024). New Study Estimates Over 160,000 Jobs to be Created by U.S. Electric Vehicle Charging Infrastructure Buildout by 2032 (en anglais seulement). <https://theicct.org/pr-new-study-estimates-over-160000-jobs-to-be-created-by-us-ev-charging-infrastructure-buildout-jan24/#:~:text=The%20growth%20of%20charging%20infrastructure,possible%20from%20increased%20domestic%20production>
- 77 ChargePoint. (s.d.). Devenez un technicien certifié ChargePoint. https://www.chargepoint.com/fr-ca/partners/training-certification?srslid=AfmBOop_XdzY2vdpKY2V9HTIJeR8t_R0AxKsDnnkTB_wQf8i0Bbzl8Cw

-
- 78 Institut de technologie de la Colombie-Britannique. (s.d.). MOOC-0391-Electric Vehicle Charging Infrastructure (en anglais seulement). <https://www.bcit.ca/free-online-learning/industry-courses/mooc-0391-electric-vehicle-charging-infrastructure/>
- 79 Citizens' Electric Company. (s.d.). Fundamentals of Electricity: Load Factor (en anglais seulement).
<https://c03.apogee.net/mvc/home/hes/land/el?utilityname=citizenselectric&spc=foe&id=4552#:~:text=Load%20Factor%20,all%20of%20its%20seats%20full>
- 80 Needell et coll. (Mars 2023). Strategies for beneficial electric vehicle charging to reduce peak electricity demand and store solar energy (en anglais seulement). <https://doi.org/10.1016/j.xcrp.2023.101287>
- 81 National Renewable Energy Laboratory. Electric Vehicle Grid Impact Analysis and Smart-Charge Management (en anglais seulement).
<https://www.nrel.gov/transportation/managed-electric-vehicle-charging#:~:text=Integrated%20EV%20smart%20charging%20can,electrification%20of%20the%20transportation%20sector>
- 82 Bloomberg. (Mars 2025). The device throttling the world's electrified future (en anglais seulement). <https://www.bloomberg.com/features/2025-bottlenecks-transformers/?embedded-checkout=true>
- 83 Bloomberg. (Mars 2025). The device throttling the world's electrified future (en anglais seulement). <https://www.bloomberg.com/features/2025-bottlenecks-transformers/?embedded-checkout=true>
- 84 Bloomberg. (Mars 2025). The device throttling the world's electrified future (en anglais seulement). <https://www.bloomberg.com/features/2025-bottlenecks-transformers/?embedded-checkout=true>
- 85 Utility Dive. (Juin 2025). Why better monitoring of US transformers is a national security imperative (en anglais seulement). <https://www.utilitydive.com/news/monitoring-transformer-shortage-national-security/749349/>
- 86 Bloomberg. (Mars 2025). The device throttling the world's electrified future (en anglais seulement). <https://www.bloomberg.com/features/2025-bottlenecks-transformers/?embedded-checkout=true>
- 87 GEP. (Janvier 2025). Why the switchgear market is facing price and supply challenges (en anglais seulement). <https://www.gep.com/blog/mind/switchgear-market-price-supply-challenges>

-
- 88 AssetWorks. (s.d.). How Supply Chain Disruptions May Affect Your EV Charging Operations (en anglais seulement). <https://www.assetworks.com/fleet/blog/fleet-how-supply-chain-disruptions-may-affect-your-ev-charging-operations/#:~:text=Just%20as%20new%20reports%20say,than%20many%20manufacturers%20can%20replenish>
- 89 Gouvernement du Canada. (s.d.). Bulletin sur les cybermenaces : Les cyberattaques visant le secteur canadien de l'électricité. <https://www.cyber.gc.ca/fr/orientation/bulletin-sur-les-cybermenaces-les-cyberattaques-visant-le-secteur-canadien-de>
- 90 Gouvernement du Canada. (s.d.). Bulletin sur les cybermenaces : Les cyberattaques visant le secteur canadien de l'électricité. <https://www.cyber.gc.ca/fr/orientation/bulletin-sur-les-cybermenaces-les-cyberattaques-visant-le-secteur-canadien-de>
- 91 Entretien avec Sheldon Williamson, professeur, Faculté de génie et des sciences appliquées, Université technologique de l'Ontario. (Juillet 2025). Entretien avec Arup. (18 juillet 2025).
- 92 Entretien avec Sanjeev Singh, fondateur et chef de la direction, Elicity. (Juillet 2025). Entretien avec Arup. (24 juillet 2025).
- 93 Forbes. (Août 2024). The State Of Cybersecurity Of EV Charging Infrastructure (en anglais seulement). <https://www.forbes.com/councils/forbestechcouncil/2024/08/30/the-state-of-cybersecurity-of-ev-charging-infrastructure/>
- 94 TD. (Septembre 2023). Électrifier l'avenir : relever le défi de l'interconnexion des nouveaux projets solaires et éoliens. <https://economics.td.com/fr-interconnection-challenges#:~:text=De%20plus,%20certains%20problèmes%20sous-jacents%20sont%20susceptibles%20d'entraver%20le%20déploiement>
- 95 TD. (Septembre 2023). Électrifier l'avenir : relever le défi de l'interconnexion des nouveaux projets solaires et éoliens. <https://economics.td.com/fr-interconnection-challenges#:~:text=De%20plus,%20certains%20problèmes%20sous-jacents%20sont%20susceptibles%20d'entraver%20le%20déploiement>
- 96 McKinsey & Company. (Avril 2025). New twists in the electric-vehicle transition: A consumer perspective (en anglais seulement). <https://www.mckinsey.com/features/mckinsey-center-for-future-mobility/our-insights/new-twists-in-the-electric-vehicle-transition-a-consumer-perspective>
- 97 McKinsey & Company. (Avril 2025). New twists in the electric-vehicle transition: A consumer perspective (en anglais seulement). <https://www.mckinsey.com/features/mckinsey-center-for-future-mobility/our-insights/new-twists-in-the-electric-vehicle-transition-a-consumer-perspective>
- 98 ChargeX Consortium. (Février 2024). Best Practices for Payment Systems at Public Electric Vehicle Charging Stations (en anglais seulement). <https://driveelectric.gov/files/payment-system-best-practices.pdf>

-
- 99 ChargeX Consortium. (Février 2024). Best Practices for Payment Systems at Public Electric Vehicle Charging Stations (en anglais seulement).
<https://driveelectric.gov/files/payment-system-best-practices.pdf>
- 100 Autorité de recherche et de développement énergétique de l'État de New York. (s.d.). Processus de qualification des équipements et réseaux Charge Ready NY 2.0 (RFQL 5312) (traduction automatique en français).
https://portal.nyserda.ny.gov/CORE_Solicitation_Detail_Page?SolicitationId=a0r8z000000CBXPAA4&_gl=1*uxslp*_gcl_au*MTU2MTk1NDU4OS4xNzUzNzE5MTUw*_ga*MTIwNjE3NzEzNy4xNzUzNzE5MTUw*_ga_DRYJB34TXH*czE3NTM3MTkxNTAkbzEkZzEkdDE3NTM3MTkxNjUkajQ1JGwwJGgw
- 101 Electric Autonomy. (Décembre 2023). New projects streamline EV charging payments, offer hope for frustrated drivers (en anglais seulement). <https://electricautonomy.ca/charging/2023-12-06/ev-charging-payment-streamlined/>
- 102 Entretien avec Sanjeev Singh, fondateur et chef de la direction, Elocity. (Juillet 2025). Entretien avec Arup. (24 juillet 2025).
- 103 EVRoaming Foundation. (s.d.). The ideal EV roaming protocol (en anglais seulement). <https://evroaming.org/the-ideal-ev-roaming-protocol/>
- 104 McKinsey & Company. (Janvier 2024). Exploring consumer sentiment on electric-vehicle charging (en anglais seulement). <https://www.mckinsey.com/features/mckinsey-center-for-future-mobility/our-insights/exploring-consumer-sentiment-on-electric-vehicle-charging>
- 105 McKinsey & Company. (Janvier 2024). Exploring consumer sentiment on electric-vehicle charging (en anglais seulement). <https://www.mckinsey.com/features/mckinsey-center-for-future-mobility/our-insights/exploring-consumer-sentiment-on-electric-vehicle-charging>
- 106 McKinsey & Company. (Janvier 2024). Exploring consumer sentiment on electric-vehicle charging (en anglais seulement). <https://www.mckinsey.com/features/mckinsey-center-for-future-mobility/our-insights/exploring-consumer-sentiment-on-electric-vehicle-charging>
- 107 Electric Autonomy. 2025 EV charging network report: Canada closes in on 13,000 public stations (en anglais seulement). <https://electricautonomy.ca/data-trackers/public-charging-networks/2025-03-06/2025-public-ev-charging-networks-canada/>
- 108 Gouvernement des États-Unis. (Février 2023). National Electric Vehicle Infrastructure Standards and Requirements (en anglais seulement).
<https://www.federalregister.gov/documents/2023/02/28/2023-03500/national-electric-vehicle-infrastructure-standards-and-requirements>
- 109 Gouvernement des États-Unis. (s.d.). Technical Assistance and Resources for States (en anglais seulement). <https://driveelectric.gov/states>
- 110 Gouvernement des États-Unis. (s.d.). Technical Assistance and Resources for States (en anglais seulement). <https://driveelectric.gov/states>

¹¹¹ Gouvernement des États-Unis. (Janvier 2025). Décret présidentiel 14154 du 20 janvier 2025 « Unleashing American Energy » (en anglais seulement).
<https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2025-01-29/pdf/2025-01956.pdf>

¹¹² Commission européenne. (s.d.). Infrastructure pour carburants alternatifs (traduction automatique en français) . https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/clean-transport/alternative-fuels-sustainable-mobility-europe/alternative-fuels-infrastructure_en?prefLang=fr&etrans=fr

¹¹³ Commission européenne. (Mars 2023). Le pacte vert pour l'Europe: accord sur une nouvelle législation ambitieuse aux fins du déploiement d'une infrastructure suffisante pour les carburants alternatifs. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/fr/ip_23_1867

¹¹⁴ Commission européenne. (Mars 2023). Le pacte vert pour l'Europe: accord sur une nouvelle législation ambitieuse aux fins du déploiement d'une infrastructure suffisante pour les carburants alternatifs. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/fr/ip_23_1867

¹¹⁵ Commission européenne. (Mars 2023). Le pacte vert pour l'Europe: accord sur une nouvelle législation ambitieuse aux fins du déploiement d'une infrastructure suffisante pour les carburants alternatifs. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/fr/ip_23_1867

¹¹⁶ Commission européenne. (Mars 2023). Le pacte vert pour l'Europe: accord sur une nouvelle législation ambitieuse aux fins du déploiement d'une infrastructure suffisante pour les carburants alternatifs. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/fr/ip_23_1867

¹¹⁷ Agence internationale de l'énergie (AIE). (Mai 2025). Global EV Outlook 2025: Electric Vehicle Charging (en anglais seulement). <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2025/electric-vehicle-charging>

¹¹⁸ Gouvernement du Royaume-Uni. (Novembre 2023). The Public Charge Point Regulations 2023 (en anglais seulement).
<https://www.legislation.gov.uk/uksi/2023/1168/contents/made>

¹¹⁹ Gouvernement du Royaume-Uni.. (Novembre 2023). The Public Charge Point Regulations 2023 (en anglais seulement).
<https://www.legislation.gov.uk/uksi/2023/1168/contents/made>

¹²⁰ Gouvernement du Royaume-Uni. (s.d.). Electric vehicle chargepoint grant for renters or flat owners (en anglais seulement). <https://www.gov.uk/electric-vehicle-chargepoint-grant-household/eligibility>

¹²¹ Gouvernement du Royaume-Uni. (s.d.). Workplace Charging Scheme (en anglais seulement). <https://www.find-government-grants.service.gov.uk/grants/workplace-charging-scheme-2>

¹²² Commission nationale du développement et de la réforme de la République populaire de Chine. (Janvier 2024). Implementation Opinions on Strengthening the Integration and Interaction between New Energy Vehicles and the Power Grid (NDRC Energy [2023] No. 1721) (en langue originale seulement).
https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/tz/202401/t20240104_1363096.html?mc_cid=60a8d48e2f&mc_eid=fbdebe8496

123 Commission nationale du développement et de la réforme de la République populaire de Chine. (Janvier 2024). Implementation Opinions on Strengthening the Integration and Interaction between New Energy Vehicles and the Power Grid (NDRC Energy [2023] No. 1721) (en langue originale seulement).

https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/tz/202401/t20240104_1363096.html?mc_cid=60a8d48e2f&mc_eid=fbdebe8496

124 Commission nationale du développement et de la réforme de la République populaire de Chine. (Janvier 2024). Implementation Opinions on Strengthening the Integration and Interaction between New Energy Vehicles and the Power Grid (NDRC Energy [2023] No. 1721) (en langue originale seulement).

https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/tz/202401/t20240104_1363096.html?mc_cid=60a8d48e2f&mc_eid=fbdebe8496

125 Commission nationale du développement et de la réforme de la République populaire de Chine. (Janvier 2024). Implementation Opinions on Strengthening the Integration and Interaction between New Energy Vehicles and the Power Grid (NDRC Energy [2023] No. 1721) (en langue originale seulement).

https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/tz/202401/t20240104_1363096.html?mc_cid=60a8d48e2f&mc_eid=fbdebe8496

126 Gouvernement du Canada. (Février 2024). Infrastructure de recharge pour les véhicules électriques au Canada. <https://ressources-naturelles.canada.ca/efficacite-energetique/efficacite-energetique-transports/bibliotheque-ressources/infrastructure-recharge-vehicules-electriques-canada>

127 Gouvernement du Canada. (Mars 2022). Loi canadienne sur la responsabilité en matière de carboneutralité.

<https://www.canada.ca/fr/services/environnement/meteo/changementsclimatiques/plan-climatique/carboneutralite-2050/loi-canadienne-responsabilite-matiere-carboneutralite.html>

128 Gouvernement du Canada. (2024). Règlement sur l'électricité propre (DORS/2024-263). <https://pollution-dechets.canada.ca/registre-protection-environnementale/reglements/visualiser?Id=2181>

129 Département des Transports des États-Unis. (Mai 2023). U.S. Transportation Secretary Buttigieg Joins Canadian Minister of Transport Alghabra, Michigan Governor Whitmer and Mayor Duggan to Announce the First U.S.-Canada Electric Vehicle Corridor (en anglais seulement). Gouvernement des États-Unis.

<https://www.transportation.gov/briefing-room/us-transportation-secretary-buttigieg-joins-canadian-minister-transport-alghabra>

130 Gouvernement du Canada. (s.d.). Programme de démonstration d'infrastructure pour les véhicules électriques (DIVE). <https://ressources-naturelles.canada.ca/financement-partenariats/programme-demonstration-infrastructure-vehicules-electriques-dive>

131 Gouvernement du Canada. (Février 2025). Sommaire de l'évaluation du programme de démonstration d'infrastructure pour véhicules électriques (DIVE).

<https://ressources-naturelles.canada.ca/organisation/planification-rapports/sommaire-l-evaluation-programme-demonstration-infrastructure-vehicules-electriques-dive>

-
- 132 Gouvernement du Canada. (s.d.). Programme d'innovation énergétique – Réseaux électriques intelligents. <https://ressources-naturelles.canada.ca/source-energie/programme-innovation-energetique-reseaux-intelligents>
- 133 Gouvernement du Canada. (s.d.). Programme Énergie propre pour les collectivités rurales et éloignées. <https://ressources-naturelles.canada.ca/financement-partenariats/programme-energie-propre-collectivites-rurales-eloignees>
- 134 Gouvernement du Canada. (Mars 2025). Le gouvernement du Canada annonce des fonds pour l'énergie propre et fiable dans les communautés des Premières Nations et les communautés inuites. <https://www.canada.ca/fr/ressources-naturelles-canada/nouvelles/2025/03/le-gouvernement-du-canada-annonce-des-fonds-pour-lenergie-propre-et-fiable-dans-les-communautes-des-premieres-nations-et-les-communautes-inuites0.html>
- 135 Gouvernement du Canada. (s.d.). Programme d'infrastructure pour les véhicules à émission zéro. <https://ressources-naturelles.canada.ca/efficacite-energetique/efficacite-energetique-transports/pivez>
- 136 RNCAN. (Décembre 2024). Localisateur de stations de recharge et de stations de ravitaillement en carburants de remplacement. https://ressources-naturelles.canada.ca/efficacite-energetique/efficacite-energetique-transports/localisateur-stations-recharge-stations-ravitaillement-carburants-replacement#/analyze?country=CA®ion=CA-ON&tab=station&fuel=ELEC&ev_levels=all
- 137 RNCAN. (Décembre 2024). Localisateur de stations de recharge et de stations de ravitaillement en carburants de remplacement. https://ressources-naturelles.canada.ca/efficacite-energetique/efficacite-energetique-transports/localisateur-stations-recharge-stations-ravitaillement-carburants-replacement#/analyze?country=CA®ion=CA-ON&tab=station&fuel=ELEC&ev_levels=all
- 138 RNCAN. (Décembre 2024). Localisateur de stations de recharge et de stations de ravitaillement en carburants de remplacement. https://ressources-naturelles.canada.ca/efficacite-energetique/efficacite-energetique-transports/localisateur-stations-recharge-stations-ravitaillement-carburants-replacement#/analyze?country=CA®ion=CA-ON&tab=station&fuel=ELEC&ev_levels=all
- 139 RNCAN. (Décembre 2024). Localisateur de stations de recharge et de stations de ravitaillement en carburants de remplacement. https://ressources-naturelles.canada.ca/efficacite-energetique/efficacite-energetique-transports/localisateur-stations-recharge-stations-ravitaillement-carburants-replacement#/analyze?country=CA®ion=CA-ON&tab=station&fuel=ELEC&ev_levels=all
- 140 RNCAN. (Décembre 2024). Localisateur de stations de recharge et de stations de ravitaillement en carburants de remplacement. https://ressources-naturelles.canada.ca/efficacite-energetique/efficacite-energetique-transports/localisateur-stations-recharge-stations-ravitaillement-carburants-replacement#/analyze?country=CA®ion=CA-ON&tab=station&fuel=ELEC&ev_levels=all
- 141 RNCAN. (Décembre 2024). Localisateur de stations de recharge et de stations de ravitaillement en carburants de remplacement. https://ressources-naturelles.canada.ca/efficacite-energetique/efficacite-energetique-transports/localisateur-stations-recharge-stations-ravitaillement-carburants-replacement#/analyze?country=CA®ion=CA-ON&tab=station&fuel=ELEC&ev_levels=all

142 Ministère des Ressources naturelles et des Forêts. (2019). Carte des régions de l'Ontario. https://forms.mgcs.gov.on.ca/en/dataset/cd7b542d-0491-4271-b6cf-2eb5efe0f744/resource/8a8dad5c-783f-48be-8243-b10680f2ad22/download/6_pafo-2024-25_carte-des-regions-de-l-ontario_fr.pdf

143 RNCAN. (Décembre 2024). Localisateur de stations de recharge et de stations de ravitaillement en carburants de remplacement. https://ressources-naturelles.canada.ca/efficacite-energetique/efficacite-energetique-transports/localisateur-stations-recharge-stations-ravitaillement-carburants-replacement#/analyze?country=CA®ion=CA-ON&tab=station&fuel=ELEC&ev_levels=all

144 RNCAN. (Décembre 2024). Localisateur de stations de recharge et de stations de ravitaillement en carburants de remplacement. https://ressources-naturelles.canada.ca/efficacite-energetique/efficacite-energetique-transports/localisateur-stations-recharge-stations-ravitaillement-carburants-replacement#/analyze?country=CA®ion=CA-ON&tab=station&fuel=ELEC&ev_levels=all

145 RNCAN. (Décembre 2024). Localisateur de stations de recharge et de stations de ravitaillement en carburants de remplacement. https://ressources-naturelles.canada.ca/efficacite-energetique/efficacite-energetique-transports/localisateur-stations-recharge-stations-ravitaillement-carburants-replacement#/analyze?country=CA®ion=CA-ON&tab=station&fuel=ELEC&ev_levels=all

146 RNCAN. (Décembre 2024). Localisateur de stations de recharge et de stations de ravitaillement en carburants de remplacement. https://ressources-naturelles.canada.ca/efficacite-energetique/efficacite-energetique-transports/localisateur-stations-recharge-stations-ravitaillement-carburants-replacement#/analyze?country=CA®ion=CA-ON&tab=station&fuel=ELEC&ev_levels=all

147 RNCAN. (Décembre 2024). Localisateur de stations de recharge et de stations de ravitaillement en carburants de remplacement. https://ressources-naturelles.canada.ca/efficacite-energetique/efficacite-energetique-transports/localisateur-stations-recharge-stations-ravitaillement-carburants-replacement#/analyze?country=CA®ion=CA-ON&tab=station&fuel=ELEC&ev_levels=all

148 RNCAN. (Décembre 2024). Localisateur de stations de recharge et de stations de ravitaillement en carburants de remplacement. https://ressources-naturelles.canada.ca/efficacite-energetique/efficacite-energetique-transports/localisateur-stations-recharge-stations-ravitaillement-carburants-replacement#/analyze?country=CA®ion=CA-ON&tab=station&fuel=ELEC&ev_levels=all

149 RNCAN. (Décembre 2024). Localisateur de stations de recharge et de stations de ravitaillement en carburants de remplacement. https://ressources-naturelles.canada.ca/efficacite-energetique/efficacite-energetique-transports/localisateur-stations-recharge-stations-ravitaillement-carburants-replacement#/analyze?country=CA®ion=CA-ON&tab=station&fuel=ELEC&ev_levels=all

150 Réseau de recharge Ivy. (Juillet 2021). Ivy completes Northwestern Ontario portion of network with six locations (en anglais seulement). <https://ivycharge.com/ivy-charging-network-opens-electric-vehicle-fast-charger-location-near-kenora/#:~:text=Ivy%20Charging%20Network%E2%84%A2%20opens%20electric,km%20across%20Northwestern%20Ontario>

151 Gouvernement de l'Ontario. (Novembre 2024). L'Ontario construit un plus grand nombre de bornes de recharge pour véhicules électriques. <https://news.ontario.ca/fr/release/1005313/lontario-construit-un-plus-grand-nombre-de-bornes-de-recharge-pour-vehicules-electriques>

-
- 152 SIERE. (Avril 2025). Rapport sur les perspectives de planification annuelle 2025 (en anglais seulement). <https://www.ieso.ca/-/media/Files/IESO/Document-Library/planning-forecasts/apo/2025/2025-Annual-Planning-Outlook.pdf>
- 153 SIERE. (Avril 2025). Rapport sur les perspectives de planification annuelle 2025 (en anglais seulement). <https://www.ieso.ca/-/media/Files/IESO/Document-Library/planning-forecasts/apo/2025/2025-Annual-Planning-Outlook.pdf>
- 154 SIERE. (Avril 2025). Rapport sur les perspectives de planification annuelle 2025 : données du module de prévision de la demande (en anglais seulement). <https://www.ieso.ca/-/media/Files/IESO/Document-Library/planning-forecasts/apo/2025/Demand-Forecast-Module-Data.xlsb>
- 155 SIERE. (Avril 2025). Rapport sur les perspectives de planification annuelle 2025 : données du module de prévision de la demande (en anglais seulement). <https://www.ieso.ca/-/media/Files/IESO/Document-Library/planning-forecasts/apo/2025/Demand-Forecast-Module-Data.xlsb>
- 156 SIERE. (Avril 2025). Rapport sur les perspectives de planification annuelle 2025 : données du module de prévision de la demande (en anglais seulement). <https://www.ieso.ca/-/media/Files/IESO/Document-Library/planning-forecasts/apo/2025/Demand-Forecast-Module-Data.xlsb>
- 157 SIERE. (Avril 2025). Rapport sur les perspectives de planification annuelle 2025 : données du module de prévision de la demande (en anglais seulement). <https://www.ieso.ca/-/media/Files/IESO/Document-Library/planning-forecasts/apo/2025/Demand-Forecast-Module-Data.xlsb>
- 158 SIERE. (Avril 2025). Rapport sur les perspectives de planification annuelle 2025 : données du module de prévision de la demande (en anglais seulement). <https://www.ieso.ca/-/media/Files/IESO/Document-Library/planning-forecasts/apo/2025/Demand-Forecast-Module-Data.xlsb>
- 159 SIERE. (Avril 2025). Rapport sur les perspectives de planification annuelle 2025 (en anglais seulement). <https://www.ieso.ca/-/media/Files/IESO/Document-Library/planning-forecasts/apo/2025/2025-Annual-Planning-Outlook.pdf>
- 160 SIERE. (Avril 2025). Rapport sur les perspectives de planification annuelle 2025 (en anglais seulement). <https://www.ieso.ca/-/media/Files/IESO/Document-Library/planning-forecasts/apo/2025/2025-Annual-Planning-Outlook.pdf>
- 161 International Council on Clean Transportation. (Mai 2025). A method of estimating workforce needs from charging infrastructure build-out for medium-and heavy-duty vehicles (en anglais seulement). <https://theicct.org/wp-content/uploads/2025/05/ID-390-%E2%80%93-high-HDV-workforce-technical-brief-letter-50179-v3.pdf>

-
- 162 Collège George Brown (s.d.). Programme de technicien en véhicules électriques (VE) (T951) (en anglais seulement). <https://www.georgebrown.ca/programs/electric-vehicle-ev-technician-program-t951>
- 163 Section locale 353 de la Fraternité internationale des ouvriers en électricité. (s.d.). Programme de formation en infrastructure des véhicules électriques (en anglais seulement). https://ibew353.org/lp_course/electric-vehicle-infrastructure-training-program/
- 164 Polytechnique Seneca. (s.d.). Technologie du génie électrique (en anglais seulement). <https://www.senecapolytechnic.ca/programs/fulltime/EET.html>
- 165 Entretien avec Sheldon Williamson, professeur, Faculté de génie et des sciences appliquées, Université technologique de l'Ontario. (Juillet 2025). Entretien avec Arup. (18 juillet 2025).
- 166 ROIV. (Octobre 2023). Pleins feux sur les compétences, les talents et le perfectionnement de la main-d'œuvre : Réparation de VE, marché des pièces de rechange et infrastructures pour VE nécessaires à l'électrification. https://www.ovinhub.ca/wp-content/uploads/2023/10/EY_OVIN_Public_Spotlight-5_Infrastructure_Maintenance_FR_FINAL.pdf
- 167 LowerEbill. (Novembre 2024). Toronto Hydro's Bold \$5.1 Billion Investment Plan (en anglais seulement). <https://www.lowerebill.com/blog/en/toronto-hydros-bold-vision-for-electricity-distribution-the-approved-2025-2029-plan/>
- 168 LowerEbill. (Novembre 2024). Toronto Hydro's Bold \$5.1 Billion Investment Plan (en anglais seulement). <https://www.lowerebill.com/blog/en/toronto-hydros-bold-vision-for-electricity-distribution-the-approved-2025-2029-plan/>
- 169 Alectra Utilities. (s.d.). Apprenez-en davantage sur le plan d'investissement quinquennal et la demande de révision des tarifs d'Alectra Utilities. <https://electrautilities.com/InvestmentPlan?prefLang=fr>
- 170 Alectra Utilities. (Février 2024). AlectraDrive @Home – Managed Charging Insights (en anglais seulement). [https://content-cdn.sessionboard.com/content/KRv2usqKTX2ooAbwXBBR_AlectraDrive%20@Home%20-%20Curt%20L%20\(Alectra\)%20-dtech%20upload%20202%2016%2024.pdf#:~:text=Group%20%20,Home%20pilot%20was%20for%20E2%80%9CThe](https://content-cdn.sessionboard.com/content/KRv2usqKTX2ooAbwXBBR_AlectraDrive%20@Home%20-%20Curt%20L%20(Alectra)%20-dtech%20upload%20202%2016%2024.pdf#:~:text=Group%20%20,Home%20pilot%20was%20for%20E2%80%9CThe)
- (Février 2023). Aperçu du marché : Projets d'énergie propre dans les communautés isolées autochtones et du Nord. <https://www.cer-rec.gc.ca/fr/donnees-analyse/marches-energetiques/apercu-marche/2023/apercu-marche-projets-energie-propre-communautes-isolees-autochtones-nord.html>
- 172 Energy Hub. (s.d.). Avoiding Gridlock: The Distribution Impacts of EV Charging (en anglais seulement). <https://www.energyhub.com/news/avoiding-gridlock-the-distribution-impacts-of-ev-charging>

-
- 173 Niagara-on-the-Lake Hydro. (Septembre 2022). Electric Vehicles and the Grid (en anglais seulement). <https://www.notlhydro.com/electric-vehicles-and-the-grid/>
- 174 Entretien avec Sheldon Williamson, professeur, Faculté de génie et des sciences appliquées, Université technologique de l'Ontario. (Juillet 2025). Entretien avec Arup. (18 juillet 2025).
- 175 Energy Hub. (s.d.). Avoiding Gridlock: The Distribution Impacts of EV Charging (en anglais seulement). <https://www.energyhub.com/news/avoiding-gridlock-the-distribution-impacts-of-ev-charging>
- 176 Commission de l'énergie de l'Ontario. (Novembre 2024). Distribution System Capacity Information Map – Phase 1 Implementation (EB-2019-0207) (en anglais seulement). https://sites-airdberlis.vuturevx.com/1/4905/uploads/oebltr-industry-capacity-mapping-implementation-20241017-signed.pdf?gl=1*1gzi047*ga*MzY4NTE2NzY4LjE3NDIzMTE2NDA.*ga_H0VDVXK798*MTc0MjMxMTYzMOS4xLjEuMTc0MjMxMTY3NC4wLjAuMA
..
- 177 Commission de l'énergie de l'Ontario. (Novembre 2024). Distribution System Capacity Information Map – Phase 1 Implementation (EB-2019-0207) (en anglais seulement). https://sites-airdberlis.vuturevx.com/1/4905/uploads/oebltr-industry-capacity-mapping-implementation-20241017-signed.pdf?gl=1*1gzi047*ga*MzY4NTE2NzY4LjE3NDIzMTE2NDA.*ga_H0VDVXK798*MTc0MjMxMTYzMOS4xLjEuMTc0MjMxMTY3NC4wLjAuMA
..
- 178 Electric Autonomy Canada. (Mars 2025). Toronto Hydro, Ontario utilities launch interactive grid capacity maps (en anglais seulement). <https://electricautonomy.ca/charging/utilities/2025-03-19/grid-capacity-maps-canada-ontario/>
- 179 Pvbuzz Media. (Mars 2025). Toronto Hydro quietly launches an interactive load “Capacity Map” (en anglais seulement). <https://pvbuzz.com/toronto-hydro-interactive-capacity-map/>
- 180 Toronto Hydro. (s.d.). Carte de capacité de charge (traduction automatique en français). <https://www.torontohydro.com/contractors-and-developers/load-capacity-map>
- 181 Electric Autonomy Canada. (Mars 2025). Toronto Hydro, Ontario utilities launch interactive grid capacity maps (en anglais seulement). <https://electricautonomy.ca/charging/utilities/2025-03-19/grid-capacity-maps-canada-ontario/>
- 182 Electric Autonomy Canada. (Mars 2025). Toronto Hydro, Ontario utilities launch interactive grid capacity maps (en anglais seulement). <https://electricautonomy.ca/charging/utilities/2025-03-19/grid-capacity-maps-canada-ontario/>

-
- 183 Alectra Utilities. (s.d.). Capacity Map (en anglais seulement). <https://capacitymap.alectrautilities.com/>
- 184 Electric Autonomy Canada. (Mars 2025). Toronto Hydro, Ontario utilities launch interactive grid capacity maps (en anglais seulement). <https://electricautonomy.ca/charging/utilities/2025-03-19/grid-capacity-maps-canada-ontario/>
- 185 Electric Autonomy Canada. (Mars 2025). Toronto Hydro, Ontario utilities launch interactive grid capacity maps (en anglais seulement). <https://electricautonomy.ca/charging/utilities/2025-03-19/grid-capacity-maps-canada-ontario/>
- 186 Electric Autonomy Canada. (Mars 2025). Toronto Hydro, Ontario utilities launch interactive grid capacity maps (en anglais seulement). <https://electricautonomy.ca/charging/utilities/2025-03-19/grid-capacity-maps-canada-ontario/>
- 187 ROIV. (s.d.). Fonds de partenariats en R-D – Volet Solutions de recharge avancées et recharge bidirectionnelle (en anglais seulement). <https://www.ovinhub.ca/programs/rd-partnership-fund-advanced-charging-and-vehicle-to-grid-v2g-stream/>
- 188 Gouvernement de l'Ontario. (Mai 2024). L'Ontario explore l'option de réduire les tarifs d'électricité pour les bornes de recharge publiques de VE. <https://news.ontario.ca/fr/release/1004515/lontario-explore-loption-de-reduire-les-tarifs-delectricite-pour-les-bornes-de-recharge-publiques-de-ve>
- 189 Gouvernement de l'Ontario. (Mai 2024). L'Ontario explore l'option de réduire les tarifs d'électricité pour les bornes de recharge publiques de VE. <https://news.ontario.ca/fr/release/1004515/lontario-explore-loption-de-reduire-les-tarifs-delectricite-pour-les-bornes-de-recharge-publiques-de-ve>
- 190 Electric Autonomy. (Juin 2024). OEB standards for charging infrastructure installation now in effect in Ontario (en anglaise seulement). <https://electricautonomy.ca/charging/utilities/2024-06-24/oeb-charging-infrastructure-standards-ontario/>
- 191 Electric Autonomy. (Avril 2023). Depots, EV drivers in Ontario with home charging to benefit from ultra-low overnight electricity pricing starting May 1 (en anglais seulement). <https://electricautonomy.ca/charging/utilities/2023-04-14/ontario-ultra-low-overnight-price-plan/>
- 192 Gouvernement de l'Ontario. (Juin 2023). L'Ontario accroît le nombre de bornes de recharge pour véhicules électriques. <https://news.ontario.ca/fr/release/1003146/lontario-acroit-le-nombre-de-bornes-de-recharge-pour-vehicules-electriques>
- 193 Gouvernement de l'Ontario. (Décembre 2024). *Loi de 2024 sur l'énergie abordable*, L.O. 2024, chap. 26 - Projet de loi 214. <https://www.ontario.ca/lois/loi/s24026>

194 Gouvernement de l'Ontario. (Juillet 2024). L'Ontario rend les bornes de recharge de véhicules électriques plus accessibles.

<https://news.ontario.ca/fr/release/1004789/lontario-rend-les-bornes-de-recharge-de-vehicules-electriques-plus-accessibles>

195 Gouvernement de l'Ontario. (s.d.). Programme ontarien pour la recharge des véhicules électriques (VE). <https://www.ontario.ca/fr/page/programme-ontarien-pour-la-recharge-des-ve>

196 Gouvernement de l'Ontario. (s.d.). Programme ontarien pour la recharge des véhicules électriques (VE). <https://www.ontario.ca/fr/page/programme-ontarien-pour-la-recharge-des-ve>

197 Ministère des Transports. (s.d.). Guide du Programme ontarien pour la recharge des VE 2023-2024. <https://forms.mgcs.gov.on.ca/fr/dataset/on00567>

198 Gouvernement de l'Ontario. (Novembre 2024). L'Ontario construit un plus grand nombre de bornes de recharge pour véhicules électriques.

<https://news.ontario.ca/fr/release/1005313/lontario-construit-un-plus-grand-nombre-de-bornes-de-recharge-pour-vehicules-electriques>

199 Gouvernement de l'Ontario. (Juillet 2024). L'Ontario rend les bornes de recharge de véhicules électriques plus accessibles.

<https://news.ontario.ca/fr/release/1004789/lontario-rend-les-bornes-de-recharge-de-vehicules-electriques-plus-accessibles>

200 Entretien avec Mike DeRuyter, chef et Victoria Prouse Coccimiglio, chef d'équipe, ministère des Transports. (Juillet 2025). Entretien avec Arup. (7 août 2025).

201 Gouvernement de l'Ontario. (Mai 2025). Budget de l'Ontario 2025 : Un plan pour protéger l'Ontario. <https://budget.ontario.ca/fr/2025/pdf/2025-ontario-budget-fr.pdf>

202 Entretien avec Mike DeRuyter, chef et Victoria Prouse Coccimiglio, chef d'équipe, ministère des Transports. (Juillet 2025). Entretien avec Arup. (7 août 2025).

203 Entretien avec Mike DeRuyter, chef et Victoria Prouse Coccimiglio, chef d'équipe, ministère des Transports. (Juillet 2025). Entretien avec Arup. (7 août 2025).

204 Blackstone Energy Services. (s.d.). Vehicle to Grid (en anglais seulement). <https://blackstoneenergy.com/electricvehicletogrid/>

205 Peak Power. (s.d.). Peak Drive Pilot Project Innovation Project (en anglais seulement). <https://peakpowerenergy.com/project/peak-drive-pilot-project/>

206 SIERE. (Avril 2022). Projet pilote d'intelligence artificielle pour soutenir la demande en électricité des véhicules électriques à Ottawa. <https://www.oeb.ca/fr/salle-des-medias/2022/projet-pilote-dintelligence-artificielle-pour-soutenir-la-demande-en>

-
- 207 Toronto Hydro. (s.d.). Programme pilote de recharge intelligente pour véhicules électriques (VE) (traduction automatique en français). <https://www.torontohydro.com/electric-vehicles/smart-charging>
- 208 Electric Autonomy. (Mars 2025). SWTCH unveils new MURB smart EV charging system (en anglais seulement). <https://electricautonomy.ca/charging/2025-03-10/swtch-cortex-ev-charging-murbs-canada/>
- 209 SWTCH. (Juillet 2025). SWTCH and Kite Mobility Demonstrate Grid Benefits of Intelligent EV Charging and EV Car Sharing (en anglais seulement). <https://swtchenergy.com/blog/news/swtch-and-kite-mobility-demonstrate-grid-benefits-of-intelligent-ev-charging-and-ev-car-sharing/>
- 210 Clockwork. (Juillet 2025). Ontario Government Invests in Clockwork's Smart EV Charging Operations Platform (en anglais seulement). <https://www.clockwork.energy/post/ontario-government-invests-in-clockwork-s-smart-ev-charging-operations-platform>
- 211 GTA Weekly. (Juillet 2025). Elocity's HIEV-Nano Platform Brings Next-Gen EV Charging to Ontario (en anglais seulement). <https://www.gtaweekly.ca/elocity-hiev-nano-ontario-ev-charging-tech/>
- 212 CTT. (Avril 2023). TTC and PowerON unveil innovative eBus charging system (en anglais seulement). <https://www.ttc.ca/news/2023/April/TTC-and-PowerON-unveil-innovative-eBus-charging-system>
- 213 Electric Autonomy Canada. (Novembre 2020). SWTCH Energy to lead new blockchain-based EV charging pilot (en anglais seulement). <https://electricautonomy.ca/2020/11/11/swtch-ev-charging-blockchain-buildings/>
- 214 Transport Routier. (Juillet 2021). Ottawa investit dans des technologies de véhicules électriques, dont les camions. <https://www.transportroutier.ca/nouvelles/ottawa-investit-dans-des-technologies-de-vehicules-electriques-dont-les-camions/>
- 215 Gouvernement du Canada. (Mai 2023). Le gouvernement du Canada investit 4,8 millions de dollars pour soutenir l'accroissement d'échelle d'un innovateur en technologies propres de Mississauga. <https://www.canada.ca/fr/developpement-economique-sud-ontario/nouvelles/2023/05/le-gouvernement-du-canada-investit-48millions-de-dollars-pour-soutenir-laccroissement-dechelle-dun-innovateur-en-technologies-propres-de-mississauga.html>
- 216 ROIV. (Mars 2024). Recharge de VE : l'Ontario, chef de file de l'innovation. https://www.ovinhub.ca/wp-content/uploads/2024/05/148729755_Arup_QSR2_LeadingtheChargeOntariosLeadershipinEVChargingInnovation_FR6.pdf

-
- 217 ROIV. (Mars 2024). Recharge de VE : l'Ontario, chef de file de l'innovation. https://www.ovinhub.ca/wp-content/uploads/2024/05/148729755_Arup_QSR2_LeadingtheChargeOntariosLeadershipinEVChargingInnovation_FR6.pdf
- 218 TROES. (s.d.). Ontario Vehicle Innovation Network Supports Groundbreaking EV Charging Project (en anglais seulement). <https://troescorp.com/ontario-vehicle-innovation-network-supports-groundbreaking-ev-charging-project/>
- 219 Gouvernement de l'Ontario. (Février 2024). L'Ontario facilite la construction de bornes de recharge pour véhicules électriques. <https://news.ontario.ca/fr/release/1004197/lontario-facilite-la-construction-de-bornes-de-recharge-pour-vehicules-electriques>
- 220 Centre d'innovation en matière d'énergie MaRS (Octobre 2018). Market Information Report: Canada (en anglais seulement). https://www.marsdd.com/wp-content/uploads/2019/01/AEC_MARKET-INFORMATION-REPORT_CANADA_2018_F.pdf#:~:text=grids%20and%20related%20technologies,wide%20Green
- 221 The Ontario Smart Grid Forum. (Mai 2011). Modernizing Ontario's Electricity System: Next Steps (en anglais seulement). https://www.ieso.ca/-/media/Files/IESO/Document-Library/smart_grid/Modernizing-Ontarios-Electricity-System-Next-Steps-052011.ashx
- 222 Hydro One. (s.d.). What are Smart Meters (en anglais seulement). <https://www.hydroone.com/rates-and-billing/meters/smart-meters>
- 223 Commission de l'énergie de l'Ontario. (s.d.). L'initiative du bouton vert. <https://oeb.ca/fr/consommateurs/linitiative-du-bouton-vert>
- 224 Commission de l'énergie de l'Ontario. (s.d.). L'initiative du bouton vert. <https://oeb.ca/fr/consommateurs/linitiative-du-bouton-vert>
- 225 Peak Power. (s.d.). Ontario Consumption Snapshot (en anglais seulement). <https://www.ieso.ca/en/Sector-Participants/Smart-Metering-Entity>
- 226 Ministère de l'Énergie et des Mines, Ontario. (s.d.). Archivée – Intégration des véhicules électriques. <https://www.ontario.ca/fr/document/projets-finances-par-le-fonds--de-developpement-du-reseau-intelligent/integration-des-vehicules-electriques>
- 227 Société indépendante d'exploitation du réseau d'électricité. (Avril 2022). Projet pilote d'intelligence artificielle pour soutenir la demande en électricité des véhicules électriques à Ottawa. <https://www.oeb.ca/fr/salle-des-medias/2022/projet-pilote-dintelligence-artificielle-pour-soutenir-la-demande-en-Ottawa#:~:text=La%20SIERE%20pr%C3%A9voit%20que%20la%20demande%20d%E2%80%99%C3%A9lectricit%C3%A9%20provenant%20de%20l%E2%80%99%C3%A9lectrification%20du%20transport>
- 228 BlueWave-ai. (Novembre 2022). BlueWave-ai launches EV Fleet Orchestrator SaaS Product to Holistically Optimize Fleet Operations and Electricity Utilization (en anglais seulement). <https://www.bluwave-ai.com/press-release-bluwave-ai-ev-fleet-orchestrator-launch-feddev-ontario-funding#:~:text=BluWave,ai%20Atlas>

-
- 229 BlueWave-ai. (Novembre 2022). BlueWave-ai launches EV Fleet Orchestrator SaaS Product to Holistically Optimize Fleet Operations and Electricity Utilization (en anglais seulement). <https://www.bluwave-ai.com/press-release-bluwave-ai-ev-fleet-orchestrator-launch-feddev-ontario-funding#:~:text=BluWave,ai%20Atlas>
- 230 Société indépendante d'exploitation du réseau d'électricité. (s.d.). Fonds d'innovation pour le réseau (en anglais seulement). <https://www.ieso.ca/en/Get-Involved/Innovation/Grid-Innovation-Fund/Overview>
- 231 SIERE. (Juillet 2025). Projects Funded (en anglais seulement). <https://ieso.ca/en/Get-Involved/Innovation/Grid-Innovation-Fund/Projects-Funded>
- 232 SIERE. (Juillet 2025). Projects Funded (en anglais seulement). <https://ieso.ca/en/Get-Involved/Innovation/Grid-Innovation-Fund/Projects-Funded>
- 233 Commission de l'énergie de l'Ontario. (s.d.). Espace innovation CEO. https://www.oeb.ca/_html/sandbox/index-fr.php
- 234 Moment Energy. (Décembre 2023). Moment Energy Announces Collaboration with Hydro Ottawa and BlueWave-ai (en anglais seulement). <https://www.momentenergy.com/news-articles/moment-energy-announces-collaboration-with-hydro-ottawa-and-bluwave-ai>
- 235 Moment Energy. (Décembre 2023). Moment Energy Announces Collaboration with Hydro Ottawa and BlueWave-ai (en anglais seulement). <https://www.momentenergy.com/news-articles/moment-energy-announces-collaboration-with-hydro-ottawa-and-bluwave-ai>
- 236 Peak Power. (s.d.). Virtual Power Plant Innovation (en anglais seulement). <https://peakpowerenergy.com/commercial/innovation/virtual-power-plants/>
- 237 Peak Power. (s.d.). Virtual Power Plant Innovation (en anglais seulement). <https://peakpowerenergy.com/commercial/innovation/virtual-power-plants/>
- 238 Peak Power. (s.d.). Virtual Power Plant Innovation (en anglais seulement). <https://peakpowerenergy.com/commercial/innovation/virtual-power-plants/>
- 239 SIERE. (s.d.). Programme de tarifs de rachat garantis pour les micro-projets (en anglais seulement). <https://www.ieso.ca/Get-Involved/microfit/Overview>
- 240 Commission de l'énergie de l'Ontario. (s.d.). Programme de facturation nette. <https://oeb.ca/fr/consommateurs/programme-de-facturation-nette>
- 241 Institut des politiques du Nord : Développement économique durable du Nord de l'Ontario (s.d.). North Bay – Parc énergétique communautaire (traduction automatique en français). <https://portal.snoed.ca/sustainability-development/added-value-innovation-technology/north-bay-community-energy-park-7337926>
- 242 PowerOn Solutions. (s.d.). TTC eBus Charging Infrastructure (en anglais seulement). <https://www.poweronenergy.ca/about/success-stories/story/bus-electrification-infrastructure/>

-
- 243 Peak Power. (s.d.). Peak Drive Pilot Project (en anglais seulement). <https://peakpowerenergy.com/highlight-title/peak-drive-pilot-project/#:~:text=This%20Peak%20Drive%20project%20is,partnership%20with%20the%20Canadian%20Federal>
- 244 SIERE. (s.d.). Smart Energy Community Microgrid Project (en anglais seulement). <https://www.ieso.ca/-/media/Files/IESO/Document-Library/funding/Grid-Innovation-Fund/Opus-One-Community-Microgrid-GIF-Project-Brief.pdf>
- 245 SIERE. (Octobre 2024). Electricity Demand in Ontario to Grow by 75 per cent by 2050 (en anglais seulement). <https://www.ieso.ca/Corporate-IESO/Media/News-Releases/2024/10/Electricity-Demand-in-Ontario-to-Grow-by-75-per-cent-by-2050>
- 246 Commission de l'énergie de l'Ontario. (s.d.). Tarifs d'électricité. <https://oeb.ca/fr/consommateurs/tarifs-delectricite>
- 247 Electric Autonomy. (Mai 2024). Ontario eyeing discount electricity rates for low-demand public EV charging stations (en anglais seulement). <https://electricautonomy.ca/charging/2024-05-01/ontario-discount-electricity-rates-ev-charging-stations/>
- 248 Electric Autonomy. (Avril 2023). Depots, EV drivers in Ontario with home charging to benefit from ultra-low overnight electricity pricing starting May 1 (en anglais seulement). <https://electricautonomy.ca/charging/utilities/2023-04-14/ontario-ultra-low-overnight-price-plan/>
- 249 Commission de l'énergie de l'Ontario. (s.d.). Tarifs d'électricité. <https://oeb.ca/fr/consommateurs/tarifs-delectricite>
- 250 BlueWave-ai. (Octobre 2024). BluWave-ai Completes Canada's First AI-Driven, Multiple EV OEM Demand Response Events to Support Electrical System at Hydro Ottawa (en anglais seulement). <https://www.bluwave-ai.com/blog/bluwave-ai-completes-canadas-first-ai-driven-multiple-ev-oem-demand-response-events-to-support-electrical-system-at-hydro-ottawa>
- 251 BlueWave-ai. (Octobre 2024). BluWave-ai Completes Canada's First AI-Driven, Multiple EV OEM Demand Response Events to Support Electrical System at Hydro Ottawa (en anglais seulement). <https://www.bluwave-ai.com/blog/bluwave-ai-completes-canadas-first-ai-driven-multiple-ev-oem-demand-response-events-to-support-electrical-system-at-hydro-ottawa>
- 252 Alectra Utilities. (Février 2024). AlectraDrive @Home – Managed Charging Insights (en anglais seulement). [https://content-cdn.sessionboard.com/content/KRv2usqKTX2ooAbwXBBR_AlectraDrive%20@Home%20-%20Curt%20L%20\(Alectra\)%20-dtech%20upload%202024.pdf#:~:text=Group%202024,Home%20pilot%20was%20for%20E2%80%9CThe](https://content-cdn.sessionboard.com/content/KRv2usqKTX2ooAbwXBBR_AlectraDrive%20@Home%20-%20Curt%20L%20(Alectra)%20-dtech%20upload%202024.pdf#:~:text=Group%202024,Home%20pilot%20was%20for%20E2%80%9CThe)
- 253 Entretien avec Carter Li, chef de la direction, SWTCH. (Juillet 2025). Entretien avec Arup. (16 juillet 2025).

-
- 254 Alectra Utilities. (Février 2024). AlectraDrive @Home – Managed Charging Insights (en anglais seulement). [https://content-cdn.sessionboard.com/content/KRv2usqKTX2ooAbwXBBR_AlectraDrive%20@Home%20-%20Curt%20L%20\(Alectra\)%20-dtech%20upload%202%2016%2024.pdf#:~:text=Group%20%20,Home%20pilot%20was%20for%20E2%80%9CThe](https://content-cdn.sessionboard.com/content/KRv2usqKTX2ooAbwXBBR_AlectraDrive%20@Home%20-%20Curt%20L%20(Alectra)%20-dtech%20upload%202%2016%2024.pdf#:~:text=Group%20%20,Home%20pilot%20was%20for%20E2%80%9CThe)
- 255 Alectra Utilities. (Février 2024). AlectraDrive @Home – Managed Charging Insights (en anglais seulement). [https://content-cdn.sessionboard.com/content/KRv2usqKTX2ooAbwXBBR_AlectraDrive%20@Home%20-%20Curt%20L%20\(Alectra\)%20-dtech%20upload%202%2016%2024.pdf#:~:text=Group%20%20,Home%20pilot%20was%20for%20E2%80%9CThe](https://content-cdn.sessionboard.com/content/KRv2usqKTX2ooAbwXBBR_AlectraDrive%20@Home%20-%20Curt%20L%20(Alectra)%20-dtech%20upload%202%2016%2024.pdf#:~:text=Group%20%20,Home%20pilot%20was%20for%20E2%80%9CThe)
- 256 Alectra Utilities. (Février 2024). AlectraDrive @Home – Managed Charging Insights (en anglais seulement). [https://content-cdn.sessionboard.com/content/KRv2usqKTX2ooAbwXBBR_AlectraDrive%20@Home%20-%20Curt%20L%20\(Alectra\)%20-dtech%20upload%202%2016%2024.pdf#:~:text=Group%20%20,Home%20pilot%20was%20for%20E2%80%9CThe](https://content-cdn.sessionboard.com/content/KRv2usqKTX2ooAbwXBBR_AlectraDrive%20@Home%20-%20Curt%20L%20(Alectra)%20-dtech%20upload%202%2016%2024.pdf#:~:text=Group%20%20,Home%20pilot%20was%20for%20E2%80%9CThe)
- 257 Peak Power. (s.d.). Peak Drive Pilot Project (en anglais seulement). <https://peakpowerenergy.com/highlight-title/peak-drive-pilot-project/>
- 258 Peak Power. (s.d.). Peak Drive Pilot Project (en anglais seulement). <https://peakpowerenergy.com/highlight-title/peak-drive-pilot-project/>
- 259 Ontario Clean Air Alliance. (Août 2021). <https://ieso.ca/-/media/IESO/Document-Library/engage/gpia/gpia-20210617-ontario-clean-air-alliance-4.pdf#:~:text=2,electricity%20rates%20%26%20carbon%20emissions>
- 260 Electric Autonomy. (Juin 2024). OEB standards for charging infrastructure installation now in effect in Ontario (en anglaise seulement). <https://electricautonomy.ca/charging/utilities/2024-06-24/oeb-charging-infrastructure-standards-ontario/>
- 261 SIERE. (s.d.). Fonds d'innovation pour le réseau (en anglais seulement). <https://www.ieso.ca/en/Get-Involved/Innovation/Grid-Innovation-Fund/Overview>
- 262 Toronto Hydro. (s.d.). Toronto Hydro (traduction automatique en français) <https://www.torontohydro.com/>
- 263 Alectra. (s.d.). Make Your EV decisions with Confidence (en anglais seulement). <https://my-ev.alectrautilities.com/portal/SmarteMobility>
- 264 Hydro One. (s.d.). About Hydro One (en anglais seulement). <https://www.hydroone.com/about/>
- 265 Hydro One. (s.d.). Connecting your business to the future of electric mobility (en anglais seulement). <https://www.hydroone.com/business-services/ev-charging-station-connections>
- 266 United Chargers. (s.d.). À propos de United Chargers. <https://grizzl-e.com/fr-ca/about/>

-
- 267 Autochargers.ca. (s.d.). Compagnie. <https://www.autochargers.ca/fr/about.html>
- 268 Evolute Power. (s.d.). Power Up Your Parking (en anglais seulement). <https://evolutepower.com/>
- 269 ROIV. (Mai 2025). Ontario Building Future Automotive Supply Chain with Over \$56M Investment into Homegrown Automotive and Mobility Companies (en anglais seulement). <https://www.ovinhub.ca/ontario-building-future-automotive-supply-chain-with-over-56m-investment-into-homegrown-automotive-and-mobility-companies/>
- 270 Kiwi Charge. (s.d.). The Future of EV Charging is Autonomous (en anglais seulement). <https://www.kiwicharge.ca/>
- 271 metroEV. (s.d.). About metroEV (en anglais seulement). <https://www.metroev.ca/about>
- 272 SWTCH. (s.d.). Recharge intelligente pour immeubles achalandés. <https://swtchenergy.com/fr/accueil/>
- 273 Jule. (Janvier 2023). Powering New Possibilities. The Next Generation of Electrification (en anglais seulement). <https://www.julepower.com/>
- 274 Université technologique de l'Ontario. (Octobre 2019). Leading the charge: Ontario Tech, ACE and eCAMION test how to power autonomous vehicles (en anglais seulement). <https://news.ontariotechu.ca/archives/2019/10/leading-the-charge-ontario-tech,-ace-and-ecamion-test-how-to-power-autonomous-vehicles.php>
- 275 Harold von Kursk. (Octobre 2024). SolarBank makes strategic move into Ontario EV charging sector (en anglais seulement). Sustainable Biz. <https://sustainablebiz.ca/solarbank-makes-strategic-move-into-ontario-ev-charging-sector>
- 276 Gbatteries. (s.d.). Company (en anglais seulement). <https://www.gbatteries.com/about>
- 277 Peak Power. (s.d.). About Peak Power (en anglais seulement). <https://peakpowerenergy.com/about-us-distributed-energy-resources/>
- 278 TROES. (s.d.). Modular Battery Energy Storage Systems (en anglais seulement). <https://troescorp.com/>
- 279 Stromcore. (s.d.). Turbo Charger (en anglais seulement). <https://www.stromcore.com/turbo-charger>
- 280 AlumaPower. (s.d.). Long Duration Dispatchable Energy from Solid Aluminum Fuel (en anglais seulement). <https://www.alumapower.com/>
- 281 ROIV. (Mai 2025). Ontario Building Future Automotive Supply Chain with Over \$56M Investment into Homegrown Automotive and Mobility Companies (en anglais seulement). <https://www.ovinhub.ca/ontario-building-future-automotive-supply-chain-with-over-56m-investment-into-homegrown-automotive-and-mobility-companies/>
- 282 e-Zinc Inc. (s.d.). Powering The Energy Transition (en anglais seulement). <https://www.e-zinc.ca/>

-
- 283 ROIV. (Mai 2025). Ontario Building Future Automotive Supply Chain with Over \$56M Investment into Homegrown Automotive and Mobility Companies (en anglais seulement). <https://www.ovinhub.ca/ontario-building-future-automotive-supply-chain-with-over-56m-investment-into-homegrown-automotive-and-mobility-companies/>
- 284 BluWave-ai. (s.d.). Manage the Transition to High EV Penetration – EV Everywhere (en anglais seulement). <https://www.bluwave-ai.com/ev-everywhere>
- 285 Clockwork. (Juillet 2025). Ontario Government Invests in Clockwork's Smart EV Charging Operations Platform (en anglais seulement). <https://www.clockwork.energy/post/ontario-government-invests-in-clockwork-s-smart-ev-charging-operations-platform>
- 286 eLeapPower. (s.d.). The Electric Vehicle. Simplified (en anglais seulement). <https://www.eleappower.com/technology/>
- 287 Elocity Technologies. (s.d.). Smarter EV Charging, Built for a Connected World (en anglais seulement). <https://elocitytech.com/>
- 288 ROIV. (Mai 2025). Ontario Building Future Automotive Supply Chain with Over \$56M Investment into Homegrown Automotive and Mobility Companies (en anglais seulement). <https://www.ovinhub.ca/ontario-building-future-automotive-supply-chain-with-over-56m-investment-into-homegrown-automotive-and-mobility-companies/>
- 289 Daymak. (Avril 2021). Daymak announces wireless charging system for new series of Avvenire electric vehicles (en anglais seulement). <https://www.accessnewswire.com/newsroom/en/automotive/daymak-announces-wireless-charging-system-for-new-series-of-avvenire-electric-vehicles-641198>
- 290 PowerON Energy Solutions. (s.d.). Transit Electrification (en anglais seulement). <https://www.poweronenergy.ca/industries/transit/>
- 291 Verdyn. (s.d.). Power solutions for a resilient, reliable and sustainable energy future (en anglais seulement). <https://www.verdyn.ca/>
- 292 ROIV. (Mai 2025). Ontario Building Future Automotive Supply Chain with Over \$56M Investment into Homegrown Automotive and Mobility Companies (en anglais seulement). <https://www.ovinhub.ca/ontario-building-future-automotive-supply-chain-with-over-56m-investment-into-homegrown-automotive-and-mobility-companies/>
- 293 Soneil Spark. (s.d.). The Soneil Spark Difference (en anglais seulement). <https://soneilspark.com/>
- 294 ROIV. (Mai 2025). Ontario Building Future Automotive Supply Chain with Over \$56M Investment into Homegrown Automotive and Mobility Companies (en anglais seulement). <https://www.ovinhub.ca/ontario-building-future-automotive-supply-chain-with-over-56m-investment-into-homegrown-automotive-and-mobility-companies/>
- 295 Variablegrid. (s.d.). Nos solutions. <https://www.variablegrid.com/fr/solutions>

-
- 296 ROIV. (Mai 2025). Ontario Building Future Automotive Supply Chain with Over \$56M Investment into Homegrown Automotive and Mobility Companies (en anglais seulement). <https://www.ovinhub.ca/ontario-building-future-automotive-supply-chain-with-over-56m-investment-into-homegrown-automotive-and-mobility-companies/>
- 297 Voltra. (s.d.). Charge — A full-service CPMS, created for developers (en anglais seulement). <https://voltra.com/>
- 298 Census Power Inc. (s.d.). Our Story (en anglais seulement). <https://www.cencepower.com/about-cence-power>
- 299 Renseignements fournis par le ROIV. (Septembre 2025).
- 300 Entretien avec Denis Steyn, PDG, Verdyn. (Juillet 2025). Entretien avec Arup. (16 juillet 2025).
- 301 Entretien avec Sheldon Williamson, professeur, Faculté de génie et des sciences appliquées, Université technologique de l'Ontario. (Juillet 2025). Entretien avec Arup. (18 juillet 2025).
- 302 Entretien avec Carter Li, chef de la direction, SWTCH. (Juillet 2025). Entretien avec Arup. (16 juillet 2025).
- 303 Commission de l'énergie de l'Ontario. (Août 2025). En chiffres : l'énergie en bref. <https://oeb.ca/fr/secteur-de-lenergie-de-lontario/secteur-de-lenergie-de-lontario/en-chiffres-lenergie-en-bref>
- 304 Entretien avec Ana Maria Suknovic, conseillère principale, Partenariats, SIERE (Juillet 2025). Entretien avec Arup. (17 juillet 2025).
- 305 Entretien avec Sanjeev Singh, fondateur et chef de la direction, Elicity. (Juillet 2025). Entretien avec Arup. (24 juillet 2025).
- 306 Entretien avec Denis Steyn, PDG, Verdyn. (Juillet 2025). Entretien avec Arup. (16 juillet 2025).
- 307 Entretien avec Sheldon Williamson, professeur, Faculté de génie et des sciences appliquées, Université technologique de l'Ontario. (Juillet 2025). Entretien avec Arup. (18 juillet 2025).
- 308 Entretien avec Sanjeev Singh, fondateur et chef de la direction, Elicity. (Juillet 2025). Entretien avec Arup. (24 juillet 2025).
- 309 Conseil municipal de Toronto. (Décembre 2021). RÈGLEMENT 89-2022 DE LA VILLE DE TORONTO (en anglais seulement). <https://www.toronto.ca/legdocs/bylaws/2022/law0089.pdf>
- 310 Entretien avec Ana Maria Suknovic, conseillère principale, Partenariats, SIERE (Juillet 2025). Entretien avec Arup. (17 juillet 2025).

-
- 311 Université technologique de l'Ontario. (s.d.). STEER overview (en anglais seulement). <https://engineering.ontariotechu.ca/steer/index.php>
- 312 Chaire d'excellence en recherche du Canada du McMaster Automotive Resource Centre. (s.d.). About Us (en anglais seulement). <https://electrification.mcmaster.ca/about-us/>
- 313 Entretien avec Carter Li, chef de la direction, SWTCH. (Juillet 2025). Entretien avec Arup. (16 juillet 2025).
- 314 Entretien avec Sanjeev Singh, fondateur et chef de la direction, Elocity. (Juillet 2025). Entretien avec Arup. (24 juillet 2025).
- 315 Entretien avec Denis Steyn, PDG, Verdyn. (Juillet 2025). Entretien avec Arup. (16 juillet 2025).
- 316 Entretien avec Carter Li, chef de la direction, SWTCH. (Juillet 2025). Entretien avec Arup. (16 juillet 2025).
- 317 Entretien avec Ana Maria Suknovic, conseillère principale, Partenariats, SIERE. (Juillet 2025). Entretien avec Arup. (17 juillet 2025).
- 318 Entretien avec Denis Steyn, PDG, Verdyn. (Juillet 2025). Entretien avec Arup. (16 juillet 2025).
- 319 SIERE. (s.d.). Overview of the Connection Process (en anglais seulement). <https://www.ieso.ca/Sector-Participants/Connection-Process/Overview>
- 320 Gouvernement de l'Ontario. (Juin 2025). L'énergie pour les générations à venir : Le plan intégré de l'Ontario pour alimenter la plus forte économie du G7. <https://www.ontario.ca/files/2025-06/mem-energy-for-generations-fr-2025-06-20.pdf>
- 321 Gouvernement de l'Ontario. (Février 2024). L'Ontario facilite la construction de bornes de recharge pour véhicules électriques. <https://news.ontario.ca/fr/release/1004197/lontario-facilite-la-construction-de-bornes-de-recharge-pour-vehicules-electriques>
- 322 Entretien avec Sheldon Williamson, professeur, Faculté de génie et des sciences appliquées, Université technologique de l'Ontario. (Juillet 2025). Entretien avec Arup. (18 juillet 2025).
- 323 Federal Energy Regulatory Commission. (s.d.). FERC Order No. 2222 Explainer: Facilitating Participation in Electricity Markets by Distributed Energy Resources (en anglais seulement). <https://www.ferc.gov/ferc-order-no-2222-explainer-facilitating-participation-electricity-markets-distributed-energy>
- 324 SIERE. (s.d.). Distributed Energy Resources (DER) Market Vision and Design Project (en anglais seulement). <https://www.ieso.ca/en/Sector-Participants/Engagement-Initiatives/Engagements/Distributed-Energy-Resources-Market-Vision-and-Design-Project>

-
- 325 SIERE. (s.d.). Distributed Energy Resources, DER Roadmap (en anglais seulement). <https://www.ieso.ca/en/Get-Involved/Innovation/Distributed-Energy-Resources/DER-Roadmap>
- 326 Mathias Botoft Hansen, Mattia Secchi, Francesco Pastorelli, Jeppe Arnsdorf Pedersen et Mattia Marinelli. (Février 2025). Multi-Market Bidding for Frequency and Balancing Services with Residential EV Chargers (en anglais seulement).
https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=5125336#:~:text=For%20EVs%20to%20participate%20in>this%20paper%20focuses%20on%20quantifying
- 327 International Council on Clean Transportation. (Mars 2023). Improving public charging infrastructure reliability (en anglais seulement).
<https://theicct.org/wp-content/uploads/2023/03/public-charging-reliability-mar23.pdf>
- 328 International Council on Clean Transportation. (Mars 2023). Improving public charging infrastructure reliability (en anglais seulement).
<https://theicct.org/wp-content/uploads/2023/03/public-charging-reliability-mar23.pdf>
- 329 Kempower. (Novembre 2024). Charging success rate and charger uptime in public EV charging (en anglais seulement).
<https://mediabank.kempower.com/l/BfV6KNmmQLr9?submissionGuid=e08a7078-76eb-4f4a-b42c-01895488fdd6>
- 330 Ressources naturelles Canada. (Février 2024). Infrastructure de recharge pour les véhicules électriques au Canada. <https://ressources-naturelles.canada.ca/efficacite-energetique/efficacite-energetique-transports/bibliotheque-ressources/infrastructure-recharge-vehicules-electriques-canada>
- 331 Entretien avec Ana Maria Suknovic, conseillère principale, Partenariats, SIERE. (Juillet 2025). Entretien avec Arup. (17 juillet 2025).
- 332 Entretien avec Sanjeev Singh, fondateur et chef de la direction, Elocity. (Juillet 2025). Entretien avec Arup. (24 juillet 2025).
- 333 Entretien avec Carter Li, chef de la direction, SWTCH. (Juillet 2025). Entretien avec Arup. (16 juillet 2025).
- 334 Entretien avec Sheldon Williamson, professeur, Faculté de génie et des sciences appliquées, Université technologique de l'Ontario. (Juillet 2025). Entretien avec Arup. (18 juillet 2025).