

Horizon 2050 et besoins en
main-d'oeuvre et formation
du secteur des transports
électriques et intelligents
au Québec

JUILLET 2020

Avec la participation financière de :

Québec 







propulsion
Québec

Grappe des
transports électriques
et intelligents

Table des matières

Sommaire

6

| | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------|----------|-----------------------------------------------------------------------------|------------|
| <hr/> | | | |
| | 1 | Objectifs et méthodologie de l'étude | 17 |
|  | 1.1 | Les objectifs de l'étude | 18 |
| | 1.2 | La délimitation du champ de recherche | 20 |
| | 1.3 | La méthodologie utilisée | 22 |
| <hr/> | | | |
| | 2 | Le déploiement des transports électriques et intelligents | 24 |
|  | 2.1 | Chaînes de valeur de l'industrie des transports électriques et intelligents | 25 |
| | 2.2 | Situation actuelle | 27 |
| | 2.3 | Scénarios de référence pour la demande de transport 2050 | 35 |
|  | 2.4 | Prévisions de déploiement des TEI | 75 |
| | 2.5 | Impact du scénario réaliste sur la chaîne de valeur | 77 |
| <hr/> | | | |
| | 3 | Portrait de la situation actuelle de la main-d'œuvre | 83 |
|  | 3.1 | Les professions (codes CNP) concernées | 84 |
| | 3.2 | Les professions (codes CNP) prioritaires | 88 |
| | 3.3 | Formation et compétences recherchées chez les professions prioritaires | 90 |
|  | 3.4 | Formation intégrant un contenu spécifique aux TEI | 96 |
| | 3.5 | Besoins et disponibilité de main-d'œuvre à l'échelle du Québec | 104 |
| | 3.6 | Secteurs de l'industrie plus vulnérables aux difficultés de recrutement | 107 |
| <hr/> | | | |
| | 4 | Évolution attendue des besoins de main-d'œuvre | 108 |
|  | 4.1 | Nature des besoins de l'industrie des TEI à l'horizon 2030 | 109 |
| | 4.2 | Besoins de main-d'œuvre pour les professions prioritaires | 110 |
| | 4.3 | Identification des formations nécessaires au secteur | 115 |
| <hr/> | | | |
| | 5 | Conclusions | 118 |
|  | 5.1 | Nature des besoins des secteurs | 122 |
| | 5.2 | Analyse des besoins en main-d'œuvre | 124 |
| | 5.3 | Pertes d'emplois anticipées | 126 |
| | 5.4 | Impact des mesures gouvernementales | 130 |
| <hr/> | | | |
| | 6 | Recommandations | 131 |
|  | 6.1 | Pistes d'action pour les professions/métiers (codes CNP) prioritaires | 132 |
| | 6.2 | Pistes d'action pour atténuer les pertes d'emplois | 137 |
| | 6.3 | Formations requises et priorités | 138 |
| | 6.4 | Autres recommandations | 139 |

Annexes

| | | |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Annexe 1 | Défis associés avec la cueillette de données reliées à cette étude | 141 |
| Annexe 2 | Niveaux d'automatisation des véhicules de SAE | 143 |
| Annexe 3 | Facteurs d'influence sur l'adoption des TEI et leur impact sur l'adoption des VÉ et VI pour le transport de personnes | 144 |
| Annexe 4 | Facteurs d'influence sur l'adoption des TEI et leur impact sur l'adoption des VÉ et VI pour le transport de marchandises | 152 |
| Annexe 5 | Croissance du PIB, Canada et É.-U., 2018-2050 | 160 |
| Annexe 6 | Définitions officielles des codes de la classification nationale des professions concernées par les transports électriques et intelligents | 161 |
| Annexe 7 | Évaluation quantitative des besoins de main-d'œuvre pour les autres professions concernées par le déploiement des transports électriques et intelligents à l'horizon de 2030. | 169 |
| Annexe 8 | Autres recommandations | 180 |
| Annexe 9 | Liste des documents consultés | 184 |

Tableaux

| | | |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tableau 1 | Définitions | 21 |
| Tableau 2 | Classification des véhicules routiers et hors route | 28 |
| Tableau 3 | Répartition de tous les véhicules immatriculés en Amérique du Nord | 29 |
| Tableau 4 | Répartition des véhicules électriques par catégorie, 2018-2019 | 30 |
| Tableau 5 | Véhicules électriques de traction sur rail, 2019 | 31 |
| Tableau 6 | Distance parcourue pour le transport de personnes en Amérique du Nord | 33 |
| Tableau 7 | Distance parcourue pour le transport de marchandises (A. du N.) | 34 |
| Tableau 8 | La mobilité des personnes en Amérique du Nord en 2050 | 40 |
| Tableau 9 | La mobilité des marchandises en 2050 en Amérique du Nord | 53 |
| Tableau 10 | Évolution de la demande mondiale de transport de passagers 2015-2050 | 64 |
| Tableau 11 | Distance parcourue pour le transport de personnes en 2019 | 65 |
| Tableau 12 | Distance parcourue pour le transport de personnes 2019-2050 | 65 |
| Tableau 13 | Part des moyens de transport terrestre en Amérique du Nord, 2019 | 68 |
| Tableau 14 | Prévisions de l'OCDE, Transport de marchandises A. du N. 2050 | 70 |
| Tableau 15 | Prévisions de MARCON, Transport de marchandises en A. du N. 2050 | 70 |
| Tableau 16 | Évolution de la taille du parc nord-américain, 2019-2050 | 72 |
| Tableau 17 | Motifs des ajustements au nombre total de véhicules en service | 73 |
| Tableau 18 | Évolution de la taille du parc de véhicules nord-américain, 2019-2050 | 74 |
| Tableau 19 | Évolution de la part approximative des véhicules électriques et intelligents dans le parc nord-américain, 2030-2050 | 76 |
| Tableau 20 | Part des ventes annuels des VÉ | 80 |
| Tableau 21 | Estimation du nombre d'emplois au Québec en 2019, en lien avec le déploiement des transports électriques et intelligents | 85 |

| | | |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tableau 22 | Les professions (codes CNP) prioritaires au déploiement des transports électriques et intelligents à l'horizon de 2030 | 88 |
| Tableau 23 | Programmes de formation initiale | 96 |
| Tableau 24 | Offre de formation initiale spécifique aux TEI au Québec | 97 |
| Tableau 25 | Offre de formation initiale pertinente aux TEI au Québec | 98 |
| Tableau 26 | L'offre de formation continue au Québec | 103 |
| Tableau 27 | La disponibilité attendue de main-d'oeuvre au Québec 2023 | 106 |
| Tableau 28 | Évaluation des besoins de main-d'oeuvre à l'horizon de 2030 | 110 |
| Tableau 29 | Âge des chauffeurs | 126 |
| Tableau 30 | Impacts indirects des TEI | 128 |
| Tableau 31 | Compétences à développer parmi les professions prioritaires | 133 |

Diagrammes

| | | |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Diagramme 1 | Limites du champ de recherche | 20 |
| Diagramme 2 | Univers de la recherche | 22 |
| Diagramme 3 | Démarche méthodologique | 23 |
| Diagramme 4 | Opération automatisée des métros 1980-2025 | 32 |
| Diagramme 5 | Le modèle de mobilité SEAMless de MARCON « Shared, Electric, Autonomous (and Connected) Multimodal Mobility » | 35 |
| Diagramme 6 | CASE de Daimler | 35 |
| Diagramme 7 | ACES de BMW | 36 |
| Diagramme 8 | UC Davis 3 Revolutions Model | 36 |
| Diagramme 9 | Évolution de la population nord-américaine, 2018-2050 | 39 |
| Diagramme 10 | Portion de la population de l'Amérique du Nord, 65 ans + | 39 |
| Diagramme 11 | Le modèle de mobilité des personnes en Amérique du Nord en 2050 | 41 |
| Diagramme 12 | La mobilité des marchandises, 2050 | 50 |
| Diagramme 13 | PIB du Canada et des É.-U. (ajustés pour les taux de change) | 52 |
| Diagramme 14 | Gare intermodale, 2050 | 66 |
| Diagramme 15 | Corrélation PIB - Fret | 67 |
| Diagramme 16 | Demande pour le transport de marchandises 2015-2050 | 68 |
| Diagramme 17 | Réseau nord-américain de trains de marchandises | 69 |
| Diagramme 18 | Cycle de vie des TEI | 77 |
| Diagramme 19 | Le potentiel québécois dans l'industrie de l'électrification des transports | 79 |
| Diagramme 20 | Le potentiel québécois dans l'industrie de l'intelligence des transports | 81 |
| Diagramme 21 | Les compétences clés requises par l'industrie des TEI | 90 |
| Diagramme 22 | Principaux foyers de formation initiale pré-universitaire sur le territoire du Québec | 102 |
| Diagramme 23 | Stade du cycle de vie des filières des TEI | 120 |
| Diagramme 24 | Courroie d'entraînement en formation dans le secteur des TEI | 121 |
| Diagramme 25 | Professions prioritaires en TEI, 2020-2030 | 123 |
| Diagramme 26 | Courbes d'âge de la population canadienne | 125 |
| Diagramme 27 | Radiation des impacts des TEI | 127 |

Remerciements

//////
Cette étude a été réalisée pour le compte de Propulsion Québec grâce à la contribution de :



//////
Sous la supervision d'un comité de pilotage composé de

Simon Pillarella, Propulsion Québec (coordonnateur du projet)

Nicolas Bureau, CSN

Renée Michaud, Polytechnique Montréal

Gabriel Trottier-Hardy, Bombardier Transport

Danielle LeChasseur, CSMO-auto

Jacques Boudreau, Élexpertise

François Bédard, MTESS

Tim Fournier, MTESS

Michael Poulin, LeddarTech

Eric Hamel, Camo-Route

Benoît Lacroix, Effenco

Donald H. Violette, Services Québec

Sarah Houde, Propulsion Québec

Karine Villeneuve, Propulsion Québec

Romain Gayet, Propulsion Québec

Nous remercions également les nombreux participants aux ateliers de consultation et aux entrevues téléphoniques réalisés dans cette étude, mais dont nous devons préserver l'anonymat.

//////
L'équipe de MARCON était composée de :

Pierre Ducharme, DSA

Catherine Kargas, MBA

Éric Lessard, MBA

//////
Avec la contribution des experts externes suivants :

Timothy Papandreou

Alex Mackenzie-Torres

Yves Racette

Révision réalisée par **Véronique Martel**.

L'étude des besoins en main-d'œuvre et en formation dans le secteur des transports électriques et intelligents (TEI) au Québec vise à brosser un portrait de la situation actuelle, en fonction de l'évolution des secteurs des transports électriques et intelligents en Amérique du Nord, afin de :

- ▶ **Définir** les impacts sur les catégories d'emplois concernées de l'industrie au Québec;
- ▶ **Identifier** les catégories d'emplois qui seront favorisées et défavorisées;
- ▶ **Identifier** les compétences qui seront en demande et comment celles-ci pourront être acquises par des formations;
- ▶ **Déterminer** ce que le Québec doit faire pour encourager l'évolution du secteur des TEI afin de ne pas nuire à la croissance anticipée de celui-ci;
- ▶ **Recommander** des pistes d'action aux parties prenantes dans le but d'assurer que la main-d'œuvre répondra aux besoins de l'industrie des TEI.

Cette étude compte donc trois volets :

- 1) L'analyse de l'impact projeté des technologies des transports électriques et intelligents sur la composition du parc nord-américain de véhicules à l'horizon 2050;
- 2) Le portrait de la main-d'œuvre et des formations spécifiques au secteur des TEI en 2020;
- 3) Une prévision des besoins en main-d'œuvre et en formation à court (5 ans) et moyen (10 ans) termes.






Les principaux éléments de la méthodologie utilisée pour réaliser cette étude sont une revue de littérature exhaustive, le traitement des données quantitatives concernant les parcs de véhicules au Québec, au Canada et aux États-Unis, une vaste consultation des secteurs concernés lors d'un forum organisé par Propulsion Québec ainsi que des entrevues téléphoniques avec des acteurs clés de l'industrie québécoise. Afin d'atteindre les objectifs cités, et avant d'estimer l'impact de multiples facteurs d'influence sur le parc nord-américain de véhicules puis de prédire la taille et la composition de ce parc à terme, MARCON a développé un modèle de la mobilité des personnes et des marchandises à l'horizon 2050 qui a été validé par ses experts externes.

Le premier volet de cette étude, soit l'analyse des impacts projetés des TEI sur la composition du parc nord-américain de véhicules à l'horizon 2050, établit que la combinaison de plusieurs facteurs imposera des changements graduels dans les habitudes et pratiques de transport des personnes et des marchandises. Les voici en résumé.

| TRANSPORT DE PERSONNES | TRANSPORT DE MARCHANDISES |
|------------------------|------------------------------|
| Démographie | Facteurs sociodémographiques |
| Réglementation | Économie |
| Modèles d'affaires | Technologie |
| Facteurs sociaux | Réglementation |
| Acceptabilité sociale | Modèles d'affaires |
| | Facteurs sociaux |

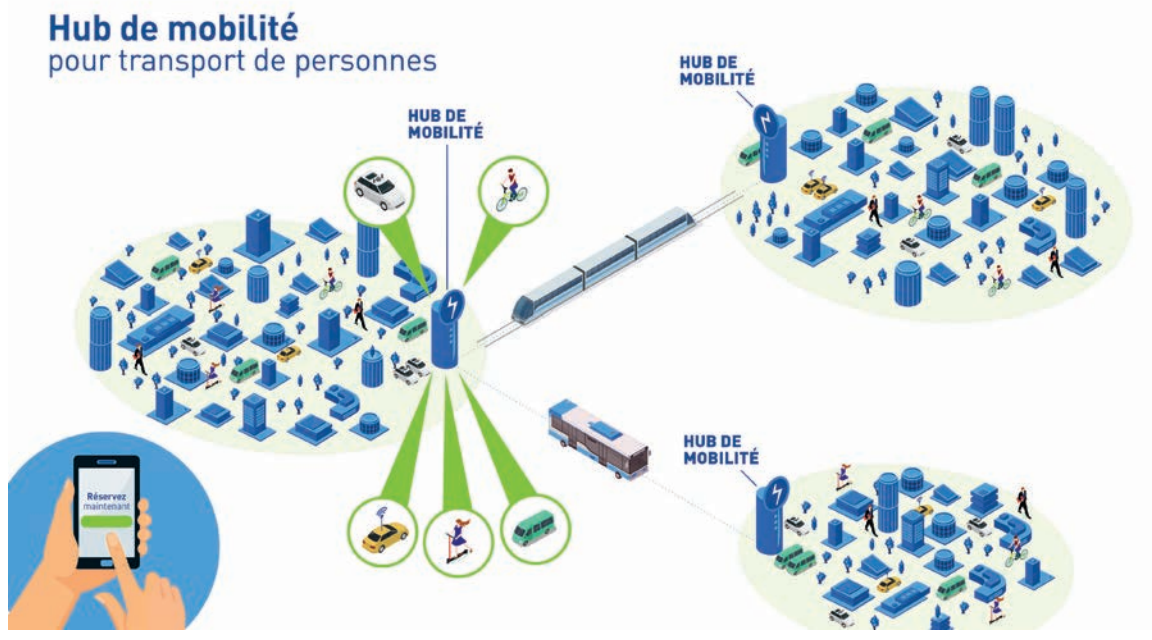
Par surcroît, la pénétration progressive du marché par les technologies des transports électriques et intelligents provoquera également des changements substantiels dans la composition et la taille du parc nord-américain de véhicules.

Évolution décennale du parc complet de véhicules terrestres motorisés en Amérique du Nord, 2019-2050 (en milliers d'unités et en pourcentage de chaque catégorie de véhicules)

| CATÉGORIES | 2019 | | 2030 | | 2040 | | 2050 | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|--------------|------------------|--------------|------------------|--------------|------------------|--------------|
| | Unités | % | Unités | % | Unités | % | Unités | % |
|  Véhicules légers | 285 117,2 | 94,2 % | 288 011,0 | 91,5 % | 264 027,7 | 87,8 % | 221 697,2 | 81,8 % |
|  Véhicules moyens | 10 381,0 | 3,4 % | 16 973,3 | 5,4 % | 24 396,0 | 8,1 % | 33 412,4 | 12,3 % |
|  Véhicules lourds | 4815,2 | 1,6 % | 7006,3 | 2,2 % | 9582,5 | 3,2 % | 12 946,2 | 4,8 % |
|  Autres véhicules | 2326,1 | 0,8 % | 2542,8 | 0,8 % | 2697,7 | 0,9 % | 2825,2 | 1,0 % |
|  Véhicules sur rail | 56,1 | 0,0 % | 61,6 | 0,0 % | 67,3 | 0,0 % | 73,8 | 0,0 % |
| Total | 302 695,7 | 100 % | 314 595,1 | 100 % | 300 771,2 | 100 % | 270 954,9 | 100 % |

Source : MARCON, 2020.

Le modèle de mobilité des personnes en 2050

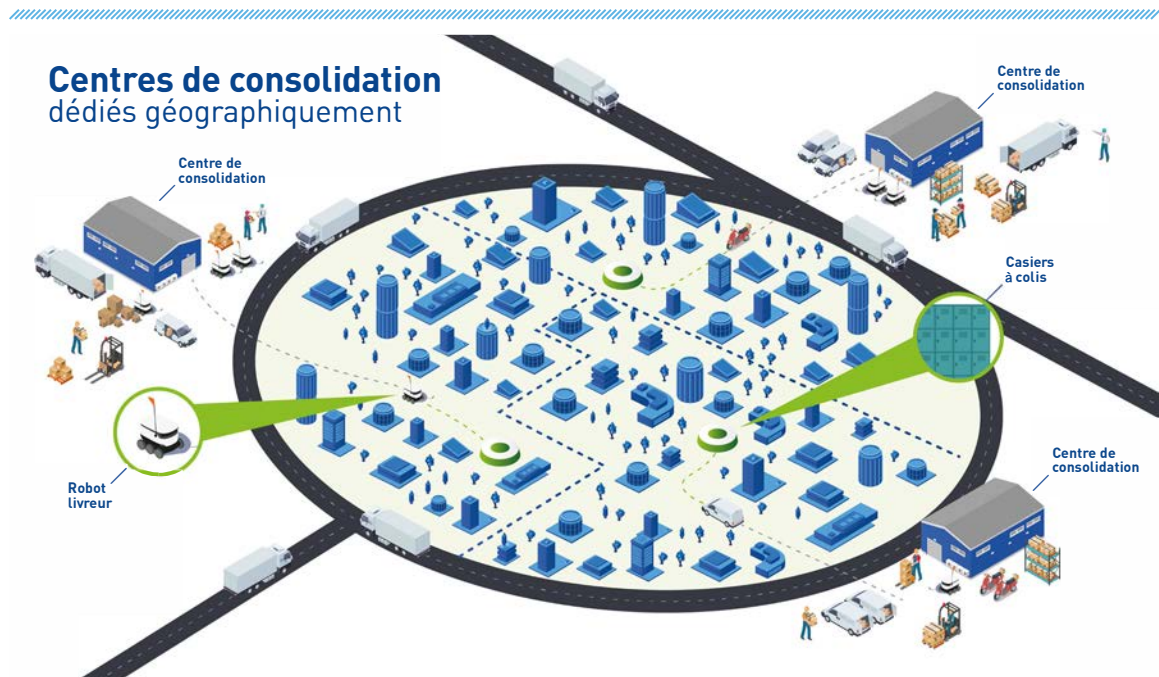


Source : MARCON, 2019.

À l'horizon 2050, on assistera à une diminution progressive du nombre absolu de véhicules légers utilisés pour le transport de personnes de 22 % dans le parc nord-américain. L'utilisation des véhicules sera plus intense, car ils seront largement partagés afin de suffire à la demande croissante de déplacements (conséquence à l'augmentation de la population urbaine) et à l'accessibilité plus universelle (résultant de l'automatisation). Plusieurs véhicules de poids moyen et lourd viendront également faciliter les déplacements urbains et interurbains entre les pivots (ou hubs) de mobilité qui caractériseront les réseaux de transport de personnes du futur.

Par contre, l'augmentation de la population urbaine en Amérique du Nord et une croissance économique modérée seront à l'origine d'une demande accrue pour le déplacement de marchandises.

Le modèle de mobilité des marchandises en 2050



Source : MARCON, 2019.

Afin de concilier les besoins des entreprises et des citoyens, le modèle de transport des marchandises du futur exigera davantage de véhicules lourds. Ils apporteront les diverses denrées destinées aux citoyens à plusieurs centres de consolidation en périphérie des centres urbains où elles seront transbordées à bord de véhicules moins encombrants (de poids moyen) pour livraison à divers endroits à l'intérieur de zones définies. Cette stratégie permettra aussi d'éviter une grande partie de la congestion que connaissent actuellement les artères de circulation des grandes villes et de réduire le bruit dans les villes.

Contrairement au parc de véhicules légers, les catégories de véhicules moyens et lourds connaîtront des augmentations considérables de plus de 220 % et 165 % respectivement.

Toutes utilisations confondues (transport de personnes et de marchandises), le parc de véhicules de traction sur rail accusera une croissance plus modérée en raison des coûts importants de construction de nouveaux réseaux, des contraintes d'espace associées aux nouveaux tracés, du taux d'utilisation actuel des réseaux et du manque de flexibilité qu'on leur attribue généralement une fois en place. MARCON anticipe malgré cela une augmentation du nombre de véhicules de traction sur rail de 30 % à l'horizon 2050. Le nombre de wagons pourrait cependant augmenter beaucoup plus, mais n'a pas été calculé dans le cadre de la présente étude.

Dans un tel contexte, la part des véhicules électriques et intelligents, capables de connexion à tous les environnements pertinents (V2X) et d'une autonomie de niveau 4 ou 5 selon l'échelle de la Society of Automotive Engineers (SAE), dans le parc de véhicules terrestres d'Amérique du Nord, est estimée en fonction des hypothèses suivantes.






Pour les véhicules électriques

La disponibilité d'un éventail plus complet de modèles de véhicules électriques légers, particulièrement dans l'importante sous-catégorie des véhicules utilitaires, des camionnettes et des fourgonnettes.

Pour les véhicules intelligents

La commercialisation de véhicules autonomes (niveau 4 ou 5 de la SAE) à compter des années 2030.

Évolution décennale du parc de véhicules terrestres électriques et intelligents en Amérique du Nord, 2019-2050 (en milliers d'unités et en pourcentage du nombre total de véhicules en circulation)

| CATÉGORIES | 2019 | | 2030 | | 2040 | | 2050 | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|--------------|------------------|---------------|------------------|---------------|------------------|---------------|
| | Unités | % | Unités | % | Unités | % | Unités | % |
|  Véhicules légers | 1416,4 | 0,5 % | 86 403,3 | 27,5 % | 132 013,8 | 43,9 % | 155 188,1 | 57,3 % |
|  Véhicules moyens | 0,2 | 0,0 % | 3394,7 | 1,1 % | 10 978,2 | 3,7 % | 26 729,9 | 9,9 % |
|  Véhicules lourds | 0,0 | 0,0 % | 700,6 | 0,2 % | 1916,5 | 0,6 % | 3883,9 | 1,4 % |
|  Autres véhicules | 0,1 | 0,0 % | 381,4 | 0,1 % | 674,4 | 0,2 % | 1130,1 | 0,4 % |
|  Véhicules sur rail | 13,7 | 0,0 % | 17,2 | 0,0 % | 20,6 | 0,0 % | 24,7 | 0,0 % |
| Total | 1430,4 | 0,5 % | 90 897,2 | 28,9 % | 145 603,5 | 48,4 % | 186 956,7 | 69,0 % |
| Véhicules en circulation | 302 695,7 | 100 % | 314 595,1 | 100 % | 300 771,2 | 100 % | 270 954,9 | 100 % |

Source : MARCON, 2020.

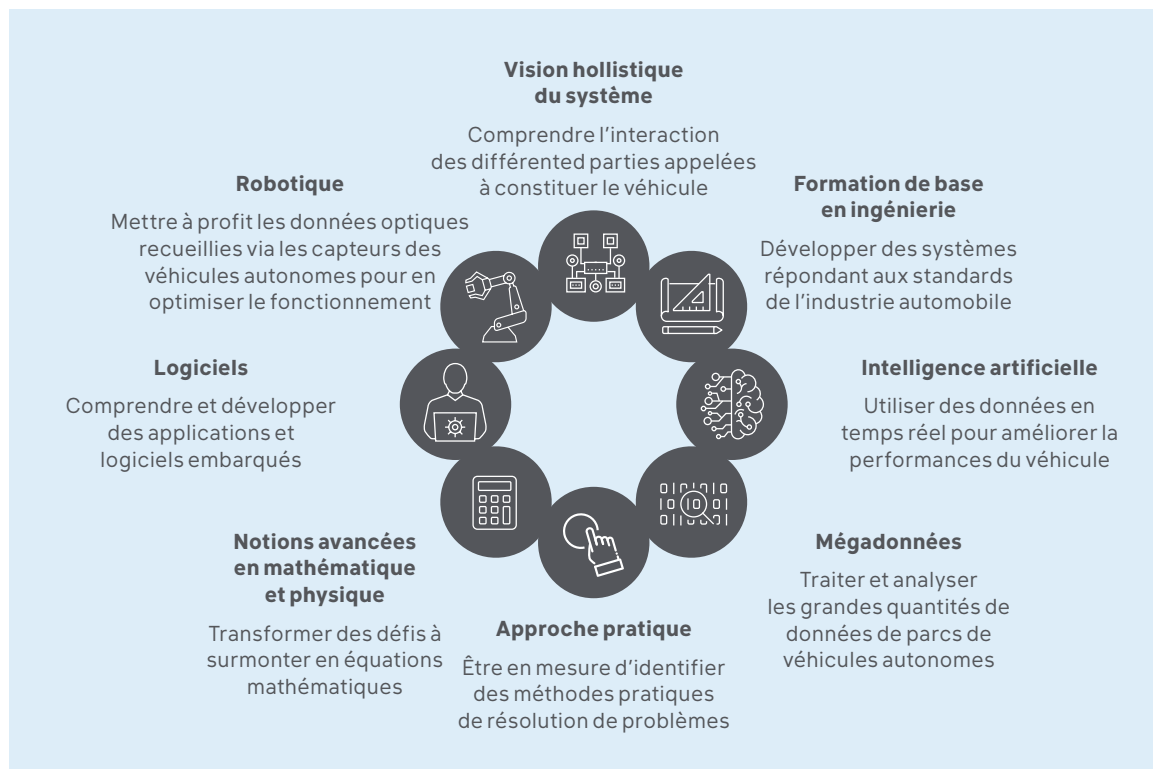
Malgré la diminution progressive du nombre total de véhicules légers dans le parc complet d'Amérique du Nord annoncée précédemment, la quantité de ceux-ci qui seront électriques ou intelligents augmentera à plus de 100 fois son nombre actuel au cours des 30 prochaines années, passant de 1,4 million à 155,2 millions et représentant en 2050 57,3 % de tous les véhicules électriques ou intelligents en circulation. La croissance des catégories de véhicules moyens et lourds électriques ou intelligents sera encore plus prononcée puisque ces véhicules sont pratiquement inexistantes aujourd'hui.

Pour ce qui est des véhicules électriques de traction et des véhicules intelligents sur rail, ils accapareront non seulement toute la croissance du transport de passagers dans leurs catégories, mais viendront aussi remplacer certains véhicules conventionnels ou hybrides déjà en service. Ils représenteront environ le tiers de tous les véhicules de traction sur rail en service en 2050. Malheureusement, MARCON ne prévoit aucune transition du transport ferroviaire de marchandises vers l'électrification en raison des coûts prohibitifs qu'une telle transformation exigerait. Même si l'automatisation des locomotives conventionnelles est possible, les coûts en main-d'œuvre associés aux ingénieurs de trains (conducteurs) ne représentent pas une portion suffisamment importante des coûts d'exploitation de chemins de fer pour en justifier l'investissement.

En somme, MARCON anticipe que la portion du parc total de véhicules terrestres qui sera électrique ou intelligente atteindra presque 70 % du parc total de l'Amérique du Nord en 2050 si l'ensemble des facteurs décrits dans cette étude se manifestent. Précisons qu'une forte proportion des conditions qui favoriseront cette transition est entre les mains des gouvernements, tous paliers confondus, mais particulièrement des instances municipales qui sont aux prises avec les conséquences de l'urbanisation prononcée (congestion routière, pollution et augmentation du nombre de déplacements de personnes et de marchandises).

Au Québec, plus de 14 000 personnes sont déjà affectées partiellement ou entièrement aux chaînes de valeur des véhicules électriques et intelligents. Puisque la forte majorité du secteur des TEI est composée de PME, des candidats plus polyvalents sont recherchés afin de permettre aux employeurs de les utiliser à de multiples fonctions dans le développement, la fabrication et le service des véhicules et des infrastructures. Les compétences les plus convoitées sont illustrées ci-après.

Impacts sur la main-d'œuvre et sa formation



Adapté de BCG

Le principal constat de la situation actuelle en matière de main-d'œuvre et formation est que l'industrie des véhicules électriques et intelligents ne souffre pas d'un déficit disproportionné en main-d'œuvre en comparaison des autres industries québécoises. Toutefois, les entreprises qui la composent manquent de visibilité auprès des étudiants.

Parmi la cinquantaine de professions présentes dans ce secteur, les suivantes ont été jugées prioritaires par les entreprises consultées dans le cadre de l'étude :

1. Ingénieurs électriciens et électroniciens (incluant les ingénieurs en fiabilité, d'opérabilité et ceux de systèmes avancés d'assistance et d'aide à la conduite automobile),
2. Analystes et administrateurs de bases de données,
3. Ingénieurs et concepteurs en logiciel (incluant spécifiquement les ingénieurs en traitement de l'image, en optique et ceux qui œuvrent en intelligence artificielle),
4. Programmeurs et développeurs en médias interactifs,
5. Technologues et techniciens en génie électronique et électrique,
6. Spécialistes des ventes techniques,
7. Mécaniciens et réparateurs de véhicules automobiles, de camions et d'autobus,
8. Électromécaniciens.

Le secteur de l'électrification des transports entre dans sa phase de croissance et exige présentement une plus grande quantité de candidats afin d'alimenter les processus de fabrication, de vente et de service des véhicules et des infrastructures. Pour sa part, la filière des véhicules intelligents est encore en phase précommerciale et les profils de candidats recherchés par la plupart des employeurs sont en grande partie des diplômés de deuxième et troisième cycles universitaires ayant des spécialisations pointues et rares.

Dans le secteur des véhicules électriques, les formations initiales procurent une gamme de compétences qui convient généralement à l'industrie. Cependant, les entreprises contactées déplorent que ces formations ne procurent pas suffisamment de contenu spécifique à l'électrification des transports. Offrir une prise de contact avec les contenus spécifiques permettrait de sensibiliser les étudiants aux occasions d'emploi et de mieux préparer les diplômés à occuper un emploi dans ce secteur où une croissance des effectifs pourrait bien dépasser les 200 % au cours de la prochaine décennie.

La filière des véhicules intelligents est actuellement concentrée en recherche et développement; elle emploie donc moins de personnes pour l'instant. Même si les taux de croissance anticipés pour la prochaine décennie semblent très élevés, le nombre de postes à combler y sera considérablement moins important que pour la filière des véhicules électriques.

Ainsi, la création d'emploi combinée de ces deux filières au Québec proviendra particulièrement des services d'ingénierie, de la recherche et du développement, ainsi que de la conception et du design de produits.

Les professions les plus en demande par l'industrie et qui sont jugées prioritaires sont les suivantes :

- ▶ Ingénieurs électriciens et électroniciens,
- ▶ Analystes de bases de données et administrateurs,
- ▶ Ingénieurs et concepteurs en logiciel,
- ▶ Programmeurs et développeurs en médias interactifs,
- ▶ Technologues et techniciens en génie électronique et électrique.

Nos démarches ont identifié quelques pistes d'amélioration des contenus de formation qui méritent d'être offertes aux étudiants rapidement.

Du côté de la formation initiale, l'industrie souhaiterait voir les ajouts suivants aux curriculums appropriés :

- ▶ Enseigner les normes de sécurité et de fiabilité du secteur automobile applicables aux logiciels embarqués;
- ▶ Enseigner le processus de développement d'un véhicule automobile;
- ▶ Intégrer l'intelligence artificielle dans les programmes de génie;
- ▶ Amener les étudiants en génie à être davantage exposés à la gestion et au marketing;
- ▶ Ajouter un module de formation spécialisée en vision et en optique applicable aux véhicules autonomes (génie du logiciel), d'une durée de deux ou trois ans;
- ▶ Renforcer la formation en sécurité des données et en cybersécurité.

En ce qui concerne la formation continue, l'industrie suggère les formations suivantes :

- ▶ Assurer la mise à niveau à la mécanique électrique des mécaniciens de véhicules lourds en poste;
- ▶ Offrir un volet « moteurs de véhicules électriques » à l'intention des mécaniciens automobiles;
- ▶ Présenter un exposé sur les procédures de santé et sécurité relatives à la manipulation, à l'entreposage et au recyclage de batteries de voitures électriques;
- ▶ Offrir un cours concernant les outils de gestion en matière d'infonuagique, de bases de données et de gestion proactive de la performance (surveillance, production de rapports et évaluation de la performance) à l'intention des ingénieurs en exercice.

On propose également l'ajout de deux nouveaux programmes en vue de compléter l'offre de formation :

- ▶ Spécialisation en transports électriques et intelligents au baccalauréat en génie électrique, regroupant différents contenus de formation tels :
 - Mobilité urbaine,
 - Internet et objets connectés,
 - Intelligence artificielle,
 - Conduite autonome;

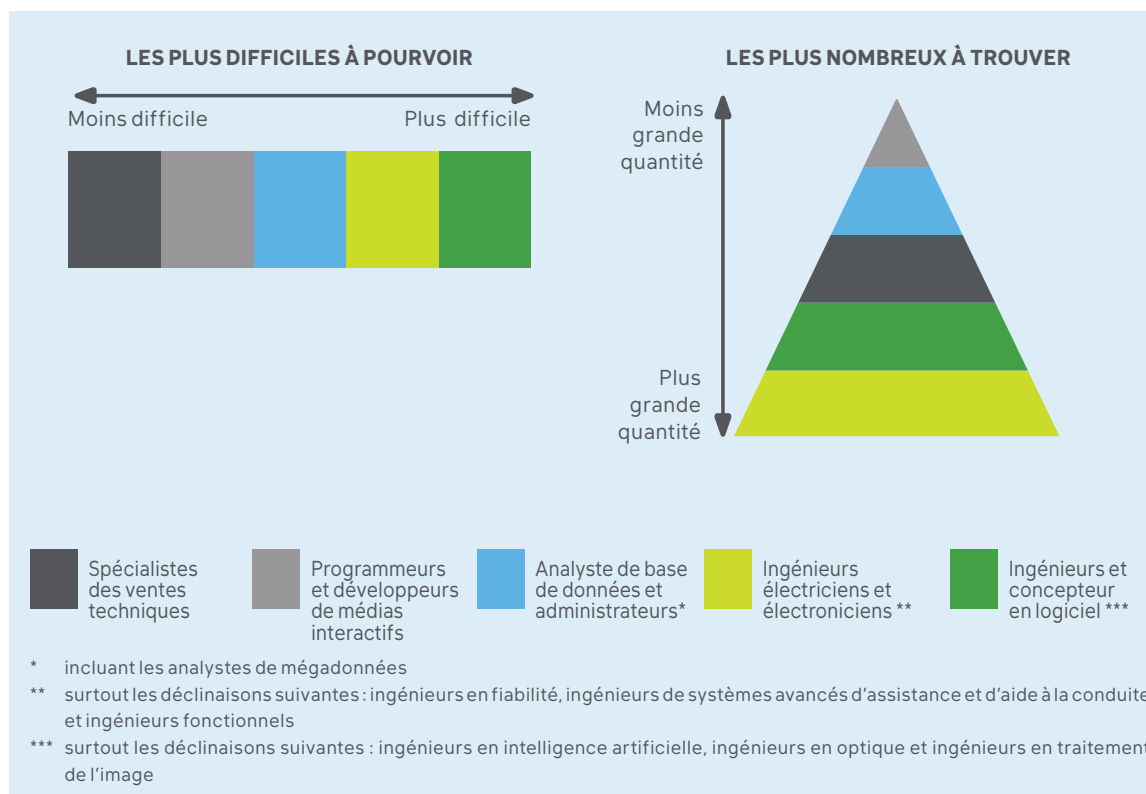
- ▶ Spécialisation en transports intelligents au baccalauréat en ingénierie, regroupant le génie civil, le génie mécatronique et le génie électronique.

Précisons que la quantité et la nature des futurs besoins de formation seront clairement, mais pas uniquement, tributaires de la vision partagée par le gouvernement et l'industrie à l'égard des deux filières concernées et des technologies qui leur sont propres. Dans le cas des véhicules électriques et de leur chaîne de valeur, le gouvernement du Québec a déjà exprimé une vision commune à celle de l'industrie et a mis en branle une gamme d'initiatives qui devraient en assurer la réalisation réussie.

Aucune position de la sorte n'a toutefois encore été articulée au sujet des véhicules intelligents ou du rôle du Québec dans cette filière pourtant très prometteuse et stratégique pour accroître sa compétitivité à moyen et long termes. Plusieurs concurrents internationaux tels l'Ontario, le Royaume-Uni, les États-Unis, la Chine et le Japon ont quelques années d'avance dans ce domaine, mais se concentrent surtout sur le marché le plus important, soit celui des véhicules légers. Par contre, la Suède a déjà quelques prototypes de camions lourds intelligents sur ses routes. Malgré tout, plusieurs niches familières aux entreprises québécoises restent encore peu convoitées et présentent des occasions d'affaires intéressantes pour le Québec, dont les autobus scolaires, les autobus urbains et les véhicules spécialisés, pour n'en nommer que quelques-unes. Les besoins de formation spécifique à la filière des véhicules connectés et intelligents ne pourront être véritablement tous identifiés que lorsqu'une stratégie québécoise favorisant son expansion aura été énoncée. Par la suite, l'ensemble des acteurs du milieu saura se mobiliser pour concrétiser cette vision.

Dans les circonstances actuelles et pour la prochaine décennie, les professions prioritaires sont celles décrites dans le diagramme ci-après.

Professions prioritaires en transport électrique et intelligent au Québec, 2020-2030



Source : MARCON, 2020.

Précisons que les technologies d'électrification, et plus encore celles d'automatisation des transports, seront à l'origine d'une véritable perturbation du transport de personnes et de marchandises. Les modèles de mobilité décrits précédemment laissent entrevoir les changements radicaux qui animeront les prochaines décennies. Toute évolution technologique et industrielle est accompagnée d'une adaptation de la main-d'œuvre à ses besoins. Ainsi, certaines professions seront bouleversées par cette révolution du monde du transport. Les chauffeurs professionnels de tous les types de véhicules routiers et les préposés à l'entretien des groupes motopropulseurs conventionnels seront appelés à disparaître progressivement au cours de la période durant laquelle les véhicules électriques et intelligents remplaceront ceux communément utilisés aujourd'hui. Comme cette substitution s'effectuera sur une longue période (20 à 30 ans), la plupart des postes éliminés pourront être révoqués au fil des départs volontaires et de l'attrition (ex. : retraites) et ne devraient pas nécessiter des mesures importantes de réadaptation des ressources humaines.

Le gouvernement devra cependant être à l'affût des impacts indirects de l'avènement de ces technologies et des nouveaux modèles de transport sur un vaste éventail de professions comme les policiers affectés au respect du Code de la route, les préposés au stationnement, les membres du corps médical et plusieurs autres. L'évaluation de l'impact des véhicules électriques et intelligents sur une gamme plus large de professions devra être effectuée afin de procurer une prévision à tous les acteurs concernés.

À plus court terme, MARCON recommande au gouvernement du Québec de mettre en place les stratégies suivantes afin d'assurer un approvisionnement adéquat en ressources professionnelles aux industries des véhicules électriques et intelligents et d'éviter qu'un grand nombre de personnes soient mises à pied sans posséder les connaissances nécessaires pour trouver un nouvel emploi.

1. **Confier** à Propulsion Québec et/ou ses partenaires le développement et la mise en œuvre d'un bouquet d'actions de promotion des emplois et des formations de l'industrie auprès des étudiants de niveaux universitaire, collégial et secondaire.
2. **Travailler** avec les institutions d'enseignement postsecondaire et leurs représentants afin d'assurer l'ajustement des curriculums existants pour y introduire l'enseignement des notions appliquées au contexte des transports électriques et intelligents.
3. **Ajouter** des stages dans les entreprises œuvrant dans les TEI pour mieux faire connaître aux étudiants les applications possibles de leurs connaissances dans ces industries.
4. **Sélectionner** les créneaux du secteur des transports intelligents les plus porteurs pour le Québec et développer une stratégie québécoise des TEI en vue d'aligner les initiatives des acteurs et guider l'action gouvernementale en matière d'investissement, de développement, de formation et de recrutement international.
5. **Recruter** agressivement les meilleures personnes-ressources au monde dans les niches retenues du secteur des transports intelligents pour lancer une véritable industrie québécoise du transport intelligent en s'appuyant sur les fondations existantes.
6. **Procéder** à une évaluation quantitative plus exhaustive des emplois directement et indirectement à risque et effectuer un suivi à intervalles réguliers du rythme de perte de postes pour chaque profession concernée afin de prévenir toute situation de surplus ou de pénurie au Québec.
7. **Créer** un mécanisme de coordination entre l'industrie et le milieu académique pour assurer la meilleure concordance possible entre la formation offerte et les besoins des filières.
8. **Examiner** la possibilité de créer un service de courtage de formation au sein de Propulsion Québec pour aider les membres à identifier rapidement les ressources nécessaires pour combler leurs besoins.

Avis au lecteur

Les prévisions présentées dans le présent rapport découlent d'hypothèses formulées par l'équipe de MARCON. Ces hypothèses ont été fondées sur un grand nombre de lectures, de participations à diverses conférences et de réflexions. Elles ont été validées par des experts internationaux reconnus qui ont été adjoints à l'équipe MARCON pour consultation spécifiquement à cette fin. Ces hypothèses sont clairement décrites dans le présent rapport et ses annexes. Aucun modèle économétrique empiriquement validé n'a pu être utilisé dans cette étude puisqu'aucun n'existe à cette fin.

MARCON-Miratech, 2020.



1

Objectifs et
méthodologie
de l'étude



A la demande de ses membres, Propulsion Québec a lancé un chantier sur la main-d'œuvre pour, d'une part, assurer la disponibilité de ressources humaines qualifiées nécessaires à la croissance du secteur et, de l'autre, anticiper les changements à prévoir dans plusieurs catégories d'emplois appelées à perdre de l'importance.

Dans ce contexte, une étude sur la main-d'œuvre était nécessaire pour effectuer un diagnostic et établir un plan d'action pour le secteur. Au cours des dernières années, certains portraits de la main-d'œuvre ont été réalisés par des comités sectoriels, des associations ou regroupements et des firmes d'experts dans des industries connexes aux transports électriques et intelligents, par exemple pour le secteur automobile. Cependant, aucun de ces portraits ne dresse une analyse exhaustive de la situation spécifique aux transports électriques et intelligents. Les changements à venir obligent la grappe à documenter et à prévoir l'évolution du secteur afin de bien cerner les impacts et besoins en formation ainsi que les perspectives d'emplois.

1.1 Les objectifs de l'étude

Afin de prévoir adéquatement les besoins en main-d'œuvre et en formation du secteur des transports électriques et intelligents, les objectifs de l'étude sont :

- ▶ Dresser un portrait actuel de la main-d'œuvre et des formations dans le secteur des TEI;
- ▶ Évaluer l'évolution du secteur des TEI au cours des prochaines années et son impact projeté sur la demande pour différentes catégories d'emplois concernées;
- ▶ Identifier des catégories d'emplois qui seront favorisées et défavorisées par l'évolution du TEI (en fonction des sous-secteurs d'activité analysés);
- ▶ Identifier les compétences qui seront en demande et comment celles-ci pourront être acquises par des formations;
- ▶ Déterminer ce que le Québec doit faire pour encourager l'évolution du secteur des TEI afin de ne pas nuire à la croissance anticipée de celui-ci;
- ▶ Recommander des pistes d'action aux parties prenantes dans le but d'assurer que la main-d'œuvre répondra aux besoins de l'industrie des TEI.

L'étude se décline en trois volets :

1. L'analyse de l'impact projeté des transports électriques et intelligents sur le déplacement des personnes et des marchandises sur un horizon 2050;
2. Le portrait de la main-d'œuvre actuelle et de la formation spécifique au secteur des TEI au Québec;
3. L'évolution des besoins en main-d'œuvre et en formation, des secteurs à risque et des pistes d'actions.

Chaque volet comporte des objectifs spécifiques, tel que présenté ci-après.



1. Analyser l'impact projeté des transports électriques et intelligents sur le déplacement des personnes et des marchandises :

- ▶ Définir trois scénarios (pessimiste, réaliste, optimiste) liés au déploiement des transports électriques et intelligents en Amérique du Nord à l'horizon 2050;
- ▶ Estimer l'impact des trois scénarios à l'étude en ce qui concerne la création d'emploi (par code de Classification nationale des professions, ou code CNP) sur l'ensemble des activités de la chaîne de valeur des transports électriques et intelligents;
- ▶ Identifier les professions du secteur des transports affectées négativement par le déploiement des transports électriques et intelligents.

2. Dresser le portrait de la main-d'œuvre actuelle et de la formation spécifique aux transports électriques et intelligents au Québec :

- ▶ Tirer des conclusions des diagnostics sectoriels applicables;
- ▶ Développer une liste exhaustive des métiers et professions (codes CNP) liés aux transports électriques et intelligents;
- ▶ Estimer le nombre d'emplois des métiers et professions (codes CNP) actuels pour les secteurs du système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN) concernés par les transports électriques et intelligents;
- ▶ Animer un atelier de consultation dans le cadre du Forum sur la main-d'œuvre;
- ▶ Préciser les métiers et professions (codes CNP) prioritaires liés aux transports électriques et intelligents;
- ▶ Développer un portrait actuel des compétences requises et des besoins en main-d'œuvre pour les métiers et professions (codes CNP) prioritaires identifiés;
- ▶ Recenser les programmes québécois de formation initiale et continue liés aux transports électriques et intelligents;
- ▶ Qualifier la nature des besoins en main-d'œuvre des secteurs (SCIAN) concernés par les transports électriques et intelligents (forte demande, pénurie, risque de pénurie) pour l'ensemble du Québec.

3. Évaluer l'évolution des besoins en main-d'œuvre et en formation selon l'analyse de l'impact projeté des transports électriques et intelligents sur le déplacement des personnes et des marchandises :

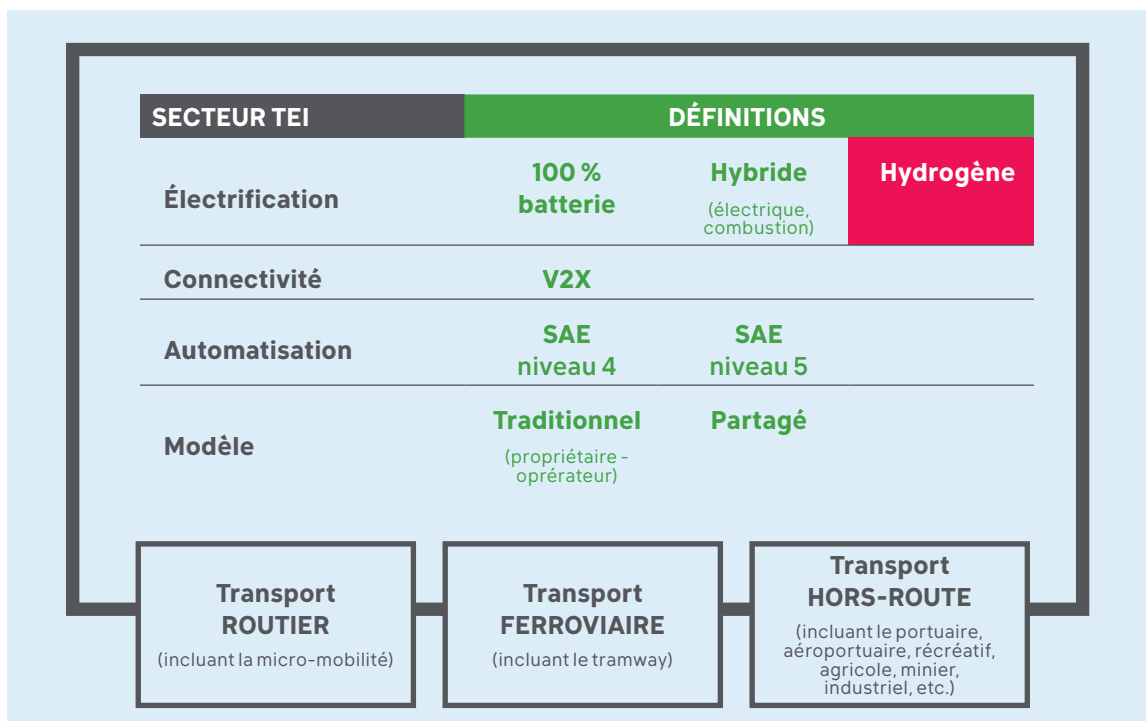
- ▶ Effectuer une analyse quantitative des besoins en main-d'œuvre pour les métiers et professions (codes CNP) prioritaires au déploiement des transports électriques et intelligents;
- ▶ Développer des prévisions des besoins en main-d'œuvre pour les métiers et professions (codes CNP) prioritaires à court terme (5 ans) et à moyen terme (10 ans);
- ▶ Identifier des pistes d'action visant à influencer la disponibilité de la main-d'œuvre anticipée pour les métiers et professions (codes CNP) prioritaires;
- ▶ Identifier des pistes d'action visant à atténuer l'impact de la baisse des emplois dans les secteurs affectés négativement par le déploiement des transports électriques et intelligents;
- ▶ Identifier les formations initiales et continues nécessaires au secteur des transports électriques et intelligents, incluant les publics cibles de chacune et les formations à mettre en place;
- ▶ Cibler des priorités d'intervention pour les parties prenantes de l'écosystème afin de répondre aux besoins des entreprises impliquées dans le secteur des transports électriques et intelligents.



1.2 La délimitation du champ de recherche

Le diagramme 1 présente les limites du champ de recherche, dont le secteur des véhicules à hydrogène qui est exclu de la délimitation du champ de l'étude.

DIAGRAMME 1 Limites du champ de recherche



L'analyse du secteur des transports électriques et intelligents inclura une évaluation des véhicules¹ qui sont électriques et/ou connectés et/ou autonomes et qui sont opérés en mode partagé ou traditionnel. Les services périphériques à l'exploitation de ces véhicules (ex. : assurances) sont présentés de manière qualitative et générale dans ce rapport.

1 Un véhicule a au moins une roue, est motorisé et circule sur la route, hors route ou sur rail.



TABLEAU 1 Définitions

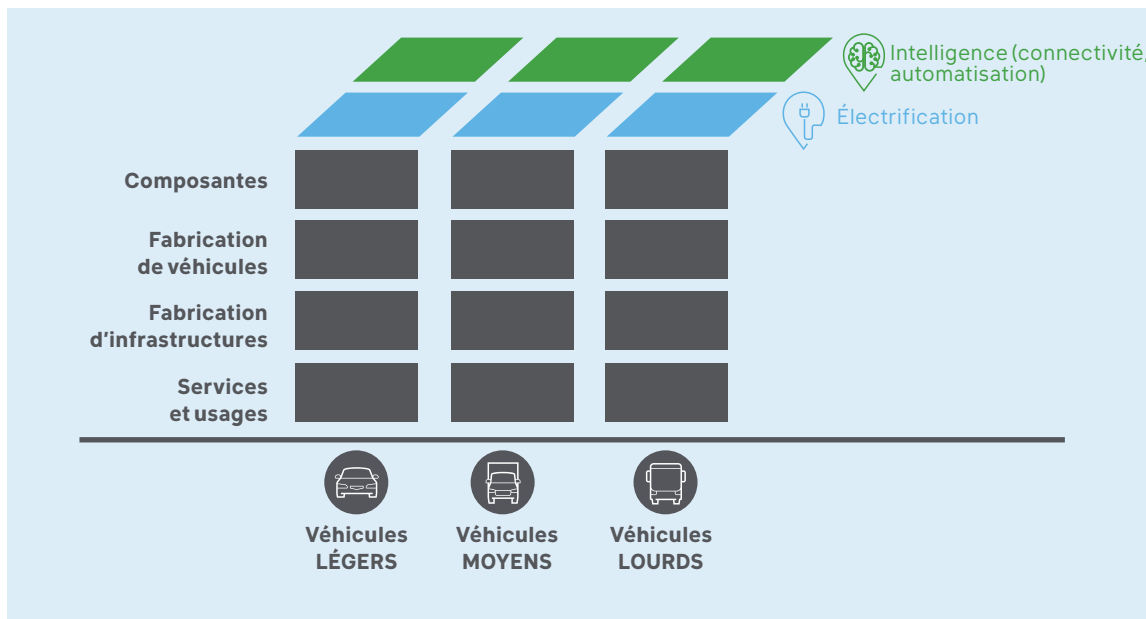
| | |
|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Électrification | <p>Les technologies incluses sont : 100 % batterie et hybride (électrique).</p> <p>Étant donné que l'industrie de l'hydrogène est relativement peu présente au Québec et à la demande de Propulsion Québec, la technologie de véhicules à hydrogène n'est pas incluse dans l'analyse.</p> |
| Connectivité | <p>Un véhicule connecté est un véhicule disposant d'un système embarqué de communication qui offre un accès à Internet. Cette connexion s'effectue généralement via les réseaux de téléphonie mobile grâce à un équipement intégré au véhicule. Très souvent, le véhicule connecté est doté d'un réseau local sans fil permettant de partager cet accès entre divers équipements à bord du véhicule. Le véhicule peut également se connecter à l'infrastructure du réseau routier ou aux autres véhicules circulant à proximité.</p> <p>La technologie de connectivité (V2X : véhicule à tout) inclut :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ La connectivité V2V (de véhicule à véhicule), ▶ La connectivité V2I (du véhicule à l'infrastructure), ▶ La connectivité V2P (de véhicule à personne), ▶ La connectivité V2C (du véhicule au nuage Internet). |
| Automatisation | <p>Un véhicule autonome est capable de rouler sans l'intervention d'un être humain. Grâce à de nombreux capteurs et à des logiciels et algorithmes sophistiqués, il est capable de circuler et de prendre des décisions sans l'apport d'un conducteur. La SAE a établi cinq niveaux d'automatisation (présentés à l'annexe II).</p> <p>Les niveaux d'automatisation 4 et 5 nécessiteront des équipements, algorithmes et intelligences artificielles plus sophistiqués et révolutionneront la mobilité, créant ainsi des occasions d'affaires pour les entreprises et organisations québécoises qui s'y démarqueront.</p> <p>L'Union internationale des transports publics (UITP) définit pour sa part cinq niveaux d'automatisation appelés « <i>Grades of Automation</i> », ou GoA, pour les trains, tramways et métros :</p> <p>GoA 0 : aucune automatisation (conduite à vue);</p> <p>GoA 1 : fonctionnement manuel pour arrêts, départs et urgences;</p> <p>GoA 2 : fonctionnement semi-automatique où les arrêts et départs sont automatisés, mais où un préposé <u>doit</u> contrôler les situations d'urgence (STO);</p> <p>GoA 3 : fonctionnement totalement automatique, mais un où un préposé <u>peut</u> conduire le train en cas d'urgence (DTO); et,</p> <p>GoA 4 : train totalement automatique fonctionnant sans la présence de personnel (UTO).</p> |



1.3 La méthodologie utilisée

La méthodologie utilisée a été conçue pour permettre à MARCON de recueillir le maximum d'informations utiles. La grappe couvre des secteurs variés touchant à la fois à la fabrication, aux technologies de l'information et aux services. Cette réalité est reflétée par le cube de recherche et d'analyse du diagramme 2.

DIAGRAMME 2 **Univers de la recherche**



Ce cube représente l'univers de la recherche où sont combinées la chaîne de valeurs de l'industrie, les technologies véhiculaires et les catégories de véhicules.

La chaîne de valeur de l'industrie

- ▶ Fabrication de composantes
- ▶ Fabrication de véhicules
- ▶ Fabrication d'infrastructures, incluant des bornes de recharge
- ▶ Services de mobilité et usages des véhicules

Les technologies véhiculaires

- ▶ Électrification
- ▶ Intelligence (connectivité, automatisation)

Les catégories de véhicules

- ▶ Véhicules légers : classes 0, 1 et 2, sur route et hors route
- ▶ Véhicules moyens : classes 3 à 6, sur route et hors route
- ▶ Véhicules lourds : classes 7 et 8, sur route, hors route et sur rail



À l'exception des locomotives et autres véhicules de traction sur rail, les véhicules non immatriculés n'ont pas fait l'objet de quantifications, faute de données fiables à leur sujet.

La cueillette de l'information a été réalisée par le biais de recherche documentaire (données secondaires) et de données primaires. Ces dernières sont constituées des sources suivantes :

- ▶ Échanges avec des experts en mobilité,
- ▶ Échanges avec le comité de pilotage de l'étude,
- ▶ Informations fournies par les entreprises et organisations québécoises ayant participé au Forum sur la main-d'œuvre organisée par Propulsion Québec en décembre 2019,
- ▶ Entrevues téléphoniques auprès des représentants de la direction d'entreprises québécoises du secteur des TEI (dix entrevues complétées).

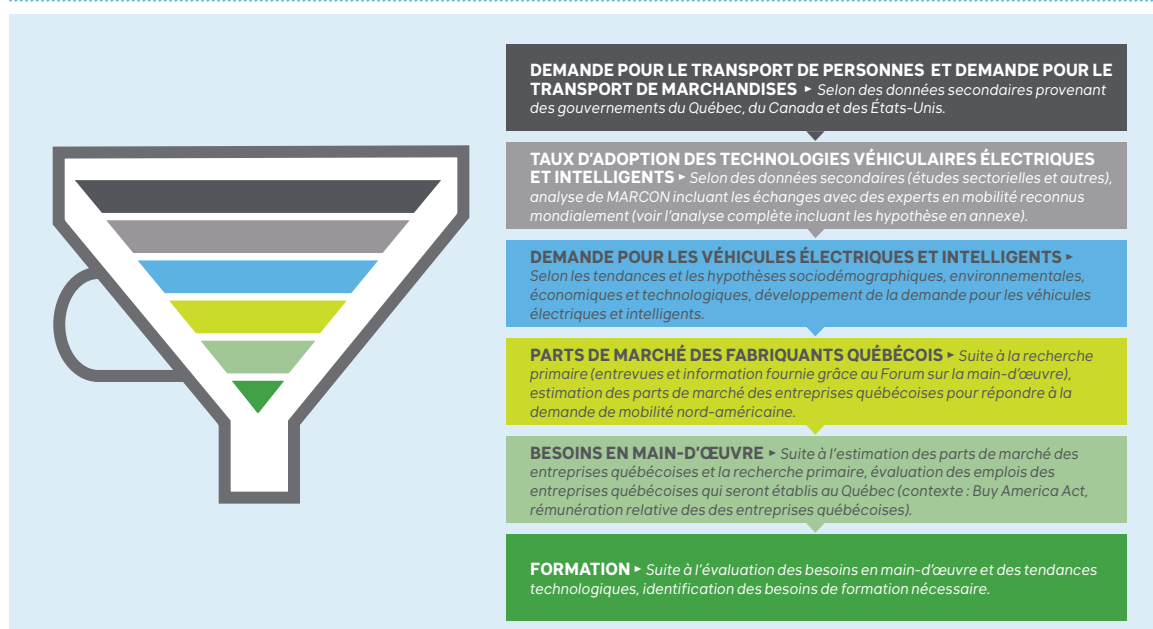
1.3.1 L'approche méthodologique

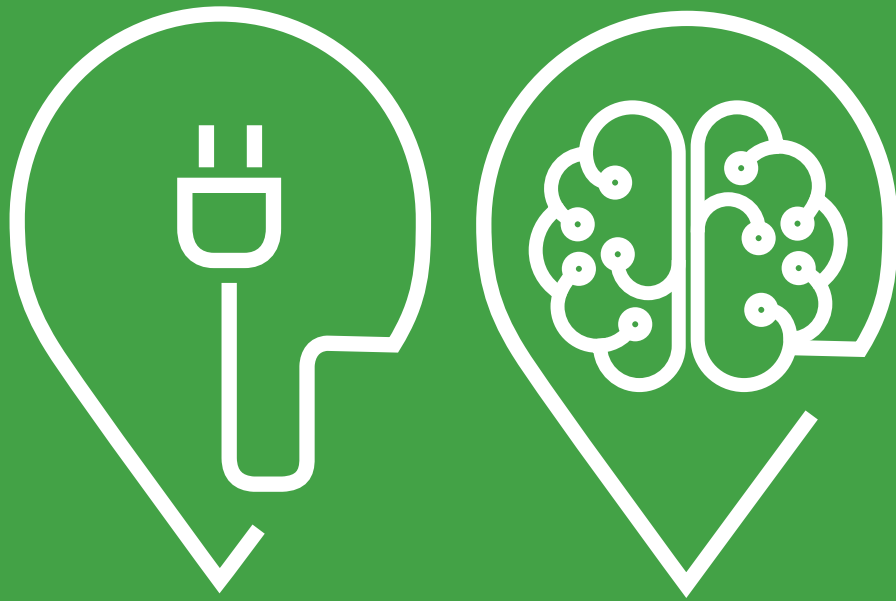
L'approche pour évaluer les besoins en main-d'œuvre et en formation dans le secteur des transports électriques et intelligents s'appuie sur un examen des facteurs qui justifient ces besoins.

Le diagramme 3 présente une illustration simplifiée des principaux éléments qui ont été considérés pour déterminer avec le plus d'exactitude possible la quantité et la nature de la main-d'œuvre requise ainsi que les compétences qu'elle doit détenir pour assurer le succès des entreprises québécoises. Il résume la méthodologie utilisée.

Le marché nord-américain étant le marché prioritaire pour les entreprises québécoises, l'analyse de la demande, des parts de marché et des besoins en main-d'œuvre est basée sur la présence et la réussite des produits et services québécois sur cet important marché de la mobilité.

DIAGRAMME 3 Démarche méthodologique





2

Le déploiement des transports électriques et intelligents



2.1 Chaînes de valeur de l'industrie des transports électriques et intelligents

Bien que la chaîne de valeur pour l'industrie des TEI soit définie en quatre catégories (telles qu'illustrées au diagramme 2), elle est en réalité beaucoup plus élaborée et complexe. La fabrication de composants, par exemple, implique l'extraction de matières premières, la transformation des minéraux et des métaux (incluant leur affinage), l'alliage de ceux-ci en matériaux avancés, le design des composants elles-mêmes et leur assemblage. Bien que plusieurs de ces activités se déroulent au Québec, la proportion de la demande que représentent les TEI pour chacune d'entre elles est tellement minime qu'il est pratiquement impossible d'évaluer l'impact des TEI sur la vaste majorité de ces activités.

Par surcroît, l'avènement d'une industrie québécoise des TEI ne créera pas nécessairement de nouveaux besoins en main-d'œuvre ou en formation. Par exemple, une augmentation de la demande pour le fer qui entre dans la fabrication de camions autonomes ne stimulera qu'une hausse marginale du nombre d'emplois dans le secteur minier et n'aura aucun effet sur la formation requise pour y travailler.

Selon le ministère de l'Économie et de l'Innovation du Québec, le Québec compte un peu plus d'une centaine d'entreprises actives dans l'industrie de l'automobile (marché des pièces d'origine et des pièces de rechange)². La plupart d'entre elles n'offrent cependant aucune composante spécifiquement dédiée aux véhicules électriques (VÉ), ou cette portion de leur activité économique demeure minime. C'est le cas de Connexion Technic (Québec), Docom Technologies (Boucherville) et plusieurs autres. La raison est très simple : encore peu de véhicules électriques sont fabriqués au Québec. Quelques exceptions méritent d'être soulignées, dont DANA TM4 et Solutions Bleues Canada. Par contre, le Québec compte déjà plusieurs concepteurs et fabricants de composants pour les véhicules intelligents (VI). Parmi eux, on retrouve LeddarTech (fabricant de LiDAR), Immervision (concepteur de solution de vision à grand-angle) et Phantom Intelligence (fabricant de capteurs intelligents).

Du côté des infrastructures de recharge, certains éléments sont conçus, fabriqués, assemblés et distribués au Québec. Les bornes de recharge résidentielles des compagnies québécoises AddÉnergie, La Station Verte et EV Duty utilisent des boîtiers qui peuvent contenir de l'aluminium québécois et certains éléments structurels fabriqués au Québec. Les pièces électroniques proviennent quant à elles principalement d'Asie. L'assemblage final de ces bornes est effectué au Québec. Les bornes de recharge résidentielles des fournisseurs autres que ces trois entreprises québécoises n'utilisent aucun élément provenant du Québec et ne sont pas assemblées au Québec.

En ce qui a trait aux bornes de recharge rapide, la situation est assez similaire. En effet, celles des compagnies québécoises AddÉnergie, Bectrol et EV Duty contiennent des éléments québécois tels que les boîtiers et les bases et sont assemblées au Québec. De plus, leur installation nécessite des matériaux locaux (ciment, aluminium, etc.). Leurs composants électroniques proviennent aussi de l'étranger, soit d'Europe et d'Asie. Cependant, la nouvelle génération de bornes de recharge rapide d'AddÉnergie contiendrait des composants électroniques québécoises. Finalement, les autres bornes de recharge rapide que l'on retrouve sur le réseau routier québécois, comme les ChargePoint, Tesla ou ABB, ne contiennent aucune composante québécoise, hormis les matériaux requis pour l'installation sur les sites d'utilisation.

² Selon la présentation du secteur de l'industrie automobile du ministère de l'Économie du Québec, mise à jour le 18 octobre 2019, <https://www.economie.gouv.qc.ca/bibliotheques/secteurs/transport-terrestre/presentation-de-lindustrie-automobile/>, 17 mai 2020.



En réponse à la transformation du secteur des transports au Québec et partout sur la planète, la fabrication de véhicules électriques et intelligents entraînera certainement une demande accrue en main-d'œuvre au Québec. Ce maillon de la chaîne de valeur comporte plusieurs sous-catégories et il est peu probable que le Québec puisse se démarquer dans chacune d'elles. Le tissu industriel québécois fait en sorte que les industries excellent principalement dans certaines niches très spécifiques, présentées ci-bas.

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| VÉHICULES LOURDS <ul style="list-style-type: none">• camions• autobus scolaires• autobus urbains | VÉHICULES RÉCRÉATIFS <ul style="list-style-type: none">• motoneiges• motomarines et bateaux• motocyclettes• véhicules tout-terrain• vélos |
| VÉHICULES SPÉCIALISÉS <ul style="list-style-type: none">• camions-outils (nacelles et autres véhicules à usage unique)• souffleuses et déneigeuses• balayeurs et aspirateurs• paveuses, niveleuses, compacteurs et distributrices à bitume• dameuses• autres véhicules industriels | ÉQUIPEMENTS DE RAIL ET MÉTRO <ul style="list-style-type: none">• locomotives et trains• trains légers• tramways• métros• souffleurs et aspirateurs• véhicules de service pour l'entretien des métros et des rails légers• autres équipements |

Dans certains cas, les efforts québécois en recherche et développement risquent fort de produire un impact à l'extérieur des frontières du Québec. Citons en exemple le déplacement récent de la production des camions développés par Nordresa vers le Mexique.

Le contraire est également possible dans d'autres mailles de la chaîne de valeur. L'augmentation de la production étrangère d'automobiles électriques stimule la fabrication d'infrastructures au Québec. À titre d'exemple, les bornes de recharge d'AddÉnergie, conçues à Québec et fabriquées à Shawinigan, se vendent partout en Amérique du Nord parce que cette entreprise a réussi à tirer son épingle du jeu sur ces marchés en exploitant une occasion d'affaires naissante au moment opportun. Ce succès a inspiré d'autres entreprises de fabrication de bornes au Québec et en inspirera certainement d'autres dans l'avenir.

Du côté des véhicules électriques, les infrastructures fabriquées au Québec se limitent aux bornes de recharge. Quelques emplois sont aussi dévoués à l'installation locale de bornes. En ce qui a trait aux véhicules intelligents (tels que définis au tableau 1), aucun ne circule encore sur les routes d'Amérique du Nord, donc aucune infrastructure n'a encore été mise en place, à l'exception de certains centres de recherche comme à Stratford (Ontario) et à Ypsilanty, près de Ann Arbor, au Michigan (États-Unis). La seule infrastructure requise pour les véhicules routiers connectés appartient au domaine des télécommunications, ce qui dépasse l'envergure de la présente étude et ne représente de toute façon qu'un besoin très marginal pour cette industrie. On doit cependant ajouter les infrastructures pour les véhicules autonomes sur rail à cette maille de la chaîne de valeur.



Le maillon des services de mobilité et usages des véhicules est par contre purement québécois; la quantité, la nature et la formation de la main-d'œuvre affectée par les TEI ne font donc aucun doute. L'impact d'une poussée de l'utilisation des véhicules électriques et intelligents affectera les services de transport en commun, d'autopartage, de taxi, de camionnage et les services de transport ferroviaire pour les personnes et les marchandises. Dans tous ces secteurs, les principaux emplois touchés seront les opérateurs de véhicules (conducteurs et chauffeurs) et le personnel d'entretien.

Dans une industrie encore au stade de la naissance, il est impossible de prévoir les percées de technologies encore en laboratoire ou qui seront faites par des entreprises québécoises. C'est particulièrement le cas des transports intelligents qui ne sont pas encore commercialisés.

Pour ces raisons, la revue des impacts des TEI sur les métiers au Québec (décrits aux chapitres 4 et 5) a été limitée aux professions les plus directement et profondément affectées par la révolution des transports électriques et intelligents.

2.2 Situation actuelle

Il y avait 6 480 605 véhicules immatriculés au Québec à la fin de novembre 2018³. Le ministère des Transports du Québec croit pouvoir atteindre l'objectif de 100 000 véhicules électriques d'ici la fin mars 2020, ce qui représenterait moins de 2 % de l'ensemble du parc de véhicules immatriculés⁴ au Québec. À l'échelle canadienne, les données les plus récentes (2018) indiquent un total (incluant le Québec) de 27,5 millions de véhicules immatriculés. Les États-Unis ont dépassé le million de véhicules électriques immatriculés en 2018 et ce nombre atteignait presque 1,2 million à la fin 2019⁵, ce qui demeure moins de 1 % de tous les véhicules sur les routes américaines.





Il est important de connaître la constitution du parc nord-américain de véhicules pour en prévoir l'évolution. Comme l'immatriculation des véhicules est une responsabilité décentralisée (provinciale au Canada et étatique aux États-Unis), la classification des véhicules appartient à chacune des 65 entités et n'est malheureusement pas standardisée. Pour les fins de la présente étude, le parc de véhicules a été classé comme présenté au tableau 2.

3 Société de l'assurance automobile du Québec(SAAQ), données pour l'année se terminant le 31 décembre 2018.

4 Statistique Canada, Immatriculations de véhicules, par type de véhicule, tableau 23-10-0067-01, données mises à jour le 22 mai 2020 (en ligne).

5 Selon le Edison Electric Institute, Electric Vehicle Sales: Facts & Figures, 2019.

**TABLEAU 2** Classification des véhicules routiers et hors route





| Catégories de véhicules | Classes de véhicules | Types de véhicules | Poids net (kg) |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|---------------------------------------------------------|----------------|
|  Véhicules légers | CLASSE 0 | Motocyclettes (deux ou trois roues) | Non défini |
| | CLASSE 1 | | |
| | - classe 1 | Automobiles, minifourgonnettes et mini-camionnettes | < 2723 |
| | - classe 1A | Véhicules-outils légers (ex. : déneigeuses de trottoir) | < 2723 |
| | - classe 1B | Autobus légers (ex. : navettes) | < 2723 |
| | - classe 1C | Autobus scolaire de type minifourgonnette | < 2723 |
| | - classe 1D | Véhicules légers dédiés (ex. : corbillards, ambulances) | < 2723 |
| | CLASSE 2 | Camionnettes et fourgonnettes | 2723-4536 |
|  Véhicules moyens | CLASSE 3 | | |
| | - classe 3A | Véhicules-outils | 4537-6350 |
| | - classe 3B | Camions | 4537-6350 |
| | CLASSE 4 | | |
| | - classe 4A | Véhicules-outils | 6351-7257 |
| | - classe 4B | Camions | 6351-7257 |
| | CLASSE 5 | | |
| | - classe 5A | Véhicules-outils | 7258-8845 |
| | - classe 5B | Camions | 7258-8845 |
| | CLASSE 6 | | |
| - classe 6A | Véhicules-outils | 8846-11 793 | |
| - classe 6B | Camions | 8846-11 793 | |
|  Véhicules lourds | CLASSE 7 | | |
| | - classe 7A | Autobus | 11 794-14 969 |
| | - classe 7B | Autobus scolaires | 11 794-14 969 |
| | - classe 7C | Camions et tracteurs | 11 794-14 969 |
| | - classe 7D | Véhicules-outils | 11 794-14 969 |
| | - classe 7E | Autres | 11 794-14 969 |
| | CLASSE 8 | | |
| | - classe 8A | Autobus | > 14 969 |
| | - classe 8B | Autobus scolaires | > 14 969 |
| | - classe 8C | Camions et tracteurs | > 14 969 |
| CLASSE 9 | Autres | non défini | |
|  Autres véhicules | Aucune | Véhicules hors route | non défini |

Source : MARCON, 2019.



La compilation de données pour ces catégories démontre que presque 95 % des 303 millions de véhicules immatriculés en Amérique du Nord en 2019 étaient des véhicules légers dont la vaste majorité est utilisée pour le transport de passagers.

TABLEAU 3 Répartition du parc de véhicules immatriculés en Amérique du Nord, par catégorie, 2018 (en pourcentage et en nombre d'unités)

| Catégories de véhicules | Québec | Canada | États-Unis | Total |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
|  Véhicules légers | 86,2 % | 87,2 % | 95,1 % | 283 135 282 |
|  Véhicules moyens | 2,2 % | 2,0 % | 3,4 % | 9 884 747 |
|  Véhicules lourds | 0,6 % | 2,4 % | 1,4 % | 4 585 025 |
|  Autres véhicules * | 11,1 % | 8,4 % | 0,0 % | 2 309 280 |
| Total | 6 480 600 | 27 369 700 | 272 544 700 | 299 914 334 |





* Le Département de Transport des États-Unis ne classe pas les autres véhicules séparément. Ils ont donc été répartis dans les trois autres catégories. Les petits véhicules comme les motoneiges et les VTT représentent plus de 80 % des « autres véhicules ».

Source : Compilations MARCON. 2019.

Toutes catégories confondues, le Canada compte 27,4 millions de véhicules routiers immatriculés, par rapport à 272,5 millions aux États-Unis. Pour sa part, le Québec ne représente que 2,2 % du parc routier d'Amérique du Nord avec 6,5 millions de véhicules immatriculés.

En 2019, moins de 1 300 véhicules électriques de poids moyen et lourd étaient immatriculés pour l'ensemble de l'Amérique du Nord. Les 1,6 million de VÉ recensés appartiennent donc presque tous à la catégorie des véhicules légers.

**TABLEAU 4 Répartition du parc de véhicules électriques en Amérique du Nord, par catégorie, 2018-2019**

| Catégories de véhicules | 2018 | | | | 2019 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|------------------|------------------|-------------------------------|
| | Québec | Canada | États-Unis | Amérique du Nord | Amérique du Nord ⁴ |
|  Véhicules légers ^{1,2} | 38 737 | 93 091 | 1 113 310 | 1 206 401 | 1 596 438 |
|  Véhicules moyens | 0 | 10 | 100 | 110 | 132 |
|  Véhicules lourds ^{*,3} | 1 | 9 | 608 | 618 | 1 130 |
|  Autres véhicules | 0 | 5 | 55 | 60 | 72 |
| Total | 38 738 | 93 115 | 1 114 073 | 1 207 189 | 1 597 772 |
| Nombre total de véhicules routiers immatriculés | | | | | 302 639 597 |
| Part des véhicules électriques (%) ** | | | | | 0,5 % |

Sources :

- 1 Pour le Canada : Mobilité électrique Canada, 2018; pour les États-Unis : Electric Drive Transportation Association, 2019.
- 2 Département américain de l'Énergie et EV Volumes.
- 3 APTA, ACTU et Lion Électrique, 2020.
- 4 Estimés MARCON, 2020.

* Les seuls véhicules lourds commerciaux en circulation sont les autobus urbains et scolaires électriques.

** Ici, les VÉ incluent les quelques véhicules à pile à combustible immatriculés en Amérique du Nord.

Par ailleurs, au sens de la définition du tableau 1, il n'existe pas encore de véhicules autonomes sur les routes d'Amérique du Nord, à l'exception des quelques unités immatriculées aux fins d'essais et de démonstrations. Pour ce qui est des véhicules connectés, quelques véhicules lourds, surtout des autobus urbains, disposent d'un système embarqué de communication avec accès à Internet.

Du côté des véhicules sur rail, l'étude se limite aux unités motorisées et ignore donc les wagons de toutes sortes, car l'électrification et l'automatisation des véhicules sur rail n'affectent que les véhicules de traction, soit les locomotives.


TABLEAU 5 Répartition du parc de véhicules électriques de traction sur rail en Amérique du Nord, 2019

| Types de véhicules | Canada | États-Unis ^{1,2} | Amérique du Nord |
|-------------------------------------------------------|---------------|---------------------------|------------------|
| Locomotives de trains de passagers³ | 2120 | 7293 | 9413 |
| Trains de banlieue | 378 | 2604 | 2982 |
| Trains lourds et métros | 1424 | 2499 | 3923 |
| Trains légers | 269 | 1855 | 2124 |
| Tramways ⁴ | 43 | 297 | 340 |
| Autres ⁴ | 6 | 38 | 44 |
| Locomotives de trains de marchandises | 10 469 | 31 875 | 42 344 |
| Nombre de véhicules électriques sur rail | n.d. | 14 602 | n.d. |
| Part des véhicules électriques | n.d. | 45,8 % | n.d. |

Sources :

- 1 APTA 2019 Vehicle Database, 2020.
- 2 Selon un article de Wikipedia.org, « Rail Transportation in the US » : https://en.wikipedia.org/wiki/Rail_transportation_in_the_United_States
- 3 Estimations de MARCON pour le Canada basées sur la proportionnalité des km-passagers parcourus.
- 4 Estimations MARCON basées sur la proportionnalité des tonnes-km parcourus.

Selon l'Association américaine des transports publics (APTA), 14 602 véhicules électriques de traction sur rail aux États-Unis servent au transport collectif. Dix sociétés de transport opèrent des trains lourds; deux, des trains hybrides (diesel et électricité); neuf, des tramways; 16, des systèmes de trains légers; enfin, 14 opèrent des métros ou des monorails. Un nouveau réseau de trains légers (Honolulu, Hawaï) entrera en service cette année. Par ailleurs, on dénombre 31 875 locomotives de trains de marchandises, portant ainsi le total des véhicules motorisés sur rail à 39 168 unités aux États-Unis.

Au Canada, on ne compte que trois réseaux de métros ou monorails (Montréal, Toronto et Vancouver), six réseaux de trains légers ou tramways, ainsi que 68 réseaux de trains lourds⁶ (dont trois nationaux). Les données canadiennes ne sont cependant que des estimations, car ces statistiques ne sont pas compilées par Transport Canada. Le nombre estimé de locomotives de trains de marchandises au Canada est de 10 469, soit le tiers de celles en service aux États-Unis. Environ 2 120 véhicules additionnels seraient dédiés au transport sur rail de passagers, portant le parc de véhicules motorisés sur rail à 12 589 pour le Canada et à 51 757 pour l'ensemble de l'Amérique du Nord.

L'électrification et l'intelligence à bord des véhicules sur rail existent depuis fort longtemps. À titre d'exemple, alors que le métro de Montréal inauguré en 1966 était opéré par deux conducteurs, un système identique a été livré à la ville de Londres deux ans plus tard et fonctionne depuis de façon totalement automatique. Le nouveau Honolulu Rail Transit fonctionnera d'ailleurs de manière automatique (GoA 4, DTO). Selon l'UITP, l'automatisation des métros et trains légers s'accélère rapidement dans le monde depuis 2014, mais l'Amérique du Nord se retrouve en queue de peloton, loin derrière l'Asie et l'Europe. Selon cette même organisation, d'ici 2025, 2 200 km de lignes de métro auront été pleinement automatisés dans le monde alors que nous en sommes à 1960 km maintenant.

6 Selon l'Association du rail du Canada et l'Office des transports du Canada, 2020.



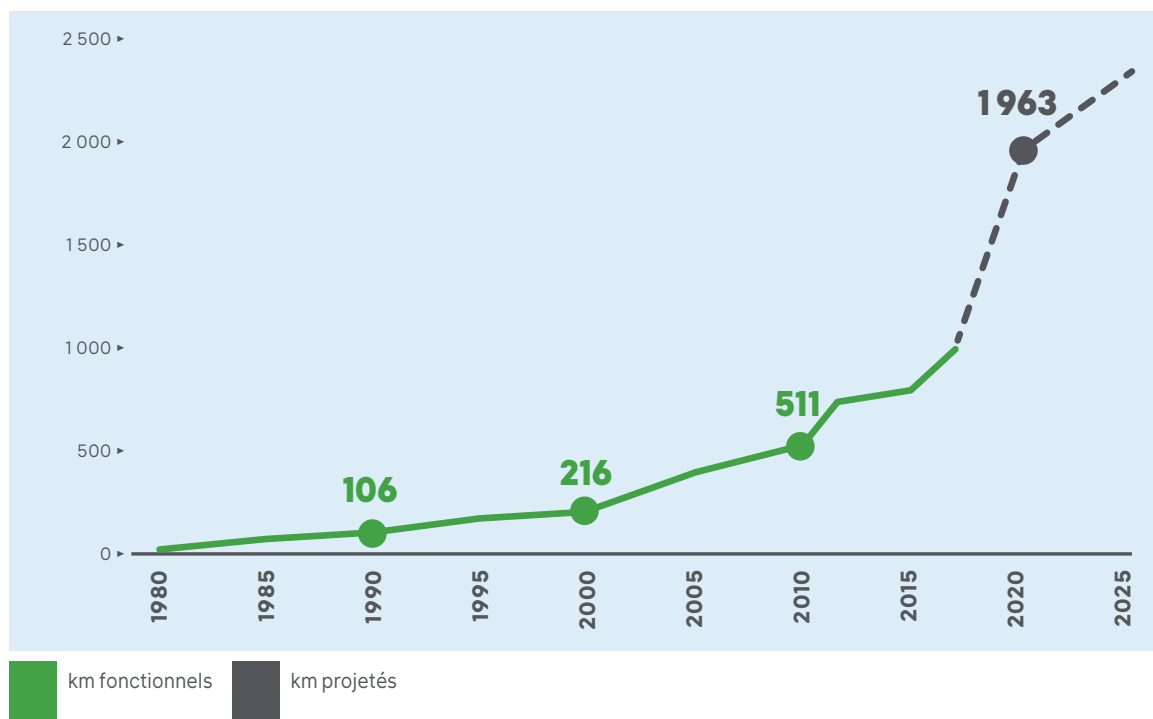
2-Projections 2050 : le déploiement des transports électriques et intelligents



L'inventaire des véhicules de l'univers de recherche décrit au diagramme 2 est maintenant complété. Il importe ensuite de comprendre les usages des véhicules du parc nord-américain afin d'en prévoir l'évolution.

Du côté du transport des personnes, la distance parcourue en automobile et en transport collectif ou partagé en Amérique du Nord est estimée à 11,3 mille milliards de kilomètres-passagers⁷ (11,312 km). Le quart est effectué par les Canadiennes et Canadiens.

DIAGRAMME 4 Opération automatisée des métros dans le monde, 1980-2025 (en kilomètres)



Source: UITP, 2019.

7 Un kilomètre-passager représente un passager transporté sur une distance de un kilomètre par un véhicule.



TABLEAU 6 Distance parcourue pour le transport de personnes en Amérique du Nord, 2019 (en millions de kilomètres-passagers)

| Pays et modes de transport | 2019 (estimé) | Pourcentage |
|-------------------------------------|-------------------|--------------|
| Canada | | |
| Automobiles privées ^{i,ii} | 624 920 | 76,8 % |
| Transport partagé ^{iii,7} | 187 184 | 23,0 % |
| Trains de passagers ^{iv,3} | 1597 | 0,2 % |
| Total (Canada) | 813 701 | 100 % |
| États-Unis | | |
| Automobiles privées ^{i,ii} | 9 643 232 | 91,9 % |
| Transport partagé ⁱⁱⁱ | 834 133 | 8,0 % |
| Trains de passagers ^{iv,2} | 11 000 | 0,1 % |
| Total (États-Unis) | 10 488 365 | 100 % |

Sources :

- 1 Banque mondiale, <https://data.worldbank.org/indicator/IS.RRS.PASG.KM?locations=CA>
- 2 Bureau of Transportation Statistics du Département de Transport des États-Unis, <https://www.bts.gov/content/us-passenger-kilometers>.
- 3 Transport Canada, <https://www.tc.gc.ca/eng/policy/transportation-canada-2018.html>.

Notes :

- i. Véhicules légers qui sont la propriété de personnes, d'entreprises et d'organisations et qui servent à déplacer un petit nombre de passagers à la fois.
- ii. Prévisions basées sur l'augmentation de la population dans chaque pays.
- iii. Incluant : les autobus interurbains, urbains, de banlieue et les autobus de transport rapide; les trains légers, les trains de banlieue et les tramways; les tramways aériens, le chemin de fer de l'Alaska, les téléphériques et funiculaires; les véhicules sur demande (ex. : Uber), les taxis et le covoiturage organisé.
- iv. Trains intercités seulement.



Pour le transport des marchandises, un total de 6,9 mille milliards de tonnes-kilomètres⁸ a été parcouru en 2019, soit 17 % au Canada et 83 % aux États-Unis. Moins du quart de la distance totale en Amérique du Nord s'est parcourue au Canada, ce qui reflète la plus faible densité de population du pays.

Tableau 7 Distance parcourue pour le transport de marchandises en Amérique du Nord, 2019 (en millions de tonnes-kilomètres)

| Pays et modes de transport | 2019 |
|----------------------------|-----------|
| Canada | |
| Transport routier | 336 867 |
| Transport sur rail | 849 503 |
| États-Unis | |
| Transport routier | 3 124 977 |
| Transport sur rail | 2 586 496 |

Sources : Statista, Canadian trucking industry tonne-kilometers from 2009 to 2017, <https://www.statista.com/statistics/449844/trucking-industry-tonne-kilometers-canada/>.
Rail Trends 2018, Railway Association of Canada.
Banque mondiale, <https://data.worldbank.org/indicator/IS.RRS.PASG.KM?locations=CA>.

8 Une tonne-kilomètre est le déplacement d'une tonne métrique de biens sur une distance de un kilomètre.



2.3 Scénarios de référence pour la demande de transport à l'horizon 2050

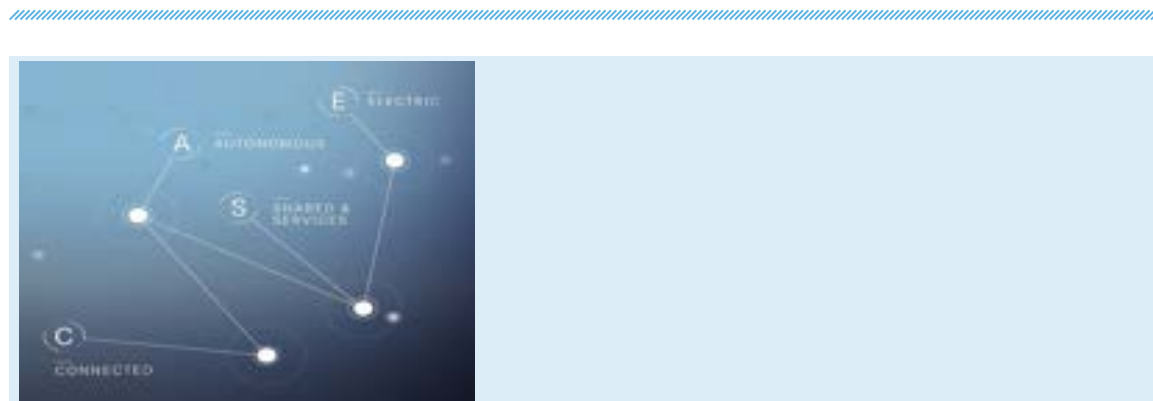
L'écosystème de la mobilité est en pleine évolution. Le virage vers l'électromobilité, la connectivité et l'automatisation des véhicules, la présence accrue de la micromobilité, les modèles d'affaires qui encouragent le partage (autopartage, taxi, microtransit, etc.) de même que les technologies informatiques et de télécommunications qui supportent les nouveaux modèles de mobilité incluant la mobilité en tant que service (ou MaaS⁹), nous mènent à croire que la mobilité de 2050 sera très différente de celle d'aujourd'hui.

Dès 2013, chez MARCON, Catherine Kargas étudiait les tendances en mobilité et a développé le modèle SEAMless : une vision de la mobilité durable. Ce modèle présenté au diagramme 5¹⁰ reflète les technologies qui, combinées, nous mèneront à une mobilité durable. Évidemment, la « durabilité » de ces modèles d'affaires dépendra en grande partie de la réglementation gouvernementale.

DIAGRAMME 5 Le modèle de mobilité SEAMless de MARCON



DIAGRAMME 6 Le modèle de mobilité CASE de Daimler



9 « Mobility as a Service » : La mobilité en tant que service est une offre numérique de type tout-en-un qui donne accès à l'ensemble des moyens de transport par le biais d'une seule application sur téléphone intelligent. Aucun acronyme en français n'existe encore.

10 En français, « seamless » se traduit par : fluide, intégré, combiné, harmonieux. L'acronyme « SEAMless » signifie quant à lui que le modèle de mobilité est fondé sur un transport partagé (« shared »), électrique



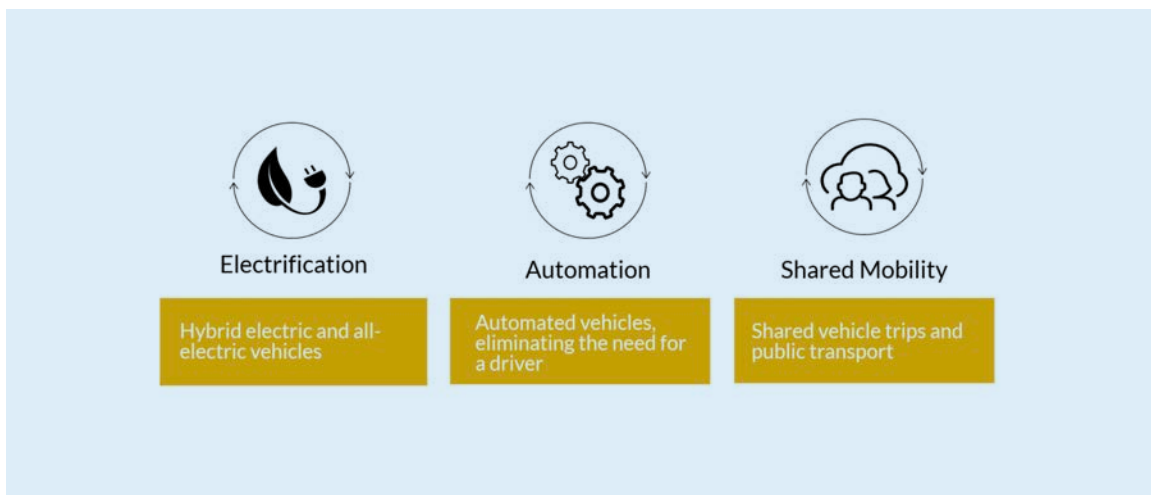
DIAGRAMME 7 Le modèle de mobilité ACES de BMW



Le changement de la mobilité représente une occasion unique pour le Québec; naturellement, plus les qualifications et les compétences des Québécoises et des Québécois sauront répondre aux besoins de ce virage, plus les retombées économiques seront importantes pour l'économie du Québec.

Plusieurs acteurs de l'écosystème ont par la suite présenté une vision de la mobilité de demain. Daimler a développé le modèle CASE, acronyme de *Connected, Autonomous, Shared and Electric* (connecté, autonome, partagé et électrique), et BMW a répliqué avec son ACES, soit *Autonomous, Connected, Electrified, Shared services* (services autonomes, connectés, électrifiés et partagés). Pour sa part, UC Davis envisage une triple révolution, soit « *Electrification, Automation, Shared Mobility* » (électrification, automatisation et mobilité partagée) comme le diagramme 8 le démontre.

DIAGRAMME 8 Le modèle de mobilité des trois révolutions de UC Davis





Comme d'autres, ces trois modèles soulignent le besoin d'une mobilité plus durable. Les problèmes associés à la mobilité actuelle (incluant la congestion et la pollution) forcent les gouvernements municipaux à développer des plans de mobilité pour les prochaines décennies.

Ces plans mettent l'accent sur :

- ▶ L'électrification,
- ▶ Le partage (incluant une plus grande utilisation des services de transport en commun),
- ▶ La connectivité,
- ▶ L'automatisation.

Les technologies associées à l'utilisation du téléphone intelligent, aux services de localisation et de cartographie, à la connectivité V2X, à la navigation sécuritaire du véhicule sans conducteur, à l'intelligence artificielle(IA) ainsi qu'au traitement de grandes quantités de données facilitent de nouveaux modèles d'affaires de mobilité. Ces innovations contribueront en retour au développement et à l'adoption des services de la mobilité partagée (incluant MaaS, et éventuellement *MaaS électrique autonome*).

Plusieurs acteurs du secteur privé parlent aussi de vision de mobilité durable et du rôle de leurs produits et services dans la mise en place d'une mobilité plus durable. Les chercheurs de UC Davis et d'autres experts en mobilité estiment qu'il sera difficile de garantir l'universalité de l'accessibilité à la mobilité durable sans la mise en place de règlements visant à en assurer l'implantation et l'exploitation harmonieuses. La participation active des gouvernements, tous paliers confondus, constitue un élément important du développement de scénarios pour la mobilité des Québécoises et des Québécois en 2050.

L'industrie de la mobilité des personnes et des marchandises est en pleine évolution. Plusieurs acteurs et influenceurs du domaine qualifient la période qui s'amorce de révolutionnaire. Par conséquent, le développement de prévisions de la mobilité pose plusieurs défis. Les facteurs suivants, entre autres, rendent l'exercice de prévision particulièrement ardu.

- ▶ **L'horizon 2050** : beaucoup de choses encore inimaginables peuvent arriver au cours des 30 prochaines années et rendent l'exercice de prévision très difficile (voir l'annexe I).
- ▶ **La révolution de l'industrie** : les innovations auront un impact important sur le rythme de développement et d'adoption des technologies (électromobilité, connectivité, automatisation) par la population.
- ▶ **La volonté gouvernementale** : le niveau d'implication gouvernementale pour les prochaines décennies est incertain et rend le développement de prévisions ardu, qu'il s'agisse de réglementation, de mesures incitatives financières, de programmes, d'autres mesures visant à encourager ou décourager certaines technologies ou modèles d'affaires, ou un amalgame de ces options.
- ▶ **Le développement de nouveaux modèles d'affaires** : tout comme les nouvelles technologies, de nouveaux modèles d'affaires peuvent avoir un impact important sur le transport des personnes et des marchandises dans l'avenir (ex. : l'impact de l'arrivée de Uber était difficile à prévoir).

Malgré les défis associés au développement de prévisions concernant la mobilité en 2050, la plupart des experts de l'industrie s'entendent pour affirmer que la mobilité des personnes et des marchandises inclura les éléments suivants : l'électrification, l'automatisation, la connectivité, le partage et la multimodalité par l'entremise d'un système de type MaaS. Ces éléments constituent les bases des scénarios de la mobilité des personnes (2.3.1) et des marchandises (2.3.2) qui sont décrits ci-après.



2.3.1 Scénario de mobilité des personnes

La demande de mobilité des individus sera influencée par de nombreux facteurs, notamment la croissance démographique, le vieillissement de la population et l'urbanisation galopante, qui créent une pression grandissante sur les infrastructures routières. Les zones urbaines, déjà congestionnées et polluées, seront confrontées aux plus grands défis. Les efforts de décongestion se combineront aux efforts d'atténuation des changements climatiques pour améliorer la fluidité de la circulation et permettre aux populations de bénéficier d'un air plus pur. Les véhicules électriques, les solutions de mobilité partagée (y compris MaaS), l'automatisation et la connectivité joueront un rôle important dans le déplacement des personnes en 2050.

La croissance anticipée de la population et l'importance d'assurer la fluidité de la circulation (surtout en zone urbaine) permettent d'envisager que les gouvernements en Amérique du Nord introduiront des réglementations visant des effets complémentaires. D'une part, les gouvernements voudront décourager l'utilisation du véhicule individuel et, d'autre part, encourager des systèmes MaaS où les véhicules légers, en grande partie électriques, seront utilisés pour connecter les personnes aux hubs de mobilité vers les modes de transport de grande capacité.

Le scénario de mobilité des personnes en 2050 résumé au tableau 8 est composé de trois sections : les tendances générales, les grandes lignes de la mobilité des personnes en 2050 et une liste sommaire des facteurs qui l'influenceront.

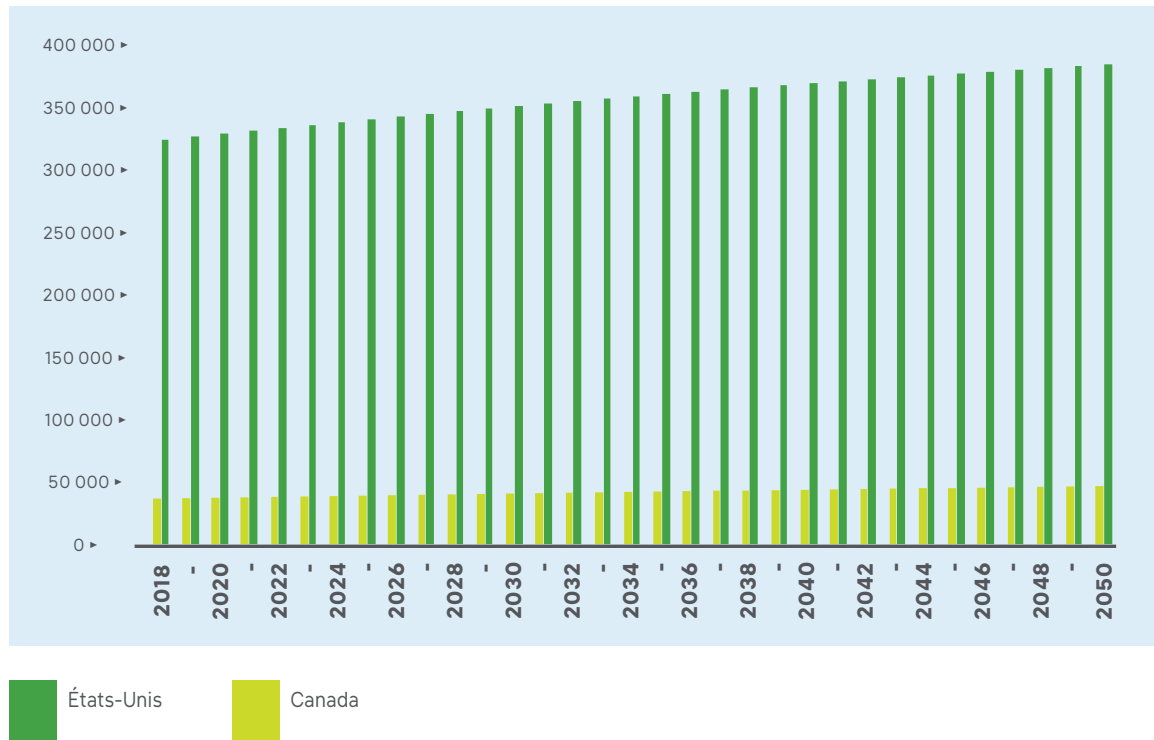
A. Les tendances générales

- ▶ **La croissance de la population** : la population de l'Amérique du Nord passera de 367 millions de personnes en 2019 à environ 436 millions en 2050, soit une augmentation nette de presque 20 %.
- ▶ **Le vieillissement de la population** avec une proportion de personnes âgées qui estimée de 16% en 2018 à 23% en 2050, mais dont le nombre absolu atteindra 96 millions en Amérique du Nord (plus de 65 ans)
- ▶ **L'urbanisation** : environ 9 Nord-Américains sur 10 habiteront en zone urbaine en 2050¹¹.
- ▶ **L'étalement urbain.**

¹¹ United Nations Department of Economic and Social Affairs (UN DESA), World Urbanization Prospects: The 2018 Revision, Online Edition, 2018.

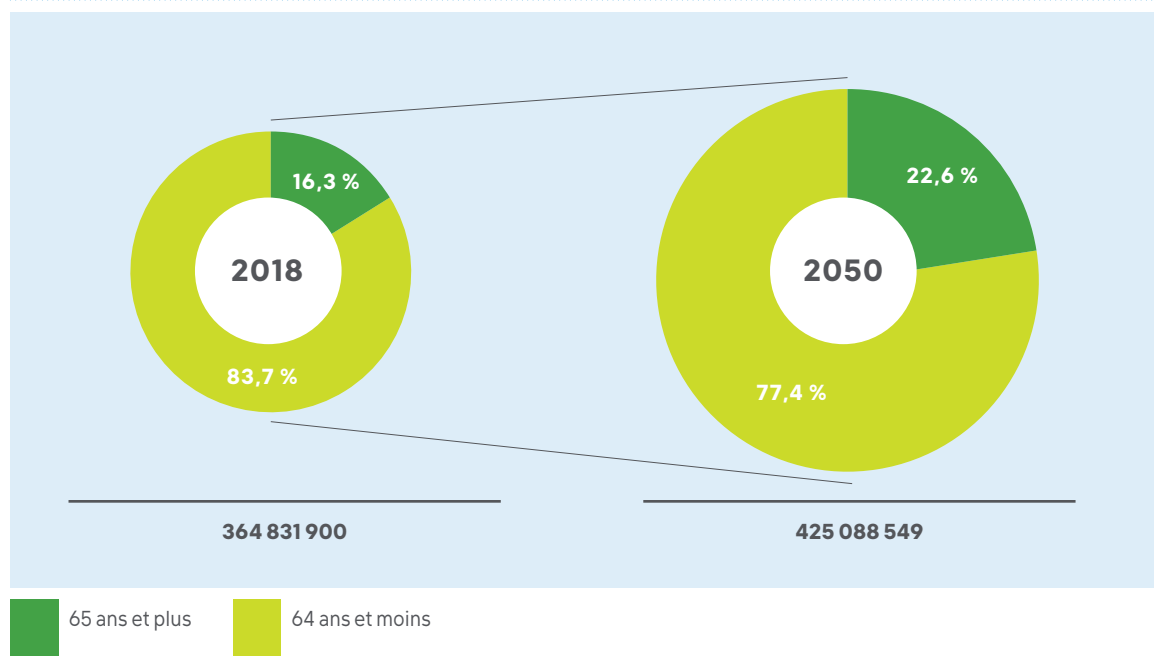


DIAGRAMME 9 Évolution de la population nord-américaine, 2018-2050



Sources : *Previsions for the United States : 2017-2060* du Bureau du recensement des États-Unis.
Population Previsions for Canada (2018 to 2068) de Statistique Canada.

DIAGRAMME 10 Portion de la population d'Amérique du Nord de 65 ans et plus



Sources : Pour 2018 - Statista, 2020.
 Pour 2050 - Statistiques Canada et Nations-Unies.

**TABLEAU 8 La mobilité des personnes en 2050 en Amérique du Nord**

| TENDANCES GÉNÉRALES | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |  |
| Croissance de la population | Vieillesse de la population | Urbanisation | Étalement urbain |
| <p>Pour éviter les problèmes de congestion associés à la croissance démographique et à l'urbanisation, les villes ont créé des systèmes de mobilité où les véhicules partagés de poids léger et moyen (capacité de 4 à 15 personnes) offrent une connectivité à la demande au premier / dernier kilomètre vers et depuis les véhicules à grande capacité (autobus, trains, tramways, métros). La grande majorité des véhicules de grande capacité est électrique, autonome et connectée. Toute la mobilité partagée à la demande légère est fournie par les véhicules électriques, autonomes et connectés. La grande majorité de la population utilise MaaS. La population vieillissante quitte les centres urbains, se déplaçant vers les zones rurales pour bénéficier d'une vie moins chère.</p> <p>La plupart des véhicules autonomes sont électriques compte tenu des synergies techniques et du fait que l'utilisation des véhicules électriques est moins coûteuse que celle des véhicules à combustion interne, en particulier en mode partagé. Étant donné que la technologie autonome rend les véhicules plus dispendieux que leurs homologues à commande manuelle, la plupart sont exploités par des flottes en mode partagé. Coût d'utilisation du « robotaxi » : environ ¼ du coût de possession (raisons : pas de conducteur, modèles des véhicules de base, pas de matériaux de luxe, modulaire).</p> | | <p>Véhicules</p> <ul style="list-style-type: none"> • légers : étant donné les services de mobilité sur demande, électriques, autonomes et partagés à bas prix, beaucoup de gens abandonnent leur véhicule individuel pour économiser de l'argent. • moyens : véhicules électriques autonomes de type navette. • lourds : bus, trains, métros, tramways se déplacent à l'électricité et sont connectés et autonomes. • autres véhicules sur la route : propriété et exploitation privées et autres véhicules de niche : combustion interne et électrique. <p>Les réseaux électriques deviennent « plus propres » avec l'ajout de plus d'énergies renouvelables et de prix plus compétitifs favorisant l'utilisation des véhicules électriques. La technologie d'automatisation de niveaux 4 et 5 aura fait ses preuves (sécurité). Les véhicules autonomes et connectés ont la capacité de fonctionner en toute sécurité dans les environnements urbains ainsi que sur les autobus.</p> | |
| FACTEURS AYANT UN IMPACT SUR L'ADOPTION DES TEI | | | |
| <p>Sociodémographique Vieillesse de la population Urbanisation Étalement urbain Télétravail et études à distance</p> <p>Économie Prix du pétrole vs prix de l'électricité</p> <p>Considérations sociales Environnement Énergie Disponibilité des ressources humaines Déconnexion entre la liberté et les véhicules privés non autonomes</p> | <p>Acceptabilité par les consommateurs Électrification Automatisation et connectivité</p> <p>Technologies (avancées et prix) Performance et coût de la batterie Prix des véhicules électriques Prix des véhicules autonomes Cartographie, préparation de l'infrastructure Préparation des technologies d'automatisation et de connectivité Allègement des véhicules Technologies compétitives (et infrastructures associées)</p> <p>Modèle d'affaires Modèles de mobilité partagée, incluant MaaS</p> | <p>Règlementation Restriction d'accès aux véhicules en zones urbaines Règlementation VZÉ, y compris le prix du carbone Autres mesures environnementales, y compris des mesures incitatives pour les VZÉ, déploiement d'une infrastructure de recharge Frais de congestion Mesures qui encouragent l'utilisation du transport en commun</p> <p>Autres Accès aux ressources naturelles, incluant le lithium Mise en service d'appareils bimodaux sol-air VTOL Hyperloop™ et technologies de l'entreprise Boring Analytiques avancées</p> | |

Source : MARCON, 2020.



B. La mobilité des personnes en 2050

Le diagramme 11, conçu par MARCON et validé par un panel d'experts internationaux, décrit les principales caractéristiques de la mobilité anticipées à l'horizon 2050.

DIAGRAMME 11 Le modèle de mobilité des personnes en 2050 en Amérique du Nord

Hub de mobilité pour transport de personnes



Source : MARCON, 2019.

Cette illustration montre qu'en 2050, dans le but d'éviter les problèmes de congestion associés à la croissance démographique et à l'urbanisation, les villes auront créé des systèmes de mobilité où les véhicules partagés de poids léger et moyen (capacité de 4 à 15 personnes) desserviront les premier et dernier kilomètres vers et depuis les véhicules à grande capacité (autobus, trains, tramways, métros) d'une manière parfaitement harmonisée. La grande majorité des véhicules de grande capacité sera d'ailleurs électrique, autonome et connectée. En fait, tous les services de mobilité partagée seront assurés par des véhicules électriques, autonomes et connectés. La plupart des gens utiliseront d'ailleurs la MaaS. Une grande portion de la population vieillissante quittera vraisemblablement les centres urbains et se déplacera vers les zones rurales ou les banlieues pour profiter d'un environnement où le coût de la vie est sensiblement moins élevé. Cela sera rendu possible grâce à la disponibilité de véhicules totalement autonomes qui pourront déplacer des gens qui ne peuvent conduire.

La plupart des véhicules autonomes (VA) seront électriques, compte tenu des synergies techniques entre l'électrification et l'automatisation et parce que l'utilisation des véhicules électriques sera moins coûteuse que celle de véhicules à combustion interne, en particulier en mode partagé. L'augmentation du prix des véhicules attribuable aux coûts de leur automatisation rendra la propriété individuelle des VA moins accessible que celle des véhicules conventionnels. Ainsi, la plupart des véhicules autonomes seront exploités en flottes en mode partagé.



De l'avis de Tesla¹², le coût d'utilisation annuelle de ces véhicules légers de type « robotaxi » sera environ le quart du coût de possession d'un véhicule privé. Leurs frais d'exploitation seront raisonnables parce qu'ils n'auront pas de conducteur, que leur équipement sera modeste (de base), qu'ils seront construits avec des matériaux communs et que leur conception modulaire réduira considérablement leur coût de fabrication. Enfin, leur prix relativement élevé sera compensé par un taux d'utilisation nettement supérieur (en mode partagé) à celui de véhicules privés.

Autres caractéristiques principales de la mobilité en 2050

- ▶ **Véhicules légers** : étant donné que les services de mobilité sur demande, électriques, autonomes et partagés seront disponibles à bas prix, beaucoup de gens abandonneront leur véhicule individuel pour économiser de l'argent.
- ▶ **Véhicules moyens** : véhicules électriques autonomes de type navette.
- ▶ **Véhicules lourds** : bus, trains, métros, tramways se déplaceront à l'électricité et seront connectés et autonomes.
- ▶ **Autres véhicules sur la route** : propriété et exploitation privées et autres véhicules de niche seront à combustion interne et électriques.
- ▶ **Les réseaux électriques** seront devenus plus propres grâce au remplacement progressif des sources d'énergie fossile par des sources d'énergie verte et renouvelable à prix compétitifs, ce qui aura favorisé l'utilisation des VÉ. La technologie d'automatisation de niveaux 4 et 5 aura fait ses preuves et leur sécurité aura été démontrée. Les véhicules autonomes et connectés auront la capacité de fonctionner en toute sécurité dans les environnements urbains ainsi que sur les autoroutes.



C. Facteurs d'influence sur l'adoption des TEI

| Facteurs sociodémographiques | Raisonnement | Hypothèses de prévision |
|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Vieillessement de la population | Le vieillissement de la population : ces personnes devront être « conduites » plutôt que de conduire elles-mêmes, ce qui entraînera un besoin accru de véhicules autonomes (VA) (17,1% des États-Unis et 19,2% de la population canadienne: 70+ ans: environ 74 millions de personnes) | Les personnes âgées seront ouvertes à la technologie des VA en raison de leur sécurité et de leur coût inférieur à la possession d'un véhicule. Cependant, elles utiliseront moins les véhicules de grande capacité (véhicules lourds) compte tenu de leur mobilité physique réduite. |
| Urbanisation | Plus d'urbanisation signifie une plus grande adoption de la mobilité partagée et moins de véhicules détenus ou exploités individuellement. Plus le kilométrage annuel d'un véhicule partagé est élevé, plus le véhicule est économiquement rentable. La technologie d'automatisation facilitera l'utilisation de la mobilité partagée. Aujourd'hui, environ 82 % de la population d'Amérique du Nord vit en milieu urbain; en 2050, ce sera environ 87 %, soit près de 476 millions de personnes. | L'augmentation de la population et l'urbanisation accrue créeront des pressions sur les infrastructures de mobilité et encourageront les gouvernements à introduire des réglementations et d'autres mesures encourageant la mobilité partagée, l'électrification et l'automatisation. Il en résultera également des investissements plus importants dans les modes de transport à grande capacité. |
| Étalement urbain | Vivre plus loin encourage l'utilisation de la technologie des VA partagés pour augmenter la productivité pendant le déplacement. Cet étalement urbain nécessite des investissements plus importants dans des projets de transport de personnes à grande capacité. | Les gouvernements investiront dans des projets qui aideront à déplacer un grand nombre de personnes. |
| Télétravail et études à distance | Les personnes qui ne se déplacent pas pour travailler ou pour étudier ont généralement moins besoin de posséder un véhicule. Résultat : une utilisation accrue des modes de mobilité partagée. | Selon les simulations du Forum international des transports de l'OCDE, ce facteur aura un impact minimal sur le nombre de véhicules. |
| Économie | Raisonnement | Hypothèses de prévision |
| Prix du pétrole par rapport au prix de l'électricité | Plus le prix du pétrole (et donc du diesel et de l'essence) est élevé, plus les véhicules à combustion interne coûtent cher. Des prix du pétrole plus élevés entraînent donc une adoption plus grande des véhicules électriques. | La hausse des prix du pétrole entraînera une demande plus grande pour les véhicules électriques. Comme les véhicules lourds durent plus longtemps, la conversion au tout électrique sera plus lente dans cette catégorie de véhicules que pour les poids léger et moyen. |



| Modèles d'affaires | Raisonnement | Hypothèses de prévision |
|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Modèles de mobilité partagée, incluant MaaS | <p>Une sélection plus large de modes de transport plaira à presque toutes les catégories de la société et éliminera une grande partie de la stigmatisation associée aux transports publics.</p> <p>Il est probable que les différentes catégories de véhicules (économie, luxe...) céderont la place à des catégories d'adhésion MaaS afin d'offrir des options pour le spectre entier des goûts, des préférences et du pouvoir d'achat, entraînant une adoption plus vaste des VA.</p> | <p>Les modèles de mobilité partagée seront économiquement rentables et largement utilisés dans les zones urbaines.</p> <p>Ces modèles utiliseront des véhicules légers, moyens et lourds.</p> <p>Étant donné que les véhicules seront exploités par des flottes, les décisions concernant leur technologie seront fondées sur des considérations économiques et influencées par des réglementations encourageant l'utilisation des véhicules zéro émission (VZÉ).</p> |
| Avancées technologiques et offre des produits | Raisonnement | Hypothèses de prévision |
| Performance et coût de la batterie | <p>Plus les performances (autonomie) seront élevées et plus le coût des batteries sera faible, plus l'adoption des VÉ sera importante.</p> | <p>Les tendances historiques des prix des batteries et les améliorations des performances se poursuivront, entraînant une parité des prix avec les véhicules légers à combustion interne dans les années 2020. D'ici 2050, les coûts du cycle de vie seront plus faibles pour les VÉ que pour les véhicules à combustion interne.</p> <p>Dans les catégories de véhicules moyens et lourds, la parité des prix sera atteinte dans les années 2030 et les coûts du cycle de vie seront réduits (même sans mesures incitatives).</p> |
| Offre de solutions électriques | <p>Plus il y aura de solutions offertes, plus les chances d'adoption sont grandes.</p> | <p>Dans la catégorie des véhicules légers, des dizaines de nouveaux modèles sont prévues dans la première moitié des années 2020.</p> <p>Dans les catégories des véhicules moyens et lourds, MARCON anticipe que la très grande majorité des véhicules sur rail pour passagers seront électriques. Les autobus de transport en commun et scolaire seront pour la plupart remplacés par des autobus électriques.</p> <p>Toutes ces tendances devraient se poursuivre jusqu'en 2050, avec une amélioration de la performance et une baisse des coûts.</p> |



| | | |
|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Prix des véhicules électriques | La parité des prix avec les modèles à combustion interne se traduira par une adoption plus large de VÉ. | MARCON s'attend à ce que les tendances historiques des prix des batteries et les améliorations des performances se poursuivent, entraînant une parité des prix dans les véhicules légers à combustion interne dans les années 2020. Dans les catégories moyennes et lourdes, la parité des prix dans les années 2030, les coûts du cycle de vie inférieurs (même sans mesures incitatives). |
| Prix des véhicules autonomes | Compte tenu de la technologie embarquée (capteurs, LiDAR, etc.), les véhicules connectés et autonomes seront plus chers que leurs équivalents non autonomes. | Compte tenu des prix relativement plus élevés, ces véhicules seront probablement utilisés dans les flottes de véhicules en mode partagé. |
| Allègement des véhicules | À mesure que les véhicules deviendront plus sécuritaires (grâce à la technologie), ils pourront être plus légers. Des véhicules électriques plus légers jouiront de davantage d'autonomie. De plus, une plus grande autonomie permettra aux véhicules autonomes d'être électriques. | L'automatisation facilitera l'allègement des véhicules, ce qui encouragera l'électrification des véhicules autonomes. Cependant, la tendance à l'électrification se produira malgré tout. |
| Cartographie et préparation de l'infrastructure | La cartographie de l'environnement dans lequel les VA fonctionneront est coûteuse et peut ralentir l'adoption des VA. Certaines entreprises impliquées dans le développement de technologies audiovisuelles ont indiqué que des modifications de l'infrastructure routière (même minimales) pourraient être nécessaires au fonctionnement adéquat des VA : éliminer les nids-de-poule, assurer un marquage au sol clair, etc. | Étant donné que l'utilisation de la technologie des VA se traduira par de nouveaux modèles d'affaires en mobilité et des revenus importants pour ceux qui ont investi des milliards de dollars dans le développement de cette technologie, MARCON suppose que des investissements privés seront effectués dans la cartographie pour permettre le déploiement de cette technologie et que l'Amérique du Nord sera l'une des premières zones cartographiées (zones urbaines relativement jeunes avec un tracé de routes plus facile à cartographier). Étant donné la contribution potentielle de cette technologie à un système de mobilité plus durable, MARCON émet l'hypothèse que les gouvernements feront des investissements pour entretenir les infrastructures routières afin de faciliter le déploiement de masse des VA connectés. |



| | | |
|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Technologies compétitives (et infrastructures associées) | <p>Une technologie à hydrogène (ou autre technologie en concurrence avec les batteries) plus efficace en termes de coûts et de performance aura un impact négatif sur l'adoption des véhicules électriques à batterie. Des recherches importantes continueront à contribuer à des améliorations des VÉ à batterie.</p> <p>L'infrastructure de ravitaillement en hydrogène coûte cher, ce qui rend difficile un déploiement rapide.</p> | <p>Aucune autre technologie concurrentielle ne pourra remplacer la technologie des véhicules électriques à batterie.</p> <p>La technologie de l'hydrogène pourrait cependant faire des percées dans le transport de personnes par autobus sur de longues distances. Pour ces véhicules plus lourds, des solutions hybrides (hydrogène et batterie) seront offertes.</p> |
| Préparation des technologies d'automatisation et de connectivité | <p>Les véhicules autonomes faciliteront les services de mobilité partagée à la demande. Étant donné qu'aucun chauffeur ne conduira le véhicule, l'hypothèse est que le coût par kilomètre parcouru sera inférieur à celui des services de transport collectif. Cela entraînera aussi une diminution du nombre de véhicules sur la route. Les véhicules seront probablement plus «modulaires» et faciles à entretenir, capables de résister à une utilisation intensive dans un environnement partagé. Un kilométrage annuel plus élevé par véhicule entraînera probablement le besoin de les remplacer plus fréquemment que les véhicules conventionnels utilisés individuellement.</p> <p>Un plus grand nombre de véhicules autonomes moyens (minibus, navettes) et lourds (bus, trains, tramways, ...) permettront de déplacer un plus grand nombre de personnes.</p> | <p>Au cours des 30 prochaines années, la connectivité et l'automatisation feront de grands progrès, avec un déploiement technologique commençant au milieu des années 2030.</p> <p>Les véhicules lourds seront plus faciles à automatiser étant donné qu'ils fonctionnent souvent dans des zones ou voies réservées.</p> |

| Réglementation | Raisonnement | Hypothèses de prévision |
|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Restriction d'accès aux véhicules en zones urbaines | <p>Afin de lutter contre la congestion dans les zones urbaines, plusieurs villes du monde ont mis en œuvre ou envisagent de mettre en œuvre des règles restreignant l'accès à certaines zones. Plus il y a de restrictions sur l'accès aux véhicules, moins l'utilisation des véhicules est importante et moins être propriétaire d'un véhicule est intéressant pour les citoyens qui ont besoin d'accéder fréquemment à ces zones.</p> | <p>Des restrictions d'accès seront utilisées dans de nombreuses zones urbaines, ce qui entraînera une plus grande utilisation des options de mobilité partagée, y compris les véhicules de grande capacité, les véhicules moyens (navettes et minibus) et les véhicules légers (connectivité, premier et dernier kilomètres parcourus et zones non desservies par des solutions de transport en commun).</p> |



| | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Réglementation pour véhicules zéro émission (VZÉ), y compris le prix du carbone | Les réglementations VZÉ (y compris les zones VZÉ), la tarification du carbone et d'autres mesures augmenteront la demande pour les VZÉ et leur adoption. | Les réglementations VZÉ seront adoptées par les juridictions locales, provinciales ou étatiques, et nationales, exigeant que tous les véhicules légers vendus d'ici 2040 soient des véhicules électriques, que 75 % de tous les véhicules moyens soient électriques et que 50 % des véhicules lourds de surface routière soient électriques (hydrogène et à batterie). |
| Autres mesures environnementales, y compris des mesures incitatives pour les VZÉ, l'installation d'une infrastructure de recharge, etc. | Plus il y aura d'infrastructures de recharge et de mesures incitatives, plus l'adoption des VZÉ sera importante. | Les infrastructures (y compris l'infrastructure de recharge) et toutes les mesures incitatives en place dans les années 2020, 2030 et 2040 se traduiront par une adoption accélérée des véhicules tout électriques. |
| Frais de congestion | Les frais de congestion entraîneront une diminution du nombre de véhicules entrant dans les zones couvertes par ces frais. Plus la zone sera large et les frais élevés, plus l'impact négatif sur les véhicules individuels sera grand. Cela se traduira par une plus grande mobilité partagée. | Des frais de congestion seront introduits pour limiter le nombre de véhicules entrant dans les secteurs les plus fréquentés des zones urbaines. Cela se traduira par une plus grande utilisation des options de mobilité partagée (véhicules de poids léger, moyen et lourd). La tarification de la congestion favorisera les VZÉ. |
| Mesures visant à encourager l'utilisation du transport en commun | Ces mesures se traduiront par une plus grande adoption de la mobilité partagée, y compris le transport en commun, entraînant une baisse du nombre de véhicules personnels. La demande de transport en commun et d'autres modes partagés augmentera. La définition du transport en commun pourrait changer à l'avenir, englobant les flottes de véhicules partagés légers. | Étant donné les niveaux élevés de congestion, les mesures soutenant l'utilisation du transport en commun seront largement utilisées. MARCON émet l'hypothèse que les véhicules légers en mode partagé seront utilisés comme « connecteurs » vers des véhicules et modes de transport à grande capacité. |
| Environnement | Une pression accrue pour protéger l'environnement se traduira par une plus grande adoption des VÉ. | Les considérations environnementales seront une priorité, générant des réglementations, des programmes et des mesures incitatives qui encourageront l'adoption des véhicules et des technologies de mobilité plus durables. |
| Énergie | La pénétration accrue des sources d'énergie renouvelable dans le réseau électrique se traduira par une énergie plus propre. Un transport plus propre sera non seulement possible, mais il sera préféré par la population. | Les réseaux électriques deviendront de plus en plus propres grâce à l'utilisation accrue de sources d'énergie renouvelable. Cela fera des véhicules tout électriques une technologie de propulsion plus respectueuse de l'environnement. |



| | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Disponibilité des ressources humaines | Il y a actuellement une pénurie de main-d'œuvre en Amérique du Nord. Les conducteurs de véhicules lourds sont en nombre insuffisant. De telles pénuries se traduisent par des salaires plus élevés et donc une baisse de la productivité. Cela encourage l'adoption accélérée des VA pour les véhicules partagés. | La pénurie de conducteurs touche moins la mobilité des personnes que celle des marchandises. Cela pourrait ralentir un peu l'adoption de la technologie des VA, mais n'aura aucun impact sur l'adoption des VÉ. |
| Déconnexion entre la perception de liberté et les véhicules privés non autonomes | Plus le sentiment que le véhicule privé est la seule garantie de liberté sera présent, moins l'adoption de la technologie des VA sera importante. | La connexion établie par les spécialistes nord-américains du marketing entre la propriété d'un véhicule et la liberté personnelle s'estompera avec le temps grâce à une plus grande disponibilité du transport partagé. Cela réduira le nombre de véhicules sur la route, mais augmentera le nombre de VA en mode partagé. Cette situation sera facilitée par la poussée démographique des jeunes qui manifestent moins d'intérêt pour la conduite, en particulier dans les environnements urbains. |
| Électrification | Comme les véhicules électriques sont de plus en plus présents dans les communautés, les consommateurs deviennent plus à l'aise avec la technologie. L'expansion de l'infrastructure de recharge renforcera la confiance et éliminera l'anxiété de l'autonomie. | L'expansion de l'infrastructure de recharge renforcera la confiance des consommateurs potentiels dans l'autonomie des VÉ. MARCON émet l'hypothèse que des performances positives des VÉ contribueront à stimuler leur adoption. |
| Automatisation et connectivité | Plus ces technologies seront sécuritaires et utiles, plus leur adoption par les consommateurs sera importante. | Ces technologies se révéleront largement plus sécuritaires que la conduite par des humains. |

| Autres facteurs | Raisonnement | Hypothèses de prévision |
|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Accès aux ressources naturelles, incluant le lithium | Plus l'accès aux matériaux requis pour les batteries est restreint, plus le nombre de VÉ est faible. Les nouvelles technologies devraient utiliser de moins en moins de lithium. | Compte tenu des possibilités de recyclage et de la disponibilité des ressources clés, l'accès aux matériaux nécessaires à la production de batteries ne devrait pas poser problème. |
| Mise en service d'appareils bimodaux sol-air VTOL | Plus la disponibilité et le succès des solutions VTOL (pour Vertical Take-Off and Landing, soit à décollage et atterrissage vertical) seront importants, moins les véhicules légers de surface seront nécessaires. | Compte tenu du coût de déplacement des personnes dans les airs de ces appareils et de l'incapacité de tels véhicules à transporter de lourdes charges, ils devraient jouer un rôle limité dans le système de mobilité de demain. |



| | | |
|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Hyperloop™ et technologies de l'entreprise Boring | La mise en œuvre réussie des projets Hyperloop™ se traduira par une moindre utilisation des véhicules de surface. | Compte tenu du coût élevé des implantations Hyperloop™ et de la promesse d'options de mobilité de surface autonome de grande capacité, MARCON émet l'hypothèse que les technologies de l'entreprise Boring joueront un rôle limité dans le système de mobilité de demain. |
| Analytique avancée | Des analyses avancées faciliteront l'optimisation du déplacement des marchandises. | Cette optimisation facilitera l'utilisation de la propulsion électrique et l'automatisation des véhicules. |

L'analyse de l'impact que chacun de ces facteurs peut exercer sur l'adoption des véhicules électriques et intelligents permet d'élaborer trois scénarios principaux (pessimiste, réaliste et optimiste), présentés à l'annexe III. Leur étude permettra d'évaluer l'impact du scénario le plus probable sur la chaîne de valeur des transports électriques intelligents.



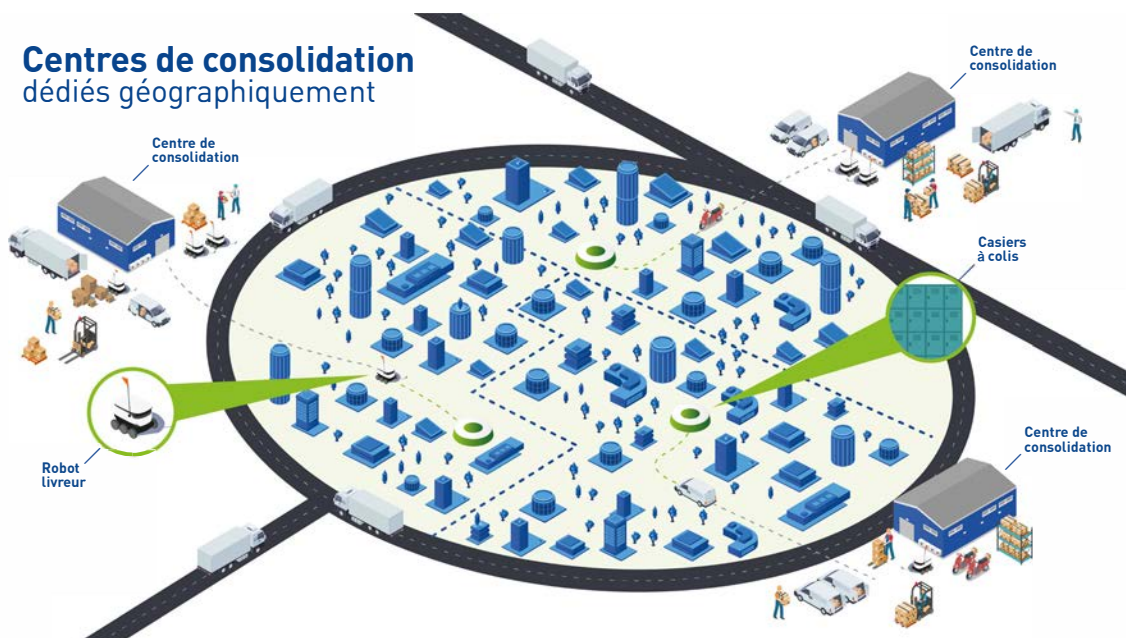
2.3.2. Scénario de mobilité des marchandises

Les villes sont au cœur de l'économie, représentant plus de 80 % du PIB mondial. Le réseau de transport de surface est constitué d'artères qui nourrissent ce cœur. Lorsque celles-ci se bouchent, les entreprises, les résidents et les villes souffrent. Et les coûts économiques sont élevés : ils s'élèvent jusqu'à 2 % à 4 % du PIB de la ville.¹³

Ainsi, la circulation des marchandises est un élément fondamental de la vie économique. Les véhicules commerciaux représentent une part importante du trafic. L'augmentation prévue d'un milliard de personnes vivant dans les villes d'ici 2030 et la croissance irréversible du commerce en ligne provoqueront des augmentations des volumes de fret d'environ 200 % d'ici 2050.¹⁴ Cela signifie beaucoup plus de véhicules commerciaux sur la route et sur les rails. Les accueillir sera essentiel pour assurer la qualité de la vie urbaine future.

Le tableau 9 décrit les caractéristiques principales de la mobilité des marchandises à l'horizon 2050 ainsi que les facteurs qui contribuent à l'avènement du modèle décrit par le diagramme 12.

DIAGRAMME 12 Le modèle de mobilité des marchandises en 2050 en Amérique du Nord



Source : MARCON, 2019.

Cette illustration montre qu'en 2050, dans le but d'éviter les problèmes de congestion associés à la croissance démographique et à l'urbanisation, les villes auront créé des centres de consolidation en périphérie de leur territoire où les véhicules lourds de livraison et les trains déchargeront leurs marchandises pour qu'elles soient transbordées dans des véhicules électriques plus légers (autonomes ou non) dédiés aux livraisons consolidées par zone urbaine ou secteur. Cette consolidation s'effectuera à l'aide d'une plateforme en ligne qui assurera l'optimisation de l'utilisation des véhicules de livraison en arrimant les capacités de transport inutilisées avec les besoins des

13 Shannon Bouton, Stefan M. Knupfer, Ivan Mihov, and Steven Swartz, « Urban mobility at a tipping point », McKinsey&Company (en ligne), 1 septembre 2015.

14 Forum international du transport de l'Organisation de coopération et de développement économiques (FIT-OCDE), ITF Transport Outlook 2019, p. 162.



clients nécessitant un service de livraison. Dans la mesure du possible, les livraisons auront lieu pendant la nuit afin de limiter la pression sur les infrastructures routières et de réduire le trafic et le bruit. La rationalisation des itinéraires permettra d'améliorer la performance des livraisons urbaines. Les casiers à colis seront utilisés comme lieux de dépôt centralisés; ainsi, en établissant des niveaux de service, les livraisons aux casiers coûteront moins cher que les livraisons à la porte du destinataire.

La grande majorité du transport de marchandises dans les zones urbaines se fera par véhicules utilitaires légers, y compris des camions légers, des robots livreurs (drones terrestres et aériens) et des vélos électriques.

En dehors des zones urbaines, les marchandises seront acheminées par camion électrique à hydrogène ou hybride (batterie et hydrogène) ou par train. Dans le cas du rail, les anciens systèmes ferroviaires n'auront pas été électrifiés, mais les nouveaux systèmes seront principalement électriques.

Les véhicules lourds ne seront généralement présents qu'à l'extérieur des villes. Grâce à l'accessibilité aux infrastructures, l'autonomie des véhicules et la recharge rapide des batteries, bon nombre de ces camions seront tout électriques. D'autres seront hybrides (hydrogène et batterie) tandis que seulement une minorité de camions aura encore un moteur à combustion interne.

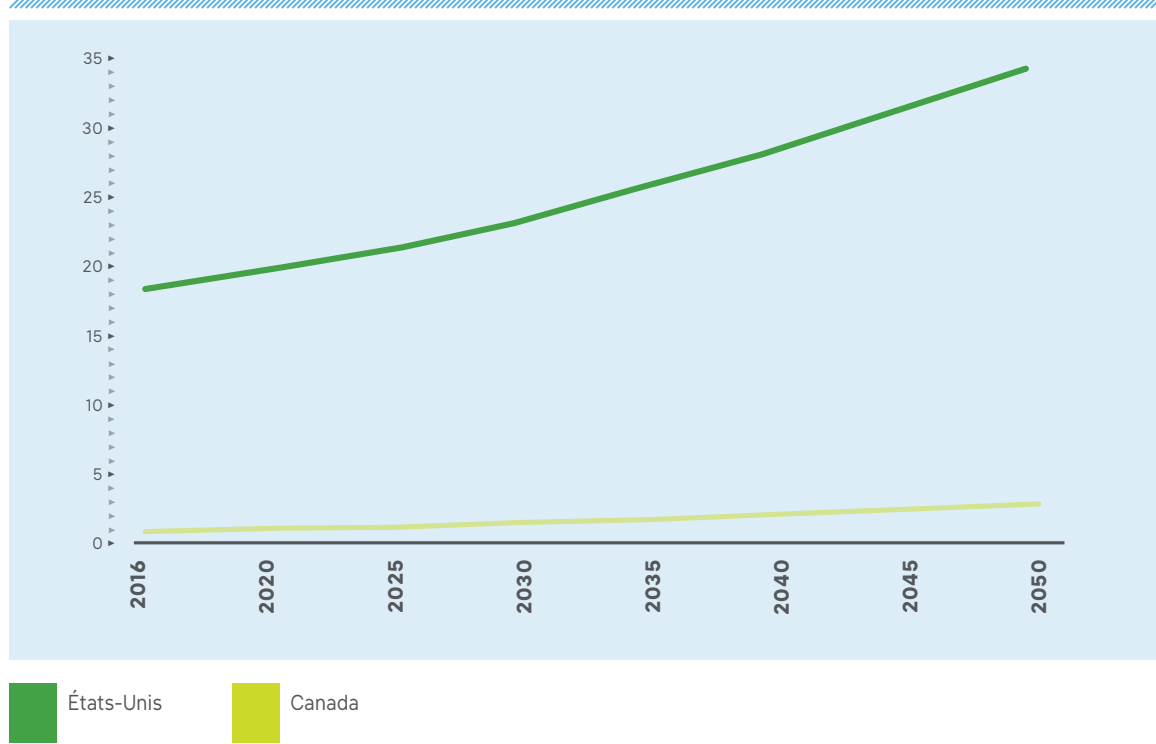
A. Les tendances générales

- ▶ La croissance de la population, l'urbanisation et l'étalement urbain.
- ▶ La croissance importante du commerce électronique en Amérique du Nord, le plus grand marché du monde.¹⁵
- ▶ Le facteur ayant le plus d'impact est la croissance du PIB. Malgré les apparences du diagramme 13, le taux de croissance prévu de l'économie canadienne (100,1 %) est supérieur à celui des États-Unis (83,3 %) pour la période 2016-2050.¹⁶

15 Andrew Lipsman. « eMarketer 2019 Global Ecommerce Forecast », eMarketer (en ligne), 27 juin 2019.
16 PwC, The Long View: How will the global economic order change by 2050?, février 2017, 72 pages



DIAGRAMME 13 PIB du Canada et des États-Unis
(ajusté pour les taux de change)



Source : The Long View, PwC, 2017.


Tableau 9 La mobilité des marchandises en 2050 en Amérique du Nord

| TENDANCES GÉNÉRALES | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  Croissance de la population |  Urbanisation |  Étalement urbain |  Commerce électronique |
| <p>Pour éviter les problèmes de congestion associés à la croissance démographique et à l'urbanisation, les villes ont créé en périphérie de leur territoire des centres de consolidation où les véhicules lourds de livraison et les trains déchargent leurs marchandises pour qu'elles soient transbordées dans des véhicules électriques plus légers (autonomes ou non) dédiés aux livraisons consolidées par zone urbaine ou secteur. Cette consolidation s'effectue à l'aide d'une plateforme en ligne qui assure l'optimisation de l'utilisation des véhicules de livraison en arrimant les capacités de transport inutilisées avec les besoins des clients nécessitant un service de livraison. Dans la mesure du possible, les livraisons ont lieu pendant la nuit afin de limiter la pression sur les infrastructures routières et de réduire le trafic et le bruit. La rationalisation des itinéraires permet d'améliorer la performance des livraisons urbaines. Les casiers à colis sont utilisés comme lieux de dépôt centralisés; ainsi, en établissant des niveaux de service, les livraisons aux casiers coûtent moins cher que les livraisons la porte du destinataire.</p> | | <p>La grande majorité du transport de marchandises dans les zones urbaines se fait par véhicules utilitaires légers, y compris des camions légers, des robots livreurs (drones terrestres et aériens) et des vélos électriques.</p> <p>En dehors des zones urbaines, les marchandises sont acheminées par camion électrique à hydrogène et hybride (batterie et hydrogène) ou par train. Dans le cas du rail, les anciens systèmes ferroviaires ne sont pas électrifiés, mais les nouveaux systèmes sont principalement électriques.</p> <p>Les véhicules lourds ne seront généralement présents qu'à l'extérieur des villes. Grâce à l'accessibilité des infrastructures, l'autonomie des véhicules et la recharge rapide des batteries, bon nombre de ces camions seront tout électriques. D'autres seront hybrides tandis que seulement une minorité de camions aura encore un moteur à combustion interne.</p> | |
| FACTEURS AYANT UN IMPACT SUR L'ADOPTION DES TEI | | | |
| Sociodémographique Urbanisation Étalement urbain Économie Prix du pétrole vs prix de l'électricité Considérations sociales Environnement Énergie Disponibilité des ressources humaines Impact de la technologie sur les modèles d'affaires Électrification Automatisation et connectivité Technologies (avancées et prix) Performance et coût de la batterie Disponibilité des modèles et solutions électriques (légers, moyens, lourds) Prix des véhicules électriques | Prix des véhicules autonomes Cartographie, préparation de l'infrastructure Préparation des technologies d'automatisation et de connectivité Allègement des véhicules Technologies compétitives (et infrastructures associées) Modèle d'affaires Structure de coûts des véhicules électriques autonomes – électriques Règlementation Restriction d'accès aux véhicules en zones urbaines Règlementation VZÉ, y compris le prix du carbone Autres mesures environnementales, y compris des mesures incitatives pour les VZÉ, déploiement d'une infrastructure de recharge Frais de congestion | Autres Commerce électronique Impression 3D Véhicules haute capacité Responsabilité sociale des entreprises Robots de livraison Partage des actifs Produit en tant que service Analytiques avancées Accès aux ressources naturelles, incluant le lithium Systèmes de mobilité durable et centres de consolidation Drones et autres mécanismes de livraison Hyperloop™ et technologies de l'entreprise Boring Casiers à colis Automatisation d'entrepôt et de robotique avancée Mise en commun des charges | |

Source : MARCON, 2020.



B. La mobilité des marchandises en 2050

Le diagramme 12 présente le modèle de mobilité des marchandises et ses principales caractéristiques en 2050. Ce modèle a été conçu par MARCON et validé par un panel d'experts internationaux. L'objectif de ce modèle est de minimiser la circulation, et donc la congestion potentielle, dans les grands centres urbains. En effet, ce modèle propose d'arrêter les véhicules lourds de marchandises à l'extérieur des zones achalandées du centre pour consolider les envois par secteur dans des véhicules de plus petite taille dans le but de réduire le nombre de kilomètres parcourus inutilement, l'encombrement des rues et le bruit. L'utilisation de casiers à colis dans les quartiers et dans les hubs de mobilité des personnes diminuera encore davantage le nombre de déplacements de véhicules lourds dans les villes.

À l'extérieur de celles-ci, cependant, les camions lourds et les trains assureront le transport interurbain des marchandises. D'autres modes de transports, comme les navettes fluviales, viennent y suppléer. En 2050, le rail aura doublé son volume de fret, mais ne représentera toujours qu'une faible proportion des expéditions en raison du manque d'investissement visant à rendre les réseaux ferroviaires plus performants.

De l'avis de plusieurs experts dont John Vary, futurologue au John Lewis Partnership, les fabricants décentraliseront de plus en plus leur production « *vers des usines locales qui peuvent servir les consommateurs de manière plus réactive et ayant un impact environnemental moindre*¹⁷ ». Cette tendance atténuera aussi la demande pour le transport sur de longues distances.

Alors que sa part du marché n'était que de 13,7 % en 2019,¹⁸ le commerce électronique aura remplacé une grande proportion des ventes au détail traditionnelles en 2050. D'ici là, le taux de fermeture des points de vente au détail continuera de s'accélérer. En effet, en 2019, on comptait 2,33 fermetures de magasins pour chaque nouvelle ouverture; de plus, 56 % de tous les achats de consommateurs étaient déjà influencés par une expérience quelconque en ligne.¹⁹ MARCON anticipe aussi la prolifération des robots livreurs dans les voisinages urbains. Électriques et autonomes, ces petits véhicules parcourront les premier et dernier kilomètres pour apporter à ceux qui le préfèrent (et qui peuvent en assumer les frais) les marchandises achetées sur les portails commerciaux devenus si populaires.

17 Jonathan Eley, « Buying versus shopping: how retail will be transformed by 2050 », Financial Times, 2 décembre 2019.

18 eMarketer et Statista, 2018.

19 Microsoft Dynamics 365, 2019 Retail Trends Report, 2019.



C. Facteurs d'influence sur l'adoption des TEI

| Facteurs sociodémographiques | Raisonnement | Hypothèses de prévision |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Urbanisation | Plus le niveau d'urbanisation sera élevé (en particulier avec une population croissante), plus la pression pour retirer les véhicules des rues (en raison de la congestion) sera grande. De nouvelles solutions de mobilité pour le transport de marchandises seront nécessaires. | Les pôles de mobilité des périphéries urbaines seront utilisés. Les véhicules plus lourds déchargeront les marchandises vers des véhicules électriques plus légers pour livraison pendant les heures où l'utilisation des routes est moins exigeante. |
| Étalement urbain | Plus l'étalement est important, plus les distances parcourues par les véhicules de livraison de marchandises sont importantes. | Puisque les distances à parcourir seront plus importantes, il faudra davantage de véhicules pour les couvrir. |

| Économie | Raisonnement | Hypothèses de prévision |
|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Prix du pétrole par rapport au prix de l'électricité | Plus le prix du pétrole (et donc du diesel et de l'essence) est élevé, plus les véhicules à combustion interne coûtent cher à opérer. La hausse des prix du pétrole se traduira donc par une plus grande adoption de véhicules à technologie de propulsion alternative, notamment une augmentation du nombre de véhicules électriques; les véhicules plus gros seront probablement les derniers à être convertis à l'électricité compte tenu des défis techniques auxquels ils sont confrontés (poids et autonomie attendue). | La hausse des prix du pétrole entraînera un plus grand nombre de véhicules électriques. Les véhicules lourds durent plus longtemps, donc la conversion en tout électrique sera plus lente que dans les catégories de véhicules moyens et lourds. |



| Avancées technologiques et offre des produits | Raisonnement | Hypothèses de prévision |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Performance et coût de la batterie | Plus les performances (autonomie) seront élevées et plus le coût des batteries sera faible, plus l'adoption des VÉ sera importante. | Les tendances historiques des prix des batteries et les améliorations des performances se poursuivront, entraînant une parité des prix avec les véhicules légers à combustion interne dans les années 2020. D'ici 2050, les coûts du cycle de vie seront plus faibles pour les VÉ que pour les véhicules à combustion interne. Dans les catégories de véhicules moyens et lourds, la parité des prix sera atteinte dans les années 2030 et les coûts du cycle de vie seront réduits (même sans mesures incitatives). |
| Offre de solutions électriques | Plus il y aura de solutions offertes, plus les chances d'adoption sont grandes. | De nombreux modèles et options de VÉ légers, moyens et lourds seront introduits entre 2020 et 2050, ce qui entraînera leur adoption là où cela est financièrement viable. |
| Prix des véhicules électriques | La parité des prix avec les modèles à combustion interne se traduira par une adoption plus large de VÉ. | Pour les véhicules légers et moyens, la parité des prix du cycle de vie sera atteinte d'ici 2030. Pour les véhicules lourds, la parité des prix du cycle de vie sera atteinte d'ici 2040. Dans le transport ferroviaire, les infrastructures existantes ne seront pas électrifiées. Les réseaux ferroviaires lourds ne sont pas et ne seront probablement pas électrifiés. |
| Prix des véhicules autonomes | Les véhicules connectés et autonomes seront probablement plus chers que leurs équivalents non autonomes. Par conséquent, ces véhicules seront probablement utilisés dans les flottes de véhicules en mode partagé. | La technologie d'automatisation permettra de réduire les coûts d'exploitation en raison de l'absence d'un chauffeur. Le coût du cycle de vie de la technologie d'automatisation (par rapport à la technologie à commande manuelle) sera plus faible dans les catégories de véhicules commerciaux dans les années 2030 et 2040. |



| | | |
|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Préparation des technologies d'automatisation et de connectivité</p> | <p>Les véhicules autonomes faciliteront les services de mobilité partagée à la demande pour la livraison de colis et de marchandises en général. Étant donné qu'un chauffeur ne sera pas nécessaire, l'hypothèse est que le coût par kilomètre parcouru sera inférieur au coût existant. Cela entraînera aussi une diminution du nombre de véhicules sur la route. Les véhicules seront probablement plus modulaires, plus faciles à entretenir et capables de résister à une utilisation intensive dans un environnement partagé. Un kilométrage annuel plus élevé par véhicule entraînera probablement le besoin de les remplacer plus souvent que les véhicules privés conventionnels.</p> <p>Un plus grand nombre de véhicules autonomes moyens (minibus, navettes) et lourds (bus, trains, tramways, etc.) permettra de déplacer un plus grand nombre de personnes.</p> | <p>Au cours des 30 prochaines années, la connectivité et l'automatisation feront de grands progrès, avec un déploiement technologique commençant au milieu des années 2030.</p> <p>Les véhicules lourds seront plus faciles à automatiser étant donné qu'ils fonctionnent souvent dans des zones ou voies réservées.</p> |
| <p>Allègement des véhicules</p> | <p>À mesure que les véhicules deviendront plus sécuritaires (grâce à la technologie), ils pourront être plus légers. Des véhicules électriques plus légers jouiront de davantage d'autonomie. De plus, une plus grande autonomie permettra aux véhicules autonomes d'être électriques.</p> | <p>L'automatisation facilitera l'allègement des véhicules, ce qui encouragera l'électrification des véhicules autonomes. Cependant, la tendance à l'électrification se produira malgré tout.</p> |
| <p>Technologies compétitives (et infrastructures associées)</p> | <p>Si les coûts du cycle de vie des technologies propres alternatives s'amélioraient (ex. : technologie des piles à combustible à hydrogène), ces alternatives pourraient concurrencer les VÉ et avoir un impact négatif sur l'adoption de ces derniers. Cependant, les VÉ bénéficient de beaucoup de recherche scientifique et d'importantes améliorations de la technologie des batteries en résulteront.</p> <p>Par ailleurs, l'infrastructure de ravitaillement nécessaire par la technologie concurrente la plus proche, l'hydrogène, coûtent excessivement cher, ce qui rend improbable son déploiement rapide.</p> | <p>Aucune autre technologie concurrentielle ne pourra remplacer la technologie des véhicules électriques à batterie.</p> <p>La technologie de l'hydrogène pourrait cependant faire des percées dans le transport de marchandises sur des distances plus longues. Pour ces véhicules plus lourds, des solutions hybrides (hydrogène et batterie) seront offertes.</p> |



| Réglementation | Raisonnement | Hypothèses de prévision |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Restriction d'accès aux véhicules en zones urbaines | Afin de lutter contre la congestion dans les zones urbaines, plusieurs villes du monde ont mis en œuvre ou envisagent de mettre en œuvre des règles restreignant l'accès à certaines zones. Plus il y a de restrictions sur l'accès aux véhicules, moins l'utilisation des véhicules est importante et moins être propriétaire d'un véhicule est intéressant pour les citoyens qui ont besoin d'accéder fréquemment à ces zones. | À l'exception des véhicules légers et très légers, la plupart des livraisons par véhicule sera effectuée de nuit en tout électrique. |
| Réglementation pour véhicules zéro-émission (VZÉ), y compris le prix du carbone | Les réglementations VZÉ (y compris les zones VZÉ), la tarification du carbone et d'autres mesures augmenteront la demande pour les VZÉ et leur adoption. | Les réglementations VZÉ seront adoptées par les juridictions locales, provinciales ou étatiques et nationales, exigeant que tous les véhicules légers vendus d'ici 2040 soient des véhicules électriques, que 75 % de tous les véhicules moyens soient électriques et que 50 % des véhicules lourds de surface routière soient électriques (hydrogène et à batterie). |
| Autres mesures environnementale, y compris des mesures incitatives pour les VZÉ, l'installation d'une infrastructure de recharge, etc. | Plus il y aura d'infrastructures de recharge et de mesures incitatives, plus l'adoption des VZÉ sera importante. | Les infrastructures (y compris l'infrastructure de recharge) et les mesures incitatives en place dans les années 2020, 2030 et 2040 se traduiront par une adoption accélérée des véhicules tout électriques. |
| Frais de congestion | Les frais de congestion entraîneront une diminution du nombre de véhicules entrant dans les zones couvertes par ces frais. Plus la zone sera large et plus les frais seront élevés, plus l'impact négatif sur les véhicules lourds de livraison et les entreprises de camionnage sera grand. Cela se traduira par une transformation du transport des marchandises en milieux urbains et une plus grande mobilité partagée. | Des frais de congestion seront introduits pour limiter le nombre de véhicules entrant dans les secteurs les plus fréquentés des zones urbaines. Cela se traduira par plus de livraisons pendant la nuit, en utilisant des véhicules plus légers. La tarification de la congestion favorisera les VZÉ. |



| Modèle d'affaires | Raisonnement | Hypothèses de prévision |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Structure de coûts des VA et des VÉ | En autant que les coûts du cycle de vie des VA électriques soient concurrentiels et que les véhicules soient fiables et sécuritaires, les entreprises les adopteront. | Les véhicules électriques autonomes sécuritaires seront économiquement avantageux pour les entreprises sur la base du coût du cycle de vie à partir des années 2030 pour les catégories de véhicules plus légers et des années 2040 pour les catégories de véhicules plus lourds. |

| Considérations sociales | Raisonnement | Hypothèses de prévision |
|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Environnement | Une pression accrue pour protéger l'environnement entraînera une plus grande adoption des véhicules électriques. | Les considérations environnementales seront une priorité, entraînant des réglementations, des programmes et des mesures incitatives qui encourageront l'adoption de véhicules et de technologies de mobilité plus durables. |
| Énergie | La pénétration accrue des sources d'énergie renouvelable dans le réseau électrique se traduira par une énergie plus propre. Un transport plus propre sera non seulement possible, mais il sera préféré par les entreprises de transport. | Les réseaux électriques deviendront de plus en plus propres grâce à l'utilisation accrue de sources d'énergie renouvelable. Cela fera des véhicules tout électriques une technologie de propulsion plus respectueuse de l'environnement. |
| Disponibilité des ressources humaines | Il y a actuellement une pénurie de main-d'œuvre en Amérique du Nord. Les conducteurs de camionnage longue distance sont en nombre insuffisant. De telles pénuries se traduisent par des salaires plus élevés, et donc une baisse de la productivité pour l'Amérique du Nord. Cela encourage l'adoption accélérée des VA pour les véhicules partagés. | La pénurie de conducteurs de camionnage longue distance se traduira par une adoption plus rapide des technologies d'automatisation comme la mise en peloton (« platooning »). |



| Technologie adéquate | Raisonnement | Hypothèses de prévision |
|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Électrification | <p>Plus les véhicules électriques seront adoptés dans les communautés, plus les chauffeurs auront confiance en cette technologie.</p> <p>L'expansion de l'infrastructure de recharge renforcera la confiance et éliminera l'anxiété de l'autonomie.</p> | <p>Des temps de recharge de plus en plus rapides seront disponibles parce que « le temps, c'est de l'argent ».</p> <p>Une performance positive des VÉ contribuera à stimuler leur adoption comme véhicules commerciaux.</p> |
| Automatisation et connectivité | <p>Plus ces technologies seront sécuritaires et utiles, plus leur adoption par les consommateurs sera importante.</p> | <p>Ces technologies s'avéreront sécuritaires et entraîneront une baisse des coûts en ressources humaines.</p> |

| Autres facteurs | Raisonnement | Hypothèses de prévision |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Accès aux ressources naturelles, incluant le lithium | <p>Plus l'accès aux matériaux requis pour les batteries est restreint, plus le nombre de VÉ est faible. Les nouvelles technologies devraient utiliser de moins en moins de lithium.</p> | <p>Compte tenu des possibilités de recyclage et de la disponibilité des ressources clés, l'accès aux matériaux nécessaires à la production de batteries ne devrait pas poser problème.</p> |
| Commerce électronique (incluant l'expédition de l'usine au consommateur) | <p>Plus il y a de commerce électronique, plus le besoin de faire livrer de marchandises est grand.</p> | <p>Des coûts plus élevés pour une livraison plus personnalisée encourageront les consommateurs à accepter la livraison aux casiers et autres points de dépôt (ex. : dépanneurs) et à réduire leurs exigences pour les livraisons le lendemain. Cela laissera du temps pour l'optimisation et l'efficacité de la livraison, résultant en une baisse du nombre de véhicules sur la route.</p> |
| Impression 3D | <p>Plus l'impression 3D sera importante, moins on aura besoin de transporter des marchandises.</p> | <p>L'impact sera minimal, car l'impression 3D peut entraîner des coûts plus élevés.</p> |
| Véhicules haute capacité | <p>Plus l'utilisation de véhicules à grande capacité sera importante, moins le nombre de véhicules requis sera grand.</p> | <p>Cela se traduira par l'utilisation de la technologie hydrogène hybride (hydrogène et batterie) pour les véhicules lourds.</p> |
| Responsabilité sociale des entreprises | <p>Plus la société accordera d'importance aux considérations environnementales, plus cela fera partie des priorités en matière de responsabilité sociale des entreprises.</p> | <p>Les politiques de responsabilité sociale des entreprises se traduiront par une plus grande adoption de véhicules tout électriques.</p> |



| | | |
|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Systèmes de mobilité durable et centres de consolidation | Plus l'utilisation des pôles de mobilité durable (hubs) sera importante, plus les chances d'utiliser des véhicules électriques et des véhicules autonomes seront grandes. | Les marchandises acheminées vers les centres urbains à bord de véhicules lourds (camions et trains) seront transbordées dans des véhicules légers et moyens dans les centres de consolidation se trouvant en périphérie des villes. Les véhicules légers et moyens, souvent tout électriques, effectueront les livraisons urbaines. |
| Drones et autres mécanismes de livraison | Plus l'utilisation de drones et autres véhicules de livraison non terrestres sera importante, plus l'utilisation de véhicules de surface sera faible. | L'utilisation de drones pour les livraisons sera faible compte tenu des capacités de transport de poids limitées et des problèmes liés à la sécurité aérienne. |
| Robots de livraison | Plus l'utilisation des robots de livraison sera importante, moins les véhicules de surface traditionnels seront utilisés. | L'utilisation des robots de livraison sera faible étant donné les coûts relativement plus élevés associés aux livraisons personnalisées. |
| Hyperloop™ et technologies de l'entreprise Boring | La mise en œuvre réussie des projets Hyperloop™ se traduira par une moindre utilisation des véhicules de surface. | Compte tenu du coût élevé des implantations Hyperloop™ et de la promesse d'options de mobilité de surface autonome de grande capacité, MARCON émet l'hypothèse que les technologies de l'entreprise Boring joueront un rôle limité dans le système de mobilité de demain. |
| Casiers à colis | L'utilisation de casiers à colis réduira le besoin d'effectuer des livraisons individuelles. | Les casiers à colis entraîneront l'utilisation de véhicules moyens pour la livraison des marchandises. |
| Partage des actifs | Le partage des actifs entraînera un besoin accru de déplacement des actifs. | Cela n'aura pas d'impact sur l'utilisation des technologies électriques et autonomes. |
| Produit en tant que service | L'économie du partage continuera de croître. Le partage des produits nécessitera le transport de ces produits, ce qui augmentera le kilométrage parcouru annuellement. | Cela n'aura pas d'impact sur l'utilisation des technologies électriques et autonomes. |
| Automatisation d'entrepôts et robotique avancée | Cette tendance soutiendra les centres de consolidation et l'optimisation de la distribution des marchandises. | Cela n'aura pas d'impact sur l'utilisation des technologies électriques et autonomes. |
| Analytique avancée | Des analyses avancées faciliteront l'optimisation du transport des marchandises. | Cette optimisation facilitera l'utilisation de la propulsion électrique et l'automatisation des véhicules (optimisation des routes afin de minimiser le kilométrage). |



| | | |
|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Mise en commun des charges | Le partage de la charge (comme la Star Alliance pour la livraison de marchandises) devrait se traduire par une plus grande efficacité et un moins grand nombre de véhicules requis pour les livraisons. | La mise en commun de la charge entraînera l'utilisation de véhicules moyens pour les livraisons groupées et un moins grand nombre de véhicules sur la route. Le partage des charges a été largement pratiqué dans le secteur du transport de longue distance et ne progressera probablement pas davantage. |
|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

L'analyse de l'impact que chacun de ces facteurs peut exercer sur l'adoption des véhicules électriques et intelligents permet d'élaborer trois scénarios principaux (pessimiste, réaliste et optimiste), présentés à l'annexe III. Leur étude permettra d'évaluer l'impact du scénario le plus probable sur la chaîne de valeur des TEI. Il est toutefois à noter qu'aucun de ces facteurs ne justifie une croissance importante du réseau de trains pour marchandises, même si le Environmental and Energy Study Institute²⁰ estime que, « dans l'ensemble, les chemins de fer transportent le fret 1,9 à 5,5 fois plus efficacement que les camions, et avec des coûts de main-d'œuvre globale beaucoup moins élevés et beaucoup moins de pollution atmosphérique que les camions ».



20 Richard Nunno, « Electrification of U.S. Railways: Pie in the Sky, or Realistic Goal? », Environmental and Energy Study Institute (EESI) (en ligne), 30 mai 2018



2.3.3. Impacts de l'évolution des modèles de mobilité sur l'adoption des TEI en Amérique du Nord à l'horizon 2050

Cette section résume l'impact des facteurs d'influence énumérés et décrits aux sections précédentes sur la vitesse d'adoption des véhicules électriques et intelligents en Amérique du Nord. Cette démarche permettra d'évaluer leur nombre approximatif à l'horizon 2050.

La mobilité des personnes

La très grande majorité des véhicules légers est utilisée pour le transport de personnes. La croissance anticipée de la population et l'importance d'assurer la fluidité de la circulation (surtout en zone urbaine) permettent d'envisager que les gouvernements en Amérique du Nord introduiront des réglementations visant des effets complémentaires. D'une part, les gouvernements voudront décourager l'utilisation du véhicule individuel. D'autre part, ils voudront encourager des systèmes MaaS où les véhicules légers, en grande partie électriques, seront utilisés pour connecter les personnes aux hubs de mobilité vers les modes de transport de grande capacité.

À l'horizon 2050, on anticipe que le taux d'adoption de véhicules légers (principalement de classes 1 et 2) se situe entre 40 % dans un scénario pessimiste et 90 % dans un scénario optimiste. Il est à noter que l'OCDE partage l'avis²¹ que le taux d'adoption pourrait atteindre ce haut niveau. Le scénario pessimiste reflète un manque de réglementation visant à encourager la mobilité durable ainsi qu'une faible adoption de technologies TEI en raison du prix des véhicules et du manque de preuves des technologies de connectivité et d'automatisation de niveaux 4 et 5. Enfin, le scénario réaliste prévoit que la croissance de la demande en mobilité engendrée par l'augmentation de la population glissera vers une plus grande diversité de véhicules comprenant une proportion très élevée de véhicules partagés. Le résultat est qu'en 2050, la proportion de véhicules immatriculés par rapport au parc total et le nombre absolu de véhicules légers auront sensiblement diminué.

Relativement peu de véhicules de poids moyen (environ 30 000)²² étaient utilisés pour le transport de passagers en Amérique du Nord en 2018. Il s'agissait pour la plupart de fourgons ou de camions aménagés pour servir de navettes ou encore de véhicules de transport adapté. Dans un modèle de mobilité où le transport collectif sera appelé à jouer un rôle accru, un plus grand nombre d'entre eux sera requis. Ceci explique partiellement pourquoi le parc de véhicules moyens de 2050 sera beaucoup plus important qu'il ne l'est aujourd'hui.

Pour ce qui est des véhicules lourds (classes 7 et 8 sur route et véhicules sur rail), il y avait environ un million d'autobus scolaires, urbains et interurbains en circulation en Amérique du Nord en 2020.²³ Ce nombre augmentera progressivement. L'avènement de solutions efficaces (les voitures de taxi partagé, par exemple) permettront aux usagers de parcourir la distance entre l'endroit où ils se trouvent et le réseau de transport collectif. Ce dernier sera équipé de plusieurs modes en fonction de la demande ponctuelle ou anticipée.

La gestion intégrée des modes de transports en 2050 optimisera le fonctionnement et minimisera les coûts. Le processus d'optimisation sera double. Dans un premier temps, il procurera à chaque usager la solution de transport la plus rapide, économique et adaptée à ses besoins, comme proposer la route la plus pittoresque à un touriste. Dans un deuxième temps, il offrira à la collectivité les véhicules les plus appropriés pour répondre aux besoins de l'ensemble des usagers. Minimiser les coûts d'exploitation ne sera pas réalisé au détriment de la qualité de service qui sera véritablement considérée comme essentielle au maintien de la demande. Cette qualité du service se définira par la ponctualité, le confort, la propreté et la performance de l'ensemble du parc de véhicules.

21 Study Institute (EESI) (en ligne), 30 mai 2018, FIT-OCDE (2019), Ibid.

22 Données provenant de l'APTA pour les États-Unis et d'estimations de MARCON pour le Canada.

23 Il s'agit d'une extrapolation effectuée par MARCON selon les données relatives au profil des autobus du Bureau of Transportation Statistics du Département du transport américain (2017).



Dans ce contexte, la place des technologies de télécommunication et d'informatique dans le fonctionnement du réseau de transport de 2050 ne peut être sous-estimée; optimiser l'exploitation de réseaux de transport ne pourra se faire que si une fondation robuste et sécuritaire a été mise en place. En effet, remplacer les conducteurs et chauffeurs par des systèmes de contrôle basés sur l'intelligence artificielle nécessitera le développement et le déploiement de technologies de détection-traitement-action qui s'appuieront aussi sur des avancées importantes dans le domaine de l'informatique. À cela s'ajoute l'utilisation de puissants neuro-ordinateurs qui traiteront l'information provenant de chaque véhicule et de chaque usager en temps réel afin d'appliquer des algorithmes complexes visant à assurer la meilleure performance possible des réseaux.

D'ailleurs, MARCON anticipe que le parc de véhicules partagés de 2050 comprendra une gamme complète de véhicules allant du vélo au train afin de répondre le plus adéquatement possible à la demande. En plus d'une croissance naturelle attribuable à l'augmentation de la population et à la migration vers les centres urbains, le Forum international sur le transport de l'OCDE prévoit un glissement de la demande (exprimée en kilomètres-passagers) de la voiture privée vers le transport collectif et partagé, comme le démontre le tableau 10.

TABLEAU 10 Évolution de la demande mondiale de transport de passagers par mode de transport, 2015-2050 (en pourcentage du total des kilomètres-passagers)

| Année | Véhicules privés ⁱ | Transport collectif ⁱⁱ | Transport partagé ⁱⁱⁱ | Transport actif ^{iv} |
|-------|-------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|
| 2015 | 74 % | 23 % | 2 % | 1 % |
| 2030 | 56 % | 26 % | 16 % | 2 % |
| 2050 | 46 % | 28 % | 24 % | 2 % |

i Véhicules ou taxis motorisés privés.

ii Autobus, métro, tramway et rail.

iii Comprend les modes motorisés et non motorisés (ex. : vélos et voitures partagés flottants ou non flottants, conventionnels ou électriques). Comprend les véhicules traditionnellement partagés (ex. : les voyageurs partagent le même véhicule à différents moments du temps). Comprend une mobilité partagée optimisée (ex. : les voyageurs se partagent le même véhicule avec chauffeur, comme un taxi partagé ou un taxi-bus dans le travail de mobilité partagée du FIT, en même temps pour au moins une partie de leur voyage).

iv Voyages effectués à pied, à vélo, et tout autre mode à propulsion humaine.

Source : OCDE, Perspectives de transport, 2019.



La situation de référence aux États-Unis est significativement différente : 91,9 % des kilomètres-passagers sont présentement parcourus en véhicule privé. Il est donc probable que le taux d'adoption des véhicules partagés soit plus faible aux États-Unis qu'au Canada. À l'horizon 2050, le parc de véhicules privés légers aura tout de même fondu d'un peu plus de 10 %, ce qui est considérable.

TABLEAU 11 Distance parcourue pour le transport de personnes en Amérique du Nord, 2019

| Pays et modes de transport | Canada | États-Unis |
|----------------------------------|----------------|-------------------|
| Automobiles privées | 76,8 % | 91,9 % |
| Transport partagé | 23,0 % | 8,0 % |
| Trains de passagers | 0,2 % | 0,1 % |
| Total (en millions de km) | 813 700 | 10 488 365 |

Source : Idem, tableau 6.

MARCON anticipe que la demande pour le transport de personnes atteindra 13,4 mille milliards de kilomètres-passagers en 2050, soit une augmentation par rapport à 2019 de 26 % au Canada et de 18 % aux États-Unis.

Bien qu'il soit impossible de préciser le nombre de chaque type de véhicules qui sera requis par ce modèle, il prévoit néanmoins un important déplacement de la demande vers le transport partagé qui représentera près de 91,1 % des kilomètres-passagers parcourus au Canada et 89,5 % de ceux des États-Unis.

TABLEAU 12 Distance parcourue pour le transport de personnes en Amérique du Nord, 2019-2050 (en millions de kilomètres-passagers)

| Pays et modes de transport | 2019 | 2050 |
|--------------------------------|-------------------|-------------------|
| Canada | | |
| - Automobiles privées | 624 920 | 88 661 |
| - Transport partagé | 187 184 | 932 699 |
| - Trains de passagers | 1597 | 2261 |
| Sous-total (Canada) | 813 700 | 1 023 622 |
| États-Unis | | |
| - Automobiles privées | 9 643 232 | 1 274 224 |
| - Transport partagé | 834 133 | 11 063 557 |
| - Trains de passagers | 11 000 | 20 423 |
| Sous-total (États-Unis) | 10 488 365 | 12 358 204 |
| TOTAL | 11 302 065 | 13 381 825 |

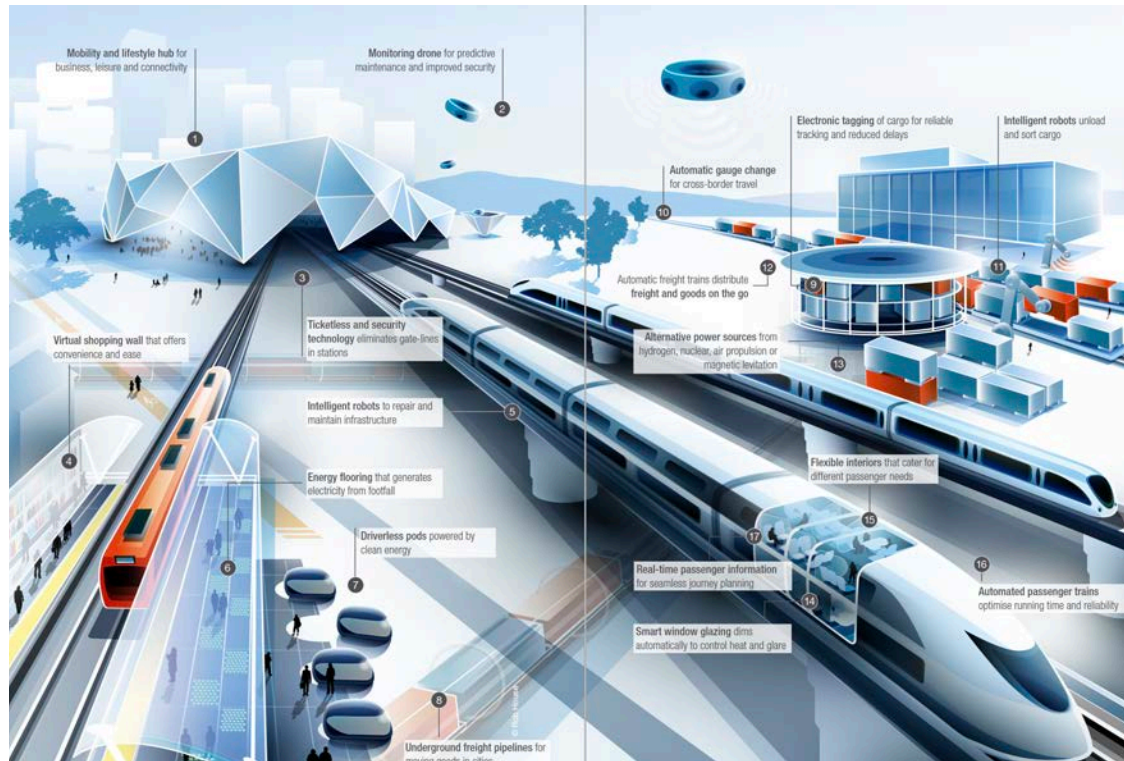
Prévisions : MARCON, 2020.



2-Projections 2050 : le déploiement des transports électriques et intelligents

Certains experts réputés dans le monde du rail croient que cette demande de capacité croissante et les préoccupations mondiales concernant les changements climatiques auront favorisé une renaissance ferroviaire d'ici 2050. Selon eux, « *les trains de voyageurs pourraient bien former l'épine dorsale du système de transport du milieu du siècle, reliant les principaux pôles urbains et alimentant les réseaux de transport locaux multimodaux²⁴* », comme présenté au diagramme 14. Malgré les avantages que représenterait une augmentation du rail pour passagers en Amérique du Nord, MARCON ne partage pas cet optimisme en raison du peu de projets de rails pour passager annoncés sur l'ensemble du continent : seulement 7 projets sont en cours et 17 sont prévus.²⁵

DIAGRAMME 14 La gare intermodale de 2050



Source : Arup, *Future of Rail 2050*, 2019.

Le principal impact de l'évolution du modèle de mobilité est qu'en 2050, la quantité de véhicules requise pour le transport en masse de personnes qui se rendent au travail ou à l'école, matin et soir, augmentera substantiellement la taille du parc de véhicules lourds. La proportion du parc qu'occuperont les véhicules légers diminuera aussi substantiellement puisque ceux-ci seront partagés et utilisés beaucoup plus intensément.

24 Arup, *Future of Rail 2050*, 2019.

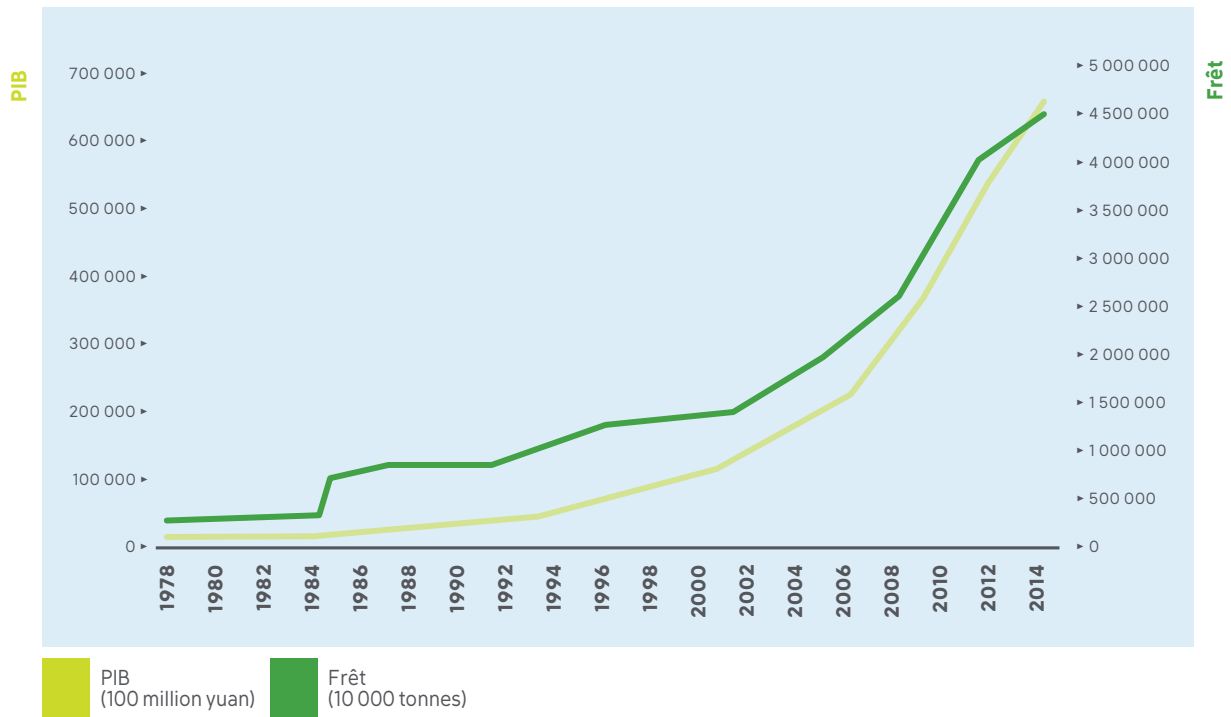
25 Alex Carrick, « Underway and Upcoming Rail and Rapid Transit Projects, U.S. and Canada: Economic Review », ConstructConnect (en ligne), 6 décembre 2018.



La mobilité des marchandises

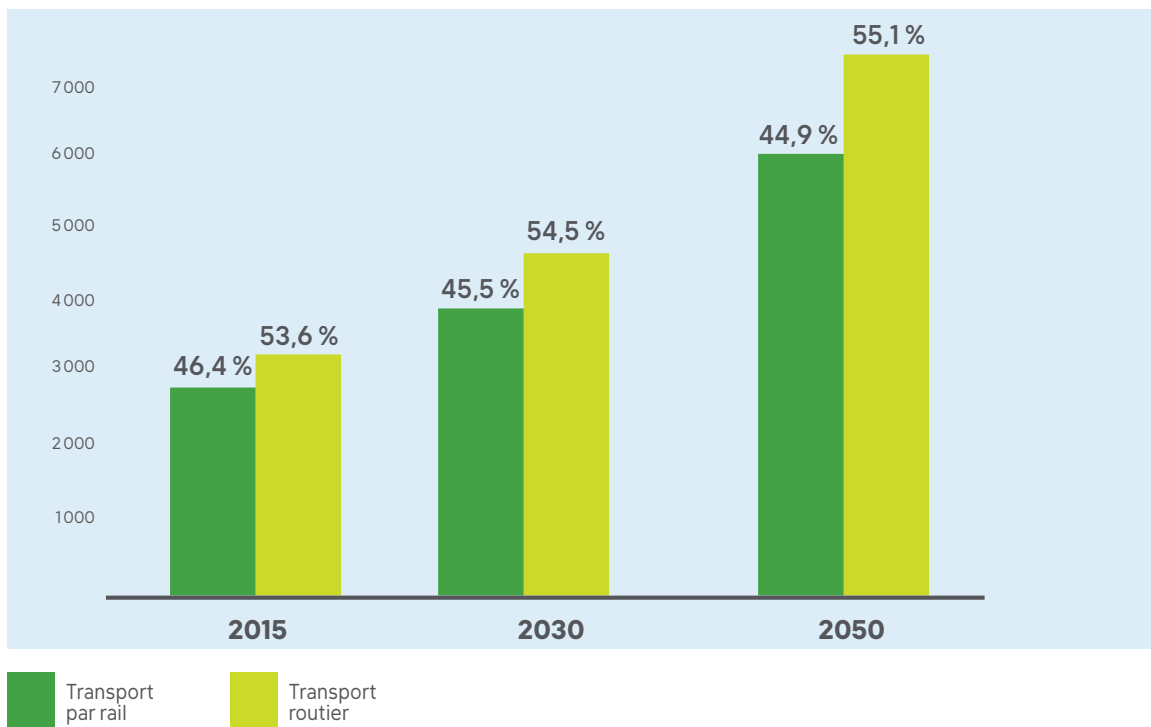
La demande de fret est principalement corrélée au produit intérieur brut, comme le démontre l'exemple de la Chine illustré au diagramme 15. Considérant les prévisions de la croissance du PIB en Amérique du Nord,²⁶ MARCON prévoit que la quantité de marchandises sera 75 % plus élevée en 2050 qu'en 2019. L'OCDE, pour sa part, anticipe une croissance encore plus forte de la demande pour le transport de marchandises avec une croissance de 121 % entre 2015 et 2050.²⁷

DIAGRAMME 15 **Corrélation PIB - Fret**



Source : Yuee Gao, Yaping Zhang, Hejiang Li, Ting Peng, Siqi Hao, 2016.

26 Les données sont présentées à l'annexe V.
 27 FIT-OCDE (2019), Ibid.

**DIAGRAMME 16** Évolution de la demande pour le transport de marchandises, 2015-2050 (en milliards de tonnes-kilomètres)

Source : FIT / OCDE, 2019.

En Amérique du Nord, la répartition du fret entre le rail et la route en 2019 était telle que présentée au tableau 13.

TABLEAU 13 Part des modes de transport terrestre au Canada, aux États-Unis et en Amérique du Nord, 2019

| Pays et modes de transport | 2019 | |
|----------------------------|--------------|----------------------------|
| | Part au pays | Part de l'Amérique du Nord |
| Canada | | |
| - Transport routier | 28,4 % | 4,9 % |
| - Transport sur rail | 71,6 % | 12,3 % |
| États-Unis | | |
| - Transport routier | 54,7 % | 45,3 % |
| - Transport sur rail | 45,3 % | 37,5 % |

Source : MARCON, 2020.



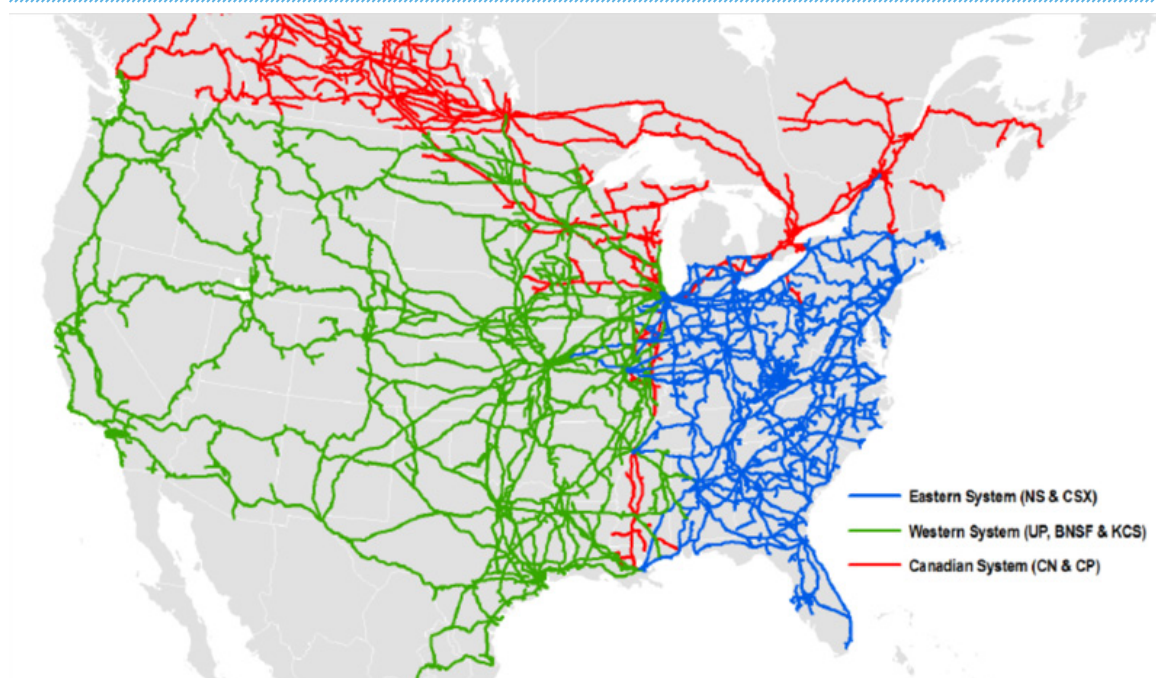
Ayant été conçu pour acheminer les marchandises du pays vers les ports côtiers pour l'exportation, le réseau ferroviaire canadien est essentiellement bidirectionnel, fonctionnant sur l'axe est-ouest. Le rail est proportionnellement plus utilisé au Canada qu'il ne l'est aux États-Unis. Plusieurs raisons expliquent le fort taux d'utilisation du rail au Canada.

- ▶ Le réseau ferroviaire traverse pratiquement tous les grands centres urbains.
- ▶ Le rail est un moyen économique de parcourir les distances souvent très grandes entre les grands centres urbains du pays.
- ▶ Le rail sert à acheminer le pétrole de l'Alberta (la denrée la plus volumineuse pour le rail) vers la côte est du pays et le blé des Prairies (deuxième en volume) vers la côte ouest.²⁸ Le réseau ferroviaire canadien est bien connecté à celui de son voisin du sud et principal partenaire commercial, les États-Unis, vers où une grande portion de la production, surtout les matières premières, est exportée (ex. : 66 % du pétrole, 50 % de la potasse, etc.).

Le réseau ferroviaire des États-Unis est quant à lui beaucoup plus multidirectionnel et les distances moyennes entre les grands centres de consommation et de production sont plus courtes qu'au Canada. Cette plus forte densité des destinations de marchandises favorise le transport routier du fret au détriment du rail. De surcroît, plus de 80 % des corridors ferroviaires américains sont à voie unique, ce qui limite passablement la capacité de ces infrastructures ferroviaires par ailleurs détenues à 90 % par des sociétés privées.²⁹

Quoi qu'il en soit, l'OCDE prévoit entre 2015 et 2050 une perte de part de marché pour le rail de 1,5 %, mais une augmentation de la demande en tonnes-kilomètres pour du transport terrestre (rail et route) de 121 %.³⁰

DIAGRAMME 17 Réseau nord-américain de trains de marchandises



Source: Freight Railroad Administration, 2020.

28 Statistique Canada, « Le Quotidien : Transport ferroviaire, 2017 » (en ligne), 8 avril 2019.

29 Hamed Pouryousef, Pasi Lautala, Thomas White, « Railroad capacity tools and methodologies in the U.S. and Europe », Journal of Modern Transportation, 3 mars 2015.

30 FIT-OCDE (2019), Ibid.

**TABLEAU 14** Prévisions de l'OCDE pour le transport de marchandises en Amérique du Nord, par modes de transport, 2015-2050 (en milliards de tonnes-kilomètres et en parts de marchés)

| Modes de transport | 2015 | | 2030 | | 2050 | |
|--------------------|-------------|----------------|-------------|---------------|---------------|----------------|
| | t-km | Part | t-km | Part | t-km | Part |
| Transport routier | 3322 | 53,6 % | 4737 | 54,5 % | 7465 | 55,1 % |
| Transport par rail | 2881 | 46,4 % | 3957 | 45,5 % | 6093 | 44,9 % |
| Total | 6203 | 100,0 % | 8694 | 100,0% | 13 558 | 100,0 % |

Source : FIT / OCDE, 2019.

L'OCDE précise que « la demande de fret dépend principalement de la croissance économique et de l'activité commerciale internationales. Compte tenu de l'instabilité actuelle de l'économie mondiale et des pressions croissantes sur le commerce, l'exactitude des projections de croissance pour le transport de marchandises dans la trajectoire actuelle de la demande est incertaine »³¹. Or, contrairement aux prévisions de l'OCDE, la quantité de marchandises qui a transité aux États-Unis en 2018 était légèrement inférieure à celle de 2015. MARCON a donc adopté une approche plus conservatrice et prévoit une variation annuelle de la demande qui ne correspond qu'à la fluctuation prévue du PIB (voir à l'annexe V) si le modèle de mobilité n'évolue pas.

TABLEAU 15 Prévisions de MARCON pour le transport de marchandises en Amérique du Nord, par modes de transport et pays, 2019-2050 (en milliards de tonnes-kilomètres et parts de marché)

| Pays et modes de transport | 2019 | 2030 | 2050 | 2050 |
|----------------------------------------|------------------|------------------|-------------------|----------------|
| | t-km | t-km | t-km | Part par pays |
| Transport routier (par camion) | | | | |
| Canada ¹ | 336 867 | 403 508 | 590 254 | 28,4 % |
| États-Unis | 3 124 977 | 3 746 838 | 5 470 135 | 54,6 % |
| Sous-total (transport routier) | 3 461 844 | 4 150 346 | 6 060 389 | 50,1 % |
| Transport par rail (rail lourd) | | | | |
| Canada ² | 849 503 | 1 017 555 | 1 488 487 | 71,6 % |
| États-Unis ³ | 2 595 923 | 3 112 504 | 4 544 050 | 45,4 % |
| Sous-total (transport par rail) | 3 445 426 | 4 130 059 | 6 032 537 | 49,9 % |
| Total (Amérique du Nord) | 6 907 270 | 8 280 404 | 12 092 926 | 100,0 % |

Sources : 1 Statista. Canadian trucking industry tonne-kilometers 2009-2017, in billions (en ligne): <https://www.statista.com/statistics/449844/trucking-industry-tonne-kilometers-canada>.
 2 Rail Trends 2018, Railway Association of Canada
 3 Banque mondiale (en ligne): <https://data.worldbank.org/indicator/IS.RRS.PASG.KM?locations=CA>.
 Prévisions 2030 et 2050 : MARCON, 2020.



Dans les prévisions du tableau 15, aucune dégradation des parts modales du rail n'a été calculée parce qu'elle ne pourrait être justifiée. Les prévisions de MARCON, comme celles de l'OCDE, sont calculées en fonction du statu quo du modèle de mobilité des marchandises. Un changement de modèle affecterait nécessairement les parts modales et la répartition de la demande pour les véhicules sur rail et sur route.

Pour la catégorie des véhicules lourds, l'implantation du modèle de mobilité des marchandises à l'horizon 2050 aura cependant suscité d'importants changements dans la distribution de ce fret sur route et rail. D'abord, comme il n'y a que très peu de projets de rails pour passagers annoncés, MARCON ne s'attend qu'à peu d'amélioration du réseau ferroviaire dédié aux marchandises. Au Canada, il est difficile d'imaginer quelle entité (publique ou privée) investirait les ressources requises à la mise à niveau des réseaux de rail afin de les rendre modernes et performants, c'est-à-dire dotés de trains capables de parcourir rapidement de courtes et moyennes distances (comme aux États-Unis) à des prix pouvant concurrencer le transport routier. Contrairement au parc de wagons qui augmentera pour répondre à l'augmentation de la demande, la population actuelle du parc de quelque 40 000 locomotives en service ne connaîtra qu'une très faible croissance. Certes, les convois s'allongeront et on verra de plus en plus de conteneurs superposés sur les rails. À eux seuls, ces deux moyens permettront de satisfaire une grande partie la demande additionnelle sans pour autant accroître le parc de locomotives proportionnellement. MARCON prévoit une augmentation de 32 % des véhicules de traction sur rail pour une augmentation de la demande de transport par rail de 75 %.






Une partie de la croissance des besoins de fret sera donc encaissée par les véhicules routiers lourds. Malgré les limites de circulation qui leur seront imposées et qui les confineront au réseau routier supérieur (autoroutes), aux chemins interurbains et aux sentiers de mines ou forêts, le nombre de véhicules routiers lourds doublera au cours des 30 prochaines années. Ce sont les véhicules de poids moyen qui auront pris la part du lion au bilan des véhicules immatriculés. Leur utilisation très importante pour les livraisons urbaines prévues dans le modèle de mobilité 2050 portera leur nombre au-delà des 14 millions.

Même si relativement peu de marchandises seront transportées par des véhicules légers, cette catégorie de véhicules sera elle aussi touchée par la transformation qui s'annonce. Le nombre de véhicules non immatriculés (ex. : robots de livraison, trottinettes et vélos électriques) grandira exponentiellement et l'évaluation de la taille de ce parc dépasse l'envergure de la présente étude.

Le tableau 16 traduit l'effet des facteurs classiques³² décrits dans notre scénario de base sur la demande pour le transport de personnes et de marchandises. Il en résulte une projection de l'évolution de la taille du parc nord-américain de véhicules à l'horizon 2050.

32 Les facteurs classiques sont ceux décrits dans les pages qui précèdent : augmentation de la population, augmentation du PIB, etc.

**Tableau 16** Évolution décennale de la taille du parc nord-américain de véhicules, 2019-2050 (en milliers de véhicules)

| Catégories de véhicules | 2019 | 2030 | 2040 | 2050 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|  Véhicules légers | 285 117 | 306 544 | 322 477 | 335 744 |
|  Véhicules moyens | 10 381 | 15 676 | 22 112 | 30 298 |
|  Véhicules lourds | 4 815 | 7 271 | 10 257 | 14 054 |
|  Autres véhicules | 2 326 | 2 520 | 2 651 | 2 755 |
|  Véhicules de traction sur rail | 56 | 61 | 67 | 74 |
| Total | 302 696 | 332 071 | 357 564 | 382 925 |

Source : MARCON, 2020.

La venue des technologies de TEI altérera cette évolution « normale » en raison des possibilités d'amélioration qu'elles offrent aux modèles classiques de transport des personnes et des marchandises. L'impact des facteurs d'influence, identifiés aux sections 3.3.1.C et 3.3.2.C et qui déterminent la quantité de véhicules requise pour le transport de personnes et de marchandises, est résumé au tableau 17.

Il est remarquable que cette liste ne comprenne aucun ajustement relatif au secteur ferroviaire. En effet, les technologies d'électrification et d'automatisation étant déjà disponibles depuis fort longtemps, elles n'offrent plus la possibilité au modèle de mobilité de changer au point où le nombre de véhicules de traction ferroviaire augmenterait ou diminuerait substantiellement.








Tableau 17
Ajustements au nombre total de véhicules en service par rapport à 2019 et motifs des ajustements, 2030-2050

| Motifs des ajustements | Par rapport à 2019 | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|---------|---------|
| | 2030 | 2040 | 2050 |
| L'augmentation de l'autopartage et la mise en service des VA dans ces parcs (véhicules légers) | -1,0 % | -10,0 % | -25,0 % |
| La disponibilité de véhicules totalement autonomes pour les personnes âgées ou handicapées (véhicules légers) | 0,0 % | 1,0 % | 3,0 % |
| Une meilleure intégration intermodale pour le transport collectif (style MaaS) et la promotion du transport collectif | | | |
| - Véhicules légers (voitures) | -5,0 % | -10,0 % | -15,0 % |
| - Véhicules lourds (autobus et trains) | 0,5 % | 1,0 % | 2,0 % |
| Le besoin de camions de livraison plus légers pour la ville | | | |
| - Véhicules lourds (semi-remorques, classe 8) | -5,0 % | -10,0 % | -15,0 % |
| - Véhicules moyens (camions électriques) | 7,5 % | 12,0 % | 15,0 % |
| - Véhicules légers | 0,5 % | 1,0 % | 2,0 % |
| L'utilisation plus intensive des camions autonomes | -1,0 % | -5,0 % | -10,0 % |
| L'augmentation du commerce électronique | | | |
| - Véhicules lourds (semi-remorques, classe 8) | 0,0 % | 0,0 % | 0,0 % |
| - Véhicules moyens (camions électriques) | 5,0 % | 10,0 % | 15,0 % |
| - Autres véhicules (drones terrestres, vélos, etc.) | 1,0 % | 2,0 % | 3,0 % |
| L'imposition de frais de congestion dans les villes | | | |
| - Véhicules lourds (semi-remorques, classe 8) | 0,0 % | 0,0 % | 0,0 % |
| - Véhicules moyens (camions électriques) | 0,0 % | 0,0 % | 0,0 % |
| - Véhicules légers | -1,0 % | -2,5 % | -5,0 % |

Source : MARCON, 2020.

Ces ajustements auront un impact substantiel sur la composition du parc nord-américain au fil des trois prochaines décennies. Le tableau 18 rappelle la taille du parc estimée par MARCON en 2019 ainsi que l'évolution de chaque catégorie de véhicules pour les années 2030, 2040 et 2050. Les variations pour chaque tranche sont calculées par rapport aux prédictions du tableau 16.

**TABLEAU 18 Évolution décennale de la taille du parc nord-américain de véhicules, 2019-2050, et variation par rapport au scénario de base**

| Catégories de véhicules | 2019 | 2030 | | 2040 | | 2050 | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------|---------------|--------------------|----------------|--------------------|----------------|
| | Unités | Unités | Var. | Unités | Var. | Unités | Var. |
|  Véhicules légers | 285 117 229 | 288 011 081 | -6,0 % | 264 027 663 | -18,1 % | 221 697 248 | -34,0 % |
|  Véhicules moyens | 10 381 036 | 16 973 330 | 8,3 % | 24 395 952 | 10,3 % | 33 412 398 | 10,3 % |
|  Véhicules lourds | 4 815 228 | 7 006 313 | -3,6 % | 9 582 544 | -6,6 % | 12 946 221 | -7,9 % |
|  Autres véhicules | 2 326 104 | 2 542 783 | 0,9 % | 2 697 722 | 1,8 % | 2 825 211 | 2,5 % |
|  Véhicules de traction sur rail | 56 084 | 61 611 | 1,6 % | 67 276 | 0,0 % | 73 761 | 0,0 % |
| Total | 302 695 681 | 314 595 118 | -5,2 % | 300 771 157 | -15,9 % | 270 954 839 | -29,2 % |

Source : MARCON, 2020.

Grâce aux TEI, la taille du parc nord-américain de véhicules sera près de 30 % inférieure à ce qu'elle aurait été sans elles. En 2050, la catégorie des véhicules légers ne représentera que 82 % du total des véhicules, soit une diminution de 22 % par rapport à 2019. La quantité de véhicules de traction ferroviaire augmentera de 32 % (surtout pour accommoder les nouveaux passagers du transport collectif), alors que la croissance annuelle du parc de locomotives de fret est prévue à moins de la moitié de cette quantité.

Le nombre de véhicules de poids moyen requis en 2050 aura plus que triplé (321,9 %) tandis que le nombre de véhicules lourds sur les routes d'Amérique du Nord atteindra près 13 millions, soit une croissance de 268,9 %.

En somme, la taille anticipée du parc nord-américain de véhicules sera de 271 millions en 2050 alors qu'elle était de 303 millions en 2019.



2.4. Prévisions de déploiement des TEI

Dans les sections précédentes, nous avons déterminé la taille actuelle du parc nord-américain de véhicules routiers (tableau 3) et ferroviaires (tableau 5). Nous avons aussi montré l'évolution de la taille de ces parcs à l'horizon 2050 sans l'influence des TEI sur le modèle de mobilité (tableau 16) puis en considérant l'impact de l'avènement des TEI (tableau 18).

L'impact des technologies d'électrification et de l'intelligence véhiculaire sur le parc nord-américain de véhicules routiers et sur rail en 2050 est important. Une question fondamentale demeure : quel sera le taux d'adoption de ces technologies grâce auquel le parc pourra devenir plus propre et plus efficace?

Pour répondre à cette question, chacun des facteurs identifiés aux sections 3.3.1.C et 3.3.2.C a été analysé pour évaluer leur impact sur les taux de pénétration dans le parc des technologies d'électrification, de connectivité et d'automatisation. Cette évaluation détaillée est présentée à l'annexe III (transport de personnes) et à l'annexe IV (transport de marchandises). Trois scénarios d'adoption des technologies d'électrification, de connectivité et d'automatisation ont été développés.

- ▶ D'abord, le scénario pessimiste est caractérisé par un avancement technologique insuffisant et par le manque de réglementation visant à encourager l'adoption des technologies.
- ▶ Ensuite, le scénario réaliste est caractérisé par une réglementation équilibrée, une technologie des batteries améliorée et le prix de celles-ci considérablement moins élevé qu'en 2020, menant à la commercialisation des véhicules connectés et autonomes de niveaux 4 et 5 à partir des années 2030.
- ▶ Enfin, dans le scénario optimiste, la démonstration faite des avantages des technologies d'électrification et d'automatisation aura favorisé l'adoption massive des véhicules intelligents, autonomes et connectés par une très grande partie de la population, en cela encouragée par des règlements, mesures incitatives et programmes des gouvernements, tous paliers confondus.

Ainsi, selon les perspectives du scénario pessimiste, les véhicules légers (principalement les classes 1 et 2) et les véhicules moyens (classes 3, 4, 5 et 6) dotés de TEI passeraient à des niveaux d'adoption respectifs de 40 % et 60 % en 2050. Le scénario optimiste place ces seuils à 90 % pour le même horizon. Le taux d'adoption de 40 % serait attribuable à un manque de réglementation visant à encourager la mobilité durable ainsi qu'à une faible adoption de technologies plus coûteuses ou moins performantes que ce que le marché serait prêt à tolérer.






Les véhicules lourds (classes 7 et 8 sur route et véhicules sur rail) passeraient d'un niveau d'adoption de 15 % en 2050 dans un scénario pessimiste à un taux d'adoption de 50 % dans un scénario optimiste. Le faible taux de 30 % du scénario réaliste serait imputable à un manque d'options des TEI à la satisfaction des entreprises, dont les coûts du cycle de vie et la performance. Le scénario optimiste indique la disponibilité de véhicules robustes et performants, assortie de règlements agressifs visant à encourager le virage électrique, autonome et connecté.

Pour le rail, la situation est prometteuse. Les 7 projets de rails pour passagers en cours et les 17 prévus sont électriques en partie ou en tout. Les trains de passagers ne représentaient en 2019 que 24 % du parc de véhicules de traction ferroviaire, mais seront à l'origine de la plus grande part de la croissance de la demande pour ce type de véhicules d'ici 2050. Les trains électriques représenteront



environ le tiers de tous les véhicules de traction sur rail destinés au transport de passagers en 2050, grâce à une part de 62 % des nouveaux véhicules de traction sur rail qui seront mis en service entre 2019 et 2050. Les 11 002 véhicules de traction ferroviaire qui s'ajouteront aux trains de passagers seront électriques, et plusieurs d'entre eux seront aussi autonomes. Par ailleurs, aucune locomotive pour trains de marchandises ne serait convertie à l'électricité. En fait, selon le Environmental and Energy Study Institute,³³ seulement 1 % des lignes américaines de trains ont été électrifiées. Ceci est étonnant puisque 33 des 52 États et territoires américains affichent au moins une ligne de train électrifiée en partie ou en tout. Cependant, seulement trois segments de lignes pour fret sont électriques.³⁴ En conclusion, le tableau 19 présente les taux de pénétration des TEI que prévoient nos scénarios pour chaque catégorie de véhicules routiers ou ferroviaires en Amérique du Nord.

TABLEAU 19 Évolution décennale de la part approximative des véhicules électriques et intelligents dans le parc nord-américain de véhicules, 2030-2050

| Catégorie de véhicules | Scénario pessimiste | | | Scénario réaliste | | | Scénario optimiste | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------|-------------|-------------------|-------------|-------------|--------------------|-------------|-------------|
| | 2030 | 2040 | 2050 | 2030 | 2040 | 2050 | 2030 | 2040 | 2050 |
|  Véhicules légers | 15 % | 30 % | 40 % | 30 % | 50 % | 70 % | 45 % | 70 % | 90 % |
|  Véhicules moyens | 15 % | 31 % | 60 % | 20 % | 45 % | 80 % | 35 % | 64 % | 90 % |
|  Véhicules lourds | 5 % | 10 % | 15 % | 10 % | 20 % | 30 % | 15 % | 35 % | 50 % |
|  Autres véhicules | 1 % | 5 % | 10 % | 15 % | 25 % | 40 % | 20 % | 30 % | 60 % |
|  Véhicules de traction sur rail | 20 % | 25 % | 30 % | 25 % | 30 % | 35 % | 30 % | 35 % | 40 % |
| Total du parc | 15 % | 29 % | 41 % | 29 % | 48 % | 69 % | 44 % | 68 % | 88 % |

Source : MARCON, 2020.

33 L'article de Richard Nunno de l'EESI (2018) fait allusion aux trains qui parcourent de plus longues distances et non aux métros, tramways et monorails, bien entendu.

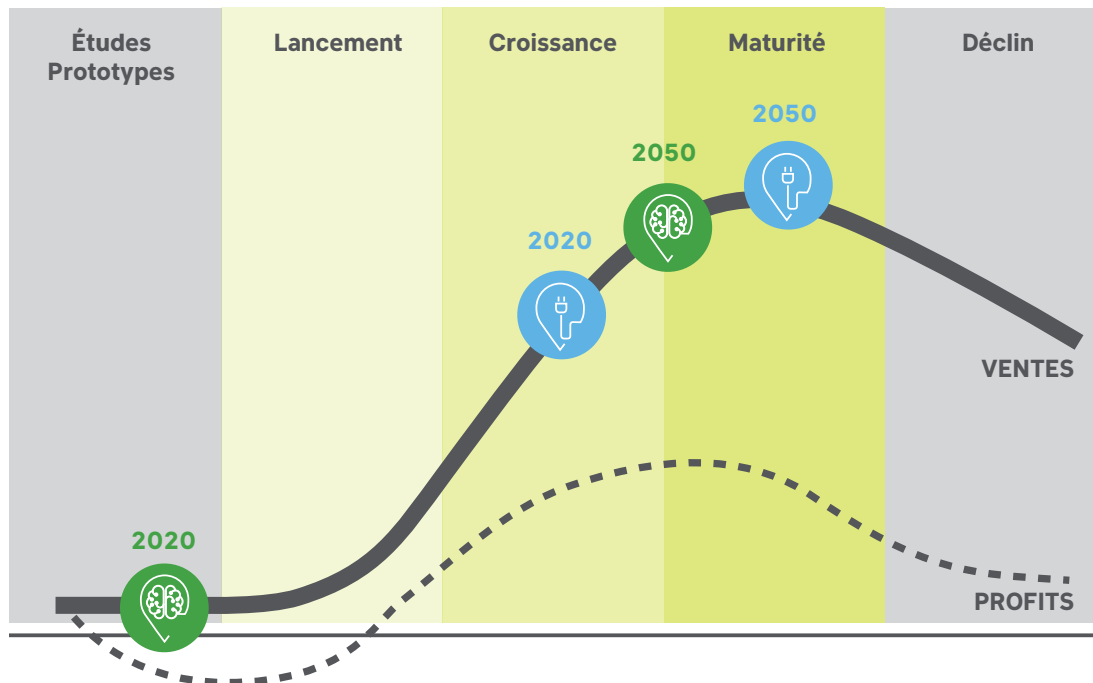
34 Selon l'article « Railroad electrification in the United States » de Wikipedia.org.



2.5. Impacts du scénario réaliste sur la chaîne de valeur

Les véhicules électriques et les véhicules intelligents ne sont pas au même stade de leur cycle de vie. Dans le cas des véhicules électriques, les véhicules légers sont en pleine phase de croissance avec une gamme de choix de plus en plus étendue et l'acceptation par de plus en plus d'acheteurs potentiels. Les véhicules de poids moyen sont en phase de lancement tandis que les véhicules lourds sont encore à l'étape des prototypes bêta. Dans le cas des véhicules intelligents (tels que définis au tableau 1), leur entrée significative sur le marché n'est pas envisageable avant les années 2030, sauf exception, car ils sont actuellement au stade de prototypes plus ou moins avancés. MARCON anticipe cependant que leur adoption sera plus rapide que celle des VÉ pour plusieurs raisons, notamment le manque de chauffeurs dans les secteurs commercial et industriel ainsi que les coûts élevés liés au besoin d'utiliser plusieurs chauffeurs par camion pour rentabiliser cet investissement. Enfin, la conquête du marché par les véhicules pour passagers sera accélérée par le détachement qu'affichent les générations depuis celle des milléniaux envers la voiture et leur confiance innée envers les nouvelles technologies.

DIAGRAMME 18 Cycle de vie des TEI



Légende :



Électriques



Intelligents

Source : MARCON, 2020.



En raison de cet écart de maturité entre les deux types de véhicules (électriques et intelligents), l'impact attendu sur leurs chaînes de valeur respectives se fera sentir à des moments différents. Par conséquent, l'impact de ces technologies n'a pas été calculé simultanément dans les résultats du chapitre suivant.

Il est par ailleurs difficile de prévoir comment le tissu industriel québécois réagira aux diverses occasions d'affaires que les TEI offriront. Le Québec a rapidement épousé la cause de l'électrification des transports parce que l'ensemble des acteurs en ont vite saisi les avantages dans le contexte québécois. Mis à part quelques autres foyers comme la Côte-Ouest du continent, le Sud-Est américain, l'Illinois, le Michigan et Washington (DC), les taux d'adoption des VÉ sont plus modestes malgré une tendance qui est positive. Le manque de choix parmi les camionnettes et les VUS (qui représentent présentement plus de 70 % des ventes de véhicules neufs en Amérique du Nord)³⁵ et l'absence de camions de poids moyen et lourd expliquent en très grande partie ce phénomène.

Une industrie se développe généralement en fonction de la disponibilité de ressources adéquates pour alimenter son tissu industriel. Les racines de cet écosystème se retrouvent dans les centres de recherche et les universités, pour croître vers les entreprises de création, de fabrication et de distribution. Enfin, l'écosystème rejoint les usagers individuels, institutionnels et commerciaux. Il importe donc d'examiner le potentiel que renferme l'écosystème de la chaîne de valeur pour chacun des types de véhicules, en débutant avec les véhicules électriques.

Du côté des véhicules légers, le Québec compte peu de fournisseurs de composantes spécifiques aux VÉ. Puisque l'infrastructure de fabrication des véhicules légers est concentrée en grande partie en Ontario, à Détroit et ailleurs aux États-Unis, les entreprises québécoises semblent peu intéressées par ce marché hautement concurrentiel. Le potentiel québécois à l'horizon 2050 semble donc très limité dans ce créneau, sauf si le Québec réussit à se classer parmi les chefs de file dans la fabrication de batteries et devient une source d'approvisionnement capable de concurrencer les Coréens (Samsung, LG, SK Innovations), les Chinois (BYD, A123, CATL), les Japonais (Panasonic, Sanyo), les Américains (Tesla, Clarios), les Allemands (Bosch) et les Britanniques (Johnson Matthey). Il est cependant incertain que les piles au lithium communes aujourd'hui continueront de dominer le marché.

En effet, MARCON anticipe que les piles au lithium seront remplacées par les batteries à électrolyte solide dès 2026.³⁶ Alors que Tesla a fait l'acquisition de Maxwell, un fabricant américain de supercondensateurs dans cette catégorie, elle développe aussi des batteries lithium-ion avancées avec l'aide de l'expert Jeff Dahn de l'Université Dalhousie. Ce dernier affirme avoir en laboratoire des piles lithium-ion qui peuvent surpasser les batteries à l'état solide.³⁷ Parmi les véhicules légers, le créneau des véhicules récréatifs représente un marché prometteur pour les fabricants de composantes, car les clients locaux peuvent servir de tremplin vers les marchés d'exportation. Certaines entreprises seront prêtes à suivre l'industrie des véhicules récréatifs dans son effort d'électrification futur.

Enfin, les marchés des véhicules moyens (particulièrement ceux à usage spécialisé) et lourds (camions et autobus) présentent aussi un potentiel intéressant. C'est ce que reflète la deuxième ligne du diagramme 19.

35 Desrosiers Automotive Consultants, Canadian Passenger Car and Light Truck Sales, décembre 2019.

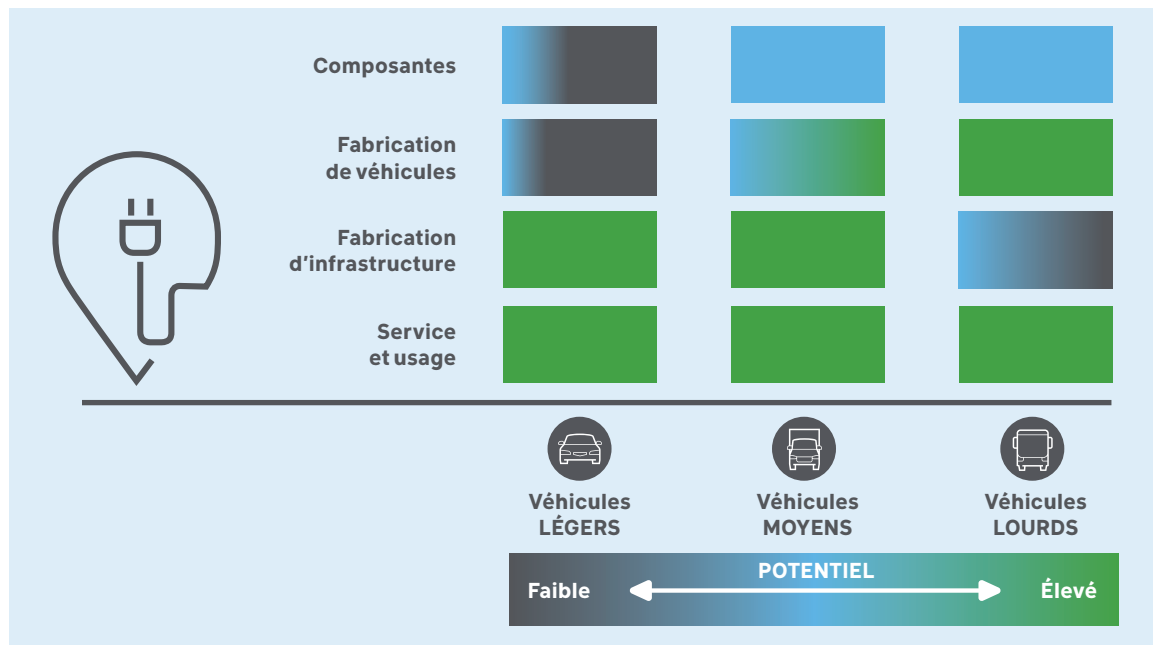
36 Selon un rapport d'analyse de la demande produit par ABI Research : Electric Vehicle Battery and Charging Technologies (2019)

37 Brian Wang, « Tesla Next Generation Lithium Batteries vs Solid State Batteries from Everyone Else », Next Big Future (en ligne), 14 août 2019.



DIAGRAMME 19

Le potentiel québécois dans l'industrie de l'électrification des transports



Source : MARCON, 2020.

Pour ce qui est de la fabrication de véhicules au Québec, son potentiel dans la catégorie des poids légers semble limité aux véhicules récréatifs et à quelques véhicules spécialisés (ex. : véhicules utilitaires). Pour les voitures, l'absence d'un tissu industriel propice et la forte concurrence de régions où la productivité est très élevée (généralement en raison de salaires très bas) ne laisse présager aucune percée québécoise.

Par ailleurs, le Québec se distingue dans plusieurs niches pour camions moyens en fournissant des véhicules spécialisés (ex. : ambulances, navettes, camions à nacelle, véhicules-outils) partout en Amérique et ailleurs dans le monde. Ce maillon de la chaîne renferme donc un meilleur potentiel que celui des véhicules légers.

Grâce aux assises déjà en place dans la catégorie des véhicules lourds (incluant les trains, métros, tramways et camions), c'est dans cette catégorie que MARCON anticipe les meilleurs résultats.

Il n'existe pas de véritable secteur du développement et du design de nouveaux véhicules en transport électrique au Québec. Certaines entreprises de design industriel comme Morelli Designers ont certes contribué au développement de véhicules dans le passé, tout comme l'ont fait l'Institut du véhicule innovant (IVI) et FP Innovations (FP), mais, dans la plupart des cas, les fabricants de véhicules disposent des ressources nécessaires à l'interne. Ainsi, les Lion, Bombardier, BRP et NovaBus possèdent leurs propres équipes dédiées au développement et au design de leurs propres véhicules.

La fabrication d'infrastructures pour véhicules légers et moyens est elle aussi bien ancrée au Québec et profitera des taux de pénétration de plus en plus élevés des VÉ en Amérique du Nord. Le déploiement adéquat des bornes de recharge demeure essentiel pour assurer aux propriétaires de véhicules électriques un réseau comparable à celui des stations-service pour essence disponibles partout. Le Québec compte déjà plusieurs fabricants de bornes de recharge, incluant AddÉnergie, Elmec et Bectrol. AddÉnergie et son réseau FLO connaissent beaucoup de succès à travers



l'Amérique du Nord. Seule ABB fabrique des bornes de recharge pour véhicules lourds au Québec, mais il semble que Bectrol offrira bientôt ce type de produit. Compte tenu de leur succès actuel, il est réaliste de croire que les entreprises québécoises bénéficieront des occasions qui se présenteront grâce à la popularité croissante des VÉ au cours des prochaines décennies.

Dans la catégorie des véhicules lourds, l'initiative du gouvernement du Québec d'électrifier le parc québécois d'autobus de transport collectif procure aux entreprises québécoises de ce secteur une occasion d'affaires intéressante. La recharge simultanée de grands parcs de véhicules lourds exige une gestion serrée de la demande électrique afin d'éviter des coûts élevés inutiles lors de très grands appels de puissance. Alors que les parcs de véhicules lourds (autobus urbains et scolaires, camions de livraison, etc.) se tournent vers les VÉ, cette expertise sera requise partout en Amérique du Nord pendant plusieurs années. Puisque le Québec compte parmi les premières régions à soutenir une telle initiative, les entreprises québécoises bénéficieront d'une expérience supérieure exportable.

TABLEAU 20 Comparaison internationale des parts des ventes annuelles des véhicules électriques, 2018-2019

| RÉGIONS | 2018 | 2019 |
|----------|---------|------|
| Norvège | 49,14 % | |
| Islande | 19,14 % | |
| Suède | 8,01 % | |
| Québec | n.d. % | 7 % |
| Hollande | 6,69 % | |
| Finlande | 4,74 % | |
| Chine | 4,44 % | |
| Portugal | 3,44 % | |
| Suisse | 3,18 % | |
| Autriche | 2,54 % | |

Sources : Statista (2020), Mobilité Électrique Canada (2019), Forum économique mondial (2019).

Enfin, le potentiel d'utilisation des véhicules de toutes catégories au Québec est excellent grâce aux facteurs suivants :

- ▶ L'électricité locale, propre et renouvelable à bas tarif;
- ▶ Le soutien financier du gouvernement pour l'électrification des transports;
- ▶ La loi VZÉ en vigueur au Québec;
- ▶ L'attitude générale de la population envers l'environnement.

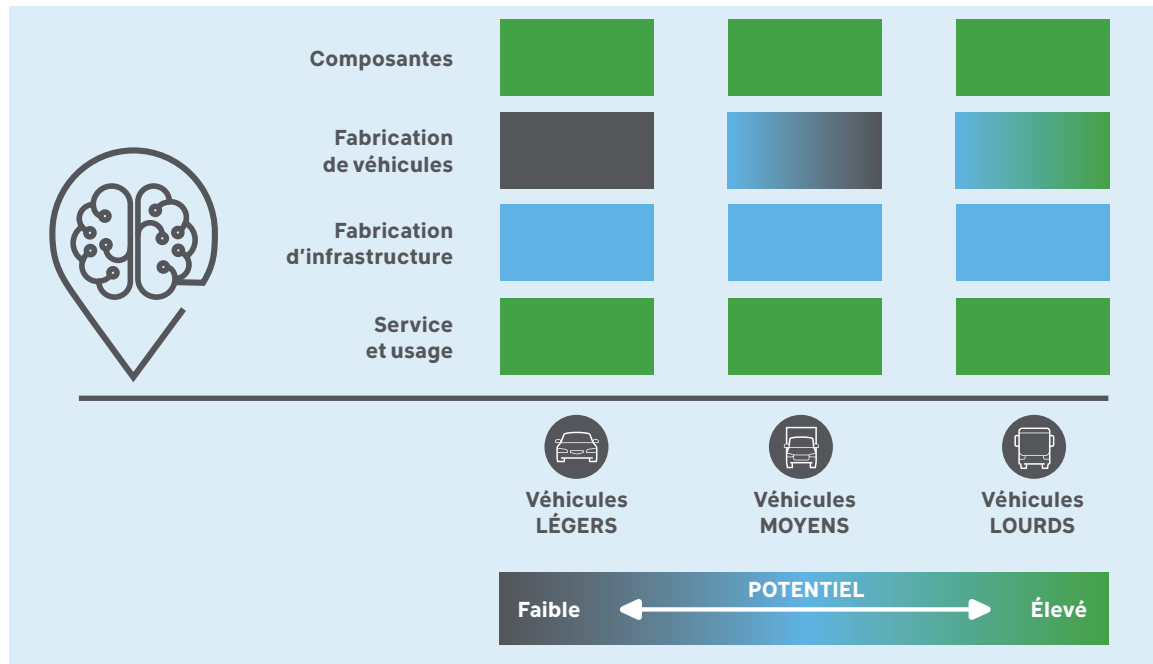
Les taux d'adoption de véhicules électriques au Québec sont parmi les plus élevés au monde et se sont traduits par 7 % des ventes de véhicules légers en 2019. Cela encouragera la mise en place de services d'entretien spécialisés pour les VÉ et la création de plusieurs emplois à cette fin.

Malgré les apparences, l'évaluation du potentiel que renferme le marché des véhicules intelligents est encore plus imprévisible en raison du stade peu avancé où se trouve présentement l'industrie.



Diagramme 20

Le potentiel québécois dans l'industrie de l'intelligence des transports



Source : MARCON, 2020.

Le haut niveau d'activité en recherche et développement en IA, jumelé à la présence du cinquième plus important hub de création de contenu informatique pour jeux vidéo³⁸ et celle de certaines entreprises technologiques de fine pointe dans le secteur de l'optique, laisse présager un grand potentiel pour le maillon des composantes de la chaîne de valeur des véhicules intelligents. La nature des technologies des composantes au Québec est largement constituée de propriété intellectuelle, de logiciels et d'applications, ce qui fait en sorte que ces technologies pourront aisément être exportées. Par ailleurs, les entreprises québécoises du domaine du LiDAR sont très bien placées pour conquérir une part de marché enviable dans toutes les catégories de véhicules.

Il appert toutefois que ce pôle d'attraction ne suffira vraisemblablement pas à attirer davantage de fabricants de véhicules légers. En dépit de ce qui a été avancé dans le cas des composantes et pour les mêmes raisons, le potentiel pour la fabrication de ces véhicules intelligents est identique à celui décrit pour les véhicules électriques. Pour la fabrication de véhicules intelligents de poids moyen et lourd, MARCON estime de manière conservatrice que le potentiel est proportionnel à la présence de fabricants de véhicules conventionnels au Québec. Le succès des fabricants locaux de composantes pourrait toutefois leur procurer un avantage concurrentiel sur les marchés nord-américains s'il existait une synergie efficace entre ces deux maillons de la chaîne de valeur.

La force et la notoriété du Québec dans le domaine de l'intelligence artificielle constituent une fondation sur laquelle pourrait s'appuyer la création d'une industrie de fournitures d'infrastructures pour véhicules connectés et intelligents. Afin de saisir cette importante occasion d'affaires, les parties prenantes de cette industrie en devenir devront rapidement se rapprocher des acteurs clés des secteurs académique et industriel.

MARCON estime que le potentiel pour l'adoption de véhicules intelligents légers est élevé au Québec pour les mêmes raisons qu'ailleurs en Amérique du Nord : le manque d'intérêt pour la conduite des jeunes et la pénurie de chauffeurs. Il sera d'ailleurs essentiel que le Québec adopte les véhicules autonomes le plus rapidement possible afin d'assurer sa compétitivité.



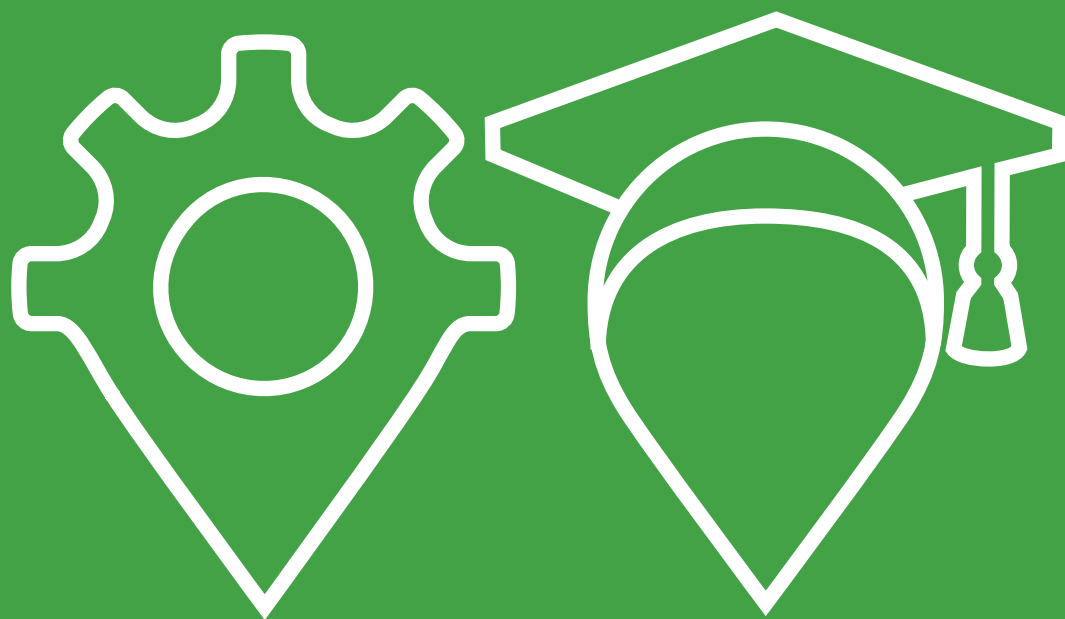
Pour ce qui est des véhicules lourds, les technologies d'automatisation feront peu à peu leur apparition sur le marché nord-américain et la transformation se fera de façon très progressive. MARCON n'anticipe pas l'arrivée des véhicules autonomes (voir la section 2.2) avant les années 2030. Lorsque ces véhicules auront fait leurs preuves, leur adoption devrait être relativement rapide par les propriétaires de grands parcs qui souffrent eux aussi de la pénurie générale de main-d'œuvre, en particulier d'opérateurs de véhicules lourds.

Pour le moment, aucun consensus n'existe concernant l'infrastructure nécessaire pour supporter le déploiement et la navigation fluide des véhicules intelligents. Il est donc difficile de prévoir la place qu'occuperont les entreprises québécoises dans ce créneau. Ce qui est clair est que l'adoption du véhicule autonome nécessitera un nouvel environnement dans le monde du véhicule, où l'expérience des passagers sera au cœur du trajet de mobilité. L'expérience des passagers, les interfaces véhiculaire et extravéhiculaire, les infrastructures numérique et technologique et la gestion des déplacements nécessitent de fortes compétences en intelligence artificielle et en analyse des données. Au Québec, les compétences en IA et en logiciels ainsi que l'électricité propre et abondante (pour les centres de données) contribueront à faire de la province un pilier de la création d'algorithmes de fonctionnement, d'expérience des passagers et de gestion optimale des flottes de véhicules.

Il est encore bien tôt pour prévoir les besoins en matière de service et d'entretien des véhicules intelligents puisque, de l'avis de MARCON, ils ne feront leur entrée commerciale qu'après 2030. Comme l'introduction des technologies pour véhicules intelligents est progressive, les besoins d'entretien se feront sentir graduellement et les entreprises qui font déjà l'entretien des véhicules conventionnels se doteront des ressources nécessaires pour le faire. Il s'agira donc d'une adaptation continue des entreprises existantes.

En conclusion, toutes choses étant égales par ailleurs, les maillons de la chaîne de valeur qui présentent le plus fort potentiel devraient connaître les plus grands impacts positifs en termes absolus. Cette situation pourrait encore s'améliorer s'il y avait une vision et une volonté gouvernementales soutenues pour développer d'autres possibilités, particulièrement pour les véhicules intelligents de poids moyen et lourd.³⁹

Bien sûr, si le Québec échoue à conserver ses entreprises et que celles-ci passent aux mains d'investisseurs étrangers, il est difficile de prédire si les nouveaux propriétaires continueront d'investir au Québec.



3

Portrait de la
situation actuelle
de la main-d'œuvre



La présente section brosse un portrait de la situation relative à la main-d'œuvre et aux transports électriques et intelligents :

- ▶ Les professions concernées et celles considérées prioritaires par les entreprises;
- ▶ L'estimation du nombre actuel d'emplois par profession dans l'industrie des transports électriques et intelligents;
- ▶ Les compétences recherchées pour les professions prioritaires en comparaison de l'offre de formation spécifique aux transports électriques et intelligents;
- ▶ Les besoins en main-d'œuvre au Québec par rapport à sa disponibilité;
- ▶ Les secteurs de l'industrie plus vulnérables aux difficultés de recrutement.

3.1 Les professions (codes CNP) concernées

La Classification nationale des professions (CNP), développée par Statistique Canada et Emploi et Développement social Canada (EDSC), répertorie et identifie quelques 30 000 codes CNP correspondant chacun à une profession.⁴⁰ Cette classification a été utilisée afin de cataloguer les professions directement concernées par le déploiement des transports électriques et intelligents au Québec. En appui à cet exercice, MARCON a effectué une revue documentaire visant à identifier les informations pertinentes relativement aux besoins en main-d'œuvre engendrés au Québec par l'électrification et l'automatisation des transports.⁴¹ MARCON a complété en mettant à contribution sa connaissance approfondie de cette industrie.

Au terme de cet exercice, MARCON a identifié 50 professions directement concernées par les transports électriques et intelligents.⁴² MARCON estime que près de 14 200 emplois au Québec sont concernés en partie ou en totalité par les transports électriques et intelligents, incluant environ 2200 emplois qui se rapportent aux professions (codes CNP) prioritaires de l'industrie.

Le tableau 21 les répertorie et fournit une estimation du nombre actuel d'emplois au Québec pour chacune d'entre elles. Les professions considérées prioritaires par les entreprises consultées sont identifiées en vert et sont présentées en détail à la section 3.2.

40 Statistique Canada. Classification nationale des professions (CNP), 2016, Version 1.1 (en ligne), consulté le 15 février 2018.


41 La liste des ouvrages consultés se retrouve à l'annexe IX.

42 Les définitions officielles de la CNP se retrouvent à l'annexe V.



Tableau 21 Estimation du nombre d'emplois en lien avec le déploiement des transports électriques et intelligents au Québec, 2019

| | | | Part des emplois concernés par les TEI ^{e2} | |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------------------------|--------|
| Code CNP | Grandes catégories professionnelles et libellés des codes CNP | Tous les emplois ^{e1} | % | Nombre |
| 0 | Gestion | | | |
| 0412 | Gestionnaires de la fonction publique ⁱ | 1809 | 15 % | 271 |
| 0731 | Directeurs des transports | 6851 | 5 % | 343 |
| 1 | Affaires, finance et administration | | | |
| 1313 | Assureurs | 2614 | 20 % | 523 |
| 1525 | Répartiteurs | 8753 | 1 % | 88 |
| 1526 | Horairistes de trajets et d'équipages | 1598 | 1 % | 16 |
| 2 | Sciences naturelles et appliquées et domaines apparentés | | | |
| 2133 | Ingénieurs électriciens et électroniciens | 9387 | 5 % | 469 |
| | Ingénieurs en fiabilité (<i>inclus dans le code CNP 2133</i>) | Inclus | | |
| | Ingénieurs de systèmes avancés d'assistance et d'aide à la conduite (<i>inclus dans le code CNP 2133, mais non mentionné spécifiquement</i>) | 50 | | |
| | Ingénieurs d'opérabilité (<i>inclus dans le code CNP 2133</i>) | Inclus | | |
| 2134 | Ingénieurs chimistes | 1928 | 5 % | 96 |
| 2153 | Urbanistes et planificateurs de l'utilisation des sols | 1845 | 5 % | 92 |
| 2172 | Analystes de bases de données et administrateurs ⁱⁱ | 5103 | 1 % | 51 |
| 2173 | Ingénieurs et concepteurs en logiciel | 7124 | 5 % | 356 |
| | Ingénieurs en traitement de l'image (<i>inclus dans le code CNP 2173</i>) | Inclus | | |
| | Ingénieurs en optique (<i>inclus dans le code CNP 2173</i>) | Inclus | | |
| | Ingénieurs en intelligence artificielle (<i>inclus dans le code CNP 2173</i>) | Inclus | | |
| 2174 | Programmeurs et développeurs en médias interactifs | 29 657 | 1 % | 297 |
| 2211 | Technologues et techniciens en chimie | 6253 | 5 % | 313 |
| 2241 | Technologues et techniciens en génie électronique et électrique | 12 470 | 5 % | 623 |
| 2253 | Technologues et techniciens en dessin ⁱⁱⁱ | 8135 | 2,5 % | 207 |
| 2262 | Inspecteurs d'ingénierie et officiers de réglementation | 1407 | 1 % | 14 |
| 2281 | Techniciens de réseau informatique | 19 584 | 2 % | 392 |
| 2283 | Évaluateurs de systèmes informatiques | 2583 | 1 % | 26 |
| n.d. | Techniciens en bornes de recharge | 200 | 100 % | 200 |



| | | | Part des emplois concernés par les TEI ^{e2} | |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------|---------|------------------------------------------------------|------|
| 4 | Enseignement, droit et services sociaux, communautaires et gouvernementaux | | | |
| 4216 | Autres instructeurs | 4511 | 1 % | 45 |
| 6 | Ventes et services | | | |
| 6221 | Spécialistes des ventes techniques – commerce de gros | 13 666 | 1 % | 137 |
| 6222 | Acheteurs des commerces de détail et de gros | 7068 | 1 % | 71 |
| 6231 | Agents et courtiers d'assurance | 15 877 | 15 % | 2382 |
| 6421 | Vendeurs – commerce de détail | 157 496 | 0,6 % | 928 |
| 7 | Métiers, transport, machinerie et domaines apparentés | | | |
| 7202 | Entrepreneurs et contremaîtres en électricité et en télécommunications | 4026 | 15 % | 604 |
| 7241 | Électriciens (sauf électriciens industriels et de réseaux électriques) | 16 625 | 1 % | 166 |
| 7243 | Électriciens de réseaux électriques | 1928 | 1 % | 19 |
| 7244 | Monteurs de lignes électriques et de câbles | 2562 | 1 % | 26 |
| 7245 | Monteurs de lignes et de câbles de télécommunications | 1598 | 0,5 % | 8 |
| 7246 | Installateurs et réparateurs de matériel de télécommunications | 9552 | 0,5 % | 48 |
| 7301 | Entrepreneurs et contremaîtres en mécanique | 7774 | 5 % | 389 |
| 7302 | Entrepreneurs et contremaîtres des équipes d'opérateurs d'équipement lourd | 7346 | 0,3 % | 22 |
| 7305 | Surveillants du transport routier et du transport en commun | 1443 | 5 % | 72 |
| 7321 | Mécaniciens et réparateurs de véhicules automobiles, de camions et d'autobus | 38 353 | 0,5 % | 192 |
| 7322 | Débosselleurs et réparateurs de carrosserie | 7428 | 2 % | 149 |
| 7333 | Électromécaniciens | 7021 | 0,4 % | 28 |
| 7334 | Mécaniciens de motocyclettes, de véhicules tout-terrain et personnel mécanicien assimilé | 1428 | 0,7 % | 10 |
| 7511 | Conducteurs de camions de transport | 67 628 | 0,01 % | 7 |
| 7512 | Conducteurs d'autobus et opérateurs de métro et autres transports en commun | 23 167 | 1 % | 232 |
| 7513 | Chauffeurs de taxi, chauffeurs de limousine et chauffeurs | 12 439 | 8 % | 995 |
| 7514 | Chauffeurs-livreurs – services de livraison et de messagerie | 32 059 | 2 % | 641 |
| 7521 | Conducteurs d'équipement lourd (sauf les grues) | 18 171 | 0,01 % | 2 |
| 7522 | Conducteurs de machinerie d'entretien public et personnel assimilé | 7289 | 0,01 % | 1 |



| | | | Part des emplois concernés par les TEI ^{e2} | |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------------------------------------------------------|---------------|
| 9 | Fabrication et service d'utilité publique | | | |
| 9221 | Surveillants dans la fabrication de véhicules automobiles | 479 | 15 % | 72 |
| 9222 | Surveillants dans la fabrication de matériel électronique | 412 | 2 % | 8 |
| 9223 | Surveillants dans la fabrication d'appareils électriques | 397 | 2 % | 8 |
| 9226 | Surveillants dans la fabrication d'autres produits métalliques et de pièces mécaniques | 1510 | 2 % | 30 |
| 9522 | Assembleurs, contrôleurs et vérificateurs de véhicules automobiles | 2407 | 2 % | 48 |
| 9523 | Assembleurs, monteurs, contrôleurs et vérificateurs de matériel électronique | 4547 | 20 % | 909 |
| 9524 | Monteurs et contrôleurs dans la fabrication de matériel, d'appareils et d'accessoires électriques | 2758 | 55 % | 1517 |
| Total | | 606 316 | 2,3 % | 14 143 |

Source : MARCON, 2020.

Les professions prioritaires pour l'industrie des TEI.

- e* Estimés réalisés par MARCON, 2020.
- e1* Nombre total d'emplois en 2019 : cette estimation s'appuie sur les déclarations des Québécoises et des Québécois concernant l'emploi occupé en décembre 2015, lors du recensement de 2016 de Statistique Canada.⁴³ Ces données ont ensuite été multipliées par un facteur de pondération de 3,1 %, qui correspond à la croissance globale de la population active en emploi au Québec entre 2015 et 2019.⁴⁴ Dans le cas des professions où il n'a pas été possible d'établir un code CNP, le nombre a été estimé selon le nombre d'employeurs potentiels au Québec.
- e2* Part des emplois liés aux transports électriques et intelligents : les pourcentages correspondent à la part des emplois de chaque code CNP concerné par les transports électriques et intelligents. L'estimation réalisée par les professionnels de MARCON dans le cadre de l'étude se fonde sur l'information recueillie grâce à une revue générale de la littérature et à une enquête menée auprès d'experts. Ces données ont été soumises aux membres du comité de pilotage de l'étude pour commentaires et questions.
- i* Tâches d'analyse économique, élaboration de politiques et administration de programmes.
- ii* Incluant les analystes de mégadonnées.
- iii* Incluant les techniciens dessinateurs et concepteurs de harnais électriques.
- n.d.* Non déterminé, code CNP non établi : profession ou métier en émergence

Ce tableau montre que pour la plupart des professions, seulement une très petite part de la main-d'œuvre est concernée par l'électrification et l'automatisation des transports. C'est également le cas pour les professions considérées prioritaires au développement de l'industrie.

⁴³ Statistique Canada, Recensement de la population 2016, tableau 98-400-X2016355, juin 2019.

⁴⁴ Statistique Canada, Enquête sur la population active, décembre 2015 et octobre 2019.

3.2 Les professions (codes CNP) prioritaires

Dans le cadre de l'étude, 27 entreprises et 8 organisations connexes⁴⁵ ont été consultées au sujet des professions jugées prioritaires au déploiement des transports électriques et intelligents à l'horizon 2030.

Le tableau 22 permet de distinguer 8 professions jugées prioritaires.⁴⁶

Tableau 22 Les professions (codes CNP) prioritaires au déploiement des transports électriques et intelligents à l'horizon 2030

| Code CNP | Grandes catégories professionnelles et libellés des codes CNP |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2 | Sciences naturelles et appliquées et domaines apparentés |
| 2133 | Ingénieurs électriciens et électroniciens |
| | Ingénieurs en fiabilité (<i>inclus dans le code CNP 2133</i>) |
| | Ingénieurs de systèmes avancés d'assistance et d'aide à la conduite (<i>inclus dans le code CNP 2133, mais non mentionné spécifiquement</i>) |
| | Ingénieurs d'opérabilité (<i>inclus dans le code CNP 2133</i>) |
| 2172 | Analystes de bases de données et administrateurs ⁱ |
| 2173 | Ingénieurs et concepteurs en logiciel |
| | Ingénieurs en traitement de l'image (<i>inclus dans le code CNP 2173</i>) pour VI |
| | Ingénieurs en optique (<i>inclus dans le code CNP 2173</i>) pour VI |
| | Ingénieurs en intelligence artificielle (<i>inclus dans le code CNP 2173</i>) pour VI |
| 2174 | Programmeurs et développeurs en médias interactifs pour VI |
| 2241 | Technologues et techniciens en génie électronique et électrique |
| 6 | Ventes et services |
| 6221 | Spécialistes des ventes techniques – commerce de gros |
| 7 | Métiers, transport, machinerie et domaines apparentés |
| 7321 | Mécaniciens et réparateurs de véhicules automobiles, de camions et d'autobus pour VÉ |
| 7333 | Électromécaniciens |

 Professions prioritaires

ⁱ Incluant les analystes de mégadonnées

n.d. non déterminé, profession ou métier en émergence

VÉ véhicules électriques seulement

VI véhicules intelligents seulement

⁴⁵ Incluant les écoles, comités paritaire, syndicats, centres de recherche et consultants.

⁴⁶ Bien que moins centrales au déploiement de l'électrification et de l'automatisation des transports, les professions suivantes ont aussi été mentionnées : ingénieurs mécaniciens (CNP 2132), ingénieurs informaticiens (CNP 2147) et conducteurs d'autobus et opérateurs de métro et autres transports en commun (CNP 7512).



Comme le montre le tableau, différents postes sont rattachés aux codes CNP 2133 et 2173. Ainsi, les postes qui suivent sont rattachés aux ingénieurs électriciens et électroniciens (CNP 2133).

- ▶ **Ingénieurs en fiabilité** : ces ingénieurs électriciens se spécialisent dans les analyses et les tests relatifs à un système de transport en commun et de ses différentes parties constituantes électriques.
- ▶ **Ingénieurs de systèmes avancés d'assistance et d'aide à la conduite** : ces ingénieurs électriciens ont une vision globale du véhicule et de son infrastructure et assurent l'interaction entre les différentes fonctions.

De même, les postes qui suivent, regroupés avec les ingénieurs et concepteurs en logiciels (CNP 2173), sont également spécifiques aux véhicules intelligents.

- ▶ **Ingénieurs en traitement de l'image** : ces ingénieurs sont spécialisés en vision et design optique. Ils ont recours à des algorithmes et à l'intelligence artificielle pour analyser de grandes quantités de pixels tirées d'images générées par des capteurs et pour les traduire en informations utiles au véhicule autonome.
- ▶ **Ingénieurs en optique** : ces ingénieurs sont des experts du design de l'optique. À l'aide d'outils informatiques de conception optique, ils réalisent des simulations en vue de valider les spécifications de technologies optiques des véhicules autonomes, comme les capteurs LiDAR ou la vision intelligente grand-angle.
- ▶ **Ingénieurs en intelligence artificielle** : ces ingénieurs sont spécialisés en recherche et développement d'algorithmes adaptés à des applications de conduite autonome, incluant la communication entre véhicules et avec leur environnement.

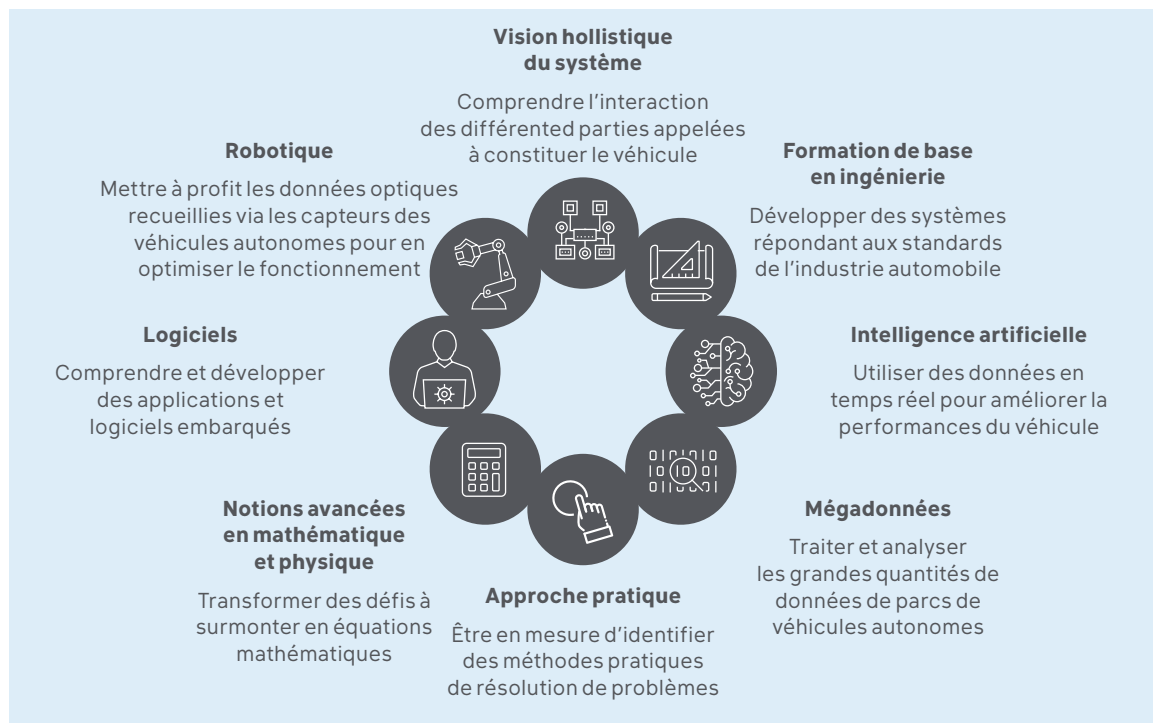
Parmi les professions identifiées au tableau 22, tous les ingénieurs, analystes de bases de données, programmeurs et spécialistes des ventes techniques ressortent du lot; ils sont considérés comme hautement prioritaires par les entreprises manufacturières. Ceci tient à leur rôle clé dans la création de valeur des entreprises.

En complément, les mécaniciens et réparateurs de véhicules automobiles, de camions et d'autobus (CNP 7321) concernent uniquement les entreprises de services et les gestionnaires de parcs de véhicules.

3.3 Formation et compétences recherchées pour les professions prioritaires

Le passage aux véhicules électriques et plus particulièrement aux véhicules autonomes force l'industrie des TEI à intégrer des savoir-faire et des compétences nouvelles : robotique, intelligence artificielle, mégadonnées, etc. Le diagramme 21, adapté de BCG,⁴⁷ fournit une vue d'ensemble des compétences requises par l'industrie des TEI pour réaliser les étapes de la conception et du développement des véhicules et des sous-produits.

Diagramme 2 Les compétences clés requises par l'industrie des TEI



Adapté de BCG



Dans ce contexte, on demande aux ingénieurs d'être plus polyvalents et de maîtriser ces différentes compétences. Cette nouvelle réalité a été confirmée auprès des entreprises consultées, comme en témoignent les exigences communiquées au chapitre de la formation et des compétences requises à l'embauche.

Ingénieurs électriciens et électroniciens (CNP 2133)

Les ingénieurs électriciens interviennent dans la conception et le développement des véhicules électriques, de leurs composantes et des sous-produits électriques.

Un baccalauréat en génie électrique ou électronique est habituellement exigé pour accéder à la profession. Certaines spécialisations peuvent être demandées (ex. : mécatronique, mécanique).

Les compétences clés suivantes sont recherchées :

- ▶ Capable de développer et de concevoir des plans électriques du véhicule et de son infrastructure connexe (lorsqu'applicable);
- ▶ Être familiarisé avec les systèmes embarqués et la programmation de leurs logiciels de contrôle;
- ▶ Connaître l'électronique de puissance;
- ▶ Pouvoir travailler avec plusieurs outils de conception (ex. : IPlan, SolidWorks, RapidHarness, Excel);
- ▶ Être en mesure de concevoir, de tester et de gérer la télémétrie via un réseau cellulaire de télécommunications.

Lors des entrevues, les compétences spécifiques aux postes qui suivent (rattachés au CNP 2133) ont aussi été identifiées.

- ▶ **Ingénieurs en fiabilité** : être capable d'effectuer des analyses et des tests relatifs à la fiabilité du système et des outils.
- ▶ **Ingénieurs de systèmes avancés d'assistance et d'aide à la conduite** : pouvoir concevoir des systèmes embarqués (ex. : systèmes qui améliorent la conduite ou facilitent le stationnement) en ayant une vision d'ensemble du produit, incluant le logiciel et la structure ou la carrosserie.
- ▶ **Ingénieurs fonctionnels** : être capable de faire le design et l'intégration de produits; pouvoir calculer les charges et le stress structurel causé au véhicule en fonction des différents paramètres, telles la vitesse et la chaleur au freinage.



Analystes de bases de données et administrateurs (CNP 2172)

Les analystes de bases de données sont responsables de concevoir et d'élaborer l'architecture de l'outil informatique utilisé aux fins du traitement des mégadonnées générées par les véhicules électriques et intelligents.

De façon générale, un baccalauréat en mathématique, en statistique ou en informatique constitue un préalable à l'exercice de cette profession. Une formation en ingénierie peut aussi être considérée. Certaines des entreprises consultées expriment une préférence pour les candidats détenant une maîtrise ou un doctorat en mathématique.

Les compétences clés suivantes sont recherchées :

- ▶ Être en mesure de concevoir et d'élaborer l'architecture d'outils informatiques de traitement de mégadonnées;
- ▶ Pouvoir mener des analyses statistiques;
- ▶ Connaître plusieurs langages de programmation (ex. : Python, ML, R);
- ▶ Pouvoir mettre l'intelligence artificielle à contribution pour automatiser le traitement et l'analyse de données opérationnelles.

Ingénieurs et concepteurs en logiciel (CNP 2173)

Les ingénieurs et concepteurs en logiciel interviennent dans le développement et la mise à l'essai d'applications logicielles pour systèmes embarqués. Les entreprises cherchent des concepteurs généralistes capables d'intervenir dans différents environnements.

Un baccalauréat en génie du logiciel est habituellement exigé pour accéder à la profession. D'autres formations peuvent aussi être considérées, comme le baccalauréat en génie électrique avec une spécialisation en logiciel embarqué ou le diplôme d'études collégiales en technique de l'informatique avec le profil en génie logiciel.

Les compétences clés suivantes sont recherchées :

- ▶ Connaître les normes automobiles;
- ▶ Comprendre l'architecture infonuagique (ex. : Dot.net, Javascript HTML);
- ▶ Être capable de travailler une application et de comprendre l'interface utilisateur;
- ▶ Être en mesure d'élaborer l'architecture et le codage de logiciels embarqués;
- ▶ Connaître l'architecture logicielle AUTOSAR;
- ▶ Connaître plusieurs langages de programmation (ex. : C++, C, Linux, Python, Matlab, NumPy, GPU, DSP).



Les formations et compétences spécifiques aux postes qui suivent (rattachés au CNP 2173) ont aussi été identifiées.

- ▶ **Ingénieurs en traitement de l'image** : une formation en conception de logiciels de vision est requise⁴⁸ pour ces ingénieurs doivent être en mesure d'analyser les pixels et images générés par des capteurs (ex. : LiDAR) à l'aide d'algorithmes et de l'intelligence artificielle.
- ▶ **Ingénieurs en optique** : une formation de niveau doctoral en optique photonique et des compétences approfondies en design optique et en réalisation de simulations à l'aide de technologies optiques (ex. : capteurs LiDar, vision intelligente grand-angle) sont requises pour ce poste.
- ▶ **Ingénieurs en intelligence artificielle** : un baccalauréat en génie logiciel, en informatique ou en mathématique est nécessaire pour ce poste. Les candidats doivent être capables de développer et d'implanter des algorithmes d'intelligence artificielle pour des applications relatives à la conduite autonome (ex. : communication entre véhicules et avec l'infrastructure environnante). Connaître la norme SOTIF (ISO/PAS 21448) et la norme automobile ISI 26262 est requis.

Programmeurs et développeurs en médias interactifs (CNP 2174)

Les programmeurs et développeurs en médias interactifs développent et mettent à l'essai des applications logicielles. Un baccalauréat en informatique permet d'accéder à la profession.

Les compétences clés suivantes sont habituellement recherchées :

- ▶ Connaître plusieurs langages informatiques aux fins de la programmation informatique;
- ▶ Être familiarisé avec les programmes informatiques reliés à la sécurité des données;
- ▶ Pouvoir faire de la programmation en temps réel;
- ▶ Être en mesure de contrôler la qualité en lien avec la sécurité informatique;
- ▶ Disposer d'une capacité à apprendre rapidement de nouveaux programmes informatiques.

Technologues et techniciens en génie électronique et électrique (CNP 2241)

Les technologues et techniciens en génie électronique et électrique sont mis à contribution pour le soutien technique et le dépannage auprès des clients.

Un diplôme d'études collégiales en systèmes ordonnés, un cours en sécurité électrique et un autre sur la communication efficace avec le client sont requis pour accéder à cette profession.

Les compétences clés suivantes sont recherchées :

- ▶ Pouvoir mener un diagnostic en matière de réseautage, d'électricité et d'électronique;
- ▶ Être en mesure de compléter des tests de déverminage;
- ▶ Connaître les pratiques de sécurité dans un environnement électrique à haute tension;
- ▶ Connaître les moteurs électriques de basse tension;
- ▶ Être habile à vulgariser et transmettre l'information au client.

Spécialistes des ventes techniques – commerce de gros (CNP 6221)

Les entreprises consultées confirment une nette préférence pour des candidats ayant complété un baccalauréat en ingénierie. Ceci tient au niveau de technicité des véhicules électriques et intelligents, des bornes de recharge et de leurs composantes et sous-produits respectifs. Une formation en vente est également souhaitable.

Les compétences clés suivantes sont recherchées :

- ▶ Avoir des connaissances de base en électricité et sur les types de bornes de recharge;
- ▶ Connaître les véhicules électriques, autonomes et intelligents, les technologies connexes et les marchés de ces produits;
- ▶ Faire preuve de compétence humaine (savoir-être);
- ▶ Avoir des compétences en gestion des ventes (connaître les logiciels de gestion de la relation client et des entonnoirs de vente);
- ▶ Être habile en représentation des affaires;
- ▶ Être capable de développer des solutions en réponse aux besoins des clients;
- ▶ Avoir un bon réseau de contacts.

Mécaniciens et réparateurs d'automobiles, de camions et d'autobus (CNP 7321)

Les mécaniciens et réparateurs de véhicules automobiles, de camions et d'autobus sont appelés à poser un diagnostic sur des problèmes mécaniques et électriques d'un véhicule et à entreprendre les travaux de réparation et de maintenance applicables.

Le diplôme d'études professionnelles (DEP) en mécanique automobile est exigé par les concessionnaires automobiles pour le poste de mécanicien. Les sociétés de transport en commun interrogées exigent quant à elles le DEP en mécanique de véhicules routiers lourds pour le poste de mécanicien.

Dans les deux cas, les compétences clés suivantes sont recherchées :

- ▶ Connaître le fonctionnement des véhicules électriques;
- ▶ Pouvoir faire le diagnostic de problèmes, la réparation et le remplacement des pièces et la validation des réparations effectuées.

De même, le besoin de développer de meilleures connaissances en programmation, en électronique, en électricité et en estimation a été souligné dans le diagnostic sectoriel le plus récent du Comité sectoriel de main-d'œuvre des services automobiles (CSMO-Auto).⁴⁹

49 Comité sectoriel de main-d'œuvre des services automobiles (CSMO-Auto), Diagnostic sectoriel de l'industrie des services automobiles, décembre 2017, 243 pages.



Électromécaniciens (CNP 7333)

Les électromécaniciens peuvent être appelés à intervenir dans la fabrication de matériel, d'appareils et de composantes électriques ou de matériel de transport. Ils peuvent également œuvrer à la réparation des composantes électriques des véhicules automobiles, de camions et d'autobus.

Les candidats doivent avoir complété un DEP en électromécanique de systèmes automatisés. Les compétences clés suivantes sont recherchées :

- ▶ Savoir utiliser des outils informatiques pour interroger un véhicule automobile;
- ▶ Faire preuve d'autonomie;
- ▶ Pouvoir mettre en œuvre les correctifs nécessaires.





3.4 Formation intégrant un contenu spécifique aux TEI

3.4.1 L'offre de formation initiale

Cette section recense l'offre de formation initiale offerte au Québec en lien avec les véhicules électriques, les bornes de recharge et les véhicules intelligents. Le tableau 23 dresse la liste des programmes d'études de niveaux technique et professionnel du ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur du Québec (MEES) qui ont été examinés.

TABLEAU 23 Programmes québécois de formation initiale

| Diplôme d'études collégiales (DEC) ⁱ |
|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Spécialisation en mégadonnées et intelligence d'affaires (Big Data et BI) (LEA.C00) |
| Spécialisation technique en intelligence artificielle (LEA.D1) |
| Technologie des véhicules électriques (ELC.1A) |
| Techniques de génie mécanique (241.A0) |
| Techniques de génie de la plasturgie (241.B0) |
| Techniques de transformation des matériaux composites (241.C0) |
| Technologie de systèmes ordonnés (243.A0) |
| Techniques de l'électronique (243.B0) |
| Techniques de l'informatique – Informatique de gestion (420.B0) |
| Technologie de l'électronique industrielle (243.C0) |
| Technologie du génie physique (244.A0) |
| Diplôme d'études professionnelles (DEP) ⁱⁱ |
| Mécanique de véhicules électriques (AEP 4246) |
| Mécanique de véhicules légers (DEP 5154) |
| Mécanique de motocyclettes (DEP 5232) |
| Mécanique industrielle de construction et d'entretien (DEP 5260) |
| Montage de câbles et de circuits (DEP 5269) |
| Électromécanique de systèmes automatisés (DEP 5281) |
| Électricité (DEP 5295) |
| Mécanique automobile (DEP 5298) |
| Mécanique de véhicules lourds routiers (DEP 5330) |
| Représentation (ASP 5323) |
| Mécanique spécialisée d'équipement lourd (ASP 5353) |

Source : MARCON, 2020.

ⁱ incluant l'attestation d'études collégiales (AEC)

ⁱⁱ incluant l'attestation d'études professionnelles (AEP) et l'attestation de spécialisation professionnelle (ASP)



Parmi ces programmes de formation initiale, une minorité fait explicitement référence aux transports électriques et intelligents. Le tableau 24 met en lumière les programmes où un contenu spécifique aux véhicules électriques et intelligents est offert ou à venir.

Tableau 24 Offre de formation initiale spécifique aux TEI au Québec, par établissement d'enseignement postsecondaire et par programme

| Établissements et programmes | Offre de formation initiale spécifique aux TEI |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>École des métiers de l'équipement motorisé de Montréal (EMEMM) et</p> <p>Commission scolaire Riverside</p> <p>AEP 4246 Mécanique de véhicules électriques (645 heures)</p> | <p>Programme qui prépare à la profession de mécanicien de véhicules électriques ou à propulsion hybride, tant pour l'entretien et la réparation des systèmes électriques et électromécaniques</p> <p>Profession visée : mécaniciens et réparateurs de véhicules automobiles, de camions et d'autobus (CNP 7321).</p> |
| <p>Cégep de Saint-Jérôme / Le Groupe Collegia⁵⁰</p> <p>AEC ELC.1A Technologie des véhicules électriques (675 heures)</p> | <p>Programme à l'intention des détenteurs d'une AEC ou d'un DEP en électronique, en mécanique ou en électricité sur les véhicules électriques (électromécanique, électronique industrielle, systèmes de propulsion électrique et leurs composantes). Comprend l'acquisition de compétences liées aux suivis et contrôles sur le véhicule avant sa mise en service.</p> <p>Profession visée : mécaniciens et réparateurs de véhicules automobiles, de camions et d'autobus (CNP 7321).</p> |
| <p>CFP Pavillon-de-l'Avenir,</p> <p>CFP de Sept-Îles,</p> <p>CFP 24-Juin,</p> <p>CFP Paul-Gérin-Lajoie et</p> <p>Centre de formation en mécanique de véhicules lourds</p> <p>ASP 5353 Mécanique spécialisée d'équipement lourd</p> | <p>Programme qui prépare à la profession de mécanicien d'équipement lourd. Comprend une compétence liée au fonctionnement de systèmes hybrides de gestion de l'énergie.</p> <p>Profession visée : mécaniciens et réparateurs de véhicules automobiles, de camions et d'autobus (CNP 7321).</p> |
| <p>École des métiers de l'aérospatiale de Montréal (EMAM)</p> <p>DEP 5269 Montage de câbles et de circuits</p> | <p>Présentement en révision au MTESS, programme d'études incluant les secteurs des transports aérospatial et terrestre (train, métro, ambulance et autobus). Comprend un volet en optique et en photonique intégrant des compétences de lecture de plans et de manuels, d'examen du fonctionnement d'un circuit optique-photonique et de l'entretien mineur de ses composantes.</p> <p>Profession visée : assembleurs, contrôleurs et vérificateurs de véhicules de matériel électronique (CNP 9523); monteurs et contrôleurs dans la fabrication de matériel, d'appareils et d'accessoires électriques (CNP 9524).</p> |

50 Le Groupe Collegia est un consortium des services de formation continue du Cégep de la Gaspésie et des Îles, du Cégep de Matane et du Cégep de Rivière-du-Loup.



3-Portrait de la situation actuelle de la main-d'œuvre

| Établissements et programmes | Offre de formation initiale spécifique aux TEI |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>12 centres de formation professionnelle⁵¹</p> <p>DEP 5154 Mécanique de véhicules légers (1800 heures)</p> | <p>Formation permettant de vérifier, de réparer et d'ajuster les pièces des moteurs de motoneiges, de véhicules tout-terrain et de motocyclettes. La nouvelle version du programme (approuvée en septembre 2019) intègre désormais une compétence sur les systèmes alternatifs de motorisation, notamment les véhicules électriques.</p> <p>Profession visée : mécaniciens de motocyclettes, de véhicules tout-terrain et personnel mécanicien assimilé (CNP 7334).</p> |
| <p>École des métiers de l'équipement motorisé de Montréal</p> <p>DEP 5232 Mécanique de motocyclettes</p> | <p>Formation permettant de vérifier, d'entretenir et de réparer les moteurs, les systèmes et les accessoires électriques et électroniques des motos. La nouvelle version du programme (approuvée en septembre 2019) intègre désormais une compétence sur les systèmes alternatifs de motorisation, notamment les véhicules électriques.</p> <p>Profession visée : mécaniciens de motocyclettes, de véhicules tout-terrain et personnel mécanicien assimilé (CNP 7334).</p> |
| <p>34 centres de formation professionnelle⁵²</p> <p>DEP 5298 Mécanique automobile</p> | <p>Programme qui prépare à la profession de mécanicien automobile. Comprend la réalisation de travaux de mécanique préventive et corrective. En cours de révision au MEES avec une mise en œuvre attendue pour le mois de juillet 2021, le programme révisé inclura un contenu de formation spécifique aux véhicules hybrides et électriques.</p> <p>Profession visée : mécaniciens et réparateurs de véhicules automobiles, de camions et d'autobus (CNP 7321).</p> |

Source : MARCON, 2020.

Sans faire explicitement référence aux véhicules électriques ou autonomes, d'autres programmes de formation initiale offrent également un contenu pertinent. Notons à cet effet les deux formations relatives à l'intelligence artificielle et à la gestion des mégadonnées détaillées au tableau 25.

Tableau 25 Offre de formation initiale pertinente aux TEI au Québec, par établissement d'enseignement postsecondaire et par programme

| Établissements et programmes | Offre de formation initiale pertinente aux TEI |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Cégep de Sainte-Foy et Collège de Bois-de-Boulogne</p> <p>AEC LEA.D1 Spécialisation technique en intelligence artificielle (temps partiel, 900 heures)</p> | <p>Programme élaboré conjointement par le Cégep de Sainte-Foy et le Collège de Bois-de-Boulogne permettant d'offrir une spécialisation dans le domaine du développement et de la programmation d'applications en intelligence artificielle.</p> <p>Profession visée : analystes de bases de données et administrateurs (CNP 2172).</p> |

51 Il s'agit de : CFPRO de Matane, CFP de Neuchâtel, CFP Le Tremplin, CFP de l'automobile, CFP Compétences 2000, Carrefour Formation Mauricie, École professionnelle des métiers, École des métiers de l'équipement motorisé de Montréal, CFP Kajusivik, CFP Relais de la Lièvre-Seigneurie, CFP de la Vallée-de-la-Gatineau, CFP Pontiac et CFP du Grand-Fjord - Pavillon Équipement motorisé.

52 Il s'agit de : CFPRO de Matane, Centre de formation Rimouski-Neigette, Aviron Québec Collège Technique, CFP de Charlevoix, CFP Wilbrod-Bherer, Centre de formation Portneuf-Saint-Raymond, CFP Vision 2020, CFP Paul-Rousseau, Centre intégré de mécanique industrielle de la Chaudière, CFP de l'Envolée, CFP de Lévis, CFP de l'Estuaire-Baie-Comeau, CFP 24-Juin, CFP de Coaticook, CFP Le Granit, CFP L'Envol, Centre de formation de l'Argile, Centre d'études professionnelles, CFP de l'automobile, CFP Compétences 2000, CFP Qualitech, École professionnelle de Saint-Hyacinthe, Centre de formation Compétence-de-la-Rive-Sud, École professionnelle des métiers, Centre régional intégré de formation Granby, CFP Daniel-Johnson, École des métiers de l'équipement motorisé de Montréal, CFP de Verdun, Institut technique Aviron de Montréal, CFP Relais de la Lièvre-Seigneurie, CFP de la Vallée-de-la-Gatineau, École des métiers Asticou, CFP du Grand-Fjord - Pavillon Équipement motorisé et CFP du Pays-des-Bleuets.



| Établissements et programmes | Offre de formation initiale pertinente aux TEI |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Cégep de Sainte-Foy</p> <p>AEC LEA.CO Spécialisation en mégadonnées et intelligence d'affaires (temps partiel, 465 heures)</p> | <p>Programme lié aux logiciels de gestion des mégadonnées, à l'intelligence d'affaires, ainsi qu'aux modèles mathématiques et aux solutions techniques qui s'y rapportent.</p> <p>Profession visée : analystes de bases de données et administrateurs (CNP 2172).</p> |

Source : MARCON, 2020.

En complément, les formations de niveau collégial qui suivent ont également été identifiées.

- ▶ **Électricité (DEP 5295) :** formation comprenant l'acquisition de compétences de base en électricité nécessaires à l'installation d'appareillages électriques.
- ▶ **Technologies de systèmes ordonnés (DEC 243.A0) :** formation comprenant l'acquisition de compétences en conception de circuits imprimés, en dépannage et en optimisation de systèmes ordonnés ;
- ▶ **Techniques de l'informatique – Informatique de gestion (DEC 420.B0) :** formation visant l'acquisition de compétences dans les domaines du développement d'applications et de l'administration des réseaux informatiques.
- ▶ **Représentation (ASP 5323) :** formation permettant de devenir un représentant qualifié dans le domaine du commerce de gros.

On relève aussi différents programmes de niveau universitaire au Québec.

Génie électrique

Ce programme du baccalauréat est offert dans 11 universités⁵³ et chacune se distingue en fonction des voies de spécialisation proposées par secteur.

Seule l'Université de Sherbrooke semble intégrer une spécialisation axée sur les véhicules électriques où les étudiants ont la possibilité de compléter 6 crédits sur les véhicules électriques avec des cours portant sur les commandes de chaînes de traction et sur les stratégies de gestion d'énergie des véhicules électriques.

Génie microélectronique

Le diplôme d'études supérieures spécialisées (DESS) en systèmes embarqués de l'UQÀM offre une formation sur les systèmes électroniques et informatiques autonomes et aborde le contexte précis du secteur des transports (automobile, trains, avions).

Génie mécanique

Neuf universités offrent un programme au baccalauréat en génie mécanique,⁵⁴ mais aucune n'offre de voie de spécialisation axée sur les véhicules électriques.

La formation de l'UQTR comprend une spécialisation sur le matériel de transport ferroviaire et automobile, mais sans lien apparent avec l'industrie des véhicules électriques.

53 Il s'agit de : UQAT, UQAC, UQO, UQAR, UQTR, ÉTS, Université Concordia, Université de Sherbrooke, Université Laval, Polytechnique Montréal, Université McGill.

54 Il s'agit de : UQAT, UQAC, UQAR, UQTR, Université Concordia, Université de Sherbrooke, Polytechnique Montréal, ÉTS, Université McGill.



Génie informatique et génie logiciel

Huit universités⁵⁵ offrent le baccalauréat en génie informatique et six universités offrent le baccalauréat en génie logiciel.⁵⁶

Le programme de baccalauréat en génie informatique de l'UQAC offre une spécialisation en systèmes de transmission de données entre utilisateurs et ordinateurs et la conception de logiciels adaptés à cet effet.

Le programme de baccalauréat en génie informatique de Polytechnique Montréal offre des cours de spécialisation en informatique embarquée qui abordent les capteurs et les actionneurs, l'intelligence artificielle et les réseaux de communication.

L'Université de Montréal propose également une maîtrise en informatique qui comprend un cours relatif au contrôle de véhicules autonomes avec vision par ordinateur et apprentissage automatique.⁵⁷

L'UQÀM propose un DESS en design d'équipement de transport. Il s'agit d'une spécialisation en planification et gestion de projets complexes de recherche et développement d'équipements de transports et d'objets ou système d'objets favorisant la mobilité des individus et des marchandises, et qui impliquent des équipes multidisciplinaires (ingénieurs, ergonomes, fabricants, gestionnaires, responsables marketing, utilisateurs, etc.).

Intelligence artificielle

Le programme de maîtrise en informatique – intelligence artificielle de l'Université Laval s'adresse aux finissants de premier cycle en informatique, en génie logiciel et en génie informatique; il vise à former des experts en intelligence artificielle dans plusieurs secteurs, incluant les transports.

En complément, le programme de maîtrise en informatique avec mémoire permet aussi de développer une expertise en intelligence artificielle, ainsi qu'en interface personne-machine, robotique intelligente, systèmes intelligents, sécurité informatique, traitement de mégadonnées et réseaux mobiles.

Né d'un partenariat entre différentes universités, Mila – Institut québécois de recherche d'intelligence artificielle propose des cours et formations en IA via ceux-ci, l'Université de Montréal et l'Université McGill, et en collaboration avec Polytechnique Montréal et HEC Montréal.

- ▶ L'Université de Montréal offre un DESS qui aborde les algorithmes d'apprentissage et leurs applications en intelligence artificielle, en lien ou non avec des données structurées (ex. : son, image, vidéo, texte).
- ▶ Des programmes de maîtrise en apprentissage automatique sont offerts à l'Université de Montréal (maîtrise en informatique), à l'Université McGill (MSc de la School of Computer Science), à Polytechnique Montréal (maîtrise en gestion informatique) et à HEC Montréal (maîtrise en gestion – science des données et analytique d'affaires). Le programme de maîtrise de l'Université de Montréal est le seul à proposer un cours spécifique aux véhicules autonomes et à offrir la formation avec mémoire ou avec un stage dans une entreprise de l'industrie de l'intelligence artificielle.
- ▶ Des programmes de doctorat en apprentissage automatique sont également offerts par ces mêmes universités : l'Université de Montréal (doctorat en informatique), l'Université McGill (doctorat de la School of Computer Science), Polytechnique Montréal (doctorat en génie informatique) et HEC Montréal (doctorat en science de la décision).
- ▶ Polytechnique Montréal se distingue en offrant cinq cours de spécialisation sur les systèmes embarqués en temps réel.⁵⁸

55 Il s'agit de : UQAC, UQO, UQÀM, Université Concordia, Polytechnique Montréal, Université McGill, Université Laval, Université de Sherbrooke.

56 Il s'agit de : UQÀM, ÉTS, Université Concordia, Polytechnique Montréal, Université McGill, Université Laval

57 Ce même cours (IFT 6757) est également offert au DESS en apprentissage automatique décrit plus bas.

58 Ces cours sont : Informatique des systèmes spatiaux, Conception et analyse des systèmes temps réel, Vérification des systèmes temps réel, Systèmes embarqués : conception et vérification, Processeurs embarqués configurables.



- ▶ Mila offre un accès à différents laboratoires et groupes de recherche dont les travaux portent sur la logistique, l'intelligence artificielle, etc.

Laboratoires de recherche universitaire

En complément, le Laboratoire sur l'Intelligence Véhiculaire rattaché à la Faculté de génie de l'Université de Sherbrooke offre aux doctorants un environnement de recherche comprenant des outils informatiques, des outils de simulation pour les véhicules intelligents et les capteurs embarqués et un banc d'essai avec véhicules à échelle réduite pour la localisation, la navigation et la perception.

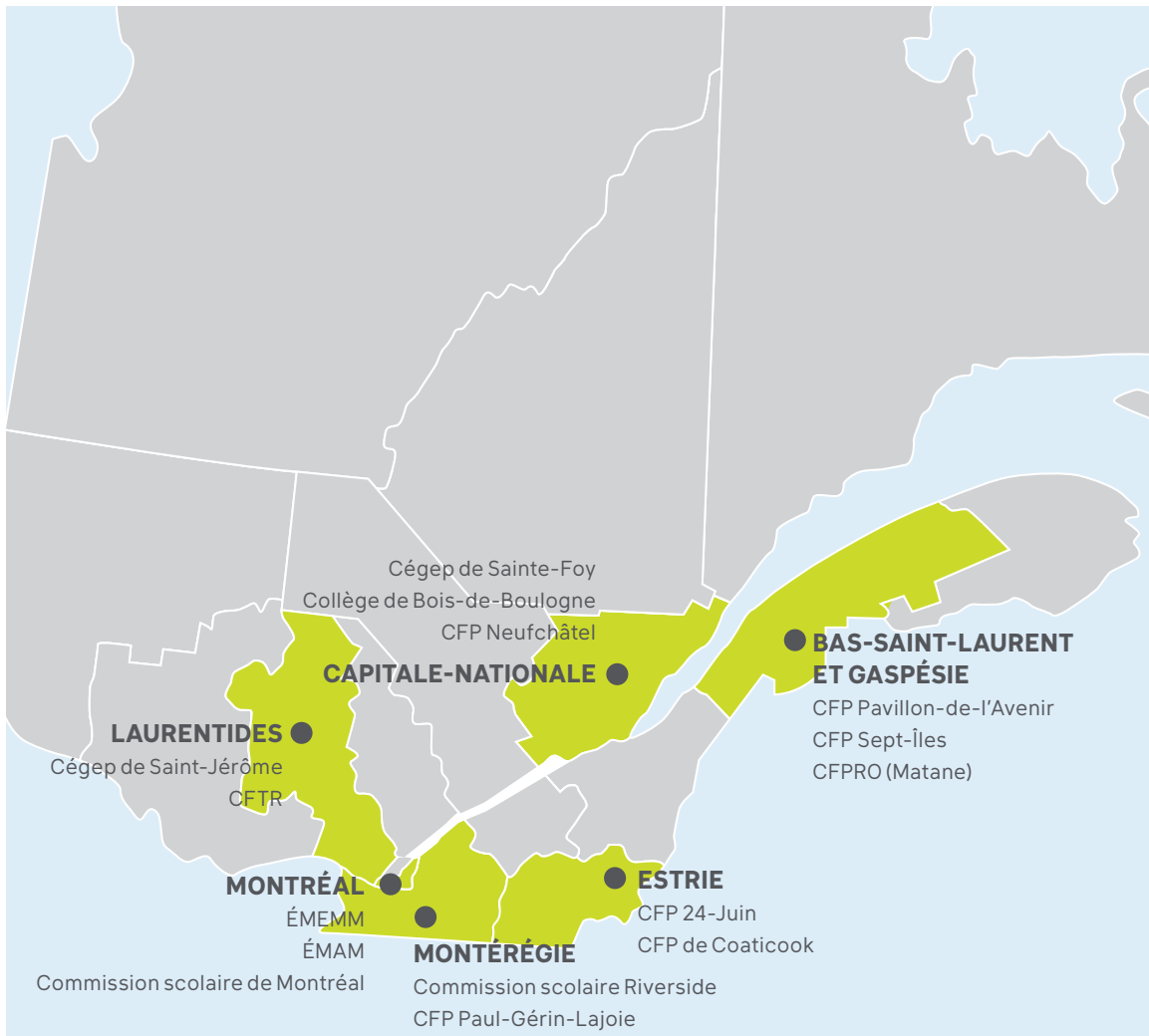
Le Laboratoire de robotique mobile et des systèmes autonomes rattaché à la Faculté de génie mécanique de Polytechnique Montréal offre un environnement de recherche propice aux recherches sur les véhicules autonomes et les robots mobiles.

Le Centre d'optique, photonique et laser rattaché à l'Université Laval est l'un des grands centres de recherche et de formation en optique-photonique au monde. Polytechnique Montréal, l'Université de Sherbrooke, l'École de technologie supérieure (ÉTS), l'Institut national de recherche scientifique (INRS), l'Université McGill, l'UQÀM et l'Université Concordia en sont membres. La Chaire de recherche industrielle du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie (CRSNG) en conception optique de l'Université Laval contribue également à la formation des doctorants en conception, métrologie et assemblage optiques.

Comme le montrent les tableaux 24 et 25 qui ont précédé, toutes les régions trouvent leur compte dans la distribution générale de la formation préuniversitaire au Québec. Plus de 34 centres de formation professionnelle offrent déjà au moins un cours portant sur un aspect ou l'autre des véhicules électriques.



Diagramme 22 Principaux foyers de formation initiale préuniversitaire au Québec



Source : MARCON, 2020.

Bien que les cours universitaires soient dispensés là où les universités ont élu domicile, la prolifération des campus satellites leur permet généralement de répondre à la demande avec agilité sur l'ensemble du territoire québécois.

En conclusion, MARCON estime qu'il existe un bon équilibre entre l'offre et la demande au regard du nombre de personnes qualifiées issues de ces programmes.



3.4.2 L'offre de formation continue

Différents programmes de formation continue sont également offerts. Comme le montre le tableau 26, ils concernent surtout les formations de mécaniciens pour véhicules hybrides et électriques.

TABLEAU 26 Offre de formation continue spécifique aux TEI au Québec, par établissement d'enseignement postsecondaire et par programme

| Établissements et programmes | Offre de formation continue spécifique aux TEI |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| École des métiers de l'équipement motorisé de Montréal (ÉMEMM) Entretien et réparation de VÉ (105 heures) | Formation à l'intention des mécaniciens d'automobiles en emploi sur le fonctionnement des véhicules hybrides et électriques et la façon sécuritaire d'effectuer l'entretien, la réparation et le service. Profession visée : mécaniciens et réparateurs de véhicules automobiles, de camions et d'autobus (CNP 7321). |
| Introduction technique aux ventes de véhicules hybrides et électriques (6 heures) | Formation à l'intention des vendeurs d'automobiles en emploi sur le fonctionnement des véhicules hybrides et électriques (avantages, autonomie, technologie). Profession visée : spécialiste en ventes techniques – commerce de gros (CNP 6221). |
| Intervention et démantèlement sécuritaires des véhicules hybrides et électriques (6 heures) | Formation à l'intention des mécaniciens d'automobiles en emploi sur le fonctionnement, le démantèlement et l'entreposage sécuritaire des véhicules hybrides et électriques. Profession visée : mécaniciens et réparateurs de véhicules automobiles, de camions et d'autobus (CNP 7321). |
| Hybrides 1 : fonctionnement général et mesures de sécurité (6 heures) | Formation à l'intention des mécaniciens d'automobiles (priorité aux compagnons) et carrossiers en emploi sur les risques associés aux véhicules hybrides et les façons sécuritaires de travailler avec ceux-ci. Profession visée : mécaniciens et réparateurs de véhicules automobiles, de camions et d'autobus (CNP 7321). |
| Hybrides 2 : entretien général et utilisation des outils de diagnostic (6 heures) | Formation à l'intention des mécaniciens d'automobiles en emploi (priorité aux compagnons) sur l'entretien sécuritaire des véhicules hybrides et l'utilisation des outils diagnostics à cette fin. Profession visée : mécaniciens et réparateurs de véhicules automobiles, de camions et d'autobus (CNP 7321). |
| Corporation des maîtres électriciens du Québec (CMEQ) Branchement de borne de recharge et de bornes en réseaux pour véhicules électriques (4 heures) | Formation à l'intention des maîtres électriciens sur le branchement des bornes de recharge : choix de l'emplacement, installation et raccordement, calcul de la charge requise, circuit d'alimentation). Profession visée : électriciens (sauf électriciens industriels et de réseaux électriques (CNP 7241). |

Source : MARCON, 2020.



3.5 Besoins et disponibilité en main-d'œuvre à l'échelle du Québec

A lors que la section précédente brosse un portrait des offres de formation spécifique et pertinente aux TEI, celle-ci fait état des besoins exprimés par les entreprises québécoises impliquées dans les chaînes de valeur des TEI.

3.5.1 Les besoins des entreprises manufacturières

Tous les manufacturiers de composantes et de sous-produits, de véhicules et d'infrastructures interrogés prévoient une croissance considérable de leurs besoins en main-d'œuvre en lien avec le déploiement des transports électriques et intelligents. Selon les cadres des entreprises, leurs effectifs au Québec devraient augmenter de 20 % à 230 % par année jusqu'en 2030. Cette fourchette énorme reflète la diversité de l'écosystème.

La création d'emplois au Québec concernera surtout les services d'ingénierie, de recherche et développement, ainsi que de conception et le design de produits. Les **professions prioritaires** suivantes sont particulièrement visées :

- ▶ Ingénieurs électriciens et électroniciens (CNP 2133),
- ▶ Analystes de bases de données et administrateurs (CNP 2172),
- ▶ Ingénieurs et concepteurs en logiciel (CNP 2173),
- ▶ Programmeurs et développeurs en médias interactifs (CNP 2174),
- ▶ Technologues et techniciens en génie électronique et électrique (CNP 2241).

Les répondants estiment par contre que la croissance de l'emploi devrait par contre être nettement plus modérée au Québec pour les autres services des entreprises (gestion, ventes et marketing, service après-vente, fabrication).

L'internationalisation des activités amène à établir et à développer une base d'employés à l'extérieur du Québec. Certaines entreprises confirment d'ailleurs envisager des acquisitions en vue de fabriquer à l'étranger et de se rapprocher des clients internationaux. Les **professions prioritaires** suivantes sont appelées à se développer hors Québec :

- ▶ Spécialistes des ventes techniques – commerce de gros (CNP 6221) et
- ▶ Technologues et techniciens en génie électronique et électrique (agents de service après-vente) (CNP 2241).

Les emplois hors Québec seront en grande partie comblés par du personnel recruté sur place, à l'étranger, par les entreprises québécoises.



3.5.2 Les besoins des entreprises de services et des gestionnaires de parcs de véhicules

En comparaison, les entreprises de services et les gestionnaires de parcs de véhicules interrogés anticipent une croissance plus modérée liée à l'électrification et à l'automatisation des transports. Rappelons que le déploiement des véhicules autonomes n'est prévu qu'après 2030 et créera donc peu de demande pour les emplois dans cette catégorie au cours des dix prochaines années.

Les besoins seront davantage en lien avec la mise à niveau des compétences d'employés déjà en poste. C'est particulièrement le cas des mécaniciens et réparateurs de véhicules automobiles, de camions et d'autobus (CNP 7321) qui doivent parfaire leurs connaissances sur les composantes électriques des véhicules.

3.5.3 Les professions à risque de pénuries de main-d'œuvre

Les professions et métiers pour lesquels MARCON prévoit une forte hausse de demande d'ici 2030 risquent de connaître une pénurie de main-d'œuvre. Les principales professions concernées sont les suivantes.

Ingénieurs électriciens et électroniciens (CNP 2133)

Les entreprises contactées anticipent que les difficultés de recrutement déjà observées pour les ingénieurs électriciens et électroniciens devraient perdurer en raison des besoins croissants engendrés par l'essor des transports électriques et intelligents.

À l'heure actuelle, les entreprises qui recherchent des candidats disposant d'une spécialisation pointue recrutent souvent à l'international (ex. : ingénieur en fiabilité).

Analystes de bases de données et administrateurs (CNP 2172)

Les cadres interrogés confirment que le recrutement d'analystes de mégadonnées est déjà difficile. En raison de l'importance croissante que prend l'intelligence artificielle dans plusieurs industries et du besoin d'automatiser le traitement et l'analyse de mégadonnées, plusieurs anticipent que la situation va empirer au cours des prochaines années.

Ingénieurs et concepteurs en logiciel (CNP 2173)

Le recrutement d'ingénieurs et concepteurs en logiciel est déjà ardu pour les entreprises de l'écosystème des TEI. Le développement important que connaît l'intelligence artificielle au sein de plusieurs industries (ex. : logiciels, Internet et objets connectés, technologies de l'information) alimente une demande importante pour ces ingénieurs et est susceptible de compliquer davantage leur recrutement au cours des prochaines années.

Les entreprises qui œuvrent dans des domaines très spécialisés (ex. : entreprises du secteur des véhicules intelligents spécialisées dans le traitement de l'image et l'optique) ont accès à un bassin restreint de candidats potentiels au Québec. Ceci les force à recruter à l'international.



3-Portrait de la situation actuelle de la main-d'œuvre

Programmeurs et développeurs en médias interactifs (CNP 2174)

La condition de ces professionnels est similaire à celle des ingénieurs et concepteurs en logiciel.

Spécialistes des ventes techniques – commerce de gros (CNP 6221)

En raison du développement récent de l'industrie des transports électriques et intelligents, plusieurs entreprises trouvent déjà difficile de recruter des vendeurs et représentants qui connaissent le secteur et qui possèdent un bon réseau de contacts sur le marché ciblé.

Technologues et techniciens en génie électronique et électrique (CNP 2241)

Les postes de technologues et techniciens en génie électrique et électronique sont déjà difficiles à combler. Cette situation devrait perdurer dans un contexte de demande croissante pour ces professionnels.

Ces constats relatifs aux risques de pénuries d'emplois parmi les professions prioritaires sont en grande partie corroborés par une étude récente du ministère du Travail, de l'Emploi et de la Solidarité sociale du Québec (MTESS) dont le tableau 27 présente les principales conclusions.⁵⁹

TABLEAU 27 La disponibilité attendue de la main-d'œuvre par code CNP au Québec à l'horizon 2023

| Code CNP | Libellés des codes CNP | Disponibilité de main-d'œuvre attendue d'ici 2023 |
|----------|------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 2241 | Technologues et techniciens en génie électronique et électrique | LD |
| 7321 | Mécaniciens et réparateurs de véhicules automobiles, de camions et d'autobus | LD |
| 2133 | Ingénieurs électriciens et électroniciens | D |
| 2173 | Ingénieurs et concepteurs en logiciel | D |
| 2174 | Programmeurs et développeurs en médias interactifs | D |
| 6221 | Spécialistes des ventes techniques – commerce de gros | D |
| 7333 | Électromécaniciens | D |
| 2172 | Analystes de bases de données et administrateurs | E |

Source : MTESS, État d'équilibre du marché du travail à court et à moyen termes, Édition 2019, 2020.

- LD Profession en léger déficit
- D Profession en déficit
- E Profession en équilibre

En effet, à l'exception des analystes de bases de données pour qui l'étude du MTESS suggère l'équilibre jusqu'en 2023, toutes les professions prioritaires pour les entreprises œuvrant dans le secteur des TEI font état d'un déficit ou d'un léger déficit de main-d'œuvre au Québec à l'horizon 2023.

59 Ministère du Travail, de l'Emploi et de la Solidarité sociale (MTESS), État d'équilibre du marché du travail à court et à moyen termes : Diagnostics pour 500 professions – édition 2019, 2020, 64 pages.



3.6 Secteurs de l'industrie plus vulnérables aux difficultés de recrutement

L'industrie des transports électriques et intelligents est récente et formée d'un bassin restreint d'employeurs, surtout de petites entreprises. Ainsi, par manque de moyens internes dans ces petites entreprises, la plus grande part de l'écosystème ne jouit pas d'une visibilité suffisante auprès des candidats potentiels souhaitant faire progresser leur carrière.

Parmi ces entreprises, les petites entreprises du transport intelligent apparaissent plus vulnérables aux difficultés de recrutement des prochaines années. D'une part, plusieurs des compétences critiques à leurs activités (IA, mégadonnées, robotique, etc.) sont également convoitées par d'autres industries qui sollicitent le même bassin de candidats avec davantage de moyens. D'autre part, les technologies sous-jacentes à l'automatisation des véhicules (ex. : optique, traitement de l'image) sont très spécialisées et exigent une expertise pointue encore rare sur le marché du travail.





4

Évolution attendue
des besoins en
main-d'œuvre



Au cours des dix prochaines années, le marché des véhicules électriques traversera sa phase de croissance, ce qui engendrera une importante création d'emploi. Par ailleurs, le marché du transport intelligent sera en phase précommerciale jusqu'aux années 2030, et la plupart des entreprises du secteur seront en phase de développement au cours de la prochaine décennie; la production commerciale est prévue au cours de la décennie suivante (2030 à 2040) et la création d'emplois engendrée par ces entreprises sera proportionnellement moins importante d'ici 2030 même si ces emplois seront critiques au succès du Québec dans la révolution du transport déjà en branle.

4.1 Nature des besoins de l'industrie des TEI à l'horizon 2030

Toute la chaîne de valeur de l'industrie des véhicules électriques jouira d'une vive effervescence commerciale d'ici 2030. Les besoins en main-d'œuvre qui se manifesteront dans la prochaine décennie seront principalement orientés vers la production et le service après-vente des entreprises qui offrent des biens et services au sein de cette filière.

Les emplois en production sont variés et comprennent des ingénieurs de fabrication et de contrôle de la qualité ainsi que des technologues et techniciens avec une formation en électricité, en électronique ou en mécanique qui assemblent les composantes non électriques des véhicules et des systèmes de recharge fabriqués au Québec.

En raison de l'électrification progressive des parcs de véhicules, leurs gestionnaires rechercheront une main-d'œuvre dotée de compétences semblables à celles convoitées parmi les technologues et techniciens détenant une formation en électricité, en électronique ou en mécanique. Les municipalités, les services de transport collectif, les sociétés de transport à forfait et tous les exploitants de grands parcs de véhicules auront effectivement besoin de personnel (ou de sous-traitants) pour en faire l'entretien.

La croissance des ventes de l'industrie des TEI mettra aussi une pression additionnelle sur les besoins en service après-vente. Dans plusieurs cas, ce type de service exigera de bonnes connaissances techniques afin de fournir le soutien à la clientèle. On voudra embaucher des ingénieurs et des techniciens avec une connaissance technique adéquate des composantes, des véhicules ou des bornes de recharge.

Pour la filière des véhicules intelligents, les besoins seront très différents. Encore en phase précommerciale, les acteurs de ce milieu sont en période de conception et d'acquisition de connaissances. Quelques techniciens seront certes requis, mais on recherchera davantage les détenteurs de diplômes universitaires, voire plusieurs détenteurs de maîtrises et doctorats en génie et en sciences, qui s'intéressent à l'intelligence artificielle ou à la sécurité des communications. La forte teneur informatique de la chaîne de valeur des transports intelligents créera une demande importante pour des spécialistes en développement de logiciel et d'interfaces personne-machine.

La section suivante décrit plus spécifiquement les besoins anticipés et identifie les professions où il y aura pénurie ou risque de pénurie au Québec d'ici 2030.



4.2 Besoins en main-d'œuvre pour les professions prioritaires aux fins du déploiement des transports électriques et intelligents

Cette section aborde l'évolution attendue des besoins en main-d'œuvre de l'industrie des TEI pour les professions prioritaires.⁶⁰ Le tableau 28 propose des scénarios pessimiste, réaliste et optimiste pour l'horizon 2030.⁶¹ Les hypothèses et explications tirées de la revue de littérature ou avancées par MARCON sont détaillées par la suite.

Tableau 28 Évaluation des besoins en main-d'œuvre à l'horizon 2030

| Code CNP | Libellés des codes CNP | Scénario pessimiste | Scénario réaliste | Scénario optimiste |
|----------|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 2133 | Ingénieurs électriciens et électroniciens ⁱ | Augmentation de 10 % à 49 % | Augmentation de 50 % ou plus | Augmentation de 50 % ou plus |
| n.d. | Ingénieurs de systèmes avancés d'assistance et d'aide à la conduite | Augmentation de 10 % à 49 % | Augmentation de 50 % ou plus | Augmentation de 50 % ou plus |
| 2172 | Analystes de bases de données et administrateurs ⁱⁱ | Augmentation de 10 % à 49 % | Augmentation de 50 % ou plus | Augmentation de 50 % ou plus |
| 2173 | Ingénieurs et concepteurs en logiciel ⁱⁱⁱ | Augmentation de 10 % à 49 % | Augmentation de 50 % ou plus | Augmentation de 50 % ou plus |
| 2174 | Programmeurs et développeurs en médias interactifs | Variation de -9 % à +9 % | Augmentation de 10 % à 49 % | Augmentation de 50 % ou plus |
| 2241 | Technologues et techniciens en génie électronique et électrique | Augmentation de 10 % à 49 % | Augmentation de 50 % ou plus | Augmentation de 50 % ou plus |
| 6221 | Spécialistes des ventes techniques – commerce de gros | Augmentation de 10 % à 49 % | Augmentation de 50 % ou plus | Augmentation de 50 % ou plus |
| 7321 | Mécaniciens et réparateurs de véhicules automobiles, de camions et d'autobus | Augmentation de 10 % à 49 % | Augmentation de 50 % ou plus | Augmentation de 50 % ou plus |
| 7333 | Électromécaniciens | Augmentation de 10 % à 49 % | Augmentation de 50 % ou plus | Augmentation de 50 % ou plus |



i Incluant les postes connexes suivants: ingénieurs en fiabilité et ingénieurs d'opérabilité.

ii Incluant les analystes de mégadonnées

iii Incluant les postes connexes suivants : ingénieurs en traitement de l'image, ingénieurs en optique et ingénieurs en intelligence artificielle

n.d. non disponible

⁶⁰ L'information relative aux autres codes CNP concernés par les TEI est présentée à l'annexe III.

⁶¹ L'information correspondante pour les autres professions concernées par les TEI est présentée à l'annexe VII.



Ingénieurs électriciens et électroniciens (CNP 2133)

Les ingénieurs électriciens et électroniciens conçoivent, planifient, étudient, évaluent et mettent à l'essai les systèmes et équipements électriques et électroniques.

Des consultations importantes menées auprès d'entreprises de la filière des véhicules électriques dans le cadre d'une étude récente complétée par MARCON⁶² laissent entrevoir une forte création d'emplois d'ingénieurs électriciens et électroniciens au cours des prochaines années. Selon cette étude, d'ici 2023, les manufacturiers de pièces et sous-produits de véhicules électriques alimenteront en grande partie cette demande. Ces professionnels sont essentiels au développement des transports électriques et intelligents et, malgré le nombre restreint d'entreprises au sein de cette grappe, une forte progression du nombre d'emplois est attendue pour les ingénieurs électriciens et électroniciens, tant à l'horizon 2025 que 2030.

Ingénieurs de systèmes avancés d'assistance et d'aide à la conduite (inclus au code CNP 2133, mais pas spécifiquement mentionné)

Les ingénieurs de systèmes avancés d'assistance et d'aide à la conduite conçoivent des systèmes électroniques qui améliorent la conduite ou qui facilitent le stationnement d'une automobile, dits systèmes embarqués, en ayant une vision d'ensemble du produit, incluant le logiciel et la structure ou la carrosserie.

Bien que l'offre commerciale pour des véhicules autonomes (tels que définis pour la présente étude) ne se manifesterait pas avant 2030, une croissance importante du nombre d'emplois est anticipée pour cette profession en émergence à l'horizon 2030 en raison de leur rôle dans les projets de recherche, de développement, de mise à l'essai et de démonstration. Il s'agit d'ingénieurs électriques chargés de concevoir des systèmes embarqués (ex.: qui améliorent la conduite ou facilitent le stationnement), en prenant en compte une vision d'ensemble du produit, incluant le logiciel et la structure ou la carrosserie.

Analystes de bases de données et administrateurs (CNP 2172)

Les analystes de bases de données gèrent et analysent les mégadonnées générées par les véhicules intelligents et les villes intelligentes.

Un véhicule intelligent génère en moyenne quatre téraoctets de données en temps réel via ses capteurs et toutes ces informations sont indispensables à son fonctionnement.⁶³ Dans la mesure où l'avènement commercial attendu des transports intelligents et autonomes à l'horizon 2030 se concrétisera, d'importants besoins pour des expertises pointues (analyse et gestion de mégadonnées, informatique infonuagique, utilisation d'algorithmes de données, cybersécurité) devraient amener une forte création d'emplois d'analystes de mégadonnées à compter de 2030 et même un peu en amont.

62 MARCON pour l'expertise, L'impact de l'électrification des transports sur la main-d'œuvre au Québec – Étude exploratoire, 2019.

63 AVIN, AVIN Specialized Reports, 2020.



Ingénieurs et concepteurs en logiciel (CNP 2173)

Les ingénieurs et les concepteurs en logiciel étudient, conçoivent, évaluent et intègrent des applications logicielles et des logiciels de télécommunication dans les systèmes embarqués. Ce sont eux qui permettent aux capteurs des véhicules autonomes de recueillir des données. Selon MARCON, le développement de logiciels spécifiques à l'intelligence artificielle utilisés pour les véhicules autonomes viendra se greffer à ce poste.

Les ingénieurs et concepteurs en logiciel continueront d'être en grande demande au cours des prochaines années en raison de l'utilisation de logiciels dans les systèmes embarqués. Selon une étude de MARCON, les manufacturiers de véhicules électriques et de leurs sous-produits contribueront de manière très importante à la création d'emploi d'ici 2023.⁶⁴ Selon le Conseil des technologies de l'information et des communications (CTIC) du Canada, la moitié des ingénieurs du secteur automobile sera spécialisée en conception de logiciel⁶⁵ dans le futur.

Dans le contexte des véhicules intelligents, les ingénieurs et concepteurs en logiciel occuperont un rôle central et profiteront d'une forte création d'emploi dès 2025 et jusqu'à l'horizon 2030.

Programmeurs et développeurs en médias interactifs (CNP 2174)

Les programmeurs écrivent, modifient, intègrent et mettent à l'essai le code informatique pour des applications logicielles, des applications de traitement de données, des logiciels de systèmes d'exploitation et des logiciels de communication.

Un véhicule intelligent nécessite environ 250 millions de lignes de code de programmation et ceci ira en augmentant lorsque les véhicules seront entièrement autonomes. La programmation est donc une fonction essentielle et critique au déploiement des véhicules intelligents.⁶⁶

Le nombre d'emplois pour ces professionnels devrait connaître une certaine augmentation d'ici 2030. Il est cependant difficile d'en prévoir l'ampleur (grande ou faible), car cette croissance dépendra principalement du succès de la filière québécoise des véhicules intelligents encore embryonnaire. Dans la mesure où le développement attendu des transports intelligents à l'horizon 2030 se concrétisera, la création d'emplois de programmeurs et développeurs en médias interactifs devrait être importante.

Technologues et techniciens en génie électronique et électrique (CNP 2241)

Les technologues et les techniciens en génie électronique et électrique assurent un soutien en matière de conception, de mise au point, de mise à l'essai, de production et d'exploitation du matériel et des systèmes électriques et électroniques. Ces professionnels sont en forte demande en raison du développement des transports électriques et intelligents.

Au sein de cette industrie, les fabricants de matériel, d'appareils et de composantes électriques (ex. : manufacturiers de bornes de recharge et de sous-produits du groupe motopropulseur) sont susceptibles d'alimenter la création de nouveaux postes de techniciens en génie électronique et électrique d'ici 2023.⁶⁷ Ceci découle en partie du déploiement d'un nombre croissant de bornes de recharge privées et publiques. Une forte progression du nombre d'emplois est attendue à l'horizon 2025 et jusqu'en 2030.

64 Marcon pour Élexpertise, Ibid., 2019.

65 ICTC-CTIC, Autonomous Vehicles and the Future of Work in Canada, 2017.

66 AVIN, Ibid., 2020.

67 Marcon pour Élexpertise, Ibid., 2019.



Spécialistes des ventes techniques – commerce de gros (CNP 6221)

Les spécialistes des ventes techniques – commerce de gros vendent des composantes, des sous-produits, des véhicules et des bornes de recharge.

Une croissance importante du nombre d'emplois a déjà été remarquée parmi les manufacturiers de la filière des transports électriques et intelligents et se poursuivra à l'horizon 2030.

Mécaniciens et réparateurs d'automobiles, de camions et d'autobus (CNP 7321)

Les mécaniciens et réparateurs de véhicules automobiles, de camions et d'autobus sont entre autres responsables de l'entretien et du remplacement des systèmes électriques et électroniques des véhicules.

Il est reconnu que les voitures électriques exigent moins de visites d'entretien que celles à essence. Ceci tient au nombre moindre de pièces mobiles et à l'absence d'un système d'échappement.⁶⁸ Mis à part les concessionnaires automobiles, on compte encore peu de garages mécaniques en mesure de réparer les voitures électriques. Une étude récente de MARCON confirme que les concessionnaires automobiles n'anticipent pas d'embauches importantes de mécaniciens en lien avec l'électrification des transports.⁶⁹ Ces derniers affirment avoir les effectifs nécessaires pour faire face à une éventuelle augmentation de la demande en services de réparation mécanique au cours des prochaines années et pour assurer la formation requise.

Dans le cas des véhicules autonomes, l'introduction d'équipements de nouvelle génération (radars, caméras, ordinateurs de bord) exigera de nouvelles compétences chez les mécaniciens de véhicules lourds. Toutefois, même à l'horizon 2030, leur nombre sur le marché du travail sera encore restreint, et il est fort probable que les mécaniciens de véhicules électriques puissent effectuer les entretiens de base (groupe propulseur, suspension et direction).

En ce qui concerne les sociétés de transport en commun, entre 2025 et 2030, l'électrification des transports va amener le besoin de former un plus grand nombre de mécaniciens de véhicules lourds déjà en poste afin d'en faire des électriciens de véhicules électriques lourds. Les postes de mécaniciens de véhicules lourds et d'électriciens de véhicules lourds vont ainsi cohabiter jusqu'à ce que l'ensemble du parc d'autobus soit entièrement électrifié en 2041. Le nombre d'employés d'entretien d'autobus électriques au sein des sociétés de transport collectif augmentera progressivement en fonction du remplacement graduel des autobus au diesel qui sera complété en 2040. Un léger effort de formation est à prévoir afin d'amener les mécaniciens en poste à acquérir de nouvelles compétences en mécanique de véhicules électriques lourds, mais la plupart d'entre eux seront déjà formés lorsqu'ils replaceront les baby-boomers qui prennent progressivement leur retraite.

Pour toutes ces raisons, il est plus que probable qu'il y aura une forte augmentation de la demande pour les mécaniciens de véhicules électriques et une faible augmentation pour les mécaniciens de véhicules autonomes. Dans les faits, il s'agit davantage d'un transfert d'emplois en faveur de mécaniciens formés pour les transports électriques et autonomes.

⁶⁸ « How Do Gasoline & Electric Vehicles Compare? », rapport du Advanced Vehicle Testing Activity du Idaho National Laboratory.

⁶⁹ Marcon pour Élexpertise, Ibid., 2019.



Électromécaniciens (CNP 7333)

Les électromécaniciens entretiennent, mettent à l'essai, remettent à neuf et réparent des moteurs électriques. Selon l'étude réalisée par MARCON⁷⁰ peu de nouveaux emplois sont attendus en lien avec l'électrification des transports avant 2023. Cette même étude confirme par ailleurs qu'en raison du faible nombre de diplômés de l'AEC en Technologie des véhicules électriques (ELC.1A) au Cégep de Saint-Jérôme, plusieurs entreprises ont recours à des diplômés du DEP en Électromécanique de systèmes automatisés (DEP 5281) avec expérience pour pourvoir des postes d'électromécaniciens (en tant que mécaniciens de véhicules électriques). Cette tendance s'observe aussi pour les postes relatifs à la portion électrique des autobus hybrides, bien que cette formation spécifique au secteur industriel soit moins adaptée aux contrôles électroniques accrus dans les autobus.

L'augmentation croissante du parc de véhicules électriques est ainsi susceptible d'amener une croissance de l'emploi d'abord plus faible à l'horizon 2025, puis plus forte à l'horizon 2030.



70 Ibid.



4.3 Identification des formations nécessaires au secteur des TEI

L'industrie des transports électriques et intelligents est encore jeune. Même si elles n'en sont pas au même stade, les deux filières évoluent très rapidement et les entreprises expriment déjà plusieurs besoins et ajustements à apporter à l'offre de formation.

4.3.1 Formations initiales (qualification)

Le constat général sur l'offre de formation aux niveaux secondaire, collégial et universitaire suggère que les notions de base sont bien enseignées et suffisent dans bien des cas, mais que l'intégration d'un contenu spécifique aux transports électriques et intelligents est souhaitée.

L'ajout des contenus suivants a été proposé :

- ▶ Enseigner les normes de sécurité et de fiabilité du secteur automobile applicables aux logiciels embarqués;
- ▶ Enseigner le processus de développement d'un véhicule automobile;
- ▶ Intégrer l'intelligence artificielle dans les programmes de génie;
- ▶ Amener les étudiants en génie à être davantage exposés à la gestion et au marketing;
- ▶ Ajouter un module de formation spécialisée en vision et en optique applicable aux véhicules autonomes (génie du logiciel), d'une durée de deux ou trois ans;
- ▶ Renforcer la formation en sécurité des données et en cybersécurité.



4.3.2 Formations continues (requalification et perfectionnement)

Certaines des entreprises contactées ont exprimé des besoins de formation continue pour la main-d'œuvre en emploi. Voici quelques exemples recueillis :

- ▶ Formation de mise à niveau à la mécanique électrique à l'intention des mécaniciens de véhicules lourds en poste;
- ▶ Formation sur les moteurs de véhicules électriques à l'intention des mécaniciens automobiles;
- ▶ Formation sur les procédures de santé et sécurité relatives à la manipulation, à l'entreposage et au recyclage de batteries de voitures électriques;
- ▶ Formation sur les outils de gestion à l'intention des ingénieurs en exercice : l'infonuagique, les bases de données et la gestion proactive de la performance (surveillance, production de rapports et évaluation de la performance).

En complément, certains souhaitent que Propulsion Québec s'investisse dans l'organisation périodique de journées ou demi-journées de formation sur des sujets d'intérêt commun aux membres. Propulsion Québec serait ainsi invitée à consulter ses membres sur une base ponctuelle pour identifier les besoins et les formations à offrir.

4.3.3 Formations non existantes

Afin de compléter l'offre de formation actuelle, certains ont suggéré que deux nouveaux programmes soient développés :

- ▶ Spécialisation en transports électriques et intelligents au baccalauréat en génie électrique, regroupant des contenus de formation, tels
 - Mobilité urbaine,
 - Internet et objets connectés,
 - Intelligence artificielle,
 - Conduite autonome;
- ▶ Spécialisation en transports intelligents au baccalauréat en ingénierie, regroupant le génie civil, le génie mécatronique et le génie électronique.



4.3.4 Formations existantes à offrir à un plus grand nombre d'étudiants

Il ressort des consultations menées dans le cadre du Forum Propulsion Québec et des entrevues téléphoniques que les formations initiales existantes n'ont pas besoin d'être offertes à un plus grand nombre d'étudiants. Le besoin criant consiste plutôt à adapter les formations continues existantes, tel que précisé à la section .

Notons que quelques-unes des entreprises consultées se disent préoccupées par le faible nombre d'ateliers de mécanique automobile actuellement en mesure de réparer les véhicules électriques. L'offre insuffisante de formation est perçue comme un frein à la capacité d'ateliers de mécanique automobile à intégrer la réparation des automobiles électriques à leurs activités. Par contre, tel que précisé à la section , il est déjà prévu que le DEP en mécanique automobile ajoutera un contenu de formation en mécanique électrique dès l'an prochain.





5

Conclusions



La littérature et les experts en mobilité consultés confirment l'hypothèse de MARCON selon laquelle la mobilité du futur sera « SEAMless⁷¹ » : partagée, électrique, autonome, multimodale et entièrement intégrée dans un système de réservation et de paiement en ligne. Les plus grands experts en mobilité considèrent en effet que les technologies de mobilité du secteur des TEI (électrification, connectivité, automatisation) sont des technologies perturbatrices (« disruptive technologies ») et que leur avènement est inévitable. Ce sont des technologies d'envergure mondiale dans tous les sens du terme : elles se vendront partout dans le monde et elles auront un impact sur la planète entière.

Le futur de l'industrie des TEI au Québec, et donc ultimement ses besoins en main-d'œuvre, dépendront en très grande partie de la vision du gouvernement du Québec à l'égard de cette industrie composée d'entreprises embryonnaires, naissantes ou au début de leur phase de croissance. Le potentiel est illimité et les atouts du Québec sont nombreux pour réussir à profiter des perturbations qui s'amorcent. Le Québec s'est déjà fermement engagé dans une stratégie de développement des technologies d'électrification en encourageant les acteurs locaux et en faisant une prospection continue afin d'attirer des entreprises étrangères sur son territoire. Les niches de marché retenues sont intéressantes et prometteuses. L'intensité et la persistance des actions gouvernementales québécoises dans cette filière méritent d'être saluées, mais devront perdurer pour que les efforts portent leurs fruits en termes de retombées économiques et de création d'emplois.

Pour sa part, la filière québécoise des technologies pour véhicules connectés et intelligents en est encore à ses balbutiements et accuse un retard par rapport à des régions comme la Californie, le Michigan et l'Angleterre, par exemple. En conséquence, cette filière présente un risque plus élevé, mais promet aussi des bénéfices encore plus importants. D'abord, elle est complémentaire à la filière des véhicules électriques : pratiquement toutes les plateformes utilisées pour développer des véhicules autonomes sont électriques. La filière des technologies pour véhicules connectés et intelligents pourra profiter des occasions d'affaires offertes par les marchés de niche où le Québec est en bonne voie de se démarquer pour des technologies liées aux véhicules électriques. De surcroît, les technologies requises pour automatiser les véhicules de demain ne se heurteront pas aux barrières à l'entrée traditionnelles du secteur de l'automobile (proximité, capacité de production en grands volumes, etc.) et s'exporteront plus facilement en raison de leur nature plus intellectuelle qu'industrielle.

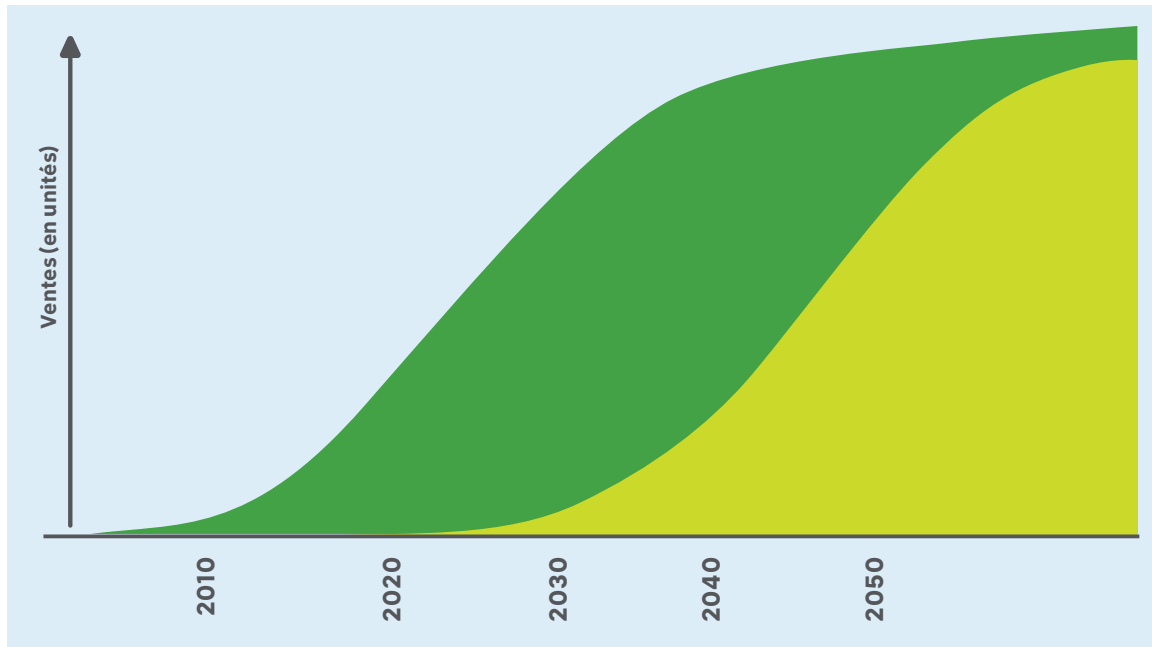
La création de conditions favorables par le gouvernement du Québec pour l'adoption de chacune de ces filières des TEI sur le territoire est aussi un élément très influent pour le succès potentiel des industries locales. En matière d'électrification des transports, les initiatives comme les subventions à l'achat de véhicules électriques, la décision d'électrifier les parcs d'autobus de transport collectif, le développement du Circuit électrique et la mise en place de la Loi visant l'augmentation du nombre de véhicules automobiles zéro émission au Québec afin de réduire les émissions de gaz à effet de serre et autres polluants sont d'excellents exemples de leviers que le gouvernement a utilisés avec succès. La participation des municipalités sera dorénavant importante dans l'accélération de l'adoption des nouveaux modèles de transport et le succès de leur implantation au Québec améliorera la compétitivité de toutes ses entreprises manufacturières – pas seulement celles des technologies des TEI. À l'échelle mondiale, l'adoption de ces technologies dépendra elle aussi de la volonté politique et du soutien des gouvernements étrangers qui, en retour, représenteront des marchés additionnels pour les entreprises québécoises. De plus en plus de pays suivent l'exemple du Québec et sont irrévocablement engagés dans la voie de l'électrification de leurs parcs de véhicules.

71

MARCON, 2012.



DIAGRAMME 23 Stade du cycle de vie des filières des TEI



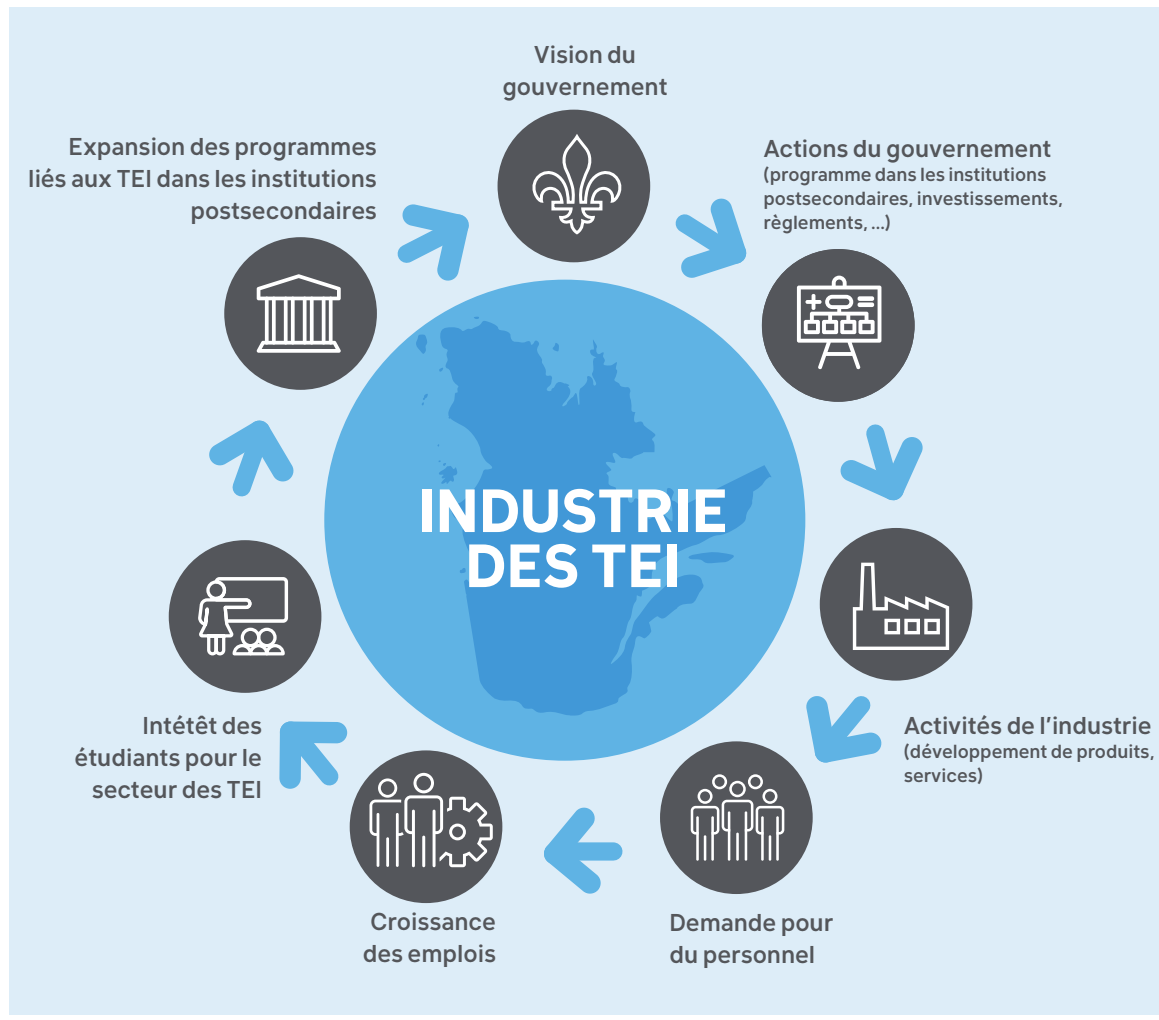
Source : MARCON, 2020.

La quantité et la nature des besoins en formation sont clairement, mais pas uniquement, tributaires de la vision du gouvernement à l'égard des filières de TEI et de leurs technologies. Si les gouvernements de tous les paliers soutiennent l'industrie existante et maintiennent leur volonté d'introduire des règles, des politiques, des programmes et d'autres mesures afin de favoriser les technologies et modèles d'affaires nécessaires à une mobilité plus durable, le nombre de personnes qui devront être formées pour répondre à la demande sera important, voire très important.

Le Québec est doté d'institutions d'enseignement postsecondaire de qualité. Elles peuvent et doivent se distinguer, d'une part, pour assurer que les Québécoises et les Québécois possèdent les connaissances et les compétences nécessaires en vue de combler les besoins de la mobilité du futur et, d'autre part, pour encourager l'implantation des entreprises du domaine des TEI (fabrication et services) au Québec.



DIAGRAMME 24 Courroie d'entraînement en formation dans le secteur des TEI



Source : MARCON, 2020.



5.1 Nature des besoins du secteur des TEI

La section fait état de la nature des besoins de l'industrie des TEI. Rappelons que les deux filières ne recherchent pas le même type de ressources humaines, principalement en raison de leurs stades de développement différents (voir le diagramme 23).

Les maillons de la chaîne de valeur des véhicules intelligents qui devront être alimentés en personnel au cours des prochaines années sont ceux de la fabrication de composants et de véhicules. Celui des infrastructures devra l'être dans une moindre mesure puisque peu ou pas de véhicules seront mis en service avant 2030. Pour l'instant, les entreprises sont peu nombreuses dans la filière des VI.

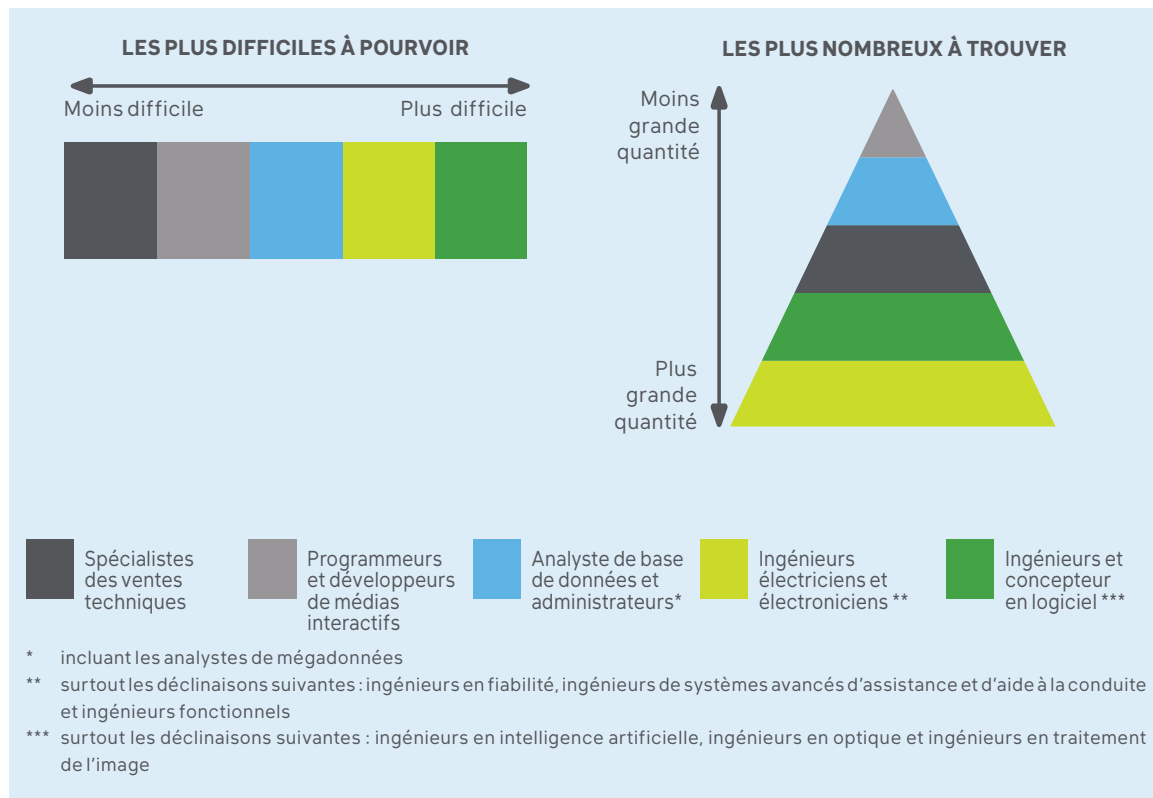
MARCON anticipe que la filière des véhicules connectés et intelligents aura besoin des professionnels qui seront appelés à participer au processus de conception, de développement, de mise à l'essai et de démonstration de nouveaux produits et services. Une grande partie du succès de l'industrie dépendra de la qualité de ses ressources. On recherchera donc des candidats ayant une éducation supérieure et une connaissance des milieux d'implantation visés par les centres de recherche et les entreprises émergentes du Québec. Leur rôle sera donc stratégique pour toute la filière.

Les talents requis à cette phase de développement critique sont d'une grande rareté à l'échelle mondiale. Quelques pôles d'attraction sont très en vue sur le marché du travail et attirent des ressources considérables avec lesquelles le Québec devra éventuellement entrer en concurrence. Pour percer, les universités, les centres de recherche et les entreprises québécoises pourraient avoir à faire croître le noyau de personnes de calibre international déjà en place (en optique et en photonique, par exemple) pour compléter les ressources québécoises. Une masse critique de talents (locaux et internationaux) au Québec sera essentielle au futur succès de l'industrie.

En plus de ceux qui œuvrent en intelligence artificielle (SCIAN 2173), les professionnels les plus recherchés seront les ingénieurs de systèmes avancés d'assistance et d'aide à la conduite, les ingénieurs en conception de logiciel, les administrateurs et analystes de bases de données et les programmeurs et développeurs en médias interactifs.



DIAGRAMME 25 Professions prioritaires pour les entreprises québécoises œuvrant dans les TEI, 2020-2030



Source : MARCON, 2020.

Par ailleurs, la filière des véhicules électriques aura besoin d'un nombre suffisant de personnes pour répondre à une demande commerciale en forte croissance. La section décrit en détail les professions les plus recherchées en raison des besoins grandissants de l'industrie. Règle générale, ces ressources seront affectées à la production des véhicules électriques et à leur service. Il s'agit des ingénieurs (électriciens et électroniciens), des technologues (électriciens et électroniciens), des électromécaniciens et des spécialistes des ventes techniques. Pour le service après-vente, on anticipe aussi un besoin important de mécaniciens et réparateurs de véhicules automobiles, de camions et d'autobus qui pourront réparer et entretenir les véhicules électriques de toutes catégories.



5.2 Analyse des besoins en main-d'œuvre

Les difficultés de recrutement observées parmi les entreprises des secteurs des transports électriques et intelligents ne semblent pas, pour l'instant, liées à un problème de disponibilité ou d'accessibilité à des programmes de formation. Celles-ci tiennent avant tout au nombre restreint de diplômés ayant été préalablement exposés aux secteurs des TEI et disposant d'un minimum d'expérience connexe, comme un stage en entreprise.

Finalement, le contexte actuel de quasi-plein-emploi combiné au vieillissement accéléré de la population active exacerbe la situation. On devra effectivement composer avec un facteur démographique immuable : le vieillissement de la population. Comme le montrent les courbes du diagramme 26, on anticipe une compression des effectifs en raison de l'écart de population active sur le marché du travail entre le retrait progressif des gens âgés de 55 ans et plus (7,8 % de la population totale) et l'arrivée des jeunes qui les remplaceront (5,4 % de la population).

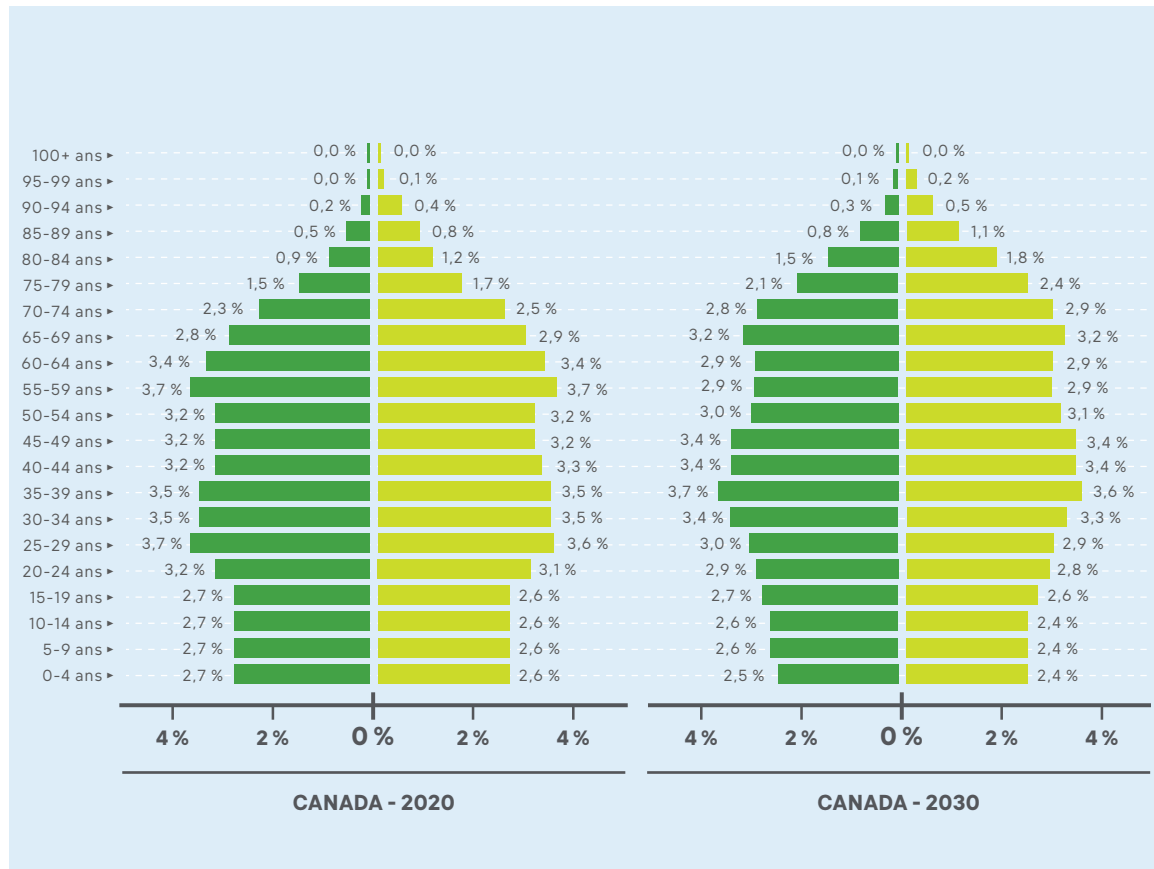
Ainsi, à moins de convaincre les personnes âgées de plus de 65 ans de demeurer en emploi, plus de 175 000 postes seront laissés vacants par les baby-boomers à l'échelle du Québec d'ici 2030. En termes nets, selon l'Institut de la statistique du Québec,⁷² la population apte au travail (âgée de 20 à 65 ans) de l'an 2030 sera moins élevée qu'elle ne l'est aujourd'hui de quelque 144 650 personnes, malgré une croissance de la population de quelque 489 000 personnes d'ici là. Dans ce contexte, la grappe des TEI devra concurrencer les autres industries pour attirer un nombre suffisant de candidats.

Cependant, à l'heure actuelle, le secteur des TEI souffre d'une faible visibilité et ses carrières passent largement inaperçues aux côtés de l'attractivité que représentent les secteurs comme le jeu vidéo ou l'aéronautique. La crainte de manquer de main-d'œuvre de l'industrie des TEI ne semble généralement pas attribuable à un manque de programmes de formation. Elle se concrétisera néanmoins si les entreprises n'arrivent pas à pallier le manque d'attraction de leur industrie, particulièrement dans le contexte des changements démographiques décrits précédemment.

Enfin, la carence de certaines compétences pointues est toujours présente dans les jeunes industries technologiques; les filières des TEI n'y échappent certainement pas. L'offre de formation est adéquate ou peut le devenir. Les centres de formation professionnelle, les cégeps et les universités du Québec sont ouverts à une collaboration plus étroite avec les entreprises qu'ils alimentent en talents de toutes sortes. Il serait sage de pousser le dialogue avec ces institutions d'enseignement qui influencent les carrières que leurs diplômés choisissent.



DIAGRAMME 26 Pyramide des âges, Canada, 2020-2030



Hommes
 Femmes

Source : PopulationPyramid.net, 2020.



5.3 Pertes d'emplois anticipées en raison du déploiement des transports électriques et intelligents au Québec

Toute évolution technologique et industrielle est accompagnée d'une adaptation de la main-d'œuvre à ses besoins. Il est raisonnable d'anticiper que l'économie évoluera et que, dans le cadre de cette adaptation, certains emplois disparaîtront alors que des nouveaux seront créés. Il est toutefois invraisemblable que le changement s'effectue instantanément, ou même rapidement. Malgré l'évolution technologique rapide dans plusieurs domaines, les grands virages comme ceux qui s'amorcent dans l'univers du transport mettront une ou deux décennies à s'effectuer complètement.

Dans un contexte de décroissance de la population active, les emplois qui seront indirectement, mais inévitablement affectés de manière négative par le déploiement des véhicules électriques et intelligents peuvent être remplacés par des emplois de haut calibre pour les Québécoises et les Québécois. Un gouvernement du Québec visionnaire pourra créer des conditions favorables pour saisir toutes les opportunités que le secteur des TEI peut offrir.

Dans cette évolution vers une mobilité électrique et intelligente, les postes de chauffeurs seront particulièrement touchés. En guise d'exemple, le profil démographique des chauffeurs de taxi et de limousine (CNP 7513) montre que presque la moitié a 55 ans ou plus. Ces personnes quitteront le marché du travail avant l'arrivée du véhicule autonome (niveaux 4 et 5).

Tableau 29 Âge des chauffeurs de taxi, chauffeurs de limousine et chauffeurs (CNP 7513) comparé à l'ensemble des professions au Québec

| PROFESSION CHOISIE | |
|--------------------------|------|
| 15 à 24 ans | 2 % |
| 25 à 44 ans | 22 % |
| 45 à 54 ans | 31 % |
| 55 ans ou + | 45 % |
| ENSEMBLE DES PROFESSIONS | |
| 15 à 24 ans | 13 % |
| 25 à 44 ans | 43 % |
| 45 à 54 ans | 24 % |
| 55 ans ou + | 21 % |

Source : IMT en ligne, Emploi-Québec, Salaires et statistiques - CNP 7513.

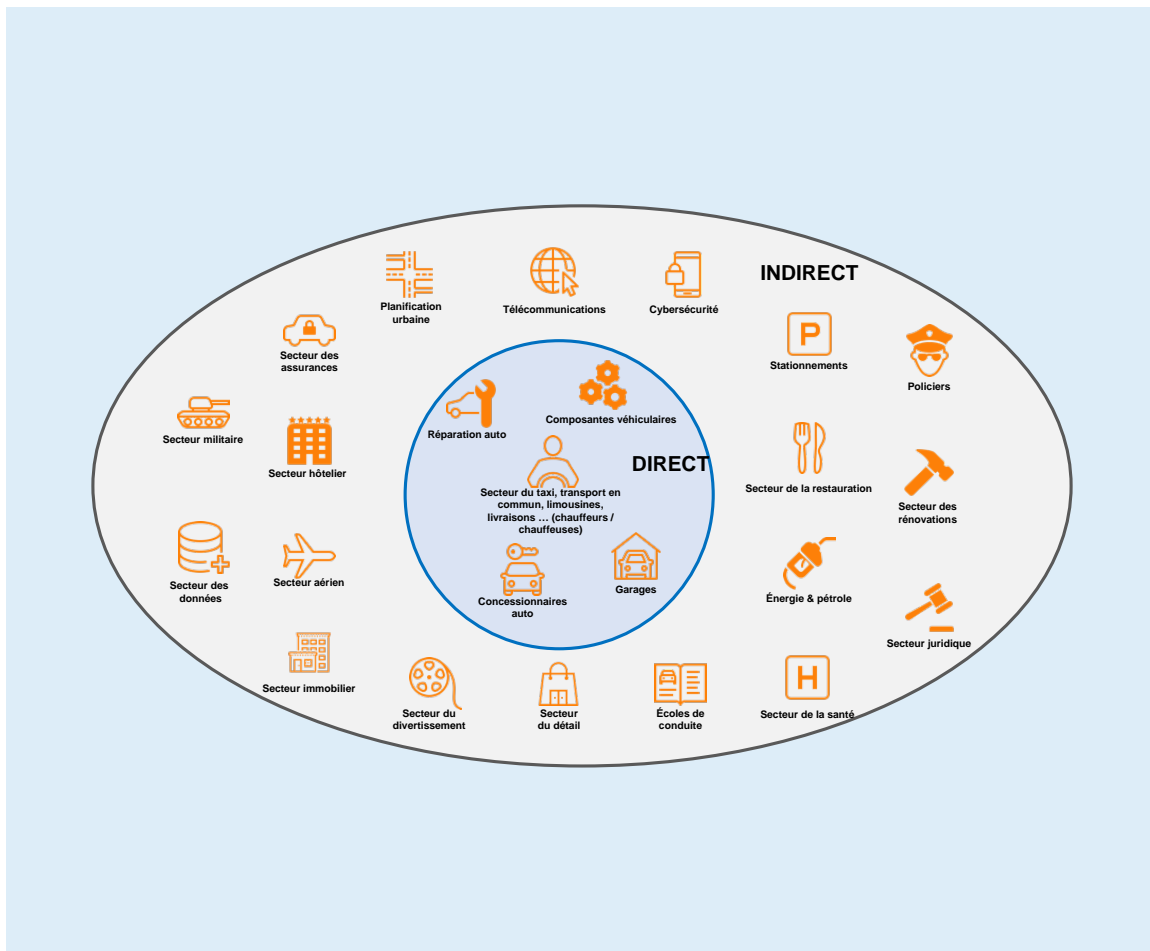
Tel qu'indiqué précédemment, la commercialisation des véhicules autonomes de niveaux 4 et 5 débutera dans les années 2030 et continuera de façon importante pendant les années 2040. Il est donc possible que plusieurs chauffeurs de 45 à 54 ans prennent leur retraite avant la commercialisation généralisée de ces véhicules autonomes. Seulement quelques 24 % des chauffeurs perdront leur emploi avant l'atteinte de leur âge de retraite en raison de l'arrivée des technologies d'intelligence véhiculaire.



Le gouvernement du Québec pourrait atténuer l'impact des pertes d'emplois en ayant des discussions ouvertes et transparentes avec les syndicats afin que ces derniers puissent préparer leurs membres qui seront affectés. Ces membres pourraient être priorités pour des programmes de formation qui les prépareront aux nouveaux emplois créés par le secteur des TEI.

Le diagramme 27 présente sommairement les secteurs qui seront touchés de manière directe et indirecte par l'arrivée des technologies véhiculaires électriques, connectées et autonomes. L'évaluation de ces industries périphériques dépasse le cadre de cette étude.

DIAGRAMME 27 Impacts de l'industrie des TEI sur les autres secteurs de l'économie québécoise



Source : MARCON, 2020.

La plupart des secteurs identifiés au diagramme 27 seront affectés par l'évolution et l'implantation progressive des TEI dans la société. Cet impact suivra le rythme d'adoption des technologies, rythme qui sera lui-même dicté par la vision des différentes autorités gouvernementales en Amérique du Nord. Que ce soit au cours de la présente décennie ou de la prochaine, les secteurs présentés au tableau 30 seront indirectement, mais pas moins grandement affectés par l'adoption des TEI et leurs principes fondamentaux : électrification, connectivité et automatisation.

**TABLEAU 30 Impacts indirects des TEI sur les autres secteurs de l'économie québécoise**

| SECTEURS | TENDANCES ET EXPLICATIONS |
|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Aviation civile | Pour les voyages de courte distance, certains voyageurs préféreront travailler et dormir dans un véhicule autonome plutôt que de vivre un transit parsemé d'escapes (ex. : se rendre à l'aéroport, attendre une heure avant le vol, voyager pendant une heure et sortir à l'aéroport de destination pour prendre un taxi ou louer une auto et se rendre à la destination finale). |
| Assurance automobile | L'assurance automobile représente la moitié des primes des assurances générales. Un passager qui ne conduit pas un véhicule ne peut pas être tenu responsable de son comportement. Les fabricants de véhicules automobiles d'origine (OEM) seront ultimement ceux qui devront assumer cette responsabilité. Certains OEM considèrent déjà très sérieusement la possibilité de s'assurer eux-mêmes et, si les gouvernements le permettent, l'industrie de l'assurance devra encaisser des pertes considérables qui se répercuteront notamment en suppressions de postes massives. |
| Cybersécurité | Les véhicules connectés seront exposés aux enjeux de cybersécurité. MARCON anticipe qu'une industrie se créera dans ce domaine pour accompagner tous les acteurs et les protéger des attaques qui pourraient être désastreuses. |
| Commerce de détail | La popularité du commerce électronique et la disponibilité de modes de livraison propres, autonomes et économiques provoqueront une évolution de l'ensemble du secteur du commerce de détail; il y aura probablement beaucoup moins de points de ventes et d'entreprises ayant pignon sur rue. Cette observation s'applique aussi aux concessionnaires automobiles. On doit anticiper une diminution des besoins pour du personnel aux points de vente. Cet effet sera probablement atténué par l'apparition de centres de démonstration et d'essai où des spécialistes techniques pourront conseiller les clients préalablement à leurs décisions d'achat. |
| Divertissement | Pendant leurs déplacements en véhicule autonome, les passagers auront le loisir de se divertir. Par surcroît, la facilité avec laquelle les véhicules autonomes leur permettront de se déplacer risque fort de les inciter à se rendre au restaurant et au cinéma plus souvent. |
| Données et mégadonnées | Les véhicules, comme tout autre objet connecté, généreront des volumes importants de données. Plusieurs centres de traitement des données et, donc, de nombreux opérateurs, seront requis. Le Québec, grâce à son électricité abondante et propre et son expertise en IA, pourrait hériter d'une quantité disproportionnée de ces centres de traitement des données et devenir un pôle d'excellence mondial en matière d'analyse et d'exploitation des mégadonnées. |
| Écoles de conduite | Les véhicules sans conducteurs élimineront le besoin pour des écoles de conduite. |
| Énergie et pétrole | Les véhicules électriques augmenteront le besoin pour l'électricité, mais diminueront le besoin pour les énergies fossiles. À long terme, les raffineries québécoises pourraient fermer leurs portes. |
| Hôtellerie | Pour des voyages de courte distance et de courte durée, les voyageurs pourront choisir de dormir pendant que le véhicule autonome voyage, éliminant le besoin d'une nuitée d'hôtel. Cette tendance pourrait cependant être atténuée par un nombre plus important de gens qui se déplaceront pour des voyages d'agrément (tourisme). |
| Immobilier | En conséquence des changements du commerce de détail, le caractère de l'immobilier changera. La demande d'espace pour des logements et des bureaux ne sera pas grandement affectée par les TEI. |



| SECTEURS | TENDANCES ET EXPLICATIONS |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Justice | Les véhicules autonomes seront programmés pour obéir au Code de la route, minimisant ainsi les chances de collision et le besoin de se retrouver devant un juge. La problématique de la conduite avec des facultés affaiblies sera aussi éliminée. Avocats, juges et personnel parajuridique seront donc moins occupés par les dossiers liés à de telles infractions. |
| Militaire | L'arrivée de véhicules autonomes dans le secteur militaire minimisera le nombre de soldats conduisant les véhicules militaires et ceux requis pour compléter plusieurs tâches dangereuses comme le déminage. Les drones aériens remplissent déjà un rôle important au sein des forces armées aériennes et les drones terrestres en feront bientôt autant. |
| Planification urbaine | L'évolution de la mobilité sera accompagnée de profonds changements au niveau de la planification urbaine. Des planificateurs seront davantage nécessaires pour revoir les schémas d'aménagement des villes. |
| Sécurité publique | Les véhicules autonomes seront programmés pour obéir au Code de la route, minimisant ainsi le besoin d'affecter des policiers à la patrouille des routes. |
| Rénovation | L'utilisation de véhicules autonomes sur demande permettra aux propriétaires d'immeubles avec garage de rénover ces endroits devenus inutilisés pour servir à d'autres fins. |
| Restauration | Avec des frais de livraison moins élevés, la nourriture livrée coûtera moins cher et stimulera les commandes auprès des restaurants. |
| Santé | Les accidentés de la route représentent une portion importante de la clientèle des hôpitaux. Réduire considérablement le nombre de collisions fera diminuer l'achalandage des hôpitaux. |
| Stationnement | Les espaces de stationnement occupent jusqu'au tiers du terrain de certaines villes nord-américaines. Leurs propriétaires pourront leur trouver d'autres usages, car une grande partie du parc de véhicules sera en circulation perpétuelle, ou presque. |
| Télécommunications | Les véhicules connectés ont besoin de réseaux de télécommunications robustes, rapides et de grande capacité. Leur maintien deviendra un service à la population encore plus essentiel qu'il ne l'est déjà. La mise en place de ces réseaux et leur maintenance créeront de très nombreux emplois. |

 Impact positif

 Impact neutre

 Impact négatif

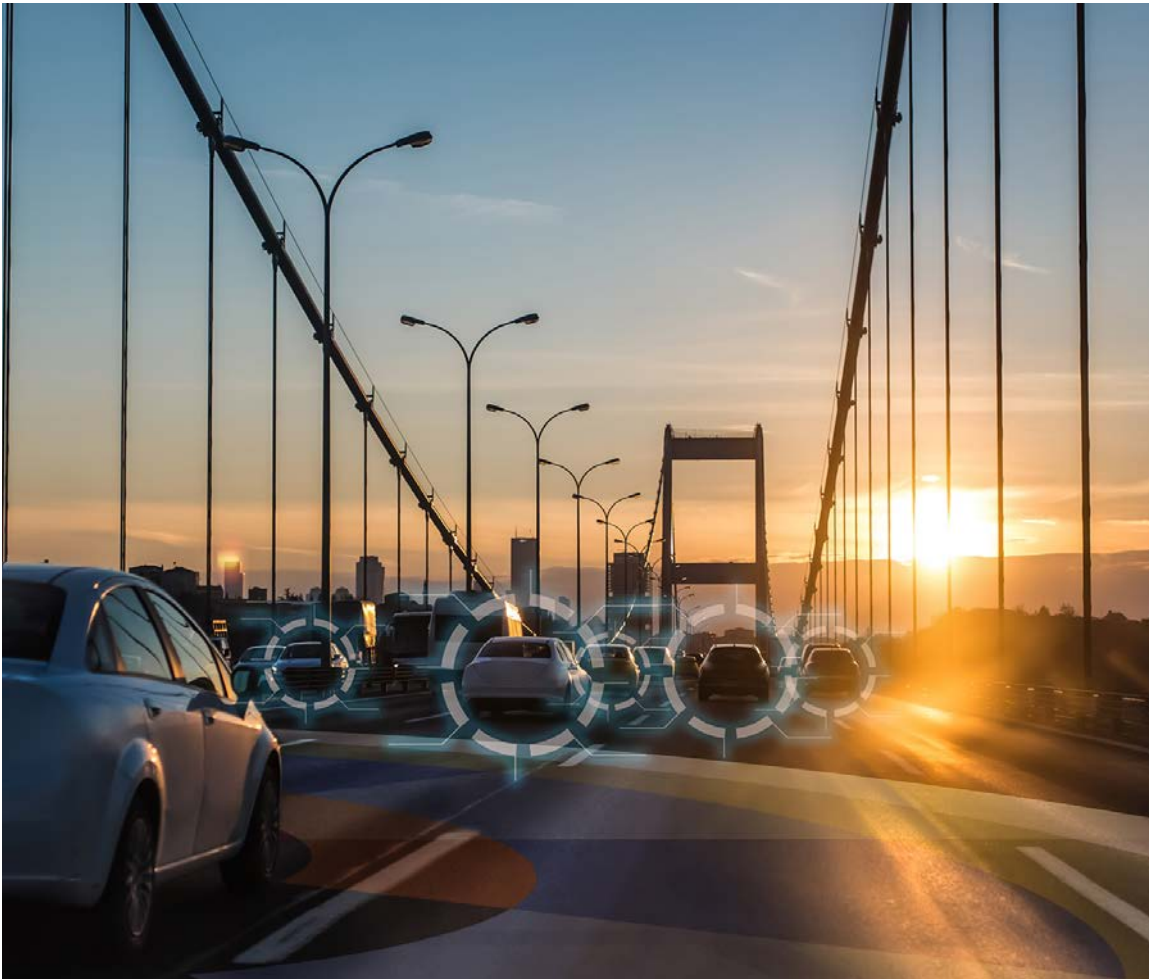
Source : MARCON, 2020.



5.4 Impacts des mesures gouvernementales

Les sections 2.3.1. et 2.3.2 . (et les annexes qui les complètent) font état de l'influence des diverses mesures gouvernementales sur le développement des filières des TEI. Plusieurs études et plusieurs conférences ont démontré le rôle fondamental des initiatives gouvernementales, tous paliers confondus, pour accélérer l'adoption réussie des TEI sur leur territoire.

Dans un marché aussi petit que celui du Québec, encourager l'adoption devient un élément essentiel du succès des entreprises québécoises à l'étranger. Ce succès déterminera en grande partie la quantité et la nature de la main-d'œuvre dont le Québec aura besoin à l'avenir.





6

Recommandations



Les recommandations portent sur la façon dont l'industrie, la grappe et les gouvernements peuvent doter le Québec d'une main-d'œuvre qualifiée pour assurer la croissance de l'industrie.

6.1 Pistes d'action pour accroître la disponibilité de main-d'œuvre pour les professions (codes CNP) prioritaires

Le diagramme 25 a décrit les priorités en termes quantitatifs (les professionnels recherchés en plus grand nombre) et qualitatifs (les professionnels les plus difficiles à trouver, nonobstant leur nombre).

En termes quantitatifs, pour la filière des technologies d'électrification, les insuffisances perçues ou anticipées ne résultent pas d'un manque important de formation, mais plutôt du fait que les formations existantes ne font pas adéquatement valoir l'application des concepts enseignés dans les filières des TEI aux étudiants. Ces carences sont symptomatiques des secteurs industriels en croissance et résultent d'un manque de visibilité dont la conséquence pour la jeune industrie québécoise est la faible attractivité.

PISTE D'ACTION 1

Confier à Propulsion Québec et à ses partenaires le développement et la mise en œuvre d'un bouquet d'actions de promotion des emplois et des formations de l'industrie auprès des étudiants de niveaux universitaire, collégial et secondaire (ex. : présence dans les foires de l'emploi dédiées à l'industrie des TEI, partenariat avec des organismes d'adéquation formation-emploi et en persévérance scolaire, campagnes de promotion, etc.).

1

PISTE D'ACTION 2

Travailler avec les institutions d'enseignement postsecondaire et leurs représentants afin d'assurer l'ajustement des curriculums existants pour y introduire l'enseignement des notions appliquées au contexte des TEI.

2



Selon les acteurs de la filière de l'électrification, les programmes de formation initiale au Québec fournissent une bonne base de connaissances générales et théoriques aux étudiants, mais les références aux transports électriques et intelligents sont trop souvent absentes. De même, la formation présenterait des lacunes en lien avec plusieurs des compétences convoitées.

Le tableau 31 brosse un portrait des compétences que l'ensemble de l'industrie des TEI souhaite voir mieux développées, et donc des ajustements à apporter aux contenus de formation.

Tableau 31 Compétences à développer parmi les professions (code CNP) prioritaires au développement de l'industrie québécoise des TEI

| Professions et compétences à développer | Véhicules électriques | Véhicules intelligents |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------------------|
| Ingénieurs électriciens et électroniciens (CNP 2133) | | |
| Normes et protocoles spécifiques au secteur automobile | X | X |
| Connaissances approfondies en électronique de puissance pour TEI | X | X |
| Ingénieurs et concepteurs en logiciel (CNP 2173) | | |
| Normes et protocoles spécifiques au secteur automobile | X | X |
| Conception de plans et de logiciels (systèmes embarqués, réseaux cellulaires) | | X |
| Conception de pilotes matériels pour logiciels de systèmes embarqués | | X |
| Développement de la sécurité des données | X | X |
| Tests et mesures spécifiques à l'intelligence artificielle des TEI | | X |
| Programmeurs et développeurs en médias interactifs (CNP 2174) | | |
| Connaissances de base reliées à la programmation distincte applicable aux TEI | | X |
| Apprentissage automatique (« <i>machine learning</i> »), apprentissage en profondeur (« <i>deep learning</i> » ⁷³), annotation | | X |
| Programmation en temps réel | | X |
| Contrôle de la qualité en lien avec la sécurité informatique | | X |
| Spécialistes des ventes techniques – commerce de gros (CNP 6221) | | |
| Connaissances de base reliées aux véhicules intelligents | | X |
| Mécaniciens et réparateurs de véhicules automobiles, de camions et d'autobus (CNP 7321) | | |
| Entretien et réparation de la portion électrique des VÉ | X | |
| Utilisation de l'ordinateur diagnostique propre à chaque manufacturier de VÉ | X | |

Source : MARCON, 2020.

73 L'apprentissage en profondeur implique la réalisation d'une tâche à l'aide d'un algorithme mathématique, mais où la présence du programmeur demeure essentielle. En comparaison, l'apprentissage automatique implique la réalisation à l'aide d'un algorithme mathématique et d'intelligence artificielle (programme informatique), mais sans l'interférence du programmeur.



Voici comment ces exigences qualitatives concernent les professions prioritaires pour les entreprises québécoises.

Ingénieurs électriciens et électroniciens (CNP 2133)

Selon les entreprises sondées, les normes et protocoles spécifiques à la qualité, la sécurité et au processus de développement du secteur automobile seraient pratiquement absents des programmes en ingénierie.

Les entreprises aimeraient que les diplômés aient été sensibilisés aux normes de qualité et de sécurité et aux protocoles automobiles applicables (ex. : SAE, IEEE, ISO) ainsi qu'à leurs impacts aux étapes de la conception et du développement de produits. Ceci pourrait prendre la forme d'un module au sein de cours obligatoires ou de cours à option existants.

Ingénieurs et concepteurs en logiciel (CNP 2173)

Les commentaires précédents concernent également les ingénieurs et concepteurs en logiciel.

L'absence de formation en développement de plateformes androïdes ou embarquées au baccalauréat est déplorée par les entreprises du secteur des transports intelligents. Ces dernières souhaitent la création d'un tel programme incluant un contenu de formation en intelligence artificielle et en vision de véhicules. Ceci pourrait être fait par l'ajout de modules ou de cours de spécialisation à des programmes existants.

De même, le développement d'applications et de logiciels exige de solides compétences en conception de plans et logiciels spécifiques aux systèmes embarqués et réseaux cellulaires, en conception de pilotes matériels pour logiciels destinés à être intégrés à un « *Board Support Package* » (BSP) ou à un « *Graphics Processing Unit* » (GPU) et en protection de la sécurité des données. Les ingénieurs électriques sont aussi appelés à effectuer des tests et mesures de validation de l'intelligence artificielle et des compétences à cet effet doivent être développées. Une offre de formation universitaire intégrant mieux les besoins des entreprises des TEI est souhaitée.

Programmeurs et développeurs en médias interactifs (CNP 2174)

Les programmeurs disposant de compétences en programmation liées à l'apprentissage en profondeur (« *deep learning* ») et à l'apprentissage automatique (« *machine learning* »), à la programmation en temps réel et au contrôle de la qualité en lien avec la sécurité informatique seront en forte demande par les entreprises de la filière des véhicules intelligents.

Bien que le Québec dispose de différents programmes de formation pour les programmeurs, les étudiants seraient en général peu ou pas exposés aux particularités et aux besoins du secteur des TEI (ex. : lignes de code de programmation spécifiques).



Mécaniciens et réparateurs de véhicules automobiles, de camions et d'autobus (CNP 7321)

Le besoin de doter les mécaniciens automobiles en emploi de compétences en entretien et en réparation des composantes électriques a été souligné par quelques-uns.

Les mécaniciens et réparateurs doivent entre autres savoir utiliser l'ordinateur de diagnostic propre à chaque manufacturier de véhicules électriques et pouvoir effectuer les travaux de réparation nécessaires.⁷⁴

Dans le cas des mécaniciens d'autobus actuellement en emploi, les besoins se limitent pour l'essentiel à de la formation continue en vue de mettre à niveau leurs compétences.

Spécialistes des ventes techniques – commerce de gros (CNP 6221)

Parmi les autres professions prioritaires, plusieurs entreprises du secteur des véhicules intelligents soulignent le besoin de disposer de vendeurs et représentants ayant déjà une bonne compréhension des TEI et de leurs marchés. L'accès à une formation de base de courte durée pourrait possiblement convenir.

Autres professions prioritaires

Aucun besoin spécifique n'a été identifié dans les cas des analystes de bases de données et administrateurs (CNP 2172), des technologues et techniciens en génie électroniques et électriques (CNP 2241) et des électromécaniciens (CNP 7333).

L'industrie des TEI souhaiterait que l'ensemble des professionnels clés soient davantage exposés aux TEI au cours de leur formation initiale.

PISTE D'ACTION 3

Ajouter des stages en entreprise pour faire connaître l'industrie aux étudiants et pour les exposer aux applications des concepts enseignés dans le contexte des technologies des transports électriques et intelligents.

3

Du côté de la filière du **transport intelligent**, la nature du besoin est aussi plus qualitative que quantitative, mais elle est aussi plus générale. La difficulté consiste donc à attirer au Québec des ressources de très haut calibre qui constitueront, avec la base d'expertise existante, une masse critique suffisante pour attirer d'autres professionnels vers les technologies de l'intelligence véhiculaire.

⁷⁴ Tel que précisé à la section 4.5.1, il est déjà prévu que le DEP en mécanique automobile intégrera un contenu de formation en mécanique électrique dès l'an prochain.



4

PISTE D'ACTION 4

Sélectionner les créneaux du secteur des transports intelligents où le Québec peut et veut exceller afin d'assurer un alignement des initiatives de tous les acteurs de l'industrie. Cette synergie guidera l'action gouvernementale en matière d'investissement, de développement, de formation et de recrutement international.

Un plan de recrutement agressif devrait être mis en place pour procurer au Québec les meilleures ressources au monde dans les créneaux retenus et pour lancer une véritable industrie québécoise du transport intelligent en s'appuyant sur les fondations existantes (ex. : LeddarTech et Immervision). Pour en garantir le succès, un tel plan devra nécessairement être nanti d'un budget adéquat et assorti d'un portefeuille de mesures incitatives financières et fiscales, de même que d'avantages intangibles.

5

PISTE D'ACTION 5

En collaboration avec les organisations responsables du recrutement des talents internationaux (Montréal International, Québec International, etc.), s'assurer de coordonner les efforts de recrutement internationaux aux autres efforts de promotion et d'adaptation des parcours de formation afin d'attirer au Québec les meilleures ressources du monde.



6.2 Pistes d'action pour atténuer les pertes d'emplois

Les pertes d'emplois anticipées résulteront de l'adoption des TEI par les usagers québécois. Elles sont parfois indirectement souhaitables (ex. : moins d'accidentés entraîneront une diminution des besoins pour des soins de santé), mais toujours inévitables. En effet, que les technologies soient issues du Québec ou d'ailleurs, elles seront adoptées tôt ou tard. Pour les entreprises de tous genres, ce sera dans le but de maintenir leur compétitivité. Pour les gouvernements, l'adoption visera à s'acquitter de leurs engagements en matière de lutte aux changements climatiques.

Cette adoption et les pertes de postes se feront de manière graduelle, coïncidant avec la baisse de disponibilité de la main-d'œuvre attribuable au vieillissement de la population. Les pertes d'emplois se feront donc partiellement par attrition naturelle. La création d'emplois de qualité supérieure par l'industrie des TEI viendra compenser ces pertes.

PISTE D'ACTION 6



Procéder à une évaluation quantitative plus exhaustive des emplois directement et indirectement à risque et à un suivi à intervalles réguliers du rythme de perte de postes pour chaque code CNP concerné. Au besoin, dresser un plan de redéploiement de ces ressources par l'intermédiaire de programmes de requalification et de placement en collaboration avec les acteurs clés, dont le gouvernement fédéral.

6



6.3 Formations requises et priorités

Les besoins en formation sont bien évidemment tributaires du succès commercial des entreprises. Toutes les initiatives qui accroîtront les ventes des entreprises québécoises intensifieront les besoins en main-d'œuvre. Le Québec possède des atouts importants qui lui permettront de percer plusieurs niches et de se créer une abondante richesse. Déjà bien engagé dans l'électrification, il lui faudra maintenir le cap. En matière d'automatisation, le Québec accuse un certain retard comparativement aux chefs de file actuels. Ce retard n'est pas insurmontable et les acquis québécois en TEI permettront assurément de le rattraper si les mesures nécessaires sont rapidement appliquées.

PISTE D'ACTION 7

Créer un mécanisme de coordination impliquant les différents acteurs de la filière des TEI (potentiellement représentés par la grappe) pour assurer la communication continue des besoins des entreprises au secteur académique et ainsi assurer une adéquation entre l'offre de formation et les besoins de l'industrie. Une table de concertation des acteurs en matière de formation (au sein du chantier sur la main-d'œuvre de Propulsion Québec, par exemple) pourrait s'y ajouter pour harmoniser les contenus de formation.

7

PISTE D'ACTION 8

Considérer la possibilité que la grappe devienne LE courtier de formation pour répondre aux besoins ponctuels des entreprises en gardant un répertoire complet et à jour des formateurs, des programmes et des contenus. La grappe pourrait ainsi renseigner et conseiller les membres qui expriment ces besoins et accélérer le développement de l'industrie.

8



6.4 Autres recommandations

Le secteur des TEI devra faire des choix stratégiques en fonction des atouts et des forces propres au Québec. Ceci aura un impact très important sur la formation et l'attraction de la main-d'œuvre.

MARCON présente donc à l'annexe VIII une liste des recommandations pour les actions possibles à court et moyen termes afin d'encourager l'expansion du secteur des TEI au Québec.





A

Annexes



ANNEXE I

Défis associés avec la cueillette des données pour cette étude

Cette annexe est un extrait textuel de l'offre de services soumise par MARCON et acceptée par la grappe en début de projet. Il ne s'agit que d'un rappel des limitations de cette étude.

La rareté de données et d'études pertinentes

Bien qu'on retrouve une documentation abondante relative au phénomène de l'électrification des transports et des véhicules autonomes, l'impact sur les besoins en main-d'œuvre et compétences est très peu documenté. Les quelques rares études disponibles fournissent des informations partielles et rarement quantitatives.

Les exceptions notables sont les dossiers présentés par des analystes financiers de grandes maisons de placement et les revues qui y sont associées (ex. : Forbes) où l'on présente des mégadonnées concernant l'impact négatif ou positif de ces technologies sur l'économie (généralement américaine). Le Centre pour le transport et les infrastructures du Conference Board du Canada⁷⁵ confiait en 2015 une étude de la sorte à CAVCOE et à l'Institut Van Horne afin de principalement « *canadianiser* » une étude complétée par Morgan Stanley l'année précédente.⁷⁶ Aucun de ces rapports ne se risque à définir des échéances pour l'économie anticipée.

Les limitations associées à l'utilisation des entreprises pour fournir une évaluation de leurs besoins en main-d'œuvre à l'horizon 2030

L'expérience acquise dans le cadre des mandats qui ont été confiés par Élexpertise à MARCON démontre que les dirigeants d'entreprises sont en mesure de fournir des indications sur l'évolution du marché au cours des prochaines années et sur les enjeux de main-d'œuvre de leur entreprise. De même, les directeurs des ressources humaines peuvent fournir des précisions sur les besoins en main-d'œuvre et les exigences de recrutement (formation, expérience, qualifications) pour les postes clés liés aux transports électriques et intelligents, mais au mieux pour deux à trois ans.

Les besoins en main-d'œuvre à l'horizon 2030 tiendront compte de l'ensemble des facteurs qui l'influenceront, au Québec et ailleurs dans le monde, et non seulement d'un phénomène technologique isolé.

Sources de données pour mener une évaluation macroéconomique

Des sources de données provenant des secteurs publics et privés doivent être utilisées dans le cadre de cette recherche. Chaque entité, incluant chaque gouvernement, découpe, regroupe et présente les données de différentes façons. Un défi important est de créer une manière homogène de représenter les données.

⁷⁵ Conference Board of Canada, Les véhicules automatisés : l'avènement de la prochaine technologie perturbatrice, 2015.
⁷⁶ Lewis, Colin. « Morgan Stanley Reports on the Economic Benefits of Driverless Cars » Robohub, 26 février 2014.



Sources de données pour mener une évaluation quantitative sur la main-d'œuvre

Il est impossible d'obtenir de l'information fiable de la part des dirigeants d'entreprises quant à leurs besoins en main-d'œuvre au-delà des 18 à 24 prochains mois.

RAISON 1 : Une portion substantielle de l'univers de recherche visé, la chaîne de valeur des véhicules électriques et des bornes de recharge, vient d'être intensément sollicitée par trois études.

RAISON 2 : Les besoins en main-d'œuvre sont tributaires de la quantité de biens et services à livrer, qui dépendent eux-mêmes d'une demande de la part des consommateurs individuels et des acheteurs commerciaux. Or, dans la plupart des créneaux, une analyse sérieuse de cette demande à la source n'a jamais été réalisée.

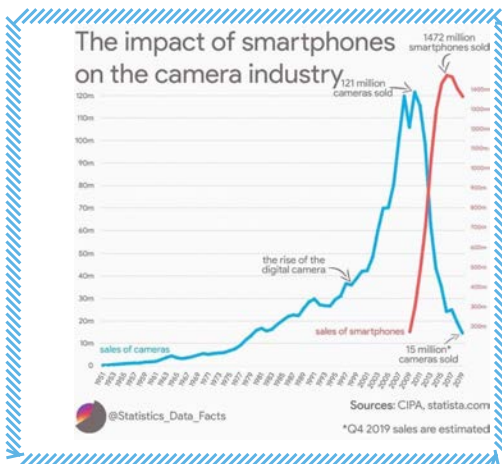
RAISON 3 : Le degré de précision des répondants est limité en grande partie par le grand nombre de facteurs imprévisibles, incluant leur propre compétitivité, l'arrivée de nouveaux joueurs sur les marchés, les variations saisonnières et économiques, le prix du pétrole, l'arrivée de nouvelles technologies de batterie ou d'optique (pour les véhicules autonomes), les règlements, etc.

RAISON 4 : La diversité des créneaux visés nécessite des tailles échantillonnelles énormes pour assurer des degrés de précision et de fiabilité théoriques (au plan statistique) qui s'approchent d'un recensement plutôt que d'un échantillonnage.

RAISON 5 : Malgré les efforts consentis au recrutement de participants au Forum sur la main-d'œuvre par Propulsion Québec, il est impossible d'avoir une bonne représentativité de tous les secteurs d'activité concernés par les transports électriques et intelligents. De même, certains profils de participants sont mieux qualifiés pour se prononcer sur les compétences requises pour les professions prioritaires.

Difficultés associées au développement de prévisions

Il est extrêmement difficile de prévoir la demande pour la mobilité dans un contexte où l'industrie est en évolution – en révolution. D'ici 2050, les technologies actuelles évolueront et de nouvelles technologies feront probablement leur entrée sur le marché.



L'illustration en mortaise présente un tel exemple. En effet, l'arrivée du téléphone intelligent a eu un impact désastreux sur l'industrie des caméras. Il aurait été impossible de prévoir le développement et la commercialisation du téléphone intelligent ainsi que l'impact sur les ventes de caméras.

Un autre exemple est relié à la prévision de ventes de téléphones intelligents. En 1980, AT&T a engagé la firme de consultation McKinsey afin de prévoir la demande pour les téléphones cellulaires en l'an 2000. Suite à une étude exhaustive, McKinsey a conclu qu'en 2000, il y aurait 900 000 usagers de téléphones cellulaires. La réalité : en 2020, il y avait 109 millions d'usagers de téléphones cellulaires, soit plus de 120 fois la prévision de McKinsey.

Les prévisions de McKinsey démontrent à quel point il est difficile de faire des prévisions sur un horizon de plus de dix ans – surtout dans une industrie en pleine révolution.



ANNEXE II

Niveaux d'automatisation des véhicules selon la Society of Automotive Engineer (SAE)

Le système de classification de la SAE comporte six niveaux qui vont de la conduite toute humaine à la conduite toute automatisée. Il évalue le degré d'attention et d'intervention requis du conducteur plutôt que des fonctions intégrées au véhicule, bien que ces deux éléments soient intimement liés.

| Niveau | Nom | Définition | Direction, accélération et décélération | Surveillance de l'environnement de conduite | Manœuvres de conduite dynamique | Fonctions (modes de conduite) |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| Le conducteur surveille l'environnement de conduite | | | | | | |
| 0 | Aucune automatisation | Le conducteur contrôle tous les aspects de la conduite dynamique, même lorsque le véhicule est muni de systèmes d'avertissement ou d'intervention. | Conducteur | Conducteur | Conducteur | S. O. |
| 1 | Aide à la conduite | Un système d'aide à la conduite contrôle les fonctions de direction ou d'accélération/décélération en utilisant des données sur l'environnement de conduite. Le conducteur doit exécuter toutes les autres manœuvres de conduite dynamique. | Conducteur et système | Conducteur | Conducteur | Certains modes de conduite |
| 2 | Automatisation partielle | Un ou plusieurs systèmes d'aide à la conduite contrôlent à la fois les fonctions de direction et d'accélération/décélération en utilisant des données sur l'environnement de conduite. Le conducteur doit exécuter toutes les autres manœuvres de conduite dynamique. | Système | Conducteur | Conducteur | Certains modes de conduite |
| Le système de conduite automatisé (« système ») surveille l'environnement de conduite | | | | | | |
| 3 | Automatisation conditionnelle | Un système de conduite automatisé contrôle tous les aspects de la conduite dynamique, et l'on s'attend à ce que le conducteur réagisse de manière appropriée lorsqu'il lui est demandé d'intervenir. | Système | Système | Conducteur | Certains modes de conduite |
| 4 | Automatisation élevée | Un système de conduite automatisé contrôle tous les aspects de la conduite dynamique, même lorsque le conducteur ne réagit pas de manière appropriée lorsqu'il lui est demandé d'intervenir. | Système | Système | Système | Certains modes de conduite |
| 5 | Automatisation complète | Un système de conduite automatisé contrôle en tout temps tous les aspects de la conduite dynamique dans toutes les conditions routières et environnementales gérables par un conducteur humain. | Système | Système | Système | Tous les modes de conduite |

Source : Conseil canadien des administrateurs en transport motorisé (CCATM), Livre blanc : Les véhicules automatisés au Canada, 30 novembre 2016, p. 7.



ANNEXE III

Facteurs d'influence sur l'adoption des TEI et leurs impacts sur l'adoption des VÉ et VI pour le transport de personnes

Tous les motifs qui ont été considérés par le panel d'experts de MARCON sont énumérés ci-après et présentent une qualification des impacts prévus dans les calculs sur les taux d'adoption des véhicules électriques et intelligents utilisés pour le transport de personnes, pour les scénarios pessimiste (P), réaliste (R) et optimiste (O). Cette annexe est un document de travail offert au lecteur désireux d'approfondir les sujets abordés dans le présent rapport.

| MOBILITÉ DES PERSONNES | Raisonnement | Scénario RÉALISTE - hypothèses de prévision | Impact sur l'adoption de l'électrification et de l'intelligence | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|---|---|-------|---|---|-------|---|---|--|
| | | | Léger | | | Moyen | | | Lourd | | | |
| | | | P | R | O | P | R | O | P | R | O | |
| Facteurs sociodémographiques | | | | | | | | | | | | |
| Vieillessement de la population | Les personnes de 70 ans et plus représenteront 17,1 % de la population des États-Unis et 19,2 % de la population canadienne, soit environ 74 millions de personnes. Ces personnes devront « être conduites » plutôt que de « se conduire elles-mêmes », ce qui entraînera un besoin accru de véhicules autonomes. | Les personnes âgées seront ouvertes à la technologie des VA en raison de leur sécurité et de leur coût inférieur à la possession d'un véhicule. Cependant, elles utiliseront moins les véhicules de grande capacité (véhicules lourds) compte tenu de leur mobilité physique réduite. | | | | | | | | | | |
| Urbanisation | Plus d'urbanisation signifie une plus grande adoption de la mobilité partagée et moins de véhicules détenus ou exploités individuellement. Plus le kilométrage annuel d'un véhicule partagé est élevé, plus le véhicule est économiquement rentable. La technologie d'automatisation facilitera l'utilisation de la mobilité partagée. Aujourd'hui, environ 82 % de la population d'Amérique du Nord vit en milieu urbain; en 2050, ce sera environ 87 %, soit près de 476 millions de personnes. | L'augmentation de la population et l'urbanisation accrue créeront des pressions sur les infrastructures de mobilité et encourageront les gouvernements à introduire des réglementations et d'autres mesures encourageant la mobilité partagée, l'électrification et l'automatisation. Il en résultera également des investissements plus importants dans les modes de transport à grande capacité. | | | | | | | | | | |
| Étalement urbain | Vivre plus loin encourage l'utilisation de la technologie des VA partagés pour augmenter la productivité pendant le déplacement. Cet étalement urbain nécessite des investissements plus importants dans des projets de transport de personnes à grande capacité. | Les gouvernements investiront dans des projets qui aideront à déplacer un grand nombre de personnes. | | | | | | | | | | |



| MOBILITÉ DES PERSONNES | Raisonnement | Scénario RÉALISTE - hypothèses de prévision | Impact sur l'adoption de l'électrification et de l'intelligence | | | | | | | | |
|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|---|---|-------|---|---|-------|---|---|
| | | | Léger | | | Moyen | | | Lourd | | |
| | | | P | R | O | P | R | O | P | R | O |
| Télétravail et études à distance | Les personnes qui ne se déplacent pas pour travailler ou pour étudier ont généralement moins besoin de posséder un véhicule. Résultat : une utilisation accrue des modes de mobilité partagée. | Selon les simulations du Forum international des transports de l'OCDE, ce facteur aura un impact minimal sur le nombre de véhicules. | | | | | | | | | |
| Économie | | | | | | | | | | | |
| Prix du pétrole par rapport au prix de l'électricité | Plus le prix du pétrole (et donc du diesel et de l'essence) est élevé, plus les véhicules à combustion interne coûtent cher. Des prix du pétrole plus élevés entraînent donc une adoption plus grande des véhicules électriques. | La hausse des prix du pétrole entraînera une demande plus grande pour les véhicules électriques. Comme les véhicules lourds durent plus longtemps, la conversion au tout électrique sera plus lente dans cette catégorie de véhicules que pour les poids léger et moyen. | | | | | | | | | |
| Avancées technologiques et offre des produits | | | | | | | | | | | |
| Performance et coût de la batterie | Plus les performances (autonomie) seront élevées et plus le coût des batteries sera faible, plus l'adoption des VÉ sera importante. | Les tendances historiques des prix des batteries et les améliorations des performances se poursuivront, entraînant une parité des prix avec les véhicules légers à combustion interne dans les années 2020. D'ici 2050, les coûts du cycle de vie seront plus faibles pour les VÉ que pour les véhicules à combustion interne. Dans les catégories de véhicules moyens et lourds, la parité des prix sera atteinte dans les années 2030 et les coûts du cycle de vie seront réduits (même sans mesures incitatives). | | | | | | | | | |
| Offre de solutions électriques | Plus il y aura de solutions offertes, plus les chances d'adoption sont grandes. | Dans la catégorie des véhicules légers, des dizaines de nouveaux modèles sont prévues dans la première moitié des années 2020. Dans les catégories des véhicules moyens et lourds, MARCON anticipe que la très grande majorité des véhicules sur rail pour passagers seront électriques. Les autobus de transport en commun et scolaire seront pour la plupart remplacés par des autobus électriques. Toutes ces tendances devraient se poursuivre jusqu'en 2050, avec une amélioration de la performance et une baisse des coûts. | | | | | | | | | |



| MOBILITÉ DES PERSONNES | Raisonnement | Scénario RÉALISTE - hypothèses de prévision | Impact sur l'adoption de l'électrification et de l'intelligence | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|---|---|-------|---|---|-------|---|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | Léger | | | Moyen | | | Lourd | | | | | | | | | | | |
| | | | P | R | O | P | R | O | P | R | O | | | | | | | | | |
| Prix des véhicules électriques | La parité des prix avec les modèles à combustion interne se traduira par une adoption plus large de VÉ. | MARCON s'attend à ce que les tendances historiques des prix des batteries et les améliorations des performances se poursuivent, entraînant une parité des prix dans les véhicules légers à combustion interne dans les années 2020. Dans les catégories moyennes et lourdes, la parité des prix dans les années 2030, les coûts du cycle de vie inférieurs (même sans mesures incitatives). | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Prix des véhicules autonomes | Compte tenu de la technologie embarquée (capteurs, LiDAR, etc.), les véhicules connectés et autonomes seront plus chers que leurs équivalents non autonomes. | Compte tenu des prix relativement plus élevés, ces véhicules seront probablement utilisés dans les flottes de véhicules en mode partagé. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cartographie et préparation de l'infrastructure | La cartographie de l'environnement dans lequel les VA fonctionneront est coûteuse et peut ralentir l'adoption des VA. Certaines entreprises impliquées dans le développement de technologies audiovisuelles ont indiqué que des modifications de l'infrastructure routière (même minimales) pourraient être nécessaires au fonctionnement adéquat des VA : éliminer les nids-de-poule, assurer un marquage au sol clair, etc. | Étant donné que l'utilisation de la technologie des VA se traduira par de nouveaux modèles d'affaires en mobilité et des revenus importants pour ceux qui ont investi des milliards de dollars dans le développement de cette technologie, MARCON suppose que des investissements privés seront effectués dans la cartographie pour permettre le déploiement de cette technologie et que l'Amérique du Nord sera l'une des premières zones cartographiées (zones urbaines relativement jeunes avec un tracé de routes plus facile à cartographier). Étant donné la contribution potentielle de cette technologie à un système de mobilité plus durable, MARCON émet l'hypothèse que les gouvernements feront des investissements pour entretenir les infrastructures routières afin de faciliter le déploiement de masse des VA connectés. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



| MOBILITÉ DES PERSONNES | Raisonnement | Scénario RÉALISTE - hypothèses de prévision | Impact sur l'adoption de l'électrification et de l'intelligence | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|---|---|-------|---|---|-------|---|---|--|--|--|
| | | | Léger | | | Moyen | | | Lourd | | | | | |
| | | | P | R | O | P | R | O | P | R | O | | | |
| Préparation des technologies d'automatisation et de connectivité | <p>Les VA faciliteront les services de mobilité partagée sur demande. Étant donné qu'un chauffeur ne sera pas nécessaire, l'hypothèse est que le coût par kilomètre parcouru sera inférieur à celui des services de transport collectif. Cela entraînera une diminution du nombre de véhicules sur la route. Les véhicules seront probablement plus modulaires, plus faciles à entretenir et capables de résister à une utilisation intensive dans un environnement partagé. Un kilométrage annuel plus élevé par véhicule entraînera probablement le besoin de les remplacer plus rapidement que les véhicules conventionnels. La technologie sera donc mise à jour plus fréquemment.</p> <p>Un plus grand nombre de moyens de transport autonomes (minibus, navettes) et de véhicules lourds (bus, trains, tramways, etc.) permettra de déplacer un plus grand nombre de personnes.</p> | <p>Au cours des 30 prochaines années, la connectivité et l'automatisation feront de grands progrès.</p> <p>Un déploiement technologique au milieu des années 2030. Les véhicules lourds seront plus faciles à automatiser étant donné qu'ils fonctionnent souvent dans des zones / voies réservées: trains, camions dans des voies réservées</p> | | | | | | | | | | | | |
| Allègement des véhicules | <p>À mesure que les véhicules deviendront plus sécuritaires (grâce à la technologie), ils pourront être plus légers. Des véhicules électriques plus légers jouiront de davantage d'autonomie. De plus, une plus grande autonomie permettra aux véhicules autonomes d'être électriques.</p> | <p>L'automatisation facilitera l'allègement des véhicules, ce qui encouragera l'électrification des véhicules autonomes. Cependant, la tendance à l'électrification se produira malgré tout.</p> | | | | | | | | | | | | |



| MOBILITÉ DES PERSONNES | Raisonnement | Scénario RÉALISTE - hypothèses de prévision | Impact sur l'adoption de l'électrification et de l'intelligence | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|---|---|-------|---|---|-------|---|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | Léger | | | Moyen | | | Lourd | | | | | | | | | | | |
| | | | P | R | O | P | R | O | P | R | O | | | | | | | | | |
| Technologies compétitives (et infrastructures associées) | Une technologie à hydrogène (ou autre technologie en concurrence avec les batteries) plus efficace en termes de coûts et de performance aura un impact négatif sur l'adoption des véhicules électriques à batterie. Des recherches importantes continueront à contribuer à des améliorations des VÉ à batterie. L'infrastructure de ravitaillement en hydrogène coûte cher, ce qui rend difficile un déploiement rapide. | Aucune autre technologie concurrentielle ne pourra remplacer la technologie des véhicules électriques à batterie. La technologie de l'hydrogène pourrait cependant faire des percées dans le transport de personnes par autobus sur de longues distances. Pour ces véhicules plus lourds, des solutions hybrides (hydrogène et batterie) seront offertes. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Réglementation | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Restriction d'accès aux véhicules en zones urbaines | Afin de lutter contre la congestion dans les zones urbaines, plusieurs villes du monde ont mis en œuvre ou envisagent de mettre en œuvre des règles restreignant l'accès à certaines zones. Plus il y a de restrictions sur l'accès aux véhicules, moins l'utilisation des véhicules est importante et moins être propriétaire d'un véhicule est intéressant pour les citoyens qui ont besoin d'accéder fréquemment à ces zones. | Des restrictions d'accès seront utilisées dans de nombreuses zones urbaines, ce qui entraînera une plus grande utilisation des options de mobilité partagée, y compris les véhicules de grande capacité, les véhicules moyens (navettes et minibus) et les véhicules légers (connectivité, premier et dernier kilomètres parcourus et zones non desservies par des solutions de transport en commun). | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Réglementation pour véhicules zéro émission (VZÉ), y compris le prix du carbone | Les réglementations VZÉ (y compris les zones VZÉ), la tarification du carbone et d'autres mesures augmenteront la demande pour les VZÉ et leur adoption. | Les réglementations VZÉ seront adoptées par les juridictions locales, provinciales ou étatiques, et nationales, exigeant que tous les véhicules légers vendus d'ici 2040 soient des véhicules électriques, que 75 % de tous les véhicules moyens soient électriques et que 50 % des véhicules lourds de surface routière soient électriques (hydrogène et à batterie). | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Autres mesures | Plus il y aura d'infrastructures de recharge et de mesures incitatives, plus l'adoption des VZÉ sera importante. | Les infrastructures (y compris l'infrastructure de recharge) et toutes les mesures incitatives en place dans les années 2020, 2030 et 2040 se traduiront par une adoption accélérée des véhicules tout électriques. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



| MOBILITÉ DES PERSONNES | Raisonnement | Scénario RÉALISTE - hypothèses de prévision | Impact sur l'adoption de l'électrification et de l'intelligence | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|---|---|-------|---|---|-------|---|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | Léger | | | Moyen | | | Lourd | | | | | | | | | | | |
| | | | P | R | O | P | R | O | P | R | O | | | | | | | | | |
| Frais de congestion | Les frais de congestion entraîneront une diminution du nombre de véhicules entrant dans les zones couvertes par ces frais. Plus la zone sera large et les frais élevés, plus l'impact négatif sur les véhicules individuels sera grand. Cela se traduira par une plus grande mobilité partagée. | Des frais de congestion seront introduits pour limiter le nombre de véhicules entrant dans les secteurs les plus fréquentés des zones urbaines. Cela se traduira par une plus grande utilisation des options de mobilité partagée (véhicules de poids léger, moyen et lourd). La tarification de la congestion favorisera les VZÉ. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mesures visant à encourager l'utilisation du transport en commun | Ces mesures se traduiront par une plus grande adoption de la mobilité partagée, y compris le transport en commun, entraînant une baisse du nombre de véhicules personnels. La demande de transport en commun et d'autres modes partagés augmentera. La définition du transport en commun pourrait changer à l'avenir, englobant les flottes de véhicules partagés légers. | Étant donné les niveaux élevés de congestion, les mesures soutenant l'utilisation du transport en commun seront largement utilisées. MARCON émet l'hypothèse que les véhicules légers en mode partagé seront utilisés comme « connecteurs » vers des véhicules et modes de transport à grande capacité. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Modèles d'affaires | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Modèles de mobilité partagée, incluant MaaS | Une sélection plus large de modes de transport plaira à presque toutes les catégories de la société et éliminera une grande partie de la stigmatisation associée aux transports publics. Il est probable que les différentes catégories de véhicules (économie, luxe...) céderont la place à des catégories d'adhésion MaaS afin d'offrir des alternatives pour le spectre entier des goûts, des préférences et du pouvoir d'achat, résultant en une adoption plus vaste des VA. | Les modèles de mobilité partagée seront économiquement rentables et largement utilisés dans les zones urbaines. Ces modèles utiliseront des véhicules légers, moyens et lourds. Étant donné que les véhicules seront exploités par des flottes, les décisions concernant leur technologie seront fondées sur des considérations économiques et influencées par des réglementations encourageant l'utilisation des véhicules zéro émission (VZÉ). | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Considérations sociales | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Environnement | Une pression accrue pour protéger l'environnement se traduira par une plus grande adoption des VÉ. | Les considérations environnementales seront une priorité, générant des réglementations, des programmes et des mesures incitatives qui encourageront l'adoption des véhicules et des technologies de mobilité plus durables. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



| MOBILITÉ DES PERSONNES | Raisonnement | Scénario RÉALISTE - hypothèses de prévision | Impact sur l'adoption de l'électrification et de l'intelligence | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|---|---|-------|---|---|-------|---|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | Léger | | | Moyen | | | Lourd | | | | | | | | | | | |
| | | | P | R | O | P | R | O | P | R | O | | | | | | | | | |
| Énergie | La pénétration accrue des sources d'énergie renouvelable dans le réseau électrique se traduira par une énergie plus propre. Un transport plus propre sera non seulement possible, mais il sera préféré par la population. | Les réseaux électriques deviendront de plus en plus propres grâce à l'utilisation accrue de sources d'énergie renouvelable. Cela fera des véhicules tout électriques une technologie de propulsion plus respectueuse de l'environnement. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Disponibilité des ressources humaines | Il y a actuellement une pénurie de main-d'œuvre en Amérique du Nord. Les conducteurs de véhicules lourds sont en nombre insuffisant. De telles pénuries se traduisent par des salaires plus élevés et donc une baisse de la productivité. Cela encourage l'adoption accélérée des VA pour les véhicules partagés. | La pénurie de conducteurs touche moins la mobilité des personnes que celle des marchandises. Cela pourrait ralentir un peu l'adoption de la technologie des VA, mais n'aura aucun impact sur l'adoption des VÉ. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Déconnexion entre la perception de liberté et les véhicules privés non autonomes | Plus le sentiment que le véhicule privé est la seule garantie de liberté sera présent, moins l'adoption de la technologie des VA sera importante. | La connexion établie par les spécialistes nord-américains du marketing entre la propriété d'un véhicule et la liberté personnelle s'estompera avec le temps grâce à une plus grande disponibilité du transport partagé. Cela réduira le nombre de véhicules sur la route, mais augmentera le nombre de VA en mode partagé. Cette situation sera facilitée par la poussée démographique des jeunes qui manifestent moins d'intérêt pour la conduite, en particulier dans les environnements urbains. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Adoption par les consommateurs | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Électrification | Comme les véhicules électriques sont de plus en plus présents dans les communautés, les consommateurs deviennent plus à l'aise avec la technologie. L'expansion de l'infrastructure de recharge renforcera la confiance et éliminera l'anxiété de l'autonomie. | L'expansion de l'infrastructure de recharge renforcera la confiance des consommateurs potentiels dans l'autonomie des VÉ. MARCON émet l'hypothèse que des performances positives des VÉ contribueront à stimuler leur adoption. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Automatisation et connectivité | Plus ces technologies seront sécuritaires et utiles, plus leur adoption par les consommateurs sera importante. | Ces technologies se révéleront largement plus sécuritaires que la conduite par des humains. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



| MOBILITÉ DES PERSONNES | Raisonnement | Scénario RÉALISTE - hypothèses de prévision | Impact sur l'adoption de l'électrification et de l'intelligence | | | | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|---|---|-------|---|---|-------|---|---|
| | | | Léger | | | Moyen | | | Lourd | | |
| | | | P | R | O | P | R | O | P | R | O |
| Autres facteurs | | | | | | | | | | | |
| Accès aux ressources naturelles, incluant le lithium | Plus l'accès aux matériaux requis pour les batteries est restreint, plus le nombre de VE est faible. Les nouvelles technologies devraient utiliser de moins en moins de lithium. | Compte tenu des possibilités de recyclage et de la disponibilité des ressources clés, l'accès aux matériaux nécessaires à la production de batteries ne devrait pas poser problème. | | | | | | | | | |
| Mise en service d'appareils bimodaux (Appareils modulaires solair à décollage et atterrissage vertical ou VTOL) | Plus la disponibilité et le succès des solutions VTOL (pour Vertical Take-Off and Landing, soit à décollage et atterrissage vertical) seront importants, moins les véhicules légers de surface seront nécessaires. | Compte tenu du coût de déplacement des personnes dans les airs de ces appareils et de l'incapacité de tels véhicules à transporter de lourdes charges, ils devraient jouer un rôle limité dans le système de mobilité de demain. | | | | | | | | | |
| Hyperloop™ et technologies de l'entreprise Boring | La mise en œuvre réussie des projets Hyperloop™ se traduira par une moindre utilisation des véhicules de surface. | Compte tenu du coût élevé des implantations Hyperloop™ et de la promesse d'options de mobilité de surface autonome de grande capacité, MARCON émet l'hypothèse que les technologies de l'entreprise Boring joueront un rôle limité dans le système de mobilité de demain. | | | | | | | | | |
| Analytique avancée | Des analyses avancées faciliteront l'optimisation du déplacement des marchandises. | Cette optimisation facilitera l'utilisation de la propulsion électrique et l'automatisation des véhicules. | | | | | | | | | |

| | | | | | |
|--|----------------------|--|---------------------------------------|--|-----------------------------------------|
| | Impact Neutre | | Modéré (croissance <= 30 %) | | Important (croissance > 30 %) |
|--|----------------------|--|---------------------------------------|--|-----------------------------------------|

Scénario :

P Pessimiste **R** Réaliste **O** Optimiste



ANNEXE IV

Facteurs d'influence sur l'adoption des TEI et leurs impacts sur l'adoption des VÉ et VI pour le transport de marchandises

Tous les motifs qui ont été considérés par le panel d'experts de MARCON sont énumérés ci-après et présentent une qualification des impacts prévus dans les calculs sur les taux d'adoption des véhicules électriques et intelligents utilisés pour le transport de marchandises, pour les scénarios pessimiste (P), réaliste (R) et optimiste (O). Cette annexe est un document de travail offert au lecteur désireux d'approfondir les sujets abordés dans le présent rapport.

| MOBILITÉ DES MARCHANDISES | Raisonnement | Scénario RÉALISTE - hypothèses de prévision | Impact sur l'adoption de l'électrification et de l'intelligence | | | | | | | | |
|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|---|---|-------|---|---|-------|---|---|
| | | | Léger | | | Moyen | | | Lourd | | |
| | | | P | R | O | P | R | O | P | R | O |
| Facteurs sociodémographiques | | | | | | | | | | | |
| Urbanisation | Plus le niveau d'urbanisation sera élevé (en particulier avec une population croissante), plus la pression pour retirer les véhicules des rues (en raison de la congestion) sera grande. De nouvelles solutions de mobilité pour le transport de marchandises seront nécessaires. | Les pôles de mobilité des périphéries urbaines seront utilisés. Les véhicules plus lourds déchargeront les marchandises vers des véhicules électriques plus légers pour livraison pendant les heures où l'utilisation des routes est moins exigeante. | | | | | | | | | |
| Étalement urbain | Plus l'étalement est important, plus les distances parcourues par les véhicules de livraison de marchandises sont importantes. | Puisque les distances à parcourir seront plus importantes, il faudra davantage de véhicules pour les couvrir. | | | | | | | | | |
| Économie | | | | | | | | | | | |
| Prix du pétrole par rapport au prix de l'électricité | Plus le prix du pétrole (et donc du diesel et de l'essence) est élevé, plus les véhicules à combustion interne coûtent cher à opérer. La hausse des prix du pétrole se traduira donc par une plus grande adoption de véhicules à technologie de propulsion alternative, notamment une augmentation du nombre de véhicules électriques; les véhicules plus gros seront probablement les derniers à être convertis à l'électricité compte tenu des défis techniques auxquels ils sont confrontés (poids et autonomie attendue). | La hausse des prix du pétrole entraînera un plus grand nombre de véhicules électriques. Les véhicules lourds durent plus longtemps, donc la conversion en tout électrique sera plus lente que dans les catégories de véhicules moyens et lourds. | | | | | | | | | |



| MOBILITÉ DES MARCHANDISES | Raisonnement | Scénario RÉALISTE - hypothèses de prévision | Impact sur l'adoption de l'électrification et de l'intelligence | | | | | | | | |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|---|---|-------|---|---|-------|---|---|
| | | | Léger | | | Moyen | | | Lourd | | |
| | | | P | R | O | P | R | O | P | R | O |
| Avancées technologiques et offre des produits | | | | | | | | | | | |
| Performance et coût de la batterie | Plus les performances (autonomie) seront élevées et plus le coût des batteries sera faible, plus l'adoption des VÉ sera importante. | Les tendances historiques des prix des batteries et les améliorations des performances se poursuivront, entraînant une parité des prix avec les véhicules légers à combustion interne dans les années 2020. D'ici 2050, les coûts du cycle de vie seront plus faibles pour les VÉ que pour les véhicules à combustion interne. Dans les catégories de véhicules moyens et lourds, la parité des prix sera atteinte dans les années 2030 et les coûts du cycle de vie seront réduits (même sans mesures incitatives). | | | | | | | | | |
| Offre de solutions électriques | Plus il y aura de solutions offertes, plus les chances d'adoption sont grandes. | De nombreux modèles et options de VÉ légers, moyens et lourds seront introduits entre 2020 et 2050, ce qui entraînera leur adoption là où cela est financièrement viable. | | | | | | | | | |
| Prix des véhicules électriques | La parité des prix avec les modèles à combustion interne se traduira par une adoption plus large de VÉ. | Pour les véhicules légers et moyens, la parité des prix du cycle de vie sera atteinte d'ici 2030. Pour les véhicules lourds, la parité des prix du cycle de vie sera atteinte d'ici 2040. Dans le transport ferroviaire, les infrastructures existantes ne seront pas électrifiées. Les réseaux ferroviaires lourds ne sont pas et ne seront probablement pas électrifiés. | | | | | | | | | |
| Prix des véhicules autonomes | Les véhicules connectés et autonomes seront probablement plus chers que leurs équivalents non autonomes. Par conséquent, ces véhicules seront probablement utilisés dans les flottes de véhicules en mode partagé. | La technologie d'automatisation permettra de réduire les coûts d'exploitation en raison de l'absence d'un chauffeur. Le coût du cycle de vie de la technologie d'automatisation (par rapport à la technologie à commande manuelle) sera plus faible dans les catégories de véhicules commerciaux dans les années 2030 et 2040. | | | | | | | | | |



| MOBILITÉ DES MARCHANDISES | Raisonnement | Scénario RÉALISTE - hypothèses de prévision | Impact sur l'adoption de l'électrification et de l'intelligence | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|---|---|-------|---|---|-------|---|---|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | Léger | | | Moyen | | | Lourd | | | | | | | | | | |
| | | | P | R | O | P | R | O | P | R | O | | | | | | | | |
| Allègement des véhicules | À mesure que les véhicules deviendront plus sécuritaires (grâce à la technologie), ils pourront être plus légers. Des véhicules électriques plus légers jouiront de davantage d'autonomie. De plus, une plus grande autonomie permettra aux véhicules autonomes d'être électriques. | L'automatisation facilitera l'allègement des véhicules, ce qui encouragera l'électrification des véhicules autonomes. Cependant, la tendance à l'électrification se produira malgré tout. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Technologies compétitives (et infrastructures associées) | Si les coûts du cycle de vie des technologies propres alternatives s'amélioraient (ex. : technologie des piles à combustible à hydrogène), ces alternatives pourraient concurrencer les VÉ et avoir un impact négatif sur l'adoption de ces derniers. Cependant, les VÉ bénéficient de beaucoup de recherche scientifique et d'importantes améliorations de la technologie des batteries en résulteront. Par ailleurs, l'infrastructure de ravitaillement nécessaire par la technologie concurrente la plus proche, l'hydrogène, coûtent excessivement cher, ce qui rend improbable son déploiement rapide. | Aucune autre technologie concurrentielle ne pourra remplacer la technologie des véhicules électriques à batterie. La technologie de l'hydrogène pourrait cependant faire des percées dans le transport de personnes par autobus sur de longues distances. Pour ces véhicules plus lourds, des solutions hybrides (hydrogène et batterie) seront offertes. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Réglementation | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Restriction d'accès aux véhicules en zones urbaines | Afin de lutter contre la congestion dans les zones urbaines, plusieurs villes du monde ont mis en œuvre ou envisagent de mettre en œuvre des règles restreignant l'accès à certaines zones. Plus il y a de restrictions sur l'accès aux véhicules, moins l'utilisation des véhicules est importante et moins être propriétaire d'un véhicule est intéressant pour les citoyens qui ont besoin d'accéder fréquemment à ces zones. | À l'exception des véhicules légers et très légers, la plupart des livraisons par véhicule sera effectuée de nuit en tout électrique. | | | | | | | | | | | | | | | | | |



| MOBILITÉ DES MARCHANDISES | Raisonnement | Scénario RÉALISTE - hypothèses de prévision | Impact sur l'adoption de l'électrification et de l'intelligence | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|---|---|-------|---|---|-------|---|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | Léger | | | Moyen | | | Lourd | | | | | | | | | | | |
| | | | P | R | O | P | R | O | P | R | O | | | | | | | | | |
| Réglementation pour véhicules zéro-émission (VZÉ), y compris le prix du carbone | Les réglementations VZÉ (y compris les zones VZÉ), la tarification du carbone et d'autres mesures augmenteront la demande pour les VZÉ et leur adoption. | Les réglementations VZÉ seront adoptées par les juridictions locales, provinciales ou étatiques et nationales, exigeant que tous les véhicules légers vendus d'ici 2040 soient des véhicules électriques, que 75 % de tous les véhicules moyens soient électriques et que 50 % des véhicules lourds de surface routière soient électriques (hydrogène et à batterie). | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Autres mesures environnementale, y compris des mesures incitatives pour les VZÉ, l'installation d'une infrastructure de recharge, etc. | Plus il y aura d'infrastructures de recharge et de mesures incitatives, plus l'adoption des VZÉ sera importante. | Les infrastructures (y compris l'infrastructure de recharge) et les mesures incitatives en place dans les années 2020, 2030 et 2040 se traduiront par une adoption accélérée des véhicules tout électriques. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Frais de congestion | Les frais de congestion entraîneront une diminution du nombre de véhicules entrant dans les zones couvertes par ces frais. Plus la zone sera large et plus les frais seront élevés, plus l'impact négatif sur les véhicules individuels sera grand. Cela se traduira par une plus grande mobilité partagée. | Des frais de congestion seront introduits pour limiter le nombre de véhicules entrant dans les secteurs les plus fréquentés des zones urbaines. Cela se traduira par plus de livraisons pendant la nuit, en utilisant des véhicules plus légers. La tarification de la congestion favorisera les VZÉ. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Modèles d'affaires | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Structure de coûts des VAs et des Vés | En autant que les coûts du cycle de vie des VA électriques soient concurrentiels et que les véhicules soient fiables et sécuritaires, les entreprises les adopteront. | Les véhicules électriques autonomes sécuritaires seront économiquement avantageux pour les entreprises sur la base du coût du cycle de vie à partir des années 2030 pour les catégories de véhicules plus légers et des années 2040 pour les catégories de véhicules plus lourds. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Considérations sociales | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Environnement | Une pression accrue pour protéger l'environnement entraînera une plus grande adoption des véhicules électriques. | Les considérations environnementales seront une priorité, entraînant des réglementations, des programmes et des mesures incitatives qui encourageront l'adoption de véhicules et de technologies de mobilité plus durables. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |




| MOBILITÉ DES MARCHANDISES | Raisonnement | Scénario RÉALISTE - hypothèses de prévision | Impact sur l'adoption de l'électrification et de l'intelligence | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|---|---|-------|---|---|-------|---|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | Léger | | | Moyen | | | Lourd | | | | | | | | | | | |
| | | | P | R | O | P | R | O | P | R | O | | | | | | | | | |
| Commerce électronique (incluant l'expédition de l'usine au consommateur) | Plus il y a de commerce électronique, plus le besoin de faire livrer de marchandises est grand. | Des coûts plus élevés pour une livraison plus personnalisée encourageront les consommateurs à accepter la livraison aux casiers et autres points de dépôt (ex. : dépanneurs) et à réduire leurs exigences pour les livraisons le lendemain. Cela laissera du temps pour l'optimisation et l'efficacité de la livraison, résultant en une baisse du nombre de véhicules sur la route. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Impression 3D | Plus l'impression 3D sera importante, moins on aura besoin de transporter des marchandises. | L'impact sera minimal, car l'impression 3D peut entraîner des coûts plus élevés. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Véhicules haute capacité | Plus l'utilisation de véhicules à grande capacité sera importante, moins le nombre de véhicules requis sera grand. | Cela se traduira par l'utilisation de la technologie hydrogène hybride (hydrogène et batterie) pour les véhicules lourds. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Responsabilité sociale des entreprises | Plus la société accordera d'importance aux considérations environnementales, plus cela fera partie des priorités en matière de responsabilité sociale des entreprises. | Les politiques de responsabilité sociale des entreprises se traduiront par une plus grande adoption de véhicules tout électriques | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Systèmes de mobilité durable et centres de consolidation | Plus l'utilisation des pôles de mobilité durable (hubs) sera importante, plus les chances d'utiliser des véhicules électriques et des véhicules autonomes seront grandes. | Les marchandises acheminées vers les centres urbains à bord de véhicules lourds (camions et trains) seront transbordées dans des véhicules légers et moyens dans les centres de consolidation se trouvant en périphérie des villes. Les véhicules légers et moyens, souvent tout électriques, effectueront les livraisons urbaines. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Drones et autres mécanismes de livraison | Plus l'utilisation de drones et autres véhicules de livraison non terrestres sera importante, plus l'utilisation de véhicules de surface sera faible. | L'utilisation de drones pour les livraisons sera faible compte tenu des capacités de transport de poids limitées et des problèmes liés à la sécurité aérienne. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Robots de livraison | Plus l'utilisation des robots de livraison sera importante, moins les véhicules de surface traditionnels seront utilisés. | L'utilisation des robots de livraison sera faible étant donné les coûts relativement plus élevés associés aux livraisons personnalisées. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Hyperloop™ et technologies de l'entreprise Boring | La mise en œuvre réussie des projets Hyperloop™ se traduira par une moindre utilisation des véhicules de surface. | Compte tenu du coût élevé des implantations Hyperloop™ et de la promesse d'options de mobilité de surface autonome de grande capacité, MARCON émet l'hypothèse que les technologies de l'entreprise Boring joueront un rôle limité dans le système de mobilité de demain. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



| MOBILITÉ DES MARCHANDISES | Raisonnement | Scénario RÉALISTE - hypothèses de prévision | Impact sur l'adoption de l'électrification et de l'intelligence | | | | | | | | |
|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|---|---|-------|---|---|-------|---|---|
| | | | Léger | | | Moyen | | | Lourd | | |
| | | | P | R | O | P | R | O | P | R | O |
| Casiers à colis | L'utilisation de casiers à colis réduira le besoin d'effectuer des livraisons individuelles. | Les casiers à colis entraîneront l'utilisation de véhicules moyens pour la livraison des marchandises. | | | | | | | | | |
| Partage des actifs | Le partage des actifs entraînera un besoin accru de déplacement des actifs. | Cela n'aura pas d'impact sur l'utilisation des technologies électriques et autonomes. | | | | | | | | | |
| Produit en tant que service | L'économie du partage continuera de croître. Le partage des produits nécessitera le transport de ces produits, ce qui augmentera le kilométrage parcouru annuellement. | Cela n'aura pas d'impact sur l'utilisation des technologies électriques et autonomes. | | | | | | | | | |
| Automatisation d'entrepôts et robotique avancée | Cette tendance soutiendra les centres de consolidation et l'optimisation de la distribution des marchandises. | Cela n'aura pas d'impact sur l'utilisation des technologies électriques et autonomes. | | | | | | | | | |
| Analytique avancée | Des analyses avancées faciliteront l'optimisation du transport des marchandises. | Cette optimisation facilitera l'utilisation de la propulsion électrique et l'automatisation des véhicules (optimisation des routes afin de minimiser le kilométrage). | | | | | | | | | |
| Mise en commun des charges | Le partage de la charge (comme la Star Alliance pour la livraison de marchandises) devrait se traduire par une plus grande efficacité et un moins grand nombre de véhicules requis pour les livraisons. | La mise en commun de la charge entraînera l'utilisation de véhicules moyens pour les livraisons groupées et un moins grand nombre de véhicules sur la route. Le partage des charges a été largement pratiqué dans le secteur du transport de longue distance et ne progressera probablement pas davantage. | | | | | | | | | |

 Impact Neutre

 Modéré (croissance <= 30 %)

 Important (croissance > 30 %)

Scénario :

P Pessimiste

R Réaliste

O Optimiste



ANNEXE V

Croissance projetée du PIB, Canada et États-Unis, 2018-2050 (en millions de dollars US)

| Année | Canada | États-Unis |
|-------|-----------------|------------------|
| 2018 | 1 621 635 | 17 798 638 |
| 2019 | 1 657 928 2,2 % | 18 292 645 2,8 % |
| 2020 | 1 684 775 1,6 % | 18 587 190 1,6 % |
| 2021 | 1 710 503 1,5 % | 18 849 540 1,4 % |
| 2022 | 1 736 864 1,5 % | 19 124 900 1,5 % |
| 2023 | 1 764 255 1,6 % | 19 422 190 1,6 % |
| 2024 | 1 792 774 1,6 % | 19 740 540 1,6 % |
| 2025 | 1 822 387 1,7 % | 20 075 600 1,7 % |
| 2026 | 1 852 965 1,7 % | 20 424 180 1,7 % |
| 2027 | 1 884 677 1,7 % | 20 784 020 1,8 % |
| 2028 | 1 917 532 1,7 % | 21 153 450 1,8 % |
| 2029 | 1 951 559 1,8 % | 21 531 180 1,8 % |
| 2030 | 1 986 793 1,8 % | 21 916 430 1,8 % |
| 2031 | 2 023 273 1,8 % | 22 309 050 1,8 % |
| 2032 | 2 060 808 1,9 % | 22 709 530 1,8 % |
| 2033 | 2 099 401 1,9 % | 23 118 740 1,8 % |
| 2034 | 2 139 034 1,9 % | 23 537 610 1,8 % |
| 2035 | 2 179 688 1,9 % | 23 967 030 1,8 % |
| 2036 | 2 221 353 1,9 % | 24 407 860 1,8 % |
| 2037 | 2 264 030 1,9 % | 24 861 010 1,9 % |
| 2038 | 2 307 720 1,9 % | 25 327 180 1,9 % |
| 2039 | 2 352 425 1,9 % | 25 806 800 1,9 % |
| 2040 | 2 398 151 1,9 % | 26 300 140 1,9 % |
| 2041 | 2 444 905 1,9 % | 26 807 420 1,9 % |
| 2042 | 2 492 690 2,0 % | 27 328 940 1,9 % |
| 2043 | 2 541 479 2,0 % | 27 864 750 2,0 % |
| 2044 | 2 591 227 2,0 % | 28 414 590 2,0 % |
| 2045 | 2 641 896 2,0 % | 28 978 050 2,0 % |
| 2046 | 2 693 479 2,0 % | 29 554 850 2,0 % |
| 2047 | 2 745 988 1,9 % | 30 144 870 2,0 % |
| 2048 | 2 799 434 1,9 % | 30 747 840 2,0 % |
| 2049 | 2 853 831 1,9 % | 31 363 330 2,0 % |
| 2050 | 2 909 216 1,9 % | 31 990 910 2,0 % |

Sources : Pour 2018-2027 : OCDE (2018), Prévisions du PIB à long terme (indicateur). doi: 10.1787/9c5a6e7d-fr.
Pour 2028-2050 : MARCON.



ANNEXE VI

Définitions des codes de la Classification nationale des professions (CNP) concernées par les transports électriques et intelligents

CNP 0412 – Gestionnaires de la fonction publique – analyse économique, élaboration de politiques et administration de programmes

Les gestionnaires de la fonction publique de ce groupe de base planifient, organisent, dirigent, contrôlent et évaluent les politiques, la recherche et les programmes économiques dans divers secteurs de l'administration publique tels que les impôts, le commerce international, le marché du travail, le transport ou l'agriculture. Ils planifient également des politiques et dirigent des programmes visant à favoriser les investissements industriels et commerciaux dans les régions urbaines et rurales. Ils travaillent à tous les ordres de gouvernement.

CNP 0731 – Directeurs des transports

Les directeurs des opérations du transport planifient, organisent, dirigent, contrôlent et évaluent, sous la direction d'un directeur général ou d'un autre cadre supérieur, les opérations d'entreprises ou de services de transport telles que des compagnies de chemin de fer ou d'aviation, des lignes d'autobus, des transports en commun, des lignes maritimes et entreprises de camionnage. Les directeurs du transport de mouvement du fret planifient, organisent, dirigent, contrôlent et évaluent, sous la direction d'un directeur général ou d'un autre cadre supérieur, la circulation des marchandises.

CNP 1313 – Assureurs

Les assureurs étudient et évaluent les demandes d'assurance afin de déterminer les risques à couvrir et de fixer les primes ainsi que l'étendue des couvertures en fonction des politiques de la compagnie.

CNP 1525 – Répartiteurs

Les répartiteurs font fonctionner des radios et d'autres équipements de télécommunication afin de répartir les véhicules d'urgence et de coordonner les activités des chauffeurs et de tout autre personnel.

CNP 1526 – Horairistes de trajets et d'équipages

Les horairistes de trajets et d'équipages établissent les horaires des mouvements des véhicules de transport, des équipages et des opérateurs des véhicules de transport. Ils travaillent pour des services municipaux de transport en commun, des entreprises de camionnage, de livraison et de messagerie, des compagnies de transport ferroviaire et aérien et pour d'autres entreprises de transport du secteur privé et public.



CNP 2133 – Ingénieurs électriciens et électroniciens

Les ingénieurs électriciens et électroniciens conçoivent, planifient, étudient, évaluent et mettent à l'essai de l'équipement et des systèmes électriques et électroniques.

Ingénieurs de systèmes avancés d'assistance et d'aide à la conduite (intégré au CNP 2133, non mentionné spécifiquement dans le système de classification officiel)

Ces ingénieurs électriques conçoivent des systèmes embarqués (ex. : qui améliorent la conduite ou facilitent le stationnement) en prenant en compte une vision d'ensemble du produit, incluant le logiciel et la structure ou la carrosserie.

CNP 2134 – Ingénieurs chimistes

Les ingénieurs chimistes recherchent, conçoivent et mettent au point du matériel et des procédés de transformation chimique, supervisent l'exploitation et l'entretien d'usines dans les industries de la chimie, des plastiques, des produits pharmaceutiques, des ressources, des pâtes et papiers et de la transformation des aliments, et exécutent des tâches liées au contrôle de la qualité, à la protection de l'environnement et au génie biochimique et biotechnique.

CNP 2153 – Urbanistes et planificateurs de l'utilisation des sols

Les urbanistes et planificateurs de l'utilisation des sols élaborent des plans et recommandent des politiques pour l'utilisation des sols, des installations et des services connexes dans les zones urbaines et rurales et dans les régions éloignées. Ils travaillent à tous les ordres de gouvernement, pour des lotisseurs, des firmes d'ingénieurs ou des sociétés de consultants, ou ils travaillent comme consultants privés.

CNP 2172 – Analystes de bases de données et administrateurs

Les analystes de bases de données conçoivent, élaborent et gèrent les solutions intégrées de gestion de données à l'aide de logiciels de gestion de données. Les administrateurs de données mettent au point et mettent en œuvre les lignes directrices, les procédures et les modèles de gestion de données.

CNP 2173 – Ingénieurs et concepteurs en logiciel

Les ingénieurs et les concepteurs en logiciel étudient, conçoivent, évaluent et intègrent des applications logicielles, des environnements techniques, des systèmes d'exploitation, des logiciels intégrés, des entrepôts de données et des logiciels de télécommunication, et en assurent l'entretien.

CNP 2174- Programmeurs et développeurs en médias interactifs

Les programmeurs écrivent, modifient, intègrent et mettent à l'essai le code informatique pour des applications logicielles, des applications de traitement de données, des logiciels de systèmes d'exploitation et des logiciels de communication. Les développeurs en médias interactifs écrivent, modifient, intègrent et mettent à l'essai le code informatique pour des applications Internet et mobiles, des didacticiels, des jeux pour ordinateurs, des films, des vidéos et d'autres médias interactifs.



CNP 2211 – Technologues et techniciens en chimie

Les technologues et les techniciens en chimie assurent un soutien et des services techniques, ou peuvent travailler indépendamment, dans les domaines du génie chimique, de la recherche et de l'analyse biochimiques et chimiques, de la chimie industrielle, du contrôle de la qualité chimique et de la protection de l'environnement.

CNP 2241 – Technologues et techniciens en génie électronique et électrique

Les technologues et les techniciens en génie électronique et électrique peuvent travailler indépendamment ou assurer un soutien et des services techniques en matière de conception, de mise au point, d'essai, de production et d'exploitation du matériel et des systèmes électriques et électroniques.

CNP 2253 – Technologues et techniciens en dessin (incluant Technicien dessinateur et concepteur de harnais électriques)

Les technologues et les techniciens en dessin préparent des modèles et des dessins d'ingénierie et rassemblent des informations techniques connexes en travaillant dans des équipes multidisciplinaires d'ingénierie ou en tant que soutien des ingénieurs, des architectes et des designers industriels, ou encore en travaillant indépendamment.

CNP 2262 – Inspecteurs d'ingénierie et officiers de réglementation

Les inspecteurs d'ingénierie et les officiers de réglementation font l'inspection de véhicules de transport tels que des aéronefs, des bateaux, des automobiles et des camions, et d'appareils de pesage et de mesure tels que des balances, des bascules et des compteurs ainsi que des appareils, des instruments et des procédés industriels, afin d'assurer leur conformité aux normes et aux règlements gouvernementaux et industriels.

CNP 2281 – Techniciens de réseau informatique

Les techniciens de réseau informatique établissent et exploitent des réseaux locaux d'entreprise ou des réseaux étendus (RLE et RE), des réseaux d'ordinateurs central, du matériel, des logiciels et équipements informatiques liés, en assurent l'entretien et en coordonnent l'utilisation. Les techniciens de réseau informatique mettent en place des sites Web Internet et intranet et du matériel et des logiciels de serveurs Web, et en assurent l'entretien. Ils supervisent et optimisent la connectivité et la performance du réseau.

CNP 2283 – Évaluateurs de systèmes informatiques

Les évaluateurs de systèmes informatiques exécutent des scripts d'essai pour évaluer la performance des applications logicielles et des systèmes d'information et de télécommunications.



Techniciens en bornes de recharge

Il n'y a pas pour le moment de code CNP correspondant à ce poste.

Il s'agit d'un poste de technicien en émergence qui consiste à offrir un rôle de soutien aux clients et à effectuer la coordination des ventes. Ce poste combine différentes connaissances complémentaires : électronique, électricité, réseautique.

CNP 4216 – Autres instructeurs

Les autres instructeurs de ce groupe de base donnent des cours de conduite automobile ou de conduite de motocyclette, des cours de voile ou de navigation, des cours de couture ou d'autres cours à l'extérieur d'établissements d'enseignement. Ils travaillent dans des écoles de conduite, pour des détaillants de tissus, d'autres établissements commerciaux ou ils peuvent être des travailleurs autonomes. Ce groupe comprend aussi les instructeurs d'écoles de mannequins, les examinateurs de permis de conduire à l'emploi des gouvernements provinciaux et les tuteurs qui enseignent des matières abordées dans les écoles primaires et secondaires.

CNP 6221 – Spécialistes des ventes techniques – commerce de gros

Les spécialistes des ventes techniques – commerce de gros vendent des biens et des services techniques tels que du matériel scientifique, agricole et industriel, et des services de télécommunications, d'électricité et d'informatique à des entreprises gouvernementales, industrielles ou commerciales, sur le marché national et international. Ils travaillent pour des établissements qui produisent ou fournissent des biens ou services techniques, notamment des sociétés pharmaceutiques, des entreprises de fabrication d'équipement industriel, des élévateurs à grains, des compagnies de services informatiques, des sociétés d'ingénierie et des compagnies d'hydroélectricité.

CNP 6222 – Acheteurs des commerces de détail et de gros

Les acheteurs des commerces de détail et de gros achètent des marchandises pour la revente dans un commerce de gros ou de détail et sont généralement responsables des techniques marchandes des établissements de commerce de détail ou de gros.

CNP 6231 – Agents et courtiers d'assurance

Les agents et les courtiers d'assurance vendent de l'assurance-vie, de l'assurance automobile, de l'assurance sur les biens, de l'assurance-maladie et d'autres types d'assurance à des particuliers, des entreprises et des établissements publics.

CNP 6421 – Vendeurs – commerce de détail

Les vendeurs – commerce de détail vendent ou louent une gamme de produits et de services techniques et non techniques directement aux consommateurs. Ils travaillent dans des magasins et d'autres établissements de vente au détail ainsi que dans des commerces de gros ouverts au public pour la vente au détail.



CNP 7202 – Entrepreneurs et contremaîtres en électricité et en télécommunications

Ce groupe de base comprend les entrepreneurs en électricité et en télécommunications qui possèdent et gèrent leur propre entreprise.

CNP 7241 – Électriciens (sauf électriciens industriels et de réseaux électriques)

Les électriciens de ce groupe de base disposent, montent, installent, vérifient, dépannent et réparent les fils et les appareils électriques, les dispositifs de commande et les appareillages connexes dans des bâtiments et d'autres structures.

CNP 7243 – Électriciens de réseaux électriques

Les électriciens de réseaux électriques installent, entretiennent, vérifient et réparent l'équipement et l'appareillage de production, de transmission et de distribution d'électricité.

CNP 7244 – Monteurs de lignes électriques et de câbles

Les monteurs de lignes électriques et de câbles montent, entretiennent et réparent des réseaux aériens et souterrains de transmission et de distribution d'électricité.

CNP 7245 – Monteurs de lignes et de câbles de télécommunications

Les monteurs de lignes et de câbles de télécommunications installent, réparent et entretiennent des lignes et des câbles de télécommunications.

CNP 7246 – Installateurs et réparateurs de matériel de télécommunications

Les installateurs et les réparateurs de matériel de télécommunications installent, vérifient, entretiennent et réparent des téléphones, de l'équipement de commutation et de l'équipement de télécommunications associé à la transmission et au traitement des émissions en phonie, des signaux vidéo et d'autres données sur une foule de support, dont les fibres optiques, les micro-ondes, la radio et les satellites.

CNP 7301 – Entrepreneurs et contremaîtres en mécanique

Ce groupe de base comprend les entrepreneurs en chauffage, en réfrigération, en climatisation, en montage de machinerie et en installation d'ascenseurs et d'autres métiers d'installation d'équipements et de mécanique, qui possèdent et gèrent leurs propres entreprises. Ce groupe comprend aussi les contremaîtres qui supervisent et coordonnent les activités des travailleurs classés dans les groupes intermédiaires suivants : (731) mécaniciens de machinerie et d'équipement de transport (sauf véhicules automobiles), (732) mécaniciens de véhicules automobiles, (733) autres mécaniciens.



CNP 7302 – Entrepreneurs et contremaîtres des équipes d'opérateurs d'équipement lourd

Ce groupe de base comprend les entrepreneurs en excavation, en terrassement, en pavage, en forage et en dynamitage qui possèdent et gèrent leurs propres entreprises. Ce groupe de base comprend aussi les contremaîtres qui supervisent et coordonnent le travail des ouvriers classés dans les groupes de base suivants : (7371) grutiers, (7372) foreurs et dynamiteurs des mines à ciel ouvert, des carrières et des chantiers de construction, (7373) foreurs de puits d'eau, (7451) débardeurs, (7452) manutentionnaires, (7521) conducteurs d'équipement lourd (sauf les grues), (7522) conducteurs de machinerie d'entretien public, (7531) mécaniciens de gare de triage du transport ferroviaire et (7621) manœuvres à l'entretien des travaux publics.

CNP 7305 – Surveillants du transport routier et du transport en commun

Les surveillants de ce groupe de base supervisent et coordonnent le travail des chauffeurs de camion, chauffeurs d'autobus, livreurs, opérateurs de métro et d'autres véhicules de transport en commun, chauffeurs de taxi et de limousine et chauffeurs particuliers. Ce groupe de base comprend aussi les répartiteurs des services d'autobus qui coordonnent le travail des chauffeurs d'autobus du transport en commun et les contrôleurs de la circulation du métro qui actionnent et surveillent les panneaux de signalisation et d'aiguillage des voies.

CNP 7321 – Mécaniciens et réparateurs de véhicules automobiles, de camions et d'autobus

Les mécaniciens et réparateurs de véhicules automobiles, de camions et d'autobus inspectent, établissent un diagnostic pour localiser les défauts, réparent et entretiennent les systèmes et éléments mécaniques, électriques et électroniques des véhicules automobiles, des autobus, des camions légers et des camions lourds de transport routier.

CNP 7322 – Débosseleurs et réparateurs de carrosserie

Les débosseleurs réparent et remettent en état les parties endommagées des carrosseries et les garnitures intérieures des véhicules automobiles, repeignent les surfaces de carrosserie, et réparent ou remplacent les éléments en verre des automobiles. Ils travaillent pour des concessionnaires d'automobiles, dans des ateliers de carrosserie et dans des centres d'estimation.

CNP 7333 – Électromécaniciens

Les électromécaniciens entretiennent, mettent à l'essai, remettent à neuf et réparent des moteurs électriques, des transformateurs, de l'appareillage de connexion et d'autres dispositifs électriques.

CNP 7334 – Mécaniciens de motocyclettes, de véhicules tout-terrain et personnel mécanicien assimilé

Les mécaniciens de ce groupe de base entretiennent, réparent et mettent à l'essai les motocyclettes, les scooters, les motoneiges, les moteurs hors-bord, les chariots élévateurs et les véhicules tout-terrain.



CNP 7511 – Conducteurs de camions de transport

Les conducteurs de camions de transport conduisent des camions lourds pour le transport de marchandises ou de matériaux sur des routes urbaines, interurbaines, provinciales ou internationales.

CNP 7512 – Conducteurs d'autobus et opérateurs de métro et autres transports en commun

Ce groupe de base comprend les travailleurs qui conduisent des autobus, des tramways, des rames de métro et des systèmes légers sur rail pour transporter des passagers selon un itinéraire établi.

CNP 7513 – Chauffeurs de taxi, chauffeurs de limousine et chauffeurs

Les chauffeurs de taxi et de limousine conduisent des automobiles et des limousines pour transporter des passagers. Les chauffeurs d'entreprises et les chauffeurs particuliers conduisent des automobiles et des limousines pour transporter le personnel et les visiteurs d'entreprises, d'organismes gouvernementaux ou d'autres organismes, ou des membres de la famille de leur employeur.

CNP 7514 – Chauffeurs-livreurs – services de livraison et de messagerie

Les chauffeurs-livreurs – services de livraison et de messagerie conduisent des automobiles, des fourgonnettes et des camions légers afin de ramasser et de livrer divers produits.

CNP 7521 – Conducteurs d'équipement lourd (sauf les grues)

Les conducteurs d'équipement lourd manœuvrent des engins de chantier servant à la construction et à l'entretien des routes, ponts, aéroports, gazoducs, oléoducs, tunnels, bâtiments et autres ouvrages, aux travaux d'exploitation de mines à ciel ouvert et de carrières et à des travaux de manutention de matériaux.

CNP 7522 – Conducteurs de machinerie d'entretien public et personnel assimilé

Ce groupe de base comprend les travailleurs qui conduisent des véhicules et de l'équipement d'entretien des rues, des routes et des systèmes d'égout et des camions afin de ramasser les ordures et le matériel recyclable. Ce groupe comprend également les travailleurs qui dégagent la végétation poussant près des lignes de tension, qui vérifient l'état des poteaux électriques et qui localisent les réseaux d'utilité et les tuyaux souterrains.

CNP 9221 – Surveillants dans la fabrication de véhicules automobiles

Les surveillants de ce groupe de base supervisent et coordonnent les activités des travailleurs des services de production de véhicules automobiles.

CNP 9222 – Surveillants dans la fabrication de matériel électronique

Les surveillants de ce groupe de base supervisent et coordonnent les tâches des travailleurs dans l'assemblage, la fabrication, les essais, la réparation et l'inspection des pièces, des composants et des systèmes électroniques.



CNP 9223 – Surveillants dans la fabrication d'appareils électriques

Les surveillants de ce groupe de base supervisent et coordonnent les activités des travailleurs qui montent, fabriquent et vérifient des composants électriques, des appareils électroménagers, des moteurs et de l'équipement industriel électrique.

CNP 9226 – Surveillants dans la fabrication d'autres produits métalliques et de pièces mécaniques

Les surveillants de ce groupe de base supervisent et coordonnent les activités des travailleurs qui fabriquent, assemblent et inspectent des aéronefs, des pièces d'aéronefs, des carrosseries de camions et d'autobus, des semi-remorques, des pièces d'automobiles, des moteurs, des transmissions, du matériel de chauffage, du matériel de climatisation et de réfrigération commerciales et d'autres produits métalliques semblables.

CNP 9522 – Assembleurs, contrôleurs et vérificateurs de véhicules automobiles

Les assembleurs de véhicules automobiles assemblent les pièces et les éléments préfabriqués des véhicules automobiles pour former des sous-ensembles et des véhicules finis. Les contrôleurs et les vérificateurs de véhicules automobiles inspectent et vérifient des pièces, des sous-ensembles, des accessoires et des produits finis afin d'en garantir la performance et la conformité aux normes établies.

CNP 9523 – Assembleurs, monteurs, contrôleurs et vérificateurs de matériel électronique

Les assembleurs et les monteurs de matériel électronique assemblent et fabriquent du matériel, des pièces et des composants électroniques. Les contrôleurs et les vérificateurs de matériel électronique inspectent et vérifient des ensembles, des sous-ensembles, des pièces et des composants électroniques et électromécaniques pour garantir la conformité aux normes établies.

CNP 9524 – Monteurs et contrôleurs dans la fabrication de matériel, d'appareils et d'accessoires électriques

Les monteurs de ce groupe de base assemblent des pièces préfabriquées pour produire du matériel et des appareils ménagers, commerciaux et industriels. Les contrôleurs de ce groupe de base vérifient et mettent à l'essai les produits montés. Ce groupe comprend les travailleurs qui règlent et préparent les chaînes de montage.



ANNEXE VII

Évaluation quantitative des besoins en main-d'œuvre pour les autres professions (code CNP) concernées par le déploiement des transports électriques et intelligents à l'horizon 2030

Cette annexe constitue un complément d'information pour les professions non prioritaires.

| Code CNP | Libellés des codes CNP | Scénario pessimiste | Scénario réaliste | Scénario optimiste |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------|--------------------|
| 0412 | Gestionnaires de la fonction publique | | | |
| 0731 | Directeurs des transports | | | |
| 1313 | Assureurs | | | |
| 1525 | Répartiteurs | | | |
| 1526 | Horairistes de trajets et d'équipages | | | |
| 2134 | Ingénieurs chimistes | | | |
| 2153 | Urbanistes et planificateurs de l'utilisation des sols | | | |
| 2211 | Technologues et techniciens en chimie | | | |
| 2253 | Technologues et techniciens en dessin | | | |
| 2262 | Inspecteurs d'ingénierie et officiers de réglementation | | | |
| 2281 | Techniciens de réseau informatique | | | |
| 2283 | Évaluateurs de systèmes informatiques | | | |
| n.d. | Techniciens en borne de recharge électrique | | | |
| 4216 | Autres inspecteurs | | | |
| 6222 | Acheteurs des commerces de détail et de gros | | | |
| 6231 | Agents et courtiers d'assurance | | | |
| 6421 | Vendeurs - commerce de détail | | | |
| 7202 | Entrepreneurs et contremaîtres en électricité et en télécommunications | | | |
| 7241 | Électriciens (sauf électriciens industriels et de réseaux électriques) | | | |
| 7243 | Électriciens de réseaux électriques | | | |
| 7244 | Monteurs de lignes électriques et de câbles | | | |
| 7245 | Monteurs de lignes et de câbles de télécommunications | | | |
| 7246 | Installateurs et réparateurs de matériel de télécommunications | | | |
| 7301 | Entrepreneurs et contremaîtres en mécanique | | | |
| 7302 | Entrepreneurs et contremaîtres des équipes d'opérateurs d'équipements lourds | | | |
| 7305 | Surveillants du transport routier et du transport en commun | | | |
| 7322 | Débosselleurs et réparateurs de carrosserie | | | |
| 7334 | Mécaniciens de motocyclettes, de véhicules tout-terrain et personnel mécanicien assimilé | | | |



| Code CNP | Libellés des codes CNP | Scénario pessimiste | Scénario réaliste | Scénario optimiste |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------|--------------------|
| 7511 | Conducteurs de camions de transport | | | |
| 7512 | Conducteurs d'autobus et opérateurs de métro et autres transports en commun | | | |
| 7513 | Chauffeurs de taxi, chauffeurs de limousine et chauffeurs | | | |
| 7514 | Chauffeurs-livreurs – service de livraison et de messagerie | | | |
| 7521 | Conducteurs d'équipements lourds (sauf les grues) | | | |
| 7522 | Conducteurs de machinerie d'entretien public et personnel assimilé | | | |
| 9221 | Surveillants dans la fabrication de véhicules automobiles | | | |
| 9222 | Surveillants dans la fabrication de matériel électronique | | | |
| 9223 | Surveillants dans la fabrication d'appareils électriques | | | |
| 9226 | Surveillants dans la fabrication d'autres produits métalliques et de pièces métalliques | | | |
| 9522 | Assembleurs, contrôleurs et vérificateurs de véhicules automobiles | | | |
| 9523 | Assembleurs, monteurs, contrôleurs et vérificateurs de matériel électronique | | | |
| 9524 | Monteurs et contrôleurs dans la fabrication de matériel, d'appareils et d'accessoires électriques | | | |

* Incluant les analystes de mégadonnées
n.d. non disponible



Source : MARCON, 2020.

CNP 0412 – Gestionnaires de la fonction publique

Les gestionnaires de la fonction publique sont présents à tous les ordres de gouvernement. Ils planifient, organisent, dirigent, contrôlent et évaluent les politiques, la recherche et les programmes.

Les véhicules électriques et intelligents englobent un grand nombre d'enjeux, aux niveaux fédéral, provincial et municipal. De plus en plus de gestionnaires de la fonction publique déjà en poste sont susceptibles de prendre part à l'effort d'adaptation des politiques et règlements aux véhicules électriques et intelligents.⁷⁷ En raison de l'expertise pointue qui est nécessaire, de nouvelles embauches sont également à prévoir.

À l'horizon 2025 et 2030, MARCON prévoit une forte augmentation du nombre de gestionnaires de la fonction publique concernés par les transports électriques et intelligents.



CNP 0731 – Directeurs des transports

Les directeurs des opérations du transport planifient, organisent, dirigent, contrôlent et évaluent les opérations d'entreprises privées ou publiques de services de transport. La majorité travaille au sein d'entreprises privées et plus particulièrement au sein d'entreprises de camionnage.

Une réorganisation des activités de transport est en cours pour des raisons de productivité, de rentabilité, de transformation de la chaîne logistique et de l'augmentation des volumes de marchandises et des personnes à transporter. La profession devrait connaître une croissance et exiger de nouvelles compétences en lien avec les nouvelles technologies (numérique, intelligence artificielle, connectivité des objets et des réseaux).

À l'horizon 2030, l'impact attendu sur l'emploi est considéré comme neutre. Après 2030, les logiciels performants et l'impartition devraient amener une diminution du nombre d'emplois au sein des entreprises privées. Les emplois dans les transports collectifs devraient par contre demeurer relativement stables.

CNP 1313 – Assureurs

La profession d'assureur englobe les souscripteurs et les actuaires chargés d'évaluer les demandes d'assurance et de déterminer les risques à couvrir et les primes correspondantes.

À l'horizon 2025, en l'absence d'une offre commerciale de véhicules autonomes, l'impact des transports électriques et intelligents sur le nombre d'assureurs devrait être neutre. Par contre, à l'horizon 2030, l'émergence d'une première offre de véhicules autonomes devrait se traduire par une faible diminution du nombre d'assureurs dans le secteur des transports.

CNP 1525 – Répartiteurs

Les répartiteurs ont pour fonction de coordonner les activités des chauffeurs et de tout autre personnel. Il est permis de croire qu'à l'horizon 2025 et 2030, leur nombre sera peu affecté. À plus long terme, par contre, les algorithmes des véhicules autonomes et le déploiement de ces véhicules mettront ces emplois à risque.

CNP 1526 – Horairistes de trajets et d'équipages

Les horairistes travaillent à établir les horaires et les mouvements des opérateurs des véhicules de transport et de leurs équipages. Le développement d'offres intégrées de services de transport⁷⁸ est susceptible d'engendrer le besoin de davantage d'horairistes, bien que les algorithmes liés à une offre émergente de véhicules autonomes contribueront à automatiser leur travail.

L'impact des transports électriques et intelligents pour ce métier devrait être neutre à l'horizon 2025 et 2030.



CNP 2134 – Ingénieurs chimistes

Les ingénieurs chimistes recherchent, conçoivent et mettent à l'essai des matériaux de batterie pour véhicules électriques.

À l'horizon 2025 et 2030, une forte augmentation du nombre d'ingénieurs chimistes est attendue, à la fois en lien avec les activités de fabrication et de recyclage des batteries. À plus long terme, au contraire, le nombre d'emplois pourrait diminuer alors que les piles au lithium seront probablement remplacées par les supercondensateurs.

CNP 2153 – Urbanistes et planificateurs de l'utilisation des sols

Les urbanistes et planificateurs de l'utilisation des sols sont des acteurs de premier plan dans la révision des schémas d'aménagement municipaux.

Ces professionnels sont pour la plupart déjà concernés par la planification de l'aménagement de bornes de recharge publiques.

À l'horizon 2030, une faible création d'emploi est attendue. L'émergence de plaques tournantes de transbordement par camions électriques en périphérie des villes est susceptible de contribuer à l'embauche de nouveaux professionnels.

CNP 2211 – Technologues et techniciens en chimie

Les technologues et les techniciens en chimie assurent un soutien dans les domaines du génie chimique.

À l'horizon 2025 et 2030, MARCON s'attend à ce que le nombre d'emplois dans le secteur des transports électriques et intelligents soit en forte augmentation, stimulée par les activités de fabrication et de recyclage des batteries.

À plus long terme, au contraire, le nombre d'emplois pourrait diminuer alors que les piles au lithium seront probablement remplacées par les supercondensateurs.

CNP 2253- Technologues et techniciens en dessin

Les technologues et les techniciens en dessin préparent des modèles et des dessins d'ingénierie (ex. : dessin et conception de harnais électrique) et font appel à différentes connaissances et savoir-faire⁷⁹:

- Dessin et conception de harnais électrique;
- Familiarité avec les camions;
- Familiarité avec les systèmes de propulsion électrique;
- Coordination des clients (manufacturiers de véhicules électriques).

MARCON émet l'hypothèse que le poste de technicien dessinateur et concepteur de harnais électriques viendra s'intégrer au poste de technologue et technicien en dessin (CNP 2253). Ce poste est appelé à connaître une forte croissance à l'horizon de 2025 et de 2030.



CNP 2262 – Inspecteurs d'ingénierie et officiers de réglementation

Les inspecteurs d'ingénierie et les officiers de réglementation font l'inspection de véhicules de transport, afin d'assurer leur conformité aux normes et aux règlements gouvernementaux et industriels.

Une faible augmentation est attendue à l'horizon 2025 et 2030. À plus long terme, le besoin de contrôle des véhicules autonomes va générer une création d'emploi plus importante.

CNP 2281 – Techniciens de réseau informatique

Les techniciens de réseau informatique établissent et exploitent des réseaux informatiques. Le passage vers une nouvelle génération technologique et les suivis subséquents devraient se traduire par une forte création d'emploi à partir de 2030, et celle-ci sera liée à la connectivité des véhicules autonomes.

CNP 2283 – Évaluateurs de systèmes informatiques

Les évaluateurs de systèmes informatiques exécutent des scripts d'essai pour évaluer la performance des applications logicielles et des systèmes d'information et de télécommunication.

Une forte création d'emplois liés aux véhicules autonomes est attendue à l'horizon 2030 en raison de la connectivité.

Technicien en borne de recharge électrique

Ce poste de technicien en émergence consiste à offrir un rôle de soutien aux clients et à effectuer la coordination des ventes. Ce poste combine différentes connaissances complémentaires : électronique, électricité et réseautique.

En matière de réseautique, le candidat doit comprendre le fonctionnement du module de communication entre les bornes de recharge. Une forte création d'emploi est attendue à l'horizon 2025 et 2030.

CNP 4216 – Autres instructeurs

Les autres instructeurs de ce groupe de base donnent des cours de conduite et travaillent dans des écoles de conduite.

À l'horizon de 2030, le déploiement des transports électriques et intelligents sera neutre pour ce métier. Par contre, par la suite lorsque les véhicules autonomes deviendront plus courants, les postes d'instructeurs d'école de conduite seront appelés à disparaître graduellement.



CNP 6222 – Acheteurs des commerces de détail et de gros

Les acheteurs des commerces de détail et de gros achètent des marchandises pour la revente dans un commerce de gros ou de détail et sont généralement responsables des techniques marchandes des établissements de commerce de détail ou de gros.

Les acheteurs devront prendre en compte les achats reliés à ces segments de produits, sans nécessairement engendrer une création de nouveaux emplois. Ceci est cohérent avec les prévisions du Conference Board du Canada qui anticipe une très faible croissance des emplois auprès de grossistes de pièces de rechange automobiles au pays (+ 2,6 % entre 2020 et 2026 et +1,7 % entre 2026 et 2031).⁸⁰

CNP 6231- Agents et courtiers d'assurance

Les agents et les courtiers d'assurance fournissent des plans de protection pour automobiles (et autres types de véhicules) aux particuliers, aux entreprises et aux établissements publics.

L'avènement de véhicules entièrement autonomes amènera un rééquilibrage des responsabilités en matière de couverture d'assurance, alors que le constructeur du véhicule plutôt que son propriétaire devra se prémunir d'une couverture d'assurance responsabilité.

Bien que l'assurance vol continuera d'être contractée par les particuliers qui continuent d'être propriétaire de leur véhicule, le développement attendu des services d'autopartage entraînera un effritement de la base de clients individuels au profit de gestionnaires de parcs de véhicules.

MARCON émet l'hypothèse d'un impact neutre à l'horizon 2025 et d'une faible diminution du nombre d'emplois à l'horizon 2030, en raison de l'adoption de services de mobilité.

CNP 6421 – Vendeurs – commerce de détail

Les vendeurs au sein des concessionnaires automobiles jouent un rôle important pour l'éducation des clients au sujet des caractéristiques des véhicules électriques et de la recharge des batteries.

Aujourd'hui, une majorité de constructeurs automobiles offrent des véhicules électriques ou hybrides. D'ici 2030, l'offre de véhicules électriques se généralisera, nécessitant une mise à niveau des connaissances des vendeurs et l'embauche de nouveaux vendeurs.

À l'horizon 2025 et 2030, une faible augmentation du nombre d'emplois est à prévoir. Après 2030, le développement des véhicules intelligents est toutefois susceptible de remettre en cause le modèle d'affaires de l'industrie automobile et la survie de leurs concessionnaires.

CNP 7202 – Entrepreneurs et contremaîtres en électricité et en télécommunications

Ce groupe de base comprend les entrepreneurs en électricité et en télécommunications qui possèdent et gèrent leur propre entreprise. L'installation des bornes de recharge est confiée aux entreprises de ces maîtres électriciens. À l'horizon 2025 et 2030, une faible augmentation du nombre d'entrepreneurs est prévue.



CNP 7241 – Électriciens (sauf électriciens industriels et de réseaux électriques)

Les électriciens assurent l'installation et la réparation des bornes de recharge. Une forte augmentation des électriciens compagnons est attendue à l'horizon 2025 et 2030 en raison de l'électrification croissante du parc de véhicules au Québec.

CNP 7243 – Électriciens de réseaux électriques

Les électriciens de réseaux électriques installent et réparent l'équipement et l'appareillage de production, de transmission et de distribution d'électricité.

Il est attendu que jusqu'à la fin des années 2020, le réseau électrique au Québec pourra facilement accommoder la demande croissante découlant de l'augmentation du parc de véhicules électriques.⁸¹ Par conséquent, l'impact sur l'emploi sera neutre à l'horizon 2025 et une faible augmentation est attendue à l'horizon 2030.

CNP 7244 – Monteurs de lignes électriques et de câbles

Les monteurs de lignes électriques et de câbles sont responsables de l'installation, de l'entretien et de la réparation des réseaux aériens et souterrains de transmission et de distribution d'électricité. Comme pour le CNP précédent et pour les mêmes raisons, l'impact sur l'emploi sera neutre à l'horizon 2025 et une faible augmentation est attendue à l'horizon 2030.

CNP 7245 – Monteurs de lignes et de câbles de télécommunications

Les monteurs de lignes et de câbles de télécommunications installent, réparent et entretiennent des lignes et des câbles de télécommunications. Aucun impact n'est attendu sur l'emploi en lien avec les transports électriques et intelligents, tant à l'horizon 2025 que 2030.

CNP 7246 – Installateurs et réparateurs de matériel de télécommunications

Les installateurs et réparateurs de matériel de télécommunications installent, entretiennent et réparent les différents équipements associés à la transmission d'ondes et de signaux. À l'horizon 2025, aucun impact n'est attendu sur l'emploi en lien avec les transports électriques et intelligents. À l'horizon 2030, une faible croissance de l'emploi est à prévoir.

CNP 7301 – Entrepreneurs et contremaîtres en mécanique

Ce groupe comprend différents groupes d'entrepreneurs, incluant les contremaîtres qui supervisent et coordonnent les activités des travailleurs classés dans les groupes suivants :

- Mécaniciens de machinerie et d'équipement de transport (sauf véhicules automobiles);
- Mécaniciens de véhicules automobiles;
- Autres mécaniciens.

Une faible augmentation des besoins en contremaîtres en mesure de superviser des mécaniciens de véhicules électriques est à prévoir vers 2030.

81 Selon Éric Martel, président d'Hydro-Québec, 2019.



CNP 7302 – Entrepreneurs et contremaîtres des équipes d'opérateurs d'équipements lourds

Ce groupe comprend différents groupes d'entrepreneurs, ainsi que les contremaîtres qui supervisent et coordonnent le travail des classes d'ouvriers suivants :

- Conducteurs d'équipement lourd (sauf les grues);
- Conducteurs de machinerie d'entretien public;
- Mécaniciens de gare de triage du transport ferroviaire.

En raison de l'électrification attendue d'une portion de ces véhicules à l'horizon 2030, une faible augmentation des besoins en main-d'œuvre est à prévoir pour des contremaîtres en mesure de superviser des conducteurs d'équipements lourds et de machineries d'entretien public.

CNP 7305 – Surveillants du transport routier et du transport en commun

Ces surveillants supervisent et coordonnent le travail des chauffeurs de transports en commun et d'autres services de transport.

La volonté des gouvernements de financer l'offre de nouveaux services de transport en commun électrifiés est susceptible d'entraîner une faible création d'emploi dès 2025 et jusqu'en 2030.

CNP 7322 – Débrosseurs et réparateurs de carrosserie

Les débrosseurs réparent et remettent en état les parties endommagées des carrosseries. Selon différentes estimations, les véhicules autonomes pourraient diminuer de 80 %⁸² à 90 %⁸³ les collisions associées à l'erreur humaine. Selon le CTIC, cela se traduirait par une demande proportionnellement moindre pour des débrosseurs.⁸⁴ D'ici 2030, l'impact sur l'emploi devrait être neutre. À plus long terme, par contre, des pertes d'emplois sont attendues avec le déploiement des véhicules autonomes.⁸⁵

CNP 7334 – Mécaniciens de motocyclettes, de véhicules tout-terrain et personnel mécanicien assimilé

Les mécaniciens de ce groupe de base entretiennent, réparent et mettent à l'essai les motocyclettes, les scooters, les motoneiges, les moteurs hors-bord, les chariots élévateurs et les véhicules tout-terrain.

Ici également, l'augmentation prévue du parc de véhicules électriques est susceptible d'amener une croissance des emplois, d'abord plus faible à l'horizon 2025 puis plus forte à l'horizon 2030.

82 KPMG cité dans le rapport Autonomous Vehicles Reshaping the Future: Cross-Sector Opportunities and Considerations du Autonomous Vehicle Innovation Network (AVIN), octobre 2019..

83 Morgan Stanley cité dans le rapport Les véhicules automatisés : l'avènement de la prochaine technologie perturbatrice du Conference Board du Canada, 2015.

84 ICTC-CTIC, Ibid., 2017

85 Le Conference Board du Canada, A Case of Disruption. Economic Impacts to the Canadian Automotive Aftermarket, 2019.



CNP 7511 – Conducteurs de camions de transport

Les conducteurs de camions de transport assurent le transport de marchandises et de matériaux sur le réseau routier.

Les compagnies de camionnage longue distance seront possiblement les premières à adopter massivement les véhicules autonomes (diesel) de niveaux 4 et 5 en raison des gains potentiels liés à l'économie de main-d'œuvre et à la réduction de la consommation de carburant (associée à la mise en peloton). L'offre actuelle de camions lourds (classes 7 et 8) est très limitée.

À l'horizon 2025, l'impact des transports électriques et intelligents sur les emplois de conducteurs de camions de transport devrait être neutre. À l'horizon 2030, on devrait au mieux passer d'une offre de quelques camions à une centaine. Les enjeux technologiques et législatifs sont encore importants, en plus du climat québécois. L'impact sur l'emploi risque donc d'être faible à l'horizon 2030.

CNP 7512 – Conducteurs d'autobus et opérateurs de métro et autres transports en commun

Les conducteurs d'autobus et les opérateurs de métro et d'autres modes de transports en commun effectuent des déplacements de passagers selon un itinéraire établi.

En raison des mesures de la Politique de mobilité durable du ministère des Transports du Québec (MTQ), on assistera à une expansion de l'offre de services de transports en commun électriques. Notons qu'à l'horizon 2030, l'utilisation de véhicules autonomes dans les transports en commun devrait se limiter aux navettes hors route (ex. : navettes d'aéroport). Une forte augmentation des emplois concernés par les transports électriques et intelligents est ainsi à prévoir à l'horizon 2025 et 2030.

À plus long terme, des pertes d'emplois importantes seront probablement engendrées avec l'automatisation de véhicules de transports en commun. Comme il aura été le cas pour les autobus électriques, les véhicules autonomes seront mis en service sur une période de 12 à 16 ans, ce qui est le cycle normal de remplacement des autobus de transport collectif. Si l'attrition des chauffeurs (départs volontaires et retraites) ne suffit pas, le personnel touché nécessitera possiblement des mesures d'accompagnement pour permettre le recyclage de la main-d'œuvre.

CNP 7513 – Chauffeurs de taxi, chauffeurs de limousine et chauffeurs

Les chauffeurs de taxi et de limousine conduisent des automobiles et des limousines pour transporter des passagers.

L'électrification graduelle du parc de taxis déjà en marche se poursuivra jusqu'à l'horizon de 2030. Le remplacement graduel des taxis à essence entraînera une forte croissance du nombre de chauffeurs de véhicules électriques, mais avec un impact relativement neutre sur la création nette d'emplois. Notons que le Programme de soutien à la modernisation de l'industrie du transport par taxi du ministère des Transports du Québec favorise l'accès à des véhicules écoresponsables et performants du point de vue énergétique.

À compter de 2030, la mise en service de VA dans ce secteur viendra progressivement éliminer le besoin pour les chauffeurs de taxi, avec l'exception possible de services dédiés aux personnes souffrant de handicaps très prononcés. Cette profession est donc à risque.



CNP 7514 – Chauffeurs-livreurs – services de livraison et de messagerie

Les chauffeurs-livreurs – services de livraison et de messagerie conduisent des automobiles, des fourgonnettes et des camions légers afin de ramasser et de livrer divers produits.

La présence des véhicules lourds en milieu urbain fait de plus en plus face à des problèmes d'acceptabilité en raison des problèmes de sécurité, de congestion et de bruit engendrés. Ceci crée un contexte favorable au déploiement des petits véhicules de livraison électriques en milieu urbain.

Le transport des marchandises au premier et au dernier kilomètre parcourus via ce type de camions est susceptible d'amener une création d'emploi plus faible à l'horizon 2025 et plus forte vers 2030. Il s'agit d'une augmentation nette du nombre d'emplois et non d'un déplacement.

À compter de 2030, la mise en service de VA (incluant les robots) dans ce secteur viendra progressivement éliminer le besoin pour les chauffeurs de véhicules de livraison et de messagers. La manutention des colis se faisant exclusivement aux points d'origine et aux destinations, elle se fera vraisemblablement par le personnel qui s'y trouve déjà. Cette profession est donc à risque.

CNP 7521 – Conducteurs d'équipement lourd (sauf les grues)

Les conducteurs d'équipement lourd manœuvrent des engins de chantier. Jusqu'en 2030, l'impact sur l'emploi sera neutre. À plus long terme, par contre, des pertes d'emplois sont à prévoir alors que des équipements lourds autonomes deviendront graduellement disponibles.

CNP 7522 – Conducteurs de machinerie d'entretien public et personnel assimilé

Les conducteurs opèrent des camions vocationnels. Jusqu'en 2030, l'impact sur l'emploi sera neutre. À plus long terme, par contre, des pertes d'emplois sont à prévoir alors que des équipements lourds autonomes deviendront graduellement disponibles.

CNP 9221 – Surveillants dans la fabrication de véhicules automobiles

Les surveillants supervisent et coordonnent les activités des travailleurs des services de production de véhicules automobiles.

La croissance des emplois devrait suivre le rythme de l'électrification et de l'automatisation des transports au Québec. Une faible création d'emploi est attendue à l'horizon 2025 et sera suivie d'une forte création d'emploi vers 2030.

CNP 9222 – Surveillants dans la fabrication de matériel électronique

Les surveillants supervisent et coordonnent les tâches des travailleurs dans l'assemblage de composantes et de systèmes électroniques. La croissance des emplois devrait être faible d'ici 2025 et jusqu'en 2030, car ce secteur est déjà fortement concurrencé par des pays ayant des structures de coûts plus concurrentielles.



CNP 9223 – Surveillants dans la fabrication d'appareils électriques

Les surveillants supervisent et coordonnent les activités des travailleurs qui montent, fabriquent et vérifient des composantes et des moteurs électriques. La croissance des emplois devrait être faible d'ici 2025 et jusqu'en 2030, car ce secteur est déjà fortement concurrencé par des pays ayant des structures de coûts plus concurrentielles.

CNP 9226 – Surveillants dans la fabrication d'autres produits métalliques et de pièces mécaniques

Les surveillants supervisent et coordonnent les activités des travailleurs qui assemblent et inspectent des pièces d'automobiles. Ici également, la croissance des emplois devrait être faible d'ici 2025 et jusqu'en 2030, car ce secteur est déjà fortement concurrencé par des pays ayant des structures de coûts plus concurrentielles.

CNP 9522 – Assembleurs, contrôleurs et vérificateurs de véhicules automobiles

Les assembleurs de véhicules automobiles assemblent les pièces et les éléments préfabriqués des véhicules automobiles pour former des sous-ensembles et des véhicules finis. Les contrôleurs et les vérificateurs de véhicules automobiles inspectent et vérifient les produits. La croissance des emplois devrait être faible à l'horizon 2025 et jusqu'en 2030, car ce secteur est déjà fortement concurrencé par des pays ayant des structures de coûts plus concurrentielles.

CNP 9523 – Assembleurs, monteurs, contrôleurs et vérificateurs de matériel électronique

Les assembleurs et les monteurs de matériel électronique assemblent et fabriquent du matériel, des pièces et des composantes électroniques. Les contrôleurs et les vérificateurs de matériel électronique inspectent et vérifient les ensembles, les sous-ensembles, les pièces et les composantes électroniques et électromécaniques. La croissance des emplois devrait être faible d'ici 2025 et jusqu'en 2030, car une bonne partie de la fabrication est réalisée à l'extérieur du Québec.

CNP 9524 – Monteurs et contrôleurs dans la fabrication de matériel, d'appareils et d'accessoires électriques

Les monteurs assemblent et mettent à l'essai les produits montés. Ce groupe comprend les travailleurs qui règlent et préparent les chaînes de montage. La croissance des emplois devrait être faible d'ici 2025 et jusqu'en 2030, car une bonne partie de la fabrication est réalisée à l'extérieur du Québec.



Annexe VIII Autres recommandations

Recommandations à l'intention du Gouvernement du Québec

| Actions possibles | Impacts ciblés |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Promouvoir le Québec et ses forces pour y attirer des entreprises internationales de fabrication de composantes, de véhicules autonomes et connectés, et d'infrastructures</p> <p><i>(de concert avec la piste d'action 4)</i></p> | <p>Planter des entreprises du domaine des TEL au Québec</p> <p>Créer des emplois et de la richesse</p> <p>Contribuer à faire du Québec un incontournable dans le développement et la fabrication des véhicules électriques et intelligents et des infrastructures</p> |
| <p>MTESS : Évaluer les programmes spécialisés offerts par les meilleures institutions au monde, incluant les programmes de robotisation et d'automatisation offerts par des universités américaines (Stanford, MIT et Carnegie Mellon)</p> | <p>Identifier les lacunes des programmes québécois par rapport aux meilleurs programmes dans le monde</p> <p>Créer des programmes avec l'aide d'académiques et de professionnels reconnus mondialement</p> <p>Produire un grand nombre de diplômés hautement qualifiés</p> |
| <p>Maintenir les programmes visant à encourager l'achat de véhicules électriques légers et de bornes de recharge jusqu'à l'atteinte de la parité des prix avec les véhicules à combustion interne</p> | <p>Augmenter le taux d'adoption des véhicules électriques par les Québécoises et les Québécois</p> <p>Créer des emplois dans les maillons des infrastructures et du service</p> |
| <p>Maintenir les programmes visant à encourager l'achat de véhicules électriques moyens et lourds et de solutions de recharge jusqu'à la parité de coût du cycle de vie avec les véhicules à combustion interne</p> | <p>Augmenter le taux d'adoption des véhicules électriques par les entreprises québécoises</p> <p>Offrir aux fabricants québécois la possibilité de tester et vendre leurs produits localement, démontrant ainsi leurs forces (même en conditions climatiques nordiques)</p> <p>Augmenter la compétitivité des entreprises du Québec grâce aux bas prix de l'hydroélectricité locale</p> <p>Tirer profit des surplus d'énergie</p> <p>Créer des emplois</p> |



| Actions possibles | Impacts ciblés |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Introduire une réglementation VZÉ pour les véhicules moyens et lourds | <p>Préparer les entreprises québécoises à s'engager dans la transition électrique</p> <p>Encourager l'achat de véhicules électriques moyens et lourds</p> <p>Créer des emplois dans les maillons de la fabrication de certains véhicules, dans la production et la mise en place d'infrastructures et dans le service</p> |
| Sensibiliser les représentants du Québec dans l'ensemble du réseau des représentations du Québec à l'étranger (délégations générales, délégations et bureaux) aux forces du Québec afin qu'ils puissent informer les entreprises locales (à l'étranger) du secteur des TEI et participer à leur recrutement | <p>Attirer des entreprises du secteur des TEI au Québec</p> <p>Créer des emplois</p> |
| Collaborer avec le gouvernement du Canada pour un virage électrique, incluant un programme VZÉ pancanadien (véhicules légers, moyens et lourds) | <p>Créer des occasions de ventes de produits du secteur fabriqués au Québec</p> <p>Créer des emplois</p> |
| SAAQ : Créer un secteur géographique au Québec (idéalement couvrant des endroits urbains, semi-urbains et ruraux) pour tester les véhicules autonomes | <p>Collaboration possible avec PMG (Blainville)</p> <p>Créer un endroit pour tester les solutions québécoises et démontrer leurs forces</p> <p>Attirer des entreprises du secteur de l'automatisation des transports au Québec</p> |
| Évaluer les avantages et inconvénients à collaborer avec les entreprises qui sont situées dans les régions de Kanata en Ontario et de GoMomentum Station en Californie | <p>Créer des opportunités d'échanges et d'apprentissages pour les entreprises québécoises</p> <p>Travailler avec les entreprises qui testent leurs solutions en conditions nordiques (hors route à PMG et sur route dans un secteur à déterminer)</p> <p>Créer des emplois</p> |
| <p>Préparer un programme de soutien gouvernemental à la précommercialisation des technologies de l'intelligence véhiculaire.</p> <p>NB : Le programme devrait s'inspirer d'initiatives britanniques (voir le Centre for Connected and Autonomous Vehicles du Department for Business, Energy & Industrial Strategy), mais cibler les marchés de niche où le Québec excelle déjà dans la filière des technologies d'électrification. Pour en garantir le succès, un tel plan devra nécessairement être nanti d'un budget adéquat et assorti d'un portefeuille de mesures incitatives financières et fiscales, de même que d'avantages <i>intangibles</i>.</p> | <p>Permettre à l'industrie de traverser la rude période où de coûteux essais et d'onéreuses démonstrations devront être effectués</p> <p>Rattraper le retard qu'accuse le Québec comparativement aux chefs de file actuels</p> <p>Assurer un démarrage rapide de l'industrie québécoise des TEI</p> |

**Recommandations à l'intention des gouvernements municipaux du Québec**

| Actions possibles | Impacts ciblés |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Remplacer les flottes de véhicules municipaux par des véhicules électriques, là où les solutions existent | Augmenter la demande pour les véhicules électriques et pour les bornes de recharge, incluant ceux fabriqués au Québec Créer des emplois |
| Créer des zones de véhicules zéro émission | Encourager l'adoption de véhicules électriques de toutes tailles Diminuer la congestion en ville et le niveau de bruit Améliorer la qualité de vie Créer des emplois |
| Développer des hubs de mobilité (mobilité des personnes) et des centres de consolidation (mobilité des marchandises) | Encourager l'adoption de véhicules électriques de toutes tailles Diminuer la congestion en ville et le niveau de bruit Améliorer la qualité de vie Accélérer la transformation du milieu urbain Développer des expertises convoitées des professionnels du secteur du conseil (ex. : urbanistes, ingénieurs, géomètres, etc.) Créer des emplois |
| Créer des systèmes MaaS sur leur territoire, incluant un système MaaS dans le Grand Montréal (collaboration entre l'ARTM, la STM, la STL, la RTL et EXO) | Diminuer la congestion en ville et le niveau de bruit Améliorer la qualité de vie Développer les expertises convoitées des professionnels du secteur du conseil (programmeurs, consultants, ingénieurs, etc.) Créer des emplois |



Recommandations à l'intention d'Hydro-Québec

| Actions possibles | Impacts ciblés |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Créer un programme et un tarif préférentiel pour appuyer la transition de flottes de véhicules moyens et lourds vers l'électrique | <p>Augmenter la demande pour les véhicules électriques de poids moyen et lourd et pour les bornes de recharge, incluant ceux fabriqués au Québec</p> <p>Créer des emplois</p> |
| Préparer l'infrastructure électrique pour répondre à la demande d'une conversion complète du parc des véhicules au Québec vers l'électrique | <p>Pallier au besoin d'infrastructure et éviter qu'il vienne ralentir l'adoption des VÉ</p> <p>Créer des emplois</p> |

Recommandations à l'intention de Propulsion Québec

| Actions possibles | Impacts ciblés |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Maintenir la promotion des entreprises et des compétences québécoises partout où l'organisation a une présence, afin de faciliter la vente de produits et services québécois du secteur des TEI | <p>Augmenter la demande pour les véhicules électriques de poids moyen et lourd et pour bornes de recharge, incluant ceux fabriqués au Québec;</p> <p>Créer des emplois</p> |
| En collaboration avec la Caisse de dépôts et de placements du Québec et Investissement Québec, identifier et inviter des cadres supérieurs d'entreprises étrangères du secteur des TEI à visiter le Québec afin de constater les forces du Québec et les encourager à s'y implanter | <p>Pallier au besoin d'infrastructure et éviter qu'il vienne ralentir l'adoption des VÉ</p> <p>Développer l'économie par l'investissement au Québec d'entreprises étrangères dans les secteurs de pointe utiles aux créneaux visés</p> <p>Créer des emplois</p> |
| En collaboration avec Mila et Techno Montréal, organiser des rencontres de maillage où les acteurs québécois des secteurs des TEI, de l'IA et des technologies de l'information peuvent se rencontrer afin d'identifier des opportunités de collaboration pour améliorer les véhicules électriques, les bornes de recharge et les autres produits fabriqués au Québec | <p>Accélérer le développement de la filière des technologies de l'intelligence véhiculaire</p> |
| Maintenir ses initiatives de réalisation d'études et de chantiers ainsi que l'organisation d'ateliers et de conférences pour accélérer la dissémination d'information au sein de l'industrie | <p>Assurer une bonne compréhension des besoins et des leviers qui peuvent en accélérer le développement</p> |
| Ajouter un volet « chasseurs de têtes » à ses missions commerciales hors Québec | <p>Identifier et rencontrer les ressources humaines dont les entreprises du Québec ont besoin</p> <p>Faire rayonner l'industrie québécoise des TEI dans les institutions d'enseignement supérieur et les centres de recherche à l'étranger</p> |



Annexe IX

Liste des documents consultés

- ABI Research.** *Electric Vehicle Battery and Charging Technologies – application analysis report*, 2019.
- Advanced Vehicle Testing Activity du Idaho National Laboratory.** *How Do Gasoline & Electric Vehicles Compare?*, récupéré de <https://avt.inl.gov/sites/default/files/pdf/fsev/compare.pdf>
- American Public Transportation Association (APTA).** *APTA 2019 Vehicle Database*, 2020.
- American Trucking Associations.** *Truck Driver Shortage Analysis 2019*, 2019.
- Arup.** *Future of Rail 2050*, 2019.
- Association du rail du Canada.** *Rail Trends 2019*, 2019.
- Australia & New Zealand Driverless Vehicle Initiative.** *MacroPlan Dimasi, Autonomous Vehicles Employment Impact Study*, 2018.
- Autonomous Vehicle Innovation Network (AVIN).** *Autonomous Vehicles Reshaping the Future: Cross-Sector Opportunities and Considerations*, AVIN Specialized Reports, octobre 2019.
- Autonomous Vehicle Innovation Network (AVIN).** *AVIN Specialized Reports* (en ligne), 2020.
- Banque mondiale.** *Railways, passengers carried (million passenger-km)*, 2020, récupéré de <https://data.worldbank.org/indicator/IS.RRS.PASG.KM?locations=CA>
- BCG** (Xavier Mosquet, Neveen Awad, Aakash Arora, Ashish Sharma). *The US Mobility Industry's Great Talent Hunt*, 27 juin 2019, récupéré de <https://www.bcg.com/publications/2019/us-mobility-industry-great-talent-hunt.aspx>.
- Borden Ladner Gervais.** *Autonomous Vehicles – Revolutionizing Our World*, 2016.
- BOYLE, Alan.** « Tesla CEO Elon Musk unveils his Robotaxi concept for a self-driving rideshare fleet », *Geekwire*, 22 avril 2019, récupéré de <https://www.geekwire.com/2019/tesla-elon-musk-robotaxi/>.
- Bureau of Transportation Statistics.** *Bus Profile*, 2017, récupéré de <https://www.bts.dot.gov/content/bus-profile>
- Bureau du recensement des États-Unis.** *Provisions for the United States: 2017-2060*.
- Bureau of Transportation Statistics.** *U.S. Passenger-Kilometers, 2020*, récupéré de <https://www.bts.gov/content/us-passenger-kilometers>
- CARRICK, Alex.** « Underway and Upcoming Rail and Rapid Transit Projects, U.S. and Canada: Economic Review », *ConstructConnect*, 6 décembre 2018, récupéré de <https://www.constructconnect.com/blog/economy/underway-upcoming-rail-rapid-transit-projects-u-s-canada>.
- CB Insights.** *33 Industries Other Than Auto That Driverless Vehicles Could Turn Upside Down* (en ligne), 2018.
- Center for Global Policy Solutions.** *Stick Shift - Autonomous Vehicles, Driving Jobs, and the Future of Work*, 2017.
- Comité sectoriel de main-d'œuvre des services automobiles (CSMO-AUTO).** *Diagnostic sectoriel de l'industrie des services automobiles*, décembre 2017.
- Conference Board of Canada.** *A Case of Disruption: Economic Impacts to the Canadian Automotive Aftermarket*, 2019.
- Conference Board of Canada.** *Les véhicules automatisés : l'avènement de la prochaine technologie perturbatrice*, 2015.
- Conseil canadien des administrateurs en transport motorisé (CCATM).** *Livre blanc : Les véhicules automatisés au Canada*, 2016.
- Conseil des ministres responsables des transports et de la sécurité routière du Canada.** *Cadre stratégique des véhicules automatisés et connectés pour le Canada - Rapport du groupe de travail du CSPP sur les véhicules connectés et automatisés*, 2019.
- Conseillers en management MARCON / Élexpertise.** *L'impact de l'électrification des transports sur la main-d'œuvre au Québec – Étude exploratoire*, 2019.
- Département américain de l'Énergie.** *Maps and Data - U.S. Plug-in Electric Vehicle Sales by Model*, récupéré de <https://afdc.energy.gov/data/10567>



- Desrosiers Automotive Consultants.** *Canadian Passenger Car and Light Truck Sales*, décembre 2019
- Edison Electric Institute.** *Electric Vehicle Sales: Facts & Figures*, avril 2019.
- Éducation Montréal, SECOR/KPMG.** *Analyse prospective du marché du travail dans la région de Montréal*, 2014.
- Electric Drive Transportation Association.** *Electric Drive Sales Dashboard*, 2019, récupéré de <https://electricdrive.org/index.php?ht=d/sp/i/20952/pid/20952>
- ELLEY, Jonathan.** « Buying versus shopping: how retail will be transformed by 2050 », *Financial Times*, 2 décembre 2019, récupéré de <https://www.ft.com/content/77e366da-dfb6-11e9-b8e0-026e07cbe5b4>.
- Emploi-Québec.** « Salaires et statistiques - CNP 7514 », *Information sur le marché du travail (IMT)*, récupéré de http://imt.emploiquebec.gouv.qc.ca/mtg/inter/noncache/contenu/asp/mtg122_stat-prof_01.asp?PT4=53&aprof=7513&pro=7513&PT2=17&lang=FRAN&Porte=1&cregn=QC&PT1=3&P-T3=9&type=02&motCNP=75&cregncomp1=QC&cregncomp2=QC&msta=1.
- Emploi-Québec.** *Conducteurs et conductrices de camions de transports - Diagnostic professionnel et état du marché du travail, Sommaire exécutif*, mai 2017.
- Energy and Environmental Research Associates, LLC.** *Plug-In Electric Vehicles: Economic Impacts and Employment Growth - Preliminary Final Report*, 2017.
- Environmental and Energy Study Institute** (Richard Nunno). *Electrification of U.S. Railways: Pie in the Sky, or Realistic Goal?*, 30 mai 2018, récupéré de <https://www.eesi.org/articles/view/electrification-of-u.s.-railways-pie-in-the-sky-or-realistic-goal>.
- EV Volumes.** *USA Plug-in Sales for 2019 YTD October*, récupéré de <http://www.ev-volumes.com/country/usa/>
- EY Strategy.** *Canadian Electric Vehicle Transition - The Difference Between Evolution and Revolution*, 2019.
- Forum international du transport de l'Organisation de coopération et de développement économiques (FIT OCED).** *ITF Transport Outlook 2019*, Éditions OCDE, Paris, récupéré de https://doi.org/10.1787/transp_outlook-en-2019-en.
- FROST&SULLIVAN.** *Connected and Autonomous Vehicles - 2019 Report: Winning the Global Race to Market*, 2019.
- FTI INTELLIGENCE.** *Impact of Electrically Chargeable Vehicles on Jobs and Growth in the EU*, 2018.
- GAO, Yuee E., Yaping ZHANG, Hejiang LI, Ting PENG et Siqi HAO.** « Study on the Relationship Between Comprehensive Transportation Freight Index and GDP in China », *Procedia Engineering*, Elsevier, volume 137, pp. 571-580, 2016, récupéré de <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.01.294>.
- GITTLEMAN, Maury et Kristen MONACO.** « Automation Isn't About to Make Truckers Obsolete », *Harvard Business Review*, 18 septembre 2019, récupéré de <https://hbr.org/2019/09/automation-isnt-about-to-make-truckers-obsolete>.
- Information and Communications Technology Council (ICTC-CITC).** *Autonomous Vehicles and the Future of Work in Canada*, 2017.
- International Council on Clean Transportation.** *Autonomous Vehicles and the Future of Work in Canada*, 2017.
- International Energy Agency.** *Clean Energy Ministerial, Electric Vehicles Initiative, Global EV Outlook 2019 - Scaling-Up the Transition to Electric Mobility*, 2019.
- KPMG.** *2019 Autonomous Vehicles Readiness Index*, 2019.
- KPMG.** *Automobile Insurance in the Era of Autonomous Vehicles*, 2015.
- KPMG.** *Autonomous Vehicles Reshaping the Future*, 2019.
- LAVALLÉE, Hugo.** « L'industrie québécoise du véhicule innovant freinée faute d'installations », *ICI Radio-Canada.ca*, 6 juin 2019, récupéré de <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1173942/voiture-autonome-orange-traffic-leddartechn-laboratoires-essais-etranger>.
- LEWIS, Colin.** « Morgan Stanley Reports on the Economic Benefits of Driverless Cars », *Robohub*, 26 février 2014, récupéré de <https://robotonomics.wordpress.com/2014/02/26/morgan-stanley-the-economic-benefits-of-driverless-cars/>
- LIPSMAN, Andrew.** « eMarketer 2019 Global Ecommerce Forecast », *eMarketer*, 27 juin 2019, récupéré de <https://www.emarketer.com/content/global-ecommerce-2019>.



McKinsey & Company (Jürgen SCHRÖDER, Bernd HEID, Florian NEUHAUS, Matthias KÄSSER, Christoph KLINK et Simon TATOMIR). *Fast forwarding Last-Mile Delivery - Implications for the Ecosystem*, juillet 2018.

McKinsey & Company (Shannon BOUTON, Stefan M. KNUPFER, Ivan MIHOV, and Steven SWARTZ). *Urban mobility at a tipping point*, septembre 2015, récupéré de <https://www.mckinsey.com/business-functions/sustainability/our-insights/urban-mobility-at-a-tipping-point>

MICROSOFT Dynamics 365, *2019 Retail Trends Report*, 2019.

Ministère de l'Économie et de l'Innovation du Québec (MEIQ). *Présentation du secteur de l'industrie automobile* (en ligne), mise à jour le 18 octobre 2019, récupéré de <https://www.economie.gouv.qc.ca/bibliotheques/secteurs/transport-terrestre/presentation-de-lindustrie-automobile/>.

Ministère des Transports du Québec, *Programme de soutien à la modernisation de l'industrie du transport par taxi*, 2019.

Ministère du Travail, de l'Emploi et de la Solidarité sociale (MTESS), *État d'équilibre du marché du travail à court et à moyen termes : Diagnostics pour 500 professions – édition 2019, 2020*, 64 pages, récupéré de <https://www.quebec.ca/emploi/metiers-et-professions/information-sur-le-marche-du-travail/etat-dequilibre-du-marche-du-travail/>

Mobilité électrique Canada. *Electric Vehicle Sales in Canada in 2018: A phenomenal record-breaking year, 2018*, récupéré de <https://emc-mec.ca/wp-content/uploads/EMC-Sales-Report-Rapport-de-ventes-MEC-2018.pdf>

Montréal International. *Greater Montréal – 5th video game hub in the world, 2018*, récupéré de <https://www.montrealinternational.com/en/news/greater-montreal-5th-video-game-hub-in-the-world>

Office des transports du Canada. *Compagnies de chemin de fer de compétence fédérale*, 2020.

Organisation de la coopération et du développement économiques (OCDE). *Prévisions du PIB à long terme (indicateur)*, doi: 10.1787/9c5a6e7d-fr, 2018, récupéré de <https://data.oecd.org/fr/gdp/previsions-du-pib-a-long-terme.htm>.

POURYOUSEF, Hamed, Pasi LAUTALA et Thomas WHITE. « Railroad capacity tools and methodologies in the U.S. and Europe », *Journal of Modal Transportation*, 3 mars 2015.

PwC. *The Long View – How will the global economic order change by 2050?*, février 2017.

ReThinkX. *Rethinking Transportation 2020-2030 - The Disruption of Transportation and the Collapse of the Internal-Combustion Vehicle and Oil Industries*, 2017.

RETTINO-PARAZELLI, Karl. « Les voiture autonomes créeront 35 000 emplois au Canada d'ici 2021 », *Le Devoir*, 11 janvier 2018.

Sénat du Canada, Comité sénatorial permanent des transports et des communications. *Paver la voie : technologie et le futur du véhicule automatisé*, janvier 2018.

Société de l'assurance automobile du Québec (SAAQ). <https://saaq.gouv.qc.ca/donnees-ouvertes/vehicules-circulation/vehicules-circulation-2018.csv>.

SPLINTER, Angela. « Driver shortage? Look at the numbers », *trucknews.com*, 14 octobre 2019, récupéré de <https://www.trucknews.com/features/driver-shortage-look-at-the-numbers/>

Statista. *Canadian trucking industry tonne-kilometers 2009-2017, in billions*, 2020, récupéré de <https://www.statista.com/statistics/449844/trucking-industry-tonne-kilometers-canada/>

Statistique Canada, « Le Quotidien : Transport ferroviaire, 2017 », 8 avril 2019, récupéré de <https://www150.statcan.gc.ca/n1/daily-quotidien/190408/dq190408b-fra.htm>

Statistique Canada. *Classification nationale des professions (CNP) 2016*, version 1.1, 2019.

Statistique Canada. *Enquête sur la population active*, décembre 2015 et octobre 2019.

Statistique Canada. *Immatriculations de véhicules, par type de véhicule, tableau 23-10-0067-01*, 22 mai 2020, récupéré de https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=2310006701&request_locale=fr.

Statistique Canada. *Recensement de la population 2016*, juin 2019.

Statistique Canada. *Population Projections for Canada (2018 to 2068), Provinces and Territories (2018 to 2043)*, 2019, récupéré de <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/91-520-x/91-520-x2019001-eng.htm>.

The Standing Senate Committee on Transport and Communications, Senate Canada, *Driving Change - Technology and the Future of the Automated Vehicle*, janvier 2018.



Transport Canada. *Transportation in Canada 2018*, récupéré de <https://www.tc.gc.ca/eng/policy/transportation-canada-2018.html>

Transport Québec, *Transporter le Québec vers la modernité : Politique de mobilité durable - 2030*, 2018.

U.S. Department of Transportation, Bureau of Transportation Statistics, National Transportation Statistics, 2020.

U.S. Department of Commerce, Economics and Statistics Administration, Office of the Chief Economist, *The Employment Impact of Autonomous Vehicles*, ESA Issue Brief #05-17, 2017.

UC Berkeley Center for Labor Research and Education and Working Partnerships USA, (Steve VISCELLI). *Driverless? Autonomous Trucks and the Future of the American Trucker*, 2018, récupéré de <http://driverlessreport.org/>.

United Nations Department of Economic and Social Affairs (UN DESA). *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision, Online Edition*, 2018, récupéré de <https://population.un.org/wup/>.

WANG, Brian. « Tesla Next Generation Lithium Batteries vs Solid State Batteries from Everyone Else », *Next Big Future*, 14 août 2019, récupéré de <https://www.nextbigfuture.com/2019/08/tesla-next-generation-lithium-batteries-vs-solid-state-batteries-from-everyone-else.html>.

Wikipedia. « Railroad electrification in the United States », Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Railroad_electrification_in_the_United_States.

6666, rue Saint-Urbain,
bureau 360
Montréal (Québec)
H2S 3H1
Canada

1150, rue de Claire-Fontaine,
bureau 740
Québec (Québec)
G1R 5G4
Canada

propulsionquebec.com



propulsion
Québec

Grappe des
transports électriques
et intelligents