

TRANSITION VERS LA PRODUCTION DE VE DANS L'INDUSTRIE AUTOMOBILE CANADIENNE ÉVALUATION DES INCIDENCES SUR L'ÉCONOMIE ET LE MARCHÉ DU TRAVAIL

FÉVRIER 2024





À propos de l'Initiative FOCAL

L'Initiative sur l'avenir de la main-d'œuvre de l'industrie automobile canadienne (FOCAL), financée par le gouvernement du Canada, est le fruit d'une collaboration entre la Coalition canadienne de la formation professionnelle et de l'emploi (CSTEC), l'Automotive Policy Research Centre (APRC) et Prism Economics and Analysis.

L'Initiative a produit relativement à l'industrie automobile canadienne de l'information et des données sur le marché du travail, scruté les principales tendances influant sur ce marché, et établi des prévisions de l'offre et de la demande dans les professions clés de l'ensemble de l'industrie.



This project is funded in part by the Government of Canada's Sectoral Workforce Solutions Program



Ce projet est financé en partie par le Programme de solutions pour la main-d'œuvre sectorielle du gouvernement du Canada.

Table des matières

Introduction	1
Contexte	4
Types de véhicules et technologies de propulsion	6
Chaînes d'approvisionnement de construction des VE et de fabrication des batteries.....	8
Exploration et exploitation minières	9
Filtrage et traitement des matières premières	9
Fabrication des matériaux pour batteries	9
Fabrication des cellules de batterie	10
Fabrication des modules de batterie	10
Assemblage des blocs-batteries	10
Méthode utilisée.....	11
Estimation de la production et des achats de l'industrie	11
Mesure des grandes incidences sur l'économie.....	13
.....	13
Scénarios de construction de véhicules et de fabrication de batteries	14
Scénario 1	15
Scénario 2	15
Scénario 3	16
Résultats et conclusions	17
Incidences sur la production.....	19
Incidences sur l'emploi.....	21
Discussion.....	24
Incidences économiques générales.....	24
Assemblage de véhicules	24

Fabrication de moteurs à essence	25
Fabrication de batteries	26
Fabrication de matériaux pour batteries, filtrage et extraction de matières premières	26
Risques et obstacles	30
Conclusion	32
Annexe A.	34
Annexe B. Schéma des chaînes d'approvisionnement de la production d'automobiles et de batteries.....	36
Annexe C. Méthode d'analyse de l'incidence des VE en détail.....	37
Aperçu des tableaux d'entrées-sorties du Canada.....	37
Analyse détaillée de la structure de coûts à l'aide des tableaux d'entrées-sorties	38
Estimation de la production industrielle et des achats	40
Application d'IMPLAN à la mesure des incidences sur l'industrie dans son ensemble.....	41
Annexe D.	45
Annexe E. Détails des hypothèses de la fabrication de batteries selon trois scénarios de transition vers les VE.....	48
Annexe F. Incidence détaillée sur la production et l'emploi selon trois scénarios de transition vers les VE	50
Scénario 1	51
Scénario 2	52
Scénario 3	53
Bibliographie	54

Figures et tableaux

Figure 1. Comparaison des groupes motopropulseurs du VMCI et du VEB	7
Figure 2. Projection des ventes mondiales de véhicules légers selon le type de groupe motopropulseur	8
Figure 3. Achats ajustés et maillons de la chaîne d’approvisionnement au sein des industries de la construction d’automobiles et de la fabrication de batteries	11
Figure 4. Comparaison des achats réels (2019) et projetés (2030) du segment de l’assemblage de véhicules	13
Figure 5. Volumes historique (2010 - 2023) et projeté (2024 - 2040) d’assemblage de véhicules au Canada selon trois scénarios de production.....	16
Figure 6. Incidence globale sur la production et l’emploi selon chacun des trois scénarios de transition vers les VE.....	18
Figure 7. Incidence sur la production d’ici 2040 selon chacun des trois scénarios de transition vers les VE	19
Figure 8. Incidence sur l’emploi d’ici 2040 selon chacun des trois scénarios de transition vers les VE.....	23
Figure 9. Variation de la production et de l’emploi d’ici 2040 par rapport à 2022.....	29
Figure 10. Variation de la production et de l’emploi d’ici 2040 par rapport à 2022 (suite)	30
Table 1. Hypothèses de fabrication de batteries au Canada d’ici 2040 selon les trois scénarios..	16
Table 2. Évolution de l’emploi en fabrication de moteurs à essence par rapport à 2022	25

Résumé

L'industrie automobile du Canada, un moteur clé de la croissance manufacturière et économique du pays, vit en ce moment une vaste transition vers la production de véhicules à émission zéro (VEZ) dans le cadre des efforts des marchés intérieur et mondial visant à réduire les émissions de carbone et à atteindre la carboneutralité d'ici 2050. Le passage de la production de véhicules à moteur à combustion interne (VMCI) à celle de véhicules électriques (VE) présente des possibilités autant que des difficultés. La transition donne l'occasion de mettre en place de nouvelles chaînes d'approvisionnement dans le marché intérieur, d'augmenter la capacité de production actuelle et de faire croître la contribution de l'industrie à l'économie. Toutefois, elle présente à l'industrie et à sa chaîne d'approvisionnement plusieurs défis, notamment la nécessité d'adapter les procédés, de composer avec l'évolution de la demande de composantes et d'assurer la transition de l'effectif d'une industrie ou d'un secteur à un autre. Les intervenants de l'industrie doivent également naviguer entre des écueils majeurs malgré les incertitudes et les risques de cette transition.

Le présent rapport détaillé se concentre sur cette transition, et son importance pour l'économie canadienne. Ses auteurs ont analysé ses incidences de 2025 à 2040, donnant aux décideurs et aux intervenants de l'industrie des précisions sur les conséquences possibles pour l'économie et le marché du travail. Ce rapport présente les résultats de l'analyse détaillée du passage à la production de VE, particulièrement les véhicules électriques à batterie (VEB). Cela a entraîné l'examen minutieux des chaînes d'approvisionnement de la construction d'automobiles et de la fabrication de batteries, auquel s'est ajoutée l'annonce de nouvelles opérations de production et des changements associés qui remontent jusqu'à la fabrication de produits chimiques, au traitement des minéraux et à la capacité minière. De plus, l'analyse a porté sur la diminution des activités d'assemblage de VMCI et la contraction de la demande de composantes qui en résultent — le volet parallèle de cette transition. Le calendrier et l'importance des nouvelles opérations et des changements dans la chaîne d'approvisionnement sont exposés dans trois scénarios qui illustrent les divers résultats éventuels — allant de la croissance rapide de la capacité de production de VEB illustrant la transformation réussie de la production en quelques années, à une transition plus graduelle représentant les risques et les obstacles divers qui se présentent à la production et à l'adoption des VE. L'analyse de la production de VE permet d'estimer l'évolution spécifique de la production et de l'emploi aux différents maillons de la chaîne d'approvisionnement. Chaque scénario présente une incidence économique sur plusieurs niveaux.



1. Dans le scénario 1, on fait l'hypothèse d'une meilleure réception des VE par les consommatrices et les consommateurs, alors que l'industrie continue avec succès d'obtenir des mandats de production, d'extraire et de traiter des minéraux de terres rares dans le marché intérieur, de même que de construire des VE et fabriquer leurs batteries. Ce scénario prévoit une expansion économique et une dynamisation du marché du travail non négligeables, alors que la production augmentera de 50,0 milliards de dollars et créera presque 100 000 emplois nets d'ici 2040.

2. Le scénario 2 suppose une acceptation plus lente des VE par les consommatrices et les consommateurs, se traduisant par une transition plus graduelle vers la construction de véhicules électriques et par une production de batteries plus faible, lesquelles s'accompagnent en outre d'un succès moindre dans la création d'une capacité de production de minéraux de terres rares et dans l'obtention de mandats de production. Ces hypothèses permettent de projeter une faible incidence économique, compte tenu d'une augmentation globale de la production de 2,4 milliards de dollars et de la création de 4 250 emplois environ jusqu'en 2040, mais aussi de dénoter des pertes d'emploi et économiques au cours des premières années de la transition.

3. Le scénario 3, combinant les hypothèses des deux premiers, permet de prédire que la production atteindra 13,3 milliards de dollars et qu'elle ajoutera 27 000 emplois d'ici 2040.

Ces scénarios font ressortir les incidences variables de la transition du Canada vers la production de VE sur la production économique et l'emploi dans diverses industries et dans l'ensemble de l'économie. L'industrie de la fabrication de moteurs à essence est la principale touchée en raison de l'affaiblissement de la demande de composantes propres aux VMCI – un facteur de national diminution de la production de VMCI et des exportations de composantes pour moteurs à combustion interne (MCI). En revanche, la fabrication de batteries et les industries de sa chaîne d'approvisionnement devraient être les plus avantagées (hausse de la production et création d'emplois) par le démarrage des opérations de fabrication de batteries et des activités connexes.

Bien que plusieurs risques, obstacles et défis puissent gêner la transformation de la production et l'adoption des VE, la réussite de la transition exige de l'industrie et des gouvernements qu'ils coordonnent leurs efforts pour réduire les incidences au minimum et assurer une transition harmonieuse de l'effectif.



Introduction

Au cours des dernières décennies, l'industrie automobile canadienne a contribué de façon non négligeable à la croissance économique et au développement industriel du pays. L'industrie emploie environ 210 000 travailleuses et travailleurs, apporte plus de 19 milliards de dollars au PIB du Canada et représente plus de 8 % de l'ensemble de ses exportations^{1,2,3}. Vu l'importance et le rôle de la construction d'automobiles dans l'économie canadienne, la fluctuation du niveau de production, de même que des changements technologiques dans la chaîne d'approvisionnement, les échanges commerciaux et les produits peuvent avoir des répercussions directes et indirectes considérables qui se concrétiseront dans plusieurs secteurs et industries. Ces incidences pourraient facilement mener à une évolution non négligeable de la production et de l'emploi dans l'industrie automobile, dans sa chaîne d'approvisionnement, de même que dans l'économie tout entière.

L'industrie vit en ce moment une vaste transition vers la production de véhicules à émission zéro (VEZ), une tendance qui croît rapidement en raison des efforts de décarbonation actuels de multiples secteurs et industries. Ces efforts concordent avec l'objectif mondial de carboneutralité d'ici 2050, bénéficiant des engagements en matière de durabilité environnementale ainsi que du passage aux sources d'énergie renouvelables et à des technologies plus propres⁴. Depuis le début des années 2010, les ventes de VE⁵ au Canada et aux États-Unis (É.-U.) (le principal marché d'exportation de véhicules du Canada) affichent une croissance non négligeable. En 2022, on immatriculait 205 000 nouveaux VE au Canada, ce qui représente 13,6 % du nombre total d'immatriculations de cette année-là⁶. Aux É.-U., les ventes de VE représentaient 12,3 % des ventes totales de véhicules neufs du pays en 2022⁷.

En ce qui concerne les fabricants d'équipement d'origine (FEO) de l'industrie automobile canadienne, la transition vers les VE est également une mesure stratégique visant à rester compétitive dans les marchés régionaux et mondiaux. Les constructeurs d'automobiles canadiens investissent de plus en plus dans la conception et la production de VE, de leurs technologies et de leurs composantes, tenant compte de la hausse de la demande à la consommation, de même que du potentiel de croissance non négligeable du marché au cours des années qui viennent. Ces

¹ Initiative FOCAL. *Importance de l'industrie automobile canadienne*, 2021.

² Statistique Canada. *Produit intérieur brut par industrie (mensuel)*, 2022.

³ Industrie Canada. *Données sur le commerce international et connaissance des marchés*, 2022.

⁴ Gouvernement du Canada, Environnement et ressources naturelles. *La carboneutralité d'ici 2050*, 2023.

⁵ Dans le présent rapport, l'expression véhicule électrique (VE) fait référence aux véhicules électriques hybrides (VEH), aux véhicules électriques hybrides rechargeables (VEHR) et aux véhicules électriques à batterie (VEB).

⁶ Statistique Canada. *Immatriculations des véhicules neufs*, 2023.

⁷ Marklines Automotive Data. *Automotive Yearly Sales by Country*, 2023.

investissements bénéficient d'incitatifs et de politiques visant à augmenter la production nationale et à favoriser l'adoption des VEZ⁸.

La transition vers les VE présente assurément à l'industrie automobile canadienne des possibilités et des difficultés. Elle donne au Canada la chance de prendre une position de premier plan dans une industrie qui évolue rapidement, stimulant l'innovation, attirant les investisseurs et obtenant des mandats de production, donnant de l'expansion aux chaînes d'approvisionnement, et créant de nouveaux emplois. La hausse de la production de VE ouvre de nouveaux marchés aux fabricants canadiens de pièces d'automobiles, faisant ultimement croître les exportations du pays. Elle encourage aussi les partenariats avec des entreprises technologiques dans des domaines comme les produits électroniques et la technologie des batteries, ce qui favorise la création d'un écosystème d'innovation. Qui plus est, cette transition qui touche aussi bien la production que l'adoption concorde avec les objectifs mondiaux en matière d'environnement, ce qui fait croître l'apport du Canada et améliore sa réputation en ce qui concerne les pratiques durables.

La transition vers la production de VE exige aussi des changements non négligeables dans les procédés de fabrication, la chaîne d'approvisionnement et l'effectif puisque les groupes motopropulseurs des VE, et plus particulièrement des VEB, sont radicalement différents de ceux des VMCI. Pour produire des VE, les constructeurs traditionnels doivent modifier leurs chaînes de production pour accueillir les nouvelles techniques de production, s'adapter aux nouveaux procédés et peut-être réaménager l'atelier de production. Ces changements comprennent des procédés comme l'assemblage de batteries, la production de cellules et de modules, ainsi que l'intégration de moteurs électriques, tous radicalement différents des procédés de production des VMCI.

La transition de la construction d'automobiles vers la production de VE est confrontée à des difficultés et à des incertitudes considérables découlant d'un large éventail de facteurs qui pourront avoir une incidence sur la production et l'adoption. Ces risques et ces obstacles pourront être liés, directement ou indirectement, à la production de véhicules et de batteries, et comprennent notamment les limites de la technologie des véhicules et des batteries, les contraintes liées aux infrastructures de chargement, les perturbations de la chaîne d'approvisionnement des automobiles et des batteries, ainsi que les difficultés commerciales sur lesquelles jouent les préférences des consommatrices et des consommateurs et les tendances économiques. Par exemple, les consommatrices et les consommateurs risquent d'être préoccupés par la conduite d'un VE par grand froid, leur autonomie et l'accessibilité des bornes de recharge — toutes susceptibles de ralentir la transition⁹. Les incertitudes entourant les politiques et la réglementation peuvent aussi avoir de profondes répercussions, influant sur la production et l'adoption de VE, de même que sur les normes et les exigences de conformité de l'industrie. Ces

⁸ Agence fédérale de développement économique pour le Sud de l'Ontario. *Le gouvernement du Canada soutient les fabricants et la chaîne d'approvisionnement des véhicules électriques de l'Ontario, 2023.*

⁹ Consumer Reports. *How Much Do Cold Temperatures Affect an Electric Vehicle's Driving Range?* 2024.

risques et ces obstacles pourront, individuellement ou collectivement, gêner la transition vers la production et l'adoption de VE.

En raison du passage à la production de VE, on s'attend à ce que des changements encore plus radicaux surviennent dans la chaîne d'approvisionnement des automobiles. La chaîne, dont font partie un large éventail de fabricants de composants et de pièces, s'étend à l'extraction et à la production de matières premières et doit s'adapter aux demandes spécifiques de la construction de VE. Cette adaptation entraîne un passage de l'approvisionnement en pièces dans la chaîne d'approvisionnement traditionnelle des VMCI, comme les composants des MCI, les systèmes d'échappement et les réservoirs à essence, à celles requises par les VE, comme les batteries, les moteurs électriques et les modules de commande d'alimentation. Dans un rapport, UBS expose en détail les différences entre les VMCI et les VE, et estime que plus de 50 % des composants de VEB¹⁰ ne proviennent pas de la chaîne d'approvisionnement de l'industrie automobile traditionnelle¹¹. Bien qu'il soit plus simple sur le plan mécanique, le VE, et plus particulièrement le VEB, est plus complexe sur le plan électronique, alors que certaines de ses principales composantes proviennent directement de l'industrie de la fabrication de produits chimiques¹¹.

Le passage à la production de VE ajoute un maillon essentiel à la chaîne d'approvisionnement de l'industrie automobile, c'est-à-dire celui de la fabrication de batteries. La batterie, une composante principale du groupe motopropulseur, représente un changement non négligeable pour les stratégies d'approvisionnement et de production des constructeurs d'automobiles. La production de batteries exige l'intégration de procédés de fabrication de produits chimiques, électroniques, électriques ou métalliques – une différence par rapport au caractère essentiellement mécanique de la construction d'automobiles traditionnelle. Il faut pour cela établir des partenariats et obtenir des ententes d'approvisionnement avec des fabricants spécialisés de batteries et de produits chimiques, de même qu'avec des compagnies minières – des ententes qui dépassent la chaîne d'approvisionnement traditionnelle des automobiles.

L'ajout de composants, de fournisseurs et d'industries à la chaîne d'approvisionnement de l'industrie automobile au moment de la transition vers la production de VE, et l'abandon graduel des composants spécifiques aux VMCI, laissent prévoir des changements et des conséquences non négligeables pour la production et l'emploi dans l'industrie. D'une part, la hausse de la production de VE entraînera une augmentation de l'emploi et de l'activité économique dans les industries et les secteurs qui sont directement et indirectement liés à la fabrication de batteries, de même que dans la production de composants électriques et électroniques. Il se peut que ce phénomène s'accompagne d'une évolution des compétences requises dans l'industrie automobile. D'autre part, cet abandon graduel de la production de VMCI mènera également à une diminution du volume, de même qu'à des pertes d'emploi dans les industries liées à la construction de VMCI. Il est possible que les fournisseurs dans ces industries soient directement ou indirectement touchés par l'abandon graduel de la production de VMCI.

¹⁰ Composantes des fournisseurs de niveau 1; mesurées selon la valeur.

¹¹ UBS. *UBS Evidence Lab Electric Car Teardown—Disruption Ahead? 2017.*

Depuis 2020, plusieurs FEO, fabricants de batteries et fournisseurs de pièces pour automobiles ont annoncé de gros investissements et des plans de production visant les VE, les batteries, et les composants pour VE au Canada¹². Au fil de la transition de l'industrie automobile canadienne vers la production de VE, on attend des répercussions non négligeables sur l'industrie, sa chaîne d'approvisionnement, l'effectif et l'économie dans son ensemble. Il en ressort la nécessité d'une analyse exhaustive et de prévisions complètes pour quantifier les changements et les répercussions de cette transition.

Le présent rapport fournit les résultats d'une analyse en profondeur et des prévisions détaillées concernant les changements et les répercussions de la transition de l'industrie automobile canadienne vers la production de VE. Visant la période allant de 2025 à 2040, le rapport scrute les incidences de la réorientation de la production et des investissements relativement aux VE et aux batteries au sein des chaînes d'approvisionnement de la construction d'automobiles et de la fabrication de batteries.

L'analyse menée dans le cadre de l'étude s'articule autour de scénarios qui explorent différents résultats éventuels de cette transition. Ces scénarios sont conçus pour intégrer un éventail de résultats en construction d'automobiles et en fabrication de batteries, allant d'une transition intensive à une autre, plus mesurée, graduelle, vers la production de VE et de batteries. Les scénarios représentent également les incertitudes et les risques éventuels des chaînes d'approvisionnement des véhicules et des batteries, de même que d'autres difficultés susceptibles de gêner la transition des activités de production. En scrutant les résultats de ces scénarios, le rapport vise à faire ressortir les répercussions éventuelles de la transition sur l'économie et le marché du travail. Le rapport présente aussi les grandes incidences de ces changements sur l'économie canadienne. Il prend en compte le potentiel de création d'emplois et de croissance de la production économique.

Les résultats de l'analyse figurant ici visent à informer les décideurs, les intervenants de l'industrie et les gouvernements des incidences, des difficultés et des possibilités que présente cette transformation de la construction d'automobiles. En offrant une analyse et des prévisions détaillées, le rapport donne des précisions importantes aux intervenants, faisant ressortir non seulement les risques éventuels, mais aussi les possibilités qui découlent du passage à la production de VE et de batteries.

Contexte

L'Initiative FOCAL aide les employeurs, les travailleuses et les travailleurs ainsi que les chercheuses et les chercheurs d'emploi à surmonter les difficultés du marché du travail. En plus d'une aide directe sous forme de subventions des salaires et des formations, l'Initiative donne des conseils dans des domaines cruciaux comme la transférabilité des compétences, la diversité,

¹² Investir au Canada. *Chaîne d'approvisionnement des VE*, s.d.

l'immigration et l'apprentissage. On s'attend à ce que le passage de la production de VMCI à celle de VE dans l'industrie automobile canadienne s'avère un domaine d'intervention clé au cours des années qui viennent.

En 2021, l'Initiative a publié un rapport intitulé *Incidence de la production de VE sur la chaîne d'approvisionnement du secteur de la fabrication automobile : sources, méthodes et conclusions*¹³. Le rapport s'inscrivait dans les premiers efforts consentis par l'Initiative pour évaluer l'incidence de la transition vers la production de VE sur la chaîne d'approvisionnement de l'industrie automobile canadienne. Les résultats de son analyse permettent d'estimer que, à peu de choses près, 16 000 emplois et 64 entreprises sont très vulnérables. Le rapport souligne également les hausses possibles de la production et de l'emploi découlant des activités manufacturières liées aux batteries. Il étudie les meilleures méthodes pour quantifier les grandes incidences de la transition de la production de VMCI vers celle de VE sur l'industrie automobile canadienne, sa chaîne d'approvisionnement et l'économie.

Comme la construction d'automobiles est étroitement liée à nombre d'autres secteurs et industries, les incidences sur l'économie et le marché du travail peuvent englober des effets directs, indirects et induits susceptibles d'influer sur une grande partie de ces secteurs et de ces industries. Pour cette raison, il s'est avéré nécessaire de mesurer méthodiquement les incidences de cette transition, lesquelles pourront entraîner une transformation des marchés du travail, de la production industrielle et des chaînes d'approvisionnement. Dans le rapport initial de l'Initiative, nous avons reconnu que la méthode des entrées et sorties est l'outil le plus précis pour ce faire. Elle est capable d'intégrer les effets à plusieurs niveaux de la transition sur des industries et des secteurs divers.

Les investissements annoncés récemment qui visent à faire croître les capacités des constructeurs de VE et des fabricants de batteries du Canada soulignent l'importance d'une telle analyse, d'autant plus que la transformation de la production a déjà commencé. Ces dernières années, aux côtés de Toyota, qui assemble des véhicules hybrides au Canada, Ford, General Motors (GM) et Stellantis ont annoncé leur intention de rééquiper et de moderniser leurs chaînes de production canadiennes en vue de construire des VE. Parmi les autres annonces importantes liées à la fabrication de batteries, mentionnons l'usine de production de batteries de NextStar Energy à Windsor (une coentreprise entre Stellantis et LG Energy Solutions), les installations de fabrication de batteries de Volkswagen à St. Thomas, ainsi que les usines de fabrication de matériaux pour batteries GM et de Ford au Québec¹⁴. L'accroissement des capacités de construction de VE et de fabrication de batteries s'accompagne également d'autres annonces concernant l'extraction et le traitement des matières premières. Quelques annonces d'investissement en construction d'automobiles et en fabrication de batteries figurent à l'annexe A.

¹³ Initiative FOCAL. *Incidence de la production de VE sur la chaîne d'approvisionnement du secteur de la fabrication automobile : sources, méthodes et conclusions*, 2021.

¹⁴ Association canadienne des constructeurs de véhicules. *État de l'industrie automobile canadienne*, 2023.

Types de véhicules et technologies de propulsion

Il est primordial de bien saisir les différences techniques et tarifaires entre les VMCI, les VEH, VEHR et les VEB pour estimer et prévoir l'incidence sur l'économie et le marché du travail du passage à la production de VMCI à celle de VEZ. Chaque type de véhicule représente un procédé technologique différent, intègre différentes pièces et composantes pour groupes motopropulseurs et comporte des prescriptions relatives à la fabrication spécifiques, ce qui a une incidence sur la demande de pièces et de composantes spécifiques et qui aura par la suite une influence sur la dynamique de la chaîne d'approvisionnement de l'industrie automobile dans son ensemble. Ce changement influe non seulement sur les types de composantes requises par l'assemblage de véhicules et la fabrication de pièces, mais aussi sur les professions et les compétences nécessaires pour leur production. Par exemple, l'exigence de compétences spécialisées en génie électrique et en chimie des batteries, attribuable à l'importance grandissante de la technologie des batteries et des moteurs électriques dans les VEB, s'écarte de la prédominance traditionnelle des compétences mécaniques dans la production de VMCI.

Les VMCI sont propulsés par un moteur à combustion qui fonctionne au carburant de source traditionnelle, comme l'essence ou le diesel. Le moteur, le système de transmission, le réservoir et l'injection de carburant, ainsi que le système d'échappement sont parmi les principales composantes du VMCI. L'allumage du carburant dans les chambres à combustion du moteur produit la puissance qui est transmise aux roues en passant par un système de transmission complexe. Ce processus fait intervenir de nombreuses pièces mécaniques, dont les pistons, les soupapes, le vilebrequin et les engrenages¹⁵.

Les VEH combinent le MCI traditionnel et un système de propulsion électrique. Ce système double comprend un MCI plus petit, un moteur électrique, un petit bloc-batterie et un système de freinage régénératif. Pour se propulser, le véhicule peut passer du moteur à combustion au moteur électrique (et vice versa) ou utiliser les deux simultanément. La batterie d'un VEH se charge au moyen du freinage régénératif et du MCI, n'exigeant pas de chargeur externe. Les VEH sont plus complexes que les VMCI en raison de l'intégration des systèmes électrique et mécanique¹⁶.

Les VEHR poussent le concept d'hybridation plus loin en se dotant de blocs-batteries plus grands que l'on peut charger à l'aide d'une source externe, ce qui permet un fonctionnement autonome en mode entièrement électrique. Les VEHR disposent d'un moteur électrique et d'un MCI, comme les VEH, mais on peut les brancher pour recharger leur batterie. L'hybridation permet aux VEHR de rouler sur une distance accrue en n'utilisant que la puissance électrique, passant au moteur à combustion au moment où l'énergie de la batterie s'épuise. La complexité technique des VEHR

¹⁵ Département de l'Énergie des États-Unis, Alternative Fuels Data Center. *How Do Gasoline Cars Work?* s.d.

¹⁶ Département de l'Énergie des États-Unis – Alternative Fuels Data Center. *How Do Hybrid Electric Cars Work?* s.d.

réside dans le système de gestion de l'énergie sophistiqué qui équilibre effectivement la puissance du moteur électrique et celle du MCI¹⁷.

Le groupe motopropulseur d'un VEB représente un mouvement d'abandon non négligeable des VMCI et des hybrides. Les VEB sont propulsés uniquement par des moteurs électriques et ne disposent ni d'un MCI, ni d'un réservoir de carburant ni d'un système d'échappement. Les VEB comptent parmi leurs principales composantes le bloc-batterie à grande intensité, un ou deux moteurs électriques et un système électronique de puissance, lequel comprend un module de commande d'alimentation, un inverseur et un chargeur embarqué. Les VEB sont plus simples que les VMCI sur le plan mécanique, mais ils ont besoin de technologies et de systèmes électroniques plus sophistiqués pour fonctionner. L'absence de MCI et la simplicité du système de transmission réduisent la complexité mécanique du VEB, entraînant des prescriptions relatives à la fabrication et des besoins en matière d'entretien différents¹⁸.

En raison de l'objectif mondial de réduire les émissions nettes à zéro ou presque, on s'attend à ce que les VMCI soient surtout remplacés par des VEB, alors que les hybrides serviront de technologie de transition. La figure 1 montre les différences fondamentales du VMCI et du VEB. Au moment où les progrès technologiques relatifs à l'efficacité des batteries et aux infrastructures de recharge se poursuivent, et où le prix des batteries continue de diminuer à la faveur de l'augmentation de l'échelle de production, les VEB devraient devenir le premier choix en matière de transport individuel. On s'attend à ce que cette évolution positionne les VEB avantageusement par rapport aux véhicules hybrides, particulièrement en raison de leurs avantages environnementaux et de leur capacité à dégager des économies à long terme. Vous en trouverez une illustration dans les prévisions des ventes mondiales de véhicules légers de la figure 2.

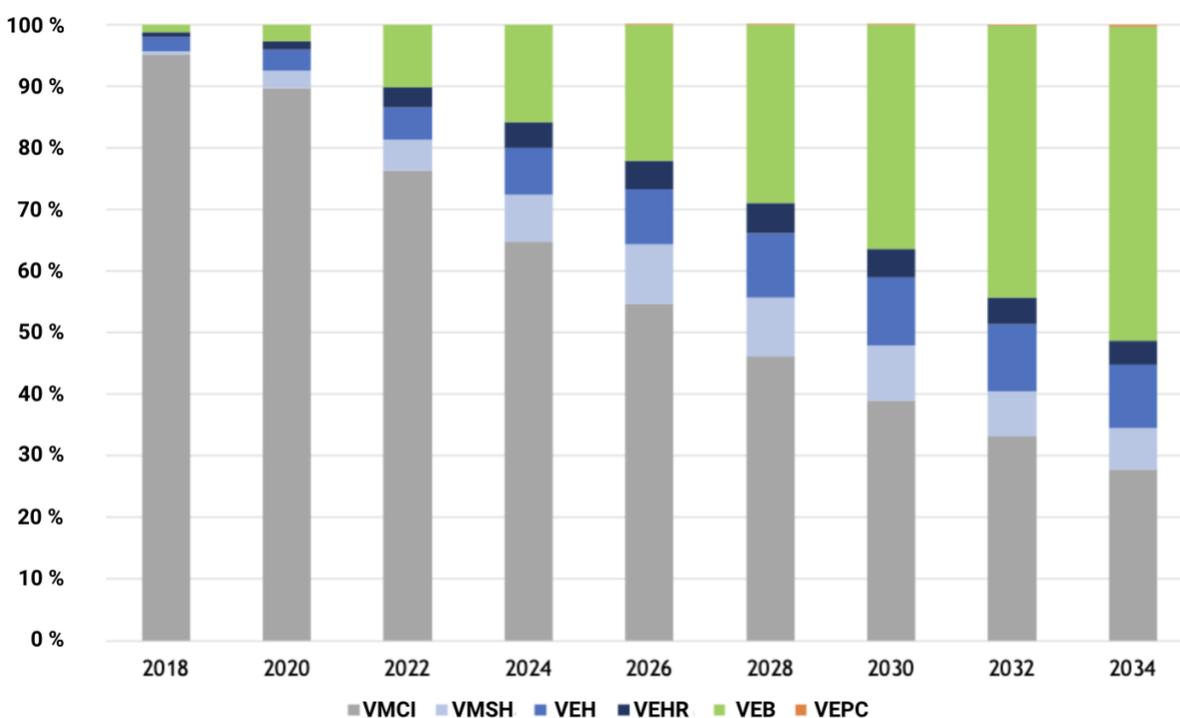
Figure 1. Comparaison des groupes motopropulseurs du VMCI et du VEB



¹⁷ Département de l'Énergie des États-Unis – Alternative Fuels Data Center (n.d.). *How Do Plug-In Hybrid Electric Cars Work?* s.d.

¹⁸ Département de l'Énergie des États-Unis – Alternative Fuels Data Center (n.d.). *How Do All-Electric Cars Work?* s.d.

Figure 2. Projection des ventes mondiales de véhicules légers selon le type de groupe motopropulseur



Source: Marklines - GlobalData prévisions des ventes d'automobiles

Chaînes d'approvisionnement de construction des VE et de fabrication des batteries

L'Initiative FOCAL avait déjà révélé la taille et l'importance de l'industrie automobile canadienne et de sa chaîne d'approvisionnement. Selon la définition de l'Initiative, la production automobile se divise en trois principaux segments : assemblage de véhicules, fabrication de pièces pour véhicules et fournisseurs de l'industrie automobile primaire. Cette définition exhaustive englobe toutes les industries qui destinent des produits ou des services à la production automobile.

En raison de la transition vers la production de VE, l'industrie automobile vit en ce moment une transformation notable entraînant des changements considérables dans sa chaîne d'approvisionnement. L'incorporation de la fabrication de batteries est au cœur de transformation. La production de batteries pour VE consiste en un procédé en plusieurs étapes qui exige la participation de nombre de secteurs et d'industries. La production de batteries pour VE s'étend de l'approvisionnement en matières premières à l'assemblage de cellules pour en faire des modules et des blocs. On s'attend à ce que la participation de multiples secteurs et industries à la production de batteries pour VE élargisse la définition et la portée de la chaîne d'approvisionnement automobile. Cet agrandissement ajoute des activités jusque-là considérées non traditionnelles en production automobile. Voici les principales étapes de la production de batteries pour VE.

Exploration et exploitation minières

La production de batteries pour VE commence par l'exploration et l'exploitation minières. L'exploration débute par des études géologiques approfondies visant à localiser des gisements rentables de ces matières. Lorsqu'on trouve des sites d'exploitation minière potentiels, on mène une analyse plus détaillée pour évaluer la faisabilité de l'extraction. Après l'exploration, commence l'exploitation, où les principales matières premières composant les batteries, comme le lithium, le cobalt, le nickel et le manganèse sont extraites du sol¹⁹. Les activités minières utilisent la méthode traditionnelle à ciel ouvert comme la méthode souterraine, et depuis peu, les initiatives pour extraire le lithium de bassins de saumure en utilisant une méthode appelée « extraction de saumure de lithium » gagnent du terrain²⁰. L'étape minière exige beaucoup de main-d'œuvre et de capitaux, c'est-à-dire de gros investissements dans l'équipement et l'effectif. Alors que la demande de VE continue de croître, la pression exercée sur les opérations minières pour qu'elles augmentent leur cadence de production au cours des décennies qui viennent est en train de devenir un problème non négligeable pour l'industrie. Il est important de noter que l'exploration et l'aménagement d'un site ne se font pas du jour au lendemain. Ils exigent souvent bien des années, parfois une décennie ou plus, pour passer des premières études géologiques à une mine en exploitation.

Filtrage et traitement des matières premières

Les matières premières destinées aux batteries suivent un procédé d'affinage pour atteindre le niveau de pureté nécessaire. Le lithium, par exemple, est souvent transformé en carbonate de lithium ou en hydroxyde de lithium avant d'entrer dans la fabrication de batteries. Le cobalt et le nickel aussi sont soumis à un affinage pour les purifier conformément aux spécifications de la composition chimique des batteries. Le procédé d'affinage comporte une série de traitements chimiques, dont la lixiviation, la précipitation et l'électrolyse. Ces procédures sont primordiales pour le rendement, puisque des impuretés peuvent nuire considérablement à la durée de vie, à la capacité et à la sécurité des batteries²¹.

Fabrication des matériaux pour batteries

Suivant l'étape de l'affinage des matières, on fabrique le matériau actif de cathode et le matériau actif d'anode. On obtient le premier d'un mélange de lithium et d'autres métaux comme le nickel, le manganèse et le cobalt, tandis que le second se compose généralement de graphite appliqué à des feuilles de cuivre²². Le procédé de fabrication du matériau actif de cathode suit le procédé de fabrication du matériau actif de cathode par précipitation, lequel comporte une série de réactions

¹⁹ Rocky Mountain Institute. *The EV Battery Supply Chain Explained*, 2023.

²⁰ McKinsey & Company. *Lithium mining: How new production technologies could fuel the global EV revolution*, 2022.

²¹ Saltworks Technologies. *Lithium Extraction and Refining*, 2023.

²² Département de l'Énergie des États-Unis. *How Lithium-ion Batteries Work*, 2023.

chimiques et de traitements thermiques, dont le mélange, le revêtement et le séchage afin d'arriver à la structure cristalline requise pour obtenir le matériau.

Fabrication des cellules de batterie

La cellule est l'élément de base de la batterie d'un VE. Les réactions électrochimiques qui permettent de stocker et de libérer l'électricité s'y produisent. Pour assembler une cellule, il faut empiler l'anode, la cathode et le séparateur – une membrane poreuse qui empêche l'anode et la cathode de se toucher tout en permettant l'écoulement ionique²³. Ces composantes sont enfermées dans un boîtier avec l'électrolyte. Le procédé de fabrication de la cellule est complexe et doit se dérouler dans une salle blanche pour éviter la contamination. Toute impureté peut entraîner une diminution du rendement de la batterie ou des problèmes de sécurité.

Fabrication des modules de batterie

Les modules constituent les unités fonctionnelles d'un bloc-batterie. L'assemblage des modules est une étape intermédiaire qui comporte le regroupement de cellules en série ou en parallèle pour former les modules. Ceux-ci peuvent comprendre des pièces ou des systèmes électroniques nécessaires pour gérer ce qui entoure la cellule, comme des capteurs et des régulateurs de tension²⁴.

Assemblage des blocs-batteries

L'assemblage du bloc est la dernière étape du procédé de fabrication de la batterie. Cette étape comporte l'intégration des modules assemblés à une unité dans l'enceinte du bloc-batterie. On trouve aussi dans un bloc-batterie un système de refroidissement pour réguler la température, ainsi qu'un système de gestion de batterie, qui surveille et gère son rendement et son fonctionnement.

Suivant les étapes de la fabrication de la batterie, on installe le bloc-batterie dans le véhicule pendant l'assemblage de ce dernier. À cette étape, on procède à l'assemblage des diverses composantes du VE, y compris le moteur électrique, le module de gestion de l'alimentation et d'autres systèmes électriques.

Hormis la production de batteries pour VE, la fabrication de pièces pour véhicules reste au cœur de la chaîne d'approvisionnement de la production de VE. Cela comprend la production des moteurs électriques, des produits électroniques, des inverseurs, des convertisseurs et des autres composantes qui sont distinctes de celles destinées aux VMCI traditionnels. Pour ce qui est des VEH et des VEHR, les MCI sont parmi les composantes principales de leur groupe

²³ Argonne National Laboratory (ANL). *Battery Performance and Cost Modeling for Electric-Drive Vehicles (BatPaC)*, 2022.

²⁴ Samsung SDI. *The Composition of EV Batteries: Cells? Modules? Packs?* s.d.

motopropulseur. Par conséquent, on s'attend à ce que la production de MCI continue de jouer un rôle primordial dans la chaîne d'approvisionnement des constructeurs d'automobiles tant que les VEH et les VEHR resteront en production.

L'annexe B schématise les chaînes d'approvisionnement de la construction des automobiles et de la fabrication des batteries.

Méthode utilisée

Nous avons conçu un modèle de prévision pour VE afin d'analyser et de prévoir les incidences de la transition du Canada vers la production de VE sur l'économie et le marché du travail. Utilisant une méthode à deux étapes et intégrant un éventail d'outils d'analyse et de sources de données, nous commençons par calculer la valeur de la production et des achats des principales industries de la construction d'automobiles et de la fabrication de batteries. Les grandes incidences d'un bout à l'autre de l'économie, présentées à l'aide de deux indicateurs économiques – l'incidence sur la production et celle sur l'emploi –, sont mesurées avec le logiciel économique d'IMPLAN²⁵. Ces incidences sont quantifiées, puis présentées par intervalles de cinq ans, de 2025 à 2040. Cette méthode est résumée dans la section ci-dessous, et exposée en détail à l'annexe C.

Estimation de la production et des achats de l'industrie

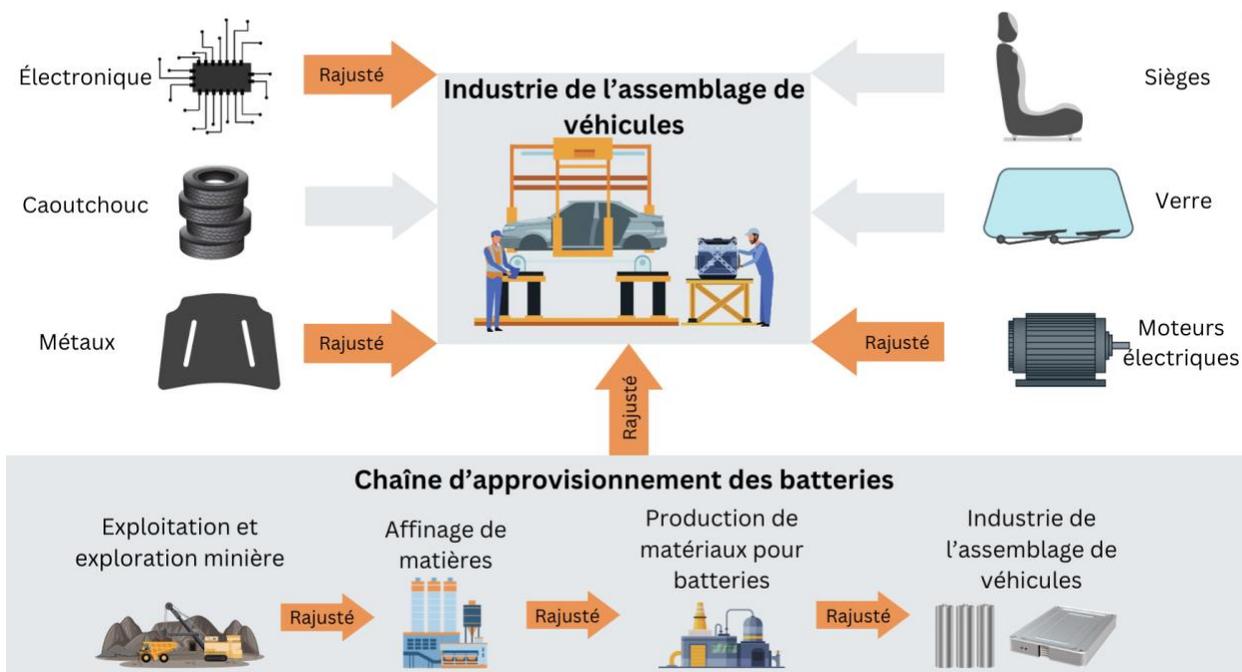
Les tableaux d'entrées-sorties, créés par Statistique Canada, sont des outils d'analyse économique essentiels. Ils donnent une vue détaillée des transactions économiques et de l'interdépendance entre divers secteurs et industries²⁶. Organisé en une structure multiniveaux, le tableau d'entrées-sorties de niveau D, en particulier (le plus détaillé), donne le plus de précisions grâce à des données sur 236 industries et environ 500 produits, permettant une analyse précise des interactions économiques²⁶. Afin de scruter le passage de la production de VMCI à celle de VE, nous utilisons le tableau d'entrées-sorties de niveau D de 2019 pour établir la structure de coûts du véhicule moyen assemblé au Canada. En divisant la valeur de la production totale et celle des achats du segment de l'assemblage de véhicules de chacune des 236 industries (aussi appelés habitudes d'achat) par le nombre total de véhicules produits, nous obtenons le coût de production et la structure de coûts du véhicule moyen produit ici, reflétant principalement les coûts liés aux VMCI²⁷.

Figure 3. Achats ajustés et maillons de la chaîne d'approvisionnement au sein des industries de la construction d'automobiles et de la fabrication de batteries

²⁵ Pour en savoir plus sur le processus de modélisation IMPLAN, allez à IMPLAN.com.

²⁶ Statistique Canada. *Tableaux des ressources, des emplois et des entrées-sorties*, 2021.

²⁷ En majorité, les véhicules produits au Canada en 2019 étaient des VMCI (Marklines, données sur la production de l'industrie automobile).



Pour adapter ces structures de coûts aux VEH, aux VEHR et aux VEB, nous avons apporté des modifications pour refléter les prescriptions relatives à la fabrication et le coût des composantes propres à ces véhicules. Ces modifications comprennent des ajouts comme le moteur électrique et le bloc-batterie de capacités diverses (représentant des véhicules de différentes tailles, comme les petits véhicules, les véhicules compacts, les VUS et les gros véhicules), ainsi que d'autres composantes spécifiques aux VE comme les inverseurs, les convertisseurs et les fils à haute tension. Les modifications ont également tenu compte de la plus faible teneur des VEH et des VEHR en composantes pour VMCI, et de leur absence dans les VEB. De même, le modèle s'étend à la construction des véhicules lourds, ajustée pour tenir compte des autobus et des camions lourds hybrides et à batterie, auxquels s'ajoutent les composantes comme les batteries plus grosses. Le modèle représente aussi la fluctuation du coût des composantes pour VE, particulièrement au regard de la diminution du prix du kWh.

Avec les hypothèses sur le volume de production de véhicules, la taille et la composition des groupes motopropulseurs, cette méthode a permis d'estimer la production et les achats du segment de l'assemblage de véhicules de 2025 à 2040 (comme le montre la figure 4). Les prévisions de la production de véhicules proviennent de sources et de bases de données diverses. Elles ont été extrapolées jusqu'en 2040 à l'aide de la méthode d'ajustement d'une courbe.

Les achats des industries ont fait l'objet d'ajustements d'un bout à l'autre de la chaîne d'approvisionnement des constructeurs d'automobiles et des fabricants de batteries pour refléter leur évolution et pour estimer la production totale de ces industries. Ces ajustements englobent l'industrie de la fabrication des cellules et des batteries, en plus de prendre en compte la taille et la composition chimique des batteries. L'industrie de la fabrication des cathodes et des anodes,

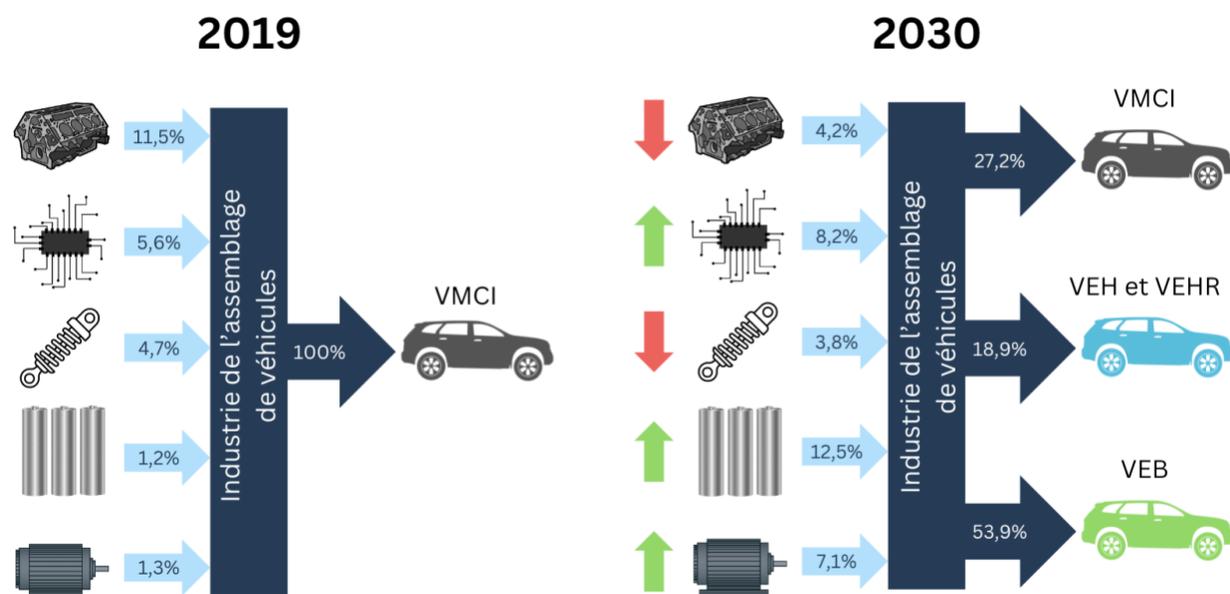
l'industrie du filtrage et de l'affinage des matières premières, ainsi que l'industrie minière ont également fait l'objet d'ajustements.

Mesure des grandes incidences sur l'économie

La deuxième étape comporte l'estimation des incidences directe, indirecte et induite de l'évolution de la production et des achats de l'industrie. À ce stade, l'analyse permet d'établir de plus larges estimations des incidences sur la production industrielle et l'emploi pour l'ensemble de l'économie, et de présenter des détails sur 55 industries choisies. Nous utilisons l'estimation de la production et des achats établie aux premières étapes prévues par ce modèle, ainsi que d'autres indicateurs, comme données d'entrée pour mesurer les grandes incidences économiques. La production et les achats du segment de l'assemblage de véhicules établis en fonction du volume projeté de la production de VMCI et de VE, le niveau d'exportation ajusté de MCI, le volume de production des usines de batteries nouvellement annoncées, ainsi que le volume de fabrication de matériaux pour batteries, de traitement et de filtrage de matériaux pour batteries et d'exploitation minière figurent parmi ces données d'entrée.

Chaque incidence directe déclenche une série d'effets indirects d'un bout à l'autre de l'économie, puisque les achats et les ventes changent en fonction de la structure de l'économie exposée dans les tableaux d'entrées-sorties. Une dernière ronde, celle des incidences induites, est incluse, puisque le modèle d'entrées-sorties permet de suivre l'évolution du revenu des ménages et l'évolution des dépenses qui y est liée. Enfin, le modèle fait le total des incidences directe, indirecte et induite sur la production et l'emploi d'une industrie à une autre.

Figure 4. Comparaison des achats réels (2019) et projetés (2030) du segment de l'assemblage de véhicules



Scénarios de construction de véhicules et de fabrication de batteries

L'élaboration de scénarios qui montrent l'incidence sur l'économie et le marché du travail du passage de la production de VMCI à celle de VE est une partie cruciale de l'étude. Pour cette dernière, nous avons conçu trois scénarios détaillés, chacun admettant des hypothèses sur le niveau de production de véhicules, le taux de transition vers la production de VE, les investissements dans la fabrication de batteries et leur production, de même que le niveau d'activité dans les industries de la chaîne d'approvisionnement de la construction d'automobiles et de la fabrication de batteries. Ces scénarios prévoient l'évaluation d'un éventail des résultats et des incertitudes possibles découlant de cette transition. La préférence de scénarios multiples au scénario unique permet aussi de mieux explorer et de mieux comprendre les répercussions éventuelles de différents niveaux de production et d'investissement sur la production économique et l'emploi dans un éventail d'industries et de secteurs liés à la construction d'automobiles et à la fabrication de batteries.

De plus, il est primordial que les scénarios et les hypothèses soient à la fois réalistes et exacts pour mesurer l'incidence de la transition vers la production de VE. Pour cette raison, les trois scénarios tirent leurs données de sources multiples, dont le niveau historique de la production d'automobiles, les prévisions de la production de véhicules, les annonces d'investissements dans la fabrication de pièces et de matériaux, de même que les projets d'exploration et de mise en valeur de mines en cours ou planifiés. Cette méthode nous assure que les scénarios sont bien documentés et conçus, en plus d'être établis en fonction d'un large éventail de données d'entrée.

Pour voir les résultats et les apports éventuels de la production de véhicules et de batteries, il s'est avéré important de réaliser un scénario où l'industrie automobile canadienne est capable d'assurer la transition complète vers la production de VEB d'ici 2040 tout en faisant croître sa production nord-américaine de véhicules par rapport à 2022. Dans ce scénario, le Canada réussit également à acquérir et à développer une capacité de production de batteries, laquelle comprend l'offre nationale de composantes, de matériaux et de minéraux pour batteries. Dans un deuxième scénario, l'industrie automobile canadienne effectue une transition graduelle vers la production de VE en raison d'un large éventail de risques et d'incertitudes liés à la demande de biens de consommation, aux chaînes d'approvisionnement, aux infrastructures et aux investissements. D'ici 2040, l'industrie produira une gamme de VMCI, d'hybrides et de VEB. La production canadienne de véhicules en Amérique du Nord demeure inférieure à ce qu'elle était en 2022, et bien que certaines usines de batterie entrent en service pendant cette période, la demande intérieure et nord-américaine demeurera faible, entraînant une plus faible production nationale de batteries et de matériaux pour batteries. Un troisième scénario combine les deux premiers. Dans ce dernier, l'industrie canadienne de véhicules effectuera une transition complète vers la production de VE. Toutefois, la part de la production du pays reste inférieure à ce qu'elle était en 2022. Même si le Canada réussit à roder sa production de batteries, l'industrie continue de dépendre en partie des importations pour acheter des matériaux et des minéraux pour batteries.

En élaborant ces trois scénarios, nous avons posé les hypothèses suivantes. Elles sont résumées à la figure 5 et au tableau 1, et exposées en détail aux annexes D et E.

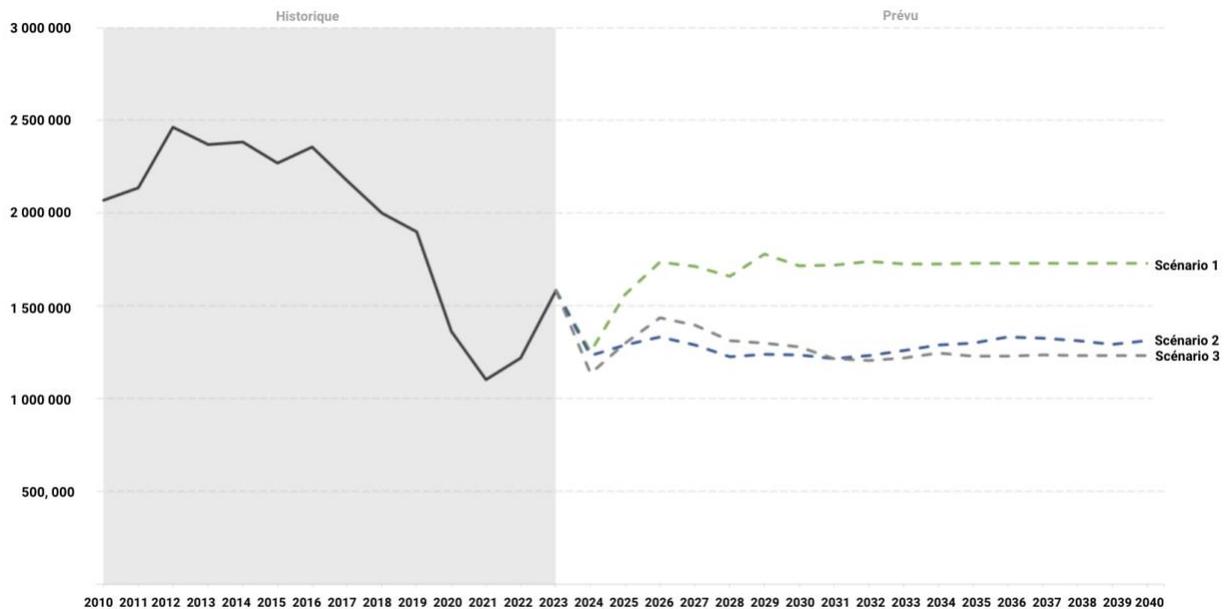
Scénario 1

Dans ce scénario, on suppose que l'industrie automobile canadienne effectue une transition complète vers la production de VEB au cours de la période de prévision. Simultanément, la part de la production du Canada en Amérique du Nord passe de 8,3 % environ en 2022 (1,25 million de véhicules) à près de 11,0 % d'ici 2040 (1,7 million). On suppose également que quatre usines de batteries entrent en service pendant cette période et qu'elles fonctionnent à 75 % de leur capacité, c'est-à-dire une capacité équivalant presque à 152 GWh en batteries pour VE. Pendant la formation de la chaîne d'approvisionnement de la fabrication de batteries, les installations canadiennes de matériaux pour batteries, d'affinage et de filtrage de matières premières pour batteries, de même que les industries minières, sont capables de répondre à 100 % de la demande intérieure en matériaux et en matières premières des fabricants de batteries.

Scénario 2

La construction de véhicules du Canada effectue une transition graduelle vers la production de VE et d'ici 2040, elle produit une gamme de VMCI, de VEH, VEHR et de VEB. En 2040, la part de la production du Canada en Amérique du Nord baisse à 7,5 % alors que l'industrie produit environ 1,3 million de véhicules. Seulement trois usines de batteries entrent en service pendant la période allant de 2025 à 2040. Elles fonctionnent à 30 % de leur capacité et produisent près de 50 GWh. Les matériaux pour batteries (pour cathodes et anodes), de même que les minéraux pour batteries sont pour la plupart importés pour satisfaire à la demande des producteurs de batteries du pays. Seulement 10 % des matériaux et des minéraux pour batteries sont fournis par des installations du marché intérieur qui entreront en service entre 2025 et 2040.

Figure 5. Volumes historique (2010 - 2023) et projeté (2024 - 2040) d'assemblage de véhicules au Canada selon trois scénarios de production



Scénario 3

Sources : Organisation internationale des constructeurs d'automobiles (OICA), calculs de Marklines et des auteurs.

Dans le troisième scénario, le Canada produit en 2040 près de 1,25 million de véhicules, lesquels sont tous des VEB. Un peu comme au scénario 1, la production de batteries pour VE s'intensifie pour atteindre une capacité équivalant à 152 GWh. Toutefois, seulement 55 % de la demande intérieure en matériaux pour cathodes et anodes, de même qu'en minéraux pour batteries est satisfaite par le marché national.

Pour élaborer les trois scénarios, nous avons acheté des données prévisionnelles sur la production automobile à GlobalData Automotive Production Forecast et à S&P Global Automotive Production Forecast. Les deux ensembles de données présentaient une ventilation détaillée de la production de véhicules projetée, par type de groupe motopropulseur et taille de véhicule au Canada et partout en Amérique du Nord.

Pour couvrir la période de cette analyse, les deux ensembles de données ont été étendus jusqu'en 2040. Ils ont également servi à documenter les possibles taux de transition de la production.

Table 1. Hypothèses de fabrication de batteries au Canada d'ici 2040 selon les trois scénarios

	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
Nombre d'usines de batteries (d'ici 2040)	4	3	4
Capacité de production de batteries (d'ici 2040)	151,5 GWh	49,5 GWh	151,5 GWh
Fabrication de cathodes et d'anodes ²⁸	100 %	10 %	55 %
Filtrage de matières premières ²⁸	100 %	10 %	55 %
Exploitation minière ^{28, 29}	100 %	10 %	55 %

Comme c'est le cas des capacités actuelle et potentielle de fabrication de batteries, nous avons réuni des données sur tous les projets annoncés et planifiés de production de composantes et de matériaux pour batteries dans l'ensemble du Canada. Ces informations et données ont servi à construire les hypothèses appuyant les trois scénarios de cette étude. Nous avons consulté des experts de l'industrie sur le champ d'application et la valeur pratique des hypothèses de chacun des scénarios.

Résultats et conclusions

La transition de l'industrie automobile vers la production de VE selon les trois scénarios d'électrification et de fabrication de batteries présentés précédemment laisse entrevoir une incidence économique multidimensionnelle. Tous les résultats présentés aux sections précédentes sont fonction des niveaux de production et d'emploi de 2022. Dans le scénario 1, caractérisé par une transition intensive vers la production de VE et par la croissance des volumes de production, on constate une expansion économique non négligeable, alors qu'on projette que la production totale dans l'ensemble de l'économie passera de 12,5 milliards de dollars en 2025 à plus de 50,0 milliards en 2040. Cette croissance de la production s'accompagne d'une prévision optimiste de l'évolution du marché du travail semblant indiquer une hausse de 100 000 emplois et faisant ressortir le potentiel considérable de création d'emplois des programmes intensifs d'investissement et de production visant les VE, les batteries, ainsi que les composantes et les matériaux pour batteries.

Dans le deuxième scénario, qui adopte une approche graduelle de la production de VE et retient une baisse de la production de véhicules, l'incidence économique est beaucoup plus faible. La production économique découlant de la transition de ce scénario croîtra de 2,4 milliards de

²⁸ En ce qui a trait à la demande intérieure en amont de matériaux pour batteries.

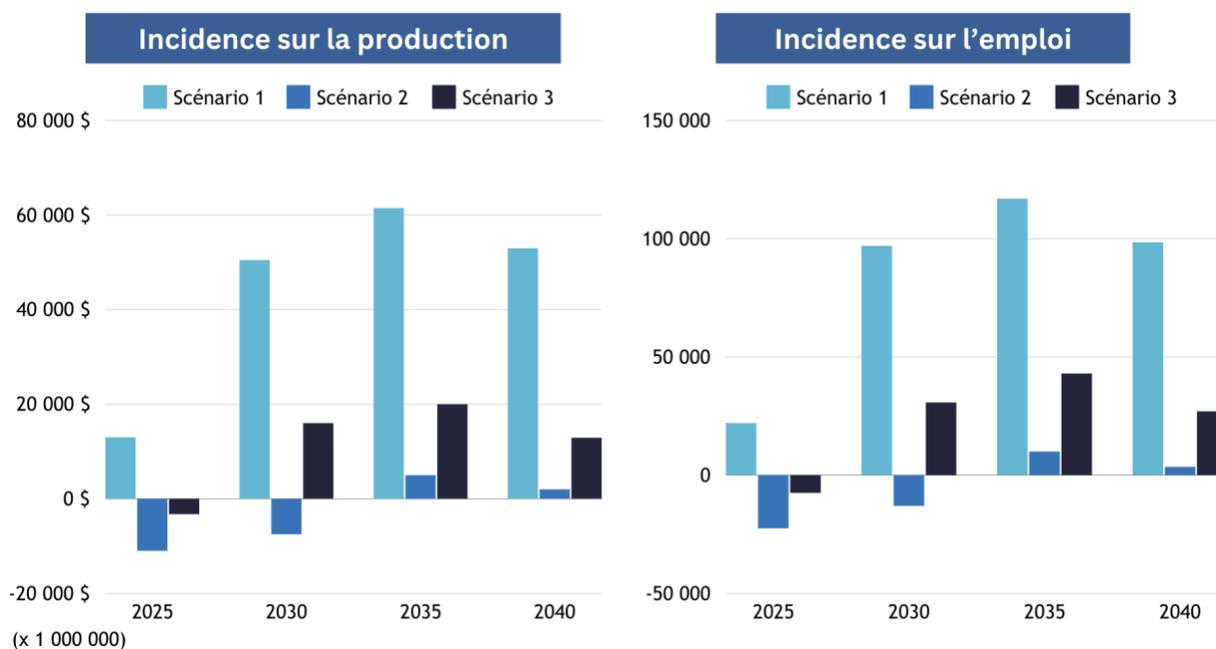
²⁹ Sauf le cobalt.

dollars environ, malgré quelques pertes de production importantes en 2025 et en 2030, lesquelles iraient de 8,0 à 11,6 milliards de dollars. On s'attend aussi à ce que l'emploi suive la même tendance. Les projections montrent un accroissement de 4 250 emplois d'ici 2040, ainsi que des pertes à l'échelle du Canada de 23 800 emplois en 2025 et de 14 500 en 2030. L'apport économique du scénario 3 se situe entre celui des scénarios 1 et 2. Dans le scénario 3, la variation totale projetée de la production dans l'ensemble de l'économie devrait atteindre 13,3 milliards de dollars d'ici 2040. On s'attend à ce que 27 000 postes environ s'ajoutent à l'échelle de l'économie pendant la période de prévision.

Il est important de noter que dans les trois scénarios, la production et l'emploi atteignent leur plus haut niveau en 2035 avant de diminuer jusqu'en 2040. Par exemple, la valeur de la production du scénario 1 devrait atteindre 61,6 milliards de dollars à son plus haut niveau en 2035 avant de diminuer à 52,4 milliards en 2040. De même, la création d'emplois atteint dans ce scénario 117 000 à son plus haut niveau en 2035 avant de se stabiliser à 99 000 en 2040. On peut observer des tendances semblables aux scénarios 2 et 3. La production et l'emploi atteignent ce sommet en profitant aux environs de 2035 d'une conjoncture où toutes les usines de fabrication de batteries atteignent leur capacité de production maximale, et où le prix des composantes et des matériaux pour batteries est plus élevé qu'en 2040. On s'attend à ce que les prix diminuent avec la croissance des économies d'échelle et de la productivité des usines de batteries. Cela entraînera une baisse de la production comme de l'emploi dans la fabrication de batteries et, par conséquent, dans l'assemblage de véhicules.

La section ci-dessous décrit l'incidence sur l'économie et l'emploi selon les trois scénarios. Vous trouverez d'autres détails à l'annexe F. En tout 18 des industries de la construction d'automobiles et de la fabrication de batteries y sont mises en lumière. L'annexe présente aussi l'incidence sur la production et l'emploi dans le reste de la chaîne d'approvisionnement de l'industrie automobile (définie précédemment par l'Initiative FOCAL) et le reste de l'économie.

Figure 6. Incidence globale sur la production et l'emploi selon chacun des trois scénarios de transition vers les VE

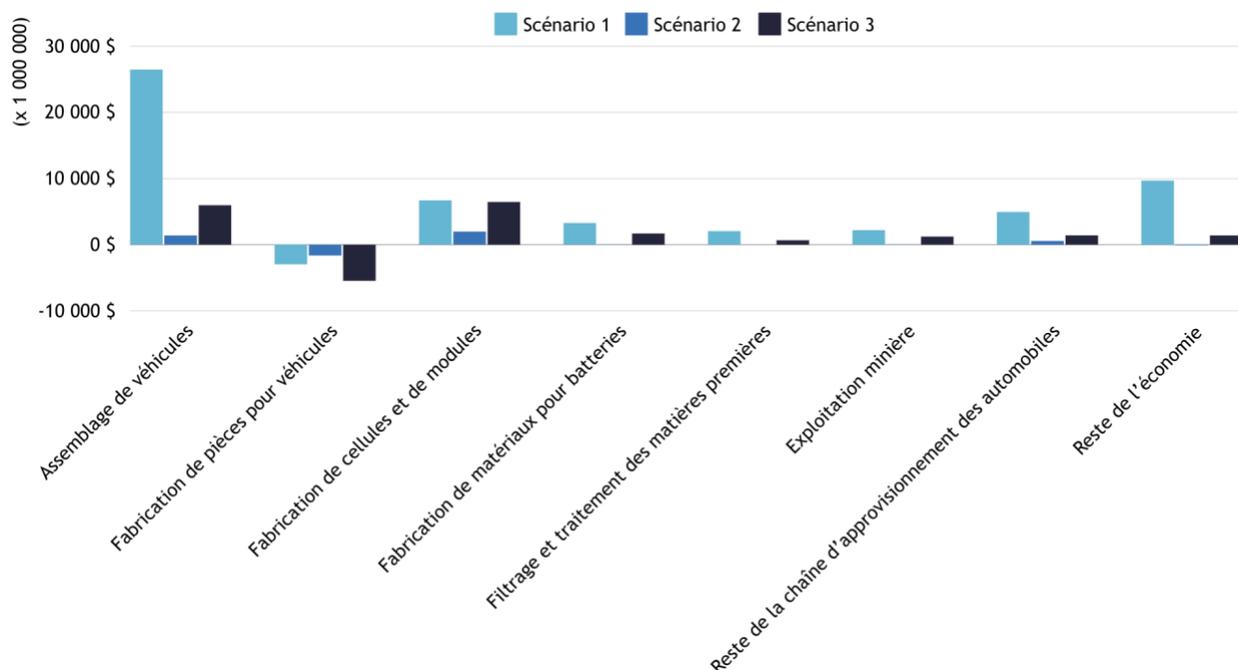


Incidence sur la production

Le scénario 1, qui prévoit l'incidence d'une transition intensive vers la production de VE, laisse entrevoir des changements non négligeables au sein de l'industrie automobile canadienne et de sa chaîne d'approvisionnement. S'appuyant sur les projections de la valeur de la production de véhicules et de la composition des types de groupe motopropulseur, les données montrent que la production de l'industrie de la construction de véhicules légers augmentera de 22,0 milliards de dollars environ d'ici 2030 et de 26,0 milliards jusqu'en 2040. La valeur de la production de camions lourds devrait aussi s'accroître de 750 millions de dollars d'ici la fin de la période de prévision. Ces données sont conformes à l'hypothèse du scénario voulant que la part de la production de véhicules en Amérique du Nord et que les investissements dans la capacité de construction de VE augmentent.

En revanche, la production de moteurs à essence et la fabrication de pièces pour moteurs devraient diminuer de 4,5 milliards de dollars environ d'ici 2040. De même, on s'attend à ce que la production de l'industrie de la fabrication de pièces pour transmissions et groupes motopropulseurs diminue pendant cette période. Cette évolution reflète la réduction prévue par le scénario de la production et de l'exportation de pièces et de composants propres aux VMCI. Dans l'ensemble, en raison du passage à la production de VE du scénario 1, la production du segment de la fabrication de pièces pour véhicules diminuera de 3,0 milliards de dollars environ.

Figure 7. Incidence sur la production d'ici 2040 selon chacun des trois scénarios de transition vers les VE



Il est possible de lier la hausse de la production de l'industrie de la fabrication de batteries aux annonces d'investissements dans des installations de fabrication de cellules et de modules qui sont prévues dans le scénario 1. La production de l'industrie de la fabrication de batteries devrait s'accroître au cours des années qui viennent, et on s'attend à ce qu'elle atteigne son plus haut niveau en 2035 au moment où la nouvelle production ajoutera 9,0 milliards de dollars à l'activité dans l'industrie. La production croît légèrement jusqu'en 2040 en raison de la baisse du prix du kWh.

L'industrie du traitement des matières premières et l'industrie minière devraient connaître une hausse de la production qui concorde avec la demande croissante de composantes pour VE, ajoutant 5,3 milliards et 2,2 milliards de dollars respectivement.

Le scénario 2, qui prévoit une transition plus graduelle vers la production de VE, annonce des changements moins marqués que le scénario 1 au sein de l'industrie automobile canadienne et de sa chaîne d'approvisionnement. Le scénario 1 prévoit cependant que la production de multiples industries diminuera jusqu'en 2025 et en 2030, avant d'enregistrer une légère croissance en 2035 et en 2040.

On s'attend à ce que la production de l'industrie de la construction de véhicules légers augmente légèrement, de 1,2 milliard de dollars d'ici 2040, un redressement après une régression de 6,2 milliards de dollars enregistrée en 2030. On attend aussi une faible croissance de la construction de camions lourds, qui progresserait de 220 millions de dollars environ d'ici 2040.

On prévoit des baisses de production dans la plupart des sous-industries de la fabrication de pièces pour véhicules au cours de la période de prévision du scénario 2. D'ici 2040, la valeur de la production de l'industrie de la fabrication de moteurs à essence devrait diminuer de 1,0 milliard de

dollars, ce qui représente une baisse moins forte que celle du scénario 1. C'est le résultat de la composition des types de véhicules produits en 2040, laquelle comprend en majorité des VMCI, des VEH et des VEHR qui exigent tous un MCI et ses composantes.

On s'attend à ce que la production de l'industrie de la fabrication de batteries croisse plus lentement que dans le scénario 1, affichant une progression de 2,0 milliards de dollars d'ici 2040. Cette évolution tient compte des hypothèses plus prudentes du scénario en ce qui a trait à l'ampleur des investissements dans les usines et au volume de production des batteries.

Les industries du traitement et de l'extraction des matières premières, même si elles enregistrent encore une croissance attribuable à la demande de composantes pour VE, ne connaîtront qu'une légère hausse de leur production jusqu'en 2040.

Enfin, la production dans le reste de la chaîne d'approvisionnement de la construction d'automobile ne devrait s'accroître que d'un peu plus d'un demi-milliards de dollars d'ici 2040.

Le scénario 3 combine la transition accélérée vers la production de VEB du scénario 1, avec les niveaux de production de véhicules du scénario 2. Dans le scénario 3, la valeur de la construction de véhicules légers devrait augmenter de 5,2 milliards de dollars d'ici 2040, augmentation principalement déterminée par le prix moyen d'un VEB, plus élevé que celui des autres types de véhicules. Un peu comme dans le scénario 2, la valeur de la construction de camions lourds connaîtra une légère hausse de 220 millions de dollars d'ici 2040.

On s'attend à ce que la production de l'industrie de la fabrication de moteurs à essence diminue de 4,5 milliards de dollars d'ici 2040. Cette évolution reflète la diminution de la dépendance à l'égard des composantes propres aux VMCI qui sont achetées par cette industrie.

La fabrication de batteries devrait connaître une hausse considérable de la production au cours de la période de prévision. On s'attend à ce que la production de cette industrie croisse de 8,8 milliards de dollars d'ici 2035 et de 6,5 milliards d'ici 2040. Ce sont les investissements soutenus dans la fabrication de batteries et l'augmentation de l'échelle de production dans les installations qui alimentent cette croissance.

Les industries de l'exploitation minière et du traitement des matières premières intensifieront également leurs activités malgré le volume de production inférieur à celui du scénario 1. D'ici 2040, on s'attend à ce que la valeur des matières premières traitées augmente de 2,4 milliards de dollars, alors que la valeur des activités minières bénéficiera d'une hausse de 1,2 milliard de dollars.

Incidence sur l'emploi

Les variations de l'emploi reflètent l'évolution de la production. Dans le scénario 1, on prévoit que la construction d'automobiles et de véhicules légers ajoutera 18 000 postes d'ici 2040. Pendant la même période, la construction de véhicules lourds devrait ajouter 1 660 postes.

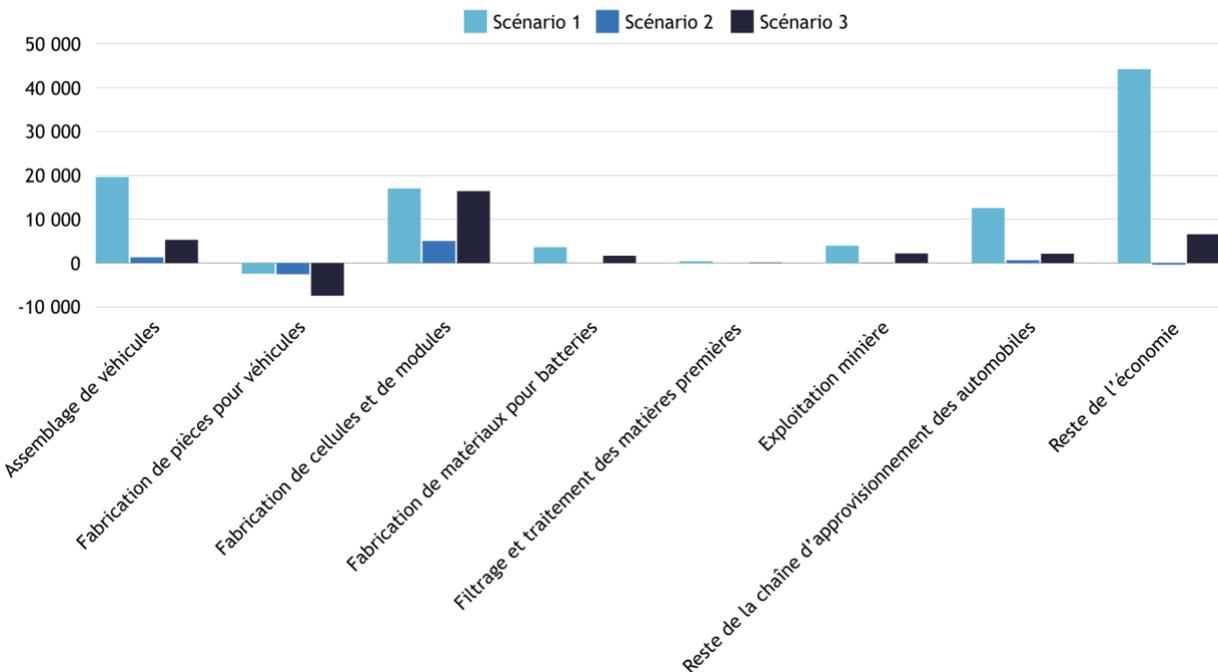
Dans l'ensemble, on s'attend à ce que la fabrication de pièces pour véhicules perde 2 400 personnes d'ici la fin de la période de prévision du scénario 1. Bien que l'emploi augmente dans la plupart des sous-industries de la fabrication de pièces pour véhicules, la baisse générale de l'emploi est surtout entraînée par le ralentissement de la fabrication de moteurs à essence (perte de 5 200 emplois), ainsi que de la fabrication de transmissions et de groupes motopropulseurs (perte de 800 emplois).

On prévoit une augmentation nette du nombre d'emplois en raison de la chaîne d'approvisionnement des batteries. La fabrication de cellules et de modules devrait ajouter à terme 17 000 emplois à la suite de la mise en service des usines de fabrication de batteries nouvellement annoncées. Toutefois, cette hausse représente une légère baisse par rapport à 2035 (ajout de 23 250 emplois). Elle est le résultat d'une augmentation de la productivité, de même que de la simplification des procédés de fabrication étant donné les économies d'échelle réalisées en production. On s'attend à ce que les industries de l'extraction et du traitement des matières premières ajoutent chacune 4 000 emplois.

En plus de la hausse de l'emploi dans l'assemblage de véhicules comme dans la fabrication de batteries, on prévoit une croissance de l'emploi de 57 000 dans le reste de la chaîne d'approvisionnement de la construction d'automobiles et le reste de l'économie.

Dans le scénario 2, l'évolution de l'emploi montre des tendances semblables à l'évolution de la production. On s'attend à ce que l'industrie de la construction de véhicules légers n'ajoute que 800 emplois jusqu'en 2040. L'emploi dans la construction de camions lourds ne gagnera que 500 emplois d'ici 2040.

Figure 8. Incidence sur l'emploi d'ici 2040 selon chacun des trois scénarios de transition vers les VE



Dans l'ensemble, l'emploi dans la fabrication de pièces pour véhicules devrait diminuer de 2 550 d'ici 2040. La fabrication de moteurs à essence perdra 1 200 emplois, soit beaucoup moins que dans le scénario 1.

On s'attend à ce que la chaîne d'approvisionnement de la fabrication de batteries ajoute 5 200 emplois. Cette croissance, toutefois, est principalement alimentée par la création d'emplois dans les activités de fabrication de cellules et de modules, au moment où les autres industries de la chaîne d'approvisionnement de la fabrication de batteries devraient répondre à 10 % seulement de la demande en amont du marché intérieur visant les composants, les matériaux et les minéraux pour batteries.

Suivant l'évolution de la production du scénario 3, l'emploi dans l'industrie automobile affiche à la fois une croissance et un déclin. On s'attend à ce que la construction de véhicules légers et celle de camions lourds ajoute 3 650 et 1 660 emplois respectivement d'ici 2040.

Les pertes d'emploi du scénario 3 dans le segment de la fabrication de pièces sont beaucoup plus élevées que dans les scénarios 1 et 2. La diminution de l'apport de l'industrie de la fabrication de moteurs à essence tout au long de la période de transition, ainsi que la baisse relative de la production de véhicules entraîneront dans le segment de la fabrication de pièces une perte de presque 7 500 emplois, à savoir trois fois plus que dans les scénarios 1 et 2.

On prévoit des hausses d'emploi non négligeables dans la chaîne d'approvisionnement de la fabrication de batteries. Elles sont principalement déterminées par les 16 500 emplois créés en

fabrication de cellules et de modules. Environ 4 000 emplois s'ajouteront aux industries de l'extraction et du traitement des matières premières.

Discussion

L'analyse de la transition vers la production de VE et de batteries dans l'industrie automobile canadienne, comme l'indiquent les résultats de la présente étude, donne un aperçu complet des divers résultats possibles de cette transition. On s'attend à ce que le passage à la production de VE ait des ramifications importantes et profondes dans de multiples segments, au sein comme au-delà de la construction automobile. À partir des issues des trois scénarios de l'analyse présentée précédemment, il est possible de formuler plusieurs observations sur l'incidence économique en général, l'assemblage de véhicules, la fabrication de pièces et la fabrication de batteries.

Incidence économique générale

La projection de l'apport économique potentiel mise en évidence dans les scénarios 1 et 3 (qui prévoient tous deux une transition accélérée vers la production de VE, mais chacun à un niveau de production différent) montre que le Canada a gros à perdre dans le cadre de cette transition. Le scénario 1 projette une croissance de la production de plus de 52 milliards de dollars et l'ajout de presque 100 000 emplois d'ici 2040 (en raison de la croissance de la production de véhicules, de l'accélération du passage à la production de VE et de l'augmentation de la capacité de production de batteries). Il est possible de faire des observations semblables dans le scénario 3. Malgré un volume de production de véhicules inférieur à celui du scénario 1, l'industrie automobile et l'économie dans son ensemble devraient tirer profit du passage accéléré à la production de VE, ainsi que des investissements dans la fabrication de batteries et la production de composantes et de matériaux pour batteries. Le changement mineur dans l'apport économique d'une transition plus lente et d'investissements plus faibles en fabrication de batteries révèle le risque découlant du fait de rater cette occasion.

Assemblage de véhicules

En 2022, le segment de l'assemblage de véhicules (regroupant les véhicules légers et lourds) réalisait une production de 48,7 milliards de dollars et employait environ 37 300 travailleuses et travailleurs (comme le montre la figure 9). La production et l'emploi dans la construction de véhicules légers et de camions lourds affichent invariablement une croissance, bien qu'à divers niveaux, selon tous les scénarios jusqu'à la fin de la période de prévision. Dans le scénario 1, la croissance en valeur de la construction de véhicules légers est déterminée par deux principaux facteurs : l'augmentation de la production et le passage à la production de VEB, qui coûtent plus cher à produire que les VMCI. Dans la construction de camions lourds, la croissance de la production et de l'emploi est déterminée par des facteurs semblables. Dans le scénario 3, cette croissance est déterminée par le second facteur seulement, puisqu'on suppose une baisse du niveau de production des véhicules et une transition rapide vers la production de VEB. Cette

croissance modeste de la production en valeur et de l'emploi dans le scénario 2 résulte du coût de production moyen par véhicule plus élevé puisque la production se compose de VMCI, d'hybrides et de VEB. Par conséquent, le potentiel réel du passage à la production de VEB est révélé par la comparaison des résultats des scénarios 2 et 3. Vu que ces deux scénarios supposent des niveaux de production de véhicules comparables, l'apport économique projeté de la production de VE et de VEB est supérieur à celui de la production de VMCI seulement.

Au moment où le segment canadien de l'assemblage de véhicules effectue la transition vers la production d'hybrides et de VEB, on s'attend à ce que son apport économique croisse en raison de la plus grande valeur des véhicules de ce type. Si le pays réussit à décrocher d'autres mandats de production, cet apport sera susceptible d'augmenter encore de façon non négligeable.

Fabrication de moteurs à essence

On s'attend à ce que la fabrication de moteurs à essence soit l'industrie la plus touchée du segment de la fabrication de pièces pour véhicules (et de toute l'économie) par le passage à la production de VE et plus particulièrement de VEB. Dans les scénarios 1 et 3, la production et l'emploi dans la fabrication de moteurs à essence devraient décroître de façon non négligeable en raison de l'abandon graduel des VMCI et du passage à la production de VEB. On prévoit que la production de cette industrie sera influencée par deux facteurs : la diminution de la demande dans les marchés intérieurs et la réduction possible des exportations. Puisque le Canada produira moins de VMCI, les ventes de pièces et de composantes pour MCI devraient diminuer. À mesure que notre principal marché extérieur des pièces et des composantes pour MCI (c'est-à-dire, les États-Unis) effectuera sa transition vers la production de VEB, les exportations de moteurs à essence et de pièces pour ces moteurs seront susceptibles de décliner, accroissant l'incidence sur l'industrie. Dans les scénarios 1 et 3, puisque les ventes et les exportations nationales de composantes et de pièces pour VMCI ralentiront, la production et l'emploi en fabrication de moteurs à essence devraient diminuer de plus de 90 % d'ici 2024, comme le tableau 2 en fait état. On prévoit que le reste de la production et de l'emploi dans la fabrication de moteurs à essence résultera des achats d'autres industries, dont l'entretien d'automobiles, le marché secondaire des pièces de rechange et le matériel agricole.

Table 2. Évolution de l'emploi en fabrication de moteurs à essence par rapport à 2022

	2025	2030	2035	2040
Scénario 1	-9,80 %	-49,57 %	-86,90 %	-92,41 %
Scénario 2	-2,47 %	-10,11 %	-16,89 %	-20,92 %

Scénario 3	-10,49 %	-50,17 %	-87,03 %	-92,44 %
-------------------	----------	----------	----------	----------

Fabrication de batteries

En raison des investissements nouvellement annoncés dans la fabrication de cellules et de modules à l'échelle du pays – dont les trois scénarios de la présente analyse tiennent compte –, la production et l'emploi dans l'industrie de la fabrication de batteries devraient croître de façon non négligeable. Cette sous-industrie fait partie de l'industrie de la fabrication d'autres types de matériel et de composants électriques (code 3359 du SCIAN). À titre de référence, en 2022, cette industrie réalisait une production de 5,5 milliards de dollars environ et employait à peu près 14 800 personnes³⁰. Compte tenu des activités de fabrication de batteries nouvellement annoncées, la production de cette industrie devrait croître de 2,7 milliards de dollars (scénario 2) à 9,1 milliards (scénario 1) d'ici 2035, puis de 1,9 milliard (scénario 2) à 6,7 milliards (scénario 1) jusqu'en 2040. On s'attend à ce que la création d'emplois passe de 6 900 (scénario 2) à 23 200 (scénario 1) d'ici 2035, puis de 5 000 (scénario 2) à 17 000 (scénario 1) jusqu'en 2040.

La croissance considérable de la production et de l'emploi met en évidence le potentiel non négligeable des investissements nouvellement annoncés dans la fabrication de batteries. Le rendement de ces usines s'établissant entre 30 % et 75 % de leur capacité annoncée, l'apport économique et le marché du travail de l'industrie pourrait croître.

Fabrication de matériaux pour batteries, filtrage et extraction de matières premières

Les investissements visant à renforcer les capacités de la chaîne d'approvisionnement de la fabrication de batteries à l'échelle nationale devraient avantager plusieurs industries. Les investissements dans la fabrication de matériaux actifs de cathode (MAC), de précurseurs de matériaux actifs de cathode (PMAC) et de matériaux de pointe (FMP), de même que dans la capacité de filtrage et de traitement des matières premières devraient faire croître de façon non négligeable la production et l'emploi dans les industries de la fabrication de produits chimiques de base et d'autres matériaux et minéraux. Comme le scénario 1 en fait état, le renforcement des capacités nationales pour répondre à toute la demande de matériaux pour batteries en amont du marché intérieur peut générer 5,3 milliards de dollars et ajouter plus de 4 000 emplois dans ces deux industries d'ici 2040. On observe une variation négligeable de la production et de l'emploi dans le scénario 2 puisqu'on ne répond qu'à 10 % la demande en amont du marché national.

³⁰ La fabrication de batteries et de piles (code 335910 de la SCIAN) fait partie de l'industrie fabrication d'autres types de matériel et de composants électriques (NAICS 3359). La sous-industrie de la fabrication de batteries et de piles réalisait une production de 240 millions de dollars et employaient 800 personnes en 2022.

Il est possible de faire des observations semblables dans l'industrie minière. Les investissements visant à accroître la capacité du Canada en matière d'exploration minière, de mise en valeur de mines et surtout de production peuvent entraîner la réalisation d'une production de 2,2 milliards de dollars et créer encore 4 000 emplois.

Dans l'ensemble, malgré les préoccupations exprimées au début du présent rapport relativement à la perte de la part et de la contribution économique de l'industrie de la fabrication de moteurs à essence en raison de la transition accélérée vers la production de VE, les issues des scénarios 1 et 3 donnent à entendre que ces pertes sont susceptibles d'être compensées par des gains non négligeables dans d'autres secteurs et industries, particulièrement dans la fabrication de batteries et de matériaux de même que dans l'exploitation minière. D'un point de vue économique plus large, cette transition représente un déplacement des activités au sein de l'industrie automobile, depuis les industries traditionnelles liées aux VMCI jusqu'aux industries émergentes liées aux VE. Toutefois, cette transformation de la chaîne d'approvisionnement de la construction d'automobiles représente un défi pour l'industrie, notamment pour les entreprises et les établissements les plus exposés au risque de recul des ventes découlant de la contraction de la demande de composants propres aux VMCI. Ces entreprises perdront leur raison d'être au fil de la transition; aussi, des milliers de travailleuses et de travailleurs risqueront-ils fort de perdre leur emploi. Il est donc crucial que l'industrie et les gouvernements interviennent et qu'ils aident les employeurs comme les travailleuses et les travailleurs à effectuer la transition et à suivre l'évolution de la construction d'automobiles. Pour les entreprises, cela pourra comporter l'aide au réoutillage et à la modernisation des activités manufacturières afin de produire des composants pour VE plutôt que des pièces pour VMCI. Cette aide pourra prendre la forme d'incitatifs financiers, d'allègements fiscaux ou de subventions pour faciliter l'acquisition de la machinerie et des technologies nouvelles requises pour produire des composants et des pièces pour VE.

En ce qui concerne les travailleuses et les travailleurs, les efforts pourront se concentrer sur le recyclage, le relèvement des compétences et l'aide au passage d'une profession ou d'un secteur à un autre. Les programmes destinés à doter les travailleuses et les travailleurs des compétences requises par la nouvelle industrie des VE pourront comprendre des formations techniques portant sur la construction de VE et la fabrication de batteries, sur l'entretien de groupes motopropulseurs électriques, et sur d'autres compétences propres aux VE. Dans le cadre de la transition des travailleuses et des travailleurs vers une autre profession ou un autre secteur, des outils comme les Matrices de transférabilité des compétences (STM) de l'Initiative FOCAL peuvent jouer un rôle crucial dans la détermination de la profession, de l'industrie ou du secteur qui leur conviendra le mieux. En outre, l'aide au placement est un élément clé de ces initiatives, donnant à ces personnes l'assurance d'une transition sans heurt vers un nouveau poste au sein de l'industrie automobile ou d'une autre industrie.

Les résultats de l'analyse présentés dans ce rapport dénotent également le potentiel non négligeable de croissance économique et de création d'emplois dans les industries et les activités de la chaîne d'approvisionnement de la fabrication de batteries. Cela laisse entendre qu'il faudra peut-être un plan stratégique plus vaste, à l'échelle nationale ou provinciale, pour gérer cette

transition efficacement, de même que pour stimuler les investissements et la croissance au-delà de la fabrication de cellules et de modules. Dans le cadre de ces efforts concertés, il faudra peut-être assurer la disponibilité des matières premières requises pour la production nationale de batteries, mesures qui comprennent l'affectation des investissements et des incitatifs aux projets en fabrication de matériaux pour batteries, en filtrage et en traitement des matières, ainsi qu'en exploitation minière.

Figure 9. Variation de la production et de l'emploi d'ici 2040 par rapport à 2022

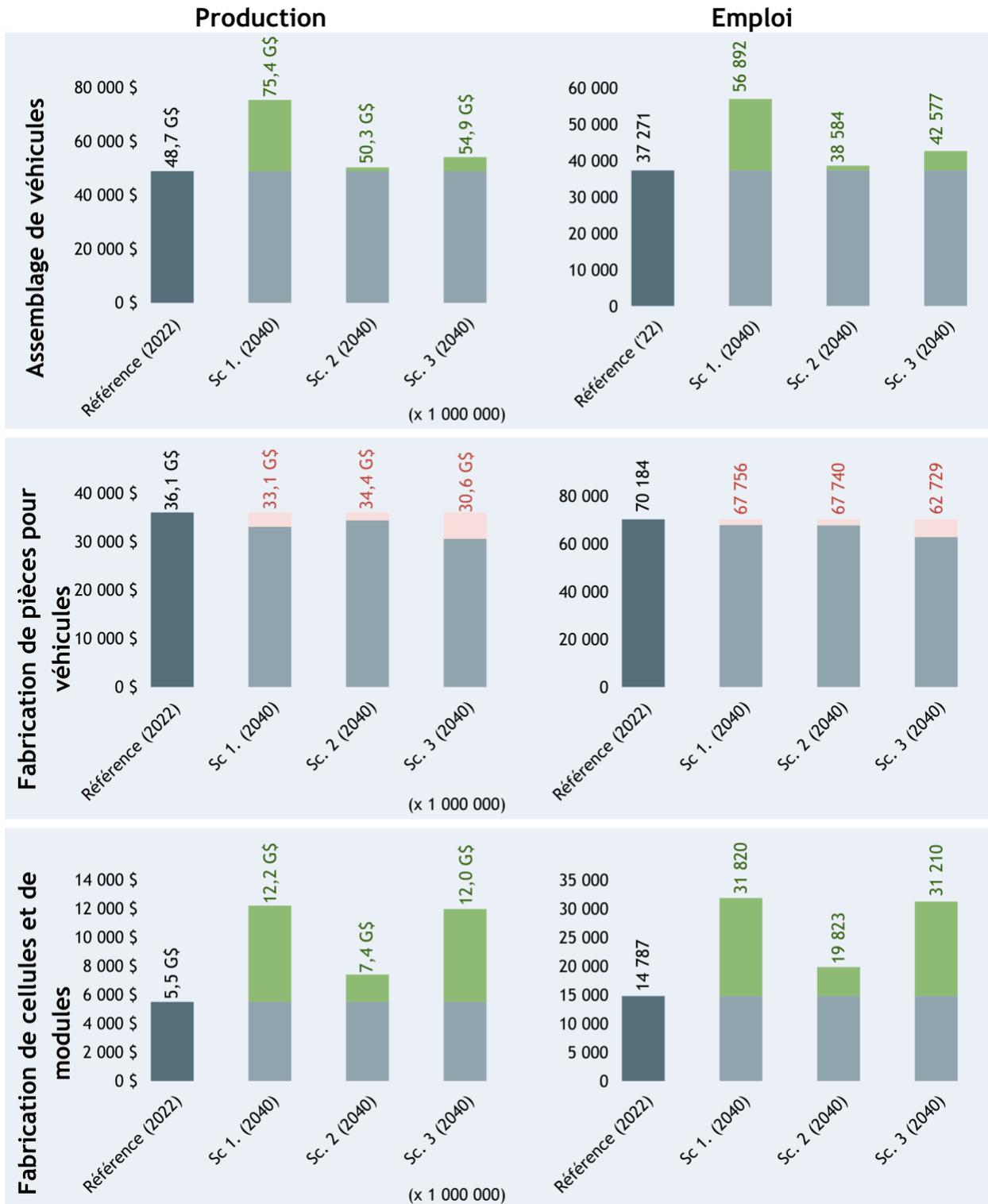
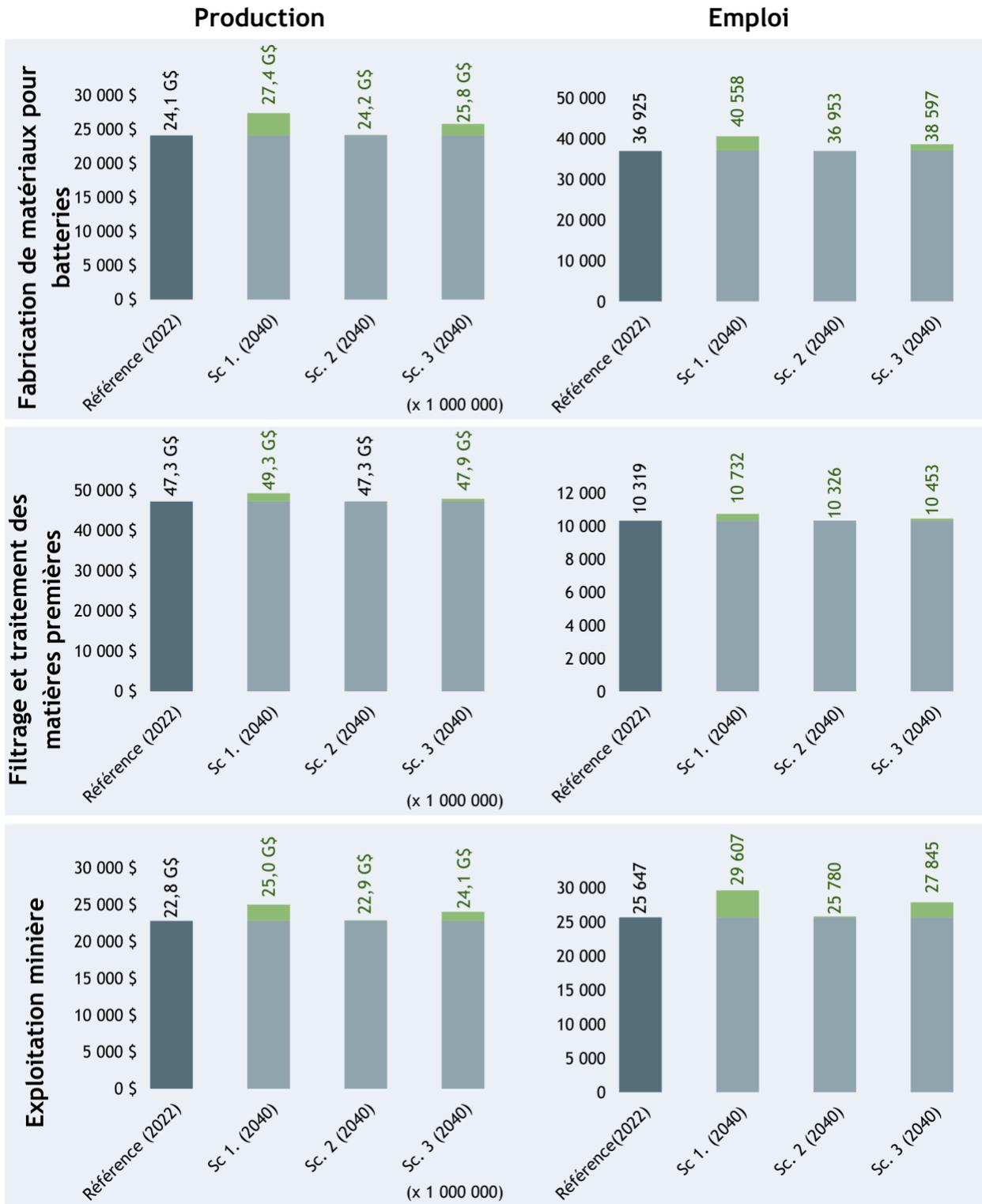


Figure 10. Variation de la production et de l'emploi d'ici 2040 par rapport à 2022 (suite)



Risques et obstacles

Comme ce rapport l'a déjà indiqué, on s'attend à ce que la transition de la chaîne d'approvisionnement de la construction d'automobiles vers la production de VE s'accompagne entre autres d'un ensemble de difficultés et de risques liés aux technologies, à l'approvisionnement, aux marchés et aux politiques. Il est crucial de souligner et d'aborder ces difficultés, puisqu'elles représentent un obstacle à la réussite de la transition vers le VE, en ce qui concerne la production comme l'adoption. Pour naviguer entre les écueils, il faut que l'industrie et les gouvernements coordonnent leurs initiatives stratégiques afin d'assurer une transition sans heurt.

Il se peut que les multiples contraintes et lacunes des VE relativement aux technologies et aux infrastructures influent sur la transition, ayant une incidence sur l'adoption des véhicules et par conséquent leur production. L'angoisse de la panne est un problème non négligeable : les conductrices et les conducteurs s'inquiètent de la distance qu'un VE peut parcourir avec une seule charge, surtout si on la compare à celle d'un VMCI. Le problème est aggravé par temps froid, qui entraîne une diminution de l'efficacité des batteries, causant à son tour une perte d'autonomie et de rendement³¹. Il se peut aussi que la transition soit freinée par des contraintes infrastructurelles comme la capacité du réseau ou le nombre de bornes de recharge, notamment en régions rurales et éloignées. Le Canada, de par son vaste territoire et ses hivers rigoureux, accroît les inquiétudes de sorte qu'il est impératif pour les technologies et les infrastructures du VE de s'adapter et d'évoluer afin de surmonter ces difficultés uniques.

De plus, la durée de vie et la dégradation des batteries sont des préoccupations urgentes. Au fil du temps, les batteries perdent de leur capacité et de leur efficacité, soulevant des questions sur la longévité et la fiabilité du véhicule. La rapidité de la recharge, malgré les progrès récents, représente elle aussi une contrainte. Il faut beaucoup plus de temps pour recharger au complet la batterie d'un VE, surtout d'un VEB, que pour faire le plein de carburant.

Malgré l'accroissement de la sensibilisation et de l'intérêt à l'égard du VE, les consommatrices et les consommateurs demeurent sceptiques, dans une certaine mesure, sur le rendement, la fiabilité et la commodité, ce qui influe globalement sur leurs préférences et les tendances du marché³². De plus, le marché offre actuellement une gamme de modèles de VE moins large que celle des VMCI, un facteur qui peut dissuader les consommatrices et les consommateurs aux préférences et aux besoins particuliers. Le prix d'achat initial est un autre obstacle non négligeable. En général, il est supérieur à celui des VMCI. En outre, le coût des technologies du VE, particulièrement des systèmes de batterie, demeure élevé, faisant obstacle à l'adoption généralisée, notamment lorsque les besoins d'entretien sont pris en compte.

La transition vers les VE sera peut-être aussi confrontée à des problèmes de production et d'approvisionnement. La disponibilité des matières premières, notamment du lithium et du cobalt,

³¹ Consumer Reports. *How Much Do Cold Temperatures Affect an Electric Vehicle's Driving Range?* 2024.

³² Association canadienne des automobilistes (CAA). *The Voice of the Canadian Electric Vehicle Driver*, 2023.

présente un risque sérieux à l'industrie de la fabrication de batteries^{33,34}. La fluctuation du prix des produits de base et les tensions géopolitiques peuvent entraîner des perturbations dans la chaîne d'approvisionnement, faisant croître les coûts de production et causant des retards. Les préoccupations humanitaires peuvent également entrer en ligne de compte, particulièrement en ce qui a trait à l'exploitation minière dans des pays comme la République démocratique du Congo, connue pour ses activités d'extraction du cobalt aux conditions de travail souvent contraires à l'éthique³⁵.

Enfin, les incertitudes politiques et réglementaires pourront avoir une incidence sur la production et l'adoption des VE. Cela comprend les questions commerciales transfrontalières, le soutien public imprévisible, ainsi que les programmes politiques nationaux et régionaux qui ne s'harmoniseront peut-être pas avec les efforts de transition vers les VE.

Les problèmes et les risques liés à la production et à l'adoption indiqués précédemment pourront influencer, individuellement ou collectivement, sur l'intérêt pour les VE, et donc déterminer la trajectoire de la transition dans les chaînes d'approvisionnement canadiennes de la construction d'automobiles et de la fabrication de batteries.

Conclusion

Il ressort des résultats de l'analyse présentés dans ce rapport que ce passage aux VE peut présenter à l'industrie automobile canadienne des difficultés comme des possibilités. L'abandon graduel de la production de VE par l'industrie exigera une adaptation technologique non négligeable, le recyclage et la transition de l'effectif, ainsi qu'un réalignement des chaînes d'approvisionnement. Toutefois, cette transition présente également au Canada un immense potentiel de croissance économique, de création d'emplois et de développement durable.

Ce rapport a exploré les divers aspects de cette transition, et en a représenté dans ses différents scénarios les différentes issues possibles. Les résultats de cette analyse font état d'un potentiel non négligeable de croissance de la production et de la création d'emplois si l'industrie automobile canadienne réussit à faire croître ses capacités de construction de véhicules et de fabrication de batteries. Les résultats indiquent également que l'économie du Canada, particulièrement ses industries de la construction d'automobiles et de la fabrication de batteries, joue gros dans le cadre de cette transition. Le succès de la transition est lié à de multiples facteurs, notamment l'obtention de nouveaux mandats de production de véhicules, l'augmentation de la capacité nationale de la production de batteries et les achats des composantes et des matériaux pour batteries requis.

³³ CNBC. *A worldwide lithium shortage could come as soon as 2025*, 2023.

³⁴ Reuters. *Shortages flagged for EV materials lithium and cobalt*, 2021.

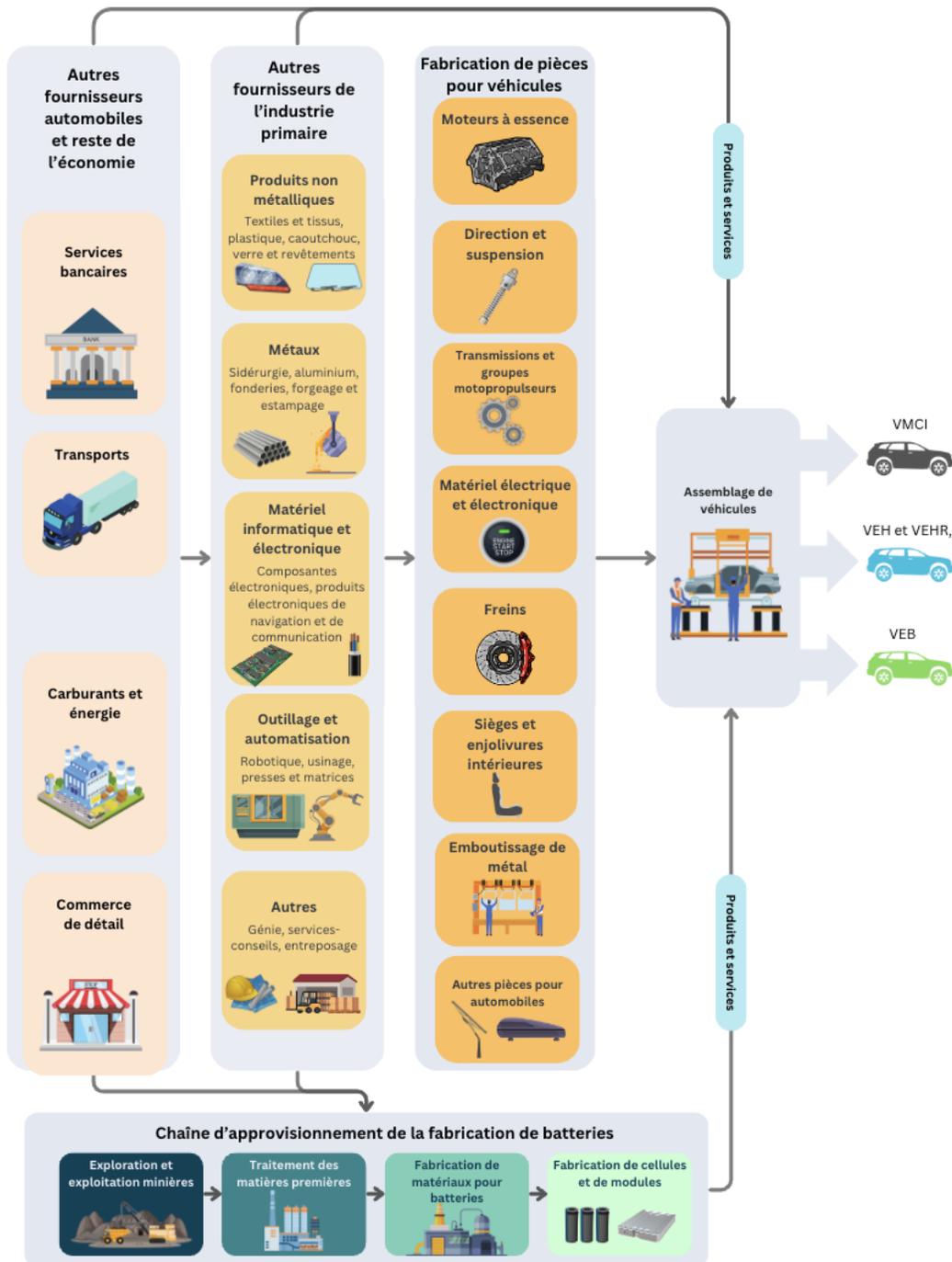
³⁵ Automotive News. *EV supply chain scrutinized over human rights abuses, environment*, 2021.

Annexe A. Quelques projets d'investissement en production de VE et de batteries annoncés

Annonce	Détails	Capacité annoncée	Emplacement	Date de démarrage
Usine de montage CAMI de General Motors	Assemblage de camionnettes de livraison électriques à batterie	50 000 véhicules au maximum	Ingersoll (Ontario)	2022
Usine d'assemblage de la Ford Motor Company à Oakville	Assemblage de véhicules et des blocs-batteries	—	Oakville (Ontario)	2025
Usine de batteries de Stellantis-LG Energy Solution (NextStar Energy)	Fabrication de cellules et de modules	49,5 GWh	Windsor (Ontario)	2024
Usine de batteries de Volkswagen PowerCo SE	Fabrication de cellules	90 GWh	St. Thomas (Ontario)	2027
Usine de batteries de Northvolt	Fabrication de cellules; composants pour cathodes; recyclage de batteries	30 GWh	Montréal (Québec)	2026
Usine de production de matériaux d'Umicore EV	Fabrication de MAC et de PMAC	Équivaut à 35 GWh	Loyalist (Ontario)	2025
Usine de purification du graphite de Nouveau Monde Graphite	Graphite sphérique purifié enrobé	42 600 tonnes par année	Québec	—
Usine de production de matériaux d'anode de Baie-Comeau	Production de matériaux d'anode	200 000 tonnes par année	Baie-Comeau (Québec)	2026

Projet d'exploitation du lithium de la Baie James	Spodumène – lithium à haute teneur	321 000 tonnes par année	Québec	2024
Raffinerie de cobalt d'Electra Battery Materials	Sulfate de cobalt pour batteries	6 500 tonnes par année	Temiskaming Shores (Ontario)	2023
Mine de graphite de Nouveau Monde Graphite à Matawinie	Concentré de graphite de haute pureté	100 000 tonnes par année	Matawinie (Québec)	—
Mine de graphite de la Northern Graphite Corporation	Flocons de graphite	40 000 tonnes par année	Ontario	2022

Annexe B. Schéma des chaînes d'approvisionnement de la production d'automobiles et de batteries



Annexe C. Méthode d'analyse de l'incidence des VE en détail

Afin de prévoir l'incidence sur l'économie et le marché du travail de la transition vers la production de VE et de la fabrication de batteries au Canada, nous avons conçu un modèle de prévision pour VE. Ce modèle utilise une méthode en deux étapes et divers outils d'analyse. La première étape donne lieu à l'estimation de la production et des achats d'un groupe choisi d'industries clés au sein de la construction d'automobiles, de la fabrication de batteries et de leur chaîne d'approvisionnement. Pour ce faire, nous avons conçu dans Microsoft Excel un modèle qui incorpore des données techniques et économiques tirées de sources multiples. Après avoir estimé la production et les achats dans ces industries, il a fallu dans la seconde étape utiliser le logiciel économique d'IMPLAN pour évaluer les incidences directe, indirecte et induite de la transition vers la production de VE et la fabrication de batteries. Cette évaluation couvre plus de 230 industries de l'économie canadienne. Les résultats fournissent deux indicateurs économiques clés, l'incidence sur la production et celle sur l'emploi. L'évolution de la production et de l'emploi est quantifiée, puis présentée par intervalles de cinq ans sur la période allant de 2025 à 2040. Les sections ci-après représentent en détail la structure du modèle de prévision pour VE.

Aperçu des tableaux d'entrées-sorties du Canada

Créés et tenus à jour par Statistique Canada, les tableaux d'entrées-sorties font partie intégrante des outils d'analyse économique du pays. Ils donnent un aperçu complet des transactions économiques entre les divers secteurs et industries de l'économie du pays. Ils permettent de savoir comment la production d'une industrie devient un intrant pour une autre, et de voir l'interdépendance entre les industries, les secteurs et l'économie tout entière. Les tableaux d'entrées-sorties sont organisés en une structure multiniveaux, allant des agrégats de niveau supérieur aux données détaillées propres à un secteur (les niveaux L, M, H et D)³⁶. Cette structure permet divers degrés d'analyse, allant de l'aperçu général des relations économiques à l'étude sectorielle approfondie.

Le tableau de niveau D représente le plus détaillé des quatre niveaux, offrant des données précises sur les transactions économiques. Il contient 236 industries environ 500 produits de base, ce qui permet aux analystes de scruter les interactions économiques complexes avec une grande précision.

³⁶ Les tableaux d'entrées-sorties sont organisés en une structure à plusieurs niveaux. Le niveau L (le niveau d'agrégation le plus bas) donne un aperçu macroéconomique général, l'économie étant regroupée dans quelques grands secteurs; le niveau M (moyen) offre un niveau de détail intermédiaire en divisant l'économie en un certain nombre d'industries; le niveau H (élevé) propose un niveau de détail plus élevé et un plus grand nombre d'industries; enfin, le niveau D (le plus détaillé) présente la vision la plus précise de l'économie en exposant en détail des centaines de sous-industries pour approfondir l'analyse.

Analyse détaillée de la structure de coûts à l'aide des tableaux d'entrées-sorties

Dans le cadre du passage de l'industrie automobile de la production de VMCI à celle de VE, le tableau de niveau D est une ressource précieuse. Il permet d'analyser la façon dont l'évolution de la production et de l'emploi dans l'industrie automobile influent sur les industries connexes, comme la fabrication de pièces (pour la production de MCI, notamment), la production de batteries, la fabrication de produits chimiques et l'exploitation minière.

Dans cette étude, le tableau de niveau D de 2019 a servi à établir une répartition détaillée de la structure de coûts du véhicule moyen produit au Canada. En analysant le tableau, nous avons pu déterminer les valeurs d'entrée, ou les achats de l'industrie de la fabrication de voitures et de véhicules automobiles légers (code 336110 du SCIAN) auprès de chacune des 236 industries. Ces valeurs ont ensuite été divisées par le nombre total de véhicules produits au Canada en 2019 pour obtenir le coût de production moyen, de même que les valeurs d'entrée apportées par chacune des 236 industries, par véhicule. Vu que le VMCI est le type dominant de véhicule construit au Canada en 2019, la structure de coûts obtenue est essentiellement celle d'un VMCI produit ici.

Par la suite, pour obtenir les coûts de production et les structures de coûts des VEH, des VEHR et des VEB produits au Canada, nous avons apporté des modifications à ces valeurs d'entrée ou achats, par véhicule. Ces modifications tiennent compte des différentes prescriptions relatives à la fabrication, ainsi que du coût des pièces et des composantes spécifiques. Ces calculs ont notamment pris en compte les blocs-batteries, les composantes pour groupes motopropulseurs et les autres pièces uniques qu'on ne trouve pas dans les VMCI. Par exemple, les moteurs électriques et les blocs-batteries d'une capacité moyenne de 1,5 kWh et de 12,5 kWh respectivement ont été ajoutés aux VEH et aux VEHR. Pour les VEB, nous avons calculé trois évolutions de la structure de coûts. Un moteur électrique et un bloc-batterie de 44 kWh ont été ajoutés à la structure de coûts du VEB de petite taille. En ce qui concerne les VEB compacts et intermédiaires, ce sont deux moteurs électriques et un bloc-batterie de 77 kWh. Enfin, la structure de coûts des gros VEB comme les camionnettes accueillent deux moteurs électriques et un bloc-batterie de 109 kWh^{37,38}. Nous avons également ajouté d'autres composantes à ces véhicules, notamment des inverseurs, des convertisseurs, des fils à haute tension et des modules de commande d'alimentation le cas échéant. Les modifications ont également tenu compte de la plus faible teneur des VEH et des VEHR en composantes pour VMCI, et de leur absence dans les VEB. En ce qui concerne les VEB, les achats de composantes propres aux MCI, comme les pistons, les silencieux et les réservoirs de carburant ont été éliminés de la structure de coûts. Le coût des composantes et les détails techniques proviennent de sources multiples, dont l'outil de

³⁷ Les valeurs moyennes de la capacité des batteries, de la puissance des moteurs électriques et d'autres caractéristiques des véhicules sont tirées d'un examen exhaustif des caractéristiques des véhicules disponibles sur le marché (<https://driving.ca/find-compare/>).

³⁸ L'établissement du prix des modules suppose que c'est le segment de l'assemblage de véhicules qui s'approvisionne auprès de l'industrie manufacturière des batteries.

modélisation du département de l'Énergie des États-Unis qui permet d'estimer la performance et le coût des batteries (le BatPaC)³⁹, les données de Munro sur la ventilation du coût des véhicules⁴⁰, ainsi que le rapport d'UBS intitulé *Evidence Lab Electric Car Teardown*⁴¹.

Il est important de noter que les coûts de production et les structures de coûts de ces véhicules, particulièrement les trois évolutions relatives aux VEB, varient de façon non négligeable au fil du temps. Le prix par kWh des systèmes de batterie, notamment, enregistre des fluctuations sous l'effet des progrès de la technologie des batteries, des économies d'échelle des installations de production et de la variation du coût des matières premières. Quant à l'évolution future, on s'attend à ce que le prix par kWh des blocs-batteries continue de diminuer de façon non négligeable au cours des prochaines années. Cette variabilité des prix souligne l'importance de la prise en compte de l'évolution du coût des batteries et des autres composantes pour véhicules dans les prévisions des coûts de production de chaque type de véhicule. Ces considérations sont cruciales pour comprendre l'incidence de la production d'un éventail de ces véhicules sur l'industrie automobile canadienne. Par conséquent, dans le modèle de prévision pour VE de l'Initiative FOCAL, l'évolution du prix des composantes et des pièces est représentée en fonction du temps, assurant une approche exhaustive et dynamique de la modélisation économique de l'industrie et de la chaîne d'approvisionnement.

Nous avons adopté une approche semblable pour apporter des modifications aux achats en fabrication de camions lourds (code 336120 du SCIAN). Nous avons tenu compte de l'évolution du coût des composantes et des pièces en modélisant la structure de coûts des camions lourds et des autobus hybrides ou à batterie. Concernant les camions lourds et les autobus à batterie, la structure de coûts a fait l'objet d'ajustements de façon à inclure une batterie de 500 kWh, ainsi que des modifications au groupe motopropulseur et aux composantes électroniques.

Aux fins de la présente étude, nous avons supposé que les blocs-batteries sont assemblés à la même étape que les véhicules, activités qui concernent l'industrie de la construction de véhicules légers comme celui de la construction de véhicules lourds. Donc, la structure de coûts de chaque type de véhicules (et par conséquent, les achats du segment de l'assemblage de véhicules) comprend les achats de systèmes de gestion thermique et de gestion de la consommation d'énergie, d'enveloppes de batterie et de systèmes de chauffage.

En remontant les chaînes d'approvisionnement de la construction d'automobiles et de la fabrication de batteries, nous avons apporté des modifications à l'industrie de la fabrication de batteries et de piles (code 335910 du SCIAN). Pour déterminer les achats de matériaux nécessaires par unité, nous avons établi une structure de coûts pour les cellules et une pour les modules. D'après les données techniques de la composition des cellules, quatre structures de coûts ont été mises sur pied, une pour la composition chimique de chaque matériau : NCA,

³⁹ Argonne National Laboratory (ANL). *Battery Performance and Cost Modeling for Electric-Drive Vehicles (BatPaC)*, 2022.

⁴⁰ Munro & Associates. *BMW i3 Cost Analysis*, 2020.

⁴¹ UBS. *UBS Evidence Lab Electric Car Teardown—Disruption Ahead?* 2017.

NMC622, NMC811 et LFP. Ces structures de coûts englobent les composantes et les matériaux destinés aux électrodes positives et négatives, aux collecteurs de courant, aux séparateurs et aux contenants pour cellules, lesquels sont communs à tous les types de batteries. Dans le cas des modules, la structure de coûts tient compte de composantes comme les enceintes, les régulateurs de courant et les conducteurs thermiques.

Enfin, des modifications ont été apportées aux achats de l'industrie de la fabrication de cathodes (code 325180 du SCIAN) pour tenir compte des achats de matières filtrées à l'industrie de la fonte et de l'affinage de métaux non ferreux (code 331410), de même qu'aux achats de l'industrie de la fabrication de cathodes (code 327990) et de celle de l'affinage de matières (code 331410) pour tenir compte des achats à l'industrie minière (principalement les sous-industries 212232, 212299 et 212398 du SCIAN).

Estimation de la production industrielle et des achats

À l'aide des achats ajustés des chaînes d'approvisionnement de la construction d'automobiles et de la fabrication de batteries, associés aux hypothèses sur les niveaux de la production nationale dans chacune des industries répertoriées (comme le nombre de véhicules produits, le volume de fabrication de cellules et de modules, ainsi que le nombre de tonnes de matériaux pour cathode traités – dont il est question dans la présente section), il est possible d'estimer le total de la production et des achats de chacune des industries au sein de la chaîne d'approvisionnement.

En ce qui concerne le segment de l'assemblage de véhicules, nous avons estimé la production totale de chaque année comprise entre 2025 et 2040 en calculant la somme des produits du nombre total de véhicules produits (selon le type et la taille du groupe motopropulseur) et de leur coût de production total projeté. Les prévisions de la production de véhicules selon le type et la taille du groupe motopropulseur proviennent de sources et de projections diverses, y compris S&P et LMC. Puisque certaines de ces projections ne vont pas plus loin que 2030 ou 2035, il s'est avéré nécessaire de les extrapoler jusqu'en 2040 afin de couvrir toute la période visée par l'analyse d'incidence de la présente étude. Pour extrapoler ces prévisions jusqu'en 2040, nous avons utilisé la méthode d'ajustement d'une courbe. Cette approche a permis d'établir des projections plus complètes et à plus long terme, tenant compte des nouvelles tendances et de la dynamique du marché qui devraient influencer sur l'industrie automobile canadienne au cours des deux prochaines décennies. En outre, à l'aide du volume de production de véhicules et de la valeur des achats (selon le type et la taille du groupe motopropulseur), il est possible d'estimer la valeur totale des achats effectués dans le segment de l'assemblage de véhicules auprès de toutes les autres industries, ainsi que des achats de l'ensemble de l'industrie.

La production totale de l'industrie de la fabrication de batteries et de piles (code 335910 du SCIAN) a été estimée en tenant compte d'un ensemble d'hypothèses dans chacun des trois scénarios. Les hypothèses portent notamment sur le nombre d'usines de batteries opérationnelles, de même que sur la capacité de production, l'année de mise en service et la période de rodage de chacune. La production de l'industrie prend aussi en compte le prix au kWh

des batteries pour chaque année, le rapport du nombre de cellules au nombre de modules produits, de même que la distribution des parts de marché des batteries selon leur composition chimique. On obtient la production totale en valeur de l'industrie de la fabrication de batteries et de piles en multipliant le prix moyen de chaque type de cellule et de module par leur volume de production. Cette méthode intègre les données détaillées sur les prix et la production afin de refléter fidèlement la production de l'industrie.

En utilisant les structures de coûts établies aussi bien pour les cellules que pour les modules, il est possible de calculer la production économique nationale de chaque industrie de la chaîne d'approvisionnement de la fabrication des batteries (incluant celles de la fabrication des cathodes (code 325180), de la fabrication des anodes (code 327990), de l'affinage des matières (code 331410) et de l'exploitation minière (codes 212232, 212299 et 212398)). Nous avons estimé la production économique de chacune de ces industries en nous appuyant sur leur capacité de production nationale supposée dans chaque scénario.

Application d'IMPLAN à la mesure des incidences sur l'industrie dans son ensemble

IMPLAN (analyse d'incidence aux fins de planification) est un système de modélisation économique servant à estimer l'effet d'entraînement de fluctuations économiques dans un champ d'activité donné. Cet outil peut servir à évaluer les incidences directe, indirecte et induite⁴² d'activités économiques sur des industries dans un secteur ou une région en particulier. Dans le cadre du passage des industries canadiennes de la construction d'automobiles et de la fabrication de batteries du VMCI au VE, IMPLAN peut jouer un rôle clé dans l'analyse et la prévision de toutes les incidences sur l'économie et l'emploi.

Utilisant la production totale projetée et les achats ajustés établis pour les industries de la construction d'automobiles et de la fabrication de batteries, IMPLAN peut donner des précisions sur l'incidence qu'aura la transition vers les VE et la production de batteries sur l'économie dans son ensemble. En saisissant les données sur la production projetée et les achats, IMPLAN peut estimer les répercussions directe, indirecte et induite sur l'économie et le marché du travail dans l'ensemble des 236 industries de l'économie canadienne.

⁴² Incidence directe fait référence aux effets immédiats des changements sur les industries. C'est le résultat principal des activités d'une industrie — la création d'emplois, la production de produits ou de services ou encore les revenus générés par les entreprises, par exemple. L'incidence indirecte englobe les effets secondaires ressentis par la chaîne d'approvisionnement de l'industrie primaire. Ce sont les effets d'entraînement produits par les interdépendances entre les industries. Par exemple, une augmentation de la production dans une industrie pourra accroître la demande de matières premières ou de composantes auprès des fournisseurs, influant sur diverses industries en amont. L'incidence induite représente les effets tertiaires produits par la dépense des revenus gagnés à la faveur des incidences directe et indirecte. C'est l'incidence qu'ont les employés des secteurs primaire et secondaire lorsqu'ils dépensent leur salaire pour des biens et des services dans l'ensemble de l'économie.

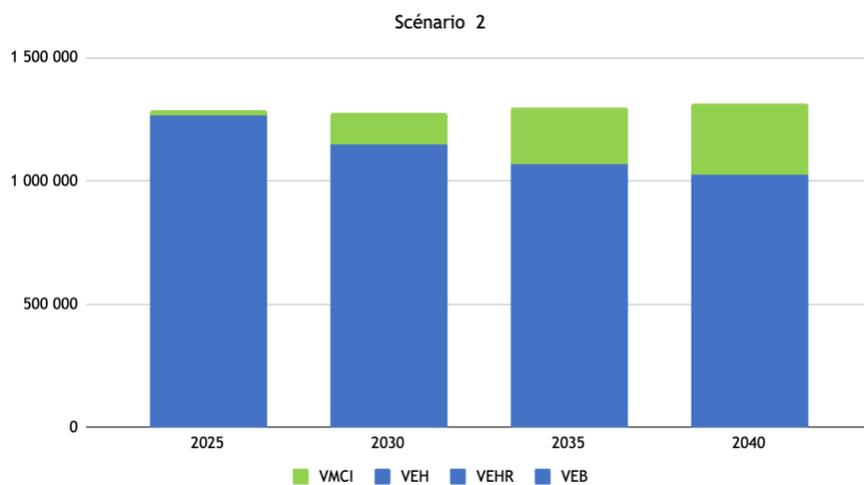
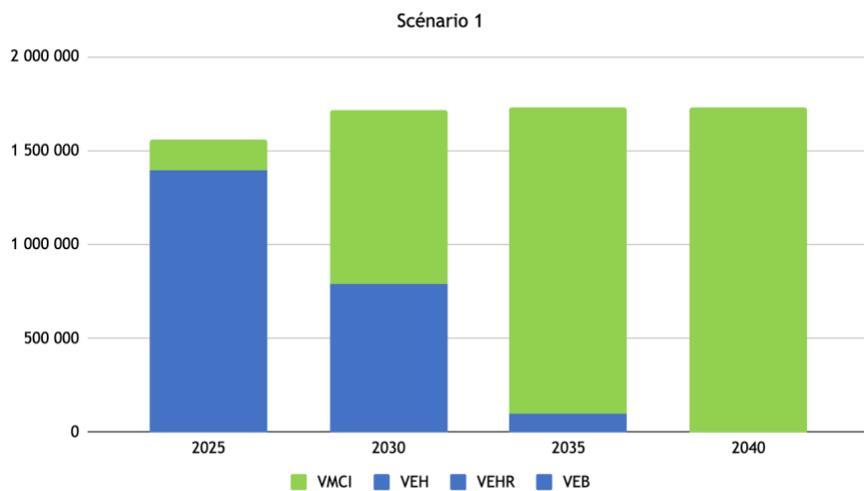
Le tableau ci-dessous fait correspondre les industries de la construction d'automobiles et de la fabrication de batteries à leurs codes respectifs du Système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN), de la Classification des industries des tableaux entrées-sorties et d'IMPLAN.

Industrie	Système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN)	Classification des industries des tableaux entrées-sorties	Code des industries IMPLAN
Assemblage de véhicules			
Assemblage de véhicules légers	336110 – Fabrication de voitures et de véhicules automobiles légers	BS336110	99
Construction de camions lourds et d'autobus	336120 – Fabrication de camions lourds	BS336120	100
Fabrication de pièces pour véhicules			
Fabrication de moteurs à essence	336310 – Fabrication de moteurs et de pièces de moteurs à essence pour véhicules automobiles	BS336310	102
Composantes électriques et électroniques pour véhicules	336320 – Fabrication de matériel électrique et électronique pour véhicules automobiles	BS336320	103
Fabrication de composants de direction et de suspension	336330 – Fabrication de composants de direction et de suspension pour véhicules automobiles (sauf les ressorts)	BS336330	104
Fabrication de freins pour véhicules	336340 – Fabrication de systèmes de freinage pour véhicules automobiles	BS336340	105
Fabrication de transmissions et de groupes motopropulseurs	336350 – Fabrication de pièces de transmission et de groupe motopropulseur pour véhicules automobiles	BS336350	106
Fabrication de sièges et d'enjolivures	336360 – Fabrication de sièges et enjolivures intérieures pour véhicules automobiles	BS336360	107

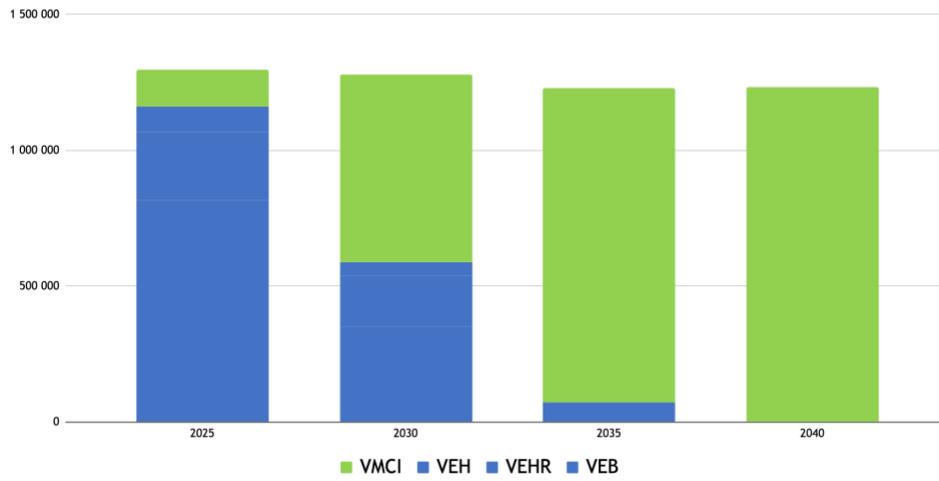
Emboutissage de pièces en métal pour véhicules automobiles	336370 – Emboutissage de pièces en métal pour véhicules automobiles	BS336370	108
Fabrication d'autres pièces pour véhicules automobiles	336390 – Fabrication d'autres pièces pour véhicules automobiles	BS336390	109
Fabrication de batteries			
Fabrication de cellules et de modules	335910 – Fabrication de batteries et de piles	BS335900	98
Fabrication de matériaux pour batteries / fabrication de produits chimiques			
fabrication de matériaux actifs de cathode et des précurseurs de matériaux actifs de cathode	325180 – Fabrication d'autres produits chimiques inorganiques de base	BS325100	60
Fabrication d'anodes	327990 – Fabrication de tous les autres produits minéraux non métalliques	BS327A00	69
Traitement et filtrage des matières			
Affinage de matières	3314 – Production et transformation de métaux non ferreux (sauf l'aluminium)	BS331400	74
Exploitation minière			
Extraction de minerais de fer	212210 – Extraction de minerais de fer	BS212210	14
Extraction du nickel	212232 – Extraction de minerais de nickel-cuivre	BS212230	16
Extraction du lithium, du cobalt et du manganèse	212299 – Extraction de tous les autres minerais métalliques	BS212290	17

Extraction du graphite	212398 – Extraction de tous les autres minerais non métalliques	BS21239A	21
------------------------	---	----------	----

Annexe D. Détails des hypothèses de la production de véhicules selon trois scénarios de transition vers les VE



Scénario 3



	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
Production de véhicules (2040)	1 728 218	1 313 180	1 232 241
Taux de transition	Transition accélérée	Transition modérée	Transition accélérée
Sources des données	Prévisions de la production d'automobiles de GlobalData (ajustées et extrapolées pour les prévisions)	Prévisions de la production d'automobiles de S&P (ajustées et extrapolées pour les prévisions)	Prévisions de la production d'automobiles de GlobalData Prévisions de la production d'automobiles de S&P (ajustées et extrapolées pour les prévisions)

Annexe E. Détails des hypothèses de la fabrication de batteries selon trois scénarios de transition vers les VE

	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
Capacité de production de batteries (d'ici 2040)	202 GWh	165 GWh	202 GWh
Nombre d'usines de batteries (d'ici 2040)	4	3	4
Capacité de production maximale de l'usine de batteries	75 %	30 %	75 %
Nombre d'années de rodage de la production de batteries	5	5	5
Capacité de production de batteries (d'ici 2040)	151,5 GWh	49,5 GWh	151,5 GWh
Capacité de production de batteries de chaque usine et année de mise en service	Usine 1 (2025) : 45 GWh Usine 2 (2028) : 90 GWh Usine 3 (2028) : 30 GWh Usine 4 (2031) : 37 GWh	Usine 1 (2025) : 45 GWh Usine 2 (2028) : 90 GWh Usine 3 (2028) : 30 GWh	Usine 1 (2025) : 45 GWh Usine 2 (2028) : 90 GWh Usine 3 (2028) : 30 GWh Usine 4 (2031) : 37 GWh
Production de cathodes et d'anodes ⁴³	100 %	10 %	55 %
Traitement et filtrage des matières ⁴³	100 %	10 %	55 %
Exploitation minière ^{3,44}	100 %	10 %	55 %
Extraction du cobalt	25 %	10 %	25 %

⁴³ En ce qui a trait à la demande intérieure en amont de matériaux pour batteries.

⁴⁴ Sauf le cobalt.

Type de cellule	NCA	LFP	NMC622	NMC811
Composition chimique des cathodes	Aluminium Lithium Cobalt Nickel	Fer Lithium Phosphate	Cobalt Manganèse Lithium Nickel	Cobalt Lithium Nickel Manganèse
Composition chimique des anodes	Graphite	Graphite	Graphite	Graphite
Part de marché ⁴⁵	28 %	39 %	17 %	17 %

⁴⁵ Part de marché des types de cellules de batterie utilisés au cours de la période de prévision. Les données sont tirées de la prévision effectuée par Wood Mackenzie Energy.

Caractéristiques techniques des batteries	
Nombre de cellules (par bloc)	320
Matériaux dans la cathode de cellule	Matériau actif d'électrode positive Additif carboné d'électrode positive Liant d'électrode positive Solvant de liant d'électrode positive
Matériaux dans l'anode de cellule	Matériau actif d'électrode négative Additif carboné d'électrode négative Liant d'électrode négative Solvant de liant d'électrode négative
Collecteurs et séparateurs de courant	Collecteur de courant positif Collecteur de courant négatif Séparateurs Électrolyte
Autres composantes de batteries	Contenant pour piles Ensemble borne positive Ensemble borne négative
Nombre de modules (par bloc)	20
Matériaux dans les modules	Cellules Conducteurs thermiques en aluminium Plaques d'interconnexion de groupes de piles Régulateur de charge du module Bornes Mécanisme de libération des gaz du module Enceinte de module
Matériaux dans les blocs-batteries	Système de gestion thermique Système de gestion de la puissance Bornes de la batterie Enveloppe de pile Système de chauffage Plaques d'interconnexion et câblage de signal du module Plaques de compression et courroies d'acier du module Système thermique de base

Annexe F. Incidence détaillée sur la production et l'emploi selon trois scénarios de transition vers les VE

Scénario 1

		Changement de Production			
Industrie		2025	2030	2035	2040
Fabrication de véhicules automobiles	Fabrication de voitures et de véhicules automobiles légers	↑ \$ 12 926 669 045	↑ \$ 24 973 902 170	↑ \$ 27 927 391 059	↑ \$ 25 733 631 525
	Fabrication de camions lourds	↑ \$ 497 797 215	↑ \$ 1 113 988 333	↑ \$ 747 168 245	↑ \$ 746 094 329
Fabrication de pièces pour véhicules automobiles	Fabrication de moteurs et de pièces de moteurs à essence pour véhicules automobiles	↓ \$ (483 409 700)	↓ \$ (2 427 011 407)	↓ \$ (4 253 487 050)	↓ \$ (4 523 235 010)
	Fabrication de matériel électrique et électronique pour véhicules automobiles	↑ \$ 11 241 255	↑ \$ 48 940 996	↑ \$ 79 152 321	↑ \$ 84 285 672
	Fabrication de composants de direction et de suspension pour véhicules automobiles (sauf les ressorts)	↑ \$ 8 556 546	↑ \$ 107 255 965	↑ \$ 145 070 197	↑ \$ 147 406 403
	Fabrication de systèmes de freinage pour véhicules automobiles	↑ \$ 1 076 489	↑ \$ 15 391 709	↑ \$ 20 177 394	↑ \$ 20 736 919
	Fabrication de pièces de transmission et de groupe motopropulseur pour véhicules automobiles	↓ \$ (13 221 404)	↓ \$ (97 675 295)	↓ \$ (278 396 351)	↓ \$ (311 391 339)
	Fabrication de sièges et enjolivures intérieures pour véhicules automobiles	↓ \$ (73 912 287)	↑ \$ 171 454 573	↑ \$ 199 436 810	↑ \$ 201 604 437
	Emboutissage de pièces en métal pour véhicules automobiles	↑ \$ 15 198 206	↑ \$ 259 915 448	↑ \$ 422 313 731	↑ \$ 377 596 240
	Fabrication d'autres pièces pour véhicules automobiles	↑ \$ 287 603 109	↑ \$ 768 615 399	↑ \$ 1 028 739 622	↑ \$ 1 032 191 531
	Totale fabrication de pièces pour véhicules automobiles	↓ \$ (246 867 786)	↓ \$ (1 153 112 612)	↓ \$ (2 636 993 326)	↓ \$ (2 970 805 147)
Fabrication de batteries et de piles	Fabrication d'autres types de matériel et de composants électriques	↑ \$ 676 275 925	↑ \$ 7 198 632 982	↑ \$ 9 142 946 401	↑ \$ 6 701 883 734
	Totale fabrication de batteries et de piles	↑ \$ 676 275 925	↑ \$ 7 198 632 982	↑ \$ 9 142 946 401	↑ \$ 6 701 883 734
Traitement des matériaux	Fabrication de produits chimiques de base	↑ \$ 352 691 292	↑ \$ 3 085 472 833	↑ \$ 3 620 108 013	↑ \$ 2 654 473 098
	Fabrication d'autres produits minéraux non métalliques	↑ \$ 277 764 834	↑ \$ 734 413 052	↑ \$ 797 820 714	↑ \$ 627 510 572
	Production et transformation de métaux non ferreux	↑ \$ 233 173 886	↑ \$ 2 195 564 468	↑ \$ 2 789 596 261	↑ \$ 2 051 020 639
	Totale traitement des matériaux	↑ \$ 863 630 012	↑ \$ 6 015 450 353	↑ \$ 7 207 524 988	↑ \$ 5 333 004 309
Extraction	Extraction de minerais de fer	↑ \$ 2 237 656	↑ \$ 5 410 276	↑ \$ 6 274 684	↑ \$ 5 896 215
	Extraction de minerais de cuivre, de nickel, de plomb et de zinc	↑ \$ 45 992 490	↑ \$ 427 410 093	↑ \$ 547 773 343	↑ \$ 401 982 112
	Extraction d'autres minerais métalliques	↑ \$ 167 912 297	↑ \$ 1 624 677 193	↑ \$ 2 060 466 109	↑ \$ 1 506 369 349
	Extraction d'autres minerais non métalliques	↑ \$ 34 732 767	↑ \$ 308 218 151	↑ \$ 398 848 433	↑ \$ 292 198 503
	Totale extraction	↑ \$ 250 875 210	↑ \$ 2 365 715 713	↑ \$ 3 013 362 569	↑ \$ 2 206 446 179
Reste de la chaîne d'approvisionnement automobile	Total Reste de la chaîne d'approvisionnement automobile	↑ \$ 3 514 122 001	↑ \$ 5 116 215 938	↑ \$ 5 086 971 696	↑ \$ 4 950 712 786
Reste de l'économie	Total reste de l'économie	↑ \$ 7 119 336 341	↑ \$ 11 950 247 046	↑ \$ 11 137 356 484	↑ \$ 9 693 695 386
Total		↑ \$ 25 601 837 963	↑ \$ 57 581 039 923	↑ \$ 61 625 728 116	↑ \$ 52 394 663 101

		Changement d'emploi			
Industrie		2025	2030	2035	2040
Fabrication de véhicules automobiles	Fabrication de voitures et de véhicules automobiles légers	↑ 4,889	↑ 15,330	↑ 19,491	↑ 17,960
	Fabrication de camions lourds	↑ 1,108	↑ 2,480	↑ 1,663	↑ 1,661
Fabrication de pièces pour véhicules automobiles	Fabrication de moteurs et de pièces de moteurs à essence pour véhicules automobiles	↓ (555)	↓ (2,808)	↓ (4,923)	↓ (5,235)
	Fabrication de matériel électrique et électronique pour véhicules automobiles	↑ 40	↑ 164	↑ 259	↑ 275
	Fabrication de composants de direction et de suspension pour véhicules automobiles (sauf les ressorts)	↑ 43	↑ 208	↑ 254	↑ 259
	Fabrication de systèmes de freinage pour véhicules automobiles	↑ 14	↑ 71	↑ 86	↑ 89
	Fabrication de pièces de transmission et de groupe motopropulseur pour véhicules automobiles	↑ 15	↓ (229)	↓ (725)	↓ (811)
	Fabrication de sièges et enjolivures intérieures pour véhicules automobiles	↓ (37)	↑ 451	↑ 422	↑ 427
	Emboutissage de pièces en métal pour véhicules automobiles	↑ 66	↑ 456	↑ 692	↑ 619
	Fabrication d'autres pièces pour véhicules automobiles	↑ 608	↑ 1,492	↑ 1,942	↑ 1,949
	Totale fabrication de pièces pour véhicules automobiles	↑ 194	↓ (195)	↓ (1,993)	↓ (2,428)
Fabrication de batteries et de piles	Fabrication d'autres types de matériel et de composants électriques	↑ 1,713	↑ 18,293	↑ 23,237	↑ 17,033
	Totale fabrication de batteries et de piles	↑ 1,713	↑ 18,293	↑ 23,237	↑ 17,033
Traitement des matériaux	Fabrication de produits chimiques de base	↑ 179	↑ 1,717	↑ 2,176	↑ 1,596
	Fabrication d'autres produits minéraux non métalliques	↑ 287	↑ 2,055	↑ 2,590	↑ 2,037
	Production et transformation de métaux non ferreux	↑ 46	↑ 442	↑ 562	↑ 413
	Totale traitement des matériaux	↑ 512	↑ 4,214	↑ 5,328	↑ 4,046
Extraction	Extraction de minerais de fer	↑ 50	↑ 482	↑ 611	↑ 449
	Extraction de minerais de cuivre, de nickel, de plomb et de zinc	↑ 307	↑ 2,987	↑ 3,790	↑ 2,771
	Extraction d'autres minerais métalliques	↑ 82	↑ 795	↑ 1,007	↑ 738
	Extraction d'autres minerais non métalliques	↑ 82	↑ 795	↑ 1,007	↑ 738
	Totale extraction	↑ 439	↑ 4,266	↑ 5,410	↑ 3,960
Reste de la chaîne d'approvisionnement automobile	Total Reste de la chaîne d'approvisionnement automobile	↑ 3,186	↑ 10,487	↑ 13,114	↑ 12,560
Reste de l'économie	Total reste de l'économie	↑ 10,625	↑ 42,870	↑ 50,844	↑ 44,259
Total		↑ 22,666	↑ 97,745	↑ 117,094	↑ 99,051

Scénario 2

		Change in Output			
Industrie		2025	2030	2035	2040
Fabrication de véhicules automobiles	Fabrication de voitures et de véhicules automobiles légers	↓ \$ (6,189,279,621)	↓ \$ (6,220,254,984)	↑ \$ 1,536,371,395	↑ \$ 1,171,609,799
	Fabrication de camions lourds	↓ \$ (439,616,030)	↓ \$ 270,437,582	↓ \$ 259,381,329	↓ \$ 222,894,700
Fabrication de pièces pour véhicules automobiles	Fabrication de moteurs et de pièces de moteurs à essence pour véhicules automobiles	↓ \$ (120,606,621)	↓ \$ (494,588,625)	↓ \$ (826,703,691)	↓ \$ (1,023,133,602)
	Fabrication de matériel électrique et électronique pour véhicules automobiles	↓ \$ (6,453,028)	↓ \$ (3,184,098)	↓ \$ 12,900,959	↓ \$ 16,725,790
	Fabrication de composants de direction et de suspension pour véhicules automobiles (sauf les ressorts)	↓ \$ (117,359,776)	↓ \$ (144,475,435)	↓ \$ (57,392,086)	↓ \$ (74,271,673)
	Fabrication de systèmes de freinage pour véhicules automobiles	↓ \$ (17,478,205)	↓ \$ (21,602,164)	↓ \$ (8,998,493)	↓ \$ (11,351,872)
	Fabrication de pièces de transmission et de groupe motopropulseur pour véhicules automobiles	↓ \$ (168,941,385)	↓ \$ (212,104,312)	↓ \$ (134,203,436)	↓ \$ (167,702,178)
	Fabrication de sièges et enjolivures intérieures pour véhicules automobiles	↓ \$ (513,203,240)	↓ \$ (666,218,376)	↓ \$ (375,611,633)	↓ \$ (477,361,129)
	Emboutissage de pièces en métal pour véhicules automobiles	↓ \$ (215,906,208)	↓ \$ (259,269,005)	↓ \$ (104,579,901)	↓ \$ (139,167,515)
	Fabrication d'autres pièces pour véhicules automobiles	↓ \$ (157,020,089)	↓ \$ (102,615,411)	↓ \$ 193,818,986	↓ \$ 236,192,755
	Totale fabrication de pièces pour véhicules automobiles	↓ \$ (1,316,968,549)	↓ \$ (1,904,057,422)	↓ \$ (1,300,769,293)	↓ \$ (1,640,069,422)
Fabrication de batteries et de piles	Fabrication d'autres types de matériel et de composants électriques	↑ \$ 200,088,407	↑ \$ 2,595,756,064	↑ \$ 2,721,496,686	↑ \$ 1,981,661,930
	Totale fabrication de batteries et de piles	↑ \$ 200,088,407	↑ \$ 2,595,756,064	↑ \$ 2,721,496,686	↑ \$ 1,981,661,930
Traitement des matériaux	Fabrication de produits chimiques de base	↓ \$ (5,254,110)	↑ \$ 97,321,182	↑ \$ 114,689,095	↑ \$ 80,516,310
	Fabrication d'autres produits minéraux non métalliques	↓ \$ (63,578,274)	↓ \$ (52,748,265)	↓ \$ 6,817,725	↓ \$ (5,970,975)
	Production et transformation de métaux non ferreux	↑ \$ 3,297,313	↑ \$ 30,578,351	↑ \$ 41,982,981	↑ \$ 35,060,725
	Totale traitement des matériaux	↓ \$ (65,535,071)	↑ \$ 75,151,268	↑ \$ 163,489,801	↑ \$ 109,606,060
Extraction	Extraction de minerais de fer	↓ \$ (2,853,491)	↓ \$ (2,996,591)	↓ \$ (453,892)	↓ \$ (689,108)
	Extraction de minerais de cuivre, de nickel, de plomb et de zinc	↑ \$ 506,837	↑ \$ 18,611,062	↑ \$ 20,832,806	↑ \$ 15,553,298
	Extraction d'autres minerais métalliques	↑ \$ 6,436,646	↑ \$ 68,905,494	↑ \$ 71,294,276	↑ \$ 51,905,816
	Extraction d'autres minerais non métalliques	↓ \$ (35,581)	↑ \$ 11,144,972	↑ \$ 12,593,364	↑ \$ 8,952,931
	Totale extraction	↑ \$ 4,054,411	↑ \$ 95,664,937	↑ \$ 104,266,554	↑ \$ 75,722,937
Reste de la chaîne d'approvisionnement automobile	Total Reste de la chaîne d'approvisionnement automobile	↓ \$ (895,085,318)	↓ \$ (685,550,319)	↓ \$ 556,899,481	↓ \$ 567,709,344
Reste de l'économie	Total reste de l'économie	↓ \$ (2,904,137,099)	↓ \$ (2,260,320,181)	↓ \$ 377,861,487	↓ \$ (109,865,566)
	Total	↓ \$ (11,606,478,870)	↓ \$ (8,033,173,055)	↑ \$ 4,418,997,440	↑ \$ 2,379,269,782

		Changement de Production			
Industrie		2025	2030	2035	2040
Fabrication de véhicules automobiles	Fabrication de voitures et de véhicules automobiles légers	↓ (4 320)	↓ (4 342)	↑ 1 072	↑ 817
	Fabrication de camions lourds	↓ (979)	↑ 602	↑ 577	↑ 496
Fabrication de pièces pour véhicules automobiles	Fabrication de moteurs et de pièces de moteurs à essence pour véhicules automobiles	↓ (140)	↓ (573)	↓ (957)	↓ (1 185)
	Fabrication de matériel électrique et électronique pour véhicules automobiles	↓ (22)	↑ (11)	↑ 42	↑ 54
	Fabrication de composants de direction et de suspension pour véhicules automobiles (sauf les ressorts)	↓ (207)	↓ (254)	↓ (101)	↓ (131)
	Fabrication de systèmes de freinage pour véhicules automobiles	↓ (76)	↓ (93)	↓ (39)	↓ (49)
	Fabrication de pièces de transmission et de groupe motopropulseur pour véhicules automobiles	↓ (440)	↓ (552)	↓ (350)	↓ (437)
	Fabrication de sièges et enjolivures intérieures pour véhicules automobiles	↓ (1 089)	↓ (1 413)	↓ (797)	↓ (1 013)
	Emboutissage de pièces en métal pour véhicules automobiles	↓ (355)	↓ (426)	↓ (172)	↓ (229)
	Fabrication d'autres pièces pour véhicules automobiles	↓ (297)	↓ (194)	↑ 366	↑ 446
	Totale fabrication de pièces pour véhicules automobiles	↓ (2 626)	↓ (3 516)	↓ (2 008)	↓ (2 544)
Fabrication de batteries et de piles	Fabrication d'autres types de matériel et de composants électriques	↑ 508	↑ 6 597	↑ 6 916	↑ 5 036
	Totale fabrication de batteries et de piles	↑ 508	↑ 6 597	↑ 6 916	↑ 5 036
Traitement des matériaux	Fabrication de produits chimiques de base	↓ (4)	↑ 58	↑ 68	↑ 48
	Fabrication d'autres produits minéraux non métalliques	↓ (207)	↓ (172)	↓ 22	↓ (20)
	Production et transformation de métaux non ferreux	↑ 6	↑ 6	↑ 8	↑ 7
	Totale traitement des matériaux	↓ (211)	↓ (108)	↑ 98	↑ 35
Extraction	Extraction de minerais de fer	↓ (2)	↓ (2)	↓ (1)	↓ (1)
	Extraction de minerais de cuivre, de nickel, de plomb et de zinc	↑ 11	↑ 20	↑ 23	↑ 17
	Extraction d'autres minerais métalliques	↑ 11	↑ 126	↑ 131	↑ 95
	Extraction d'autres minerais non métalliques	↓ (1)	↑ 28	↑ 31	↑ 22
	Totale extraction	↑ 8	↑ 172	↑ 184	↑ 133
Reste de la chaîne d'approvisionnement automobile	Total Reste de la chaîne d'approvisionnement automobile	↓ (3 072)	↓ (2 717)	↑ 821	↑ 646
Reste de l'économie	Total reste de l'économie	↓ (13 101)	↓ (10 176)	↑ 1 831	↓ (379)
	Total	↓ (23 793)	↓ (13 488)	↑ 9 491	↑ 4 240

Scénario 3

		Changement de Production			
Industrie		2025	2030	2035	2040
Fabrication de véhicules automobiles	Fabrication de voitures et de véhicules automobiles légers	↑ \$ 2 500 466 218	↑ \$ 6 510 612 999	↑ \$ 6 574 358 705	↑ \$ 5 223 325 566
	Fabrication de camions lourds	↑ \$ 77 947 239	↑ \$ 284 336 178	↑ \$ 259 278 746	↑ \$ 746 094 329
Fabrication de pièces pour véhicules automobiles	Fabrication de moteurs et de pièces de moteurs à essence pour véhicules automobiles	↓ \$ (514 486 479)	↓ \$ (2 455 484 232)	↓ \$ (4 259 436 594)	↓ \$ (4 524 684 518)
	Fabrication de matériel électrique et électronique pour véhicules automobiles	↑ \$ 1 249 692	↑ \$ 23 786 930	↑ \$ 41 276 978	↑ \$ 45 742 702
	Fabrication de composants de direction et de suspension pour véhicules automobiles (sauf les ressorts)	↓ \$ (104 502 714)	↓ \$ (92 793 158)	↓ \$ (97 874 197)	↓ \$ (92 643 407)
	Fabrication de systèmes de freinage pour véhicules automobiles	↓ \$ (15 551 450)	↓ \$ (14 255 657)	↓ \$ (15 549 315)	↓ \$ (14 649 457)
	Fabrication de pièces de transmission et de groupe motopropulseur pour véhicules automobiles	↓ \$ (167 015 768)	↓ \$ (316 015 933)	↓ \$ (471 248 432)	↓ \$ (484 144 149)
	Fabrication de sièges et enjolivures intérieures pour véhicules automobiles	↓ \$ (516 297 065)	↓ \$ (575 758 628)	↓ \$ (673 661 759)	↓ \$ (657 649 384)
	Emboutissage de pièces en métal pour véhicules automobiles	↓ \$ (185 756 011)	↓ \$ (115 252 586)	↓ \$ (90 983 525)	↓ \$ (83 760 304)
	Fabrication d'autres pièces pour véhicules automobiles	↑ \$ 8 909 401	↑ \$ 214 742 292	↑ \$ 318 085 308	↑ \$ 345 593 231
	Totale fabrication de pièces pour véhicules automobiles	↓ \$ (1 493 450 394)	↓ \$ (3 331 030 972)	↓ \$ (5 249 391 536)	↓ \$ (5 466 195 286)
	Fabrication d'autres types de matériel et de composants électriques	↑ \$ 673 127 532	↑ \$ 6 982 759 444	↑ \$ 8 832 258 691	↑ \$ 6 461 996 506
Totale fabrication de batteries et de piles	↑ \$ 673 127 532	↑ \$ 6 982 759 444	↑ \$ 8 832 258 691	↑ \$ 6 461 996 506	
Traitement des matériaux	Fabrication de produits chimiques de base	↑ \$ 171 780 897	↑ \$ 1 562 893 241	↑ \$ 1 975 651 536	↑ \$ 1 437 782 448
	Fabrication d'autres produits minéraux non métalliques	↑ \$ 119 610 783	↑ \$ 318 463 772	↑ \$ 377 526 008	↑ \$ 248 936 155
	Production et transformation de métaux non ferreux	↑ \$ 127 224 569	↑ \$ 712 236 937	↑ \$ 904 796 759	↑ \$ 666 529 935
	Totale traitement des matériaux	↑ \$ 418 616 249	↑ \$ 2 593 593 950	↑ \$ 3 257 974 303	↑ \$ 2 353 248 538
Extraction	Extraction de minerais de fer	↓ \$ (1 265 041)	↓ \$ (996 832)	↓ \$ (1 393 649)	↓ \$ (1 431 998)
	Extraction de minerais de cuivre, de nickel, de plomb et de zinc	↑ \$ 25 061 050	↑ \$ 239 727 905	↑ \$ 303 852 314	↑ \$ 222 393 410
	Extraction d'autres minerais métalliques	↑ \$ 93 749 719	↑ \$ 910 127 354	↑ \$ 1 153 551 793	↑ \$ 843 035 342
	Extraction d'autres minerais non métalliques	↑ \$ 18 782 423	↑ \$ 172 345 868	↑ \$ 217 956 596	↑ \$ 158 795 021
Totale extraction	↑ \$ 136 328 151	↑ \$ 1 321 204 295	↑ \$ 1 673 967 054	↑ \$ 1 222 791 775	
Reste de la chaîne d'approvisionnement automobile	Total Reste de la chaîne d'approvisionnement automobile	↑ \$ 1 445 881 689	↑ \$ 1 695 749 899	↑ \$ 1 879 326 232	↑ \$ 1 405 534 491
Reste de l'économie	Total reste de l'économie	↑ \$ 2 040 865 461	↑ \$ 3 274 646 248	↑ \$ 3 030 072 638	↑ \$ 1 394 401 647
Total		↑ \$ 5 799 782 145	↑ \$ 19 331 872 041	↑ \$ 20 257 844 833	↑ \$ 13 341 197 566

		Changement d'emploi			
Industrie		2025	2030	2035	2040
Fabrication de véhicules automobiles	Fabrication de voitures et de véhicules automobiles légers	↑ 1,745	↑ 4,544	↑ 4,588	↑ 3,645
	Fabrication de camions lourds	↑ 173	↑ 633	↑ 577	↑ 1,661
Fabrication de pièces pour véhicules automobiles	Fabrication de moteurs et de pièces de moteurs à essence pour véhicules automobiles	↓ (596)	↓ (2,842)	↓ (4,930)	↓ (5,237)
	Fabrication de matériel électrique et électronique pour véhicules automobiles	↑ 4	↑ 77	↑ 135	↑ 149
	Fabrication de composants de direction et de suspension pour véhicules automobiles (sauf les ressorts)	↓ (184)	↓ (164)	↓ (173)	↓ (163)
	Fabrication de systèmes de freinage pour véhicules automobiles	↓ (67)	↓ (62)	↓ (67)	↓ (63)
	Fabrication de pièces de transmission et de groupe motopropulseur pour véhicules automobiles	↓ (435)	↓ (823)	↓ (1,227)	↓ (1,260)
	Fabrication de sièges et enjolivures intérieures pour véhicules automobiles	↓ (1,095)	↓ (1,221)	↓ (1,429)	↓ (1,395)
	Emboutissage de pièces en métal pour véhicules automobiles	↓ (305)	↓ (190)	↓ (150)	↓ (138)
	Fabrication d'autres pièces pour véhicules automobiles	↑ 16	↑ 405	↑ 600	↑ 652
	Totale fabrication de pièces pour véhicules automobiles	↓ (2,662)	↓ (4,820)	↓ (7,241)	↓ (7,455)
	Fabrication d'autres types de matériel et de composants électriques	↑ 1,710	↑ 17,747	↑ 22,447	↑ 16,423
Totale fabrication de batteries et de piles	↑ 1,710	↑ 17,747	↑ 22,447	↑ 16,423	
Traitement des matériaux	Fabrication de produits chimiques de base	↑ 103	↑ 939	↑ 1,188	↑ 864
	Fabrication d'autres produits minéraux non métalliques	↑ 388	↑ 1,033	↑ 1,225	↑ 808
	Production et transformation de métaux non ferreux	↑ 25	↑ 143	↑ 182	↑ 134
	Totale traitement des matériaux	↑ 516	↑ 2,115	↑ 2,595	↑ 1,806
Extraction	Extraction de minerais de fer	↓ (1)	↓ (1)	↓ (1)	↓ (1)
	Extraction de minerais de cuivre, de nickel, de plomb et de zinc	↑ 28	↑ 267	↑ 339	↑ 248
	Extraction d'autres minerais métalliques	↑ 172	↑ 1,674	↑ 2,121	↑ 1,550
	Extraction d'autres minerais non métalliques	↑ 47	↑ 435	↑ 550	↑ 401
Totale extraction	↑ 246	↑ 2,375	↑ 3,009	↑ 2,198	
Reste de la chaîne d'approvisionnement automobile	Total Reste de la chaîne d'approvisionnement automobile	↑ 4,147	↑ 3,944	↑ 3,789	↑ 2,139
Reste de l'économie	Total reste de l'économie	↑ 9,235	↑ 15,045	↑ 14,022	↑ 6,568
Total		↑ 15,110	↑ 41,583	↑ 43,786	↑ 26,985

Bibliographie

Alternative Fuels Data Center. *How do all-electric cars work?* s.d., consulté à afdc.energy.gov/vehicles/how-do-all-electric-cars-work

Alternative Fuels Data Center. *How do gasoline cars work?* s.d., consulté à afdc.energy.gov/vehicles/how-do-gasoline-cars-work

Alternative Fuels Data Center. *How do hybrid electric cars work?* s.d., consulté à afdc.energy.gov/vehicles/how-do-hybrid-electric-cars-work

Alternative Fuels Data Center. *How do plug-in hybrid electric cars work?* s.d., consulté à afdc.energy.gov/vehicles/how-do-plug-in-hybrid-electric-cars-work

Automotive News. *EV supply chain scrutinized over human rights abuses, environment, 2021*, consulté à autonews.com/manufacturing/ev-supply-chain-scrutinized-over-human-rights-abuses-environment

Azevedo, M., M. Baczyńska, K. Hoffman et A. Krauze. *Lithium mining: How new production technologies could fuel the global EV revolution*. McKinsey & Company, 2022, consulté à mckinsey.com/industries/metals-and-mining/our-insights/lithium-mining-how-new-production-technologies-could-fuel-the-global-ev-revolution

Association canadienne des automobilistes. *Parole aux électromobilistes canadiens, 2023*, consulté à caa.ca/app/uploads/2023/06/CAA-Canadian-EV-Driver-Study_FINAL_FR.pdf

Association canadienne des constructeurs de véhicules. *State of the Canadian Automotive Industry 2023, 2023*, consulté à cvma.ca/wp-content/uploads/2023/12/State-of-the-Canadian-Automotive-Industry-2023.pdf

CNBC. *A worldwide lithium shortage could come as soon as 2025, 2023*, consulté à cnbc.com/2023/08/29/a-worldwide-lithium-shortage-could-come-as-soon-as-2025.html

Consumer Reports. *How much do cold temperatures affect an EV's driving range?* 2024, consulté à consumerreports.org/cars/hybrids-evs/how-much-do-cold-temperatures-affect-an-evs-driving-range-a5751769461/

Desai, P. et M. Nguyen. *Shortages flagged for EV materials lithium and cobalt*. Reuters, 1^{er} juillet 2021, consulté à reuters.com/business/energy/shortages-flagged-ev-materials-lithium-cobalt-2021-07-01/

Initiative sur l'avenir de la main-d'œuvre de l'industrie automobile canadienne. *Importance of the Canadian Automotive Manufacturing Sector, 2021*, consulté à

futureautolabourforce.ca/forecast/importance-of-the-canadian-automotive-manufacturing-sector/

Initiative sur l'avenir de la main-d'œuvre de l'industrie automobile canadienne. *The Impact of EV Production on the Automotive Manufacturing Supply Chain: Sources, Methods and Findings*, 2021, consulté à futureautolabourforce.ca/trend-report/the-impact-of-ev-production-on-the-automotive-manufacturing-supply-chain-sources-methods-and-findings/

Gouvernement du Canada. *Le gouvernement du Canada soutient les fabricants et la chaîne d'approvisionnement des véhicules électriques de l'Ontario*, 2023, consulté à canada.ca/fr/developpement-economique-sud-ontario/nouvelles/2023/03/le-gouvernement-du-canada-soutient-les-fabricants-et-la-chaîne-d'approvisionnement-des-vehicules-electriques-de-lontario.html

Gouvernement du Canada. *La carboneutralité d'ici 2050*, s.d., consulté à canada.ca/fr/services/environnement/meteo/changementsclimatiques/plan-climatique/carboneutralite-2050.html

IMPLAN Group, LLC. *IMPLAN [données sur le Canada, 2019]*. Huntersville, Caroline du Nord, consulté à [IMPLAN.com](https://www.implan.com)

Investir au Canada. *Chaîne d'approvisionnement des VE*, s.d., consulté à investircanada.ca/industries/chaîne-d'approvisionnement-ve?_gl=1*ghnebv*_ga*MTQ0NTQ2MjQ5My4xNzA5MzMxNDQ1*_ga_R8CGFCC6BJ*MTcwOTU4MzM5MC4yLjEuMTcwOTU4MzM5MC42MC4wLjA

Knehr, Kevin W., Joseph J. Kubal, Paul A. Nelson et Shabbir Ahmed, « Battery Performance and Cost Modeling for Electric-Drive Vehicles: A Manual for BatPaC v5.0 », *ANL/CSE-22/1*, juillet 2022, doi: 10.2172/1877590

Marklines Automotive Data. *Automotive yearly sales by country*, 2023, consulté à marklines.com/en/vehicle_sales/index

McKinsey & Company. *Lithium mining: How new production technologies could fuel the global EV revolution*, 2022, consulté à mckinsey.com/industries/metals-and-mining/our-insights/lithium-mining-how-new-production-technologies-could-fuel-the-global-ev-revolution#/

Munro & Associates. *Reports*, s.d., consulté à <https://leandesign.com/reports/>

Rocky Mountain Institute. *The EV battery supply chain explained*, 2023, consulté à rmi.org/the-ev-battery-supply-chain-explained/

Saltworks Technologies. *Lithium Extraction and Refining*, 2023, consulté à <https://www.saltworkstech.com/applications/lithium-extraction-and-refining/>

Samsung SDI. *The Composition of EV Batteries: Cells? Modules? Packs?* s.d., consulté à samsungsdi.com/column/all/detail/54344.html

Statistique Canada. *Immatriculations de véhicules*, 2023, consulté à statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=2310030801&request_locale=fr

Statistique Canada. *Produit intérieur brut (PIB) aux prix de base, par industries, mensuel* (tableau 36-10-0434-01), 2024, consulté à statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/cv!recreate-nonTraduit.action?pid=3610043401&selectedNodeIds=2D1%2C3D1%2C4D133%2C4D134%2C4D135%2C4D136%2C4D154%2C4D160%2C4D217&checkedLevels=0D1&refPeriods=20221001%2C20230201&dimensionLayouts=layout2%2Clayout2%2Clayout2%2Clayout3%2Clayout2&vectorDisplay=false&request_locale=fr

Département de l'énergie des États-Unis. *How Lithium-ion Batteries Work*, 2023, consulté à energy.gov/energysaver/articles/how-lithium-ion-batteries-work

Département de l'énergie des États-Unis. *How lithium-ion batteries work*, 2023, consulté à energy.gov/energysaver/articles/how-lithium-ion-batteries-work

Wood Mackenzie. *Can LFP technology retain its battery market share?* 2020, consulté à woodmac.com/reports/power-markets-can-lfp-technology-retain-its-battery-market-share-428028/