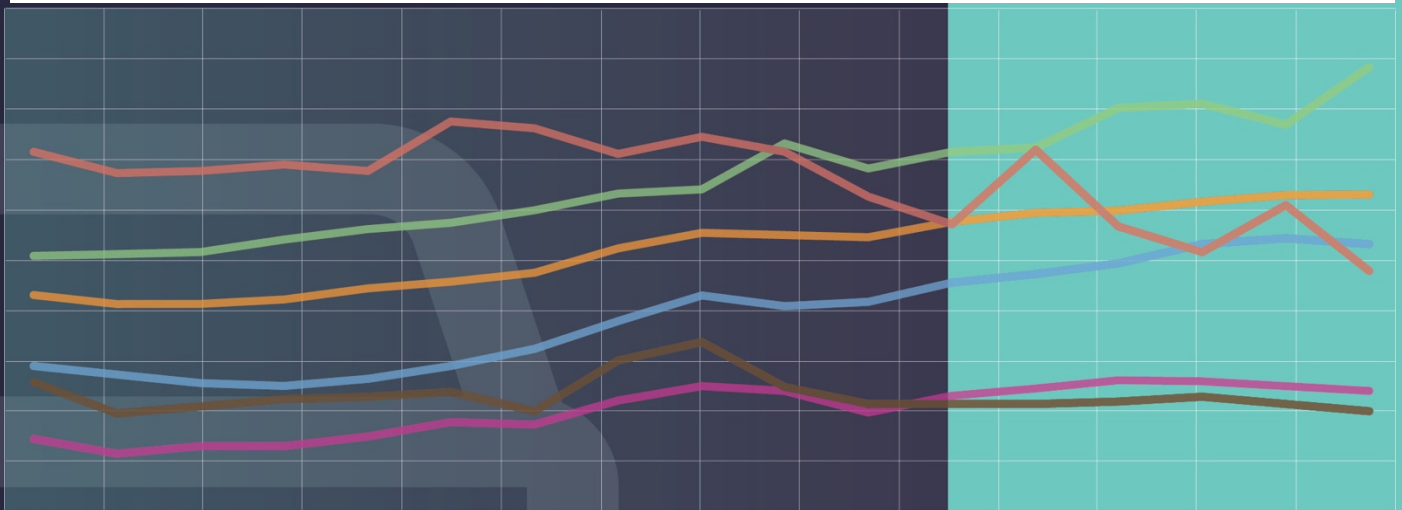


ANALYSE DU MARCHÉ DU TRAVAIL DANS L'INDUSTRIE AUTOMOBILE

GRAPPES DE TECHNOLOGIE AUTOMOBILE DU CANADA : CARACTÉRISTIQUES DU MARCHÉ DU TRAVAIL ET SPÉCIALISATIONS RÉGIONALES



Le projet est le fruit d'une collaboration entre la Coalition canadienne de la formation professionnelle et de l'emploi, de Prism Economics and Analysis et de l'Automotive Policy Research Centre.

The project is a collaboration of the Canadian Skills Training and Employment Coalition, Prism Economics and Analysis, and the Automotive Policy Research Centre.

CE DOCUMENT a été préparé pour le projet d'information sur le marché du travail (IMT) dans l'industrie automobile, aussi connu sous le nom de l'initiative *Sur l'avenir de la main-d'œuvre de l'industrie automobile canadienne (FOCAL)*.

L'objectif du projet est d'aider les intervenants à mieux comprendre ce marché du travail. Le projet permettra de réaliser des analyses et des prévisions validées par l'industrie de l'offre et de la demande de travailleurs, par régions et par professions, ainsi que des profils de compétences pour les métiers spécialisés et d'autres professions clés de l'industrie automobile, à l'intention notamment des entreprises d'assemblage d'automobiles, des fabricants de pièces et des entreprises technologiques qui approvisionnent l'industrie. Le projet permettra également de scruter diverses tendances du marché du travail dans l'industrie, en plus de faciliter les discussions entre intervenants sur la façon de pallier les pénuries de compétences prévues et de relever d'autres défis dans ce marché. On attend pour résultat une information sur le marché du travail régionale enrichie qui aidera les établissements d'enseignement, les employeurs, les décideurs et d'autres intervenants à prendre des mesures concrètes pour pallier ces pénuries et pour relever ces défis.

Ce projet est financé par le Programme d'appui aux initiatives sectorielles du gouvernement du Canada. Les opinions et interprétations dans cette publication sont celles de l'auteur ou des auteurs et ne reflètent pas nécessairement celles du gouvernement du Canada.

Initiative FOCAL, www.futureautolabourforce.ca

Coalition canadienne de la formation professionnelle et de l'emploi (CSTEC), cstec.ca

Prism Economics and Analysis, prismeconomics.com

Automotive Policy Research Centre, automotivepolicy.ca

Septembre 2020



TABLE DES MATIÈRES

<i>Table des matières</i>	2
<i>Liste des tableaux</i>	2
<i>Introduction</i>	3
<i>Définir les grappes économiques</i>	4
<i>Principales technologies et tendances dans le secteur automobile</i>	5
<i>Méthodologie</i>	10
Répertorier les grappes régionales de technologie automobile	10
Emploi dans les grappes de technologie automobile	11
Profilage de la technologie et des compétences dans les grappes de technologie automobile.....	12
<i>Résumé et aperçu des résultats</i>	15
<i>Références</i>	17

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Liste des 18 professions hautement spécialisées liées à l'automobile sélectionnées pour l'analyse de la répartition des professions.....	14
Tableau 2. Résumé et aperçu des principaux résultats et constatations dans chaque grappe de technologie automobile.....	16

INTRODUCTION

Dans cette série de rapports, nous observons les contributions des six grappes de technologie automobile du Canada situées à Vancouver, dans la région du Grand Toronto et de Hamilton (RGTH), à Kitchener-Waterloo-Cambridge (KWC), à Windsor, à Ottawa et dans la région du Grand Montréal (RGM). Ce faisant, nous mettons en lumière les domaines d'expertise technologique de chaque grappe régionale, sa répartition de l'emploi et des compétences ainsi que les facteurs qui soutiennent son développement. De plus, nous examinons le rôle central joué par les grappes de technologie automobile du Canada dans l'avancement du secteur canadien de l'automobile en général grâce à leur contribution à sa capacité de fabrication, au développement de nouvelles technologies de produits et à l'amélioration de la qualité des produits.

Les prévisions antérieures du marché du travail produites dans le cadre de l'initiative Sur l'avenir de la main-d'œuvre de l'industrie automobile canadienne (FOCAL) ont déterminé le nombre d'employés dans l'ensemble du secteur de la fabrication automobile¹. Cette série de rapports examine les caractéristiques du marché du travail des grappes de technologie automobile du Canada. Pour chaque grappe, une approche à l'échelle de l'établissement est adoptée afin de déterminer le nombre total d'employés et de personnes associées dans les entreprises émergentes de technologie automobile. Ces entreprises comprennent des installations de fabrication de technologies automobiles, des sociétés de développement de technologies émergentes, des laboratoires universitaires, des sociétés, des partenariats et des bureaux gouvernementaux. La raison pour laquelle nous élargissons notre analyse pour inclure ces entreprises est la suivante. Tout d'abord, comme nous l'expliquons en détail dans nos études, les nouvelles entreprises de technologie automobile fournissent un nombre important d'emplois à l'ensemble de l'industrie automobile canadienne. Ensuite, les entreprises émergentes axées sur la technologie fournissent des capacités de recherche et développement (R et D) essentielles aux secteurs canadiens de la fabrication et de la technologie automobiles. Finalement, ces entreprises ont également soutenu la formation de nombreuses sociétés en démarrage et en essaimage de technologie émergente, possédant une expertise dans les technologies des véhicules connectés, autonomes, partagés et électriques (« CASE »).

¹ Rapports sur les prévisions sur le marché du travail (2020), Initiative Sur l'avenir de la main-d'œuvre de l'industrie automobile canadienne (FOCAL).

Le présent rapport vise essentiellement à fournir des renseignements généraux sur les principaux domaines d'innovation technologique dans l'industrie automobile et sur notre méthode de classification de chacune des grappes de technologie automobile du Canada. Nous commençons par définir les grappes économiques et examiner comment elles sont traditionnellement formées. Ensuite, nous décrivons les principaux domaines technologiques qui ont été utilisés pour cibler les entreprises émergentes de technologie automobile au Canada. Par la suite, nous exposons en détail notre méthode de classification des grappes de technologie automobile du Canada.

À la fin du rapport, six études distinctes sont consacrées à l'examen de chacune des grappes de technologie automobile du Canada. Ces études font état des facteurs qui ont contribué à la formation de chaque grappe. Elles comptabilisent également le nombre d'entreprises en activité dans chaque grappe, le nombre d'employés et de personnes en plus d'indiquer leur répartition professionnelle. Nous concluons la section sur les études par une brève discussion sur la structure et les entreprises clés dans chaque région.

DÉFINIR LES GRAPPES ÉCONOMIQUES

Les grappes économiques sont des agglomérations géographiques d'entreprises interreliées, de fournisseurs spécialisés, d'associations et de syndicats spécialisés (Porter, 2000). Les grappes se forment souvent autour d'une industrie dominante ou d'un domaine d'expertise technologique, comme la fabrication automobile. De plus, elles s'enracinent habituellement dans les régions infranationales, comme les régions urbaines ou les provinces (Wolfe et Gertler, 2004).

Depuis le début des années 2000, les grappes ont suscité un intérêt accru de la part des professionnels du développement économique et des décideurs (voir OCDE, 2001, 2010). Cet intérêt a été stimulé par les nombreux avantages pressentis que procurent les grappes sous forme de développement local, régional et national. En effet, de nombreuses données indiquent que les entreprises qui sont exploitées dans des grappes économiques sont plus innovatrices et participent davantage à la R et D (voir Porter, 2001; Cooke, 2009). En outre, on observe que les entreprises et les industries en grappes fournissent beaucoup plus d'emplois que leurs équivalents hors grappes (Spencer, Vinodrai, Gertler et Wolfe, 2010). Les grappes sont également considérées comme des générateurs et des attraits essentiels pour la main-d'œuvre qualifiée et talentueuse (p. ex., diplômés en STIM et autres membres du personnel hautement qualifiés) (Martin, Floride, Pogue et Mellander, 2015).

Bien qu'il y ait consensus sur la façon de définir les grappes économiques et les avantages qu'elles présentent pour le développement économique, les avis divergent considérablement sur la façon dont les grappes individuelles se forment. Cela dit, plusieurs études soulignent l'importance d'agents particuliers et de caractéristiques locales dans la formation de grappes. La recherche indique que la présence d'entreprises d'attache (p. ex., un fabricant d'équipement d'origine automobile national) dans une économie régionale peut contribuer à former des grappes industrielles (Porter, 2000; Molot et Mytelka, 2009). De même, la recherche a montré que les grappes peuvent se former comme sous-produits des actions entrepreneuriales et commerciales des particuliers dans certaines régions (Feldman et Francis, 2006). Il existe également des données probantes selon lesquelles les marchés du travail locaux définis par les compétences et les professions en demande peuvent attirer le développement en grappes (Gertler, Floride, Gates et Vinodrai, 2002). Enfin, plusieurs études indiquent que les politiques publiques peuvent « générer » des formes de développement en grappes grâce à des mesures qui améliorent les marchés du travail locaux, la capacité de R et D, les activités de commercialisation et l'intégration des entreprises avec les universités et les collèges (Bekar et Lipsey, 2004; Wolfe, 2009).

PRINCIPALES TECHNOLOGIES ET TENDANCES DANS LE SECTEUR AUTOMOBILE

En vue de répertorier les grappes de technologie automobile du Canada, nous avons d'abord choisi une liste des principales technologies automobiles qui soutiennent les progrès de l'industrie. Ce faisant, nous avons consulté la feuille de route technologique du Groupe CAR, qui détaille les tendances futures de l'industrie automobile. Dans son rapport, CAR a cerné trois volets technologiques qui façonnent l'industrie automobile, soit les technologies des véhicules (p. ex., groupes motopropulseurs, MCI, stockage de l'énergie, matériaux et mobilité intelligente), les technologies de production (c.-à-d. systèmes de fabrication et de production) et la mobilité (CAR/ISDE Canada, 2018). Afin d'améliorer et de mettre à jour l'analyse du CAR, nous avons cerné plusieurs autres domaines d'innovation technologique en examinant les produits et les processus des entreprises canadiennes de technologie automobile et les principaux domaines d'expertise en recherche dans les centres de R et D et les incubateurs d'innovation du secteur de l'automobile au Canada.

En nous fondant sur notre analyse des principaux produits, procédés et activités de R et D dans le secteur de l'automobile au sein des entreprises de technologie automobile du Canada, nous avons enrichi la liste des technologies automobiles du pays pour y inclure les dix tendances suivantes :

1. *Technologies des véhicules autonomes (VA)* : Les technologies des véhicules autonomes comprennent les pièces, les logiciels et les technologies nécessaires pour atteindre l'autonomie de conduite dans un véhicule. Pour déterminer les éléments de cette technologie, nous nous sommes appuyés sur les cinq niveaux d'automatisation de la conduite de SAE et du Center for Sustainable Systems Autonomous Vehicles Scheme de l'Université du Michigan (SAE, 2019; CSS, 2019). Voici les éléments que nous avons recensés parmi les principales technologies et pièces de véhicules autonomes :
 - a. Capteurs et dispositifs de collecte de données comme les caméras vidéo, les capteurs de détection et de télémétrie par radioélectricité (RADAR), les capteurs de distance ultrasoniques, les capteurs infrarouges et les capteurs de détection et de télémétrie par ondes lumineuses (LIDAR);
 - b. Systèmes de contrôle électronique ou les contrôleurs audiovisuels : ils constituent le cerveau du véhicule autonome où toutes les données et les rétroactions des capteurs sont recueillies, traitées, analysées et utilisées pour la prise de décisions de conduite autonome;
 - c. Actionneurs : pièces électromécaniques qui convertissent les signaux du système de commande en actions mécaniques comme la direction, le freinage et le ralentissement;
 - d. Logiciels pour véhicules autonomes : logiciels et algorithmes utilisés dans le système audiovisuel et ses composants, comme les logiciels d'imagerie et de traitement intégrés pour les caméras, les capteurs et les actionneurs, et les codes d'algorithme d'automatisation de la conduite;
 - e. Systèmes de cartographie et d'information géographique (SIG) : cartes géospatiales à haute définition et systèmes de localisation destinés à fournir aux véhicules autonomes les dimensions et l'état des routes; ces cartes guident les

VA vers leur destination et les aident tout au long du processus de conduite (ESRI, 2020).

2. *Technologies des véhicules connectés* : Les technologies des véhicules connectés désignent les dispositifs, les applications et les technologies qui établissent la communication entre un véhicule et son environnement. Les formes de communication des véhicules comprennent les communications VàV – Véhicule à véhicule, VàN – Véhicule à nuage, VàI – Véhicule à infrastructure, VàP – Véhicule aux piétons et VàX – Véhicule à tout (CAAT, 2020). Ces formes de communication contribuent à assurer la sécurité d'un véhicule, de ses occupants et de son environnement. Elles peuvent également fournir des informations qui peuvent faciliter la congestion routière, économiser l'énergie et connecter les passagers par le truchement de l'Internet des objets (IdO).

Dans cette catégorie, nous avons tenu compte de tous les dispositifs de connectivité liés à l'automobile, comme les modules d'identification par radiofréquences, pour établir des connexions sans fil avec les environs d'un véhicule et les modules cellulaires de véhicule à tout (C-VàX) concernant la connectivité LTE ou 5G pour les connexions au-delà de la proximité immédiate d'un véhicule (IEEE, 2020). Ce groupe comprend également toutes les activités de conception et de développement de logiciels liées à la connectivité et aux communications d'un véhicule.

3. *Intelligence artificielle et apprentissage machine (IA et AM)* : L'intelligence artificielle et l'apprentissage machine se trouvent dans de nombreuses applications de technologies de production et de véhicules automobiles. Grâce à un ensemble de techniques de calcul et à l'utilisation d'ensembles de données recueillies à partir de diverses sources, l'IA et l'AM permettent aux machines d'accomplir des tâches cognitives complexes ainsi que de créer des algorithmes et des modèles qui effectuent des prédictions au sujet des données futures en fonction des modèles de données antérieurs (AMII, 2020). L'IA et l'AM permettent aux ordinateurs et aux machines d'effectuer des tâches précises et de simuler des capacités intellectuelles et analytiques humaines. Des exemples d'applications d'IA et d'AM dans le secteur automobile comprennent la maintenance préventive des véhicules et des systèmes de production, les systèmes de conduite autonome ainsi que la surveillance du conducteur et l'aide à celui-ci.

4. *Matériaux et légèreté* : La masse d'un véhicule joue un rôle important dans la détermination de son efficacité énergétique globale, de sa manutention et de sa portée. Par conséquent, il n'est pas étonnant que des efforts continus soient déployés dans le secteur de la fabrication automobile, de la recherche et du développement, et de l'innovation (R et D, et I) pour réduire le poids de la carrosserie brute et des fermetures d'un véhicule. Une légèreté peut être obtenue en remplaçant les matériaux de haute densité par d'autres métaux et composites (p. ex., des composites d'aluminium, d'acier à haute résistance, de magnésium et autres) sans compromettre la résistance du matériau (CAR, 2017). Ce domaine de la technologie automobile couvre toutes les activités de fabrication, de recherche, de développement, de simulation et de mise à l'essai nécessaires pour améliorer les matériaux de châssis automobile et la légèreté. Il intègre également tous les efforts visant à améliorer les matériaux de revêtement de surface et leurs procédures d'application.

5. *Technologies des véhicules électriques à batterie et hybrides* : Cette catégorie comprend tous les systèmes, pièces et technologies utilisés dans les véhicules électriques à batterie, les véhicules hybrides et les véhicules hybrides rechargeables (AFDC, 2020). Les deux principaux éléments des systèmes de véhicules électriques sont les suivants :
 - a. Le groupe motopropulseur électrique comprend des moteurs de traction électriques, des transmissions automatiques, des contrôleurs d'électronique de puissance, des convertisseurs de puissance électrique et des circuits hybrides.

 - b. Les dispositifs de gestion et de stockage de l'énergie dans les véhicules électriques (pour lesquels les batteries au lithium-ion sont les plus couramment utilisées); cela comprend les matières premières utilisées dans les batteries des véhicules, l'électronique et les systèmes de gestion des batteries, les chargeurs embarqués et les composants de gestion thermique des batteries.

6. *Technologies de piles à hydrogène* : Les piles à combustible sont des dispositifs de conversion d'énergie qui produisent de l'électricité à partir d'hydrogène et d'oxygène comprimés pour alimenter les véhicules. L'électricité produite par les piles à combustible alimente une batterie qui elle-même alimente le groupe motopropulseur

électrique du véhicule (CHFCA, 2016). Les véhicules alimentés par une pile à hydrogène sont des véhicules à zéro émission (VEZ) qui dépendent de l'énergie produite par les piles à hydrogène plutôt que de l'énergie emmagasinée dans les batteries. Les piles à hydrogène peuvent alimenter des véhicules allant des automobiles aux camionnettes, aux autobus et aux camions lourds. Les domaines de développement technologique des piles à hydrogène comprennent les assemblages de piles à combustible, les membranes et le revêtement des piles à combustible, les réservoirs d'hydrogène et les composants d'injection d'hydrogène.

7. *Technologies de groupe motopropulseur pour les moteurs à combustion interne (MCI)* : Comprend tous les produits, les processus, la recherche, le développement, les essais et les activités de simulation nécessaires pour améliorer la fonctionnalité et l'efficacité des MCI. Il existe plusieurs façons d'améliorer l'efficacité énergétique des MCI, comme l'amélioration des technologies d'injection de carburant et des processus de combustion des moteurs, la réduction des émissions polluantes et la conception de modules de contrôle et de diagnostic améliorés des moteurs.
8. *Technologies de production* : Comme expliqué en détail dans un rapport précédent de l'initiative FOCAL concernant l'incidence de l'industrie 4.0 sur les professions de la fabrication automobile, les technologies de production comprennent les éléments associés au système de fabrication moderne de l'industrie 4.0. Les technologies de l'industrie 4.0 comprennent l'intelligence artificielle, les capteurs intelligents, l'Internet des objets, les mégadonnées et l'analytique, la cybersécurité, la robotique autonome, l'informatique en nuage, la simulation, la réalité augmentée et la fabrication additive (FOCAL, 2020).
9. *Sécurité et sûreté des véhicules* : Avec l'expansion de l'élément cybernétique dans la plupart des véhicules nouvellement conçus et fabriqués, le concept de sûreté et de sécurité des véhicules s'est élargi au-delà de la possibilité de défaillances accidentelles des systèmes mécaniques, électriques et électroniques d'une voiture. Des cyberattaques intentionnelles ciblant des véhicules sont devenues une possibilité réelle. Par conséquent, plusieurs systèmes de prévention et de protection ont été mis au point pour protéger les véhicules contre les cyberattaques malveillantes (Cui, 2017). Cela comprend les technologies et les systèmes conçus pour gérer des aspects accidentels et intentionnels de la sécurité d'un véhicule. Cette catégorie comprend également des technologies comme des logiciels et des systèmes de cybersécurité

pour les voitures connectées, des systèmes de prévision des défaillances mécaniques et électroniques ainsi que des systèmes de diagnostic de sécurité des véhicules.

10. *Autres logiciels et appareils électroniques* : Cette catégorie comprend tous les autres développements et tendances technologiques avancés en matière de logiciels et d'électronique automobiles. La majorité de ces technologies font partie des technologies à bord des véhicules, notamment l'interface utilisateur (IU) et les technologies de divertissement (p. ex., les systèmes d'infodivertissement, les technologies avancées de tableau de bord et la connectivité à bord des véhicules), et d'autres logiciels ou appareils électroniques de pointe qui ne sont pas directement liés aux technologies décrites ci-dessus.

Enfin, nous prévoyons que les domaines technologiques énumérés ci-dessus demeureront pertinents au moins pour les dix prochaines années.

MÉTHODOLOGIE

Répertorier les grappes régionales de technologie automobile

La méthodologie que nous avons utilisée pour répertorier les grappes de technologie automobile du Canada comportait les étapes suivantes. Dans un premier temps, nous avons créé une base de données nationale exhaustive de 1 350 entreprises de fabrication automobile, d'organismes de R et D dans le domaine de la technologie automobile et d'incubateurs de technologies. La base de données comprend : 1) les installations d'assemblage et de fabrication de pièces automobiles; 2) les laboratoires de recherche universitaires actuels; 3) les installations de R et D, et d'essai du gouvernement; 4) les organismes de technologie automobile sans but lucratif; et 5) les partenariats en technologie automobile au Canada. La base de données à l'échelle de l'établissement comprend des renseignements pertinents sur le produit, le processus de fabrication et les activités de R et D des entreprises de technologie automobile du Canada. La base de données tient également un registre du nombre d'employés de chaque entreprise et d'autres personnes associées.

Afin de répertorier les entreprises et sociétés technologiques émergentes dans la base de données, nous avons utilisé la liste des dix principales technologies automobiles présentées

dans la section précédente. Nous avons sélectionné des entreprises et des sociétés qui correspondent à une ou à plusieurs des catégories technologiques. À partir de nos 1 350 installations automobiles, nous avons répertorié 328 entreprises de technologie automobile au Canada. Elles comprenaient des entreprises privées, des laboratoires gouvernementaux, des chercheurs universitaires, des partenariats et des organismes sans but lucratif.

En vue de cibler chaque grappe de technologie automobile au Canada, nous avons utilisé la liste des 328 entreprises ainsi que les données sur leurs activités et l'emploi qu'elles génèrent. Nous nous sommes assurés que chaque grappe économique satisfaisait à deux principaux critères (MEDJCT, 2019) :

1. La présence d'au moins 15 installations (y compris des entreprises, des laboratoires universitaires, des installations gouvernementales et des partenariats) qui effectuent des activités de fabrication, de recherche et développement ou d'essai liées à la technologie automobile de pointe.
2. La présence d'une société de technologie automobile bien établie dans la région, qui compte au moins 500 employés.

Emploi dans les grappes de technologie automobile

Afin de déterminer le nombre d'employés et de personnes associés aux six grappes de technologie automobile du Canada, nous avons utilisé une analyse à l'échelle de l'établissement. Dans le cadre de notre analyse, nous avons tenu compte des employés des sociétés de technologie automobile, des chercheurs et d'autres professionnels associés aux établissements universitaires, aux installations gouvernementales, aux organismes sans but lucratif et aux partenariats de recherche. Notre analyse diffère des rapports précédents produits par l'initiative FOCAL, qui tenaient compte de l'emploi total dans l'ensemble du secteur de la fabrication automobile. Ces rapports ont fait appel à une analyse descendante et ascendante. L'analyse descendante comportait un examen des liens économiques entre les codes du SCIAN des secteurs de l'automobile et les autres afin de mieux comprendre l'emploi dans l'ensemble du secteur de la fabrication automobile, tandis que l'analyse ascendante comprenait l'utilisation de données à l'échelle de l'entreprise pour valider le nombre d'emplois générés par le secteur de la fabrication automobile.

Dans cette série de rapports, nous utilisons une analyse ascendante (ou une analyse à l'échelle de l'entreprise) pour tenir compte du nombre total d'employés et de personnes associées travaillant au sein de chaque grappe de technologie automobile. Nous avons adopté cette approche pour deux raisons. D'abord, bien que l'approche descendante saisisse avec précision les transactions économiques et les liens au sein du secteur de la fabrication automobile en général, bon nombre des activités de R et D et des partenariats au sein des entreprises, des établissements et des laboratoires ne peuvent être saisis que par une approche ascendante. Ensuite, grâce à une analyse ascendante de l'emploi dans les grappes de technologie automobile du Canada, la portée de ce qui est considéré comme un emploi dans le secteur automobile peut être élargie pour englober toutes les personnes actives dans les activités de recherche, de développement, d'innovation et de mise à l'essai. Dans notre analyse, en plus de tenir compte des employés salariés et payés à l'heure travaillant pour des entreprises automobiles, nous avons inclus des particuliers et des travailleurs associés à des universités, des collèges, des installations gouvernementales, des partenariats et des organismes sans but lucratif. Comme nous l'indiquons dans nos rapports, les projets menés par les universités et les collèges ajoutent un nombre important d'employés et de personnes associées (p. ex., membres du corps professoral, chercheurs et techniciens de laboratoire) à l'industrie automobile du Canada.

Enfin, il convient de mentionner que bon nombre des entreprises technologiques émergentes répertoriées dans notre analyse mènent des activités diversifiées de fabrication, de recherche, de développement et d'innovation. Cela signifie qu'elles pourraient répondre aux besoins de l'industrie automobile et d'autres secteurs de l'économie canadienne. Par conséquent, il est possible que, dans certaines entreprises, les employés participent au développement de nouvelles technologies automobiles et à des activités d'innovation liées à d'autres secteurs.

Profilage de la technologie et des compétences dans les grappes de technologie automobile

Notre analyse des grappes de technologie automobile au Canada met en lumière les éléments suivants : 1) la répartition des installations par technologie; 2) la répartition des employés et des personnes associées par technologie; et 3) la répartition des professions hautement spécialisées dans le secteur de l'automobile.

Dans le but de déterminer les professions hautement spécialisées dans chaque grappe, nous avons consulté les précédents rapports de l'initiative FOCAL. Celle-ci a déjà répertorié 49

professions pertinentes dans le secteur canadien de l'automobile en fonction du nombre d'employés dans la profession ou des compétences techniques de l'emploi. Notre analyse des grappes de technologie automobile du Canada a permis de cerner 41 professions liées à l'automobile qui comptent au moins 100 employés; huit autres professions ont été reconnues pour les compétences techniques qu'elles exigent et leur contribution à la fabrication automobile ou à la R et D.

Dans chaque grappe de technologie automobile, nous avons effectué une analyse de la répartition des professions pour 18 professions hautement spécialisées. Comme le montre le tableau 1, ces 18 professions ont été sélectionnées dans la liste des 49 professions de l'automobile de l'initiative FOCAL. Notre analyse a porté sur ces professions en raison de l'importance des compétences qu'elles apportent concernant le développement des technologies automobiles émergentes à l'étude.

Il convient de noter que, même si cette étude a réduit l'analyse à 18 professions hautement spécialisées, nos rapports ont condensé les professions en trois groupes : professions de gestion, professions en génie ainsi que techniciens et technologues en génie.

Tableau 1. Liste des 18 professions hautement spécialisées liées à l'automobile sélectionnées pour l'analyse de la répartition des professions

Code de la CNP	Profession
0211	Directeurs/directrices des services de génie
0213	Gestionnaires des systèmes informatiques
0911	Directeurs/directrices de la fabrication
2132	Ingénieurs mécaniciens/ingénieures mécaniciennes
2133	Ingénieurs électriciens et électroniciens/ingénieures électriciennes et électroniciennes
2141	Ingénieurs/ingénieures d'industrie et de fabrication
2142	Ingénieurs/ingénieures métallurgistes et des matériaux
2147	Ingénieurs informaticiens/ingénieures informaticiennes (sauf ingénieurs/ingénieures et concepteurs/conceptrices en logiciel)
2171	Analystes et consultants/consultantes en informatique
2172	Analystes de bases de données et administrateurs/administratrices de données
2173	Ingénieurs/ingénieures et concepteurs/conceptrices en logiciel
2174	Programmeurs/programmeuses et développeurs/développeuses en médias interactifs
2232	Technologues et techniciens/techniciennes en génie mécanique
2233	Technologues et techniciens/techniciennes en génie industriel et en génie de fabrication
2241	Technologues et techniciens/techniciennes en génie électronique et électrique
2243	Techniciens/techniciennes et mécaniciens/mécaniciennes d'instruments industriels
2281	Techniciens/techniciennes de réseau informatique
2283	Évaluateurs/évaluatrices de systèmes informatiques

Afin de déterminer la répartition des professions dans chaque grappe, nous avons mené un sondage sur les titres de poste et les professions des employés travaillant dans les sociétés de notre base de données. Le sondage n'a été réalisé qu'auprès des entreprises privées et a exclu tous les employés des laboratoires universitaires, des installations gouvernementales, des partenariats et des organismes sans but lucratif. Nous avons utilisé les sites Web des entreprises et les outils de recrutement de LinkedIn pour sonder les titres de poste et les professions des employés concernés. Notre analyse a considéré un échantillon de profils suffisamment grand pour atteindre un niveau de confiance de 95 % et une marge d'erreur de 5 %, et a utilisé la Classification nationale des professions (CNP) d'Emploi et Développement social Canada (EDSC) pour associer chaque titre de poste à la profession désignée correspondante.

RÉSUMÉ ET APERÇU DES RÉSULTATS

Dans la présente section, nous résumons les principaux résultats des rapports sur les grappes. Le présent résumé a pour but de donner un aperçu du nombre total d'entreprises faisant partie des grappes de technologie automobile du Canada. Il indique également le nombre d'employés et de personnes associées de chaque grappe et les trois principaux domaines d'intérêt technologique de chacune. Le résumé et l'aperçu de nos résultats sont présentés dans le tableau 2.

Le tableau 2 montre qu'un total de 298 entreprises appartiennent aux six grappes de technologie automobile du Canada². Au sein de ces 298 entreprises de technologie automobile, 29 078 employés participent à des activités de fabrication et de R et D dans le domaine de la technologie automobile. En se fondant sur le nombre d'emplois, les trois plus grandes grappes de technologie automobile au Canada sont : 1) la région du Grand Toronto et de Hamilton (RGTH); 2) Ottawa; et 3) la région du Grand Montréal (RGM). La colonne « Trois principaux domaines technologiques » du tableau 2 souligne que, dans l'ensemble, les grappes de technologie automobile du Canada bénéficient d'une abondance de compétences et de talents nécessaires au développement de technologies de véhicules autonomes, connectés et électriques. Elle montre également que le Canada compte de nombreuses entreprises spécialisées dans la conception, le développement et la mise à l'essai de nouvelles technologies de production, comme celles associées à l'industrie 4.0. En outre, elle indique que les grappes de technologie automobile du Canada se spécialisent dans différents domaines technologiques. Par exemple, alors que la grappe d'entreprises et de sociétés de la RGTH se spécialise dans les technologies de véhicules autonomes, connectés et électriques, celle de Windsor excelle dans la R et D associée aux nouvelles technologies de production, à l'amélioration des groupes motopulseurs des MCI et à la légèreté des véhicules.

² À la page 11, nous signalons que nous avons répertorié 328 entreprises de technologie automobile dans notre base de données pancanadienne. De ces 328 entreprises, 298 ont été ciblées dans les six grappes de technologie automobile à l'étude.

Tableau 2. Résumé et aperçu des principaux résultats et constatations dans chaque grappe de technologie automobile

Grappe	Nombre d'entreprises et de sociétés automobiles	Emploi généré directement par la technologie automobile	Trois principaux domaines technologiques
Région du Grand Toronto et de Hamilton (RGTH)	83	13 048	<ol style="list-style-type: none"> 1) Technologies des véhicules autonomes 2) Technologies des véhicules électriques à batterie et hybrides 3) Technologies des véhicules connectés
Kitchener-Waterloo-Cambridge (KWC)	65	1 850	<ol style="list-style-type: none"> 1) Technologies des véhicules autonomes 2) Technologies des véhicules connectés 3) Technologies de production
Ottawa	44	8 210	<ol style="list-style-type: none"> 4) Technologies des véhicules autonomes 5) Technologies des véhicules connectés 6) Sécurité et sûreté des véhicules
Windsor	21	801	<ol style="list-style-type: none"> 7) Technologies de production 8) Technologies de groupe motopropulseur pour les MCI 9) Matériaux et légèreté
Région du Grand Montréal (RGM)	59	3 269	<ol style="list-style-type: none"> 10) Technologies des véhicules électriques à batterie et hybrides 11) Intelligence artificielle et apprentissage machine 12) Technologies de production
Vancouver	26	1 900	<ol style="list-style-type: none"> 13) Technologies de piles à hydrogène 14) Technologies des véhicules électriques à batterie et hybrides 15) Technologies des véhicules connectés
Total	298	29 078	

Ce rapport décrit les dix domaines de la technologie automobile ainsi que la méthodologie que nous avons utilisée pour répertorier les grappes de technologie automobile du Canada. Des renseignements plus détaillés sur les grappes de technologie automobile du Canada sont fournis dans nos rapports individuels sur Vancouver, la RGTH, KWC, Windsor, Ottawa et la RGM. Ces rapports portent sur les principaux domaines technologiques de chaque grappe et décrivent la répartition des professions et des compétences.

RÉFÉRENCES

Alberta Machine Intelligence Institute (Amii). (2020). Machine Intelligence, Artificial Intelligence & Machine Learning. Extrait de : www.amii.ca/latest-from-amii/machine-intelligence-artificial-intelligence-machine-learning.

Alternative Fuels Data Center (AFDC). (2020). How Do All-Electric Cars Work? afdc.energy.gov/vehicles/how-do-all-electric-cars-work.

Bekar, C. et Lipsey, R.G. (2001). Clusters and economic policy. Canadian Journal of Policy Research, 3(1), 62–70.

Canadian Hydrogen Fuel Cells Association (CHFCA). (2016). Fuel Cells – The Sustainable Power Source. Extrait de : www.chfca.ca/fuel-cells-hydrogen/about-fuel-cells.

Centre for Advanced Automotive Technology (CAAT). (2020). Connected and Automated Vehicles. Extrait de : autocaat.org/Technologies/Automated_and_Connected_Vehicles.

Centre for Automotive Research (CAR Group). (2017). Technology Roadmap Analysis Current Year to beyond 2030.

Centre for Sustainable Systems (CSS). (2019). Autonomous Vehicles. Extrait de : css.umich.edu/sites/default/files/Autonomous%20Vehicles_CSS16-18_e2019.pdf.

Cooke, P. (éd.). (2007). Regional knowledge economies: markets, clusters and innovation. Edward Elgar Publishing.

Cui, J. (2017). On the Alignment of Safety and Security for Autonomous Vehicles. Extrait de : www.researchgate.net/figure/Safety-and-security-in-Autonomous-Vehicles_fig1_324006032.

Ehsan, M., Gao, Y. et Gay, S. (2003). Characterization of electric motor drives for traction applications. In Proceedings Industrial Electronics Society, IECON'03, 891–896.

ESRI (2020). What is GIS. Extrait de : www.esri.com/en-us/what-is-gis/overview.

Feldman, M. et Francis, J.L. (2006). Entrepreneurs as agents in the formation of industrial clusters. Clusters and Regional Development: Critical Reflections and Explorations. London/New York: Routledge, 115-136.

Gertler, M.S., Florida, R., Gates, G. et Vinodrai, T. (2002). Competing on Creativity. Placing Ontario's Cities in North American Context. Extrait de : www.competeprosper.ca/uploads/CompetingOnCreativity_061202.pdf.

Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). (2020). Connected Vehicles. Extrait de : site.ieee.org/connected-vehicles/ieee-connected-vehicles/connected-vehicles.

Martin, R., Florida, R., Pogue, M. et Mellander, C. (2015). Creativity, clusters and the competitive advantage of cities. Competitiveness Review, 25(5), 482–496.

Ministère du Développement économique, de la Création d'emplois et du Commerce de l'Ontario – Gouvernement de l'Ontario, Affaires et économie (2019). Lignes directrices pour l'élaboration d'un plan de développement d'un pôle économique. Extrait de : www.ontario.ca/fr/page/lignes-directrices-pour-lelaboration-dun-plan-de-developpement-dun-pole-economique.

Molot, M.A. et Mytelka, L. First Mover Advantages in a Costly and Disruptive Technology The high-stakes fuel cell game. Extrait de : www.cpsa-acsp.ca/papers-2009/Molot-Mytelka.pdf.

OCDE. (2001). What are clusters? Extrait de : www.oecd.org/regional/leed/17942708.pdf.

OCDE. (2010). OECD Innovation Policy Platform. Extrait de : www.oecd.org/innovation/policyplatform/48137710.pdf.

Porter, M.E. (2000). Location, competition, and economic development: Local clusters in a global economy. Economic development quarterly, 14(1), 15–34.

Porter, M.E. (2001). Clusters of innovation: Regional foundations of US competitiveness.

Society of Automotive Engineers (SAE). (2018). SAE International Releases Updated Visual Chart for Its “Levels of Driving Automation” Standard for Self-Driving Vehicles. Extrait de : www.sae.org/news/press-room/2018/12/sae-international-releases-updated-visual-chart-for-its-%E2%80%9Clevels-of-driving-automation%E2%80%9D-standard-for-self-driving-vehicles.

Spencer, G.M., Vinodrai, T., Gertler, M.S. et Wolfe, D.A. (2010). Do clusters make a difference? Defining and assessing their economic performance. *Regional studies*, 44(6), 697–715.

Sur l’avenir de la main-d’œuvre de l’industrie automobile canadienne (FOCAL) (2020). Incidence des technologies de l’industrie 4.0 sur les professions clés de la construction automobile. Extrait de : www.futureautolabourforce.ca/wp-content/uploads/2020/06/Final-Impact-of-Industry-4.0-on-Automotive-Manufacturing-Occupations.pdf.

Wolfe, D.A. (2009). Le pôle des TIC de Waterloo, Canada. Extrait de : read.oecd-ilibrary.org/employment/poles-de-competitivite-innovation-et-entrepreneuriat_9789264064102-fr#page9.

Wolfe, D.A. et Gertler, M.S. (2004). Clusters from the inside and out: Local dynamics and global linkages. *Urban studies*, 41(5–6), 1071–1093.