



La décarbonation et son impact sur la main-d'œuvre manufacturière canadienne

MARS 2024





À propos du programme Prêt pour l'avenir

Le programme Prêt pour l'avenir est un programme de 19 millions de dollars financé en partie par le Programme de solutions pour la main-d'œuvre sectorielle d'Emploi et Développement social Canada pour aider les entreprises à intégrer de nouveaux travailleurs diversifiés au secteur manufacturier canadien. Cette initiative aidera également les fabricants canadiens à définir leurs lacunes critiques en matière de compétences afin de soutenir la rentabilité et la croissance futures de leur organisation grâce au très réputé Programme de leadership en transformation de NGen. Grâce à ces approches, le Programme vise à fournir des solutions axées sur la demande pour le secteur manufacturier, l'un des secteurs les plus durement touchés par la pandémie et un élément clé de la reprise de l'économie canadienne.

À propos de la CSTEC

La CSTEC est un catalyseur de solutions novatrices et multipartites aux problèmes de formation rencontrés par les employeurs et les syndicats dans les secteurs de la fabrication, de l'exploitation minière et de la sylviculture. Les activités de l'organisation portent sur un large éventail de sujets liés à la formation, dont la formation sur le lieu de travail et les compétences essentielles, l'apprentissage et la formation technique, l'évaluation des besoins, les normes professionnelles, le marché du travail, l'adaptation de la main-d'œuvre et le développement de carrière pour les jeunes et les chômeurs.

Canada

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	4
Efforts internationaux et politique gouvernementale	7
Décarbonation dans l'industrie manufacturière	9
Industrie de la fabrication automobile.....	9
Industrie sidérurgique	9
Industrie de la fabrication de machines minières, pétrolières et gazières	10
Industrie du ciment et de la fabrication du béton	10
Industrie manufacturière aérospatiale	11
Évaluation de l'impact de la décarbonation sur les sous-industries manufacturières du Canada et leur main-d'œuvre	13
L'importance de l'innovation technologique dans une industrie manufacturière en décarbonation	27
Remarques finales	29
Références	31



Introduction

Au cours des dernières années, le Canada a renforcé son engagement à réduire les émissions de gaz à effet de serre et à faire la transition vers une économie à faibles émissions de carbone. Les efforts de décarbonation du pays, qui comprennent la réduction et l'élimination graduelle des émissions de carbone provenant de diverses sources, visent à respecter les engagements internationaux du Canada en vertu de l'Accord de Paris. Dans son Plan de réduction des émissions de 2030, le Canada prévoit réduire ses émissions de 40 % à 45 % par rapport aux niveaux de 2005 d'ici 2030 et atteindre la carboneutralité d'ici 2050¹. Pour soutenir ces efforts, des secteurs tels que la production d'énergie, les transports, le bâtiment et la fabrication ont entrepris de modifier leurs activités afin de réduire ou d'éliminer leur empreinte carbone. Parmi ces secteurs, l'industrie manufacturière contribue de manière significative aux émissions de carbone. À l'échelle mondiale, le secteur est responsable d'environ 20 % des émissions mondiales de carbone². Au Canada, le secteur manufacturier a contribué à environ 13,8 % des 738 mégatonnes d'équivalent dioxyde de carbone (Mt d'éq. CO₂) du pays en 2019³. La décarbonation des activités manufacturières, parallèlement à des efforts similaires dans d'autres secteurs à forte intensité de carbone, est essentielle pour atteindre les objectifs climatiques fixés.

Les efforts de décarbonation peuvent générer de nouvelles possibilités de technologies vertes et propres dans le secteur manufacturier. Toutefois, pour les entreprises manufacturières existantes à forte intensité carbonique, la décarbonation peut entraîner des coûts et des défis importants, notamment la nécessité d'investir dans de nouvelles technologies et infrastructures, de restructurer les chaînes d'approvisionnement et de s'adapter aux nouvelles réglementations et politiques.

Il existe de nombreuses stratégies pour décarboner les activités dans le secteur manufacturier. Les efforts de décarbonation peuvent s'attaquer aux émissions des procédés de fabrication ou des produits (ou des deux à la fois) et se concentrer sur la réduction de ces émissions. La décarbonation des procédés peut nécessiter la mise en œuvre de méthodes de production moins énergivores et réduisant la dépendance aux combustibles fossiles dans la fabrication. Les fabricants peuvent également investir dans des technologies de production innovantes qui optimisent les procédés et réduisent le gaspillage de matériaux. D'autres initiatives axées sur la décarbonation des produits comprennent des étapes telles que l'utilisation de matériaux à faible teneur en carbone pour réduire les émissions associées aux produits finis, l'augmentation de l'utilisation de matériaux recyclés et, surtout, la fabrication de produits avec des technologies qui



génèrent moins d'émissions. Les approches de la décarbonation par les procédés et les produits offrent toutes deux des possibilités d'innovation et de modernisation dans le secteur manufacturier canadien, en particulier pour les entreprises qui peuvent mettre au point des technologies de production et des produits à faibles émissions de carbone.

La décarbonation peut également entraîner des changements dans la façon dont les fabricants fonctionnent, ce qui pourrait avoir des incidences potentielles sur les coûts, les chaînes d'approvisionnement, la concurrence et la main-d'œuvre. Dans certains cas, la décarbonation peut entraîner l'élimination progressive de certains procédés, produits, composants ou pièces, ce qui pourrait aussi avoir des répercussions importantes sur les industries et les entreprises. En ce qui concerne la main-d'œuvre manufacturière, les changements technologiques associés aux efforts de décarbonation peuvent entraîner des changements pour les emplois manufacturiers, leurs rôles et leurs exigences. Le perfectionnement des compétences peut être nécessaire pour aider les travailleurs à s'adapter aux changements de procédés ou de produits. Les nouveaux arrivants sur le marché du travail peuvent avoir besoin d'acquérir de nouvelles compétences pour utiliser les produits, l'équipement et les systèmes nouvellement mis en place. Cela ouvre la voie à des « emplois verts » dans le secteur manufacturier et les travailleurs occupant ces emplois peuvent contribuer directement ou indirectement à la durabilité environnementale et promouvoir une

économie à faible émission de carbone en mettant en œuvre, en exploitant et en produisant des technologies à faible empreinte carbone. Les emplois verts peuvent comprendre des emplois traditionnels dans le secteur manufacturier, comme l'ingénierie, la recherche, les métiers spécialisés et les emplois de production, ainsi que dans des industries en transition ou qui ont déjà fait la transition vers des procédés et des produits durables dans le secteur de la fabrication. Au cours des années à venir, les emplois verts pourraient également inclure de nouveaux rôles qui contribueront à la transition vers l'économie verte dans le secteur manufacturier.

La décarbonation dans le secteur manufacturier peut également entraîner des pertes d'emplois, en particulier lorsque des produits, des composants ou des pièces sont éliminés ou remplacés par des produits à faible intensité de carbone, ce qui peut entraîner la modification des chaînes d'approvisionnement. Dans de tels cas, les travailleurs peuvent avoir besoin de faire la transition vers de nouvelles carrières et d'appliquer leurs compétences dans d'autres industries.

Ce rapport explore l'impact que la décarbonation aura sur le secteur manufacturier canadien et sa main-d'œuvre. Pour comprendre ces incidences, il est important de déterminer les industries manufacturières et les sous-industries qui décarbonent ou décarboneront leurs activités dans les années à venir dans le cadre de leurs efforts pour réduire leur empreinte carbone. Ce rapport présente d'abord un bref aperçu des efforts internationaux et des politiques nationales axés sur la décarbonation de



l'économie. Le rapport met ensuite en lumière cinq industries manufacturières dans lesquelles les efforts de décarbonation sont entièrement ou partiellement en cours, et comment cette transition entraîne des changements en ce qui concerne les activités et les produits de ces industries. Enfin, le

rapport propose une catégorisation de 248 sous-industries manufacturières en fonction de leur impact et de leur adaptabilité aux mesures de décarbonation, et complète cette analyse par des détails sur les entreprises manufacturières et leur main-d'œuvre.



Efforts internationaux et politique gouvernementale

Au cours des dernières décennies, il est devenu évident que pour ralentir les effets des changements climatiques, il faut mettre l'accent sur la réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) à l'échelle mondiale. Depuis qu'il s'est retiré du Protocole de Kyoto en 2012, le Canada s'est réengagé à participer aux efforts internationaux visant à réduire les émissions de GES en signant l'Accord de Paris (2015). L'Accord de Paris précise l'objectif de limiter le réchauffement climatique à un niveau nettement inférieur à 2 °C, de préférence à 1,5 °C au-dessus des niveaux préindustriels⁴. En 2021, le gouvernement canadien a mis en place un processus juridiquement contraignant pour répondre aux critères de l'Accord de Paris par l'entremise de la *Loi canadienne sur la responsabilité en matière de carboneutralité*⁵. Cette loi décrit ce que doit contenir chaque plan national quinquennal de réduction des émissions.

En 2016, le Canada a publié le Cadre pancanadien sur la croissance propre et les changements climatiques, qui présente un plan visant à favoriser la croissance économique tout en réduisant les émissions de GES⁶. L'objectif principal du Cadre est l'atteinte ou le dépassement de l'objectif du Canada visant à réduire les émissions de GES de 30 % par rapport aux niveaux de 2005 d'ici 2030. Pour atteindre cet objectif, les provinces et les territoires peuvent concevoir leurs propres programmes et politiques que

le gouvernement fédéral appuiera en investissant dans l'infrastructure, en fixant des cibles précises de réduction des émissions et en adoptant des technologies propres.

Le plan climatique renforcé du Canada de 2020 aborde la façon dont les perturbations causées par la pandémie pourraient être une occasion de rebâtir une économie florissante à faibles émissions de carbone⁷. Ce plan, qui est intitulé « Un environnement sain et une économie saine », réitère la nécessité pour les gouvernements fédéral, provinciaux et régionaux de collaborer avec les entreprises et les collectivités afin d'atteindre les objectifs en matière d'émissions de GES et de favoriser une croissance économique propre sur le plan environnemental. Le plan présente 64 politiques, programmes et investissements fédéraux, renforcés et nouveaux, notamment l'amélioration de l'efficacité énergétique, l'amélioration de l'accessibilité et de l'abordabilité des véhicules électriques (VE), le développement de la chaîne d'approvisionnement de fabrication de batteries au Canada ainsi que la collaboration avec les fabricants des secteurs automobile et aérospatial pour accroître la production et les investissements dans les produits de transport carboneutres. Le plan insiste sur le fait que l'accent continuera d'être mis sur les travailleurs et les collectivités touchés par ces changements afin que les avantages soient généralisés.



Le plan le plus récent du Canada (2022), intitulé « La carboneutralité d'ici 2050 », vise à ce que l'économie ne produise aucune émission de GES et compense les GES qu'elle produit.⁸ S'appuyant sur le Cadre pancanadien et le Plan climatique renforcé du Canada, le Plan de réduction des émissions pour 2030 comprend le fonds Accélérateur net zéro (ANZ) qui fournira jusqu'à 8 milliards de dollars pour aider les grands émetteurs dans les secteurs industriels clés à réduire considérablement leurs émissions nationales de GES⁹. Le Défi net zéro offre aux entreprises canadiennes un moyen de participer à la transition de leurs activités et de leurs installations vers la carboneutralité d'ici 2050. Cette initiative est volontaire et constitue le point de départ de la collaboration et de l'échange de plans et de

pratiques exemplaires entre les participants¹⁰.

Enfin, en 2023, Ressources naturelles Canada a lancé le Programme d'installations industrielles et manufacturières vertes (PIIMV) afin de fournir une aide financière pouvant atteindre 20 millions de dollars par proposition aux installations industrielles et manufacturières pour maximiser leur efficacité énergétique et réduire leurs émissions¹¹. Ce programme appuie des activités telles que les évaluations et les vérifications énergétiques, la formation des spécialistes de la gestion de l'énergie et les investissements en immobilisations dans les systèmes énergétiques et la mise à niveau des infrastructures pour les fabricants et d'autres entreprises industrielles.





Décarbonation dans l'industrie manufacturière

Diverses industries du secteur manufacturier mettent activement en œuvre des stratégies visant à réduire leurs émissions de gaz à effet de serre (GES) et à faire la transition vers des produits et des pratiques plus durables.

Bien que les politiques et la réglementation gouvernementales aient été les principaux moteurs des efforts de décarbonation, les progrès technologiques, ainsi que la stratégie d'entreprise reconnaissant la nécessité de passer à des technologies propres et de minimiser l'empreinte carbone ont également joué un rôle clé dans l'accélération de ces initiatives. Bien qu'un grand nombre de ces efforts dans le secteur manufacturier soient déjà en cours, les progrès réalisés en matière de décarbonation des activités et de réduction des émissions varient d'un secteur manufacturier à l'autre. Cette section présente un aperçu de cinq industries manufacturières majeures qui ont commencé à apporter des changements pour décarboner leurs produits, leurs procédés ou les deux en même temps.

Industrie de la fabrication automobile

L'industrie automobile a été à l'avant-garde des efforts de décarbonation, en particulier dans la décarbonation des produits. Stimulée en grande partie par les progrès et l'innovation dans la technologie automobile et les batteries, l'industrie de la fabrication automobile est progressivement passée de la

production de véhicules à moteur à combustion interne (VMCI), dont le fonctionnement dépend fortement des combustibles fossiles, à la fabrication de véhicules électriques (VE). Les constructeurs automobiles mondiaux, ainsi que les entreprises de fabrication de produits chimiques et de technologie des batteries, ont investi massivement dans la recherche et le développement de batteries pour véhicules électriques, ainsi que dans la production de batteries pour véhicules électriques. Ces efforts ont été complétés par des mesures incitatives du gouvernement pour soutenir la recherche et la fabrication de véhicules électriques, et ont été accompagnés de politiques sur les objectifs de vente de véhicules électriques. En moyenne, les véhicules électriques hybrides (VEH) et les véhicules électriques hybrides rechargeables (VEHR) émettent jusqu'à 60 % d'émissions en moins que les VMCI, tandis que les véhicules électriques à batterie (VEB) réduisent les émissions jusqu'à 80 %.¹² Au cours des prochaines années, la part des véhicules électriques sur le marché automobile devrait augmenter, ce qui entraînera une réduction significative de l'empreinte carbone de l'industrie.

Industrie sidérurgique

L'industrie sidérurgique est une autre source importante d'émissions de GES dans laquelle la décarbonation des procédés est essentielle à la transition de l'industrie vers



des pratiques durables. Outre la nature énergivore de la production de fer et d'acier dans les fours à coke, les procédés de fabrication de l'acier requièrent l'utilisation de matières premières à forte intensité de carbone telles que le charbon, qui libèrent également des émissions (dioxyde de carbone (CO₂) et monoxyde de carbone (CO)) en tant que sous-produits de la production. Pour réduire les émissions liées à la production d'acier, les entreprises ont investi dans le développement et la mise en œuvre de technologies de production plus écoénergétiques comme les fours à arc électrique et les méthodes de fabrication de l'acier à base d'hydrogène, ainsi que dans l'utilisation de ferraille dans la production.¹³ Alors que les fours à coke sont toujours nécessaires dans les procédés de fusion du minerai de fer, les fours à arc électrique sont une méthode de remplacement qui utilise de la ferraille dans les procédés de production. Cette technologie a permis de réduire considérablement l'empreinte carbone de l'industrie sidérurgique.

Industrie de la fabrication de machines minières, pétrolières et gazières

Les industries de la fabrication de machines minières et pétrolières et gazières seront considérablement touchées par les efforts de décarbonation, d'autant plus que les industries se tournent vers des sources d'énergie durables de remplacement telles que les éoliennes, les panneaux solaires et les systèmes de stockage d'énergie, y compris les batteries des véhicules électriques. Cette industrie sera principalement touchée par l'abandon des combustibles fossiles comme le charbon et

par la baisse de la demande de machines pour les champs pétroliers et gaziers. L'évolution de la demande, les pressions réglementaires gouvernementales, ainsi que l'évolution des investissements industriels vers des projets qui s'adaptent à un avenir à faibles émissions de carbone, auront des répercussions directes sur le secteur pétrolier et gazier et, par conséquent, sur l'industrie de la fabrication de machines minières, pétrolières et gazières. Par ailleurs, l'industrie de la fabrication de machines minières, pétrolières et gazières peut jouer un rôle clé dans le développement de technologies qui non seulement réduisent les émissions provenant de la production de combustibles fossiles, mais qui contribuent également à l'exploitation et à l'extraction de minéraux critiques comme le lithium, le cobalt et les éléments de terres rares. Ces éléments et minéraux sont essentiels dans les technologies d'énergie propre, en particulier dans les batteries et les éoliennes.

Industrie du ciment et de la fabrication du béton

L'industrie manufacturière du ciment et du béton est l'une des industries manufacturières les plus intensives en carbone. Cela est attribuable aux niveaux élevés d'émissions de carbone générés par les procédés de production à forte intensité énergétique et les matières premières utilisées dans la production du ciment. Au cours de la production, les matières premières du ciment sont soumises à des températures supérieures à 1 000 °C dans un procédé appelé « production de clinker ». Tout au long de ce procédé, les combustibles utilisés pour le chauffage émettent des émissions de dioxyde de carbone (CO₂) et



d'autres gaz à effet de serre (GES) pendant leur combustion. De plus, au cours de ce procédé de chauffage, le calcaire, un ingrédient essentiel du ciment, libère des quantités importantes de CO₂ lorsqu'il se transforme en oxyde de calcium (CaO).

La fabrication du ciment est l'une des industries les plus difficiles à décarboner. Plusieurs méthodes sont en cours de développement afin de réduire l'empreinte carbone de la production du ciment. Ces méthodes comprennent la substitution du clinker par des cendres volantes et des scories granulées, le déploiement de nouvelles technologies de chauffage et de combustion dans la production de clinker et l'utilisation de combustibles de remplacement dans la fabrication¹⁴. Malgré ces efforts de décarbonation, ces nouveaux procédés et nouvelles technologies pourraient ne pas être évolutifs avant des années, ce qui ferait en sorte que la décarbonation de l'industrie de la fabrication du ciment demeurerait loin derrière celle des autres industries manufacturières.

Industrie manufacturière aérospatiale

L'industrie aérospatiale, en particulier l'aviation, est responsable d'environ 2,5 % des émissions mondiales de CO₂ et d'environ 12 % des émissions de CO₂ de l'industrie des transports (OACI, 2021). En plus du CO₂, le procédé de combustion dans le moteur d'un avion libère également d'autres GES, notamment de l'oxyde d'azote, des aérosols de sulfate et d'autres particules de carbone. Pour réduire l'empreinte carbone de l'aviation, l'industrie a travaillé à l'amélioration progressive des technologies

aéronautiques actuelles, ainsi qu'au développement de solutions et de technologies innovantes pour réduire ou éliminer les émissions des avions. Outre l'amélioration de l'efficacité du carburant et des moteurs, de nombreuses sociétés d'aviation ont exploré et développé des systèmes de propulsion électriques et hybrides pour les avions, notamment des systèmes de propulsion d'aviation électrique, des batteries, ainsi que des piles à combustible à hydrogène comme source d'énergie pour les avions. Malgré les initiatives d'entreprises qui sont des chefs de file dans ce domaine, notamment Airbus, Boeing et Rolls Royce, le déploiement de ces technologies dans les avions commerciaux n'est pas pour demain^{15, 16}.

Outre ces cinq industries, de nombreuses autres industries et sous-industries de la fabrication pourraient finir par se décarboner, bien que le processus de décarbonation n'ait peut-être pas autant d'impact sur les procédés et les produits que dans les exemples mentionnés ci-dessus. Certaines industries manufacturières peuvent adopter des méthodes plus traditionnelles de réduction de leur empreinte carbone en utilisant des matières premières recyclées, en mettant en œuvre des technologies de captage du carbone et en s'appuyant sur des sources d'énergie renouvelables. Par exemple, l'industrie textile peut utiliser des fibres recyclées, tandis que l'industrie du papier et de la pâte à papier peut s'appuyer sur des sources d'énergie renouvelables telles que la biomasse. Les procédés et produits de ces industries ne nécessitent peut-être pas de changements importants, mais elles devront peut-être adopter des



pratiques plus durables et investir dans des sources d'énergie renouvelables pour atteindre les objectifs de décarbonation. En outre, certaines industries manufacturières peuvent adopter des modèles d'affaires plus circulaires pour réduire leurs déchets et émissions. Par conséquent, le degré de décarbonation peut varier d'une industrie et d'une sous-industrie manufacturière à l'autre.

Les répercussions de la transition vers une économie à faibles émissions de carbone sur la main-d'œuvre varieront également selon les industries et les sous-industries de la fabrication. Pour certaines industries manufacturières dont les procédés ou produits ne nécessitent peut-être pas de changements importants pour assurer l'atteinte des objectifs de décarbonation, les incidences sur les travailleurs et leurs compétences peuvent être minimes. Cependant, pour les industries qui devront adopter de nouvelles technologies de production ou fabriquer des produits fondamentalement modifiés, les conséquences sur les travailleurs et leurs compétences pourraient être plus importantes. Ces conséquences peuvent entraîner des changements pour les compétences et la formation nécessaires à la main-d'œuvre, et peuvent entraîner des pertes d'emplois potentielles dans certains secteurs de l'industrie. Par exemple, les travailleurs qui occupent des postes dans le secteur de la fabrication automobile, comme

les assembleurs de véhicules ou les opérateurs de machines, peuvent avoir besoin d'acquérir de nouvelles compétences telles que l'utilisation et la surveillance de technologies de pointe pour la production de véhicules et de batteries, ainsi que la manutention et l'assemblage de nouveaux composants et pièces de véhicules électriques. Dans certains secteurs de l'industrie de la fabrication de pièces automobiles, l'abandon des moteurs à combustion interne (MCI) peut se traduire directement par des pertes d'emplois, en particulier pour les travailleurs qui fabriquent des pièces et des composants propres aux moteurs à combustion interne, tels que les systèmes d'échappement et les pistons des moteurs¹⁷. On s'attend à des conséquences similaires pour les travailleurs des industries qui fabriquent des produits qui dépendent fortement des combustibles fossiles, d'autant plus que la demande pour ces produits diminue.

La transition vers une économie à faibles émissions de carbone créera également de nouvelles possibilités d'emploi dans d'autres industries manufacturières émergentes, comme la production d'équipements d'énergie renouvelable et la fabrication de systèmes de stockage d'énergie. Ces emplois peuvent exiger des compétences et des niveaux d'éducation légèrement différents de ceux des emplois des industries manufacturières traditionnelles.



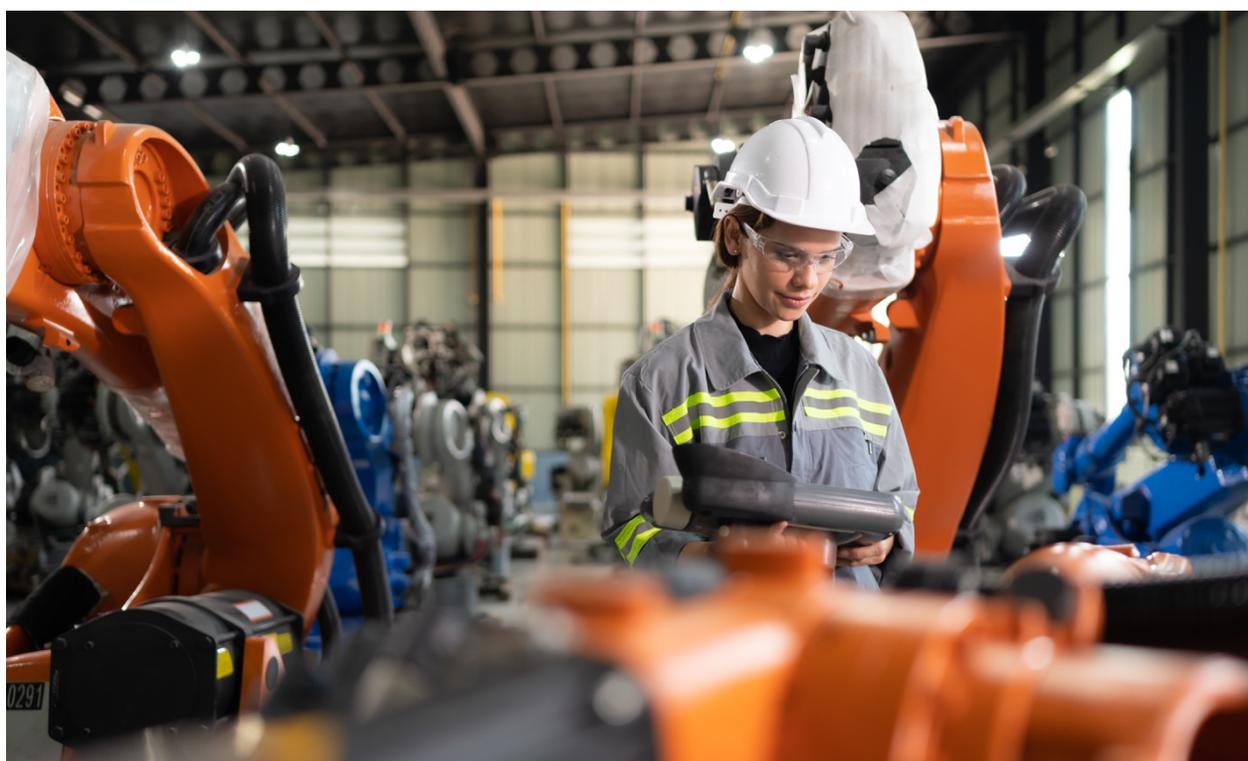
Évaluation de l'impact de la décarbonation sur les sous-industries manufacturières du Canada et leur main-d'œuvre

Les défis et les répercussions de la décarbonation dans le secteur manufacturier canadien ne seront pas uniformes dans toutes ses industries et sous-industries. L'évaluation et la détermination des défis et des répercussions de la décarbonation sur le secteur manufacturier canadien et sa main-d'œuvre sont complexes et nécessitent une analyse approfondie des industries et des sous-industries sur une base individuelle. Pour ce faire, il faut adopter une approche globale qui tient compte des particularités de chaque industrie manufacturière et de chaque sous-industrie, ainsi que du contexte plus large des politiques, de l'économie et de la main-d'œuvre. Dans la pratique, une analyse détaillée pourrait être effectuée même au niveau de l'usine.

Il est toutefois possible de définir les grandes tendances et les défis potentiels dans l'ensemble du secteur manufacturier. Les industries et sous-industries peuvent être classées en fonction de leur impact environnemental, ainsi que des défis auxquels elles sont confrontées dans la transition vers des opérations décarbonées. Cette analyse peut être considérée comme une *évaluation préliminaire* et peut être complétée par des évaluations d'impact plus détaillées sur les industries, les sous-industries, les entreprises et les emplois dans le secteur manufacturier.

Pour analyser l'impact de la décarbonation sur le secteur manufacturier canadien, nous nous référons aux codes du Système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN) qui indique et catégorise les industries et les sous-industries du secteur manufacturier. Le SCIAN fournit un moyen normalisé de classer les entreprises et les industries en fonction de leur activité économique, ce qui en fait un outil utile pour analyser les tendances et les défis au sein de secteurs particuliers. Le SCIAN offre également plusieurs niveaux de détail dans la classification des industries, ainsi que des renseignements complets sur la liste des produits et services offerts par chaque sous-industrie au plus haut niveau de détail¹⁸.

En vertu du SCIAN 2022, les activités de fabrication sont définies sous les codes 31 à 33 au niveau de détail à 2 chiffres. Le niveau de détail à 3 chiffres du SCIAN offre une liste exhaustive de 21 industries manufacturières qui sont présentées dans le tableau 1. Le tableau 1 présente également les émissions de chaque industrie manufacturière (en Mt d'équivalent CO₂), ainsi que l'intensité des émissions et le niveau d'émissions des produits de chaque industrie. Bien que la base de données de l'Inventaire national des rejets de polluants (INRP) du Canada fournisse les émissions totales de chaque industrie avec un niveau de confiance élevé, il peut être plus difficile d'estimer ou de



calculer les émissions des produits avec un niveau élevé d'exactitude. Par conséquent, les émissions provenant des produits de chaque industrie manufacturière ont été classées en groupes d'émissions faibles, modérées et élevées, pour tenir compte des différents degrés d'émissions associés aux différents types de produits.

Comme le montre le tableau 1, l'industrie manufacturière qui produit les émissions les plus élevées au Canada est l'industrie de la première transformation des métaux, suivie de l'industrie de la fabrication de produits chimiques, de l'industrie de la fabrication de produits du pétrole et du charbon et de l'industrie de la fabrication de produits minéraux non métalliques. Ensemble, ces quatre industries manufacturières contribuent à plus de 85 % des émissions totales du secteur manufacturier canadien.

De plus, ces quatre industries affichent la plus forte intensité d'émissions, l'industrie de la fabrication de produits minéraux non métalliques étant l'industrie émettant le plus d'émissions avec 0,71 kt de CO₂ par million de dollars de production industrielle, suivie de l'industrie de première transformation des métaux avec 0,37 kt de CO₂ par million de dollars de production industrielle.

En ce qui concerne les émissions de produits, les émissions du pétrole et du charbon, ainsi que du matériel de transport au Canada dépassent les 100 Mt d'équivalent CO₂. Viennent ensuite les industries dont les émissions de produits sont modérées, comme la fabrication de produits chimiques, la fabrication de machines et la fabrication d'équipements, d'appareils et de composants électriques. Les émissions des



produits de ces industries varient entre 1 Mt d'équivalent CO₂ et 100 Mt d'équivalent CO₂.

Au niveau de détail à 6 chiffres, le SCIAN fournit une liste de 248 sous-industries manufacturières ainsi qu'une liste d'exemples illustratifs des produits, des procédés et des activités de chaque sous-industrie. Ce niveau de détail permet une analyse plus granulaire de l'impact de la décarbonation sur chaque sous-industrie manufacturière, ainsi que sur ses procédés et ses produits.

À l'aide du SCIAN 2022, un ensemble de données sur les 248 sous-industries manufacturières est compilé, ainsi qu'une liste de plus de 9 250 exemples illustratifs de produits, de procédés et d'activités relevant de ces sous-industries. Afin de déterminer les sous-industries, les produits et les procédés les plus émetteurs dans le secteur de la fabrication, les bases de données de

l'Inventaire national des rejets de polluants (INRP) et de l'Inventaire des gaz à effet de serre sont utilisées pour estimer les émissions des procédés et des produits de chacune des 248 sous-industries manufacturières¹⁹. Afin de déterminer avec plus de précision les répercussions de la décarbonation sur les entreprises manufacturières et la main-d'œuvre, l'ensemble de données est couplé à des renseignements sur le nombre d'entreprises, ainsi que sur le nombre d'employés au sein de chaque sous-industrie. Les données sur le nombre d'entreprises sont extraites de la base de données du Nombre d'entreprises canadiennes de 2021, tandis que les données sur le nombre d'employés proviennent de l'Enquête annuelle sur les industries manufacturières et l'exploitation forestière de 2021^{20, 21}. Ces données sont présentées au niveau de détail du SCIAN à 3 chiffres dans le tableau 2.



Tableau 1. Liste des industries manufacturières établies par le SCIAN en fonction de trois chiffres et leurs émissions totales respectives, leur intensité d'émissions ainsi que le niveau d'émissions provenant des produits.

Industrie	Processus		Produit
	Émissions totales (Mt éq. CO ₂)*	Intensité d'émissions (kt éq. CO ₂ par million \$ de production)**	Émissions de produits***
Fabrication d'aliments	2 525	0,0184	Faibles
Fabrication de boissons et de produits du tabac	284	0,0143	Faibles
Usines de textiles	10	<0,01	Faibles
Usines de produits textiles	<10	<0,01	Faibles
Fabrication de vêtements	<10	<0,01	Faibles
Fabrication de produits en cuir et de produits analogues	<10	<0,01	Faibles
Fabrication de produits en bois	693	<0,01	Faibles
Fabrication du papier	5 921	0,0125	Faibles
Impression et activités connexes de soutien	<10	<0,01	Faibles
Fabrication de produits du pétrole et du charbon	17 561	0,2251	Élevées
Fabrication de produits chimiques	19 336	0,2823	Modérées
Fabrication de produits en plastique et en caoutchouc	522	0,0141	Faibles
Fabrication de produits minéraux non métalliques	14 225	0,7094	Faibles
Première transformation des métaux	23 903	0,3687	Faibles
Fabrication de produits métalliques	172	<0,01	Faibles
Fabrication de machines	<10	<0,01	Modérées
Fabrication de produits informatiques et électroniques	43	<0,01	Faibles
Fabrication de matériel, d'appareils et de composants électriques	<10	<0,01	Modérées
Fabrication de matériel de transport	609	<0,01	Élevées
Fabrication de meubles et de produits connexes	11	<0,01	Faibles
Activités diverses de fabrication	26	<0,01	Faibles

* Les émissions de l'industrie proviennent de l'Inventaire national des rejets de polluants (INRP) de 2021 du Canada.

** La production industrielle provient de l'Enquête annuelle sur les industries manufacturières et l'exploitation forestière de 2021 du Canada.

***Les émissions des produits ont été estimées d'après l'Inventaire des gaz à effet de serre de 2021 du Canada dans lequel :

- les émissions des produits supérieures à 100 Mt d'éq. CO₂ sont désignées des émissions « élevées »;
- les émissions des produits inférieures à 100 Mt d'éq. CO₂ mais supérieures à 1 Mt d'éq. CO₂ sont désignées des émissions « modérées »;
- les émissions des produits nulles ou inférieures à 1 Mt d'éq. CO₂ sont désignées des émissions « faibles ».



Tableau 2. Liste des industries manufacturières établies par le SCIAN (niveau de détail à 3 chiffres) avec leur nombre respectif de sous-industries, d'employés et d'entreprises

Industrie	Nombre de sous-industries dans l'industrie	Nombre de sous-industries pouvant avoir de la difficulté à se décarboner	Nombre d'employés	Nombre d'entreprises
Fabrication d'aliments	34	-	267 754	6 387
Fabrication de boissons et de produits du tabac	7	-	49 063	1 876
Usines de textiles	7	-	5 877	263
Usines de produits textiles	4	-	9 080	605
Fabrication de vêtements	4	-	18 246	1 187
Fabrication de produits en cuir et de produits analogues	3	-	2 872	160
Fabrication de produits en bois	14	-	98 822	3 218
Fabrication du papier	12	-	47 681	532
Impression et activités connexes de soutien	6	-	41 900	3 169
Fabrication de produits du pétrole et du charbon	4	2	14 185	377
Fabrication de produits chimiques	20	4	89 031	2 127
Fabrication de produits en plastique et en caoutchouc	15	1	112 521	2 036
Fabrication de produits minéraux non métalliques	12	8	52 088	2 155
Première transformation des métaux	13	5	52 339	548
Fabrication de produits métalliques	21	2	178 730	7 627
Fabrication de machines	17	6	148 084	4 576
Fabrication de produits informatiques et électroniques	9	-	53 756	1 541
Fabrication de matériel, d'appareils et de composants électriques	11	2	36 439	1 106
Fabrication de matériel de transport	18	11	183 341	1 965
Fabrication de meubles et de produits connexes	10	-	77 212	3 863
Activités diverses de fabrication	7	-	65 547	5 278



Un examen approfondi des études, des rapports et des bases de données sur la décarbonation et ses répercussions sur les produits et les procédés individuels de fabrication a été effectué afin de déterminer les sous-industries manufacturières dans lesquelles les produits, les procédés et les activités contribuent directement ou indirectement à des émissions de carbone importantes, ce qui en fait des cibles potentielles pour les efforts de décarbonation. Ces efforts, qui peuvent englober des mises à niveau technologiques ou même l'élimination progressive de produits et procédés, visent non seulement à réduire les émissions, mais ont également des incidences variées pour les entreprises et leur main-d'œuvre, y compris des fermetures d'entreprises et des pertes d'emplois dans certains sous-secteurs. Les défis et les possibilités que présente la transition vers la décarbonation ne sont pas uniformes dans toutes les industries et sous-industries manufacturières; ils sont influencés par de nombreux facteurs tels que la nature du produit, les procédés de production, la dépendance aux matières premières et la disponibilité de technologies de remplacement. Alors que certaines sous-industries pourraient exploiter de nouvelles occasions de diversification de leurs produits et s'engager dans la transition vers l'énergie propre, d'autres, en particulier en l'absence d'innovation substantielle ou de changements transformateurs, pourraient être confrontées au risque de perdre leur pertinence dans un marché décarboné.

Afin d'analyser plus en détail ces répercussions sur les sous-industries individuelles ainsi que sur leurs produits et

procédés de fabrication, un total de 248 sous-industries manufacturières ainsi que plus de 9 250 produits, procédés, services et activités sont classés en trois niveaux d'impact potentiel et d'adaptabilité aux mesures de décarbonation. Les niveaux d'impact des efforts et des mesures de décarbonation sont définis comme suit :

- **Impact faible :** sous-industries manufacturières qui ne connaîtront probablement pas de changements importants attribuables aux efforts de décarbonation. Ces industries ont déjà une faible empreinte carbone ou dépendent peu de procédés et de matériaux à forte intensité de carbone, ce qui fait que la décarbonation n'a pas d'impact sur les procédés de fabrication, les produits et les travailleurs.
- **Impact modéré :** sous-industries manufacturières susceptibles d'être modérément touchées par les efforts de décarbonation. Ces industries peuvent nécessiter un certain niveau d'adaptation ou de modification des activités ou des produits pour réduire leurs émissions, mais l'impact sur les entreprises et la main-d'œuvre ne devrait pas être important.
- **Impact élevé :** sous-industries manufacturières susceptibles de connaître des changements importants en ce qui concerne leurs produits et procédés, ou une baisse de la production en raison des efforts de décarbonation. Ces industries sont fortement dépendantes de procédés et de matériaux à forte intensité de carbone ou elles fabriquent des produits qui ont une empreinte carbone élevée ou qui font



partie d'autres produits ayant une empreinte carbone élevée. Ces sous-industries nécessiteront des adaptations et des investissements importants que les émissions puissent être réduites, par exemple, des changements aux activités ou à la gamme de produits. Certaines sous-industries peuvent également perdre des revenus en raison de l'élimination progressive de certains produits ou procédés.

En ce qui concerne l'adaptabilité, les niveaux ont été définis comme suit :

- **Grande adaptabilité :** sous-industries manufacturières capables de s'adapter facilement au changement des procédés de production et des produits afin de réduire les émissions. Ces industries ont peut-être déjà mis en place des pratiques durables ou peuvent être en mesure d'adopter rapidement de nouvelles technologies de production et de passer à de nouveaux produits sans investissement majeur ni impact sur les activités et les travailleurs.
- **Adaptabilité modérée :** sous-industries manufacturières qui nécessitent un certain niveau d'investissement ou de changement en ce qui concerne les produits ou les procédés de production afin de réduire leur empreinte carbone. Ces industries sont capables de mettre en place de nouvelles technologies sur le lieu de travail, ce qui peut s'accompagner d'un changement des compétences requises et de la composition de la main-d'œuvre professionnelle.
- **Faible adaptabilité :** sous-industries manufacturières qui font face à

d'importantes limites opérationnelles ou technologiques pour s'adapter au changement des procédés de fabrication et des produits afin de réduire les émissions. Certaines sous-industries ont de la difficulté à faire la transition vers des activités de fabrication à faibles émissions de carbone à court terme, tandis que d'autres pourraient perdre des parts de marché au profit d'autres sous-industries produisant des solutions de remplacement à faibles émissions de carbone.

La catégorisation tient également compte du nombre de produits et de procédés touchés dans chaque industrie, et de l'accessibilité de technologies de remplacement pour soutenir la transition vers des opérations à faibles émissions de carbone.

La catégorisation des sous-industries manufacturières en fonction de l'impact potentiel des mesures de décarbonation et de l'adaptabilité à ces mesures fournit un cadre utile nous permettant de mieux comprendre les défis et les possibilités potentiels associés à la transition vers une économie à faibles émissions de carbone dans le secteur manufacturier. Elle nous aide également à définir les industries et les produits qui nécessiteront le plus d'attention, d'investissements et d'interventions tout au long de cette transition. Il est important de noter que cette analyse n'offre pas d'échéancier pour les changements dans le secteur manufacturier résultant de la décarbonation, mais suppose plutôt un déploiement complet des mesures de décarbonation.



Les résultats de l'analyse des 248 sous-industries manufacturières fournissent un aperçu de la sensibilité et de l'adaptabilité de ces sous-industries aux mesures de décarbonation. Sur les 248 sous-industries, la majorité (208 sous-industries) fait partie de la catégorie à faible impact, ce qui signifie qu'il est peu probable que les efforts de décarbonation aient une incidence sur leurs procédés de fabrication, leurs produits ou leurs travailleurs. En ce qui concerne les 40 sous-industries restantes, 34 ont été classées dans la catégorie des sous-industries où l'impact est modéré, tandis que seulement six ont été identifiées comme étant fortement touchées par les mesures de décarbonation.

En ce qui concerne la classification sur l'adaptabilité à la décarbonation, la catégorisation était plus applicable et plus significative pour les sous-industries modérément touchées, car toutes les sous-industries de la catégorie à faible impact ont été classées comme ayant une adaptabilité élevée, tandis que toutes celles de la catégorie à impact élevé ont été identifiées comme ayant une faible adaptabilité aux mesures de décarbonation. Par exemple, les entreprises du sous-secteur des raffineries de pétrole seront fortement touchées par l'élimination progressive des combustibles fossiles et auront du mal à s'adapter aux mesures de décarbonation sans modifier fondamentalement leurs activités et leur gamme de produits. La plupart des entreprises de ce sous-secteur sont très susceptibles de subir des pertes de revenus ou de fermer leurs portes en raison d'une baisse de la demande de produits traditionnels à base de combustibles fossiles

et de l'augmentation de l'utilisation de sources d'énergie de remplacement. On s'attend à ce que des répercussions similaires s'appliquent à d'autres sous-industries à impact élevé et à faible adaptabilité, comme la sous-industrie de la fabrication de moteurs à essence et de pièces de moteurs à essence pour véhicules automobiles et la sous-industrie de la fabrication de machines pour l'exploitation minière et pétrolière et gazière.

Parmi les sous-industries modérément touchées, six ont été identifiées comme ayant une adaptabilité élevée, 21 comme ayant une adaptabilité modérée et sept comme ayant une faible adaptabilité à la décarbonation. Vous trouverez ci-dessous des exemples de chaque cas :

- **Impact modéré, adaptabilité élevée :** la sous-industrie de la fabrication de matériel électrique et électronique pour véhicules automobiles est un exemple de sous-industrie modérément touchée, mais très adaptable. Certains produits de cette sous-industrie seront touchés par la transition des véhicules électriques à combustion interne vers les véhicules électriques, comme les régulateurs de tension, les distributeurs et les faisceaux de câbles pour les moteurs à combustion interne. Cependant, des produits électriques et électroniques similaires (avec un certain niveau de variation) seront nécessaires dans la fabrication des véhicules électriques, de sorte que des changements minimes aux activités pourraient être nécessaires pour que le secteur s'adapte aux changements associés à la décarbonation.



- **Impact modéré, adaptabilité modérée :** la sous-industrie de la fabrication d'acier, de métal et de ferro-alliages est un exemple de sous-industrie modérément touchée et modérément adaptable. Cette sous-industrie sera touchée par les mesures de décarbonation, car elle est très énergivore et génère d'importantes émissions de GES pendant la production. Cependant, l'industrie progresse vers la décarbonation en mettant en œuvre des technologies de production écoénergétiques facilement accessibles, telles que les fours à arc électrique et la fabrication d'acier à base d'hydrogène, ainsi qu'en utilisant la ferraille comme matière première de remplacement. Ces changements nécessiteront un certain niveau d'investissement et de changement dans les activités et les opérations. Le perfectionnement des travailleurs peut être nécessaire pour faire fonctionner les technologies nouvellement mises en place.
- **Impact modéré, faible adaptabilité :** la sous-industrie de la fabrication du ciment est un exemple de sous-industrie modérément touchée, mais peu adaptable. La production de ciment émet des niveaux élevés de CO₂ pendant la production et l'industrie dispose de solutions de rechange limitées pour les matières premières ou les sources d'énergie. Bien que l'industrie explore de nouvelles technologies de production, ces solutions pourraient ne pas être économiquement viables ou évolutives avant des années, et elles pourraient nécessiter des investissements majeurs dans la recherche, l'infrastructure et de nouveaux procédés de fabrication.

Il convient de noter ici que les entreprises faisant partie des sous-industries de la catégorie à impact modéré et à faible adaptabilité ne courent pas un risque élevé de perte de revenus ou de fermeture. Cependant, ces entreprises auront du mal à faire la transition vers des solutions de remplacement à faibles émissions de carbone en raison des limites technologiques des produits et services offerts par ces sous-industries.

Couplée à des données sur l'emploi et les entreprises du secteur manufacturier, l'analyse fournit une couche supplémentaire de détails sur les incidences potentielles des mesures de décarbonation sur les entreprises manufacturières et les travailleurs. À l'aide de la classification de l'impact et de l'adaptabilité des sous-industries manufacturières, il est possible de déterminer le nombre de travailleurs et d'entreprises à haut risque à la suite d'un déploiement complet de mesures et de politiques de décarbonation. Il est également possible de déterminer les sous-industries qui pourraient nécessiter plus de soutien, d'investissement et d'attention dans la transition vers des produits et des procédés à faible émission de carbone. Les travailleurs de certaines sous-industries peuvent avoir besoin d'une mise à niveau et d'une formation pour s'adapter à tout changement lié aux compétences requises qui peut accompagner la mise en œuvre des nouvelles technologies. Le tableau 3 résume les résultats de cette analyse. Le tableau 4 présente une liste de plus de 30 sous-industries classées en fonction de leur impact et de leur capacité d'adaptation aux mesures de décarbonation.



Tableau 3. Résultats de l'évaluation de l'impact et de l'adaptabilité des sous-industries, des travailleurs et des entreprises

Impact	Adaptabilité				
Élevé	Faible	 6 sous-industries	 31 395 travailleurs	 622 entreprises	
Modéré	Élevée	 6 sous-industries	 37 587 travailleurs	 1 694 entreprises	
	Modérée	 21 sous-industries	 160 442 travailleurs	 3 567 entreprises	
	Faible	 7 sous-industries	 76 690 travailleurs	 593 entreprises	
Faible	Élevée	 208 sous-industries	 1 298 454 travailleurs	 43 909 entreprises	



Tableau 4. Quelques sous-industries classées en fonction de leur impact potentiel et de leur niveau d'adaptabilité aux mesures de décarbonation

Sous-industrie	Impact	Adaptabilité	Nombre d'employés	Nombre d'entreprises
Minoterie	Faible	Faible	1 914	69
Fabrication d'aliments congelés	Faible	Faible	13 773	208
Usines de fibres, de filés et de fils	Faible	Faible	952	41
Finissage de textiles et de tissus	Faible	Faible	798	105
Scieries	Faible	Faible	30 483	595
Usines de pâte à papier, de papier et de carton	Faible	Faible	21 151	141
Raffineries de pétrole	Élevée	Élevée	7 596	34
Fabrication de produits du pétrole et du charbon	Élevée	Élevée	2 068	58
Fabrication de produits pétrochimiques	Élevée	Élevée	1 864	20
Fabrication de gaz industriels	Faible	Faible	1 002	68
Fabrication d'engrais chimiques	Modérée	Modérée	5 248	219
Fabrication de pesticides et d'autres produits chimiques agricoles	Modérée	Modérée	755	22
Fabrication de produits pharmaceutiques et de médicaments	Faible	Élevée	33 391	403
Fabrication de peintures et de revêtements	Faible	Élevée	5 299	217
Fabrication de matériel d'emballage et de pellicules et feuilles en plastique	Faible	Élevée	14 295	221
Fabrication de pneus	Modérée	Faible	4 554	58
Fabrication de verre	Modérée	Moderate	8 320	81
Fabrication de ciment	Modérée	Faible	2 523	40
Sidérurgie	Modérée	Moderate	13 795	63
Production et transformation d'alumine et d'aluminium	Modérée	Moderate	12 319	20
Fonte et affinage de métaux non ferreux	Modérée	Moderate	8 454	28
Fonderies d'acier et de fer	Modérée	Moderate	3 595	75
Fabrication de réservoirs en métal (épais)	Modérée	Moderate	4 704	138
Fabrication de machines pour l'extraction minière et l'exploitation pétrolière et gazière	Élevée	Faible	10 685	338
Fabrication de matériel informatique et périphérique	Faible	Élevée	2 849	218
Fabrication de batteries	Modérée	Élevée	780	36
Fabrication de voitures et de véhicules automobiles légers	Modérée	Moderate	24 834	25
Fabrication de moteurs et de pièces de moteurs à essence pour véhicules automobiles	Élevée	Faible	6 042	81
Fabrication de matériel électrique et électronique pour véhicules automobiles	Modérée	Élevée	5 068	92
Fabrication de produits aérospatiaux et de leurs pièces	Modérée	Faible	39 239	295
Construction et réparation de navires	Modérée	Faible	11 353	132



En 2021, le secteur manufacturier canadien employait environ 1 605 000 travailleurs dans plus de 50 000 entreprises. À l'aide de la classification de l'impact potentiel et de l'adaptabilité, notre analyse révèle que la majorité des travailleurs du secteur manufacturier (1 298 454 employés) et des entreprises (43 909 entreprises) courent un faible risque d'être touchés par les mesures de décarbonation, car ils entrent dans la catégorie des mesures à faible impact et à adaptabilité élevée. De même, un faible risque est associé aux travailleurs et entreprises qui entrent dans la catégorie d'impact modéré mais à adaptabilité élevée.

Cependant, pour faciliter une transition en douceur vers une économie à faibles émissions de carbone, l'attention devrait être dirigée vers les entreprises et les travailleurs des catégories à impact modéré et élevé ayant une adaptabilité faible à modérée. Cela s'applique particulièrement aux six sous-industries, y compris les raffineries de pétrole et la fabrication de moteurs à essence pour véhicules, qui sont fortement touchées par la décarbonation et font preuve d'une faible capacité d'adaptation. Principalement dépendantes des combustibles fossiles et produisant des biens à forte empreinte carbone, les entreprises de ces sous-secteurs sont confrontées à des défis importants et à des pertes de revenus potentielles ou à des fermetures en raison de l'évolution de la demande vers des sources d'énergie et des technologies de remplacement. Les six sous-industries emploient un total de 31 395 travailleurs dans 622 entreprises. En l'absence d'un soutien ciblé, ces sous-industries, leurs entreprises et leurs travailleurs peuvent courir un risque

élevé si les entreprises ne réussissent pas à apporter des changements fondamentaux aux produits ou aux procédés. Dans de tels cas, les décideurs politiques devraient intervenir et veiller à ce que les travailleurs soient transférés vers d'autres industries à faible émission de carbone afin de minimiser l'impact sur l'ensemble du secteur et de l'économie.

Un autre domaine sur lequel il faut se concentrer est la catégorie des sous-industries modérément touchées et modérément adaptables. Dans les 21 sous-industries de cette catégorie, 1 694 entreprises emploient 76 690 travailleurs. Cela comprend des sous-industries telles que les usines sidérurgiques et la fabrication de ferro-alliages, la fusion et l'affinage des métaux, les fonderies de fer et d'acier et la sous-industrie de la forge. L'industrie sidérurgique a fait des progrès sur la voie de la décarbonation en mettant en œuvre des technologies de production écoénergétiques facilement accessibles, telles que les fours à arc électrique et la fabrication d'acier à base d'hydrogène, ainsi qu'en utilisant la ferraille comme matière première de remplacement. On s'attend à ce que ces entreprises effectuent des investissements importants dans l'adoption de technologies facilement accessibles et de nouvelles pratiques afin de réduire ou d'éliminer leur empreinte carbone. Les travailleurs de ces 1 694 entreprises peuvent avoir besoin de formation et de perfectionnement pour suivre le rythme des nouvelles technologies mises en place au travail.

Les entreprises modérément touchées qui ont une faible adaptabilité seront confrontées à des défis lors de la transition vers des

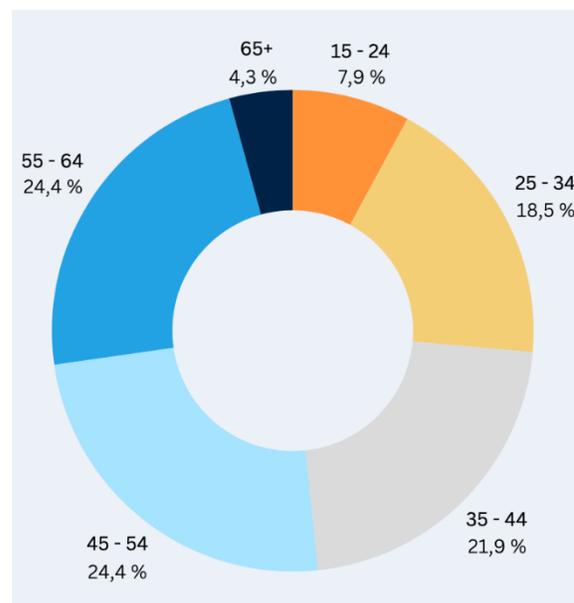


technologies à faibles émissions de carbone. Une grande partie des technologies à faibles émissions de carbone de ces sous-industries ne sont pas facilement accessibles ou évolutives. Par conséquent, des investissements importants dans la recherche et le développement de produits et de procédés sont nécessaires pour accélérer la transition. Les entreprises et les travailleurs de ces sous-industries ne sont pas exposés à un risque élevé, mais la transition vers des technologies à faibles émissions de carbone dans ces sous-industries (p. ex., la fabrication aérospatiale) sera plus lente que la transition vers des sous-industries modérément adaptables (p. ex., la fabrication de véhicules automobiles légers) ou hautement adaptables (p. ex., la fabrication d'équipements électriques et électroniques pour véhicules automobiles).

Enfin, certaines industries et sous-industries ont l'occasion de diversifier leur offre de produits et de jouer un rôle clé dans la transition vers l'énergie propre. Cependant, elles sont également potentiellement mises au défi d'augmenter leur production et d'innover dans les années à venir. Par exemple, on s'attend à ce que la sous-industrie de la fabrication de batteries connaisse une croissance à mesure que la demande de véhicules électriques et de systèmes de stockage d'énergie augmentera. De même, la sous-industrie de la fabrication d'équipements électriques et électroniques pour véhicules est appelée à jouer un rôle central dans le soutien à la fabrication de véhicules électriques et à l'approvisionnement en composants électriques et électroniques de ces véhicules. Néanmoins, ces deux sous-

industries sont confrontées au défi d'accroître leurs capacités de production et d'innover pour répondre aux besoins croissants du marché de l'économie décarbonée.

Graphique 1. Répartition de la main-d'œuvre manufacturière canadienne par groupe d'âge.



À l'aide de l'analyse préliminaire présentée ci-dessus, il est possible de déterminer le nombre de travailleurs et d'entreprises qui seront potentiellement mis à l'épreuve à la suite d'un déploiement complet de mesures et de politiques de décarbonation. Il est également possible de déterminer les sous-industries qui nécessitent plus de soutien, d'investissement et d'attention dans la transition vers des produits et des procédés à faible émission de carbone. Les travailleurs de certaines sous-industries peuvent avoir besoin d'une mise à niveau et d'une formation pour s'adapter à tout changement des compétences requises qui peut accompagner la mise en œuvre des nouvelles technologies.



Comme le montre la figure 1, plus de 50 % de la main-d'œuvre manufacturière se situe dans la tranche d'âge des 25 à 45 ans. Les travailleurs appartenant à ce groupe démographique de la main-d'œuvre sont des candidats de choix pour le perfectionnement et la requalification au cours des prochaines décennies, alors que le Canada fait la transition vers une économie décarbonée. Si l'on projette ces statistiques sur la taille de la main-d'œuvre manufacturière du Canada, et plus particulièrement sur la main-d'œuvre des industries qui adoptent des technologies de remplacement écoénergétiques, on se rend compte de l'ampleur et de la portée du défi que représentent l'acquisition et le perfectionnement des compétences. Cela souligne la nécessité d'élaborer des politiques constructives et des programmes ciblés avec l'appui du gouvernement. Il faut également renforcer les partenariats stratégiques entre les organisations pour atteindre les résultats souhaités. De tels efforts peuvent assurer une transition en douceur pour la main-d'œuvre manufacturière du Canada et faciliter l'acquisition des compétences nécessaires à la décarbonation de l'économie.

L'attention devrait également être portée sur les entreprises et les travailleurs des

industries et des sous-industries qui sont potentiellement mis à l'épreuve par la transition, car ceux-ci peuvent nécessiter un soutien, des investissements et une intervention pour assurer une transition réussie et en douceur vers une économie à faibles émissions de carbone. En l'absence d'un soutien ciblé, ces sous-industries et leurs travailleurs peuvent courir un risque élevé si les entreprises ne réussissent pas à apporter des changements fondamentaux aux produits ou aux procédés. Dans de tels cas, les décideurs politiques devraient intervenir et veiller à ce que les travailleurs soient transférés vers d'autres industries à faibles émissions de carbone afin de minimiser l'impact sur l'ensemble du secteur et de l'économie. Un autre domaine d'intérêt devrait être celui des entreprises dans lesquelles des capitaux importants devraient être investis dans l'adoption de technologies facilement accessibles et la formation de leurs travailleurs sur les nouvelles technologies déployées au travail. Les décideurs politiques devraient fournir le soutien nécessaire pour aider les entreprises et les travailleurs de ces sous-secteurs en difficulté à réussir la transition vers une économie à faibles émissions de carbone.



L'importance de l'innovation technologique dans une industrie manufacturière en décarbonation

Alors que le Canada fait la transition vers une économie décarbonée, son secteur manufacturier est mis au défi d'innover et d'intégrer des technologies de pointe qui ouvrent la voie à la réduction de son empreinte carbone. Outre la nécessité d'atteindre les objectifs environnementaux du Canada, l'adoption de ces technologies est cruciale pour la compétitivité mondiale, l'efficacité opérationnelle et la croissance durable du secteur manufacturier.

Alors que le paysage manufacturier mondial subit un changement transformationnel, les pays exploitent les progrès technologiques pour atténuer leur impact sur l'environnement tout en améliorant leur avantage concurrentiel. L'adoption de technologies telles que l'intelligence artificielle (IA), l'Internet des objets (IdO) et la robotique de pointe permet non seulement de rationaliser les procédés opérationnels, mais aussi de mettre en place des mécanismes qui réduisent considérablement l'empreinte carbone. D'autres technologies telles que le captage et le stockage du carbone (CSC), l'électrification des procédés de fabrication et l'exploration de matériaux de remplacement à faible teneur en carbone deviennent également cruciales pour naviguer efficacement dans cette transition. Par exemple, la transition vers l'électrification des procédés de fabrication, en particulier ceux alimentés par des sources d'énergie

renouvelables, peut réduire considérablement les émissions associées à la fabrication. Elle ouvre également des pistes de réduction des coûts d'exploitation à long terme, compte tenu de la transition mondiale vers les sources d'énergie renouvelables et de la baisse progressive des coûts qui y sont associés. En intégrant ces technologies, les fabricants peuvent optimiser la consommation d'énergie, minimiser les déchets et mettre en œuvre des méthodes de production plus propres tout en adaptant leurs activités à la durabilité.

L'innovation technologique apparaît également comme un facteur essentiel pour aider le Canada à atteindre ses cibles en matière d'émissions. Dans le secteur de la fabrication, cela nécessite non seulement l'adoption, mais aussi l'avancement des technologies et des procédés. Il est essentiel de mettre l'accent sur la recherche et le développement (R-D), en particulier dans les domaines des matériaux à faible teneur en carbone et des procédés de fabrication écoénergétiques. L'investissement dans la R-D peut accélérer la création de technologies innovantes et de pratiques durables qui garantissent une réduction de l'empreinte carbone sans compromettre la productivité et la qualité des produits. Les collaborations entre l'industrie, le milieu universitaire et le gouvernement peuvent amplifier l'impact de la R-D, en stimulant le développement et la



mise en œuvre de technologies durables à grande échelle.

L'adoption de nouvelles technologies et de nouvelles pratiques dans le secteur manufacturier canadien est non seulement une voie vers la réduction des émissions de carbone, mais aussi une stratégie clé pour

maintenir la compétitivité et la durabilité à l'échelle mondiale. L'investissement et l'adoption de ces innovations technologiques aideront le secteur à atteindre les objectifs de décarbonation et à assurer sa conformité avec la trajectoire mondiale vers une fabrication avancée et durable.



Remarques finales

L'information présentée dans notre analyse est un point de départ pour les décideurs et les intervenants dans leurs efforts visant à concevoir des politiques et des programmes efficaces qui assurent une transition réussie et harmonieuse vers une économie à faibles émissions de carbone, tout en minimisant les pertes d'emplois et les perturbations économiques. L'analyse montre que, bien que le nombre de travailleurs et d'entreprises confrontés aux mesures de décarbonation soit relativement faible par rapport au nombre total de travailleurs et d'entreprises du secteur manufacturier, en termes absolus, ce nombre reste considérable. Il est également important de noter que si certaines sous-industries et certains travailleurs auront d'importants défis à relever pour s'adapter aux nouvelles mesures, d'autres secteurs manufacturiers connaîtront une croissance à mesure qu'ils tireront parti des nouvelles possibilités et technologies. De plus, dans une économie à faibles émissions de carbone, la main-d'œuvre manufacturière devrait être dotée des compétences nécessaires et recevoir la formation appropriée pour s'adapter aux exigences changeantes de l'emploi dans le secteur manufacturier. Tout au long de cette transition, les procédés décarbonés de la fabrication sont susceptibles d'avoir un impact plus important sur les compétences de la main-d'œuvre que les produits décarbonés, car les procédés à faible émission de carbone nécessitent souvent un

changement fondamental des techniques de fabrication et l'adoption de nouvelles technologies par rapport à la décarbonation des produits, qui se concentre généralement davantage sur l'amélioration de l'efficacité des produits et la substitution des matériaux. Le passage à des procédés décarbonés exige la requalification et l'amélioration des compétences de la main-d'œuvre pour qu'elle puisse manipuler de nouveaux équipements et adhérer à différents protocoles opérationnels, ce qui crée une demande accrue de formation et d'études techniques.

Quel que soit le calendrier de la transition vers une économie décarbonée, il est essentiel d'aller dans le sens de la réduction de l'empreinte carbone du secteur pour atteindre les objectifs climatiques mondiaux. À l'heure actuelle, tous les indicateurs pointent vers un avenir à faibles émissions de carbone avec l'émergence rapide de nouvelles technologies et politiques propres. D'une manière générale, les compétences uniques requises pour soutenir la décarbonation industrielle seront davantage liées à la restructuration sectorielle et à ce changement technologique qu'aux exigences des emplois verts en tant que tels. Étant donné que le secteur manufacturier joue un rôle important dans l'économie canadienne, il faut adopter une approche globale et collaborative pour relever les défis posés par la décarbonation. Malgré ces défis à venir, le secteur manufacturier canadien peut jouer



un rôle clé dans la transition vers un avenir plus durable avec les bonnes politiques et les bons investissements.



Références

- ¹ Gouvernement du Canada. (2021). *Plan de réduction des émissions pour 2030 : un air pur et une économie forte*. Extrait de <https://www.canada.ca/fr/services/environnement/meteo/changementsclimatiques/plan-climatique/survol-plan-climatique/reduction-emissions-2030.html>
- ² Forum économique mondial. (2022). *Reducing the carbon footprint of the manufacturing industry through data sharing*. Extrait de <https://www.weforum.org/impact/carbon-footprint-manufacturing-industry/>
- ³ Environnement et Changement climatique Canada. (2023). *Indicateurs canadiens de durabilité de l'environnement : Émissions de gaz à effet de serre*. Accessible à <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/indicateurs-environnementaux/emissions-gaz-effet-serre.html>
- ⁴ Nations Unies : Changement climatique. L'Accord de Paris. « Qu'est-ce que l'Accord de Paris? » Extrait de <https://unfccc.int/fr/a-propos-des-ndcs/l-accord-de-paris>
- ⁵ Gouvernement du Canada. (2022). *Loi canadienne sur la responsabilité en matière de carboneutralité*. Extrait de <https://www.canada.ca/fr/services/environnement/meteo/changementsclimatiques/plan-climatique/carboneutralite-2050/loi-canadienne-responsabilite-matiere-carboneutralite.html>
- ⁶ Gouvernement du Canada. (2022). *Cadre pancanadien sur la croissance propre et les changements climatiques*. Extrait de <https://www.canada.ca/fr/services/environnement/meteo/changementsclimatiques/cadre-pancanadien.html>
- ⁷ Gouvernement du Canada. (2021). *Un environnement sain et une économie saine*. Extrait de <https://www.canada.ca/fr/services/environnement/meteo/changementsclimatiques/plan-climatique/survol-plan-climatique/environnement-sain-economie-saine.html>
- ⁸ Gouvernement du Canada. (2023). *La carboneutralité d'ici 2050*. Extrait de <https://www.canada.ca/fr/services/environnement/meteo/changementsclimatiques/plan-climatique/carboneutralite-2050.html>



- ⁹ Gouvernement du Canada. (2023). Initiative Accélérateur net zéro. Extrait de <https://ised-isde.canada.ca/site/fonds-strategique-innovation/fr/initiative-accelerateur-net-zero>
- ¹⁰ Gouvernement du Canada. (2023). Défi carboneutre. Extrait de <https://www.canada.ca/fr/services/environnement/meteo/changementsclimatiques/plan-climatique/carboneutralite-2050/defi.html>
- ¹¹ Gouvernement du Canada. (2023). Programme d'installations industrielles et manufacturières vertes. Extrait de <https://ressources-naturelles.canada.ca/efficacite-energetique/efficacite-energetique-lindustrie/programme-des-installations-industrielles-et-manufacturieres-vertes/20414>
- ¹² Département de l'énergie des États-Unis. (2021). « Emissions from Electric Vehicles ». Alternative Fuels Data Center. Extrait de https://afdc.energy.gov/vehicles/electric_emissions.html
- ¹³ ArcelorMittal Corporate. (2022). « ArcelorMittal breaks ground on first transformational low-carbon emissions steelmaking project ». Press Release. Extrait de <https://corporate.arcelormittal.com/media/press-releases/arcelormittal-breaks-ground-on-first-transformational-low-carbon-emissions-steelmaking-project>
- ¹⁴ Czigler, T., Reiter, S., Schulze, P. et Somers, K. (2020, 14 mai). *Laying the foundation for zero-carbon cement*. McKinsey & Company. <https://www.mckinsey.com/industries/chemicals/our-insights/laying-the-foundation-for-zero-carbon-cement>
- ¹⁵ Association du transport aérien international. (2023). *Aircraft Technology - Net Zero Roadmap*. Extrait de <https://www.iata.org/contentassets/8d19e716636a47c184e7221c77563c93/aircraft-technology-net-zero-roadmap.pdf>
- ¹⁶ Organisation de l'aviation civile internationale. (n.d.). *Future of Aviation*. Extrait de <https://www.icao.int/Meetings/FutureOfAviation/Pages/default.aspx>
- ¹⁷ Initiative sur l'avenir de la main-d'œuvre de l'industrie automobile canadienne. (2021). *The Impact of EV Production on the Automotive Manufacturing Supply Chain: Sources, Methods and Findings*. <https://www.futureautolabourforce.ca/wp-content/uploads/2021/10/EV-Report-Final-Oct-4.pdf>
- ¹⁸ Statistique Canada. (2022). Système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN) Canada, 2022, version 1.0. Extrait de <https://www.statcan.gc.ca/fr/sujets/norme/scian/2022/v1/index>



- ¹⁹ Gouvernement du Canada. (2023). *Recherche en ligne des données dans l'Inventaire national des rejets de polluants*. <https://pollution-dechets.canada.ca/inventaire-national-rejets>
- ²⁰ Statistique Canada. (2021). *Tableau 33-10-0395-01. Nombre d'entreprises canadiennes, avec employés*. DOI : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=3310039501&request_locale=fr
- ²¹ Statistique Canada. (2023). *Enquête annuelle sur les industries manufacturières et de l'exploitation forestière (EAMEF)*. https://www23.statcan.gc.ca/imdb/p2SV_f.pl?Function=getSurvey&SDDS=2103