



Étude prospective sur l'emploi et les compétences durant la transition vers une économie carboneutre



Partenaires



Le Diversity Institute mène et coordonne des recherches multidisciplinaires et multipartites pour répondre aux besoins des Canadiens et des Canadiennes de tous les horizons, à la nature changeante des aptitudes et des compétences, et aux politiques, mécanismes et outils qui favorisent l'inclusion et la réussite économiques. Notre approche axée sur l'action et fondée sur des données probantes fait progresser la connaissance des obstacles complexes auxquels font face les groupes sous-représentés ainsi que des pratiques exemplaires pour induire des changements et produire des résultats concrets. Le Diversity Institute dirige des recherches pour le Centre des Compétences futures.



Le Centre des Compétences futures (CCF) est un centre de recherche et de collaboration avant-gardiste qui se consacre à préparer les Canadiens à leur réussite professionnelle. À notre avis, les Canadiens devraient être confiants quant aux compétences qu'ils possèdent pour réussir au sein d'une main-d'œuvre en constante évolution. À titre de communauté pancanadienne, nous collaborons pour définir, tester, mesurer et partager de façon rigoureuse des approches novatrices pour évaluer et développer les compétences dont les Canadiens ont besoin pour prospérer dans les jours et les années à venir. Le Centre des Compétences futures a été fondé par un consortium dont les membres sont Toronto Metropolitan University, Blueprint et le Conference Board du Canada, et est financé par le Programme des compétences futures du gouvernement du Canada.



L'Institut pour l'IntelliProspérité (anciennement la Prospérité durable) est un réseau de recherche national, mais aussi un laboratoire d'idées (Think Tank) basé à l'Université d'Ottawa. Nous effectuons des recherches de niveau international et travaillons avec des partenaires publics et privés, le tout pour faire progresser les politiques pratiques et les solutions du marché en faveur d'une économie plus forte et propre.

Commanditaire

Le Centre des Compétences futures – Future Skills Centre est financé par le gouvernement du Canada dans le cadre du programme Compétences futures.

Les opinions et interprétations contenues dans cette publication sont celles des auteurs et ne reflètent pas nécessairement celles du gouvernement du Canada.



Auteurs

Mohsina Atiq

Associée de recherche, Institut pour l'IntelliProspérité

Aline Coutinho

Boursière postdoctorale, Institut pour l'IntelliProspérité

Anik Islam

Associée de recherche, Institut pour l'IntelliProspérité

John McNally

Associé de recherche principal, Institut pour l'IntelliProspérité

Remerciements

Le présent rapport a été rédigé par Mohsina Atiq, Aline Coutinho, Anik Islam et John McNally avec une aide à la rédaction et à la révision fournie par Mike Moffatt et Teslin Augustine. La modélisation et l'analyse des scénarios de décarbonation évoqués dans le présent rapport ont été réalisées par Navius Research Inc. Les auteurs tiennent à remercier Jason Dion, Aaron Coseby, Michael Wolinetz, Jotham Peters, Anthony Mantione, David Green, Ross Finnie, Hossein Hosseini, Bhim Adhikari et Arjan de Haan, qui ont partagé leurs points de vue et leur expertise à chaque étape de ce projet.

L'Institut pour l'IntelliProspérité endosse seul la responsabilité du présent produit final, laquelle ne doit revenir à aucune personne ayant révisé le présent rapport ou répondu à une entrevue, ni à une quelconque partie externe. La participation d'un intervenant ou d'une intervenante n'implique aucunement que cette personne valide le présent rapport, et toute erreur relève de la responsabilité des auteurs.

Veillez noter que dans ce document, le genre masculin est utilisé comme générique, dans le seul but de ne pas alourdir le texte.

Date de publication :

Mai 2022

Table des matières

Liste d'abréviations	i
Résumé	ii
PARTIE 1 :	
Introduction	1
PARTIE 2 :	
Répercussions de la transition vers la carbonéutralité sur les marchés du travail	9
PARTIE 3 :	
Méthodologie	14
PARTIE 4 :	
Scénarios de décarbonation	19
PARTIE 5 :	
Analyse des résultats	25
PARTIE 6 :	
Compétences dans une économie décarbonée	41
PARTIE 7 :	
Conclusions et recommandations	71
PARTIE 8 :	
Axes potentiels de recherche à approfondir	78
Références	81
Annexes	88

Liste d'abréviations

bbi	Baril britannique de pétrole brut
BTU	Unité thermique britannique
CAD	Capture atmosphérique directe
Cedefop	Centre européen pour le développement de la formation professionnelle
CIMT	Conseil de l'information sur le marché du travail
CLS	Canadian Light Sweet
CNP	Classification nationale des professions
CO ₂	Dioxyde de carbone
CSC	Capture et stockage du CO ₂
CSI	Confédération syndicale internationale
CUSC	Capture, utilisation et stockage du CO ₂
DPB	Directeur parlementaire du budget
ECO Canada	Organisation pour les carrières en environnement du Canada
EDSC	Emploi et Développement social Canada
EPA	Enquête sur la population active
ETP	Environnement et technologies propres
É.-U.	États-Unis d'Amérique
GES	Gaz à effet de serre
ICC	L'Institut climatique du Canada
IEG	Informatique d'équilibre général
IRENA	Agence internationale pour les énergies renouvelables
Mt éq. CO ₂	Mégatonne d'équivalent de dioxyde de carbone
MW	Mégawatt
OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
OIE	Organisation internationale des Employeurs
OIT	Organisation internationale du Travail
O*NET	Occupation Information Network
PIB	Produit intérieur brut
PJ	Pétajoule
PNUE	Programme des Nations Unies pour l'environnement
SCIAN	Système de classification des industries de l'Amérique du Nord
SEQE	Système d'échange de quotas d'émissions
SEQE-UE	Système d'échange de quotas d'émission de l'UE
UE	Union européenne
WASS	Score standardisé moyen pondéré (Weighted Average Standardized Score)
WCS	Western Canadian Select
WTI	West Texas Intermediate

Résumé

Le Canada s'est engagé à atteindre un objectif d'émissions de gaz à effet de serre égal à zéro, d'ici à 2050. Quelles répercussions cette transition aura-t-elle sur l'emploi et les compétences requises?

Outre le simple fait de contenir la hausse mondiale des températures, il existe un consensus croissant relatif aux avantages d'une transition vers une économie carbonneutre. Ces avantages sont souvent appelés « co-bénéfices » et l'un des plus importants concerne la création d'emplois induite par les changements technologiques et l'évolution de la demande, des modes de production, des conditions macroéconomiques et du commerce international qui en découleront. Alors que cette transition devrait avoir un effet global positif sur l'emploi, il sera réparti de manière inégale à travers les secteurs. L'argumentaire en faveur d'une économie décarbonée repose sur la transition réussie des travailleurs occupant des emplois amenés à disparaître vers les nouveaux postes qui vont émerger et se développer. En toute logique, il convient donc de se demander quels seront les effets d'une telle évolution intersectorielle sur les besoins en compétences, et quelle politique des compétences les décideurs devront adopter

en vue de favoriser une croissance propre et résiliente dans un éventail de scénarios carbonneutres¹.

Pour répondre à ces questions, le présent rapport s'appuie sur une étude prospective qui modélise les emplois et les compétences qui seraient nécessaires dans une économie carbonneutre, en fonction de divers scénarios. En effet, le Canada peut atteindre son objectif de carboneutralité de multiples façons. Dans le présent rapport, toutefois, nous avons étudié les trois pistes suivantes :

- > Une approche à plus faible intensité carbonique axée sur un taux élevé de remplacement de combustible en faveur de l'électrification des usages finaux.

1 Dans le présent rapport, les compétences sont définies comme les qualités acquises par la formation ou l'expérience. Les 35 compétences utilisées aux fins de la présente analyse sont issues de la base de données O*NET du ministère du travail américain et ont été réparties dans sept catégories : contenu, processus, compétences sociales, résolution de problèmes complexes, compétences techniques, systèmes et gestion de ressources.

- > Une approche à plus haute intensité carbonique reposant moins sur le remplacement de combustible et davantage sur les technologies de capture du CO₂ ou de capture atmosphérique directe (CAD).
- > Un scénario intermédiaire alliant ces deux approches et reposant davantage sur la compensation des émissions de CO₂.

Si ces trois approches ou trajectoires permettent d'atteindre l'objectif de carboneutralité à l'horizon 2050, les principales variables associées à chaque scénario sont la rigueur des politiques de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES), les conditions du marché et les paramètres technologiques. Parmi les autres co-bénéfices (non modélisés ici) d'une réduction des émissions figurent également l'amélioration de la santé, l'utilisation plus efficace des ressources, la diminution de la pollution atmosphérique, l'innovation technologique et ses aboutissants, ainsi qu'un meilleur effet distributif (Deng et coll., 2017), (voir l'encadré 2 aux pages 28-29).

Le modèle utilisé dans cette étude prospective offre notamment l'avantage de mettre en lumière une variation du nombre d'emplois créés en fonction des secteurs et des scénarios, sous l'effet des différentes trajectoires de décarbonation. Cela dit, comme dans toute modélisation, les hypothèses qui confèrent sa puissance au modèle limitent également la fiabilité des résultats qui en découlent. S'il est important de reconnaître ces limites (voir l'annexe 1), les contours des trois approches potentielles de décarbonation esquissées par ce modèle n'en fournissent pas moins de précieux



L'étude prospective exposée dans le présent rapport a été conçue pour explorer une multitude de scénarios plausibles dans le but de contribuer à l'élaboration de politiques résilientes face à l'incertitude.

renseignements. De fait, cette modélisation permet aux décideurs et aux parties prenantes dans l'ensemble de l'écosystème de la formation professionnelle d'avoir un point de départ crucial pour formuler les politiques et les programmes dont les Canadiens et les Canadiennes auront besoin au fil de la transition économique sans précédent requise pour atténuer le changement climatique et s'y adapter.

L'étude prospective exposée dans le présent rapport a été conçue pour explorer une multitude de scénarios plausibles dans le but de contribuer à l'élaboration de politiques résilientes face à l'incertitude. Il est important de souligner que le présent rapport ne cherche aucunement à prédire l'avenir². Il s'avère pratiquement impossible à l'heure actuelle de formuler des prévisions, notamment car nous ne savons pas quelle trajectoire de décarbonation concrète le Canada va emprunter à long terme.

2 Contrairement aux études prospectives, les analyses prévisionnelles ont pour but de prédire l'avenir sur la base des tendances et des données historiques et actuelles.

En outre, les changements démographiques, l'évolution technologique et les tendances mondiales contribuent à entretenir le doute. Les études prospectives, à l'image de celle-ci, et les futurs plausibles qu'elles dessinent, peuvent s'avérer particulièrement utiles aux décideurs et aux parties prenantes de l'écosystème de l'enseignement qui cherchent à élaborer des politiques et des programmes robustes et résilients. En particulier, ces résultats prospectifs révèlent plusieurs similitudes entre les trois trajectoires envisagées vers un avenir carboneutre :

- 1. La décarbonation a peu d'effet sur l'emploi dans la majorité des secteurs.** La croissance de pas moins de 75 p. 100 des emplois n'est pas directement affectée par ces scénarios de décarbonation car les postes en question concernent des secteurs peu énergivores ou à faible émission de GES (par exemple, le commerce, la finance, la santé, l'éducation et les services).
- 2. La création d'emplois et la croissance économique se poursuivent dans les trois scénarios.** Dans ces trois scénarios, la modélisation à l'aide de gTech — un modèle informatique d'équilibre général (IEG) dynamique simulant l'économie nord-américaine géré par Navius Research Inc. — montre que l'économie canadienne poursuit sa croissance entre 2015 et 2050. Quelle que soit le degré de dépendance au carbone envisagé, l'économie canadienne reste créatrice d'emplois, avec une différence de seulement 113 000 postes entre le scénario le plus

optimiste et celui le plus pessimiste. En réalité, c'est l'approche la plus agressive en matière de réduction de l'intensité carbonique qui, d'après les projections, donne lieu à la plus forte croissance de l'emploi.

- 3. La création d'emplois est répartie de manière inégale entre les secteurs.** Par rapport à 2015, toutes les trajectoires de décarbonation engendrent une hausse du nombre d'emplois dans divers secteurs tels que la fabrication et la construction. En revanche, les secteurs à forte intensité de ressources, comme l'agriculture et l'industrie du pétrole et du gaz, enregistrent un ralentissement de croissance de l'emploi, voire un franc déclin de celui-ci. À noter que la présente analyse ne tient pas compte du potentiel de création d'emplois des mécanismes de compensation des émissions de CO₂, lesquels contribueront probablement à préserver ou à créer des postes dans le secteur agricole (voir l'encadré 4)³.

Les effets sur l'emploi des différents scénarios, en fonction des secteurs, permettent de tirer cinq enseignements clés quant aux compétences requises :

3 Il s'agit d'une hypothèse politique extérieure au modèle et non prise en compte dans la modélisation. Elle a été intégrée au scénario, car nous pensons que le Canada fondera sa trajectoire de décarbonation, dans une certaine mesure, sur des mécanismes de compensation carbone. Toutefois, ces derniers ont encore des contours très flous, que ce soit à l'échelle nationale ou mondiale, la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques n'ayant pas encore défini les programmes internationaux.

1. Les compétences non techniques sont aussi importantes, voire plus, que les compétences techniques dans la transition écologique vers la carboneutralité. Même dans les secteurs exigeant des compétences techniques telles que le suivi du fonctionnement ou le contrôle de la qualité, les compétences non techniques présentent un score d'importance supérieur. Si ce constat n'enlève rien à l'utilité des compétences techniques, il souligne l'importance des compétences générales dans les postes à pourvoir au sein d'une économie décarbonée. De fait, l'association de diverses compétences techniques et non techniques forme la « littératie écologique » que la main-d'œuvre devra acquérir dans un avenir à faible émission de carbone.

2. Les compétences sociales et cognitives sont capitales. Les cinq compétences jugées fondamentales dans un avenir décarboné sont la pensée critique, la surveillance, la coordination, le jugement et la prise de décisions, et la résolution de problèmes complexes.

3. Diverses compétences existantes, recyclées de façon stratégique, sont impératives pour mener à bien certaines tâches pertinentes dans une économie carboneutre.

Les compétences techniques et non techniques existantes, comme la pensée critique, la résolution de problèmes, la gestion, le suivi des opérations et le contrôle de la qualité, qui ressortent de cette analyse n'ont rien d'original. Elles sont d'ailleurs utilisées dans un éventail d'emplois à intensité carbonique faible comme



Les principales compétences requises pour les emplois dans les secteurs où une suppression d'emplois est attendue se recoupent en grande partie avec les principales compétences requises dans les secteurs où une croissance est attendue et les travailleurs risquant de perdre leur emploi seront donc majoritairement aptes à occuper les postes créés dans un éventail de scénarios de décarbonation

élevée. Dans un avenir caractérisé par la carboneutralité des emplois, ces compétences devront être mises en application de façon à permettre aux travailleurs en cours de transition et aux nouvelles recrues d'adapter les processus, les technologies et les services en conformité avec la réglementation environnementale.

4. Le perfectionnement professionnel nécessaire à la transition des travailleurs n'est pas le même d'une province à l'autre. Dans les régions dépendantes des ressources, les travailleurs s'avèrent particulièrement vulnérables face à cette transition, car les trois trajectoires de décarbonation modélisées dans la présente analyse se

traduiront probablement par un déclin des emplois connexes. Toutefois, ces pertes pourraient être compensées par la croissance de l'emploi dans d'autres secteurs. Pour soutenir les travailleurs concernés, par exemple dans l'industrie du pétrole et du gaz, il serait ainsi envisageable de les former en vue d'une transition vers des emplois plus écologiques.

- 5. Les secteurs qui gagnent des emplois et ceux qui en perdent requièrent des compétences communes.** Les principales compétences requises pour les emplois dans la production animale, l'agriculture et l'extraction de pétrole et de gaz — autant de secteurs où une suppression d'emplois est attendue — sont la pensée critique, la surveillance, la résolution de problèmes, la coordination, la prise de décisions et la gestion du temps. Celles-ci se recoupent en grande partie avec les principales compétences requises dans les secteurs où une croissance est attendue et les travailleurs risquant de perdre leur emploi seront donc majoritairement aptes à occuper les postes créés dans un éventail de scénarios de décarbonation. Il s'avère donc crucial de répondre aux problématiques que rencontrent déjà les employeurs en matière de reconnaissance et de transfert des compétences communes entre les professions. La recherche de solutions approfondies permettant le recensement des compétences et la validation des qualifications en vue de

leur transférabilité sera indispensable pour tirer pleinement parti de ces ensembles.

Il est impératif que les décideurs, les établissements d'enseignement et les employeurs mènent une action coordonnée en vue de faciliter la transition des travailleurs vers de nouvelles occasions d'emploi. Le présent rapport émet plusieurs recommandations pour l'élaboration de politiques de compétences répondant aux engagements de carboneutralité pris par le Canada :

- 1. Établir une feuille de route carboneutre des carrières, axée sur le comblement des lacunes en matière d'information et de données relatives au marché du travail.** Cette feuille de route devrait prévoir un référentiel recensant les carrières indispensables pour atteindre l'objectif de carboneutralité en lien avec une base de données des compétences, à l'instar d'O*NET aux États-Unis, qui reflète des scores pertinents dans le contexte de la transition écologique du Canada.
- 2. Concevoir des programmes professionnels de requalification et d'amélioration des compétences répondant aux enjeux démographiques, y compris des programmes provinciaux pour les travailleurs en transition.** Ces programmes devront s'adapter aux besoins particuliers des travailleurs âgés, des jeunes diplômés et des professionnels formés à l'étranger,

et ce, tout en tenant compte des différences régionales afin de ne pas assimiler par inadvertance les besoins des travailleurs de l'industrie du pétrole et du gaz en Alberta, par exemple, à ceux des ouvriers du secteur manufacturier en Ontario et au Québec.

3. Mettre en œuvre des programmes de formation soulignant l'importance des compétences sociales et cognitives dans l'avenir du travail.

Parmi ces dernières figurent la pensée critique, l'apprentissage actif, la coordination, la perception sociale, la surveillance et la résolution de problèmes complexes, c'est-à-dire des compétences traditionnellement acquises par la formation « en cours d'emploi ». Les programmes de formation professionnelle et les curriculums nationaux doivent inclure un volet général sur les compétences sociales. En outre, la création de cadres de mesure du rendement peut contribuer à soutenir les efforts actuellement entrepris par les employeurs en faveur de l'amélioration des compétences et de la requalification de leurs employés (Cukier, 2020).

4. Cultiver un écosystème des compétences reposant sur un ensemble de partenariats horizontaux et verticaux et généralisant les considérations professionnelles liées aux scénarios

carboneutres. Les parties prenantes qui élaborent et financent les politiques environnementales, telles que les ministères fédéraux et provinciaux responsables des technologies environnementales et propres, doivent intervenir dans la conception d'un tel système. La conclusion de partenariats horizontaux et verticaux entre les gouvernements fédéral et provinciaux, les organismes de formation professionnelle provinciaux et les établissements d'enseignement sera également cruciale pour répondre aux besoins en amélioration des compétences et en requalification à l'échelon régional.

5. Mettre en place des mécanismes de soutien aux travailleurs dans le but de réduire le chômage et le sous-emploi engendrés par cette transition. À ce titre, il est possible d'envisager un soutien financier élargi afin de contribuer à répondre à l'évolution des besoins des travailleurs en transition ou de réaliser des investissements permettant de cerner les zones de forte croissance de l'emploi au niveau régional ou communautaire et de mettre les employeurs en relation avec des organismes de formation afin d'accélérer les efforts d'amélioration des compétences et de requalification.



PARTIE 1 : Introduction

Outre le fait de contenir la hausse mondiale des températures, il existe un consensus croissant relatif aux avantages d'une transition vers une économie à zéro émission nette de gaz à effet de serre (GES). L'un de ces avantages ou « co-bénéfices » supplémentaire concerne la création d'emplois. D'après l'Organisation internationale du Travail (OIT, 2018), les modifications apportées dans le domaine de la production et de l'utilisation de l'énergie en vue d'atteindre l'objectif d'un réchauffement climatique limité à deux degrés Celsius pourraient se traduire par la création nette d'environ 18 millions d'emplois à l'échelle mondiale. Ainsi, la transition réussie vers une économie décarbonée ne s'avère pas seulement cruciale pour le climat, elle a également des effets bénéfiques sur le marché du travail de pays du monde entier, y compris du Canada. Bridge et Gilbert (2017) estiment que la transition vers une économie carboneutre créera 3,3 millions d'emplois directs dans les seuls métiers de la construction d'ici à 2050. De plus, les efforts de reprise économique dans le sillage de la pandémie de COVID19 ont souligné la nécessité d'une politique de dépenses sans précédent, qui s'avérera un



Le présent rapport s'appuie sur une étude prospective qui modélise le nombre d'emplois créés et l'évolution connexe des besoins en compétences dans une économie carboneutre, en fonction de divers scénarios.

levier de transformation si cette démarche de relance va dans le sens des engagements du Canada en faveur de la décarbonation (Corkal et coll., 2020).

Pour commencer à comprendre les effets quantitatifs d'un taux nul d'émissions nettes de GES sur le marché du travail, le présent rapport s'appuie sur une étude prospective qui modélise le nombre d'emplois créés et l'évolution connexe des besoins en compétences dans une économie carboneutre, en fonction de divers scénarios. Si plusieurs études montrent que cette transition sera globalement

bénéfique pour l'emploi, elle aura des effets extrêmement variables selon les secteurs et les professions, créant de nouveaux emplois dans certains, entraînant la suppression d'emplois dans d'autres et modifiant la nature des emplois existants (Martinez-Fernandez et coll., 2013).

Le Canada peut atteindre son objectif de carboneutralité de multiples façons. Parmi elles, le présent rapport envisage trois hypothèses principales :

1. une approche à plus faible intensité carbonique axée sur un taux élevé de remplacement de combustible en faveur de l'électrification des usages finaux
2. une approche à plus haute intensité carbonique reposant moins sur le remplacement de combustible et davantage sur les technologies de capture du CO₂ ou de capture atmosphérique directe (CAD)
3. un scénario intermédiaire alliant ces deux approches et reposant davantage sur la compensation des émissions de CO₂

Si ces trois trajectoires permettent d'atteindre la carboneutralité à l'horizon 2050, les principales variables associées à chaque scénario sont la rigueur des politiques de réduction des émissions de GES, les conditions du marché et les paramètres technologiques. Parmi les autres co-bénéfices (non modélisés ici) d'une réduction des émissions figurent également l'amélioration de la santé, l'utilisation plus efficace des ressources, la diminution de la pollution atmosphérique, l'innovation technologique et ses retombées, ainsi qu'un meilleur effet distributif (Deng et coll., 2017) (voir l'encadré 2, aux pages 28-29).

Le modèle utilisé dans cette étude prospective offre notamment l'avantage de mettre en lumière une variation du nombre d'emplois créés en fonction des secteurs et des scénarios, sous l'effet des différentes approches de décarbonation. Cela dit, comme dans toute modélisation, les hypothèses qui confèrent sa puissance au modèle limitent également la fiabilité des résultats qui en découlent. S'il est important de reconnaître ces limites (voir l'annexe 1), les contours des trois trajectoires potentielles de décarbonation esquissées par ce modèle n'en fournissent pas moins de précieux renseignements. De fait, cette modélisation permet aux décideurs et aux parties prenantes dans l'ensemble de l'écosystème de la formation professionnelle d'avoir un point de départ crucial pour formuler les politiques et les programmes dont les Canadiens et les Canadiennes auront besoin au fil de la transition économique sans précédent qui s'avérera nécessaire pour atténuer le changement climatique et s'y adapter.

Notre analyse commence par l'étude des emplois et des compétences qui seraient requis par une économie canadienne carboneutre, en fonction de divers scénarios plausibles. Il s'agit ainsi d'une étude prospective conçue pour contribuer à l'élaboration de politiques résilientes face à l'incertitude. Il est important de souligner que le présent rapport ne cherche aucunement à prédire l'avenir⁴. De fait, il s'avère pratiquement impossible à l'heure actuelle de formuler des prévisions, notamment car nous ne savons pas quelle approche de décarbonation concrète le

4 Contrairement aux études prospectives, les analyses prévisionnelles ont pour but de prédire l'avenir sur la base des tendances et des données historiques et actuelles.

Canada va emprunter à long terme. En outre, les changements démographiques, l'évolution technologique et les tendances mondiales qui auront un impact sur l'avenir économique et les axes de décarbonation du Canada contribuent à entretenir le doute, rendant cette tâche encore plus difficile. Il faudrait également tenir compte des menaces et des possibilités susceptibles d'émerger dans différents secteurs et d'avoir des répercussions sur le marché du travail et les membres actuels et futurs de la population active.

Malgré ces incertitudes, notre analyse suggère que la conduite réussie des changements induits par la décarbonation reposera sur la transition des travailleurs « entre les secteurs » (de ceux qui devraient décroître vers ceux qui devraient se développer) et sur leur évolution « au sein d'un même secteur » (par le biais de la requalification et l'amélioration des compétences). Les politiques de développement des compétences joueront un rôle crucial dans ces transitions (OCDE, 2012), rôle dont l'importance ne doit pas être sous-estimée au risque de créer des goulots d'étranglement, d'accentuer le chômage et de ralentir la croissance économique à long terme. Tous ces facteurs renforcent la nécessité d'instaurer des programmes généraux d'enseignement et de développement des compétences propices à la transition des travailleurs et des nouvelles recrues. Le second volet de notre étude vise à comprendre quels besoins en compétences découleront des changements économiques induits par la décarbonation. Cette analyse a également pour but d'aider les décideurs et d'autres parties prenantes

de l'écosystème de l'enseignement et de la formation professionnelle à bâtir l'infrastructure politique et programmatique essentielle qui sera nécessaire pour soutenir les membres actuels et futurs de la population active et favoriser leur épanouissement dans notre économie en voie de décarbonation.

Premiers jalons : engagements du Canada en faveur d'une économie carboneutre

Depuis 2016, la volonté canadienne de décarboner l'économie est en grande partie orientée par le Cadre pancanadien sur la croissance propre et les changements climatiques (Environnement et Changement climatique Canada, 2016). En vertu de ce plan, diverses mesures prises appuient l'objectif du Canada visant à réduire ses émissions de GES à 30 p. 100 en deçà des niveaux de 2005. Plus récemment, le gouvernement du Canada a consolidé ses engagements en faveur d'une économie carboneutre. Ainsi, la Loi sur la responsabilité en matière de carboneutralité, promulguée en novembre 2020, a fait de l'objectif de carboneutralité à l'horizon 2050 un engagement juridiquement contraignant pour le gouvernement du Canada. Ladite loi définit des cibles quinquennales de réduction des émissions et impose la préparation de plans pour les atteindre, ainsi que l'élaboration de rapports d'étape sur les progrès réalisés. Un organisme consultatif indépendant aura pour mission d'orienter le gouvernement du Canada tout au long de

son parcours vers la carboneutralité. Faisant fond sur cet engagement, le gouvernement du Canada a publié en décembre 2020 son plan complet de lutte contre les changements climatiques, *Un environnement sain et une économie saine*, dont les cinq piliers sont les suivants :

- > réduire le gaspillage d'énergie
- > offrir des transports et de l'électricité propres et abordables
- > instaurer une tarification de la pollution par le carbone
- > bâtir un avantage industriel propre
- > adopter des solutions fondées sur la nature

Ce plan climatique prévoit 64 politiques et programmes nouveaux, ainsi qu'un investissement de 15 milliards de dollars en complément de la somme de 6 milliards de dollars de financement par la Banque de l'infrastructure du Canada dédiés aux infrastructures propres (Environnement et Changement climatique Canada, 2020). Tirant parti de cette dynamique, le gouvernement fédéral s'est engagé en juillet 2021 à atteindre une cible encore plus ambitieuse en vue de réduire les émissions du Canada à 40 p. 100, voire 45 p. 100 en deçà des niveaux de 2005 d'ici à 2030⁵.

5 Si l'analyse exposée dans le présent rapport a été réalisée avant que ces nouvelles cibles soient fixées à l'horizon 2030, elle reste cohérente avec l'objectif final consistant à atteindre la carboneutralité d'ici à 2050. Dans cette optique, la modification apportée pour ce jalon pourrait avoir uniquement des répercussions limitées sur l'emploi dans les premières années de modélisation jusqu'aux alentours de 2030.

Facteurs clés de convergence entre emploi et compétences pour un avenir carboneutre

Entre 2015 et 2019, le Canada a constaté une hausse du nombre d'emplois dans le secteur de l'environnement et des technologies propres (ETP) soit de 313 250 à 338 695 emplois (taux moyen de croissance annuelle de 1,97 p. 100), représentant ainsi environ 1,8 p. 100 de l'emploi à l'échelon national. La part la plus importante (22 p. 100) de ces emplois était concentrée dans le secteur des services publics, principalement dans la production, le transport et la distribution d'électricité. Venaient ensuite le secteur des travaux de génie civil avec 19 p. 100 des emplois, le secteur des services avec une part de 15 p. 100 et le secteur manufacturier avec une part de 12 p. 100 (Statistique Canada, 2021).

Les tendances en matière d'emploi dans le secteur ETP évoluent sous l'effet de divers facteurs d'ordre technique, économique et politique. L'innovation technologique, notamment, revêt une grande importance dans la mesure où elle améliore l'efficacité, réduit les coûts, fait évoluer l'usage et, en fin de compte, modifie le profil des emplois et les compétences requises (IRENA, 2018). Toutefois, les retombées de l'innovation technologique sur les emplois et les compétences ne sont pas uniformes : elles varient en fonction des secteurs.

Les politiques énergétiques et environnementales (par le biais de programmes réglementaires et de mesures publiques d'incitation) ont également un rôle à jouer (Cedefop, 2012) :

- > en définissant l'objectif général et les normes d'ensemble à moyen et à long termes
- > en assurant le financement et le soutien en matière d'infrastructure des projets innovants en accord avec le principe de carboneutralité
- > en créant et en maintenant des conditions de concurrence équitables pour toutes les parties prenantes⁶

D'après le Cedefop (2019), les politiques de réduction des émissions de CO₂ font partie de celles qui ont le plus d'incidence sur le marché du travail du secteur ETP. En effet, les approches de décarbonation sont en grande partie déterminées par les coûts relatifs, les décisions d'investissement, l'innovation technologique et les politiques environnementales : autant de facteurs qui, à leur tour, ont des répercussions sur le marché du travail. Ce constat se confirme particulièrement en ce qui concerne les compétences requises dans les emplois carboneutres, c'est-à-dire les compétences dont auront besoin les travailleurs de tous les secteurs et échelons pour contribuer à adapter les produits, les processus et les services aux changements climatiques et pour garantir leur conformité aux exigences

6 Les politiques publiques avant-gardistes sont également essentielles pour accompagner les différentes phases du système d'innovation propre et soutenir le bon fonctionnement des marchés (Elgie & Brownlee, 2017).

environnementales (Martinez-Fernandez et coll., 2013).

La technologie et les politiques orientent la demande sur le marché de l'emploi et les besoins en compétences. L'offre dépend principalement de la solidité des cadres institutionnels et des écosystèmes de compétences. Reste à déterminer les emplois et les compétences qui auront leur place dans une économie carboneutre à mesure que les politiques climatiques se traduiront sous forme d'investissements. Les établissements de formation commencent seulement à appréhender les retombées de la transition économique vers la carboneutralité et doivent réagir en adaptant davantage leurs curriculums et leurs initiatives de formation axée sur les compétences (Martinez-Fernandez et coll., 2013). Le présent rapport vient alimenter ce débat et étayer les types de changements à apporter en recensant les compétences nécessaires dans une économie décarbonée.

Emplois et compétences dans un Canada décarboné

Si la décarbonation agira sur l'emploi de diverses façons (voir l'encadré 1 à la page 8), il n'est pas possible de déterminer clairement quelles seront les répercussions sur les besoins en compétences. Les études réalisées par le passé aboutissent à la conclusion que les compétences requises dans une économie décarbonée varieront selon les postes, qu'ils soient nouveaux et anciens. La plupart des emplois exigeront un éventail de compétences professionnelles générales déjà connues (gestion de projet, résolution de problèmes, compétences

mathématiques). Certains emplois, nés de la carboneutralité, requerront toutefois de nouvelles combinaisons de compétences (par exemple, des compétences techniques en matière d'énergies renouvelables et des aptitudes à la communication) (OCDE, 2012). Par conséquent, il est nécessaire de mieux comprendre comment les scénarios de décarbonation influenceront sur les compétences recherchées.

Le présent rapport modélise trois scénarios de décarbonation plausibles, mais distincts, à l'aide de gTech, un modèle informatique d'équilibre général (IEG) dynamique simulant l'économie nord-américaine hébergé par Navius Research Inc. La première approche, à plus faible intensité carbonique, appelée Électrons est axée sur le remplacement rapide des combustibles fossiles en faveur de l'électrification des usages finaux. La deuxième approche, à plus forte intensité carbonique, appelée Ressources, repose moins sur le remplacement de combustible et davantage sur la capture du CO₂ ou la capture atmosphérique directe. La troisième approche, appelée Mixte, constitue un scénario intermédiaire entre les deux premières trajectoires. Dans tous les cas, l'objectif de carboneutralité est présumé atteint à l'horizon 2050⁷. Les principales variables associées à ces trois scénarios sont la rigueur des politiques de réduction des émissions de GES, les conditions du marché et les technologies disponibles.

7 Le scénario mixte permet de réduire les émissions de 75 p. 100 et repose pour le reste sur des mécanismes de compensation carbone. Il s'agit d'instruments visant à réduire les émissions de GES pour compenser celles produites dans d'autres régions.



Il est nécessaire de mieux comprendre comment les scénarios de décarbonation influenceront sur les compétences recherchées.

Ce rapport vise deux objectifs : dans un premier temps, la modélisation aura pour but d'analyser les différentes configurations de l'emploi au Canada en fonction de nos trois approches de décarbonation; dans un second temps, ces projections serviront de base pour évaluer les effets des créations et suppression d'emploi intersectorielles sur les compétences requises, au regard des classifications des industries et des données d'emploi actuelles. Jusqu'à présent, le débat a principalement porté sur la réduction des émissions de CO₂ et peu de travaux ont étudié les répercussions qu'une telle écologisation aura sur l'emploi à l'échelle des secteurs et des provinces, et encore moins sur les compétences connexes requises. Le présent rapport vise à combler cette lacune et à fournir des enseignements sur les compétences techniques et sociales qui s'avéreront nécessaires à cette transition, indépendamment de la trajectoire empruntée par le Canada pour atteindre la carboneutralité.



La suite du rapport est structurée comme suit. La partie 3 passe en revue la littérature traitant des répercussions de la transition vers la carboneutralité sur le marché du travail et des leçons tirées de la modélisation IEG à travers le monde. Elle étudie également les quelques analyses des compétences menées selon une approche quantitative. La partie 4 explique en détail la méthode de modélisation du marché du travail — le gTech — et d’analyse des compétences, et en justifie le bien-fondé. La partie 5 expose les différences et les similitudes entre les trois scénarios

de décarbonation et leurs hypothèses respectives. La partie 6 dévoile les résultats de la modélisation en matière d’emploi et les répercussions sur les compétences qui ressortent de notre analyse. La partie 7 présente nos conclusions et formule plusieurs recommandations essentielles en matière de politiques, à la lumière de cette étude. Enfin, la partie 8 dessine les axes potentiels de recherche à approfondir en faisant fond sur ces travaux.



ENCADRÉ 1

Comment la décarbonation influe-t-elle sur le marché du travail?

Selon toute vraisemblance, la transition vers une économie décarbonée va modifier considérablement le marché du travail. Chateau et coll. (2018) ont mis au jour quatre grands mécanismes par lesquels ces changements surviendront (et surviennent déjà) :

Évolution des modes et technologies

de production : les entreprises délaissent les facteurs de production à teneur élevée en carbone ou « polluants » pour adopter des technologies et des processus plus propres, ce qui modifie les coûts de production et entraîne un transfert d'emplois entre secteurs. Ce transfert est non seulement fonction du niveau d'activité au sein de l'industrie concernée, mais aussi de la facilité avec laquelle il est possible de remplacer la main-d'œuvre par d'autres facteurs de production.

Évolution des tendances de la

structure de la demande : la demande de marchandises ayant des retombées potentiellement néfastes pour l'environnement est remplacée par une demande accrue de matières premières et de produits intermédiaires à faibles émissions de carbone ou « propres ».

Évolution des conditions

macroéconomiques : en fonction de l'approche de décarbonation empruntée, le revenu des ménages varie et modifie à son tour la structure de la demande, l'épargne et la main-d'œuvre disponible. Parmi les autres effets macroéconomiques, citons les ajustements budgétaires possibles grâce aux recettes issues de la taxe sur les émissions de carbone, par exemple, qui peuvent être redistribuées aux ménages ou réinjectées dans d'autres dépenses publiques.

Évolution du commerce

international : la variation des niveaux d'importations et d'exportations — qui a déjà des retombées sur les marchés du travail nationaux — peut induire des changements de la balance commerciale et des taux de change réels.

PARTIE 2 :

Répercussions de la transition vers la carboneutralité sur les marchés du travail

Enseignements tirés de la modélisation d'équilibre général

Les modélisations à l'aide de modèles IEG varient en fonction des hypothèses définies pour la modélisation. Elles offrent donc des résultats contextuels, tributaires des variables prises en compte et des niveaux initiaux d'émissions de GES (OCDE, 2012). Néanmoins, malgré cette variabilité des résultats, un vaste corpus d'études indique que la décarbonation a un effet net global neutre, voire positif, sur l'emploi (Bassi et coll., 2010; Cedefop, 2013; OCDE, 2012). En effet, les observations empiriques sur la réduction des émissions effectuées à partir d'un large éventail d'outils de modélisation démontrent unanimement qu'il est possible de réduire les émissions de manière drastique sans entraver la croissance économique et la création d'emplois (Bataille et coll., 2016). Pour y parvenir, il s'avère toutefois indispensable d'instaurer des politiques d'atténuation des coûts de transition vers la carboneutralité, de façon à équilibrer la répartition des avantages et des inconvénients.

D'après l'une des premières études complètes⁸ sur la transition vers un avenir carboneutre, achevée en 2008, une telle transition sera appelée à créer des emplois, à en détruire et à en remplacer d'autres, ainsi qu'à transformer la nature profonde de certains (Renner et coll., 2008). Les répercussions les plus spectaculaires de la décarbonation sur le marché du travail devraient se produire à long terme, à mesure que la diffusion, l'adaptation et l'expérimentation de nouvelles technologies et de nouveaux processus de production stimuleront la demande de main-d'œuvre hautement qualifiée (Fankhaeser et coll., 2008). Plusieurs études avancent l'argument selon lequel la politique climatique mise en œuvre au fur et à mesure de la décarbonation mondiale aura des retombées positives sur l'emploi (Bataille et coll., 2016; Fankhaeser et coll., 2008; Renner et coll., 2008). Toutefois, la création d'emplois est également tributaire des subventions et des mécanismes de financement (Böhringer et coll., 2013).

8 Cette étude a été commanditée par l'OIT dans le cadre de la Green Jobs Initiative (initiative pour les emplois verts), le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE), l'Organisation internationale des Employeurs (OIE) et la Confédération syndicale internationale (CSI) afin de promouvoir « les chances, l'équité et une transition juste vers une économie et des solutions vertes » (OIT, n.d., paragraphe 1, traduction libre). Cette initiative pour les emplois verts a duré de 2009 à 2014.

Depuis la publication de ces études, de nombreux modèles ont été mis au point pour analyser et évaluer les répercussions des politiques environnementales sur le marché du travail⁹. Parmi les plus utilisés figurent les modèles IEG, qui exploitent un jeu d'équations simulant l'économie et le comportement de ses parties prenantes. Ces données de référence simulent la structure de l'économie à l'état d'équilibre (c'est-à-dire avant qu'un quelconque changement soit apporté). Après la survenue d'un changement important, l'économie trouve un nouvel équilibre qui donne lieu à un nouvel ensemble de prix et engendre différentes répercussions intersectorielles sur l'affectation des biens et des facteurs.

Si les modélisations IEG ont principalement servi à évaluer l'effet des trajectoires de décarbonation sur divers indicateurs macroéconomiques, tels que le produit intérieur brut (PIB), relativement peu d'études se sont intéressées à leurs répercussions sur le marché du travail. D'après des études menées en Europe, il est estimé que la décarbonation aura des effets bénéfiques sur le PIB et l'emploi. À titre d'exemple, Kratena (2018) juge que

9 Citons par exemple les modèles entrées-sorties dynamiques, les modèles d'évaluation intégrée, les modèles d'empreinte environnementale, l'évaluation du cycle de vie, l'analyse des répercussions dans des modèles entrées sorties environnementaux étendus, l'analyse des entrées-sorties dans des modèles macroéconométriques et les modèles informatiques d'équilibre général (IEG). Pour en savoir plus, veuillez consulter l'ouvrage Input-output analysis : Foundations and extensions (Miller et Blair, 2009) et deux numéros spéciaux de la revue Economic Systems Research (2013, vol. 25, no 1 et 2014, vol. 26, no 3).



Les mesures en faveur de l'efficacité énergétique contribuent non seulement à créer des emplois dans différents secteurs, mais engendrent également une croissance soutenue des emplois hautement qualifiés, y compris des postes de cadres et de professionnels.

les politiques de mise à la casse¹⁰ des véhicules et des appareils électroménagers, assorties d'investissements en faveur de la remise à neuf, entraînent une croissance du PIB et de l'emploi. De fait, ces mesures ont des répercussions plus importantes que les politiques favorisant la production d'électricité à partir d'énergies renouvelables. D'autres exercices de modélisation faisant varier le bouquet technologique mettent en lumière des retombées positives sur l'emploi total à l'échelle de l'Union européenne (UE) (Cambridge Econometrics, 2013). Les mesures en faveur de l'efficacité énergétique contribuent non seulement à créer des emplois dans différents secteurs, mais

10 Les politiques de mise à la casse visent à encourager les consommateurs à acheter des voitures plus petites ou des appareils électroménagers à longue durée de vie. Pour ce faire, elles proposent des incitatifs sous forme de primes au comptant, par exemple, pour que les consommateurs retournent – ou mettent à la casse – leurs anciens véhicules et appareils au profit de nouveaux modèles plus efficaces.

engendrent également une croissance soutenue des emplois hautement qualifiés, y compris des postes de cadres et de professionnels. Cette demande découle de l'essor de l'emploi dans les secteurs de l'ingénierie et de la fabrication, et s'avère plus prononcée dans les scénarios reposant sur une haute efficacité énergétique et sur le développement des énergies renouvelables.

Selon certaines estimations, une transition sobre en carbone permettrait de réaffecter environ 1,4 p. 100 des emplois de l'UE en 2050 (Fragkos et Paroussos, 2017) avec un effet net global positif sur l'emploi. Les secteurs créant le plus de postes sont l'électricité, l'agriculture (alimentée par la production de biocarburants) et la construction (grâce aux systèmes solaires photovoltaïques et à la modernisation des bâtiments). Pour l'Espagne, Duarte et coll. ont utilisé un modèle IEG afin de simuler trois scénarios de décarbonation prévoyant des améliorations énergétiques produites par les technologies existantes et des améliorations énergétiques amenées par les industries et les ménages. Au vu des résultats, ces mesures ne se contentent pas de réduire les émissions et d'accroître l'efficacité énergétique : elles favorisent également la croissance économique, surtout lorsqu'elles s'appuient sur des technologies de remplacement à faibles émissions de carbone. De fait, les modèles prédisent à la fois une hausse de la consommation et une réduction du taux de chômage à long terme dans les scénarios qui incluent des améliorations de l'efficacité énergétique (aux alentours de 2030 et de 2040, respectivement), (Duarte et coll., 2018)¹¹.



Fait important, cette analyse met ainsi au jour la polarisation croissante des emplois en Europe, couplée à une évolution vers davantage d'autonomie, de spontanéité et de tâches sociales et intellectuelles au détriment des activités physiques et répétitives.

Dans le contexte canadien, Navius Research Inc. a précédemment utilisé gTech, un modèle IEG dynamique simulant l'économie nord-américaine, pour prévoir l'activité économique liée à l'énergie propre jusqu'en 2030 en simulant différentes technologies et politiques énergétiques. Cette modélisation table sur une hausse de 3,4 p. 100 du PIB lié à l'énergie propre et sur une augmentation des emplois liés à l'énergie propre de 398 000 à 559 000 postes entre 2020 et 2030. Une tendance qui s'explique par l'apparition de nouveaux emplois dans les domaines suivants : véhicules hybrides et électriques, bâtiments propres, transports, énergie éolienne et outillage industriel à faibles émissions de carbone. Néanmoins, les émissions devraient s'élever à 673 Mt éq. CO₂ en 2030, soit toujours 161 Mt éq.

11 Pour en savoir plus sur la modélisation IEG traitant des pays à revenu faible et intermédiaire, voir l'étude de cas sur le Chili de Nasirov et coll. (2020) et l'étude de cas sur l'Afrique du Sud d'Altieri et coll. (2016).

CO₂ audessus de la cible antérieure du Canada à l'horizon 2030 tablant sur une réduction des émissions de GES à 30 p. 100 en deçà des niveaux de 2005 en vertu des Accords de Paris (513 Mt éq. CO₂), (Navius Research Inc., 2019).

Au fil de la décarbonation des économies, les changements dans la composition sectorielle des emplois feront évoluer la demande vis-à-vis de certaines compétences. Toutefois, si les modèles IEG peuvent analyser les variations de l'emploi à l'échelle des secteurs, ils ne sont pas en mesure d'évaluer ou de quantifier les besoins en compétences. Pour pallier cette lacune, des études précédentes ont employé une approche en deux volets. En premier lieu, la modélisation IEG sert à déterminer les répercussions que les investissements en faveur des technologies propres auront sur l'emploi, en fonction du bouquet technologique, de l'apport de main-d'œuvre, des capacités de production nationale et d'exportation d'énergies alternatives, et des hypothèses de modélisation. Ensuite, elle s'appuie sur les classifications des emplois et les bases de données locales pour cerner et analyser les compétences qui s'avèrent extrêmement importantes dans les secteurs liés aux énergies renouvelables. Les pénuries de travailleurs hautement qualifiés risquent d'intensifier la concurrence et de compromettre le rapport coût-efficacité d'une transition carboneutre, rendant ainsi cruciale l'atténuation des effets indésirables potentiels d'une expansion des énergies renouvelables sur le marché du travail dans les économies à forte intensité carbonique (Fragkos et Paroussos, 2017).

Très peu d'études ont modélisé de manière concrète les compétences recherchées dans un avenir décarboné, en raison de la nature subjective et statique de ces dernières. Toutefois, une étude complète menée en Europe a défini un cadre de travail permettant d'établir des projections en matière d'emploi à l'horizon 2030 et de quantifier la demande et l'offre de compétences (Cedefop, 2018). Dans l'ensemble, une croissance modeste de l'emploi est attendue à l'échelle européenne jusqu'en 2030, sous l'effet de la croissance des secteurs de service plus particulièrement en quête de travailleurs hautement qualifiés, notamment les cadres, les professionnels et les auxiliaires. Les emplois moins qualifiés devraient également croître dans une certaine mesure, notamment dans les domaines de la vente, de la sécurité, du nettoyage, de la restauration et des soins. À l'inverse, les emplois moyennement qualifiés, en particulier dans le secteur agricole, enregistrent un déclin. Fait important, cette analyse met ainsi au jour la polarisation croissante des emplois en Europe, couplée à une évolution vers davantage d'autonomie, de spontanéité et de tâches sociales et intellectuelles au détriment des activités physiques et répétitives.



Les Prévisions sur la croissance des professions au Canada de l'Institut Brookfield exploitent un nouvel outil pour comprendre comment le marché du travail canadien pourrait évoluer jusqu'en 2030. Son étude menée en 2019 fait appel à la recherche prospective, aux avis d'experts et à l'apprentissage machine pour créer des projections de la croissance de l'emploi, cerner les compétences requises sur le marché du travail et recommander des initiatives propices au perfectionnement professionnel. Le schéma établi fait ressortir diverses compétences sociales et cognitives comme fondamentales pour la main-d'œuvre de demain, notamment la facilité de conception d'idées, la mémorisation,

l'instruction, la persuasion et l'orientation vers le service (Institut Brookfield pour l'innovation + l'entrepreneuriat, 2019). En outre, l'étude de l'Institut Brookfield utilise la Classification nationale des professions (CNP) canadienne et son lien avec le réseau O*NET¹² pour déterminer les emplois d'avenir et les profils de compétences connexes. Il convient de souligner que les compétences futures jugées importantes sont similaires à celles mises en lumière dans le présent rapport.

12 Mise au point par le ministère du Travail, de l'Emploi et de la Formation aux États-Unis, O*NET est une base de données complète qui recense toutes les professions dans l'ensemble des secteurs d'activité et industries et en donne la définition. Elle comporte également des renseignements détaillés sur les attributs propres à chaque profession, y compris les compétences, aptitudes, connaissances et formations requises pour l'exercer.

PARTIE 3 : Méthodologie

L'analyse exposée dans le présent rapport adopte une approche quantitative pour évaluer les évolutions de l'emploi et les compétences requises dans l'économie canadienne sur la voie de la carboneutralité. Dans un premier temps, nous utilisons un modèle IEG dynamique pour simuler différentes trajectoires de décarbonation et évaluer leurs effets sur l'emploi au Canada¹³. Dans un second temps, les résultats sectoriels obtenus dans chaque scénario sont mis en lien avec les professions concernées et les profils de compétences connexes, afin de trouver la réponse à cette question : indépendamment de la trajectoire de décarbonation qu'empruntera le Canada, quelles seront certaines des compétences les plus pertinentes pour la main-d'œuvre de demain?

Recensement des emplois de demain : le modèle gTech

Dans un premier temps, notre analyse exploite le modèle gTech géré par

Navius Research Inc. Il s'agit d'un modèle IEG dynamique récursif qui simule l'activité sectorielle et les transactions entre les foyers, les entreprises et les pouvoirs publics. Il convient parfaitement pour évaluer les répercussions d'un avenir carboneutre, car il représente les marchés de l'énergie et les technologies connexes, et établit des correspondances avec des renseignements relatifs au comportement et aux préférences des consommateurs, ainsi qu'avec des données macroéconomiques canadiennes (Navius Research Inc., 2021).

Le modèle gTech simule ces résultats en modifiant divers paramètres : politiques de réduction des émissions de GES, nouvelles technologies, coûts de l'énergie et hypothèses d'évolution des cours du pétrole. Il convient de noter que cette modélisation est effectuée à l'échelon national pour le Canada, ainsi qu'à l'échelon régional pour 11 régions (y compris des territoires) au Canada et aux États-Unis¹⁴. Pour évaluer les conséquences macroéconomiques d'une transition vers la carboneutralité,

13 La modélisation des scénarios de décarbonation aide à cerner les trajectoires vers un avenir carboneutre offrant un bon rapport coût-efficacité. Cette méthode vise à déterminer l'objectif final, puis à œuvrer pour l'atteindre en variant les caractéristiques des approches pour analyser leurs différences (Green, 2019).

14 La modélisation de l'activité économique aux États-Unis au sein de gTech permet une simulation explicite des échanges commerciaux entre le Canada et les États-Unis d'après des données historiques. Vu l'importance que revêt cette relation pour le Canada, il s'agit d'un paramètre essentiel pour garantir une modélisation fidèle de l'économie canadienne.



ce modèle quantifie les effets sur l'emploi observés dans le cadre de trois trajectoires de décarbonation (ces approches sont expliquées à la partie 5).

Le modèle gTech est calibré selon les statistiques du Système de comptabilité nationale de Statistique Canada et la modélisation des effets en matière d'emploi est établie en fonction de l'activité sectorielle (c.-à-d., ampleur de la croissance/du déclin de chaque secteur en fonction des trajectoires de décarbonation) et des niveaux de salaire (c.-à-d., un niveau de salaire plus élevé dans un secteur est propice à la création d'emplois dans ce dernier). En particulier, nous indiquons le nombre de postes qui seront créés dans chaque secteur en 2050, comparativement aux chiffres de référence de 2015, en fonction des scénarios¹⁵. Veuillez consulter les annexes 1 et 2 pour en savoir plus sur le modèle gTech.

15 Le modèle gTech utilise l'année 2015 à titre de référence, car il est calibré selon des statistiques de la population active cohérentes avec le Système de comptabilité nationale 2015 de Statistique Canada. À titre d'exemple, l'emploi par secteur ou code du SCIAN en 2015 est mis en concordance avec les secteurs intégrés au modèle. En outre, 2015 constitue un point de départ symbolique, car c'est l'année où les Accords de Paris ont été signés.

Mise en corrélation des emplois et des profils de compétences connexes

Malgré ses avantages, le modèle gTech ne permet pas d'évaluer les répercussions des différentes trajectoires de décarbonation sur les besoins en compétences. C'est pourquoi la seconde étape de notre analyse vise à mettre les résultats de modélisation en corrélation avec les profils de compétences. Comme l'illustre le tableau 1, cette étape se divise en quatre volets :

1. Tout d'abord, l'analyse se penche sur l'emploi par secteur modélisé par gTech¹⁶, les secteurs étant définis d'après le Système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN), et détermine où il y a eu création et

16 L'analyse des résultats de modélisation et l'analyse connexe des compétences ont été réalisées au printemps 2021. Il est important de le souligner pour les deux raisons suivantes : 1) O*NET est une base de données dynamique qui évolue à mesure que de nouvelles données sur les professions sont disponibles; 2) une version plus récente de la CNP a été publiée par Emploi et Développement social Canada et Statistique Canada à l'automne 2021, avec la possibilité qu'elle altère également les résultats de cette analyse.

suppression d'emplois. Cela permet de dresser une liste des principaux secteurs d'intérêt en vue d'une analyse approfondie dans les trois scénarios de décarbonation.

2. Les données par secteur sont ensuite converties en données par profession à l'aide de la CNP canadienne. Concrètement, il s'agit de récupérer les données d'emploi relatives à chaque profession de la CNP employée au sein de chacun des 20 secteurs du SCIAN¹⁷. Cet ensemble de données complet couvre l'enquête sur la population active (EPA) 2019 et est extrait du système d'accès à distance en temps réel de Statistique Canada. Il donne des précisions sur les professions qui sont exercées dans chaque secteur du SCIAN et sur les niveaux d'emploi correspondants en 2019. Les chiffres de l'emploi servent à définir des parts pour chaque secteur, ainsi qu'à pondérer chaque profession en son sein.
3. Au niveau des professions, l'analyse établit un profil de compétences pour chaque profession d'après la base de données O*NET des États-Unis¹⁸, laquelle fournit des renseignements détaillés

17 L'ensemble de données inclut l'emploi pour chaque code à quatre chiffres de la CNP dans chacun des secteurs du SCIAN (avec ventilation jusqu'au niveau des groupes d'activité économique à quatre chiffres). Cependant, le niveau des groupes d'activité économique du SCIAN à quatre chiffres a été agrégé au niveau du secteur à deux chiffres de façon à correspondre aux codes du SCIAN utilisés dans le modèle gTech. Étant donné que gTech emploie une combinaison de codes du SCIAN à deux, trois et quatre chiffres, ces codes ont été agrégés au niveau à deux chiffres pour permettre une analyse cohérente à l'échelle des secteurs.

18 Même si la CNP de Statistique Canada inclut des niveaux de compétence, ces derniers représentent le type et/ou le degré de formation ou d'enseignement requis pour exercer une profession. Ils visent principalement à faire la distinction entre les métiers « qualifiés » et « non qualifiés », sans fournir d'indications très détaillées. Les quatre niveaux de compétence de la CNP sont les suivants : A (diplôme universitaire), B (diplôme collégial ou formation spécialisée), C (diplôme d'études secondaires ou formation en milieu de travail) et D (formation en cours d'emploi).

sur l'importance et le niveau d'usage de 35 compétences dans différents métiers. Cette base de données a été retenue en raison du lien objectif établi avec la CNP au moyen d'un tableau de concordance mis au point conjointement par le Conseil de l'information sur le marché du travail (CIMT), Emploi et Développement social Canada (EDSC) et Statistique Canada (CIMT, 2020). Ce tableau de concordance permet d'extraire les scores standardisés pour l'« importance » et le « niveau » de chaque profession de la CNP¹⁹.

4. Enfin, en fonction du poids des professions et des scores standardisés pour l'« importance » et le « niveau »²⁰ définis dans chaque profil de compétences, cette analyse calcule le score standardisé moyen pondéré (WASS) pour chacune des compétences p d'après les professions i exercées dans les secteurs concernés. Cette étape finale permet de déterminer les principaux besoins en compétences en fonction des secteurs d'activité et les principales compétences requises dans l'ensemble des scénarios de décarbonation. L'équation 1 donne la formule permettant de calculer le score standardisé moyen pondéré.

ÉQUATION 1

$$\text{Score standardisé moyen pondéré}^p = \sum_{i=1}^n \text{poids des professions}_i \times \text{score standardisé}_i^p$$

19 Il faut distinguer l'« importance » et le « niveau » des compétences. Une compétence peut revêtir la même importance dans diverses professions, sans que le niveau de compétence requis soit le même pour autant. La « parole », par exemple, est une compétence aussi importante dans les professions d'avocat et de parajuriste. Toutefois, l'avocat (qui plaide souvent au tribunal) doit faire preuve d'un « niveau » de compétence supérieur en « parole ».

20 Le score standardisé moyen pondéré correspondant à l'« importance » des compétences est indiqué ici, car les résultats ont été agrégés par secteur, ce qui a tendance à neutraliser les variations entre les deux catégories de score pour une profession donnée.

TABLEAU 1**Approche d'évaluation des compétences**

Étape	1	2	3	4
Description détaillée	À partir des résultats du modèle gTech, analyse des créations/suppressions d'emplois dans différents secteurs (selon le SCIAN)	Dans chaque secteur, détermination des professions (selon la CNP) qui emploient de la main-d'œuvre, à l'aide des données issues des EPA	Pour chaque profession (CNP), extraction du profil de compétences à l'aide du tableau de concordance entre la CNP canadienne et la base de données américaine O*NET	En fonction du poids et des scores standardisés, calcul des scores standardisés moyens pondérés pour l'« importance » et le « niveau » des compétences dans différents secteurs
Produit	Recensement des secteurs d'intérêt majeurs dans chaque scénario de décarbonation	Calcul du poids en fonction du nombre de personnes exerçant chaque profession par rapport au nombre total d'emplois dans un secteur donné	Extraction des scores standardisés pour l'« importance » des compétences et le « niveau » d'usage de chaque profession	Détermination des principales compétences requises au sein des secteurs d'intérêt dans chaque scénario de décarbonation

Bien-fondé de cette approche d'évaluation des compétences

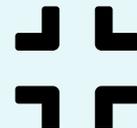
L'approche d'évaluation des compétences décrite ci-dessus offre un moyen viable d'évaluer les besoins en compétences en mettant les professions en corrélation avec leurs profils de compétences et en calculant leurs scores d'importance moyens pondérés. Par le passé, des chercheurs canadiens ont utilisé la base de données O*NET à des fins d'évaluation des compétences (à l'image de Pollin et GarrettPeltier, 2009). Grâce au tableau de concordance disponible, ils ont pu mettre en correspondance les deux ensembles de données et comparer les professions au Canada au regard de 35 compétences objectives et de leurs scores respectifs. L'approche utilisée dans le présent rapport convient idéalement à l'analyse des variations entre les scénarios, car elle repose sur une

méthode quantitative qui tient compte des compétences associées aux trajectoires potentielles de décarbonation en s'appuyant sur 35 compétences particulières issues d'O*NET et sur leurs scores d'importance pondérés au moyen de données d'emploi sectorielles.

Il est important de préciser que les 35 compétences étudiées dans cette analyse recouvrent les compétences qu'un travailleur devrait posséder pour exercer une profession. Néanmoins, l'analyse ne se penche pas sur la mise en pratique ou le déploiement de ces compétences au sein d'une profession donnée dans un contexte donné. Par exemple, un ingénieur mécanicien requerrait le même ensemble de compétences et de qualifications pour travailler dans une ferme éolienne ou solaire. Parmi elles figureraient, au-delà des compétences de contenu fondamentales, la pensée critique, la résolution de problèmes complexes, l'analyse des opérations,



le jugement et la prise de décisions, et l'évaluation de systèmes. Toutefois, le déploiement de ces compétences dans l'une ou l'autre ferme ne serait pas le même en raison des différences de contexte. S'il est également important d'analyser les compétences empiriques découlant du déploiement des compétences générales, il est essentiel de placer l'accent, dans un premier temps, sur les compétences générales afin de comprendre les points communs des compétences entre professions. Cette approche permettrait aux travailleurs de passer d'un groupe d'emplois à un autre, faisant de la transférabilité des compétences un levier important de soutien à la transition professionnelle et de formation des nouvelles recrues. Veuillez consulter l'annexe 3 pour obtenir de plus amples détails sur le bien-fondé de l'approche d'évaluation des compétences employée dans le présent rapport et pour la comparer à celle adoptée dans d'autres études.



S'il est également important d'analyser les compétences empiriques découlant du déploiement des compétences générales, il est essentiel de placer l'accent, dans un premier temps, sur les compétences générales afin de comprendre les points communs des compétences entre professions.

PARTIE 4 :

Scénarios de décarbonation

Le présent rapport met en lumière les mutations du profil des emplois et des compétences engendrées par divers scénarios plausibles, dans l'optique de favoriser l'élaboration de politiques de compétences intelligentes et résilientes dans un éventail d'avenirs décarbonés potentiels. À cette fin, trois approches ou trajectoires de décarbonation permettant toutes d'atteindre la carboneutralité d'ici à 2050 ont été définies, l'intensité carbonique étant la variable d'un scénario à l'autre. Deux scénarios partent du principe que la carboneutralité est atteinte par une réduction directe des émissions avec l'aide d'un bouquet de technologies, y compris la capture et le stockage du CO₂, tandis que le troisième présume que l'adoption technologique sera responsable à 75 p. 100 de la baisse des émissions, le reste étant compensé ailleurs²¹.

21 Cette distinction signifie que l'atténuation directe des émissions est présumée n'atteindre que 75 p. 100 par rapport aux niveaux de 2005 dans le scénario 3 correspondant à l'approche dite mixte dans notre rapport (voir le tableau 2). Néanmoins, le présent rapport considère quand même ce résultat comme un scénario carboneutre, car il s'appuie explicitement sur la thèse d'une compensation des émissions de CO₂/GES par divers mécanismes pour les 25 p. 100 restants d'ici à 2050, ce qui s'avère conforme à l'objectif national de carboneutralité (voir l'encadré 4).

Pour tenir compte de l'incertitude entourant ces trajectoires, les scénarios décrits ci-dessous varient les hypothèses relatives aux conditions du marché, aux politiques et aux technologies qui influenceront sur le niveau de réduction des émissions (le tableau 2 décrit les principales caractéristiques de chaque scénario, y compris les cibles d'émissions de GES, les coûts technologiques et les cours du pétrole et du gaz naturel). Si le scénario 1 (Électrons) détermine un avenir à plus faible intensité carbonique, le scénario 2 (Ressources) prévoit la persistance d'une dépendance plus élevée vis-à-vis des activités à forte intensité carbonique, tout en parvenant à l'objectif de carboneutralité par d'autres moyens, comme le recours aux technologies de capture du CO₂. Le scénario 3 (Mixte) — qui prévoit une réduction des émissions globales de GES de 75 p. 100 et l'achat de crédits de compensation carbone mis en place dans d'autres territoires de compétence pour les 25 p. 100 restants — illustre une approche intermédiaire dans laquelle l'atténuation ou la capture des émissions est responsable d'une réduction inférieure à 100 p. 100 des

émissions globales de GES (voir la figure 1)²². Ces trois scénarios, dont les caractéristiques détaillées sont résumées dans le tableau 2, représentent trois trajectoires distinctes que le Canada pourrait emprunter pour atteindre la carboneutralité d'ici à 2050. Ils ont été mis au point de façon à garantir l'intégration d'estimations crédibles des futures tendances, de conditions réalistes du marché et de politiques climatiques viables²³.

Trois trajectoires plausibles vers la carboneutralité ayant été cernées, il est important de rappeler que le présent rapport n'adopte pas une vision prédictive, mais propose plutôt une étude prospective. Ces trois scénarios ne sont pas destinés à représenter indépendamment les avènements ayant le plus de chances de se réaliser, et cette analyse ne cherche aucunement à établir un classement entre les scénarios, que ce soit en termes de désirabilité ou de probabilité qu'ils se concrétisent. Au contraire, chacun d'eux représente une trajectoire de décarbonation viable pour le Canada. Ces trois scénarios ont été pensés dans une optique de crédibilité, tout en veillant à les différencier suffisamment pour

générer un écart de trajectoire entre les avènements carboneutres potentiels, de façon à illustrer la variation des répercussions sur les besoins en compétences dans l'ensemble de l'économie.

Une telle analyse s'avère intéressante, car les différentes approches vers la carboneutralité n'auront pas les mêmes répercussions sur les types d'emplois existants dans l'économie canadienne et, par extension, sur les compétences requises pour les exercer. Il sera primordial de recenser les compétences de demain pour que les parties prenantes puissent prendre les mesures qui s'imposent afin de garantir l'accès des travailleurs à l'infrastructure de formation et de perfectionnement professionnels nécessaire pour satisfaire aux exigences de compétences futures.

La trajectoire actuelle du Canada vers la carboneutralité est susceptible d'intégrer des éléments issus de chacun des scénarios décrits dans le présent rapport, mais aussi d'autres approches potentielles non modélisées ici. Il existe une multitude de trajectoires de décarbonation viables pour l'économie canadienne : en 2021, un rapport de : l'Institut climatique du Canada a simulé 62 scénarios différents permettant au Canada d'atteindre la carboneutralité d'ici à 2050, ouvrant ainsi un vaste champ de possibilités au-delà des trois à l'étude dans le présent rapport (Dion et coll., 2021). Toutefois, le choix de limiter l'analyse à trois scénarios distincts permet de mieux cerner les points communs entre les emplois et les profils de compétences qui émergeront dans

22 Cette réduction de 25 p. 100 des émissions ne fait pas partie de l'analyse, car il s'agit d'une hypothèse politique extérieure. Si certains protocoles régionaux de mécanismes de compensation carbone ont le mérite d'exister, leurs contours (en particulier dans le cas des mécanismes axés sur la conformité) ne sont pas encore suffisamment bien définis pour permettre leur modélisation ou leur intégration dans des analyses pointues. À l'international, la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques n'a pas non plus défini ce type de programme (Dion et coll., 2021). (Pour en savoir plus sur les compensations applicables dans ce scénario, veuillez consulter l'encadré 4.)

23 Bien que le présent rapport s'articule autour de trois scénarios distincts, les scénarios 1 et 2 ont été générés en variant les hypothèses en termes de coût, de disponibilité et de rendement des technologies au sein du modèle. Il est donc possible d'imaginer qu'il s'agit de deux résultats différents ressortant d'une analyse de sensibilité en raison de changements apportés aux conditions du marché et aux hypothèses.

chaque cas²⁴. Chaque scénario présente des variations dans trois grands domaines ayant trait aux politiques, aux conditions du marché et aux hypothèses :

> **Le coût, la disponibilité et le rendement des technologies sobres en carbone** : au sein du modèle, différentes hypothèses sont utilisées quant au coût unitaire et à la disponibilité d'une suite de technologies propres. Cette variation permet de représenter de manière plus crédible la façon dont la disponibilité et le coût des technologies exogènes influent sur les taux d'adoption au Canada²⁵. Voici une liste non exhaustive des technologies en question : véhicules électriques (transport personnel, transport de marchandises, transport de passagers); technologies liées à l'approvisionnement et à la demande en hydrogène; production de biocarburants de deuxième génération à partir de matières ligneuses ou herbeuses; nouvelles sources d'énergie nucléaire; technologies de capture et de stockage du CO₂ (CSC) ou de capture, d'utilisation et de stockage du CO₂ (CUSC), y compris la capture atmosphérique directe (CAD); et technologies actives de récupération

24 Les deux hypothèses suivantes ont été formulées pour orienter la trajectoire des trois scénarios étudiés dans le présent rapport : 1) les mécanismes internes de tarification du carbone pour les émissions du secteur résidentiel et industriel sont et restent harmonisés à l'échelon national à partir de 2030; 2) les revenus de la tarification du carbone continuent d'être redistribués directement aux ménages.

25 Le modèle gTech part du principe que la demande accrue dans le secteur manufacturier prend place sur le territoire national et la fait évoluer en réponse aux changements de politique et de profil des coûts technologiques. Cela est dû à deux fonctions explicites des modèles IEG tels que gTech, qui sont évoquées dans le guide technique correspondant aux annexes 1 et 2.



Le choix de limiter l'analyse à trois scénarios distincts permet de mieux cerner les points communs entre les emplois et les profils de compétences qui émergeront dans chaque cas.

de chaleur. Dans le scénario Électrons, par exemple, le coût de certaines de ces technologies (hors CSC/CUSC et CAD) est faible par rapport aux deux autres scénarios, étant donné que les politiques climatiques plus strictes conduisent à investir davantage dans la conception et le déploiement à grande échelle des technologies sobres en carbone, augmentant ainsi leur adoption générale et faisant baisser les prix.

> **Le prix international des marchandises** : il est essentiel de faire fluctuer les cours du pétrole et du gaz naturel, qui répercutent les changements de prix des marchandises sur les marchés internationaux, afin d'évaluer le niveau d'investissement dans des technologies données à différents paliers tarifaires. Si le prix international des marchandises est un facteur exogène, le cours du pétrole n'en détermine pas moins l'affectation des capitaux en faveur des technologies propres. Par exemple, si le cours international du pétrole chute en raison de la rigueur des politiques climatiques mondiales, entraînant une baisse de

la demande connexe, la production pétrolière et gazière attirera moins les entrepreneurs. Les investissements serviront donc plutôt à soutenir la mise au point de technologies propres, ce qui, avec un appui politique, aboutira à la création d'emplois supplémentaires dans les secteurs exploitant ces technologies. À l'inverse, dans les scénarios où le cours international du pétrole est plus élevé, les retours sur investissement potentiels issus de l'industrie du pétrole et du gaz sont également supérieurs, avec une création accrue d'emplois comme dans le scénario Ressources. Une situation qui requiert, en retour, davantage d'investissements dans les technologies CSC/CUSC pour atteindre les cibles d'émissions.

> **La rigueur des politiques climatiques à l'international** : l'ambition des politiques climatiques mondiales a été déterminée à l'aune de la rigueur des politiques en vigueur aux États-Unis. Notre analyse part du principe que les États-Unis et le Canada adopteront un degré de rigueur similaire. C'est pourquoi les trois scénarios à l'étude reposent sur l'hypothèse que ces deux pays mettent en œuvre des politiques climatiques aussi rigoureuses, simplifiant ainsi la comparaison entre les différents scénarios nationaux vers la carboneutralité. Compte tenu des récents engagements pris par l'administration Biden en faveur d'une économie américaine décarbonée, cette thèse semble raisonnable (Reuters, 2021).

TABLEAU 2

Trajectoires de décarbonation (tous les prix sont en CAD, valeurs de 2015)

Scénario 1 : Électrons		Scénario 2 : Ressources		Scénario 3 : Mixte	
Année		Niveaux nationaux d'émissions de GES			
2030		523 Mt éq. CO ₂ /an (30 % en deçà des niveaux de 2005)			
2040		299 à 302 Mt éq. CO ₂ /an (60 % en deçà des niveaux de 2005)		374 Mt éq. CO ₂ /an (50 % en deçà des niveaux de 2005)	
2050		0 à 41 Mt éq. CO ₂ /an (100 % en deçà des niveaux de 2005)		187 Mt éq. CO ₂ /an (75 % en deçà des niveaux de 2005)	
Profils des coûts					
Coûts relatifs inférieurs pour...		<ul style="list-style-type: none"> – les véhicules électriques de transport routier – les technologies liées à l'approvisionnement et à la demande en hydrogène – les biocarburants de deuxième génération – un éventail de solutions de gain d'efficacité et d'électrification industrielles 	<ul style="list-style-type: none"> – les technologies CSC/ CUSC, y compris la capture atmosphérique directe 		Plage de valeurs intermédiaires entre le scénario 1 et le scénario 2 pour un large éventail de coûts
Coûts relatifs supérieurs pour...		<ul style="list-style-type: none"> – les technologies CSC/ CUSC, y compris la capture atmosphérique directe 	<ul style="list-style-type: none"> – les véhicules électriques de transport routier – les technologies liées à l'approvisionnement et à la demande en hydrogène – les biocarburants de deuxième génération – un éventail de solutions de gain d'efficacité et d'électrification industrielles 		
Cours du pétrole ²⁶		50,9 \$/baril à 68,4 \$/baril	32,11 \$/baril à 78,14 \$/baril		
Cours du gaz naturel ²⁷		4,3 \$/mmBTU à 5,5 \$/mmBTU			

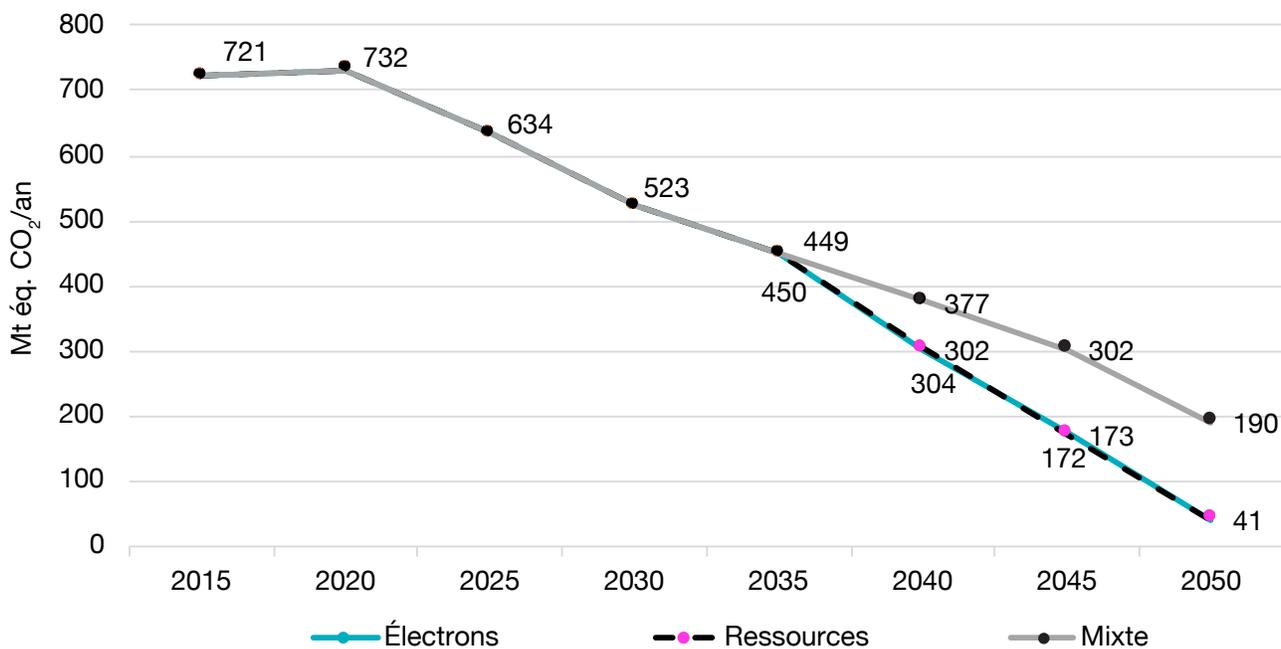
* Le chiffre final de 41 Mt éq. CO₂ est présumé compensé par divers mécanismes non reflétés dans la présente modélisation, la trajectoire de réduction des émissions restant donc conforme à un objectif de carboneutralité.

26 Les cours du pétrole cités dans le présent rapport se rapportent uniquement au West Texas Intermediate (WTI), qui sert de référence dans la fixation des prix du pétrole. Néanmoins, la modélisation en elle-même s'appuie sur les cours du pétrole dans chaque région et pour chaque type de pétrole brut. À titre d'exemple, le cours du pétrole léger en Alberta sert de substitut au Canadian Light Sweet (CLS), anciennement appelé Edmonton Par; le cours du Western Canadian Select (WCS) correspond à un prix pondéré du bitume et du pétrole léger en Alberta; et le cours du pétrole léger aux États-Unis sert de substitut au WTI. Les cours du pétrole mentionnés ici sont convertis en dollars canadiens au taux de change moyen annuel de 2020 (1 USD = 1,3415 CAD) et représentent la plage de valeurs entre 2030 et 2050.

27 Les cours du gaz naturel figurant dans ce tableau reflètent le prix du gaz Henry Hub Natural entre 2030 et 2050. Le modèle tient également compte des coûts du gaz naturel en Colombie-Britannique (poste 2) et au centre AECO. Les cours sont convertis en dollars canadiens au taux de change moyen annuel de 2020 (1 USD = 1,3415 CAD).

FIGURE 1

Trajectoire des émissions de GES selon les scénarios de décarbonation jusqu'en 2050



Source : extrapolation des résultats de modélisation obtenus par Navius Research Inc.

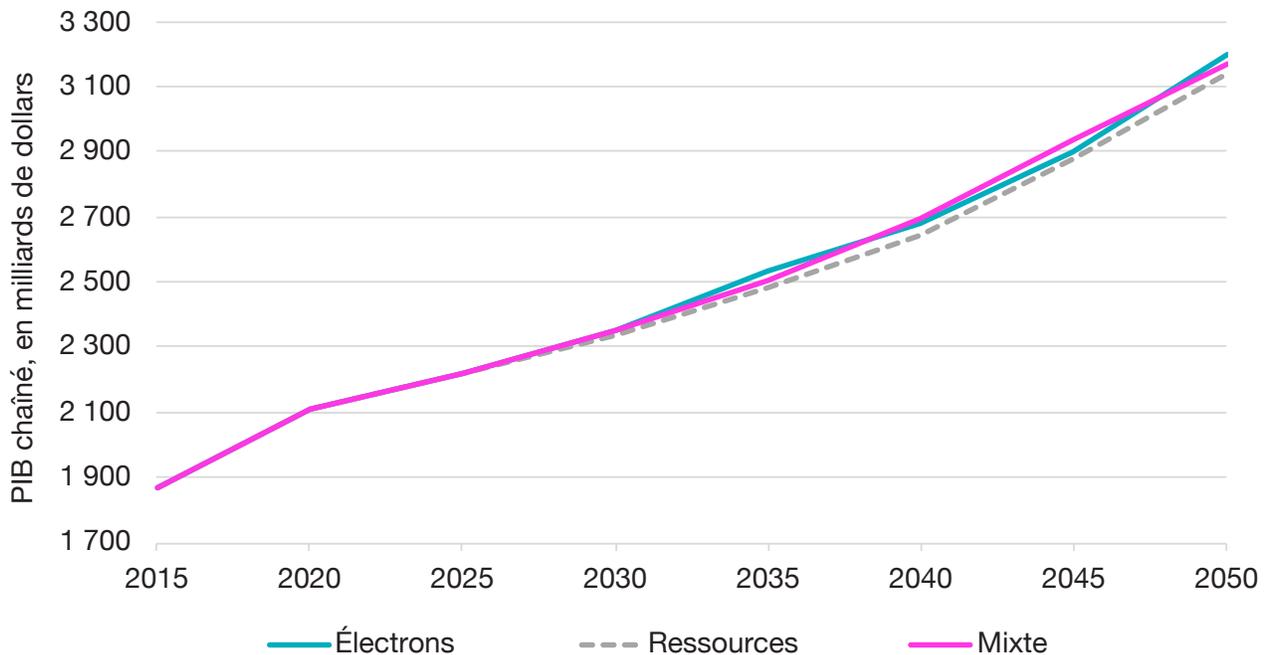


PARTIE 5 : Analyse des résultats

Outre le fait de contenir la hausse des températures, la transition vers un avenir carboneutre présente plusieurs avantages pour le Canada et pourrait avoir d'importantes répercussions sur le marché du travail en créant des emplois dans un éventail de secteurs. Au fil de l'adoption technologique au Canada et du remplacement des combustibles fossiles par des solutions plus propres, certains emplois pourraient être remplacés, tandis que d'autres risquent de subir de profondes transformations. Pour suivre cette évolution, les membres actuels et futurs de la population active devront se doter des compétences nécessaires pour exécuter les tâches de demain. La présente partie étudie les répercussions des trois scénarios de décarbonation sur la croissance économique (représentée par le PIB) et sur l'emploi dans différents secteurs (à l'échelle nationale et provinciale), puis s'intéresse aux répercussions que ces scénarios pourraient avoir sur l'économie nationale et sur les quatre principales économies provinciales du Canada.

Répercussions sur la croissance économique

Les modélisations à l'aide des modèles IEG peuvent faciliter l'évaluation des retombées économiques générales de la politique climatique, y compris ses répercussions sur l'emploi à l'échelle nationale et provinciale. En effet, la politique climatique influe sur les coûts technologiques, ce qui a des répercussions sur l'affectation technologique entre les secteurs au Canada. En fin de compte, ces choix politiques déterminent le type d'investissement injecté dans diverses technologies, affectant ainsi la croissance économique et l'emploi dans tous les secteurs. Ventiler les répercussions de la politique climatique sur l'emploi en fonction des provinces s'avère également utile, car la transition touchera différemment le marché du travail d'une région à l'autre. Les provinces telles que l'Alberta, dont la main-d'œuvre dépend davantage du secteur des ressources, subiront le remplacement d'un plus grand nombre d'emplois entre les secteurs. Il est toutefois important de souligner que ces provinces, dans l'ensemble, enregistreront une création nette d'emplois à mesure que les secteurs censés jouer un rôle prédominant dans cette transition prendront de l'expansion (par exemple, la fabrication de technologies propres et les services de capture du CO₂).

FIGURE 2**Répercussions des scénarios de décarbonation sur le PIB**

Source : extrapolation des résultats de modélisation obtenus par Navius Research Inc.

Dans les trois scénarios, l'économie canadienne poursuit sa croissance entre 2015 et 2050 (figure 2)²⁸. Partant de 1 868 milliards de dollars en 2015, le PIB (chaîné ou réel) augmente à hauteur de 3 197 milliards de dollars en 2050 dans le scénario Électrons (taux moyen de croissance annuelle de 1,40 p. 100). Dans le scénario Ressources, le PIB atteint 3 142 milliards de dollars en 2050 (taux moyen de croissance annuelle de 1,34 p. 100), tandis qu'il s'élève à 3 169 milliards de dollars en 2050 (taux moyen de croissance annuelle de 1,37 p. 100) dans le scénario Mixte.

De manière générale, notre modélisation suggère que la croissance économique à

long terme est peu sensible aux politiques de réduction des émissions de GES (ou à d'autres hypothèses relatives aux technologies et aux coûts). Cela vient principalement du fait que le modèle prévoit la réinjection dans l'économie des revenus gouvernementaux issus du carbone. Il part également du principe que le Canada et les États-Unis mettront tous deux en œuvre des politiques climatiques « fortes » similaires. En outre, la croissance du PIB est probablement sous-estimée dans les trois scénarios, car le modèle ne tient pas compte des coûts éventuels liés au changement climatique (associés par exemple à la hausse de fréquence et d'intensité des catastrophes naturelles) qui seront évités grâce à la réduction des émissions issue de la trajectoire de décarbonation mise en œuvre ni de la valeur des autres co-

28 La consommation d'énergie diminue pour s'établir entre 1 507 PJ/an et 2 142 PJ/an en 2050 (en fonction du scénario), contre 3 352 PJ/an en 2015.



bénéfices découlant de la réduction des émissions de GES (voir l'encadré 2, aux pages 28-29). Ce modèle précis ne prend pas non plus en considération la croissance économique ou la création d'emplois induite par les mécanismes nationaux de compensation carbone.

Autre point important à souligner : le modèle n'est pas en mesure de simuler l'activité dans des secteurs non traditionnels, dans la mesure où ces derniers ne sont pas encore intégrés dans le SCIAN ou le Système de comptabilité nationale. Dans une étude de marché récente, L'Institut climatique du Canada a cerné des possibilités naissantes, autour des protéines végétales et du stockage de l'énergie, par exemple, qui sont des « niches » que les entreprises canadiennes sont en train d'exploiter. Portés par l'essor de la demande, ces nouveaux débouchés revêtent un fort potentiel



L'une des pistes de recherche future pourrait consister à approfondir l'examen de ces possibilités émergentes en fonction des secteurs et à déterminer leur lien avec différents segments du marché du travail.

sur le territoire et à l'étranger (Samson et coll., 2021). L'une des pistes de recherche future pourrait consister à approfondir l'examen de ces possibilités émergentes en fonction des secteurs et à déterminer leur lien avec différents segments du marché du travail.



ENCADRÉ 2

Co-bénéfices de la transition vers une économie carboneutre

Le potentiel positif des co-bénéfices découlant des politiques climatiques est étudié depuis les années 1990. Outre la création et l'amélioration des emplois, les bienfaits pour la santé humaine sont communément reconnus à titre de co-bénéfices positifs majeurs, tout comme l'utilisation plus efficace des ressources, la diminution de la pollution atmosphérique, l'innovation technologique et la promotion de l'équité sociale (Deng et coll., 2017; Pearce D., 1992; Helgenberger et coll., 2020).

L'amélioration de la santé est l'un des co-bénéfices les plus flagrants, comme le démontrent les travaux de recherche sur les politiques climatiques actuellement mises en œuvre par la ville de Toronto. Ces dernières concernent notamment la modernisation des bâtiments, la norme TGS (Toronto Green Standard), le réseau énergétique de quartier à faibles émissions de carbone, les systèmes de transport actif, les transports publics et l'introduction des véhicules électriques. Autant d'actions qui contribuent non seulement à diminuer les émissions de GES comme le dioxyde de carbone, l'oxyde nitreux et l'ozone (ainsi que d'autres polluants

atmosphériques tels que les PM2.5²⁹), mais également à prévenir les maladies cardiorespiratoires, les cancers et les décès prématurés. De plus, ces initiatives favorisent le bien-être mental et réduisent les nuisances sonores (Gower et coll., 2019). En 2018, les transports et les bâtiments totalisaient 91 p. 100 des émissions de GES à Toronto (Ville de Toronto, 2020). Les émissions produites par la circulation routière étaient responsables de 42 p. 100 des décès prématurés et de 55 p. 100 des hospitalisations suite à la pollution atmosphérique à Toronto en 2014, tandis que celles produites par les bâtiments représentaient 28 p. 100 des décès prématurés et 20 p. 100 des hospitalisations. La combustion du gaz naturel à des fins de chauffage constitue la principale source d'émissions provenant des bâtiments (Bureau de santé publique de Toronto, 2014).

Au rang des co-bénéfices majeurs d'une réduction des émissions de GES figurent également la sécurité énergétique, d'une part, et l'innovation technologique et ses retombées, d'autre part. La sécurité énergétique peut

29 Les PM2.5 (particulate matter) sont des particules fines ou des matières en suspension dans l'air, comme la poussière ou la fumée.



ENCADRÉ 2 (SUITE)

Co-bénéfices de la transition vers une économie carboneutre

être améliorée grâce à une production d'électricité plus localisée, ce qui crée également des occasions d'emploi au sein des collectivités concernées (Newell et coll., 2018). L'apprentissage par la pratique et les économies d'échelle contribuent, au fil du temps, à diminuer le coût des innovations technologiques (qui sont onéreuses à l'origine) et à en faciliter l'usage, quelle que soit la façon dont elles se manifestent au sein des différents secteurs. À titre d'exemple, la production d'électricité à partir de l'éolien et la meilleure isolation des bâtiments sont deux domaines technologiques dans lesquels les coûts ont chuté et dont le déploiement à grande échelle a été facilité ces dernières années (Jochem et Madlener, 2003). Plus récemment, la demande mondiale de véhicules électriques et d'énergies renouvelables (encouragée en grande partie par les efforts de réduction des émissions de GES) suscite des progrès palpitants en matière de technologie des batteries, lesquels généreront à leur tour des emplois dans les secteurs de la fabrication et des services (IASS, UfU, IET et CSIR, 2020).

L'utilisation plus efficace des ressources constitue également un co-bénéfice important. En 2020, 253 villes ont fait état d'améliorations de l'efficacité énergétique liées à la modernisation des bâtiments : 158 d'entre elles avaient adopté un éclairage public écoénergétique, 149 avaient installé des sources de production d'énergie renouvelable sur les bâtiments, 142 étaient en train d'augmenter la production d'énergie sobre, voire neutre en carbone, et 135 revoyaient leurs codes et normes de construction. Pour l'ensemble de ces villes, l'efficacité accrue des ressources était un co-bénéfice déterminant de ces mesures d'atténuation, qui leur permettait de satisfaire leurs besoins avec des niveaux inférieurs d'utilisation des ressources (Carbon Disclosure Project, 2020). Les co-bénéfices ont souvent des interactions complexes pendant une période indéterminée, ce qui complique leur modélisation efficace dans un modèle IEG. Ces co-bénéfices, certes difficiles à mesurer, n'en restent pas moins des produits importants des politiques climatiques et doivent entrer en ligne de compte dans l'élaboration des politiques d'investissement.

Répercussions sur l'emploi à l'échelle nationale

À l'instar de la croissance économique, la croissance du nombre total d'emplois au Canada diverge peu d'un scénario à l'autre. Ainsi, la création d'emplois se poursuit entre 2015 et 2050 dans les trois scénarios. À titre d'exemple, le scénario Électrons (avenir à faible teneur en carbone) crée seulement 113 000 postes supplémentaires par rapport au scénario Mixte (qui dépend davantage des mécanismes de compensation carbone), et seulement 75 000 postes supplémentaires par rapport au scénario Ressources (avenir à plus forte teneur en carbone) (voir l'annexe 4 pour connaître les résultats détaillés en matière d'emploi)³⁰. Ces chiffres de croissance de l'emploi sont probablement sous-estimés, car les projections de croissance démographique ne sont pas un intrant direct du modèle, mais plutôt un élément implicite inclus dans les projections de croissance du PIB alimentant le modèle gTech, d'après le Rapport sur la viabilité financière de 2020 du directeur parlementaire du budget (DPB). Les chiffres de l'emploi sont rapportés de deux façons dans le présent rapport : sous la forme d'équivalents temps plein et en nombre total de postes. Le nombre total de postes recouvre l'ensemble des emplois, qu'ils soient à temps plein ou à temps

30 De la même façon, la productivité du travail dans chaque secteur est présumée constante dans le modèle. Néanmoins, si l'analyse ne tient pas compte explicitement des projections de croissance démographique, l'incidence sur l'emploi de ces dernières ne devrait pas être affectée de manière significative par la politique de réduction des émissions de GES. Les annexes 1 et 2 expliquent en détail la méthode de modélisation de l'emploi dans gTech et les limites du modèle.

partiel, tandis que les équivalents temps plein correspondent au nombre total de postes rapporté aux heures travaillées sur la base d'un temps plein³¹.

Même si le scénario Mixte donne lieu à une moindre création d'emplois par rapport aux deux autres, ces chiffres sont probablement sous-estimés, car l'effet sur l'emploi des mécanismes de compensation carbone n'est pas reflété par le modèle, les contours de ces mécanismes étant trop flous.

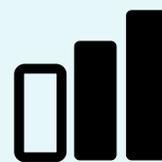
Le degré relativement faible de variation entre les différents scénarios en termes de nombre de postes créés s'explique par le fait que l'emploi canadien se concentre majoritairement dans des secteurs peu énergivores ou à faible émission de GES (commerce de détail ou de gros, services professionnels, par exemple). Par conséquent, ces emplois ne sont généralement pas touchés par les politiques d'atténuation de l'énergie et des émissions de GES. Leur croissance est liée à la croissance économique générale, laquelle est indirectement affectée par la croissance démographique et la hausse de productivité du travail. Par ailleurs, si le ralentissement des secteurs à forte intensité

31 Tous les chiffres cités dans le rapport et ses annexes, à l'exception du tableau 5 (et des références qui y sont faites ; voir page 46) désignent le nombre total d'emplois, à temps plein comme à temps partiel, et ce, pour deux raisons : 1) le modèle permet de déclarer le nombre total de postes sur une base agrégée secteur par secteur; et 2) le nombre total de postes offre un reflet plus fiable de l'emploi au sein d'une économie, car on recense dans la pratique une certaine part d'emplois occupés à temps partiel. Le tableau 5 utilise les équivalents temps plein, car le modèle permet de ventiler les emplois dans ce format en fonction des codes sectoriels du SCIAN à quatre ou cinq chiffres, ce qui s'avère utile pour analyser en détail les secteurs liés à l'énergie propre.

de ressources risque de détruire des emplois dans les services connexes (secteur financier, par exemple), ces suppressions seront globalement compensées par l'essor des emplois tertiaires nécessaires pour soutenir la croissance des secteurs liés aux énergies renouvelables et aux combustibles plus propres.

La différence en termes de création d'emplois qui existe bel et bien entre les trois scénarios, à l'instar de la différence entre les trajectoires de réduction des émissions de GES (figure 1), est le fruit des variations de rigueur des cibles nationales en la matière et des politiques adoptées pour les atteindre, telles que les taxes sur le carbone, et des effets d'entraînement que cela engendre à l'échelle de l'économie. Cette divergence quant aux cibles de réduction des émissions de GES entre les scénarios se manifeste à travers l'évolution des cours internationaux du pétrole au fil des années³². Par conséquent, la création d'emplois est supérieure dans le scénario Électrons lorsque les cours du pétrole chutent, et inférieure dans le scénario Ressources lorsque les cours du pétrole restent élevés. De fait, dans le scénario Électrons, la faiblesse des cours du pétrole a pour effet de détourner les investissements du secteur pétrolier vers d'autres secteurs, modifiant le profil de l'activité économique. Les secteurs concernés affichent ainsi des coûts technologiques hypothétiquement inférieurs, ce qui favorise un déploiement à grande échelle et permet de créer davantage

32 Ces cours du pétrole hypothétiques ont pour but de garantir la distinction entre les différentes trajectoires de décarbonation et de mettre en lumière leurs implications sectorielles.



En 2019, le secteur manufacturier représentait plus de 9,0 % du nombre total de postes dans l'économie canadienne, la part de la construction étant de 8,0 % et celle du secteur des transports de 4,2 %.

d'emplois d'ici la fin de la transition vers la carboneutralité en 2050.

Dans le scénario Ressources, en revanche, les cours du pétrole relativement élevés entraînent des investissements importants et réduisent les suppressions d'emploi dans l'industrie du pétrole et du gaz, tout en créant un nombre conséquent de postes supplémentaires dans les secteurs liés aux technologies CSC/CUSC. Moins fongibles, ces emplois ne conduisent pas à un remplacement dans d'autres secteurs en raison des coûts technologiques hypothétiquement supérieurs dans ces derniers, d'où un ralentissement de la création d'emplois durant cette période. Le scénario Mixte, quant à lui, donne lieu à une situation « intermédiaire » entre les deux scénarios précédents. En fin de compte, l'économie fait l'objet d'une transformation structurelle et le nombre agrégé d'emplois dans les trois scénarios converge en 2050.

Si l'emploi à l'échelle sectorielle varie d'un scénario à l'autre, le présent rapport se concentre sur certains secteurs qui s'avèrent les plus pertinents dans le

cadre des débats sur la décarbonation³³. C'est pourquoi l'accent est placé sur les évolutions de l'emploi en 2050, par rapport à 2015, dans les secteurs de la fabrication, des transports, de la construction, des sources d'énergie à faible émission de GES, des technologies CSC/CUSC et des combustibles fossiles ou d'autres ressources (figures 3 et 4).

En 2019, le secteur manufacturier représentait plus de 9,0 p. 100 du nombre total de postes dans l'économie canadienne, la part de la construction étant de 8,0 p. 100 et celle du secteur des transports de 4,2 p. 100 (Statistique Canada, 2019). Les secteurs liés à l'énergie propre ou aux sources d'énergie à faible émission de GES, ainsi qu'aux technologies CUSC et CAD, et les emplois connexes ne sont pas directement représentés par les codes du SCIAN ou dans l'EPA à l'heure actuelle. Néanmoins, le Compte économique des produits environnementaux et de technologies propres (CEPETP) mesure la contribution économique des produits environnementaux et de technologies propres, y compris le nombre d'emplois. En 2019, par exemple, près de 341 000 emplois étaient associés à cette activité, représentant ainsi 1,8 p. 100 du nombre total de postes au Canada. Ces emplois concernaient les secteurs suivants : production, transport et distribution d'électricité; travaux de génie civil; et services professionnels, scientifiques et techniques. Dans la mesure où ces emplois

recouvrent plusieurs secteurs du SCIAN existants, il risque d'être impossible de comparer directement les chiffres avancés avec les secteurs du SCIAN représentés dans l'EPA. Les emplois dans les secteurs liés aux combustibles fossiles et les secteurs de l'extraction minière, de l'exploitation en carrière et de l'extraction de pétrole et de gaz représentaient, quant à eux, seulement 1,4 p. 100 du nombre total des emplois au Canada en 2019.

De manière générale, les secteurs liés aux combustibles fossiles afficheront une croissance moins rapide, voire un déclin de l'emploi en 2050 par rapport à 2015, et ce, dans les trois scénarios. Cette tendance est plus marquée dans le scénario Électrons et moins marquée dans le scénario Mixte. Dans les trois scénarios, les secteurs ayant gagné le plus d'emplois en 2050 sont la fabrication, la construction et les transports. Les secteurs émergents liés, par exemple, aux technologies CSC/CUSC et aux sources d'énergie à faible émission de GES enregisteront également des créations d'emplois en 2050 dans tous les scénarios, et plus particulièrement dans le scénario Ressources, où la consommation supérieure de combustibles fossiles est suppléée par les technologies de stockage du CO₂ et de capture atmosphérique directe en vue d'atteindre la carboneutralité³⁴.

33 Pour consulter en détail l'évolution du nombre d'emplois, consultez les tableaux aux annexes 4 et 5.

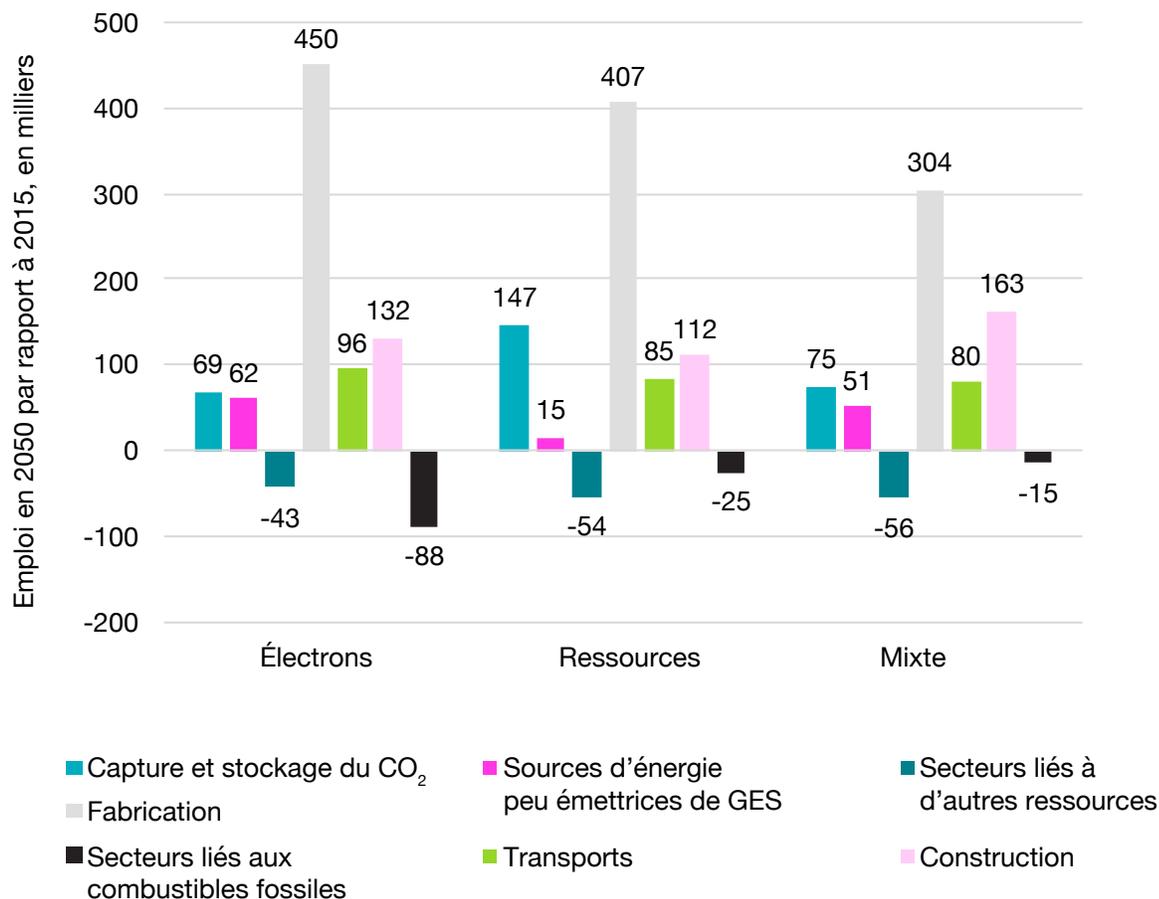
34 Parmi les technologies CSC/CUSC figure la CAD, qui capture le CO₂ atmosphérique au moyen de réactions chimiques (Lebling et coll., 2021). Au Canada, Carbon Engineering exploite une usine pilote de capture atmosphérique directe située en Colombie-Britannique. Si les technologies CSC/CUSC (y compris la CAD) n'en sont qu'à leurs balbutiements et ne sont donc pas reconnues comme un secteur à part entière dans le SCIAN, ce secteur devrait néanmoins jouer un rôle majeur dans un avenir carboneutre.

Ces changements peuvent s'expliquer par la transformation structurelle engendrée par les politiques de réduction des émissions de GES, les coûts technologiques et les différentes hypothèses relatives aux cours du pétrole à long terme. En conséquence, l'emploi dans les secteurs énergétiques traditionnels (par exemple pétrole, gaz, extraction minière, etc.) est remplacé par la création de postes supplémentaires dans les secteurs énergétiques émergents (biocarburants et hydrogène, par exemple) ou dans l'économie énergétique (tels que les sources d'électricité à faible émission de GES) et sur la gestion des émissions de GES (comme la capture atmosphérique directe). Quel que soit le scénario, les politiques de réduction des émissions de GES, les nouvelles technologies et l'évolution des coûts de l'énergie entraînent une hausse de la demande dans les secteurs de la fabrication, de la construction et des transports en 2050, laquelle stimule le rendement dans ces secteurs et crée à son tour des emplois³⁵.



Dans les trois scénarios, les secteurs ayant gagné le plus d'emplois en 2050 sont la fabrication, la construction et les transports. Les secteurs émergents liés, par exemple, aux technologies CSC/CUSC et aux sources d'énergie à faible émission de GES enregistreront également des créations d'emplois en 2050 dans tous les scénarios.

35 Cette conclusion émise pour 2050, par rapport à 2015, va dans le sens des constatations de Moffatt (2019), tirées après modélisation avec gTech et analyse de l'effet induit par des politiques rigoureuses de réduction des GES sur le secteur de la construction.

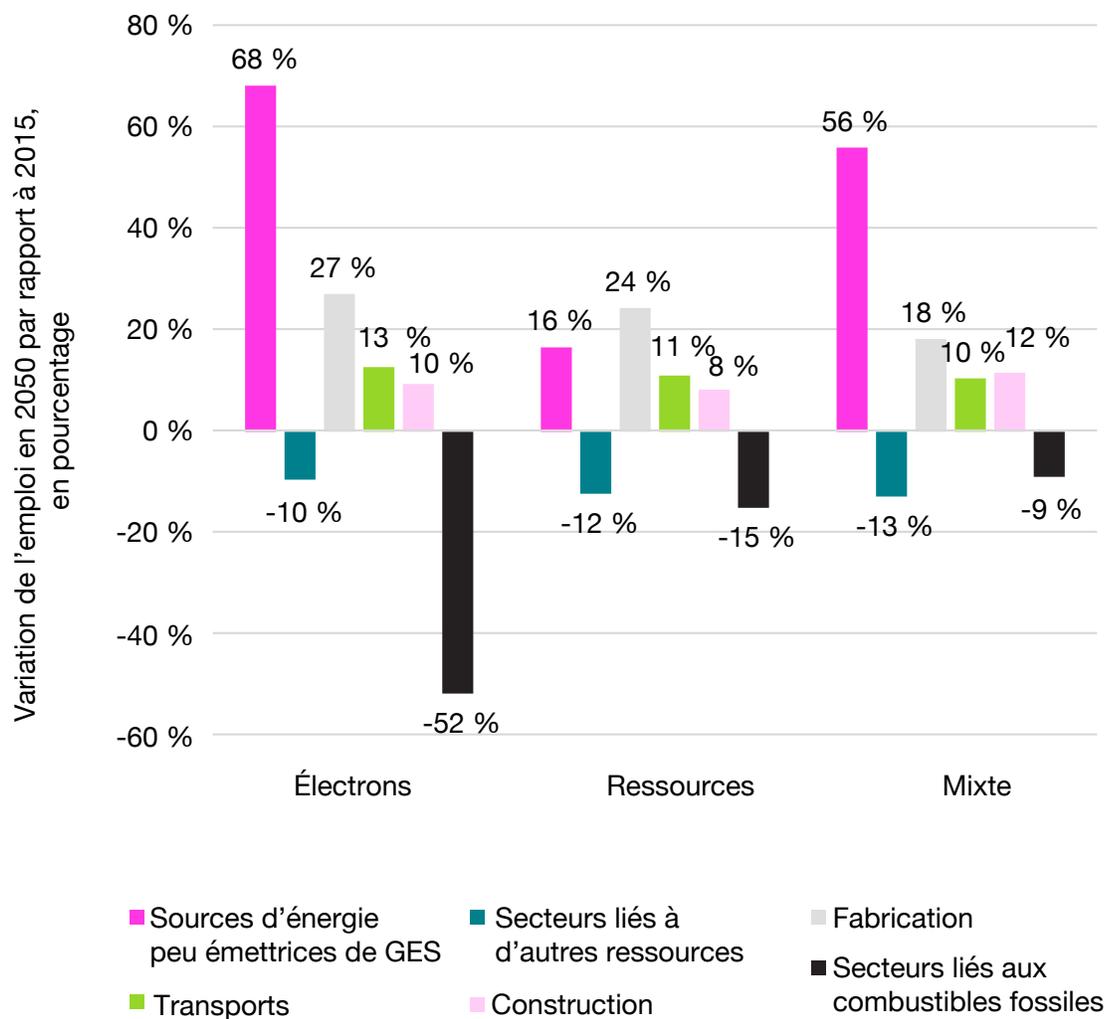
FIGURE 3**Répercussions des trois scénarios sur l'emploi à l'échelle nationale en 2050
(en milliers)**

Source : extrapolation des résultats de modélisation obtenus par Navius Research Inc.

Remarque : les créations d'emplois dans le secteur manufacturier sont alimentées par l'informatique et l'électronique, l'industrie agroalimentaire et l'outillage industriel, car ces sous-secteurs concentrent la majeure partie des postes. Les créations d'emplois dans le secteur lié aux sources d'énergie à faible émission de GES découlent notamment de la production et de la distribution d'électricité, et de la production de biocarburants et d'hydrogène. Le secteur « Autres ressources » inclut l'agriculture, l'extraction minière et la foresterie, tandis que le secteur lié aux technologies de capture et de stockage du CO₂ fait référence à la capture atmosphérique directe.

FIGURE 4

Répercussions des trois scénarios sur l'emploi à l'échelle nationale en 2050 (en pourcentage)



Remarque : ce graphique n'inclut pas de pourcentage de croissance de l'emploi dans le secteur de la capture atmosphérique directe, puisqu'il n'employait personne en 2015. Il créera 69 000 postes dans le scénario Électrons, 147 000 dans le scénario Ressources et 75 000 dans le scénario Mixte (nombre total de postes, non exprimé en équivalents temps plein).

Source : extrapolation des résultats de modélisation obtenus par Navius Research Inc.

Répercussions sur l'emploi à l'échelle provinciale

D'une province à l'autre, on observe des variations significatives quant au nombre estimé de créations d'emplois en fonction des concentrations préexistantes sur leur marché du travail. Il est important d'analyser ces variations pour déterminer quels seront les secteurs les plus touchés dans chaque province en fonction des trois trajectoires vers la carboneutralité. Les enseignements tirés d'une telle analyse pourront servir à orienter les efforts à l'échelle provinciale en vue de préparer la transition de la main-d'œuvre employée dans les secteurs qui devraient décliner vers les secteurs appelés à croître. La présente partie s'intéresse aux quatre plus grandes provinces en termes de population active au Canada, à savoir l'Ontario, l'Alberta, la Colombie-Britannique et le Québec. À elles quatre, elles représentent près de 90 p. 100 du nombre total de postes au pays et affichent d'importantes variations d'un scénario à l'autre en raison des concentrations sectorielles préexistantes sur leur marché du travail.

Comme à l'échelle nationale, on observe les principales créations nettes d'emplois à l'échelle provinciale en 2050, par rapport à 2015, dans les secteurs de la fabrication et de la construction, tous scénarios confondus (figure 5). Ensemble, ces deux secteurs pourraient représenter entre 15 p. 100 et 18 p. 100 de l'emploi dans ces quatre provinces (tableau 3). Cependant, les gains sont plus prononcés en Ontario, en Alberta et en Colombie-Britannique.



On observe les principales créations nettes d'emplois à l'échelle provinciale en 2050, par rapport à 2015, dans les secteurs de la fabrication et de la construction, tous scénarios confondus.

L'emploi dans le secteur des transports (qui représente entre 3 p. 100 et 5 p. 100 du nombre total de postes) connaît également un essor dans tous les scénarios, mais cette tendance est plus nette en Ontario et en Colombie-Britannique. L'Ontario, en particulier, constate une augmentation de l'emploi dans les secteurs traditionnellement pourvoyeurs de postes permanents à temps plein offrant des avantages supérieurs par rapport à la moyenne provinciale (Thirgood et coll., 2017). Ce constat est étayé par des analyses de modélisation antérieures pour l'Ontario (Thirgood et coll., 2017) suggérant que, même dans un scénario politique accéléré où la trajectoire du prix du carbone en Ontario s'aligne sur le coût social du carbone, l'emploi dans les secteurs appelés à évoluer et à croître offre une meilleure stabilité et des avantages financiers plus importants que l'emploi dans d'autres secteurs. Le scénario modélisé par Thirgood et coll. est moins ambitieux qu'une trajectoire conforme aux Accords de Paris et implique donc l'absence d'initiatives majeures en matière d'automatisation ou de décarbonation profonde. Le présent rapport,

quant à lui, propose une modélisation conforme aux engagements pris par le Canada en vertu des Accords de Paris, avec des efforts de décarbonation plus ambitieux, suggérant ainsi que les emplois que ces derniers sont appelés à créer seront des postes permanents et à temps plein et s'avéreront plus avantageux dans l'ensemble³⁶.

À l'inverse, nous constatons une moindre croissance de l'emploi en 2050 dans le secteur du pétrole et du gaz, dans la production d'électricité à partir de combustibles fossiles et dans l'extraction minière, tous scénarios confondus. C'est particulièrement le cas pour le secteur de l'extraction de pétrole et de gaz en Alberta, sachant que les secteurs à forte intensité de ressources concentrent plus de 5 p. 100 du nombre total de postes dans cette province. Cependant, certaines de ces suppressions d'emploi en Alberta sont contrebalancées par les gains dans le secteur émergent de la capture atmosphérique directe,

surtout dans le scénario Ressources (qui s'appuie davantage sur cette technologie pour compenser les émissions de CO₂). L'emploi dans le secteur des ressources est appelé à décliner, en raison d'un possible délaissement de certaines ressources pétrolières et gazières (c'est-à-dire qu'elles ne seront jamais exploitées, car elles ne sont plus rentables à la suite des changements économiques) dans une ou plusieurs des trajectoires potentielles de décarbonation. Si la création d'emplois est attendue dans les provinces capables d'exploiter rapidement les énergies renouvelables et les technologies sobres en carbone (Green, 2019), il existe des possibilités dans d'autres provinces également. À titre d'exemple, l'étude de cas ci-après consacrée à l'Alberta (voir l'encadré 3) décrit comment il est possible de fonder un avenir décarboné sur la croissance résiliente de l'emploi en investissant dans les bons projets et en assurant un soutien approprié à la transition.

36 L'une des limites du modèle gTech réside dans le fait qu'il s'appuie sur l'hypothèse d'une productivité du travail constante dans le temps et ne tient donc pas compte de certains facteurs, tels que l'automatisation progressive des emplois. Par conséquent, si l'avenir se caractérise par des taux élevés d'automatisation, les emplois créés dans ces secteurs (et les futurs emplois écologiques) pourraient s'adresser davantage aux travailleurs hautement qualifiés.

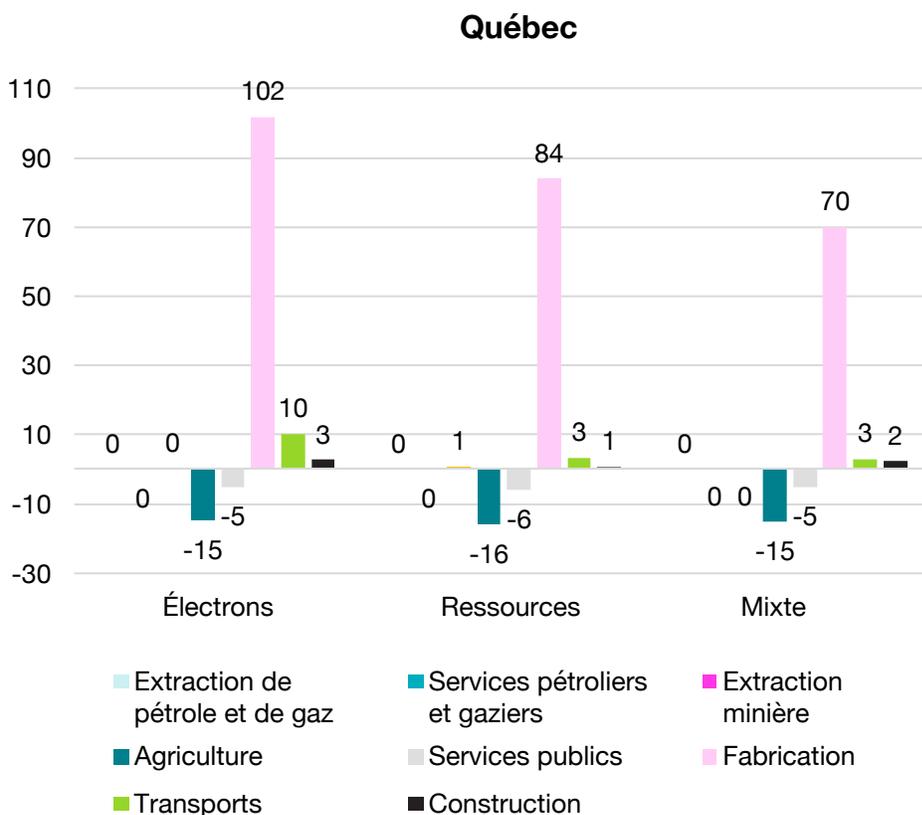
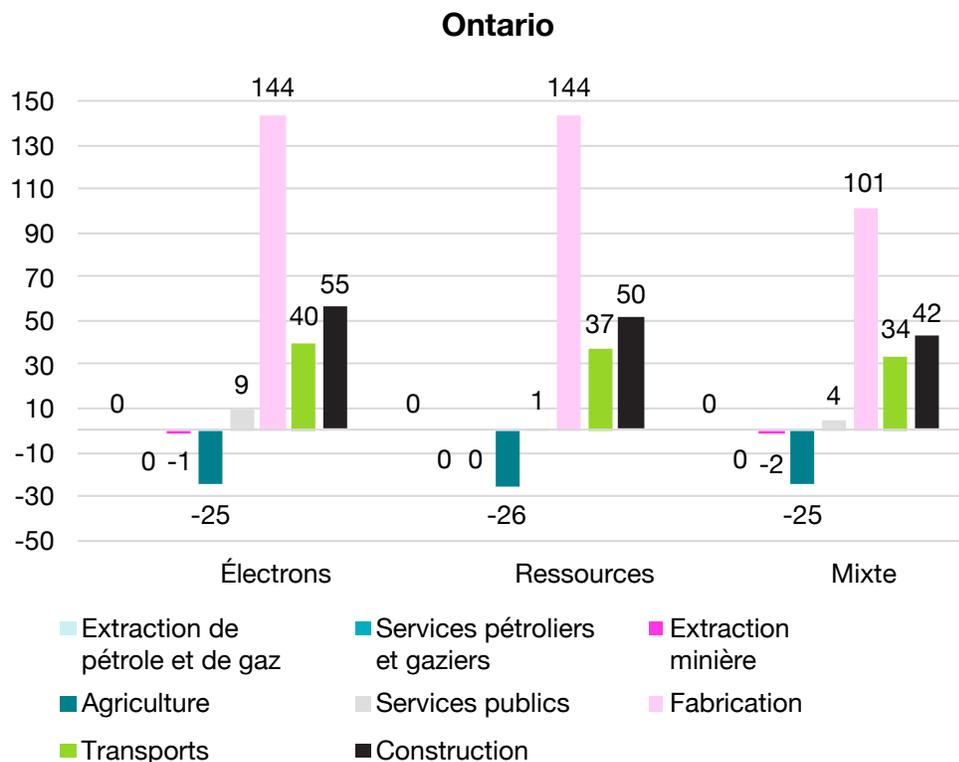
Tableau 3 : Part moyenne de l'emploi par secteur dans quatre provinces en 2015 et en 2050, d'après le modèle gTech

Secteur	Ontario		Québec		Alberta		Colombie-Britannique	
	2015	2050	2015	2050	2015	2050	2015	2050
Ressources	1,6 %	1,1 %	2,3 %	1,8 %	6,9 %	4,1 %	3,0 %	2,6 %
Services publics	0,6 %	0,6 %	0,7 %	0,5 %	0,1 %	0,3 %	0,5 %	0,5 %
Fabrication	10,9 %	11,2 %	10,9 %	12,1 %	6,8 %	7,5 %	6,3 %	7,0 %
Transports	4,5 %	4,4 %	3,9 %	3,8 %	3,8 %	3,2 %	4,9 %	4,6 %
Construction	6,8 %	6,5 %	6,2 %	5,9 %	11,9 %	9,6 %	8,3 %	8,0 %
Services	75,5 %	76,2 %	76,0 %	75,9 %	70,6 %	73,5 %	77,0 %	77,2 %
Capture atmosphérique directe	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	1,8 %	0,0 %	0,2 %
Total	100 %	100 %						

Remarque : ces chiffres reflètent la part moyenne de l'emploi des trois scénarios dans le modèle gTech en 2015 et en 2050. Les valeurs de référence de l'emploi en 2015 étant tirées du Système de comptabilité nationale, ces parts sont comparables aux données issues d'autres sources officielles, y compris de l'EPA.

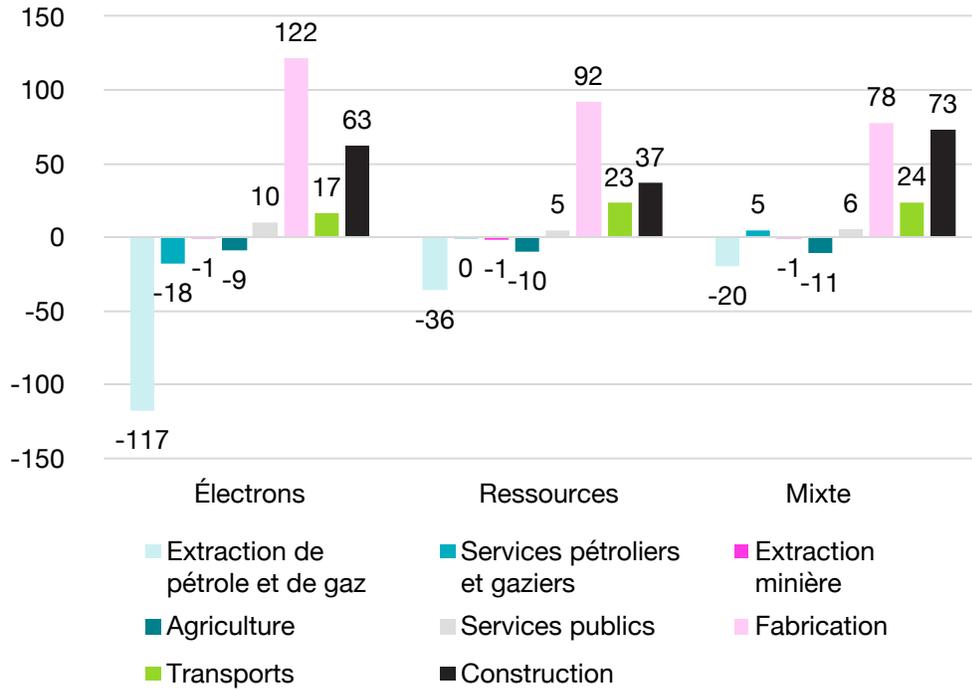
FIGURE 5

Répercussions des trois scénarios sur l'emploi en 2050, par rapport à 2015, dans certaines provinces

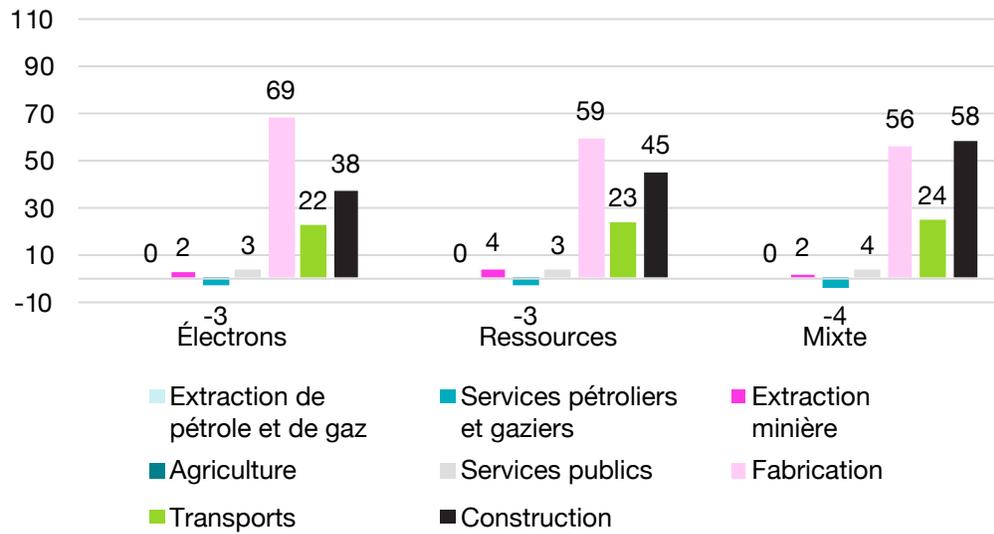


(en milliers)

Alberta



Colombie-Britannique



PARTIE 6 :

Compétences dans une économie décarbonée

Comme nous l'avons vu dans la partie précédente, la rigueur des politiques de réduction des émissions de GES, la baisse des coûts liés aux technologies propres et la diminution des cours du pétrole à long terme concourent à une transformation structurelle de l'économie dans les trois scénarios à l'étude. Ces changements entraînent une redistribution importante de l'emploi au départ des secteurs énergétiques traditionnels et à destination des secteurs énergétiques émergents et des secteurs liés à l'efficacité énergétique et à la gestion des émissions de GES, ainsi que la création de nouveaux postes dans ces secteurs et ceux associés. Quel que soit le scénario, les politiques de réduction des émissions de GES, les nouvelles technologies et l'évolution des coûts de l'énergie engendrent une hausse de la demande dans les secteurs de la fabrication, de la construction et des transports en 2050, toutes choses égales par ailleurs. Cette demande accrue stimule le rendement dans ces secteurs et crée à son tour des emplois. S'il fournit une estimation des emplois créés en fonction des secteurs et des provinces dans chacun des trois scénarios de décarbonation, le modèle gTech n'est pas en mesure de recenser les compétences requises pour occuper ces postes. Pour déterminer quelles compétences prendront une importance relative dans le nouveau

paysage économique, le second volet de notre analyse s'attelle à faire le lien entre les résultats de modélisation et les données sur les professions et les compétences.

Cette partie offre une présentation générale de notre approche d'analyse des compétences, ainsi qu'un tour d'horizon des bases de données utilisées, puis résume les résultats issus de cette analyse et recense diverses compétences qui s'avéreront selon nous les plus pertinentes pour les emplois et les secteurs modélisés précédemment. Elle se conclut par un examen ciblé des répercussions sur les secteurs de l'énergie propre, de la construction et de la fabrication, c'est-à-dire ceux qui emploient un large éventail de professions et qui nous semblent appelés à enregistrer une forte croissance de l'emploi. Nous discutons notamment des compétences jugées essentielles pour exercer certaines professions dans ces secteurs cruciaux pour la transition du Canada vers une économie carboneutre.

Comme évoqué dans la partie 4 consacrée à la méthode d'analyse, les 35 compétences utilisées, issues d'O*NET, désignent les qualités requises pour accomplir des tâches, et non la mise en pratique ou le déploiement de ces compétences au sein d'une profession donnée dans un contexte donné.



Par exemple, un ingénieur mécanicien requerrait les mêmes compétences et qualifications pour travailler dans une ferme éolienne ou solaire, mais le déploiement de ces compétences dans l'une ou l'autre ferme ne serait pas le même en raison des différences de contexte. S'il est également important d'analyser les compétences empiriques découlant du déploiement des compétences générales, il est essentiel de placer l'accent, dans un premier temps, sur les compétences générales afin de comprendre les points communs entre différentes professions et de soutenir ainsi la transition des travailleurs d'un type d'emploi à un autre.

Présentation générale de l'analyse des compétences

Pour cerner les compétences qui prennent de l'importance dans les trois scénarios de décarbonation, nous avons construit un ensemble de données complet faisant

la corrélation entre les codes des secteurs et des professions au Canada et les profils de compétences connexes. Cet ensemble de données renvoie aux renseignements sur le marché du travail spécifiquement en lien avec les compétences, à leurs codes dans la CNP et aux données sectorielles. Nous avons ainsi une vision de l'importance relative de chaque compétence d'un point de vue quantitatif. En effet, la base de données O*NET se caractérise notamment par le fait qu'elle attribue des scores d'« importance » et de « niveau » à 35 compétences quantitatives.

Ces deux mesures indiquent la valeur d'une compétence au regard d'une profession. L'« importance » désigne la valeur relative d'une compétence en fonction des professions, tandis que le « niveau » désigne le degré de maîtrise requis pour exercer efficacement une profession donnée. Certaines compétences peuvent revêtir la même importance dans diverses professions, sans que le niveau

de compétence requis soit le même pour autant. La « parole », par exemple, est une compétence aussi importante dans les professions d'avocat et de parajuriste. Toutefois, l'avocat (qui plaide souvent au tribunal) doit faire preuve d'un « niveau » de compétence supérieur en « parole » que le parajuriste³⁷. À l'aide des renseignements relatifs aux divers scores des compétences, nous avons calculé pour chaque profession le score moyen pondéré de chaque compétence dans la base de données O*NET en fonction de son importance et de son niveau, avec pondération selon le nombre de travailleurs employés dans lesdites professions au sein des secteurs et groupes d'activité économique du SCIAN au Canada³⁸.

La base de données O*NET étant un pilier de notre analyse des compétences, il s'avère utile de commencer par l'étudier afin de comprendre comment nous avons mis au point cet ensemble de données. Élaborée par le Bureau of Labor Statistics (bureau des statistiques du travail) aux États-Unis, la base de données O*NET recense une liste complète de professions et de renseignements relatifs aux compétences, connaissances, aptitudes et tâches connexes. Elle fait partie des sources d'information les plus utilisées sur

le sujet. Aux fins de la présente analyse, nous avons limité notre champ d'étude aux 35 compétences relevant des deux grandes catégories suivantes dans la base de données : les compétences fondamentales et les compétences transversales.

Les compétences fondamentales, qui incluent les compétences en matière de contenu et de processus, permettent aux travailleurs de développer les capacités qui leur permettront ensuite d'apprendre et d'acquérir des connaissances. Elles comprennent l'écoute active, la lecture, la pensée critique et la surveillance. Les compétences transversales, quant à elles, permettent aux travailleurs d'entreprendre des activités couvrant différentes tâches. Il s'agit notamment de la coordination, la résolution de problèmes, le suivi du fonctionnement, la prise de décisions et la gestion. (Pour obtenir une vue d'ensemble détaillée de la classification des 35 compétences, avec leur descriptif précis, veuillez consulter l'annexe 7.)

Par essence, les compétences fondamentales en matière de contenu³⁹ affichent les scores d'importance les plus élevés à l'échelle des emplois et des secteurs. Toutefois, elles ont été exclues de la présente analyse, car elles offrent peu d'intérêt pour éclairer les besoins en compétences au-delà de l'aptitude à lire et à écrire qui sera exigée pour tous les postes. Si ces conclusions viennent potentiellement étayer les politiques visant à renforcer ces compétences fondamentales,

37 Pour une explication plus détaillée sur l'importance et le niveau des compétences incluses dans la base de données O*NET, visitez le site Web suivant (en anglais) : <https://www.onetonline.org/help/online/scales>.

38 Si nous avons calculé les scores moyens pondérés à la fois pour l'importance et pour le niveau de chaque compétence et de chaque profession, ces résultats se sont avérés globalement comparables. Par souci de concision, nous avons donc décidé de présenter et de discuter uniquement des scores d'importance moyens pondérés des compétences.

39 Les compétences fondamentales en matière de contenu incluent la compréhension de lecture, l'écoute active, la rédaction, la parole, les mathématiques et les sciences.

elles ne permettent pas de cerner les nouvelles demandes en vue d'instaurer des programmes ou des politiques de formation professionnelle plus ciblés et spécialisés. En revanche, les compétences fondamentales en matière de processus, telles que la pensée critique et la surveillance, sont incluses dans cette analyse.

Avant d'analyser les scores de compétences dans les différents scénarios, il est utile de passer en revue les scores d'importance moyens pondérés les plus élevés parmi les compétences, en fonction des secteurs, d'après les données sur le marché du travail de 2019 (voir le tableau 4). Les compétences fondamentales en matière de processus, telles que celles susmentionnées, et les compétences transversales, comme la résolution de problèmes complexes ou le jugement et la prise de décisions, arrivent en tête du classement dans tous les secteurs. Cela corrobore les constatations de récentes études sur les compétences selon lesquelles les compétences non techniques, à l'instar des compétences cognitives et sociales de base, obtiennent des scores plus élevés que les compétences techniques de base (Institut Brookfield pour l'innovation + l'entrepreneuriat, 2019). Même dans les secteurs nécessitant des compétences techniques, comme la fabrication et les transports, les scores d'importance de la pensée critique et de la surveillance, entre autres exemples,

sont supérieurs à ceux des compétences techniques. Si ce constat n'enlève rien à l'utilité des compétences techniques, il souligne bel et bien l'importance des compétences générales dans la majorité des postes à pourvoir au sein d'une économie décarbonée. L'une des principales constatations d'un rapport publié en 2019 par le Conseil du bâtiment durable du Canada révèle que les compétences techniques ne suffiront pas, à elles seules, à construire des bâtiments sobres en carbone. Les travailleurs auront besoin de compétences à la fois techniques et sociales pour livrer des bâtiments à faible émission de carbone, écoénergétique et à haut rendement (Conseil du bâtiment durable du Canada, 2019).

TABLEAU 4

Synthèse des scores moyens pondérés pour l'importance des compétences par secteur

Secteur	Part de l'emploi (2019)	Pensée critique	Apprentissage actif	Surveillance	Perception sociale
Agriculture	2,1 %	57,31	43,98	55,21	47,50
Extraction de pétrole et de gaz/Services pétroliers et gaziers	1,4 %	56,02	44,41	51,16	43,98
Services publics	0,7 %	57,98	47,10	52,45	45,74
Construction	8,0 %	50,35	41,14	47,64	41,80
Fabrication	9,1 %	54,50	42,24	52,15	46,29
Transports	5,3 %	48,04	37,96	45,96	42,51

Secteur	Coordination	Résolution de problèmes	Suivi du fonctionnement	Opération et contrôle	Prise de décisions	Gestion du temps
Agriculture	51,51	47,19	49,27	47,09	52,32	49,39
Extraction de pétrole et de gaz/Services pétroliers et gaziers	47,66	48,27	45,49	40,13	48,97	45,63
Services publics	47,63	50,85	41,63	32,05	50,57	48,48
Construction	47,67	44,17	41,23	37,09	46,07	46,05
Fabrication	47,91	46,84	44,86	37,93	48,29	48,14
Transports	43,74	41,89	43,53	41,56	43,43	45,75

Remarque : les secteurs inclus dans cette analyse ont été sélectionnés d'après les résultats de modélisation gTech. En effet, ce sont les secteurs dans lesquels l'emploi devrait varier le plus au cours de l'écologisation de l'économie. Sachant qu'ils représentent environ un quart de l'emploi au Canada, on peut en déduire que la majorité des postes au Canada ne sont pas sensibles aux politiques de réduction des émissions. Les chiffres dans la colonne « Part de l'emploi » sont issus de l'EPA 2019. La plage des scores de chaque compétence va de 0 à 100.

Compétences communes à différents secteurs dans les trois scénarios de décarbonation

Pour recenser les compétences qui se recoupent dans les trois scénarios, il est important d'étudier les secteurs qui sont appelés, d'après le modèle, à créer le plus d'emplois en 2050. L'analyse des compétences se concentre sur les secteurs traditionnels de l'énergie (pétrole et gaz,

par exemple), dans lesquels une baisse du nombre de postes est attendue, et sur les secteurs énergétiques émergents (efficacité énergétique et capture atmosphérique directe, entre autres exemples), dans lesquels le nombre de postes devrait croître. Le tableau 5 dresse la liste des secteurs et groupes d'activité économique affichant la plus forte création nette d'emplois en 2050, en précisant les scores moyens pondérés des principales compétences connexes en fonction des scénarios. En majorité, les secteurs les plus créateurs d'emplois

sont les mêmes dans les trois scénarios soit Électrons, Ressources ou Mixte (cellules en surbrillance violet dans le tableau 5), même

si l'ampleur des gains diffère entre les trois. Les profils de compétences communes à ces secteurs sont présentés ensemble ci-après.

TABLEAU 5

Principales compétences communes aux secteurs qui créeront des emplois dans un avenir décarboné

Nom du secteur	Évolutions de l'emploi en 2050 par rapport à 2015 (en milliers)*			Compétences fondamentales en matière de processus			Compétences sociales			RP	Compétences techniques					Compétences en matière de systèmes			Gestion
	SC1	SC2	SC3	PC	AA	SV	PS	CO	OS		PG	SF	OC	RE	CQ	JPD	AS	ES	
Production et distribution d'électricité	+52	+33	+41	60	49	53	47	49	44	53	17	42	31	28	39	52	43	41	50
Construction	+151	+128	+188	50	41	48	42	48	37	44	5	41	37	28	38	46	33	32	46
Fabrication	+468	+399	+329	54	42	52	46	46	37	47	12	45	38	26	42	48	36	34	48
Agroalimentaire	+64	+66	+54	52	39	51	46	47	37	43	9	44	38	24	38	45	33	30	45
Textile, habillement et cuir	+37	+34	+26	52	38	53	45	46	33	46	8	41	35	19	39	48	32	31	48
Produits du bois	+44	+38	+37	45	34	42	37	39	30	38	8	37	33	22	35	40	28	27	40
Hydrogène	+15	+5	+10	62	51	58	51	53	43	56	17	46	39	23	40	57	45	45	52
Biocarburants	+27	+4	+31	62	51	58	51	53	43	56	17	46	39	23	40	57	45	45	52
Métallurgie	+40	+34	+32	55	42	54	47	49	36	47	11	48	42	29	42	48	35	33	49
Outillage industriel	+89	+59	+45	58	45	54	49	50	39	51	46	38	28	44	51	40	38	51	23
Matériel informatique et électronique	+67	+50	+39	60	48	53	48	50	41	53	21	43	31	27	44	53	44	41	50
Équipement de transport	+20	+26	+2	55	44	52	45	48	37	48	12	48	39	31	47	49	37	37	48
Transports	+106	+98	+95	52	43	51	46	49	43	47	6	55	55	36	36	48	29	31	52

Remarque : le nombre d'emplois dans chaque scénario représente la variation absolue, en milliers, entre 2015 et 2050. Les scores de compétences correspondent au score moyen pondéré dans ces secteurs (voir l'explication à la partie 4). La plage de valeurs va de 0 à 100 : plus le score est élevé, plus la compétence est importante. En raison des dimensions du tableau, les en-têtes de colonne contiennent des abréviations dont la signification est fournie dans la légende ci-dessous. Ce tableau précise la création d'emplois dans certains sous-secteurs entre 2015 et 2050. D'autres sous-secteurs perdront des emplois : ces derniers sont illustrés dans le tableau figurant à l'annexe 6.

*Les évolutions de l'emploi illustrées dans le présent tableau sont exprimées en équivalents temps plein, ce qui correspond au nombre total de postes rapporté aux heures travaillées sur la base d'un temps plein (de façon à tenir compte des secteurs employant beaucoup de travailleurs à temps partiel). Dans le reste du rapport, les chiffres rapportés correspondent à l'emploi total, que les postes soient occupés à temps plein ou à temps partiel. La classification des emplois en équivalents temps plein au sein du modèle nous permet de décomposer le secteur manufacturier en sous-secteurs d'intérêt, afin d'inclure la fabrication d'équipement de transport, d'outillage industriel et de matériel informatique et électronique, ce qui n'est pas possible lorsqu'on s'intéresse au nombre total de postes.

Légende :

SC1 : scénario 1 (électrons); SC2 : scénario 2 (ressources); SC3 : scénario 3 (mixte).

PC : pensée critique; AA : apprentissage actif; SV : surveillance; PS : perception sociale; CO : coordination; OS : orientation vers le service; RP : résolution de problèmes complexes; PG : programmation; SF : suivi du fonctionnement; OC : opération et contrôle; RE : réparation; CQ : contrôle de la qualité; JPD : jugement et prise de décisions; AS : analyse de systèmes; ES : évaluation de systèmes; GT : gestion du temps



Énergie

ÉLECTRICITÉ

Alors que le Canada s'engage dans la voie de la décarbonation, plusieurs sous-secteurs liés à la production d'énergie gagneront un grand nombre d'emplois, notamment les nouvelles sources d'électricité issues de l'hydraulique, de l'éolien et du solaire, le nucléaire et les combustibles fossiles⁴⁰, ainsi que les domaines du transport, du contrôle et de la distribution d'électricité. Ces sous-secteurs devraient compter 52 000 postes supplémentaires en 2050 par rapport à 2015 dans le scénario Électrons, 41 000 postes supplémentaires dans le scénario Mixte et 33 000 postes supplémentaires dans le scénario Ressources (tableau 5 à la page 46)⁴¹. Dans les emplois concernés, les compétences en matière de processus, telles

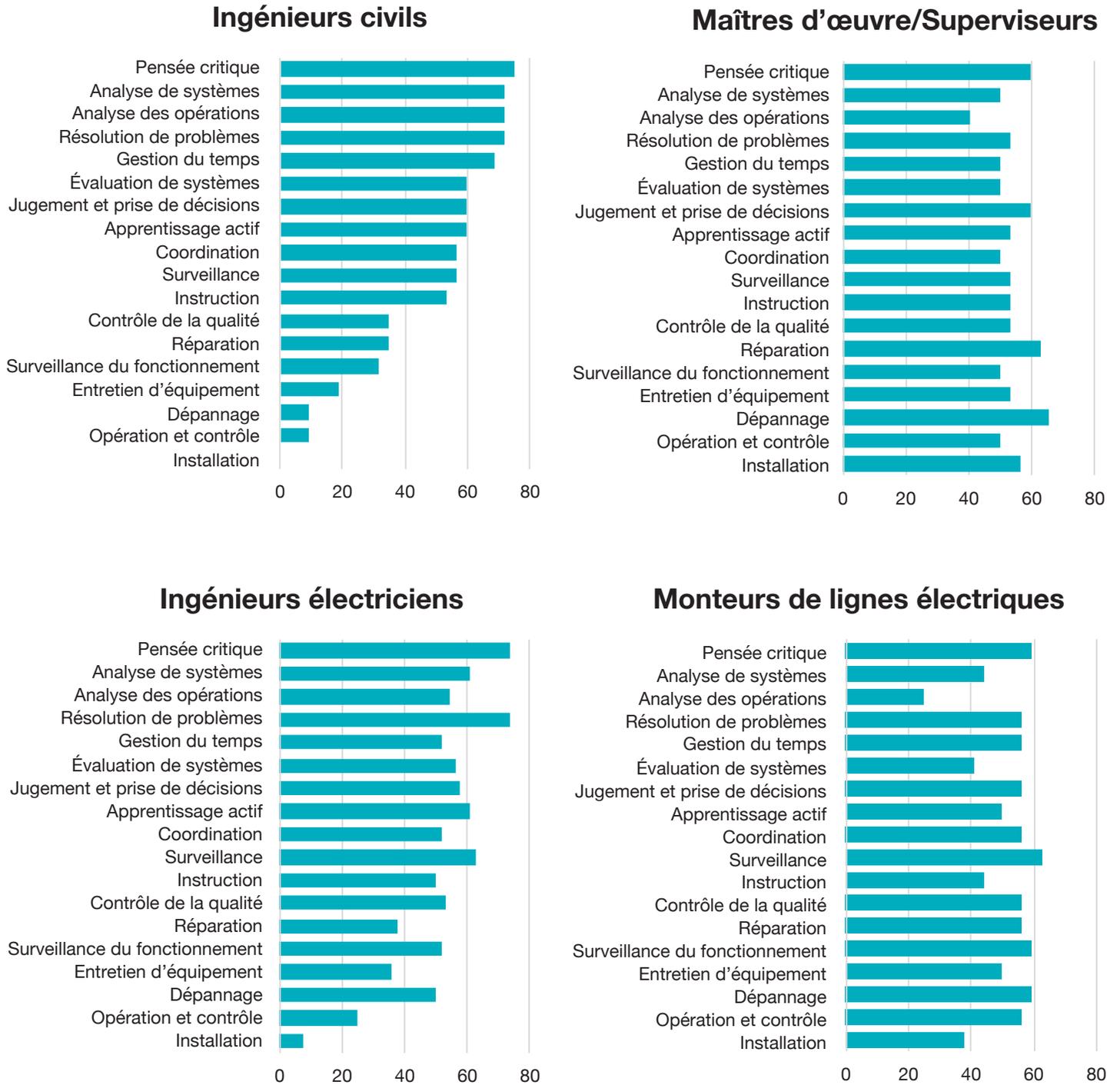
que la pensée critique et la surveillance, et les compétences transversales, telles que la résolution de problèmes et la prise de décisions, s'avèrent les plus importantes. Contrairement à la plupart des autres secteurs, les emplois dans la production et la distribution d'électricité font également appel aux compétences d'orientation vers le service et d'analyse de systèmes. Un coup d'œil aux principales professions (c'est-à-dire celles qui sont appelées à croître le plus d'ici à 2050 par rapport à 2015) concernées dans le secteur des sources d'énergie renouvelables et sobres en carbone permet de tirer plusieurs enseignements intéressants quant à l'évolution du score d'importance des compétences (figure 6). Premièrement, même dans les métiers de l'ingénierie, les compétences techniques (suivi du fonctionnement, opération et contrôle ou encore contrôle de la qualité, entre autres) sont plus importantes en ingénierie électrique qu'en ingénierie civile. Par ailleurs, les ingénieurs civils ont davantage besoin de compétences en matière d'analyse des opérations et de compétences transversales telles que l'analyse de systèmes et la gestion du temps. Le suivi du fonctionnement revêt une importance maximale chez les opérateurs d'installations électriques. Toutes les compétences requises pour les maîtres d'œuvre/superviseurs chapeautant des électriciens et des monteurs de lignes électriques affichent le même degré d'importance, mais les compétences relatives à l'installation, au dépannage et à la réparation s'avèrent plus importantes que pour d'autres professions.

40 Si l'emploi dans la production d'électricité à partir de combustibles fossiles croît quel que soit le scénario, cette croissance représente une part minime de la croissance totale de l'emploi dans ces secteurs. Elle est également inférieure à la croissance projetée en l'absence d'efforts de décarbonation. La croissance de l'emploi dans ce domaine est la plus faible dans le scénario Électrons et la plus élevée dans le scénario Mixte.

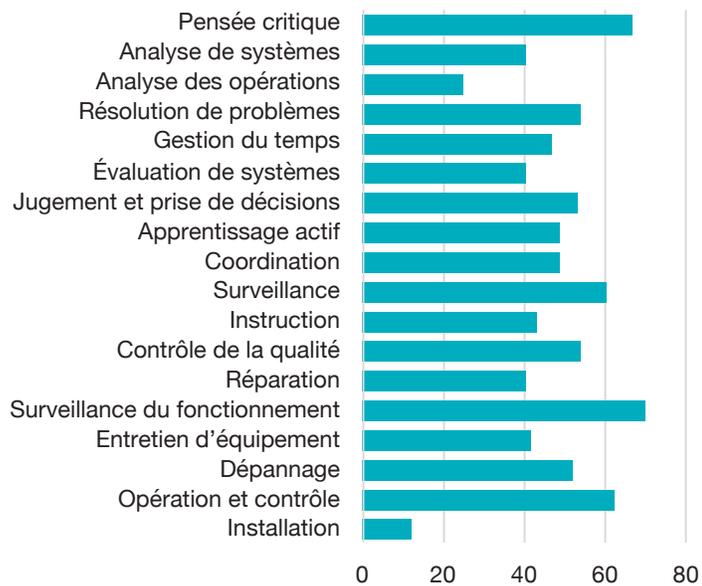
41 Dans cette sous-partie, nous reprenons les chiffres figurant dans le tableau 5, où le nombre total net d'emplois créés est indiqué en équivalents temps plein de façon à prendre en compte les secteurs employant des travailleurs à temps partiel. Ailleurs dans le rapport et dans les résultats de modélisation aux annexes 4 et 5, c'est le nombre agrégé de postes — c'est-à-dire le nombre total d'emplois, à temps plein comme à temps partiel — qui est mentionné. La classification des emplois en équivalents temps plein nous permet de décomposer le secteur manufacturier au sein du modèle afin d'analyser des sous-secteurs tels que la fabrication d'outillage industriel et de matériel informatique et électronique, ce qui n'est pas possible lorsque l'on s'intéresse au nombre total de postes.

FIGURE 6

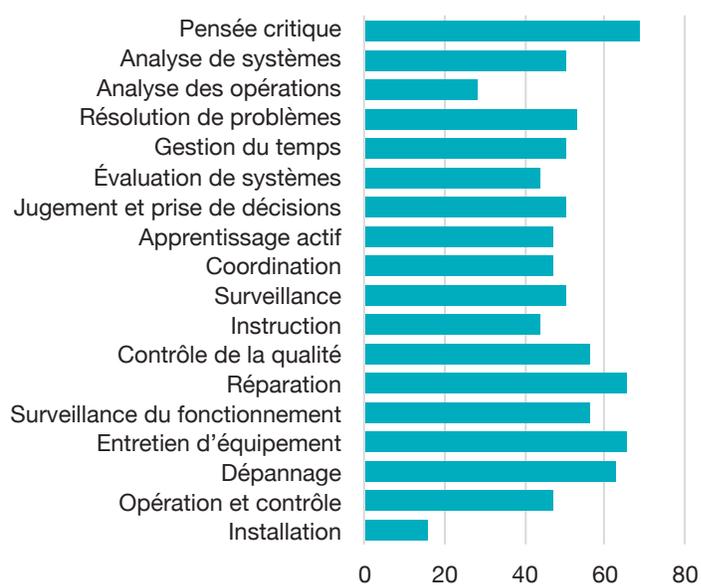
Compétences requises dans la production et la distribution d'électricité
(scores absolus, de 0 à 100)



Opérateurs d'installations électriques



Électriciens de réseau électrique



Source : d'après la base de données O*NET des États-Unis et le tableau de concordance EDSC entre la Classification nationale des professions (CNP), version 1.3 de 2016 et O*NET É.-U.



PRODUCTION DE CARBURANTS DE REMPLACEMENT (HYDROGÈNE ET BIOCARBURANTS)

Dans un avenir décarboné, les carburants de remplacement tels que l'hydrogène et les biocarburants satisferont une proportion importante de la demande en énergie du Canada. La modélisation montre que le nombre d'emplois en lien avec la production d'hydrogène et de biocarburants va augmenter de plus de 40 000 postes d'ici à 2050 dans les scénarios Électrons et Mixte, contre seulement 9 000 postes dans le scénario Ressources (tableau 5, à la page 46). Si la production d'hydrogène par gazéification de la biomasse et par reformage du gaz naturel est la principale pourvoyeuse de croissance, la production de biodiesel à base de graines de canola et de soja joue également un rôle. Le Canada figure parmi les dix premiers producteurs d'hydrogène dans le monde : un élément important pour atteindre l'objectif national de carboneutralité en 2050, comme le souligne la Stratégie canadienne pour l'hydrogène du gouvernement fédéral (Ressources naturelles Canada, 2020).

Les profils de compétences associés aux emplois qui émergeront dans les secteurs liés aux carburants de remplacement s'apparentent à ceux des professions actuelles dans les secteurs de la fabrication de gaz industriels et de produits chimiques. En effet, la pensée critique, le suivi du fonctionnement, la prise de décisions et la résolution de problèmes se classent au rang des compétences les plus importantes. En raison de la nature complexe de ces professions, l'apprentissage actif est

aussi une compétence très valorisée. La différence en termes de compétences requises chez ces travailleurs est également révélatrice⁴². Les mécaniciens spécialisés dans l'outillage industriel doivent faire preuve de diverses compétences techniques de base, dont l'aptitude à réparer et à entretenir l'équipement, à faire le suivi du fonctionnement et à effectuer un dépannage. Les opérateurs d'outillage industriel dans les usines chimiques ont un profil de compétences très similaire, incluant l'opération et le contrôle de l'équipement et des systèmes (figure 7).

Dans tous les secteurs de demain, les postes de responsable revêtiront une importance croissante. Dans le domaine des carburants de remplacement, en particulier, les directeurs de la fabrication, les ingénieurs mécaniciens et les ingénieurs chimistes participeront davantage aux processus décisionnels. Les gestionnaires auront besoin d'un surcroît de compétences en gestion, en surveillance et en coordination, tandis que les ingénieurs mécaniciens et chimistes devront renforcer leurs compétences en conception technologique, en analyse des opérations, ainsi qu'en analyse et en évaluation de systèmes. Il convient toutefois de souligner que plusieurs des emplois dont la création est attendue dans le secteur de la production de carburants de remplacement, y compris

42 Pour obtenir une analyse plus approfondie de quelques professions en fonction des secteurs, nous avons étudié leur part respective de l'emploi en 2019 ainsi que la littérature expliquant l'évolution des postes au regard de plusieurs niveaux de compétence (emplois hautement qualifiés, moyennement qualifiés et peu qualifiés). Ces emplois couvrent un éventail de compétences requises allant de la gestion à la supervision, en passant par la technique et l'ingénierie (OIT, 2019).

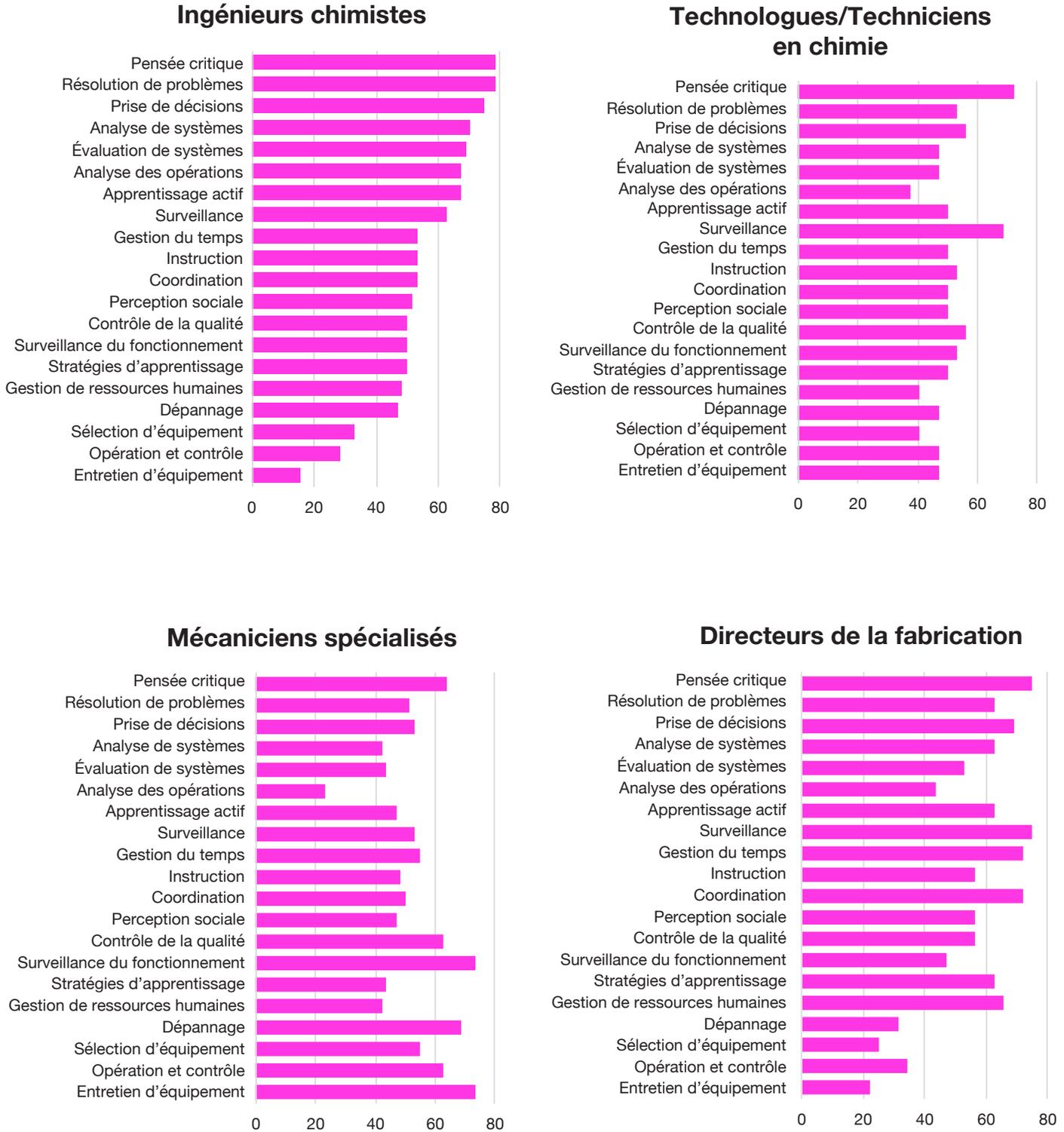
d'hydrogène, seront des postes nouveaux n'ayant actuellement pas de titres définis dans le manuel de la CNP ni de profils de compétences connexes dans la base de données O*NET, car les tâches inhérentes à ces fonctions ne sont pas connues. Néanmoins, bon nombre de ces emplois devraient nécessiter un vaste éventail de qualifications et de compétences actuellement recensées chez la main-

d'œuvre déjà employée dans le secteur manufacturier (Bezdek, 2019). À l'avenir, les bases de données telles que la CNP et O*NET seront mises à jour à mesure que ces postes se créent et que les besoins en compétences connexes se consolident, ce qui devrait permettre une analyse plus précise.

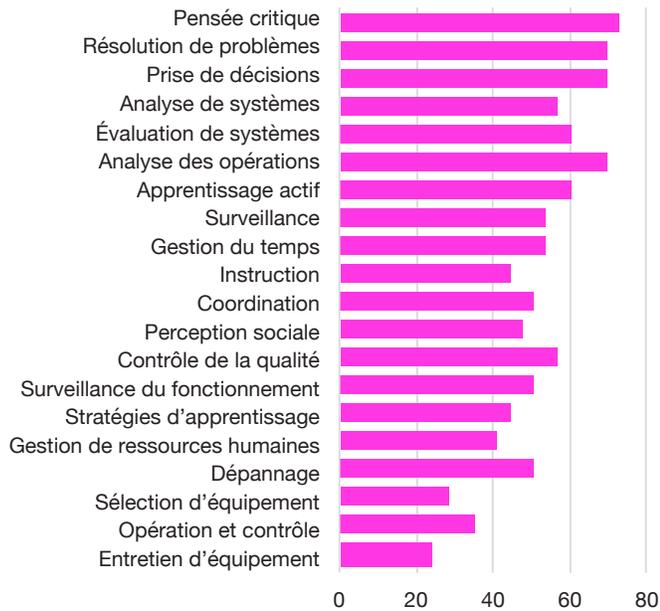


FIGURE 7

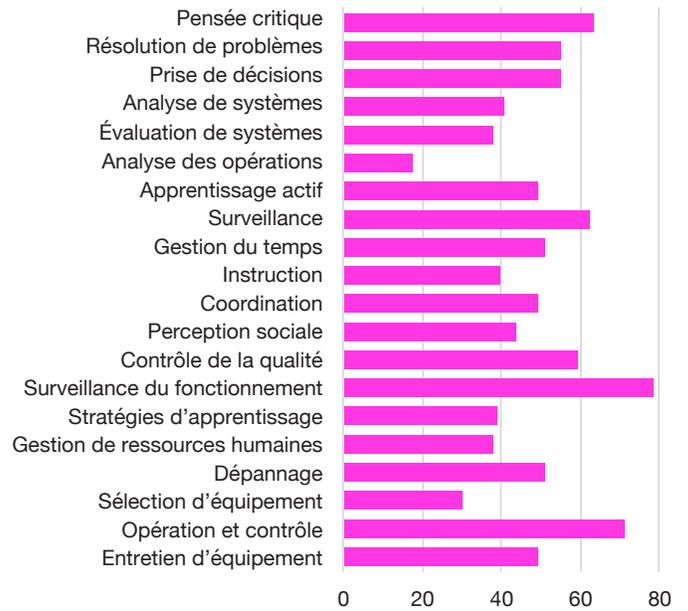
Compétences requises dans la fabrication de carburants de remplacement (scores absolus, de 0 à 100)



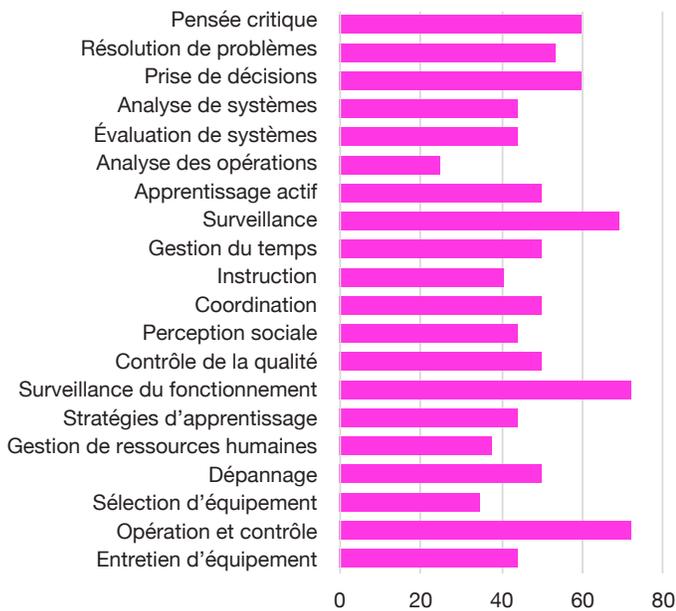
Ingénieurs mécaniciens



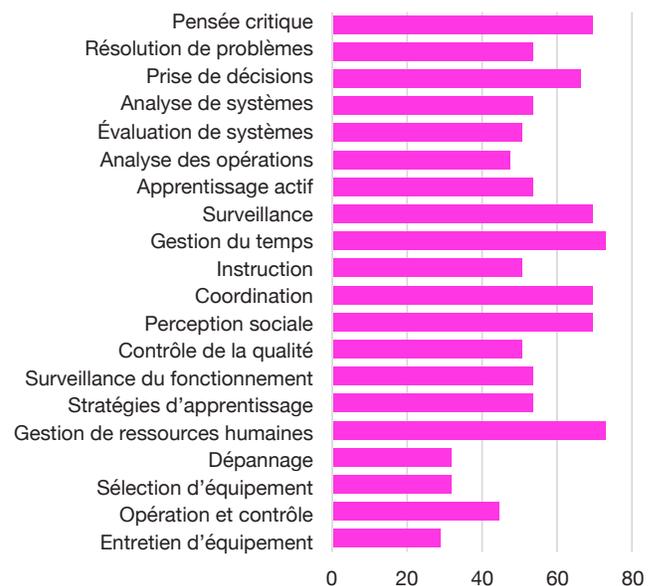
Opérateurs (procédés de traitement des produits chimiques)



Opérateurs des installations



Superviseurs (procédés de traitement des produits chimiques)



Source : d'après la base de données O*NET des États-Unis et le tableau de concordance EDSC entre la Classification nationale des professions (CNP), version 1.3 de 2016 et O*NET É.-U.



ENCADRÉ 3

L'exploitation des compétences dans un monde décarboné – Étude du cas insolite de l'Alberta

Au cours de la transition du Canada vers une économie carboneutre, certaines provinces telles que l'Alberta sont appelées à perdre des emplois dans les secteurs traditionnels liés aux combustibles fossiles. Toutefois, divers exemples tels que les projets Halkirk Wind et Living Energy démontrent qu'il est possible d'exploiter les profils de compétences existants des travailleurs de l'Alberta aux fins de la production d'énergie à partir de sources nouvelles et plus propres.

Projet Halkirk Wind :

l'Alberta possède les meilleures ressources éoliennes et solaires du Canada. Ces secteurs sont appelés à créer un nombre conséquent de nouveaux emplois à des fins de construction, de fonctionnement et d'entretien, lesquels pourront tous être occupés par la main-d'œuvre actuelle après un certain degré de recyclage professionnel. Prenons le cas du parc éolien Halkirk Wind de 150 MW, en Alberta. Durant la phase de construction, ce projet a employé 270 travailleurs, dont des électriciens, des maçons et des ferronniers (Power Technology, 2013) et il continue d'employer de la main-d'œuvre chargée de l'entretien et du fonctionnement (Bridge et Gilbert, 2017). Comme l'illustre cet exemple, les programmes de transition peuvent

s'efforcer d'exploiter les points forts des travailleurs qui risquent de perdre leur emploi dans le secteur du pétrole et du gaz en créant des postes demandant les mêmes compétences dans le secteur éolien. De plus, les compétences essentielles telles que la gestion de projet, l'installation, la réparation, la surveillance et la coordination (nécessaires dans le secteur du pétrole et du gaz) peuvent faciliter la transition — avec l'aide d'autres facteurs tels qu'un recyclage professionnel efficace.

Projet Living Energy :

le Canada abrite de nombreux grands promoteurs dans le domaine de l'énergie géothermique (CanGEA, 2016). Si cette dernière s'avère peu coûteuse à long terme, le forage des puits géothermiques engendre des risques importants et nécessite des investissements conséquents en amont. Il est possible de réaffecter les puits servant actuellement à l'exploitation pétrolière et gazière (au fond desquels les températures sont élevées) afin de créer des systèmes de chauffage géothermique, ce qui réduit nettement les risques inhérents à ce type de projet. Cette démarche créera des emplois dans les domaines de l'exploration de puits, du forage et de la construction d'installations d'utilisation finale. Le projet Living Energy en Alberta



ENCADRÉ 3 (SUITE)

L'exploitation des compétences dans un monde décarboné – Étude du cas insolite de l'Alberta

propose de convertir 78 000 puits dormants en systèmes de chauffage géothermique à l'usage des serres, ce qui permettrait de créer jusqu'à 5 000 emplois permanents dans l'agriculture et d'employer des milliers de travailleurs du secteur des services pétroliers. Ainsi, ces derniers pourraient recycler leurs compétences et se former à la production d'énergies plus propres (Alberta Oil Magazine, 2016).

De plus, l'Alberta Electric System Operator (opérateur du réseau électrique de l'Alberta) a établi des projections à long terme de la demande et de la production d'électricité jusqu'en 2030 dans une multitude de scénarios de demandes énergétiques. Parmi eux, l'un reposait sur une politique en faveur des énergies renouvelables et l'autre sur la diversification : ces scénarios aboutissaient respectivement à la création de 10 400 emplois et de 31 800 emplois dans le cadre de 49 projets de production d'énergie solaire et éolienne. Il s'agirait notamment de postes d'ingénieurs mécaniciens et électriciens, d'ingénieurs civils et d'ingénieurs d'études. Ces professions requerront des compétences telles que la conception technologique, l'analyse des opérations et la résolution de problèmes,

ainsi que l'analyse et l'évaluation de systèmes. Par ailleurs, divers emplois à des fins de construction, de fonctionnement et d'entretien seront créés tout au long du cycle de vie du projet (Kaddoura et coll., 2020).

Ces exemples démontrent qu'avec les bons projets et programmes de recyclage professionnel, la main-d'œuvre de l'industrie du pétrole et du gaz de l'Alberta pourra être redéployée en vue de la production d'énergies plus propres compatibles avec l'objectif de carboneutralité. Néanmoins, il est probable que la population active de l'Alberta sera confrontée à un certain degré de chômage structurel ou de sous-emploi durant la phase de transition. Les programmes tels que les fonds d'aide à la transition, les filets de sécurité sociale, les subventions salariales et les programmes efficaces de perfectionnement professionnel permettant aux travailleurs de mettre leurs compétences en pratique pour l'exécution de nouvelles tâches deviendront d'autant plus utiles. Par conséquent, il est important d'exploiter comme il convient le potentiel de ces emplois pour garantir la viabilité à long terme de la transition canadienne vers la carboneutralité.

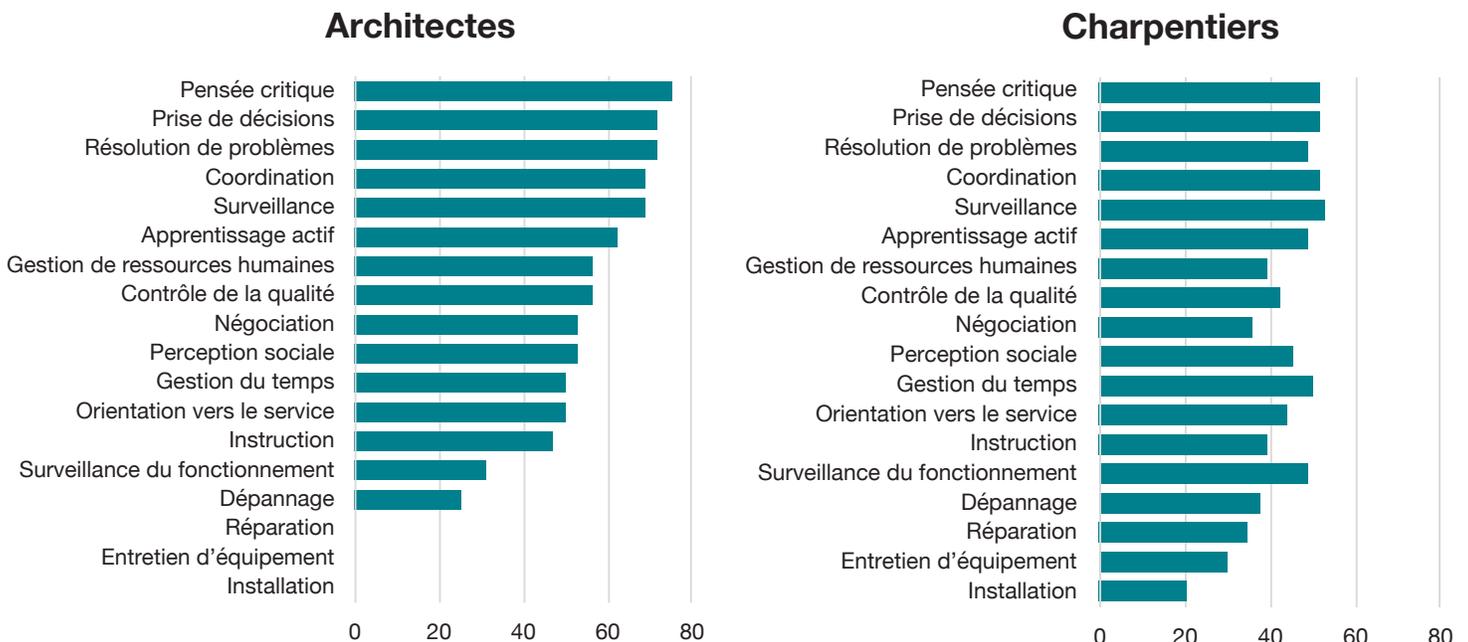
Construction

Dans tous les scénarios de décarbonation, l'emploi dans la construction est appelé à croître, avec la création de 128 000 à 188 000 postes entre 2015 et 2050 (tableau 5, à la page 46). Au cours de la transition, ce secteur subira d'importants changements structurels, assortis d'une augmentation des besoins en compétences génériques, telles que la conservation d'énergie, appliquées à diverses tâches, dont la modernisation des bâtiments. Le suivi du fonctionnement et le contrôle de la qualité sont les compétences techniques les plus importantes dans ce secteur, même si l'installation et la sélection d'équipement, entre autres, y occupent une position relativement plus élevée dans la liste des priorités par rapport aux autres secteurs. Seules quelques professions, à savoir celles d'électricien et de plombier, possèdent un profil axé avant tout sur les compétences techniques, comme le dépannage et la réparation, étayant ainsi l'argument selon lequel les compétences indispensables

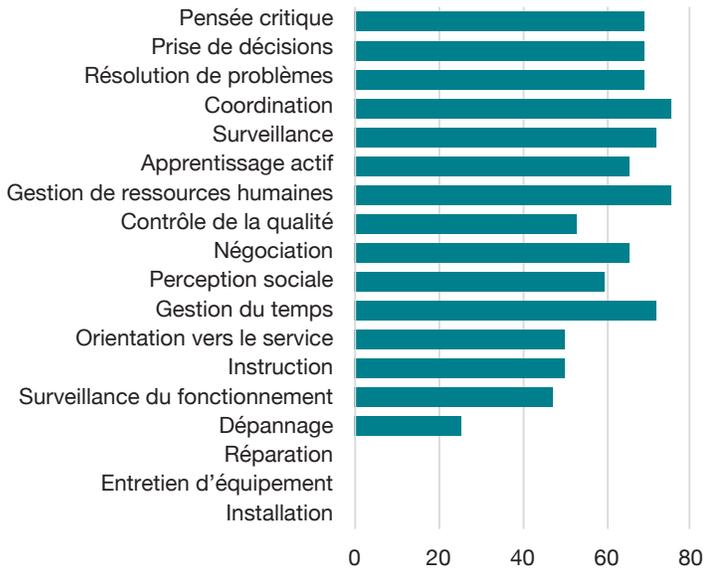
dans un avenir carboneutre n'ont rien d'unique. Au contraire, les nouvelles tâches inhérentes, par exemple, à la modernisation des bâtiments feront le plus souvent appel à des compétences techniques existantes (Dierdorff et coll., 2011). Les professions employant la majeure partie des effectifs du secteur de la construction (chefs de chantier, plombiers, électriciens, charpentiers et maîtres d'œuvre) affichent des tendances similaires (figure 8). Les compétences liées à la communication et à la coopération sont souvent citées comme une lacune majeure, car les artisans ne participent généralement pas aux processus décisionnels (Conseil du bâtiment durable du Canada, 2019). Or, au vu de la nature collaborative des projets de construction sobres en carbone, il s'avérera indispensable que tous les intervenants du secteur de la construction, des gestionnaires aux architectes en passant par les électriciens et les charpentiers, possèdent un éventail de compétences générales similaire, en particulier dans le domaine social et la gestion de projet.

FIGURE 8

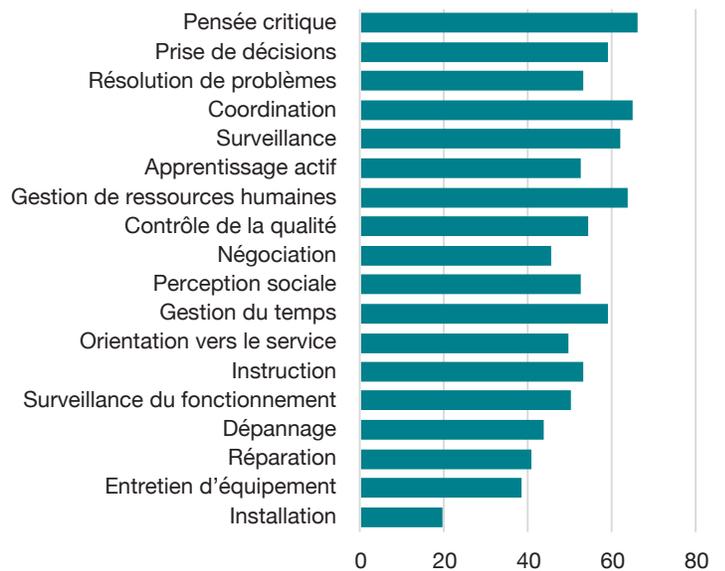
Compétences requises dans le secteur de la construction (scores absolus, de 0 à 100)



Chefs de chantier



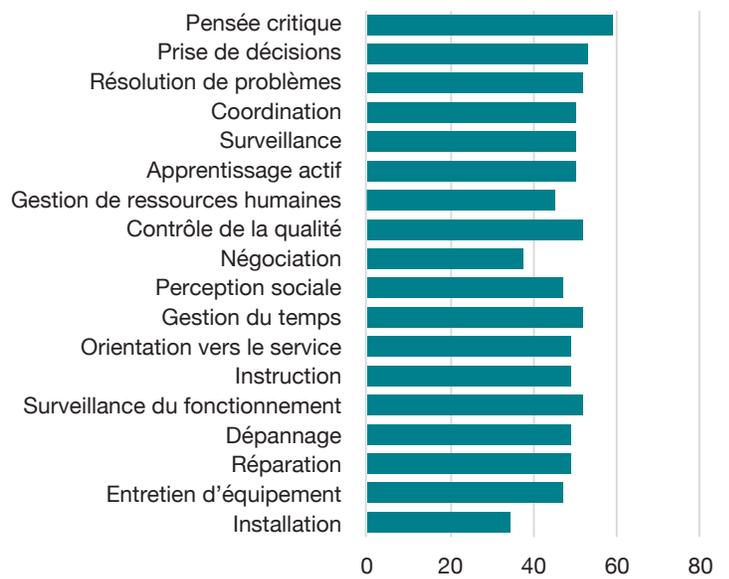
Maîtres d'œuvre/Superviseurs



Électriciens



Plombiers



Source : d'après la base de données O*NET des États-Unis et le tableau de concordance EDSC entre la Classification nationale des professions (CNP), version 1.3 de 2016 et O*NET É.-U.



Fabrication de matériel électronique et électrique

Le nombre d'emplois dans la fabrication de matériel informatique, électronique et électrique devrait croître de 67 000 postes dans le scénario Électrons, de 50 000 postes dans le scénario Ressources et de 39 000 postes dans le scénario Mixte (tableau 5, à la page 46). Les nouveaux processus de production mis en œuvre dans ce secteur utiliseront des intrants sobres en carbone pour la fabrication d'équipement et intégreront des pratiques relevant de l'économie circulaire⁴³.

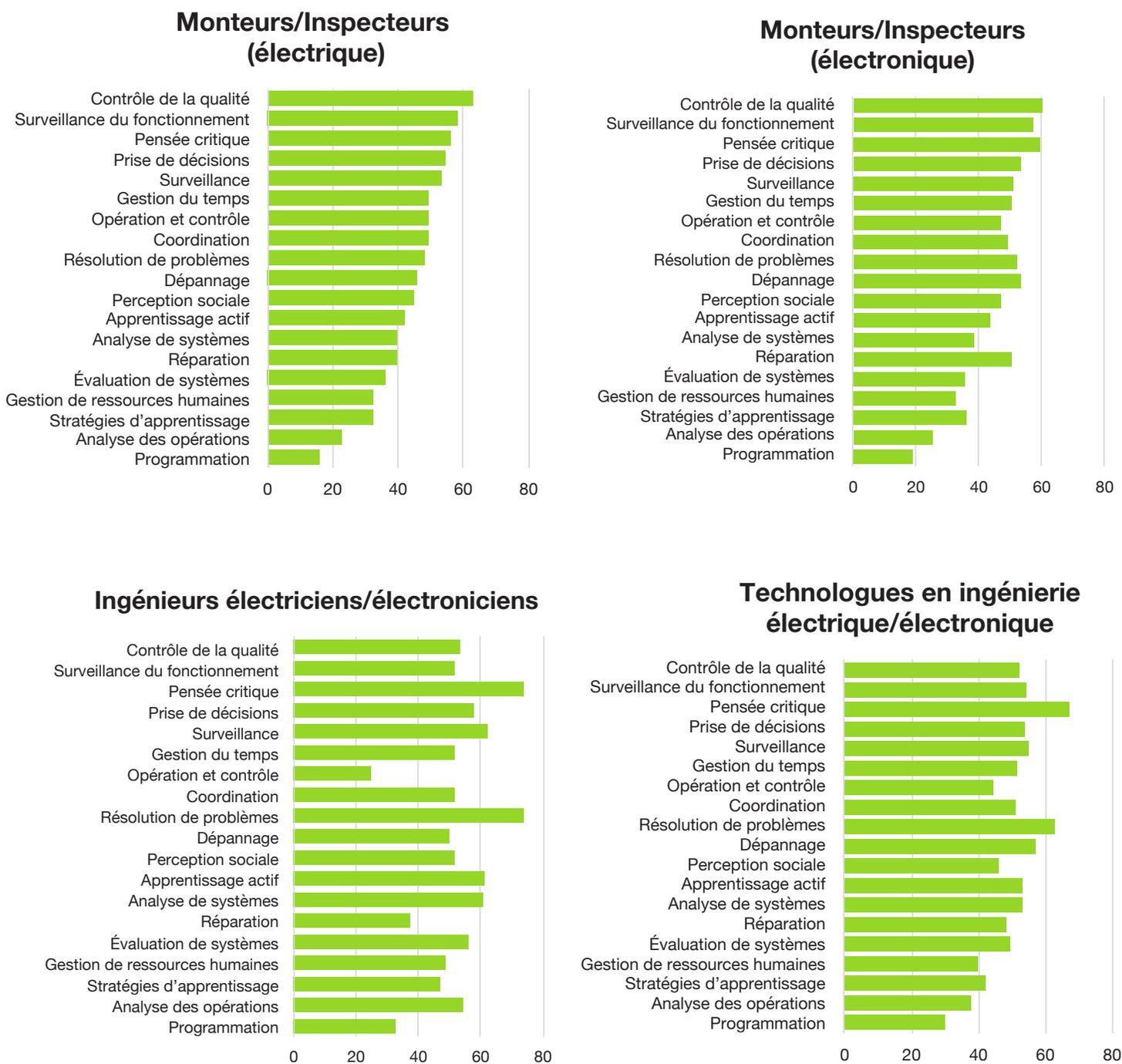
Dans l'ensemble, les travailleurs exerçant dans ces secteurs doivent faire preuve de compétences techniques : contrôle de la qualité, analyse de systèmes,

programmation, opération et contrôle, etc. D'autres compétences générales, cependant, s'avèrent également prioritaires pour les directeurs de la fabrication, les ingénieurs électriciens et électroniciens, ainsi que les inspecteurs, dont les profils de compétences sont davantage orientés vers la résolution de problèmes, la prise de décisions et la gestion. Dans un avenir caractérisé par une automatisation croissante et une prise en compte des principes de l'économie circulaire, la main-d'œuvre du secteur manufacturier devra posséder un vaste éventail de compétences techniques et non techniques lui permettant de travailler efficacement avec d'autres corps de métier, de s'adapter aux nouvelles technologies et de résoudre les problèmes de façon collaborative.

43 L'économie circulaire sort du modèle linéaire de croissance « prendre-fabriquer-jeter » pour généraliser des principes visant à minimiser les déchets, le gaspillage et la pollution, à perpétuer l'utilisation des produits et des matériaux, et à régénérer les systèmes naturels.

FIGURE 9

Compétences requises dans la fabrication de matériel informatique, électronique et électrique (scores absolus, de 0 à 100)



Directeurs de la fabrication



Programmeurs/Concepteurs de médias



Source : d'après la base de données O*NET des États-Unis et le tableau de concordance EDSC entre la Classification nationale des professions (CNP), version 1.3 de 2016 et O*NET É.-U.



Fabrication d'outillage industriel

La trajectoire de décarbonation à plus faible intensité carbonique (scénario Électrons) se traduira par l'augmentation la plus importante du nombre d'emplois dans le secteur de la fabrication d'outillage industriel d'ici à 2050 (89 000 postes), tandis que la trajectoire intermédiaire (scénario Mixte) occasionnera l'augmentation la plus faible (45 000 postes). Cette croissance de l'emploi sera en partie alimentée par l'outillage industriel sobre en carbone, avec une augmentation comprise entre 11 000 et 15 000 postes en fonction des scénarios (tableau 5, à la page 46). Ces emplois seraient affectés à la fabrication de moteurs et de compresseurs électriques, de pompes à chaleur industrielles et de chaudières au gaz naturel à haute efficacité.



L'augmentation massive du nombre d'emplois dans ce secteur se caractérisera également par l'automatisation des tâches manuelles et par l'innovation, deux tendances qui mettront en péril les compétences professionnelles existantes, notamment dans le soudage et la métallurgie.

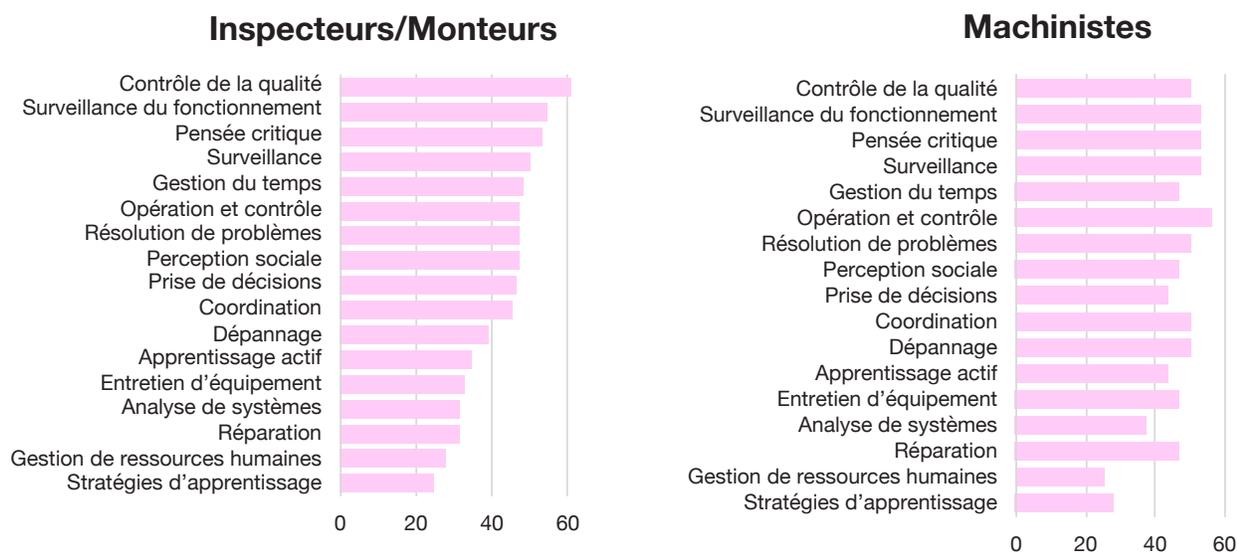
La majeure partie des effectifs œuvrant dans la fabrication d'outillage industriel est constituée de soudeurs et d'ouvriers métallurgistes : dans ces deux catégories d'emploi, les travailleurs ont besoin du même ensemble de compétences techniques et non techniques (figure 10). Au contraire, ce sont les compétences non techniques qui revêtent de loin le plus d'importance dans le profil de compétences des directeurs et des superviseurs de la fabrication, notamment la surveillance, la coordination, la gestion du temps et la gestion de ressources humaines.

Il convient toutefois de souligner que l'augmentation massive du nombre d'emplois dans ce secteur se caractérisera également par l'automatisation des

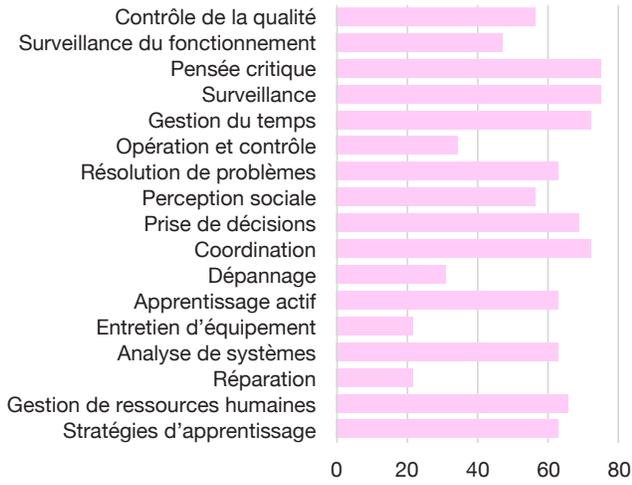
tâches manuelles et par l'innovation, deux tendances qui mettront en péril les compétences professionnelles existantes, notamment dans le soudage et la métallurgie. Ainsi, les emplois nécessitant moins de compétences risquent d'être remplacés, au moins en partie, par des postes requérant des compétences supérieures, comme ceux d'ingénieurs mécaniciens ou industriels, d'ingénieurs de fabrication et de programmeurs informatiques. Ces professions plus qualifiées nécessitent des compétences ayant un score d'importance supérieur telles que la programmation, la conception technique ou technologique, la résolution de problèmes et la prise de décisions, ainsi que la pensée critique.

FIGURE 10

Compétences requises dans la fabrication d'outillage industriel (scores absolus, de 0 à 100)



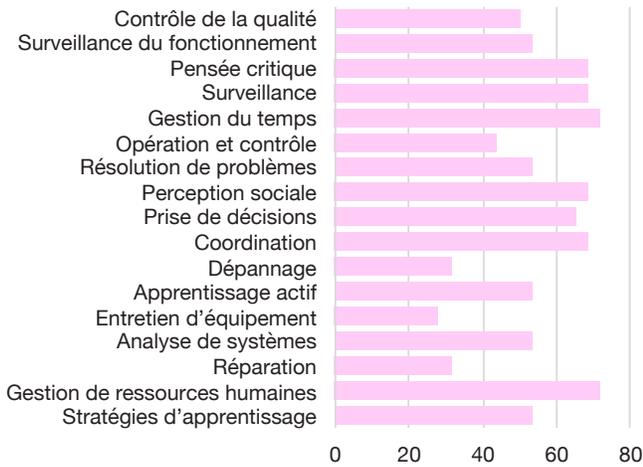
Directeurs de la fabrication



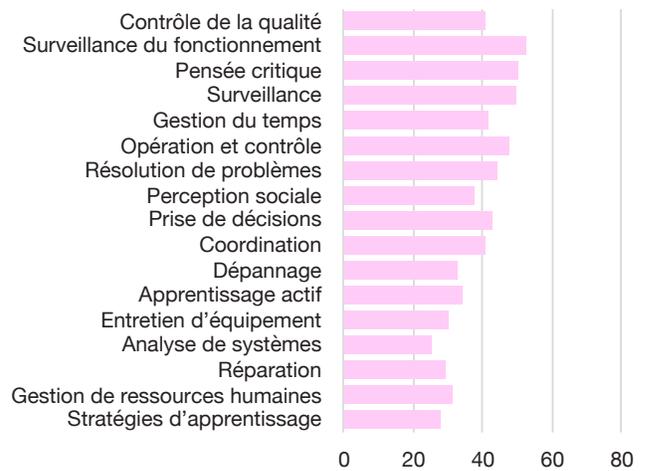
Ouvriers métallurgistes



Superviseurs



Soudeurs

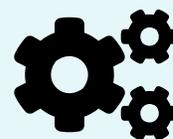


Source : d'après la base de données O*NET des États-Unis et le tableau de concordance EDSC entre la Classification nationale des professions (CNP), version 1.3 de 2016 et O*NET É.-U.

Fabrication d'équipement de transport

Le secteur de la fabrication d'équipement de transport enregistrera la création de 26 000 postes supplémentaires selon la trajectoire de décarbonation axée sur les ressources et de 20 000 postes supplémentaires en vertu du scénario Électrons. La transition de l'industrie automobile au Canada devrait s'accompagner d'importantes transformations, sous l'effet du remplacement des véhicules à moteur à combustion interne par des véhicules électriques. À l'instar de la plupart des innovations technologiques, certains nouveaux emplois dans un domaine remplaceront d'anciens postes dans d'autres. Pourtant, si la fabrication de moteurs à combustion interne et les travaux mécaniques traditionnels dans l'automobile connaîtront un déclin, la fabrication de véhicules électriques et hybrides n'induiront pas de différence structurelle. Ainsi, les processus connexes feront globalement appel aux mêmes compétences. Néanmoins, les contributions apportées par certains professionnels (ingénieurs mécaniciens, technologues et ingénieurs en logiciels, par exemple) vont évoluer à mesure que les compétences en programmation et en conception technologique, ainsi que celles liées à la gestion des batteries, prendront de l'importance (Matchtech, 2016).

Il est important d'avoir conscience que, malgré les transformations attendues dans le sillage de cette transition du secteur automobile, il sera indispensable

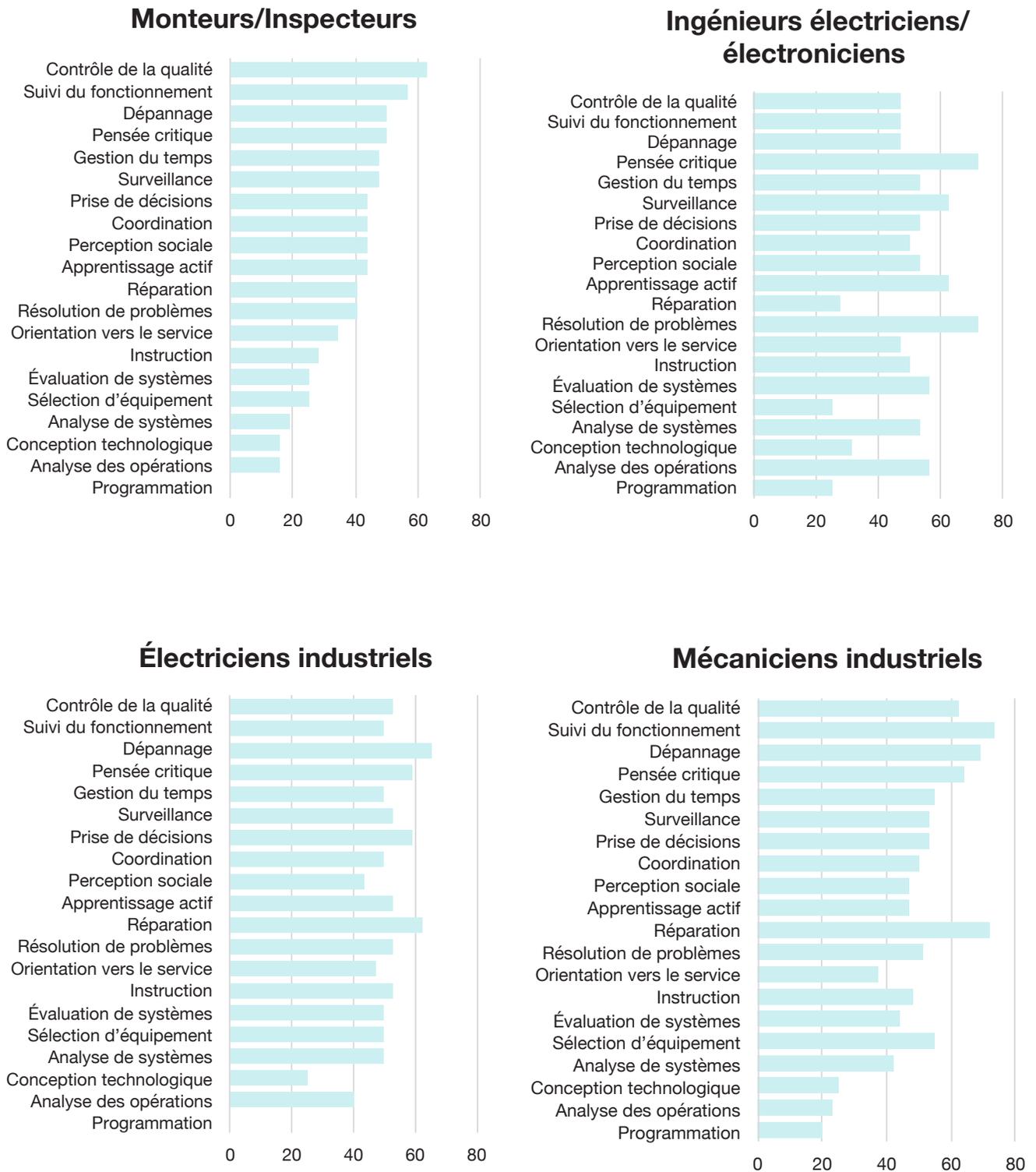


Si la fabrication de moteurs à combustion interne et les travaux mécaniques traditionnels dans l'automobile connaîtront un déclin, la fabrication de véhicules électriques et hybrides n'induiront pas de différence structurelle.

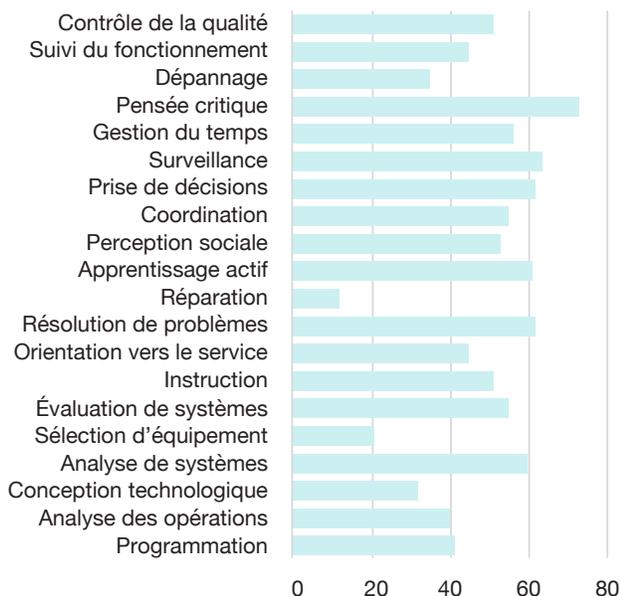
d'adopter une approche stratégique en matière d'investissements et de politiques pour relever les défis liés à l'emploi et aux compétences qui ne manqueront pas d'apparaître sans cela. Mis à part le réoutillage des lignes de montage et l'expansion de la chaîne d'approvisionnement pour la fabrication des pièces requises dans les véhicules électriques, il est également estimé que la plupart des emplois créés dans l'industrie connexe seront hautement qualifiés (techniciens spécialistes des batteries, par exemple). Cette transition nécessitant un grand nombre de travailleurs plus qualifiés transformera également la nature des tâches liées à l'entretien et à la réparation des véhicules électriques et des infrastructures connexes (Kopperson et coll., 2014; The Economist, 2021).

FIGURE 11

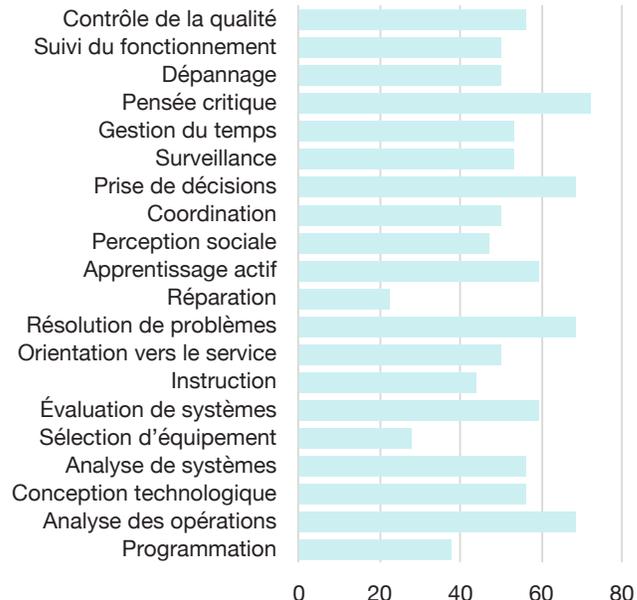
**Compétences requises dans la fabrication d'équipement de transport
(scores absolus, de 0 à 100)**



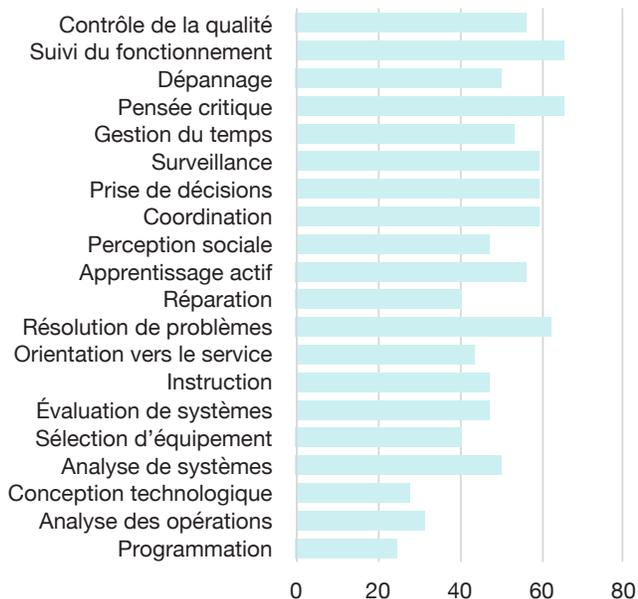
Analystes des systèmes d'information



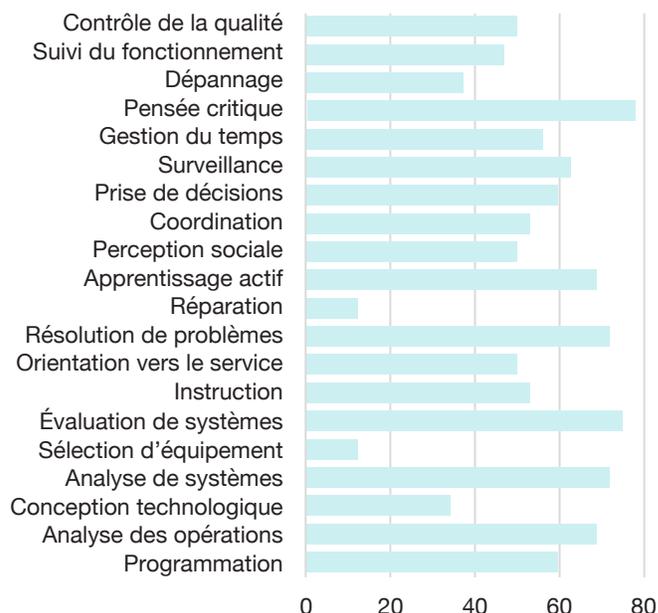
Ingénieurs mécaniciens



Technologues en mécanique



Ingénieurs en logiciels



Source : d'après la base de données O*NET des États-Unis et le tableau de concordance EDSC entre la Classification nationale de professions (CNP), version 1.3 de 2016 et O*NET É.-U.

Capture atmosphérique directe

La capture atmosphérique directe (CAD) est une technologie qui utilise l'électricité et la chaleur pour capturer le dioxyde de carbone (CO₂) dans l'air en vue de son utilisation (dans l'industrie des aliments et des boissons, dans le secteur des produits chimiques, ainsi qu'à des fins de récupération assistée des hydrocarbures et de fabrication de ciment et de fibre de carbone) et de son enfouissement⁴⁴. Il s'agit d'un nouveau secteur qui, d'après notre modélisation, est porteur d'un fort potentiel de création d'emplois. Le scénario Électrons à plus faible intensité carbonique reposant moins, par nature, sur l'émission de GES, est celui qui offre les moins bonnes perspectives de croissance de l'emploi dans ce secteur. Cela dit, 69 000 nouveaux postes n'en sont pas moins attendus dans le scénario Électrons d'ici à 2050. Le scénario Mixte et le scénario Ressources, à plus forte intensité carbonique, devraient quant à eux créer respectivement 75 000 et près de 150 000 emplois (voir l'annexe 4).

En juin 2020, l'organisme de recherche Rhodium Group a publié une étude explorant le potentiel économique de la capture atmosphérique directe aux États-Unis, et notamment ses répercussions sur l'emploi. La construction d'usines aura des retombées directes dans plusieurs autres secteurs, dont les suivants : construction; cimenterie, aciérie et fabrication d'équipement industriel; ingénierie; fonctionnement et entretien; et production d'électricité. Ces emplois seront nécessaires pour bâtir et entretenir les installations de CAD et feront

appel à un vaste éventail de compétences dans divers secteurs clés abordés dans le présent rapport. D'après l'analyse du potentiel de création d'emplois inhérent à la CAD aux États-Unis, une majorité des nouveaux postes attendus concernent la conception, l'ingénierie et la construction des installations, ainsi que la fabrication d'équipement connexe. Selon les estimations, le fonctionnement et l'entretien d'une usine type mobiliseront par ailleurs plus de 250 travailleurs (Larsen et coll., 2020). La construction d'une telle installation nécessitera de la main-d'œuvre dans les secteurs de la fabrication d'équipement industriel, de l'aciérie et de la cimenterie, de la construction, de l'architecture et de l'ingénierie. De manière générale, ces derniers requièrent un vaste ensemble de compétences, notamment : pensée critique, surveillance, coordination, prise de décisions et gestion du temps (voir le tableau 4 pour en savoir plus sur les besoins en compétences dans ces secteurs).

Le fonctionnement d'une usine de capture atmosphérique directe créera de nouveaux emplois en lien avec la réparation et l'entretien d'outillage et d'équipement commercial et industriel. Parmi les compétences inhérentes à ces postes figureront l'opération et le contrôle, le suivi du fonctionnement, ainsi que l'analyse et l'évaluation de systèmes. Les secteurs de la production d'électricité, du gaz naturel et de la fabrication de produits chimiques seront également mis à contribution. Les emplois connexes feront donc appel à un vaste éventail de compétences techniques, mais surtout non techniques recensées dans cette partie. Mieux comprendre les modalités d'émergence et d'évolution de ces postes permettra aux décideurs et aux autres parties prenantes de l'écosystème de la formation et du perfectionnement professionnels de satisfaire à la demande de compétences en la matière.

44 Carbon Engineering est une société canadienne du secteur des technologies propres qui a pour ambition de concevoir et de commercialiser la technologie CAD. Son usine pilote installée à Squamish, en Colombie-Britannique, a la capacité de capturer environ une tonne de CO₂ atmosphérique par jour (Carbon Removal Technology, Carbon Engineering).

ENCADRÉ 4



Quelle est la répercussion des mécanismes de compensation carbone sur les compétences et la population active dans le scénario Mixte?

Le présent rapport modélise trois trajectoires viables de décarbonation du Canada. D'un côté, deux scénarios (Électrons et Ressources) partent du principe que la carboneutralité est atteinte directement à l'aide d'un bouquet de technologies permettant soit de réduire les émissions de GES à la source, soit de les neutraliser au moyen de solutions de capture et de stockage du CO₂ (CSC/CUSC). De l'autre, le scénario Mixte repose sur la thèse d'une adoption technologique responsable à 75 p. 100 de la baisse des émissions, le reste étant compensé par d'autres instances. Dans ce cas de figure, la réduction directe des émissions en 2050 atteint ainsi 75 p. 100 par rapport aux niveaux de 2005, tandis qu'une réduction indirecte est obtenue pour les 25 p. 100 restants (187 Mt éq. CO₂) au moyen de mécanismes de compensation carbone.

La compensation carbone est une politique de marché qui repose sur la mise en œuvre d'activités visant à réduire les émissions de GES pour compenser celles provenant d'une autre source. Le marché de la compensation carbone se divise en deux sous-ensembles : le marché volontaire et le marché de conformité. Sur le marché volontaire, les particuliers

et les entreprises peuvent acheter des crédits pour compenser leur empreinte carbone : cette démarche est généralement sans lien avec les exigences de conformité réglementaire. Le marché de conformité, quant à lui, est paramétré et réglementé à l'échelle internationale, régionale ou nationale afin de favoriser la conformité réglementaire (Carbon Offset Guide, s.d.).

La prise en compte des mécanismes de compensation carbone dans la réduction des émissions est une hypothèse politique externe valable, dans la mesure où il en existe déjà un certain nombre et où d'autres efforts sont déployés partout dans le monde pour instaurer des dispositifs nationaux et régionaux de compensation carbone supplémentaires. Néanmoins, la réduction, par ce biais, présumée atteindre 25 p. 100 des émissions dans le scénario Mixte, n'est pas incluse dans la modélisation, et ce, pour plusieurs raisons. Premièrement, si certains protocoles régionaux existants prévoient déjà des mécanismes de compensation carbone, à l'instar du Système d'échange de quotas d'émission de l'Union européenne, les dynamiques et les structures afférentes, telles que la quantification des réductions, diffèrent d'un marché à l'autre, ce qui

ENCADRÉ 4 (SUITE)



Quelle est la répercussion des mécanismes de compensation carbone sur les compétences et la population active dans le scénario Mixte?

complique leur modélisation ou leur intégration hors d'un marché unique dans des analyses pointues. En outre, la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques n'a pas non plus défini ce type de programme à l'international (Dion et coll., 2021). Deuxièmement, en raison de l'ampleur des incertitudes susmentionnées, il n'est pas possible d'avoir une vision claire, à l'heure actuelle, des types de postes qui seront créés par l'intermédiaire de ces mécanismes de compensation.

Au Canada, le système fédéral de crédits compensatoires pour les gaz à effet de serre est en cours de développement pour permettre aux agriculteurs, aux forestiers, aux municipalités et aux entreprises de générer et de vendre des crédits de compensation carbone à l'échelle nationale. Ce système, fondé sur une participation volontaire, prévoit l'élaboration de protocoles fédéraux de crédits compensatoires pour quantifier les réductions d'émissions de GES dans les types de projets suivants :

- > systèmes de réfrigération avancés
- > gestion du méthane des sites d'enfouissement
- > amélioration des pratiques d'aménagement forestier

- > augmentation de la matière organique des sols (Gouvernement du Canada, 2021)

Dans l'ensemble, les projets admissibles en vertu de ce système devraient relever des secteurs de l'agriculture, de la foresterie et de la gestion des déchets.

Si l'incertitude plane quant aux types d'emplois et de compétences qui seront affectés par ce système national volontaire, cette dernière rendant la modélisation difficile⁴⁵.

Une augmentation de la demande de projets dans ces secteurs est attendue à mesure que les investissements connexes offriront un avantage financier croissant. Par conséquent, le nombre de postes créés par le marché de la compensation des émissions de GES — en toute vraisemblance, au profit d'un vaste éventail de professions — va probablement augmenter. De fait, outre la main-d'œuvre essentielle au fonctionnement de base des projets dans ces secteurs, il sera également nécessaire d'employer des travailleurs pour garantir la conformité avec le système de crédits

45 L'analyse du potentiel de création d'emplois des programmes nationaux de compensation carbone au Canada peut constituer une piste de recherche future.

ENCADRÉ 4 (SUITE)



Quelle est la répercussion des mécanismes de compensation carbone sur les compétences et la population active dans le scénario Mixte?

de compensation carbone, ainsi que pour réduire les coûts, tout en optimisant les gains financiers nets découlant de la vente desdits crédits.

S'il n'est pas possible de modéliser l'augmentation du nombre d'emplois créés par ces compensations, il existe déjà des données probantes démontrant qu'elle sera de grande ampleur, sans parler des autres avantages majeurs issus de ces projets. En 2014, une enquête portant sur 59 projets de compensation carbone dans le cadre de programmes volontaires à travers le monde a conclu qu'une plus-value allant jusqu'à 664 USD par tonne de CO₂ compensée pouvait être obtenue sous forme de bénéfices environnementaux, sociaux et économiques, en plus d'autres avantages de nature purement commerciale. La plupart de ces projets étaient en lien avec le boisement/reboisement, le remplacement de fourneaux de cuisine inefficaces par

des modèles plus propres, plus sûrs et moins nocifs pour la santé, la REDD⁴⁶/la conversion évitée des terres; et l'exploitation nationale des biogaz. Quelque 1 467 emplois ont été créés au cours des phases de conception de ces projets, auxquels s'ajoute la création de 8 042 postes nécessaires à leur fonctionnement (ICROA et Imperial College, 2014).

46 Le sigle REDD signifie « réduction des émissions causées par le déboisement et la dégradation des forêts ». Il s'agit d'un programme international négocié par la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques afin de réduire les émissions nettes de GES grâce à une meilleure gestion forestière.

PARTIE 7 :

Conclusions et recommandations

Élaborer une politique de soutien à la transition vers la carboneutralité

La transition vers une économie carboneutre devrait avoir d'importantes répercussions sur le marché du travail au Canada.

Quel que soit le degré de dépendance au carbone envisagé par les scénarios, l'économie canadienne reste créatrice d'emplois. En réalité, c'est l'approche la plus agressive en matière de réduction de l'intensité carbonique qui donne lieu à la plus forte croissance de l'emploi, même si la différence est marginale. Cependant, il est important de rappeler que le présent rapport donne uniquement des éclairages sur l'incidence économique de diverses trajectoires de décarbonation. Autrement dit, il s'agit d'une étude prospective des répercussions sur le marché du travail qui nous permet de mettre au jour les contours de scénarios futurs plausibles, ainsi que leurs similitudes, sans prédire pour autant l'avenir. La voie qu'empruntera réellement le Canada sera le fruit des choix politiques délibérés du gouvernement, des décisions prises par les entreprises au regard des débouchés offerts et des risques encourus,

ainsi que des marchés mondiaux et des trajectoires de transition à l'international. Par conséquent, les résultats quantitatifs précis découlant de ces décisions ont de grandes chances de différer par rapport aux données présentées ici. Si les enseignements tirés dans les présentes peuvent s'avérer utiles pour naviguer dans cette transition, la combinaison exacte des politiques et des décisions qui signeront ou non le succès de sa gestion résultera de la façon dont toutes les parties prenantes se confronteront aux tendances avérées et aux incertitudes en temps réel.

Malgré ces réserves importantes, les différences limitées en termes de création d'emplois entre les scénarios modélisés ici soulignent le fait que l'immense majorité des postes existants dans l'économie canadienne (environ 75 p. 100) ne seront pas directement affectés par la décarbonation, dans la mesure où ils se concentrent dans des secteurs peu énergivores ou à faible émission de GES (par exemple, le commerce de détail, la finance, la santé, l'éducation et les services). Cependant, l'emploi enregistrera une croissance dans les secteurs liés à l'énergie propre, quelle que soit la trajectoire de décarbonation

empruntée par le Canada, et les travailleurs amenés à occuper ces postes devront posséder un vaste éventail de compétences à la fois techniques et non techniques. Le recensement des compétences requises permettra de préparer la main-d'œuvre à leur acquisition et de faciliter ainsi sa transition d'un groupe d'emplois à un autre.

Si la différence entre les trajectoires sera limitée en termes d'effets sur l'emploi, les chiffres agrégés à l'échelle nationale masquent d'importants changements en profondeur. Comme nous l'avons évoqué, la migration d'un certain nombre de postes sera observée entre les secteurs à forte intensité carbonique, comme l'industrie du pétrole et du gaz, et les secteurs de la fabrication, de la construction, de l'énergie propre, des transports et des technologies CSC/CUSC, entre autres, au fur et à mesure de l'écologisation du Canada. Cette tendance se reflète dans toutes les provinces, avec quelques variations. Ainsi, l'Ontario et l'Alberta seront à l'origine des principales créations nettes d'emplois dans l'industrie manufacturière et la construction. La capture atmosphérique directe créera des emplois au Canada dans tous les scénarios, surtout en Alberta où se concentrera le plus grand nombre de postes. Ces changements structurels auront diverses répercussions importantes sur l'écosystème de la formation et du perfectionnement professionnels. Plus précisément, l'analyse menée dans le présent rapport a mis au jour plusieurs constats majeurs qui devraient permettre à la population active canadienne de faire face aux répercussions de l'objectif de carboneutralité sur les compétences :

- > **Les compétences techniques et non techniques revêtent la même importance dans un avenir carboneutre.** Il est important d'insister sur l'importance que revêtiront les compétences non techniques au cours de la transition vers la carboneutralité. Dans ses rapports provinciaux étudiant les compétences inhérentes aux métiers de demain, le Conseil du bâtiment durable du Canada a souligné que les travailleurs devront posséder des compétences sociales ou interpersonnelles (telles que la coordination, la communication et la gestion du temps) qui, associées aux compétences techniques, les doteront de la « littératie écologique » dont ils auront besoin pour livrer des solutions efficaces pour des infrastructures sobres en carbone (Conseil du bâtiment durable du Canada, 2019). Ces compétences sont souvent requises à travers les différents rôles, indépendamment du niveau de qualification général demandé, et recouvrent l'aptitude à véhiculer des idées, à aborder les changements, à coordonner une équipe et à résoudre des problèmes complexes. Pour trouver leur place dans une transition réussie, les travailleurs devront bénéficier du soutien nécessaire pour parvenir à réutiliser ces compétences transférables dans de nouvelles professions (OIT, 2019).
- > **Les compétences sociales et cognitives seront capitales.** Les cinq compétences jugées fondamentales dans une transition écologique sont la pensée critique, la surveillance, la coordination, le jugement et la prise de décisions, et la résolution de problèmes complexes.

> **La transition vers une économie carbonneutre ne nécessite pas l'acquisition de nouvelles compétences, mais le recyclage stratégique de compétences existantes.** Pour élaborer des politiques de compétences efficaces, il est important d'avoir conscience que la décarbonation n'exige pas nécessairement l'acquisition de nouvelles compétences, mais plutôt la mise en pratique de compétences existantes pour l'exécution de nouvelles tâches jugées indispensables à l'avènement d'une économie carbonneutre. Les compétences techniques existantes, telles que le suivi du fonctionnement et le contrôle de la qualité, occupent les premières places dans divers secteurs jouant un rôle important en faveur de la décarbonation, tels que la construction, la fabrication et les technologies de capture atmosphérique directe. Ces compétences n'ont rien d'unique. Au contraire, il s'agit de compétences déjà mises à profit dans un éventail de professions des secteurs propres comme traditionnels. Ce constat vient étayer des arguments précédents faisant valoir que les compétences écologiques relèvent majoritairement de l'application de compétences existantes au service de nouvelles tâches dans une économie verte (Dierdorff et coll., 2011). Il faut toutefois reconnaître que cela ne sera peut-être pas toujours le cas, en particulier dans les secteurs émergents tels que la production d'hydrogène et de biocarburants et les dispositifs de capture et de contrôle des émissions. Les professions exercées dans ces secteurs sont en train d'évoluer, si bien qu'il



Les cinq compétences jugées fondamentales dans une transition écologique sont la pensée critique, la surveillance, la coordination, le jugement et la prise de décisions, et la résolution de problèmes complexes.

n'existe pas encore de définition officielle des tâches connexes et des compétences, connaissances et qualifications requises dans les guides de carrière fédéraux et provinciaux (Bezdek, 2019). Toutefois, ces nouvelles professions, comme celles de technicien en capture du CO₂ et de concepteur de piles à hydrogène, nécessiteront bel et bien un ensemble de compétences techniques traditionnelles (telles que l'installation et la conception technologique) et de compétences sociales types requises dans d'autres professions, comme la perception sociale, la coordination, la gestion et l'orientation vers le service.

> **Les travailleurs en transition n'ont pas les mêmes besoins d'une province à l'autre.** Nos résultats de modélisation reflètent une grande hétérogénéité en termes de création et de suppression d'emplois en fonction des provinces.

Les travailleurs de l'Alberta et de la Saskatchewan sont particulièrement exposés à la perte d'emploi à mesure que des postes disparaissent dans les secteurs très dépendants des combustibles fossiles et émergent dans les secteurs pertinents dans un avenir décarboné. Même dans le scénario Ressources, nous observons un déclin du nombre d'emplois dans l'industrie du pétrole et du gaz en Alberta. Il convient toutefois de souligner que ces postes sont progressivement remplacés au sein d'autres secteurs. Ainsi, l'un des principaux moyens de soutenir les travailleurs dans des provinces comme l'Alberta consisterait à favoriser l'acquisition des compétences nécessaires pour passer d'une catégorie d'emplois à une autre. Pour ce faire, une solution pourrait consister à créer des programmes de recyclage professionnel pour permettre à la main-d'œuvre du secteur du pétrole et du gaz d'exercer efficacement des emplois verts. À titre d'exemple, les professions liées aux énergies renouvelables, ainsi qu'à la capture et au stockage du CO₂, exigent bon nombre des compétences requises dans l'extraction minière et l'industrie du pétrole et du gaz⁴⁷.

- > **Les secteurs qui créeront ou supprimeront des emplois requièrent des compétences communes.**
Certaines compétences se recoupent

⁴⁷ Les emplois liés à la capture atmosphérique directe et au stockage du CO₂, ainsi que ceux relevant de projets liés aux énergies renouvelables, concernent un vivier similaire de travailleurs : opérateurs des installations, ingénieurs divers, mécaniciens et techniciens spécialisés dans l'outillage industriel, ou encore responsables. Les techniciens en capture du CO₂, par exemple, ont non seulement besoin d'un bagage en ingénierie, mais aussi d'une expérience professionnelle dans l'extraction minière, le secteur du pétrole et du gaz et l'entretien CVCA. En outre, la résolution de problèmes complexes et le souci du détail s'avèrent également des compétences importantes (Canadian Scholarship Trust Consultants, 2017).

entre les postes relevant des secteurs qui vont créer et supprimer des emplois. L'annexe 6 met en lumière les professions dans les secteurs à forte intensité de ressources naturelles qui sont appelés à supprimer des emplois en 2050 dans les trois scénarios de décarbonation. L'emploi connaît le plus fort déclin dans les secteurs de l'élevage et de l'aquaculture, devant l'agriculture et l'extraction de pétrole et de gaz. En termes d'importance, les principales compétences exigées dans les secteurs qui suppriment des emplois sont similaires à celles recherchées dans les secteurs qui créent des emplois. Parmi ces dernières figurent la pensée critique, l'apprentissage actif, la résolution de problèmes et les compétences sociales telles que la coordination, la prise de décisions et la gestion du temps. Parmi les compétences qui divergent, citons l'instruction, le dépannage et la gestion de ressources humaines, lesquelles s'avèrent toutes plus importantes dans les secteurs à forte intensité de ressources. Le principal point à retenir est le suivant : les travailleurs risquant de perdre leur emploi dans les divers scénarios de décarbonation seront majoritairement aptes à occuper les postes créés dans un éventail d'avenirs décarbonés. La clé résidera dans la mise en place de plans ciblés de recyclage professionnel montrant aux travailleurs comment appliquer leurs compétences existantes pour la réalisation de nouvelles tâches, et dans la fourniture rapide et efficace de tout surcroît de connaissances ou de toute formation technique spécialisée dont ils auront besoin en vue de leur transition sans heurt dans ces nouveaux secteurs.

Il est impératif que les décideurs, les établissements d'enseignement et les employeurs mènent une action coordonnée en vue de faciliter la transition des travailleurs vers de nouvelles occasions d'emploi. Le présent rapport met en lumière diverses répercussions entrecroisées et recommande plusieurs mesures à prendre pour l'élaboration de politiques de compétences répondant aux engagements de carboneutralité pris par le Canada, comme indiqué ci-après.

Mesure no 1 : Établir une feuille de route carboneutre des carrières, axée sur le comblement des lacunes en matière d'information et de données relatives au marché du travail.

Si bon nombre des nouveaux emplois nés de la transition vers une économie décarbonée sont moyennement à hautement qualifiés, même les postes moins qualifiés nécessiteront une sensibilisation accrue au respect de l'environnement et une adaptation des processus. Il serait ainsi utile d'établir une feuille de route carboneutre des carrières visant à assurer la transition des travailleurs et à garantir l'accès des employeurs aux compétences propres à la région et au secteur dont ils ont besoin, de façon à adopter une approche stratégique et coordonnée de conception d'initiatives d'amélioration des compétences et de requalification de la main-d'œuvre pour un avenir sobre en carbone. Le Canada ne parviendra à tenir son engagement visant à atteindre la carboneutralité d'ici à 2050 que si les travailleurs touchés sont en mesure de cerner les compétences qui leur manquent et de s'informer suffisamment pour combler ces lacunes (Bonen et Oschinski, 2021).

Dans cette optique, ils auront notamment besoin d'accéder à des programmes d'apprentissage et de formation, ainsi qu'à un référentiel central d'information sur les emplois à faible émission de carbone qui devraient émerger à l'avenir. Il est nécessaire d'établir une feuille de route complète des carrières, rassemblant :

- > une base de données des compétences aussi exhaustive qu'O*NET, mais adaptée à l'évolution des compétences requises dans le cadre de l'écologisation du Canada
- > des outils permettant à chaque travailleur de cerner ses lacunes en compétences
- > l'accès à l'information sur les programmes de formation
- > les offres d'emplois sobres en carbone, publiées sur une plateforme facilement accessible.

Mesure no 2 : Concevoir des programmes professionnels de requalification et d'amélioration des compétences répondant aux enjeux démographiques, y compris des programmes provinciaux pour les travailleurs en transition.

L'adoption d'une politique universelle de perfectionnement professionnel ne fonctionnera pas au Canada, compte tenu de sa population diversifiée. En effet, la main-d'œuvre du pays est constituée de travailleurs âgés qui risquent d'avoir des difficultés à trouver un emploi, de jeunes diplômés ayant peu de formation pratique et de travailleurs étrangers aux compétences multiples, mais sans expérience canadienne, ainsi que d'autres groupes distincts devant chacun relever des défis particuliers. La

conception de programmes professionnels ciblant ces viviers, ainsi que d'autres, à risque de chômage ou de sous-emploi au Canada, s'avèrera indispensable pour garantir que les travailleurs issus de toutes les communautés reçoivent le soutien nécessaire pour intégrer ou réintégrer la population active. Ces programmes devraient également tenir compte des différences régionales afin de ne pas assimiler par inadvertance les besoins des travailleurs de l'industrie du pétrole et du gaz en Alberta, par exemple, à ceux des ouvriers du secteur manufacturier en Ontario et au Québec.

Mesure no 3 : Mettre en œuvre des programmes de formation soulignant l'importance des compétences sociales et cognitives dans l'avenir du travail.

Parmi les compétences non techniques les plus importantes qui ressortent de cette analyse figurent la pensée critique, l'apprentissage actif, la coordination, la perception sociale, la surveillance et la résolution de problèmes complexes. Le degré d'importance de ces compétences cognitives et sociales doit éclairer la conception des programmes de formation professionnelle. Acquérir ce type de compétences peut s'avérer encore plus capital pour les jeunes recrues qui n'ont pas forcément bénéficié d'une formation en milieu de travail. Malheureusement, en dépit de la forte demande de compétences sociales et cognitives, les établissements d'enseignement postsecondaire ne leur accordent pas la priorité ni ne soulignent le fait que leur importance reste sous-estimée (Giammarco et coll., 2021).

Mesure no 4 : Cultiver un écosystème des compétences reposant sur un ensemble de partenariats horizontaux et verticaux et généralisant les considérations professionnelles liées aux scénarios carboneutres.

La transition réussie de la main-d'œuvre vers un avenir carboneutre est tributaire de la création et du maintien d'un écosystème des compétences efficace ou d'un cadre de travail institutionnel. Autant d'efforts qui peuvent tirer parti de partenariats horizontaux déjà mis en place sur le terrain⁴⁸. Vu l'étendue des créations d'emplois appelées à se produire durant la décarbonation, l'écosystème des compétences profiterait d'une plus grande participation et d'un engagement accru des décideurs et des parties prenantes en lien avec les politiques environnementales et les technologies propres, à l'échelle fédérale et provinciale, à l'instar d'Environnement et Changement climatique Canada, de Ressources naturelles Canada et de l'Organisation pour les carrières en environnement du Canada (ECO Canada). Ces organismes peuvent collaborer avec les parties prenantes provinciales et régionales œuvrant au perfectionnement professionnel afin de créer les outils pédagogiques nécessaires pour doter les travailleurs des compétences dont ils ont besoin pour occuper des emplois verts, à la lumière de l'objectif de carboneutralité. Ce type de collaboration jouera un rôle primordial dans

48 À titre d'exemple, le Conseil de l'information sur le marché du travail collabore avec Emploi et Développement social Canada dans le but d'établir une taxonomie des professions et des compétences pour le Canada, ainsi que des passerelles permettant aux chercheurs de transposer les données relatives aux compétences entre les États-Unis et le Canada.

l'harmonisation des politiques fédérales régissant le marché du travail, y compris des quotas d'immigration, et des initiatives provinciales visant à soutenir les nouvelles recrues et les travailleurs en cours de transition. La conclusion de partenariats verticaux entre les ordres de gouvernement fédéral et provincial, les organismes de formation professionnelle provinciaux, les établissements d'enseignement et d'autres parties prenantes au sein de l'écosystème des compétences sera également cruciale pour répondre aux besoins d'amélioration des compétences et de requalification à l'échelon régional.

Pour que le Canada réussisse sa transition vers un avenir décarboné, quelle que soit la trajectoire nationale empruntée, il sera primordial de concevoir les politiques et les initiatives connexes à un rythme accéléré. Les compétences requises dans les emplois carboneutres doivent être intégrées dans les programmes d'études du pays et dans le débat national au sujet des compétences de demain. Il est également essentiel de prendre conscience que ces dernières incluent à la fois des compétences techniques et non techniques (cognitives et sociales) dans le but de garantir le dynamisme et la réactivité des initiatives d'amélioration des compétences, et de placer davantage l'accent sur la gestion, l'orientation vers le service, la collaboration et la résolution de problèmes.

Mesure no 5 : Mettre en place des mécanismes de soutien aux travailleurs lors d'une transition vers la carboneutralité.

Lesdits mécanismes contribueront à réduire le chômage et le sous-emploi découlant de cette transition et faciliteront la transition réussie des travailleurs vers des emplois sobres en carbone. À ce titre, il est possible d'envisager diverses options en matière de politique et de programmation, telles qu'un soutien financier étendu par le biais de l'assurance-emploi pour aider les travailleurs en cours de transition à suivre l'évolution des exigences; la prestation de subventions salariales aux entreprises pour les encourager à embaucher des travailleurs en reconversion; ou encore la création de programmes d'« assurance-salaire » permettant de compenser les perturbations financières à court terme inévitables à la suite d'une transition professionnelle et susceptibles de dissuader les travailleurs d'accepter un nouveau poste. Parmi les autres solutions, citons la possibilité de réaliser des investissements permettant de cerner les zones de forte croissance de l'emploi au niveau régional ou communautaire et de mettre les employeurs en relation avec des organismes de formation afin d'accélérer les efforts d'amélioration des compétences et de requalification. Ces approches s'avéreront particulièrement utiles pour les travailleurs exerçant dans des secteurs tributaires des ressources dans les provinces où la phase de transition risque d'être plus rude, à l'instar de l'Alberta et de la Saskatchewan.

PARTIE 8 :

Axes potentiels de recherche à approfondir

Si le présent rapport fournit des éclairages sur les emplois et les compétences qui joueront un rôle important sur la voie de la décarbonation, quelle que soit la trajectoire empruntée, il met également au jour plusieurs pistes de recherche supplémentaires qui mériteraient d'être approfondies. Il est particulièrement important de souligner que l'ensemble de données créé aux fins de cette analyse peut être décomposé de différentes manières afin d'étudier les profils de compétences et les données d'emploi sectorielles. Voici nos suggestions pour approfondir la recherche :

> Les professions peuvent être classées en fonction du niveau d'éducation et de formation requis. À titre d'exemple, le niveau de compétence A correspond aux postes professionnels, le niveau de compétence B aux emplois techniques ou aux métiers spécialisés, le niveau de compétence C aux postes intermédiaires et le niveau de compétence D aux emplois manuels. En s'appuyant sur la présente analyse, il est possible de créer des profils de compétences assortis d'un score pour chacun de ces niveaux de compétence, de façon à obtenir une projection du nombre de postes de gestion, de postes professionnels

et intermédiaires, d'emplois techniques ou de métiers spécialisés et d'emplois manuels dans un avenir décarboné, ainsi qu'à déterminer quels seraient les profils de compétences connexes.

- > L'un des éléments cruciaux absents du débat national sur les dynamiques du marché du travail sur la voie de l'écologisation concerne la prise en compte des besoins en matière de compétences propres aux travailleurs en quête d'équité (tels que les femmes, les peuples autochtones, les personnes handicapées ou racisées et les membres de la communauté LGBTQ2S+) dans une stratégie de relance économique au lendemain de la pandémie. Une telle analyse aiderait les décideurs et les instituts de formation professionnelle à élaborer des plans de transition supprimant les obstacles qui empêchent ces groupes, traditionnellement sous-représentés dans les secteurs étudiés aux présentes et appelés à jouer un rôle majeur dans la transition vers la carboneutralité, d'accéder aux emplois spécialisés et aux postes de gestion.
- > Il serait également intéressant d'analyser en profondeur les résultats en matière d'emploi en fonction des trajectoires de



décarbonation et au regard des besoins en compétences d'une province donnée. Il pourrait s'agir, par exemple, d'étudier les variations en termes de création d'emplois en Colombie-Britannique en fonction des secteurs et des scénarios. L'étude des secteurs jugés essentiels à une transition vers la carboneutralité dans cette province (sources d'énergie de remplacement et énergies renouvelables, efficacité énergétique et bâtiment durable) pourrait prévoir l'élaboration d'un profil de compétences détaillé et exhaustif pour diverses catégories de professions afin d'orienter un perfectionnement professionnel spécifique à la Colombie-Britannique.

- > De la même façon, ce type d'analyse pourrait se concentrer sur un secteur donné à l'échelle nationale, par exemple sur la variation en termes de création d'emplois dans les secteurs de la fabrication selon que l'intensité carbonique de la trajectoire de décarbonation empruntée est plus ou moins forte. L'intérêt pourrait résider dans l'évaluation approfondie, au niveau sectoriel, des compétences importantes dans l'industrie automobile, surtout à mesure que la fabrication de véhicules électriques prend de l'ampleur.
- > Enfin, le présent rapport n'analyse pas le profil de la main-d'œuvre actuellement disponible en fonction des secteurs et des provinces, ni les pénuries de main-d'œuvre susceptibles d'être causées par la décarbonation de l'économie. Les recherches futures pourraient être axées sur la satisfaction des besoins du



marché du travail de demain, les besoins de requalification des travailleurs actuels en transition, les besoins de formation des nouvelles recrues ou l'élimination des obstacles entravant l'accès de ces travailleurs, en particulier des femmes, au marché du travail. Il est important de souligner que les besoins des travailleurs dépendront de divers facteurs, tels que leurs caractéristiques socioéconomiques et démographiques et la région dans laquelle ils vivent. Recenser les besoins propres à chaque catégorie de travailleurs sera primordial pour favoriser l'accès à l'information sur le marché du travail, l'élaboration efficace de politiques de formation et de recyclage professionnel, et la personnalisation des soutiens à la transition en fonction des besoins des individus et des communautés. Parmi les soutiens à envisager figurent les initiatives visant à supprimer les obstacles et les limites touchant l'évaluation et la certification des compétences, qui constituent d'ores et déjà une entrave majeure au fonctionnement optimal du marché du travail.

Références

- Alberta Oil Magazine (2016). *Living energy project*. Consultation en mars 2021, page Web désactivée en février 2022. <http://www.albertaoilmagazine.com/wp-content/uploads/2016/04/Living-Energy-Project-1.pdf>
- Altieri, K. E., Trollip, H., Caetano, T., Hughes, A., Merven, B. et Winkler, H. (2016). « Achieving development and mitigation objectives through a decarbonization development pathway in South Africa ». *Climate Policy*, 16(sup1), S78–S91. <https://doi.org/10.1080/14693062.2016.1150250>
- Bak, C. (2016). *Canadian clean technology industry report synopsis*. Analytica Advisors. <http://analytica-advisors.com/files/english-synopsis>
- Bassi, A., Ansah, J. et Tan, Z. (2010). « Modelling global green investment scenarios: Supporting the transition to a global green economy ». In *Towards a green economy: Pathways to sustainable development and poverty eradication*. Programme des Nations Unies pour l'environnement. [https://www.researchgate.net/publication/339228805 Modelling global green investment scenarios-supporting the transition to a global green economy](https://www.researchgate.net/publication/339228805_Modelling_global_green_investment_scenarios-supporting_the_transition_to_a_global_green_economy)
- Bataille, C., Waisman, H., Colombier, M., Segafredo, L., Williams, J. et Jotzo, F. (2016). « The need for national deep decarbonization pathways for effective climate policy ». *Climate Policy*, 16(sup1), S7–S26. <https://doi.org/10.1080/14693062.2016.1173005>
- Bezdek, R. H. (2019). « The hydrogen economy and jobs of the future ». *Renewable Energy and Environmental Sustainability*, 4(1), 1–6. <https://doi.org/10.1051/rees/2018005>
- Böhringer, C., Keller, A. et van der Werf, E. (2013). « Are green hopes too rosy? Employment and welfare impacts of renewable energy promotion ». *Energy Economics*, 36, 277–285. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2012.08.029>
- Bonen, T. et Oschinski, M. (2021). *Mapping Canada's training ecosystem: Much needed and long overdue* (No. 34; IRPP Insight). Institut de recherche en politiques publiques. <https://irpp.org/wp-content/uploads/2021/01/Mapping-Canada%E2%80%99s-Training-Ecosystem-Much-Needed-and-Long-Overdue.pdf>
- Bridge, T. et Gilbert, R. (2017). *Jobs for tomorrow: Canada's building trades and net zero emissions*. Columbia Institute. <https://columbiainstitute.eco/wp-content/uploads/2017/09/Columbia-Jobs-for-Tomorrow-web-revised-Oct-26-2017-dft-1.pdf>
- Cambridge Econometrics (2013). *Employment effects of selected scenarios from the Energy Roadmap 2050* [rapport final pour la Commission européenne (DG Énergie)]. Cambridge Econometrics; Exergia; Ernst & Young; Warwick Institute for Employment Research. https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/2013_report_employment_effects_roadmap_2050_2.pdf
- CanGEA (2016). *Alberta well filtering study overview, wellhead analysis, methodology, and dashboards*. www.cangea.ca/reportanddashboards.html
- Carbon Disclosure Project (2020). *The co-benefits of climate action: Accelerating city-level ambition*. https://cdn.cdp.net/cdp-production/cms/reports/documents/000/005/329/original/CDP_Co-benefits_analysis.pdf?1597235231
- Carbon Engineering (n.d.). *Carbon removal technology*. Consultation le 22 avril 2021, <https://carbonengineering.com/frequently-asked-questions/>

- Carbon Offset Guide (n.d.). *Mandatory & voluntary offset markets*. Consultation le 24 mai 2021, <https://www.offsetguide.org/understanding-carbon-offsets/carbon-offset-programs/mandatory-voluntary-offset-markets/>
- Cedefop (2012). *Green skills and environmental awareness in vocational education and training* (document de recherche no 24. Centre européen pour le développement de la formation professionnelle (Cedefop). <https://www.cedefop.europa.eu/en/publications-and-resources/publications/5524>
- Cedefop (2013). *Skills for a low-carbon Europe: The role of VET in a sustainable energy scenario. synthesis report* (rapport de recherche no 34). Centre européen pour le développement de la formation professionnelle (Cedefop). <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED560831.pdf>
- Cedefop et Eurofound (2018). *Skills forecast: Trends and Challenges to 2030*. Office des publications de l'Union européenne. <http://data.europa.eu/doi/10.2801/4492>
- Cedefop (2019). *Skills for green jobs: 2018 update. European synthesis report* (no 109; série de référence du Cedefop). Centre européen pour le développement de la formation professionnelle (Cedefop). https://www.cedefop.europa.eu/files/3078_en.pdf
- Chateau, J., Bibas, R. et Lanzi, E. (2018). *Impacts of green growth policies on labour markets and wage income distribution: A general equilibrium application to climate and energy policies* (No. 137; OECD Environment Working Papers). Les Éditions de l'OCDE. <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/ea3696f4-en.pdf?expires=1608138833&id=id&accname=guest&checksum=0601377ED80084C55E2C4D44026FAD5C>
- CIMT (2020). *Cartographie des compétences professionnelles : Mise en correspondance du système étatsunien (O*NET) et canadien (CNP)* [Rapport de perspectives de l'IMT no 35]. Conseil de l'information sur le marché du travail. <https://lmic-cimt.ca/fr/des-publications/rapport-de-perspectives-de-limt-35-rapport-de-perspectives-de-limt-cartographie-des-competences-professionnelles-mise-en-correspondance-du-systeme-etatsunien-et-canadien/>
- Conseil du bâtiment durable du Canada (2019). *Trading up: Equipping Ontario trades with the skills of the future*. Conseil du bâtiment durable du Canada (CBDCa). <https://www.cagbc.org/cagbcdocs/advocacy/CaGBC Trading Up Skills Analysis Report 2019.pdf>
- Corkal, V., Gass, P. et Cosbey, A. (2020). *Conditions vertes : Principes et conditions pour une relance économique verte au Canada après la pandémie de la COVID-19* Institut international du développement durable. <https://www.iisd.org/system/files/2020-07/green-strings-covid-19-canada-fr.pdf>
- CST Savings. (14 août 2017). « Carbon capture technician ». *CST Consultants Inspired Minds Careers 2030*. <https://careers2030.cst.org/jobs/carbon-capture-technician/>
- Cukier, W. (2020). *Rendement de l'investissement : Les actions des chefs de file de l'industrie en matière de perfectionnement et de recyclage de leur main-d'œuvre*. Forum des politiques publiques, Future Skills Centre, Diversity Institute. <https://www.torontomu.ca/diversity/reports/Rendement-de-l-investissement.pdf>
- Deng, H.-M., Liang, Q.-M., Liu, L.-J. et Anadon, L. D. (2017). « Co-benefits of greenhouse gas mitigation: A review and classification by type, mitigation sector, and geography ». *Environmental Research Letters*, 12 (12), 123001. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa98d2>
- Dierdorff, E. C., Norton, J. J., Gregory, C. M., Rivkin, D. et Lewis, P. (2011). *Greening of the world of work: Revisiting occupational consequences*. National Center for O*NET Development. https://www.onetcenter.org/dl_files/Green2.pdf

- Dion, J., Kanduth, A., Moorhouse, J. et Beugin, D. (2021). *Vers un Canada carboneutre : S'inscrire dans la transition globale*. Institut canadien pour des choix climatiques. https://climatechoices.ca/wp-content/uploads/2021/02/Vers-un-Canada-carboneutre_FINAL.pdf
- Duarte, R., Choliz, J. et Sarasa, C. (2018). « The road to Paris with energy-efficiency strategies and GHG emissions-reduction targets: The case of Spain ». Dans Ó. Dejuán, M. Lenzen et M. Á. Cadarso (Réd.), *Environmental and Economic Impacts of Decarbonization : Input-Output Studies on the Consequences of the 2015 Paris Agreement*, 163-181. Routledge.
- Elgie, S. et Brownlee, M. (2017). *Accélérer l'innovation propre au Canada* [note de synthèse, en anglais uniquement]. Institut pour l'intelliProsperité. <https://institute.smartprosperity.ca/sites/default/files/acceleratingcleaninnovationincanada.pdf>
- Environnement et Changement climatique Canada (2016). *Cadre pancanadien sur la croissance propre et les changements climatiques : Plan canadien de lutte contre les changements climatiques et de croissance économique*. https://publications.gc.ca/collections/collection_2017/eccc/En4-294-2016-fra.pdf
- Environnement et Changement climatique Canada (11 décembre 2020). *Un environnement sain et une économie saine*. <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/nouvelles/2020/12/un-environnement-sain-et-une-economie-saine.html>
- Fankhaeser, S., Sehlleier, F. et Stern, N. (2008). « Climate change, innovation and jobs ». *Climate Policy*, 8(4), 421–429. <https://doi.org/10.3763/cpol.2008.0513>
- Fragkos, P. et Paroussos, L. (2017). *Job creation related to renewables* (RESSOURCE) [rapport technique]. https://www.researchgate.net/publication/328133354_Job_creation_related_to_Renewables
- Giammarco, M., Higham, S. et McKean, M. (2021). *Que disent et font les établissements postsecondaires canadiens? Compétences sociales et émotionnelles*. Conference Board du Canada. https://fsc-ccf.ca/wp-content/uploads/2021/01/10878_25110_presentation-des-enjeux_competences-sociales-et-emotionnelles.pdf
- Gouvernement britannique (2011). *Skills for a green economy: A report on the evidence*. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/32373/11-1315-skills-for-a-green-economy.pdf
- Gouvernement du Canada, T. P. et S. G. C. (6 mars 2021). *La Gazette du Canada, Partie I, volume 155, numéro 10 : Règlement sur le régime canadien de crédits compensatoires concernant les gaz à effet de serre*. Gouvernement du Canada, Travaux publics et Services gouvernementaux Canada, Direction générale des services intégrés, Gazette du Canada. <https://canadagazette.gc.ca/rp-pr/p1/2021/2021-03-06/html/reg1-fra.html>
- Gower, S., Macfarlane, R., Belmont, M., Bassil, K. et Campbell, M. (2014). *Path to healthier air: Toronto air pollution burden of illness update*. Bureau de santé publique de Toronto. <https://www.toronto.ca/wp-content/uploads/2017/11/9190-tph-Air-Pollution-Burden-of-Illness-2014.pdf>
- Green, T. L. (2019). *Zeroing in on Emissions: Canada's clean power pathways – A review*. Fondation David Suzuki. <https://davidsuzuki.org/wp-content/uploads/2019/05/zeroing-in-on-emissions-canadas-clean-power-pathways-review.pdf>
- Gregg, C., Strietska-Illina, O. et Būdke, C. (2015). *Anticipating skill needs for green jobs: A practical guide*. Organisation internationale du Travail. https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_emp/---ifp_skills/documents/publication/wcms_564692.pdf

- Helgenberger, S., Jänicke, M. et Gürtler, K. (2020). « Co-benefits of Climate Change Mitigation ». In W. Leal Filho, A. M. Azul, L. Brandli, P. G. Özyuar et T. Wall (éds.), *Climate Action*, 327-339. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-95885-9_93
- IASS, UfU, IET et CSIR (2020). *Making the Paris Agreement a success for the planet and the people of South Africa: Unlocking the co-benefits of decarbonising South Africa's power sector*, COBENEFITS Policy Report, 56. https://publications.iass-potsdam.de/rest/items/item_6000715_5/component/file_6000716/content
- ICROA et Imperial College (2014). *Unlocking the hidden value of carbon offsetting*. International Carbon Reduction and Offset Alliance et Imperial College London University. <http://s3-eu-west-1.amazonaws.com/ncp-cdn/downloads/ICROA Unlocking the Hidden Value of Carbon Offsetting.pdf>
- Institut Brookfield pour l'innovation + l'entrepreneuriat (13 mars 2019). « L'emploi en 2030 : Compétences pour l'avenir du marché du travail du Canada ». *L'emploi en 2030*. <https://brookfieldinstitute.ca/news-release/lemploi-en-2030-competences-pour-lavenir-du-marche-du-travail-du-canada/>
- IRENA (2018). *Renewable Energy and Jobs Annual Review 2018*. Agence internationale pour les énergies renouvelables. https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/May/IRENA_RE_Jobs_Annual_Review_2018.pdf
- Jochem, E. et Madlener, R. (2003). *The forgotten benefits of climate change mitigation: Innovation, technological leapfrogging, employment, and sustainable development* [ENV/EPOC/GSP No. 2003/16]. Organisation for Economic Cooperation and Development. <https://www.oecd.org/env/cc/19524534.pdf>
- Kaddoura, S., Jeyakumar, B., Simpson-Marran, M., Way, N. et Israel, B. (2020). *Alberta's Emerging Economy: A blueprint for job creation through 2030*. Pembina Institute. <https://www.pembina.org/reports/albertas-emerging-economy.pdf>
- Kopperson, B., Kubursi, A., Livingstone, A. J., Nadeem, A. et Slykhuis, J. (2014). *The economic impact of electric vehicle adoption in Ontario*. Windfall Centre. <https://windfallcentre.ca/drive-electric/docs/studies/GT80-EVAdoptionStudy-FullReport.pdf>
- Kratena, K. (2018). « Indirect emissions and socio-economic impacts of energy efficiency and renewable electricity in Europe ». Dans Ó. Dejuán, M. Lenzen & M.-Á. Cadarso (Réd.), *Environmental and Economic Impacts of Decarbonization: Input-Output Studies on the Consequences of the 2015 Paris Agreement*. Routledge. <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9781315225937-3/indirect-emissions-socio-economic-impacts-energy-efficiency-renewable-electricity-europe-kurt-kratena>
- Larsen, J., Herndon, W. et Hiltbrand, G. (2020). *The employment opportunities associated with scale-up of Direct Air Capture (DAC) technology in the US*. Rhodium Group. <https://rhg.com/wp-content/uploads/2020/06/Capturing-New-Jobs-Employment-Opportunities-from-DAC-Scale-Up.pdf>
- Lebling, K., McQueen, N., Pisciotta, M. et Wilcox, J. (6 janvier 2021). *Direct air capture: Resource considerations and costs for carbon removal*. World Resources Institute. <https://www.wri.org/blog/2021/01/direct-air-capture-definition-cost-considerations>
- Martinez-Fernandez, C., Ranieri, A. et Sharpe, S. (2013). *Greener skills and jobs for a low-carbon future* [OECD Green Growth Papers No. 2013/10]. Les Éditions de l'OCDE. <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/5k3v1dtzlxzq-en.pdf?expires=1603742190&id=id&accname=guest&checksum=19016082F5607EAE5F28471F1648EA7>

- Matchtech (31 août 2016). *Expanding skillsets: The electric vehicle and the automotive engineer*. <https://www.matchtech.com/expanding-skillsets-the-electric-vehicle-and-the-automotive-engineer>
- Miller, R. E. et Blair, P. D. (2009). *Input-output analysis: Econometrics, statistics and mathematical economics*. Cambridge University Press. <https://www.cambridge.org/ca/academic/subjects/economics/econometrics-statistics-and-mathematical-economics/input-output-analysis-foundations-and-extensions-2nd-edition?format=HB&isbn=9780521517133>
- Moffatt, M. (2019). *Construction et carbone : l'impact des politiques climatiques sur la construction au Canada en 2025*. Institut pour l'intelliProspérité. <https://institute.smartprosperity.ca/sites/default/files/constructionandcarbonreport.pdf> (en anglais uniquement)
- Nasirov, S., O'Ryan, R. et Osorio, H. (2020). « Decarbonization tradeoffs: A dynamic general equilibrium modeling analysis for the Chilean power sector ». *Sustainability*, 12(19), 8248. <https://doi.org/10.3390/su12198248>
- Navius Research Inc. (2019). *Quantifying Canada's clean energy economy: A forecast of clean energy investment, value added and jobs*. <https://cleanenergycanada.org/wp-content/uploads/2019/09/Quantifying-Canadas-Clean-Energy-Economy.pdf>
- Navius Research Inc. (2021). *Un Canada carboneutre d'ici 2050 : Évaluation des trajectoires vers la carboneutralité préparées pour l'Institut canadien pour des choix climatiques*. <https://www.naviusresearch.com/wp-content/uploads/2021/11/Une-Canada-carboneutre-dici-2050.pdf>
- Newell, R., Dale, A. et Roseland, M. (2018). « Climate action co-benefits and integrated community planning: Uncovering the synergies and trade-offs ». *The International Journal of Climate Change: Impacts and Responses*, 10(4). <https://doi.org/10.18848/1835-7156/CGP>
- OCDE (2012). *The jobs potential of a shift towards a low-carbon economy* [rapport final de la Commission européenne, DG Emploi]. Organisation de coopération et de développement économiques. <https://www.oecd.org/els/emp/50503551.pdf>
- OCDE (2016). *Emission trading systems*. Organisation de coopération et de développement économiques. <https://www.oecd.org/environment/tools-evaluation/emissiontradingsystems.htm>
- OIT (n.d.). The Green Jobs Initiative. Organisation internationale du Travail. https://www.ilo.org/beijing/what-we-do/projects/WCMS_182418/lang--en/index.htm
- OIT (2018). *Emploi et questions sociales dans le monde 2018 : une économie verte et créatrice d'emplois*. Organisation internationale du Travail. https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---inst/documents/publication/wcms_638147.pdf
- Organisation pour les carrières en environnement du Canada (2012). *Green jobs map: Tracking employment through Canada's green economy*. <https://eco.ca/new-reports/green-jobs-map-2012/>
- Pearce, D. (1992). *The secondary benefits of greenhouse gas control* (document de travail du CSERGE n° 92-12). Centre for Social and Economic Research on the Global Environment. <https://www.osti.gov/etdeweb/biblio/5555426>
- Pollin, R. et Garrett-Peltier, H. (2009). « Building a green economy: Employment effects of green energy investments for Ontario ». In *Published Studies*. Political Economy Research Institute, Université du Massachusetts à Amherst. https://ideas.repec.org/p/uma/perips/green_economy_of_ontario.html
- Power Technology (18 septembre 2013). *Halkirk Wind Project*. Mise à jour en 2017. <https://www.power-technology.com/projects/halkirk-wind-project/>

- Renner, M., Sweeney, S. et Kubit, J. (2008). *Green Jobs: Towards decent work in a sustainable, low-carbon world*. Programme des Nations Unies pour l'environnement. https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_emp/---emp_ent/documents/publication/wcms_158727.pdf
- Ressources naturelles Canada (2020). *Stratégie canadienne pour l'hydrogène : saisir les possibilités pour l'hydrogène*. Gouvernement du Canada. <https://www.rncan.gc.ca/changements-climatiques/lavenir-vert-canada/strategie-relative-lhydrogene/23134>
- Reuters (23 février 2021). *Biden says U.S., Canada to work toward achieving net zero emissions by 2050*. <https://www.reuters.com/article/us-usa-canada-meeting-climate-idUSKBN2AN2K2>
- Samson, R., Arnold, J., Ahmed, W. et Beugin, D. (2021). *Ça passe ou ça casse : Transformer l'économie canadienne pour un monde sobre en carbone*. Institut canadien pour des choix climatiques. <https://choixclimatiques.ca/wp-content/uploads/2021/10/ICCC-Ca-passe-ou-ca-casse-French-Final-High-Res.pdf>
- Statistique Canada (2019). *Enquête sur la population active, décembre 2019*. <https://www150.statcan.gc.ca/n1/daily-quotidien/200110/dq200110a-fra.htm>
- Statistique Canada (2021). Tableau 36-10-0632-01 *Compte des produits environnementaux et de technologies propres, emplois*. https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=3610063201&request_locale=fr
- Strietska-Illina, O. et Mahmud, T. (Réd.). (2019). *Skills for a greener future: A global view based on 32 country studies*. Organisation internationale du Travail. https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_emp/documents/publication/wcms_732214.pdf
- The Economist (21 octobre 2021). « Servicing and repairing electric cars requires new skills ». *The Economist*. <https://www.economist.com/science-and-technology/servicing-and-repairing-electric-cars-requires-new-skills/21805752>
- Thirgood, J., McFatridge, S., Marcano, M. et Van Ymeren, J. (2017). *Decent work in the green economy* (n° 156; Mowat Research). Mowat Center; Institut pour l'intelliProsperité. https://munkschool.utoronto.ca/mowatcentre/wp-content/uploads/publications/156_decent_work_in_the_green_economy.pdf
- Tsacoumis, S. et Willison, S. (2010). *O*NET analyst occupational skill ratings: Procedures*. Human Resources Research Organization. https://www.onetcenter.org/dl_files/AOSkills_Proc.pdf
- Ville de Toronto (2019). *Benefits of actions to reduce greenhouse gas emissions in Toronto: Health and health equity*. <https://www.toronto.ca/wp-content/uploads/2019/06/8f33-Benefits-of-Actions-to-Reduce-Greenhouse-Gas-Emissions-in-Toronto-Health-and-Health-Equity.pdf>
- Ville de Toronto (11 décembre 2020). *2018 greenhouse gas emissions inventory*. Ville de Toronto. <https://www.toronto.ca/wp-content/uploads/2021/10/96ff-2018-GHG-Inventory.pdf>



Annexes

Annexe 1 : Le modèle gTech

Le modèle gTech de Navius convient parfaitement pour prévoir les répercussions d'un avenir carboneutre sur l'emploi au Canada. En effet :

- > **Il modélise tous les pans de l'économie.** gTech est un modèle informatique d'équilibre général (IEG) qui représente l'ensemble des transactions réalisées entre tous les secteurs de l'économie, telles qu'elles sont mesurées par le Système de comptabilité nationale de Statistique Canada. Dans le détail, il simule intégralement l'activité sectorielle, le produit intérieur brut, l'échange de biens et de services, ainsi que les transactions entre les particuliers, les entreprises et les pouvoirs publics. Ce modèle permet ainsi de projeter les effets que les politiques gouvernementales auront sur de nombreux indicateurs économiques, dont le produit intérieur brut, l'investissement, le revenu des ménages et l'emploi. Le modèle intègre 95 secteurs dans toutes les provinces canadiennes, les territoires (valeurs agrégées) et les États-Unis (valeurs agrégées).
- > **Il tient explicitement compte de l'adoption technologique.** Le modèle gTech simule explicitement la manière dont les particuliers et les entreprises adoptent la technologie pour satisfaire leur demande de services énergétiques (transports, chauffage, etc.). Or, ces choix sont un moteur important de la consommation d'énergie et des émissions. Compte tenu de la corrélation observée entre bon nombre des technologies prises en compte

et diverses marchandises produites par les secteurs modélisés, l'évolution technologique est susceptible de modifier la structure économique et l'emploi. Le modèle gTech intègre 300 technologies types permettant de satisfaire 70 usages finaux (par exemple : déplacement en véhicule léger, chauffage des espaces résidentiels, chaleur industrielle, etc.) et illustre les résultats économiques obtenus en cas d'évolution des choix politiques et des profils de coût : des paramètres qui déterminent, en fin de compte, les tendances d'adoption et de production des technologies. À cet égard, la modélisation part du principe que toute l'activité connexe demeure nationale, c'est-à-dire que la fabrication et le déploiement sont pris en charge par un éventail de secteurs au sein du pays. En effet, il s'avère difficile de modéliser les importations sur le marché des technologies propres en raison de leur tarification complexe et de l'absence de certitude quant à leur pays d'origine si elles étaient fabriquées à l'étranger. En outre, la matrice actuelle de comptabilité sociale (servant à simuler l'économie) ne prend pas explicitement en compte le secteur des technologies propres dans les importations, ce qui rend difficile la différenciation entre technologies propres et marchandises traditionnelles importées, et la simulation de cette distinction.

- > **Il offre une simulation réaliste des comportements.** Les choix technologiques sont fortement corrélés au comportement. Dans certains cas, ce facteur pèse autant, voire plus, dans une décision (l'achat d'un véhicule électrique, par exemple) que les considérations financières. Le modèle gTech intègre trois dynamiques comportementales

conçues pour illustrer de manière réaliste l'influence que les politiques peuvent avoir sur les choix technologiques, à savoir : les préférences non financières, la préférence temporelle pour l'argent et l'hétérogénéité du marché.

- > **Il simule l'approvisionnement en énergie et les marchés de l'énergie, d'où la possibilité de mettre en évidence une transition de l'emploi entre les secteurs traditionnels de l'énergie et les secteurs émergents liés aux sources d'énergie à faible émission de GES.** Le modèle gTech tient compte de tous les principaux marchés d'approvisionnement en énergie, tels que l'électricité, les produits pétroliers raffinés et le gaz naturel. L'évolution des politiques et des technologies est susceptible d'accroître la demande d'énergie sobre en carbone (électricité issue de sources renouvelables, hydrogène et bioénergie, entre autres) et donc de stimuler l'activité économique et l'emploi dans ces secteurs.

Représentation de l'emploi dans gTech

Le modèle gTech est calibré selon des statistiques de la population active conformes au Système de comptabilité nationale de Statistique Canada. L'emploi par code du SCIAN (système de classification des industries de l'Amérique du Nord) est mis en concordance avec les secteurs intégrés au modèle d'après les valeurs de 2015. Les projections de l'emploi dans la modélisation varient en fonction de l'évolution qu'enregistre l'activité dans chaque secteur. Par exemple, un taux de croissance donné dans un secteur engendrera un changement proportionnel de l'emploi dans ce dernier. Pour les secteurs naissants, qui n'existaient pas encore

en 2015, tels que la capture atmosphérique directe et la fabrication avancée de biocarburants, les résultats se fondent sur une estimation des salaires, prise en compte dans les intrants totaux de chacun des secteurs.

Les projections de l'emploi dans un modèle peuvent également varier en fonction des taux de salaire. En cas de main-d'œuvre peu abondante, les taux de salaire augmentent et entraînent ainsi une hausse de la main-d'œuvre disponible (autrement dit, le modèle gTech capture la décision économique de travailler). En outre, ce modèle prévoit l'existence d'un chômage structurel, dont l'ampleur dépend également des taux de salaire. La corrélation présumée dans les projections est la suivante : les taux de salaire plus élevés font baisser le chômage structurel, contrairement aux taux de salaire plus faibles qui contribuent à l'augmenter.

Ce modèle souffre de quelques limites entravant sa capacité à établir des projections en matière d'emploi. Premièrement, il s'agit d'un modèle à long terme qui effectue les calculs par quinquennat et n'illustre pas l'évolution de l'emploi en lien avec les cycles économiques (périodes de récession ou de croissance, par exemple). Par conséquent, il ne décèlera pas les variations de l'emploi qui se produisent dans l'intervalle de temps du modèle. Deuxièmement, le modèle ne simule pas les effets sur l'emploi de la migration interrégionale, d'où le risque d'une exagération des différences entre les provinces en termes de taux d'emploi et de salaire si la croissance sectorielle et l'embauche sont hétérogènes à l'échelle du Canada. Troisièmement, il part du principe qu'aucun obstacle intrinsèque ne s'oppose

aux changements de profession. Il est donc possible qu'il surestime les créations et les suppressions d'emploi, sachant que, dans la réalité, les rigidités structurelles du marché du travail freinent la transition des travailleurs d'un emploi à un autre. Quatrièmement, le modèle fonde ses calculs de l'emploi sur l'hypothèse d'un taux de croissance de la productivité identique dans tous les secteurs. Par conséquent, si la productivité augmente moins vite dans un secteur donné, un plus grand nombre de postes (par rapport aux projections) seront à pourvoir pour un même degré d'activité économique. Au contraire, si la productivité augmente plus vite dans chaque secteur, le nombre d'emplois requis sera inférieur aux projections.

Annexe 2 : Limites de l'analyse

Il est primordial d'avoir conscience que le présent rapport propose une étude prospective, et non une analyse prévisionnelle. Les limites du modèle gTech sont notamment les suivantes :

- > Le manque d'ensembles de données sur les compétences au Canada permettant de mettre la Classification nationale des professions en corrélation avec les profils de compétences et les classifications des industries. Si le tableau de concordance créé par le CIMT et EDSC a permis de surmonter en partie cette difficulté, toutes les professions n'ont pas pu être incluses et les scores des compétences connexes n'ont donc pas été extraits⁴⁹.
- > L'analyse se fonde sur les 35 compétences recensées dans la base de données O*NET des États-Unis, dont il convient de souligner la nature statique. Les futures modifications de cette base de données visant à refléter l'évolution des scores d'importance et de niveau des compétences auront une incidence sur les résultats observés.
- > Les données relatives au niveau d'emploi extraites de l'EPA et qui ont servi de passerelle entre les résultats du modèle gTech (désagrégés par secteur) et les compétences professionnelles connexes ont été désagrégées au niveau

des groupes d'activité économique du SCIAN (à quatre chiffres), contrairement aux résultats du modèle gTech qui ont été désagrégés à plusieurs niveaux.

- > Le recours à O*NET pour mettre les compétences en correspondance avec les professions présente plusieurs inconvénients potentiels : 1) la classification des compétences dans cette base de données s'appuie sur des notions abstraites et des descriptions générales. Si ces dernières caractérisent des aspects importants de chaque profession et en déterminent le classement, elles omettent d'autres détails parfois nécessaires à la compréhension (tels que les compétences pratiques recherchées par les employeurs et qui pèsent dans la décision d'embauche); 2) O*NET ne fournit pas d'évaluations de compétences pour certaines professions et la mise à jour de la base de données prend du temps; 3) l'évaluation de compétences dans O*NET est le reflet d'une moyenne entre les professions, indépendamment du lieu géographique, du secteur d'emploi ou d'autres caractéristiques propres à un poste donné.
- > Le modèle gTech ne tient pas compte explicitement des projections de croissance démographique. Il s'agit plutôt d'un élément implicite inclus dans les projections de croissance du PIB alimentant le modèle, lui-même basé sur le Rapport sur la viabilité financière de 2020 du directeur parlementaire du budget (DPB). Résultat : il y a de fortes chances que les chiffres de l'emploi générés par gTech soient sous-estimés. Les projections démographiques de référence citées dans le rapport du DPB reposent sur les hypothèses du

49 Pour en savoir plus sur ce tableau de concordance, veuillez consulter le Rapport de perspectives de l'IMT no 35, septembre 2020, intitulé Cartographie des compétences professionnelles : Mise en correspondance du système étatsunien (O*NET) et canadien (CNP), <https://lmic-cimt.ca/fr/des-publications/rapport-de-perspectives-de-limt-35- rapport-de-perspectives-de-limt-cartographie-des-competences-professionnelles-mise-en-correspondance-du-systeme-etatsunien-et-canadien/>.



scénario de croissance moyenne (M1) de Statistique Canada en termes de taux de fécondité et de mortalité, ainsi qu'en matière d'immigration. Ce dernier prévoit à la fois un ralentissement de la croissance démographique et un vieillissement de la population, comparativement à d'autres scénarios plus optimistes. Autrement dit, la diminution du nombre d'actifs aura tendance à dissuader la participation de la main-d'œuvre, ce qui ralentira les projections de croissance de la population active. Si le rapport du DPB s'était fondé sur une projection démographique plus optimiste, le PIB prévisionnel aurait été supérieur et sa prise en compte dans les intrants du modèle gTech aurait livré des chiffres d'emploi plus élevés. Cela concourt également à suggérer que la modélisation présentée ici fournit des estimations prudentes de l'emploi. Même si cette analyse ne tenait pas compte de variables d'incertitude concernant

les projections démographiques, les politiques climatiques n'affecteraient que peu les répercussions sur l'emploi d'une population plus nombreuse. De fait, il est possible de maintenir la même croissance économique avec moins d'emplois si la productivité du travail est supérieure, et ce, sans interaction particulière avec les politiques climatiques. Par conséquent, ces incertitudes démographiques ne devraient pas avoir d'incidence sur les différences en matière de compétences et d'emploi, surtout dans la mesure où elles sont comparées entre les scénarios. La mise en lumière des différences d'un scénario à l'autre est justement l'un des objets principaux de cette étude prospective.



Annexe 3 : Autres approches d'analyse des compétences

Si la taxonomie des compétences et des capacités pour le Canada élaborée par EDSC, qui rationalise la terminologie de plusieurs domaines de compétences et concepts en lien avec le contexte de travail, offre un point de départ, elle n'établit pas de liens objectifs entre les professions et les profils de compétences connexes. Toutefois, grâce à sa concordance avec les activités de travail, elle permet d'améliorer la comparabilité entre les professions et les secteurs, et il conviendrait d'envisager l'utilisation future de cette taxinomie à des fins de recherche.

Soulignons que les chercheurs ayant réalisé de précédents travaux ont adopté différentes approches d'analyse des compétences, de nature aussi bien quantitative que qualitative (Gregg et coll., 2015). D'un point de vue quantitatif, l'OCDE (2012) a estimé les besoins généraux en compétences en calculant les changements de composition sectorielle de l'emploi (à

l'aide du modèle IEG ENV-Linkages de l'OCDE) découlant de la mise en œuvre de diverses variantes des systèmes d'échange de quotas d'émission par les pays de l'UE⁵⁰. D'autres ont suivi une approche qualitative axée sur la demande. Selon un rapport du gouvernement britannique (2011), les entreprises du Royaume-Uni nouent des partenariats avec des centres de perfectionnement professionnel, des académies nationales de formation et d'autres organismes afin de cerner et d'expliquer les compétences dont elles ont besoin. Ensuite, les établissements de

50 Les systèmes d'échange de quotas d'émission favorisent la réduction des émissions là où cette démarche est la moins onéreuse. Les pollueurs pour qui la réduction des émissions coûte cher sont autorisés à acheter des crédits d'émission auprès des pollueurs qui peuvent les réduire à moindre coût (OCDE, 2016). L'UE applique un système de plafonnement et d'échange qui fixe un seuil maximal d'émissions. Les permis d'émission sont ensuite mis aux enchères ou distribués gratuitement sur la base de critères donnés. Le modèle IEG ENV-Linkages comporte trois variantes du système d'échange de quotas d'émission : 1) les marchés fragmentés, scénario dans lequel tous les pays réduisent leurs propres émissions au moyen de mécanismes strictement nationaux; 2) les pays de l'OCDE, scénario dans lequel les États membres de l'OCDE se voient allouer des droits d'émission reprenant les cibles du scénario fragmenté, en y ajoutant des options d'échange; et 3) le monde entier, scénario dans lequel tous les pays sont acteurs d'un marché mondial du carbone, également fondé sur l'allocation de permis d'émission en vertu du scénario fragmenté (OCDE, 2012).



formation mettent au point des programmes pour enseigner lesdites compétences. Au Canada, ECO Canada (2012) a analysé le texte des offres d'emploi (à l'aide d'algorithmes informatiques) afin de recenser et de classer dans différentes catégories les compétences et capacités environnementales requises par les employés potentiels⁵¹.

Si ces différentes approches d'analyse des compétences ont toutes une utilité, elles présentent également certains inconvénients. L'analyse des compétences de l'OCDE (2012) comportait uniquement des catégories de base, comme le fait que les travailleurs aient suivi ou non une formation ou qu'ils occupent ou non des postes hautement qualifiés. En cas d'augmentation de l'emploi au regard de ces critères, l'analyse en déduisait la hausse des

besoins en compétences. L'étude menée au Royaume-Uni se fondait sur l'existence d'une collaboration institutionnelle ancrée dans la pratique entre les entreprises et les centres d'évaluation des compétences et de formation professionnelle. Bien que le Canada ne dispose pas actuellement d'un tel cadre collaboratif, cette démarche pourrait toutefois être adoptée à l'avenir si le pays parvient à créer les fondements sous-tendant ce type de partenariat. Les catégories de compétences techniques et transférables établies par ECO Canada (2012) ne sont pas corrélées aux données sectorielles et n'attribuent pas de scores d'importance à ces compétences. L'analyse figurant dans le présent rapport comble ces lacunes en adoptant une approche quantitative qui tient compte des compétences associées aux trajectoires potentielles de décarbonation, en s'appuyant sur 35 compétences particulières issues d'O*NET et sur leur score d'importance pondéré en fonction de données d'emploi sectorielles.

51 ECO Canada a établi ces catégories à la lumière de sa propre évaluation et les a divisées en deux grands types de compétences : 1) les compétences techniques, qui montrent l'aptitude à accomplir une tâche (c'est-à-dire une suite d'activités visant à produire un résultat mesurable) de manière satisfaisante pour l'employeur ou au regard des normes en vigueur; et 2) les compétences transférables ou « générales » et les comportements connexes susceptibles de contribuer à la réussite de diverses tâches techniques dans le domaine d'exercice.

Annexe 4 : Résultats de la modélisation : variation nette de l'emploi à l'échelon national en fonction des scénarios (par rapport à 2015; en milliers)

Description du secteur	Pourcentage des emplois dans le modèle	2030			2040			2050		
		Électrons	Ressources	Mixte	Électrons	Ressources	Mixte	Électrons	Ressources	Mixte
Ressources	2,7 %	-58	-50	-47	-113	-76	-68	-111	-70	-61
<i>Extraction de pétrole et de gaz</i>	0,2 %	-5	0	2	-37	-8	0	-40	-9	-3
<i>Services pétroliers et gaziers</i>	0,4 %	-14	-8	-4	-37	-14	-5	-21	-3	3
<i>Extraction minière</i>	0,4 %	0	0	-1	3	2	-1	13	11	6
<i>Agriculture</i>	1,4 %	-40	-43	-44	-52	-59	-64	-73	-76	-77
Services publics	0,5 %	-7	-10	-9	7	-2	3	20	3	10
<i>Production d'électricité</i>	0,4 %	-2	-3	-3	11	5	8	23	10	13
<i>Distribution d'électricité</i>	0,1 %	-2	-3	-3	2	-2	1	4	-1	3
Fabrication	9,4 %	130	103	87	292	198	157	477	409	332
<i>Production de biocarburants</i>	0,03 %	4	3	4	16	4	5	26	4	29
<i>Production d'hydrogène</i>	0,01 %	2	1	1	4	1	3	9	2	6
<i>Métallurgie</i>	0,3 %	-13	-13	-13	-14	-8	-15	-11	-7	-14
<i>Papeterie</i>	0,3 %	3	3	2	7	7	-2	9	9	3
<i>Minéraux non métalliques</i>	0,2 %	-3	-2	-2	-1	0	-1	4	4	4
<i>Produits chimiques</i>	0,5 %	0	1	-1	6	8	4	19	23	17
<i>Fabrication – Autres</i>	8,1 %	140	113	100	279	189	169	430	378	294
Transports	4,1 %	-6	-8	-5	14	4	20	92	85	83
<i>Par camion</i>	1,3 %	1	-1	-1	5	2	3	32	28	23
<i>Autres</i>	2,0 %	-15	-16	-14	-6	-10	0	35	30	27
Construction	7,2 %	-33	-9	10	-70	-31	37	132	112	163
Services	76,0 %	994	921	944	1,671	1,353	1,602	2,423	2,340	2,386
Capture atmosphérique directe	0,1 %	0	0	0	0	32	10	69	147	75
Total	100 %	1,020	948	981	1,802	1,479	1,761	3,101	3,026	2,988

Remarque : ce tableau illustre la variation absolue de l'emploi dans chaque scénario en 2030, 2040 et 2050 par rapport à 2015. Dans le tableau 5 (voir page 46) du présent rapport, les emplois sont exprimés en équivalents temps plein, ce qui correspond au nombre total de postes rapporté aux heures travaillées sur la base d'un temps plein.

Scénario Électrons : trajectoire à plus faible intensité carbonique caractérisée par la hausse du prix du carbone à 170 \$/Mt en 2030 (taux nominal en CAD) avec ajustement ultérieur en fonction de l'inflation, la fixation d'un plafond d'émissions et le recours accru aux carburants de remplacement et aux énergies renouvelables, une plus faible adoption des technologies CUSC (en raison des coûts supérieurs) et une baisse d'activité des secteurs liés aux combustibles fossiles (en raison des cours du pétrole moins élevés, entre 30 \$ et 40 \$/baril à long terme, au taux réel en USD). Scénario Ressources : trajectoire à plus forte intensité carbonique caractérisée par un moindre recours aux carburants de remplacement et aux énergies renouvelables, une plus forte adoption des technologies CUSC (en raison des coûts plus faibles) et une activité plus soutenue des secteurs liés aux combustibles fossiles (en raison des cours du pétrole plus élevés, entre 80 \$ et 90 \$/baril à long terme, au taux réel en USD). Scénario Mixte : trajectoire intermédiaire entre les deux premiers scénarios.

Annexe 5 : Résultats de la modélisation : variation nette de l'emploi dans certaines provinces en fonction des scénarios (par rapport à 2015; en milliers)

Ontario										
Description du secteur	Pourcentage des emplois dans le modèle	2030			2040			2050		
		Électrons	Ressources	Mixte	Électrons	Res-sources	Mixte	Électrons	Ressources	Mixte
Resources	1,3 %	-17	-17	-17	-21	-22	-23	-24	-25	-25
<i>Extraction de pétrole et de gaz</i>	0,0 %	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Services pétroliers et gaziers</i>	0,0 %	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Extraction minière</i>	0,2 %	-2	-2	-2	-2	-2	-3	-1	0	-2
<i>Agriculture</i>	1,0 %	-15	-15	-15	-20	-21	-21	-25	-26	-25
Services publics	0,6 %	-6	-7	-6	2	-2	1	9	1	4
<i>Production d'électricité</i>	0,4 %	-3	-4	-4	3	1	2	10	3	5
<i>Distribution d'électricité</i>	0,1 %	-1	-1	-1	1	-1	1	2	0	2
Fabrication	10,9 %	42	34	29	52	44	38	144	144	101
<i>Production de biocarburants</i>	0,02 %	1	1	1	1	1	1	5	1	5
<i>Production d'hydrogène</i>	0,01 %	0	0	0	1	0	1	3	1	2
<i>Métallurgie</i>	0,1 %	-1	-1	-1	1	-1	1	2	0	2
<i>Papeterie</i>	0,2 %	0	0	0	2	2	0	4	4	3
<i>Minéraux non métalliques</i>	0,2 %	-1	-1	-1	0	0	0	2	2	1
<i>Produits chimiques</i>	0,6%	1	2	1	1	2	2	4	10	6
<i>Fabrication – Autres</i>	9,5%	51	43	38	56	41	42	134	131	93
Transports	4,4%	7	6	7	10	7	14	40	37	34
<i>Par camion</i>	1,6%	4	4	4	4	4	5	16	16	12
<i>Autres</i>	2,0%	-2	-2	-2	2	-1	4	16	15	13
Construction	6,6%	10	7	9	14	3	25	55	50	42
Services	76,2%	391	378	385	568	489	575	813	826	826
Capture atmosphérique directe	0,0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	100 %	427	402	406	625	519	629	1,037	1,034	982

Résultats de la modélisation : variation nette de l'emploi dans certaines provinces en fonction des scénarios (par rapport à 2015; en milliers), (suite)

Quebec										
Description du secteur	Pourcentage des emplois dans le modèle	2030			2040			2050		
		Électrons	Ressources	Mixte	Électrons	Ressources	Mixte	Électrons	Ressources	Mixte
Ressources	2,0 %	-9	-9	-9	-11	-14	-14	-12	-15	-13
<i>Extraction de pétrole et de gaz</i>	0,0 %	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Services pétroliers et gaziers</i>	0,0 %	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Extraction minière</i>	0,4 %	0	0	0	-1	-1	-1	0	1	0
<i>Agriculture</i>	1,2 %	-9	-9	-9	-13	-13	-13	-15	-16	-15
Services publics	0,6 %	-3	-3	-3	-4	-4	-4	-5	-6	-5
<i>Production d'électricité</i>	0,4 %	-2	-2	-2	-3	-3	-3	-4	-4	-4
<i>Distribution d'électricité</i>	0,1 %	-1	-1	-1	0	-1	0	0	-1	0
Fabrication	11,3 %	22	18	18	45	34	31	102	84	70
<i>Production de biocarburants</i>	0,04 %	1	1	1	3	1	1	6	1	7
<i>Production d'hydrogène</i>	0,03 %	1	1	1	1	1	1	0	1	1
<i>Métallurgie</i>	0,1 %	-1	-1	-1	0	-1	0	0	-1	0
<i>Papeterie</i>	0,4 %	2	1	1	4	3	1	5	5	3
<i>Minéraux non métalliques</i>	0,3 %	-1	-1	-1	0	-1	-1	0	0	0
<i>Produits chimiques</i>	0,5 %	1	0	0	1	2	1	4	5	4
<i>Fabrication – Autres</i>	9,5 %	22	18	18	43	31	33	91	75	61
Transports	3,8 %	-3	-6	-5	0	-6	-3	10	3	3
<i>Par camion</i>	1,3 %	0	-1	-1	1	-1	-1	6	3	3
<i>Autres</i>	2,0 %	-4	-6	-5	-4	-7	-4	-1	-2	-3
Construction	6,1 %	-4	-8	-7	4	-10	0	3	1	2
Services	76,2 %	107	88	97	180	99	167	221	179	215
Capture atmosphérique directe	0,0 %	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	100 %	110	80	91	214	99	177	318	246	271

Résultats de la modélisation : variation nette de l'emploi dans certaines provinces en fonction des scénarios (par rapport à 2015; en milliers), (suite)

Alberta										
Description du secteur	Pourcentage des emplois dans le modèle	2030			2040			2050		
		Électrons	Ressources	Mixte	Électrons	Ressources	Mixte	Électrons	Ressources	Mixte
Ressources	5,3 %	-19	-9	-5	-69	-23	-11	-64	-18	-7
<i>Extraction de pétrole et de gaz</i>	10,2 %	-47	-30	-22	-128	-54	-32	-117	-36	-20
<i>Services pétroliers et gaziers</i>	2,1 %	-11	-5	-1	-32	-10	-2	-18	0	5
<i>Extraction minière</i>	0,3 %	-3	-3	-3	-2	-2	-2	-1	-1	-1
<i>Agriculture</i>	1,4 %	-3	-4	-5	-2	-6	-8	-9	-10	-11
Services publics	0,2 %	1	0	0	5	3	5	10	5	6
<i>Production d'électricité</i>	0,1 %	1	1	1	5	3	4	8	5	5
<i>Distribution d'électricité</i>	0,1 %	0	0	0	1	0	0	2	0	1
Fabrication	7,4 %	34	24	16	130	69	46	122	92	78
<i>Production de biocarburants</i>	0,04 %	1	1	1	4	1	1	4	1	4
<i>Production d'hydrogène</i>	0,09 %	0	0	0	1	0	1	2	0	1
<i>Métallurgie</i>	0,1 %	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-2	-1	-2
<i>Papeterie</i>	0,3 %	0	0	0	3	1	-1	2	1	0
<i>Minéraux non métalliques</i>	0,2 %	0	0	0	0	0	0	1	1	1
<i>Produits chimiques</i>	0,6 %	-2	-1	-2	2	2	0	8	6	6
<i>Fabrication – Autres</i>	6,0 %	37	26	19	124	66	49	109	86	69
Transports	3,3 %	-5	-1	1	0	5	8	17	23	24
<i>Par camion</i>	1,0 %	-1	-1	-1	1	1	1	6	6	5
<i>Autres</i>	1,5 %	-3	-1	1	-2	2	4	11	11	12
Construction	10,1 %	-26	-1	9	-67	-11	9	63	37	73
Services	73,3 %	299	282	281	581	524	549	884	881	875
Capture atmosphérique directe	0,4 %	0	0	0	0	21	9	64	125	65
Total	100 %	284	294	302	581	586	615	1,095	1,144	1,115

Résultats de la modélisation : variation nette de l'emploi dans certaines provinces en fonction des scénarios (par rapport à 2015; en milliers), (suite)

Colombie-Britannique										
Description du secteur	Pourcentage des emplois dans le modèle	2030			2040			2050		
		Électrons	Ressources	Mixte	Électrons	Ressources	Mixte	Électrons	Ressources	Mixte
Ressources	2,7 %	2	2	2	6	4	3	7	8	7
<i>Services pétroliers et gaziers</i>	0,1 %	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Extraction minière</i>	0,6 %	2	2	2	2	3	2	2	4	2
<i>Agriculture</i>	1,4 %	-2	-3	-3	-2	-3	-4	-3	-3	-4
Services publics	0,5 %	1	1	1	2	2	2	3	3	4
<i>Production d'électricité</i>	0,4 %	2	2	2	3	3	3	4	4	4
<i>Distribution d'électricité</i>	0,1 %	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Fabrication	6,6 %	25	23	22	42	38	33	69	59	56
<i>Production de biocarburants</i>	0,02 %	0	0	0	1	0	0	2	0	4
<i>Production d'hydrogène</i>	0,01 %	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Métallurgie</i>	0,1 %	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Papeterie</i>	0,5 %	1	1	0	-1	-1	-3	-3	-2	-4
<i>Minéraux non métalliques</i>	0,2 %	0	0	0	0	1	0	1	1	2
<i>Produits chimiques</i>	0,1 %	0	0	0	1	1	1	1	1	1
<i>Fabrication – Autres</i>	5,6 %	22	21	20	41	37	34	66	58	52
Transports	4,6 %	2	1	2	10	8	10	22	23	24
<i>Par camion</i>	0,7 %	0	0	0	2	1	1	5	4	4
<i>Autres</i>	2,6 %	-1	-2	-2	3	1	2	9	9	9
Construction	8,0 %	14	15	18	13	17	23	38	45	58
Services	77,5 %	230	215	220	378	326	362	529	499	509
Capture atmosphérique directe	0,0 %	0	0	0	0	6	0	2	13	5
Total	100 %	275	257	265	452	401	433	670	651	663

Annexe 6 : Pertes nettes d'emploi et scores de compétences pour les travailleurs dans différents secteurs en fonction des scénarios de décarbonation

Nom du secteur	Emploi net en 2050, par rapport à 2015			Compétences fondamentales en matière de processus			Compétences sociales					RP	Compétences techniques				Compétences en matière de systèmes		Compétences en gestion	
	SC1	SC2	SC3	PC	AA	SV	PS	CO	PA	IN	OS		SF	OC	DP	COc	JPD	AS	GT	GRH
Agriculture	-31	-42	-31	59	45	57	50	54	42	41	39	47	49	47	35	43	53	34	51	47
Élevage et aquaculture	-41	-41	-45	63	49	60	51	56	46	45	41	52	52	48	37	46	58	41	54	51
Services agricoles	-6	-6	-6	55	43	54	46	50	38	39	39	47	50	50	35	40	51	36	47	40
Extraction de pétrole et de gaz	-47	-10	-3	58	47	52	45	48	40	41	39	51	43	36	32	38	51	40	47	40
Exploitation du charbon	-8	-4	-7	51	39	46	40	44	31	36	34	44	49	48	42	41	44	30	42	34
Services pétroliers et gaziers	-26	-4	3	57	45	53	45	49	39	41	38	48	48	43	36	40	49	35	46	42
Production et distribution d'électricité*	-23	-24	-23	60	49	53	47	49	41	42	44	53	42	31	34	39	52	43	50	41
Distribution de gaz naturel	-7	-6	-7	44	35	40	36	37	31	29	33	38	27	19	19	26	38	30	38	30
Fabrication	-39	-25	-37	54	42	52	46	46	37	37	37	47	45	38	32	42	48	36	48	36
Produits du pétrole et du charbon	-13	-7	-11	61	48	56	47	50	39	42	40	52	52	44	38	45	53	42	50	41
Sidérurgie et aciérie	-15	-15	-15	55	42	53	47	49	36	37	36	47	49	43	36	44	49	35	49	38

* Ces sous-secteurs de l'électricité perdent des emplois dans tous les scénarios de décarbonation, à ne pas confondre avec d'autres sous-secteurs qui créent des emplois comme l'illustre le tableau 5 (voir page 46) du présent rapport.

Remarque : les scores de compétences vont de 0 à 100 et sont pondérés sur la base des données d'emploi issues de l'EPA 2019 pour chaque secteur représenté dans ce tableau. En raison des dimensions de ce tableau, les en-têtes de colonne contiennent des abréviations dont la signification est fournie dans la légende ci-dessous. Les cases en surbrillance **mauve** correspondent aux pertes d'emploi nettes les plus importantes.

Légende :

SC1 : scénario 1 (électrons); SC2 : scénario 2 (ressources); SC3 : scénario 3 (mixte).

PC : pensée critique; AA : apprentissage actif; SV : surveillance; PS : perception sociale; CO : coordination; PA : persuasion; IN : instruction; OS : orientation vers le service; RP : résolution de problèmes complexes; SF : suivi du fonctionnement; OC : opération et contrôle; DP : dépannage; CQ : contrôle de la qualité; JPD : jugement et prise de décisions; AS : analyse de systèmes; GT : gestion du temps; GRH : gestion de ressources humaines

Annexe 7 : Classification des compétences O*NET

Cette partie est une adaptation du rapport de Tsacoumis et Willison (2010) intitulé O*NET Analyst Occupational Skill Ratings : Procedures, qui compile les scores de niveau et d'importance des 35 compétences intégrées dans la base de données O*NET. Les compétences sont définies comme les aptitudes acquises par la formation ou l'expérience. Ces 35 compétences sont réparties dans deux catégories : les compétences fondamentales et les compétences transversales. Les compétences fondamentales facilitent l'acquisition de nouvelles connaissances et sont elles-mêmes divisées en deux sous-catégories : les compétences en matière de contenu, d'une part, et de processus, d'autre part. Les compétences transversales, quant à elles, couvrent plusieurs domaines d'activité. Au total, ces 35 compétences sont regroupées dans sept catégories représentées dans le tableau ci-dessous.

COMPÉTENCES FONDAMENTALES

Capacités acquises qui facilitent l'apprentissage ou l'acquisition plus rapide des connaissances

Sous-catégories	Détail des compétences
Contenu : structures de fond nécessaires pour exploiter et acquérir des compétences plus spécifiques dans un éventail de domaines différents	<ul style="list-style-type: none">• Compréhension de lecture : comprendre des phrases écrites et des paragraphes figurant dans des documents professionnels.• Écoute active : accorder toute son attention au discours d'autrui, à prendre le temps de comprendre les arguments formulés, à poser de bonnes questions et à ne pas interrompre les autres inopinément.• Rédaction : communiquer par écrit de manière efficace en fonction des besoins du destinataire.• Parole : parler aux autres pour transmettre efficacement des renseignements.• Mathématiques : utiliser des mathématiques pour résoudre des problèmes.• Sciences : utiliser des règles et des méthodes scientifiques pour résoudre des problèmes.
Processus : procédures contribuant à accélérer l'acquisition de connaissances et de compétences dans divers domaines	<ul style="list-style-type: none">• Pensée critique : utiliser la logique et le raisonnement pour cerner les points positifs et négatifs de diverses solutions, conclusions ou manières de résoudre un problème.• Apprentissage actif : comprendre des tenants et des retombées de nouveaux renseignements pour leur application actuelle et future à des fins de résolution des problèmes et de prise de décisions.• Stratégies d'apprentissage : sélectionner et utiliser des méthodes et procédures pédagogiques/didactiques adaptées à la situation pour apprendre ou enseigner de nouvelles choses.• Surveillance : suivre et évaluer le rendement de son propre travail ou de celui d'autres personnes ou d'une organisation afin d'apporter des améliorations ou de prendre des mesures correctrices.

COMPÉTENCES TRANSVERSALES

Capacités acquises qui facilitent l'exécution d'activités requises dans divers emplois

Sous-catégories	Détail des compétences
Compétences sociales : capacités acquises permettant d'œuvrer avec les autres pour atteindre des objectifs	<ul style="list-style-type: none">• Perception sociale : avoir conscience des réactions des autres et en comprendre les raisons.• Coordination : adapter ses propres actions en fonction des actions d'autrui.• Persuasion : convaincre les autres de changer d'avis ou de comportement.• Négociation : rassembler les gens pour tenter de régler des conflits.• Instruction : enseigner aux autres comment faire quelque chose.• Orientation vers le service : rechercher activement des manières d'aider les gens.
Résolution de problèmes complexes : capacités acquises servant à la résolution de problèmes nouveaux et mal définis dans une situation complexe en contexte réel	<ul style="list-style-type: none">• Résolution de problèmes complexes : identifier des problèmes complexes et analyser des renseignements connexes pour concevoir et évaluer les options à disposition, et mettre en œuvre des solutions.

<p>Compétences techniques : capacités acquises permettant de concevoir, de paramétrer, d'utiliser et de corriger les dysfonctionnements de machines ou de systèmes technologiques</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Analyse des opérations : analyser des besoins et des exigences d'un produit en vue de concevoir un modèle. • Conception technologique : concevoir ou adapter un équipement ou une technologie pour répondre aux besoins des utilisateurs. • Sélection d'équipement : décider de l'équipement et des outils nécessaires pour effectuer une tâche. • Installation : installer de l'équipement, des machines, du câblage ou des programmes pour répondre aux spécifications. • Programmation : développer de programmes informatiques à diverses fins. • Suivi du fonctionnement : surveiller des jauges, cadrans ou autres indicateurs pour s'assurer du bon fonctionnement d'une machine. • Opération et contrôle : contrôler l'utilisation d'un équipement ou de systèmes. • Entretien d'équipement : réaliser l'entretien de base d'un équipement et planifier les différentes tâches nécessaires. • Dépannage : déterminer les causes d'un dysfonctionnement et les mesures à prendre. • Réparation : réparer des machines ou des systèmes à l'aide des outils adaptés. • Analyse du contrôle de la qualité : mener des essais et des inspections afin d'évaluer la qualité ou le rendement de produits, de services ou de processus.
<p>Systèmes : capacités acquises permettant de comprendre, de surveiller et d'améliorer le fonctionnement de systèmes socio-techniques</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Jugement et prise de décisions : prendre en considération les coûts et avantages relatifs de diverses options afin de choisir la meilleure parmi elles. • Analyse de systèmes : comprendre comment un système fonctionne et comment tout changement de condition, de paramètre ou d'environnement affectera les résultats. • Évaluation de systèmes : cerner des mesures ou indicateurs permettant d'évaluer le rendement d'un système et trouver des manières de l'optimiser, en fonction des objectifs de ce dernier.
<p>Gestion de ressources : capacités acquises permettant d'allouer efficacement les ressources</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Gestion du temps : gérer son propre temps et celui des autres. • Gestion de ressources financières : déterminer comment le budget sera dépensé pour mener le travail à bien, ainsi que comptabiliser les dépenses. • Gestion de ressources matérielles : se procurer l'équipement, les installations et les fournitures nécessaires pour un travail donné, ainsi que garantir leur utilisation appropriée. • Gestion de ressources humaines : motiver, faire progresser et diriger les autres dans leur travail, en identifiant les personnes les plus qualifiées pour chaque tâche.

