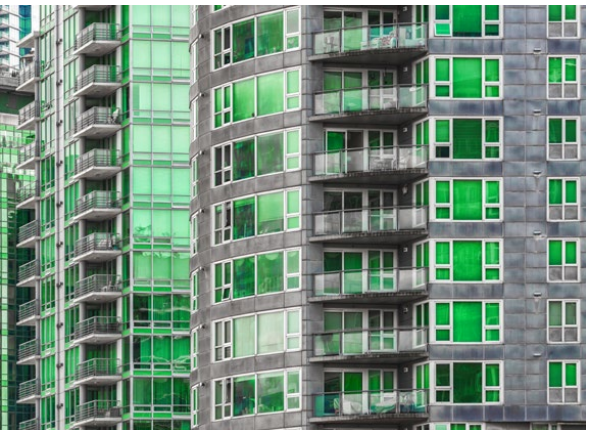
Columbia INSTITUTE

LES EMPLOIS DE DEMAIN

LES MÉTIERS DE LA CONSTRUCTION DU CANADA ET LES ÉMISSIONS NETTES ZÉRO



JUILLET 2017

Commandé par les Syndicats des métiers de la construction du Canada

SMCC
LES SYNDICATS DES MÉTIERS DE LA CONSTRUCTION DU CANADA

LES EMPLOIS DE DEMAIN : LES MÉTIERS DE LA CONSTRUCTION DU CANADA ET LES ÉMISSIONS NETTES ZÉRO

Juillet 2017 • Révisé en novembre 2017

Par Tyee Bridge et Richard Gilbert

Équipe de recherche : Tyee Bridge, Richard Gilbert, Charley Beresford

Rédaction : Charley Beresford (directeur général, Columbia Institute), et Helesia Luke (Green Jobs BC)

Comité consultatif : Lee Loftus, président, Métiers de la construction C-B ; Bob Blakely, chef des opérations canadiennes, Métiers de la construction du Canada ; Tom Sigurdson, directeur général, Métiers de la construction, C-B.

Remerciements : Mark Z. Jacobson, Stanford University Department of Civil and Environmental Engineering ; Blair Redlin, associé de recherche, Columbia Institute ; Igor Delov, Métiers de la construction, Ontario ; Clean Energy Canada ; David Fairey, Labour Consulting Services ; Leonard Philips, International Quartier Energy Association ; Stephen Hui, Pembina Institute ; Alex Kent, Canadian Geothermal Energy Association ; Alison Thompson, Borealis Geopower ; Conseil du bâtiment durable du Canada ; Association canadienne de l'énergie éolienne ; Lyle Walker, TransLink ; Ken Church, Ressources naturelles Canada ; Robert van Adrichem, Ville de Prince George ; Mike Homenuke, Kerr Wood Leidal ; Paul Holt, Energy and Utilities UBC ; Centre canadien de données et d'analyse de la consommation finale de l'énergie dans l'industrie (CIEEDAC) de l'Université Simon Fraser ; Sarah Golden, Cater Communications ; Danny Kennedy, California Clean Energy Fund ; Association des industries solaires du Canada ; John Metras, Infrastructure Development, UBC ; Jeremy Moorhouse, Clean Energy Canada ; UC Berkeley Center for Labor Research and Education.

Commandé par les Syndicats des métiers de la construction du Canada

SMCC
LES SYNDICATS DES MÉTIERS DE LA CONSTRUCTION DU CANADA

Conception graphique : Nadene Rehnby, Hands on Publications

Photos de couverture : Maarten Van Den Heuvel/Unsplash, Ken Lane/Flickr, Mark Klotz/Flickr

ISBN 978-0-9781918-5-6

Tous droits réservés. La reproduction de cette publication, en tout ou en partie, à des fins non commerciales est permise sous réserve de la citation des sources.

D'autres copies de cette publication peuvent être téléchargées du site web du Columbia Institute à columbiainstitute.ca/jobsfortomorrow

Columbia INSTITUTE

510 – 1155 Robson Street
Vancouver, B.C., V6E 1B5 / Tel: 604.408.2500
columbiainstitute.ca

TABLE DES MATIÈRES

PHOTO ZIA SYED/ UNSPLASH

MESSAGES CLÉS 5

À PROPOS DE CE RAPPORT 8

PARTIE 1 POUR ARRIVER AU ZÉRO NET : LA VISION 11

Introduction 12

Contexte et opportunités 14

Approvisionnement en électricité : Construire le réseau de demain 16

Quels types de projets seront requis et combien d'emplois seront créés avec ce virage ? 18

Énergie éolienne : 25 % d'ici 2050 18

Énergie solaire : 10 % d'ici 2050 20

Énergie géothermique : 4 % d'ici 2050 20

Énergie marémotrice : 5 % d'ici 2050 21

Énergie hydro-électrique : 40 % d'ici 2050 22

Énergie nucléaire : 5 % d'ici 2050 22

Construction de lignes de transport 23

Autres opportunités en construction : CSC et modernisation 23

Approvisionnement en électricité propre : Retombées totales 24

Communautés ingénieuses : Habitabilité à faibles impacts 26

Bâtiments écologiques et améliorations de bâtiments net zéro 26

Communautés ingénieuses : Retombées totales 30

Transport : Construction d'une infrastructure moderne 31

Le portrait général 32

Infrastructure du transport urbain 32

Atteindre « net zéro » : Conclusion 34

PARTIE 2 ANALYSE ENVIRONNEMENTALE 37

Introduction 37

Construction, économie nationale et changement climatique 40
Création d'emplois et économie verte 41
Caractéristiques de l'industrie de la construction 41
Processus de construction 44
Main-d'œuvre en construction et les Métiers de la construction 44
Les Syndicats des métiers de la construction 47
Émissions GES du pétrole et construction industrielle 48
L'industrie pétrolière et les émissions de gaz à effet de serre 50
Construction, restructuration économique et développement à faible teneur en carbone 52
Construction et restructuration économique 52
DDPP (Deep Decarbonization Pathways Project, Projet de décarbonisation majeure) 52
Politique en matière de changements climatiques et voies de décarbonisation 54
Contributions prévues déterminées au niveau national 55
Stratégie canadienne de l'énergie 55
Déclaration de Vancouver 56
Tarification du carbone 56
Investissement privé, tarification du carbone et combustibles fossiles 57
Construction, combustibles fossiles et énergie renouvelable 59
Appels à une coalition pour une stratégie nationale sur le climat 59
Investissements dans le secteur public et les infrastructures d'énergie renouvelable 59
Investissements publics et décarbonisation 59
Budget fédéral 2016 60
Stratégies d'énergie alternatives 61
Conclusion de l'analyse environnementale 63

GLOSSAIRE 64

NOTES 66

Messages clés

À CE JOUR, TRÈS PEU DE RECHERCHES ont été entreprises concernant le rôle de l'industrie de la construction dans la transition au Canada vers une économie à faibles émissions de carbone. La présente étude s'appuie sur des recherches uniques qui ont été réalisées pour examiner l'impact potentiel sur l'industrie canadienne de la construction.

Cette étude porte sur le rôle de l'industrie de la construction dans la transition vers une économie à faibles émissions de carbone au Canada.

PHOTO CI-DESSUS : MATTHEW HENRY/UNSPLASH; PHOTO DU BAS : SHUN KAMBE

Contexte mondial

- En 2015, 197 nations ont signé l'Accord de Paris s'engageant à réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES) pour maintenir le réchauffement climatique mondial en dessous de 2°C et de viser une cible de 1,5°C de réchauffement.
- La transition mondiale vers une économie à faibles émissions de carbone exigera des investissements supplémentaires de 220$ US milliards d'ici 2020. Cela correspond à moins de 4 % du total actuel annuel des investissements dans l'industrie de la construction à l'échelle mondiale.
- Des pays à travers le monde s'engagent à « décarboniser » leurs infrastructures, leurs industries et leurs économies. Ce virage va en s'accélérant et aura un impact sur tous les secteurs de notre société.
- De récentes études démontrent une croissance constante depuis trois ans de l'économie mondiale, tandis que les GES générés par la production et le transport d'énergie ont décliné.
- La Confédération syndicale internationale prévoit que des investissements de 2 % du produit intérieur brut (PIB) dans l'économie verte, sur une période 5 ans, dans 12 pays, pourraient créer jusqu'à 48 millions de nouveaux emplois, soit 9,6 millions de nouveaux emplois par année, y compris plus de 17 millions d'emplois dans le secteur de la construction.
- Le Conseil mondial du bâtiment durable a demandé que tous les bâtiments aient des émissions nettes zéro d'ici 2050, tant pour les projets de nouvelle construction que pour les projets de rénovation majeure. (Les maisons et les bâtiments sont la source de 25 % de toutes les émissions au Canada.)
- Avec l'accélération du mouvement vers l'objectif émissions nettes zéro, les métiers de la construction récoltent déjà des avantages pour leurs membres à l'échelle mondiale.

L'industrie de la construction a un rôle crucial à jouer dans l'atteinte des objectifs climatiques canadiens, en soutenant la production dans d'autres secteurs, dont la production d'énergie électrique, les bâtiments écoénergétiques et les nouvelles infrastructures de transport.

PHOTO DE SARNIA SOLAR : SAYCHEESE/FLICKR

Contexte canadien

- La capacité du Canada de respecter les engagements de l'Accord de Paris doit s'appuyer sur la construction de nouvelles infrastructures pour la production d'énergie électrique à l'aide de ressources renouvelables.
- Les efforts considérables consentis pour « décarboniser » l'économie canadienne créeront d'importantes nouvelles opportunités dans les métiers de la construction.
- L'atteinte des émissions nettes zéro au Canada signifiera le remplacement de sources d'énergie émettrices de GES par des sources d'énergie propre. En même temps, les prévisions de croissance démographique au Canada sont de 48 millions d'ici 2050.

Les métiers de la construction et les émissions nettes zéro

- L'industrie de la construction a un rôle crucial à jouer dans l'atteinte des objectifs climatiques, en soutenant la production dans d'autres secteurs, dont la production d'énergie électrique, les bâtiments écoénergétiques et les nouvelles infrastructures de transport.
- La capacité du Canada de respecter ses objectifs climatiques doit s'appuyer sur la construction de nouvelles centrales de production d'électricité favorisant l'utilisation de ressources renouvelables, comme l'énergie hydro-électrique, éolienne, solaire, marémotrice, de biomasse et géothermique.
- De plus, l'atteinte de ces objectifs doit s'appuyer sur la construction et l'entretien de bâtiments et d'infrastructures de transport plus écoénergétiques.
- Ces initiatives visant les émissions nettes zéro impliqueront la participation de divers corps de métier, dont les maçons, chaudronniers, tuyauteurs, isolateurs, travailleurs en électricité, vitriers, travailleurs en CVC, installateurs de ligne, monteurs de charpente métallique et d'autres métiers de la construction.

Emplois potentiels pour les métiers de la construction — Les chiffres

Approvisionnement électrique : Construction du réseau de demain

La construction du réseau de demain créera beaucoup d'emplois pour les travailleurs de la construction au Canada. La transition vers un réseau d'énergie électrique, composé avant tout d'énergie hydro-électrique (40 %), de production d'énergie éolienne, solaire, géothermique et marémotrice (pour un total combine de 44 %) et d'installations nucléaires existantes (5%), créerait plus de 1 048 900 emplois directs dans le secteur de la construction d'ici 2050. Ce total s'appuie sur l'hypothèse d'un scénario de faible demande d'ici 2050.

Voici la ventilation des chiffres :

- Énergie éolienne : à 25 % d'ici 2050 avec la création de 209 360 emplois à temps plein en construction ;
- Énergie solaire : à 10 % d'ici 2050 avec la création de 438 350 emplois en construction ;
- Énergie marémotrice : à 5 % d'ici 2050 avec la création de 109 770 emplois en construction ;
- Énergie géothermique : à 4 % d'ici 2050 avec la création de 30 300 emplois pour les travailleurs de la construction ;
- Énergie hydro-électrique : à 40 % d'ici 2050 avec la création de 30 760 années-personnes d'emplois en construction ;
- Énergie nucléaire : à 5 % d'ici 2050 avec la création de 30 360 emplois en construction ; et
- Construction de lignes de transport créerait 200 000 emplois en construction.

Communautés ingénieuses : Bâtiments écoénergétiques et réseaux d'énergie par quartier

- Les travaux de rénovation de bâtiments net zéro, ainsi que la construction de nouveaux bâtiments écoénergétiques commerciaux, industriels et institutionnels, devraient créer 1 997 640[1] d'emplois dans le secteur de la construction non résidentielle.
- La construction de petits réseaux d'énergie de quartier dans la moitié des municipalités du Canada de plus de 10 000 habitants créerait plus de 22 000 emplois en construction d'ici 2050.

Transport

- La construction d'infrastructures de transport urbain se chiffrant à 150 $ milliards — y compris les voies rapides, les ponts, les tunnels souterrains et les voies réservées aux autobus — d'ici 2050 créerait environ 245 000 emplois directs dans le secteur de la construction.

AU TOTAL, L'ATTEINTE DES OBJECTIFS CLIMATIQUES DU CANADA pourrait générer plus de 3,3 millions d'emplois directs dans les métiers de la construction d'ici 2050 ainsi que 17 millions d'emplois, en tenant compte des emplois dérivés, indirects et de la chaîne d'approvisionnement.

L'atteinte des objectifs climatiques du Canada pourrait générer plus de 3,3 millions d'emplois pour les métiers de la construction d'ici 2050.

PHOTO SYNDICATS DES MÉTIERS DE LA CONSTRUCTION DU CANADA

À propos de ce rapport

La présente étude va plus loin que les engagements actuels du Canada, en accélérant la transition pour envisager un scénario ambitieux selon lequel le Canada aura atteint une économie à émissions nettes zéro d'ici 2050.

LA PRÉSENTE ÉTUDE EXAMINE les différentes conséquences pour les métiers de la construction dans le contexte du réchauffement climatique et des engagements du Canada de lutter contre le changement climatique. L'industrie de la construction joue un rôle essentiel dans l'économie nationale en soutenant la production dans tous les autres secteurs. Plutôt que de mener à des pertes d'emplois nettes, une économie canadienne nette zéro a le potentiel de créer d'immenses possibilités pour les travailleurs de la construction et les travailleurs d'autres industries.

Puisque le Canada fait partie des 197 signataires de l'Accord de Paris, le gouvernement s'est engagé à atteindre émissions nettes zéro — un équilibre entre les émissions de gaz à effet de serre et leur absorption partout au Canada au moyen de techniques naturelles et techniques créées par l'homme —. Cet équilibre doit être atteint entre 2050 et 2100 afin de maintenir le réchauffement climatique inférieur à 2°C tout en visant une cible inférieure à 1,5°C.

À défaut d'adopter des politiques pour éliminer le réchauffement planétaire, le monde risque d'atteindre des températures moyennes de plus de 4°C d'ici la fin du siècle.[2] L'engagement actuel du Canada est de réduire d'ici 2030 les émissions de 30 % par rapport aux niveaux de 2005.

La présente étude va plus loin que les engagements actuels du Canada, en accélérant la transition pour envisager un scénario ambitieux selon lequel le Canada aura atteint une économie à émissions nettes zéro d'ici 2050.

Le dioxyde de carbone (CO_2) est l'un des principaux gaz à effet de serre (GES) à l'origine du réchauffement climatique. Les GES, comme le méthane et l'oxyde nitreux, sont généralement mesurés à l'aide d'une unité unique, appelée équivalent dioxyde de carbone (eCO2). Pour cette raison, une économie net zéro est parfois appelée une économie « à faibles émissions de carbone » — et plusieurs agences appellent le mouvement dans cette direction la « décarbonisation ».

Partie 1 : Pour arriver à émissions nettes zéro

La première partie est une analyse des faits saillants dans un domaine d'étude émergent. Cette partie explore les voies possibles qui aideraient le Canada à atteindre émissions nettes zéro d'ici 2050. Cette analyse correspond à un scénario ambitieux qui a été adopté pour mieux explorer les effets de cette transition sur la création d'emplois. Ce virage, qui vise à réduire le carbone et les gaz à effet de serre, durera pendant plusieurs décennies. Comme nous l'avons déjà noté, la cible actuelle du contrôle des émissions mondiales est d'atteindre émissions nettes zéro entre 2050 et 2100.

Nous avons défini cinq volets majeurs du virage vers les émissions zéro : approvisionnement en énergie propre, communautés ingénieuses, transport, rénovations industrielles et capture directe (des émissions). Ce rapport examinera les trois premiers volets pour dresser le portrait de nouveaux emplois qui pourraient être générés dans le domaine de la construction. S'inspirant d'une vaste analyse documentaire, cette section cite en partie deux analyses fondamentales : *Défis et opportunités pour le Canada (*2016) du Projet Trottier pour l'avenir énergétique et *Pathways to Deep Decarbonization in Canada* (2015).

La partie 1 dresse le portrait des emplois qui pourraient être créés dans le secteur de la construction et des métiers de la construction.

La partie 2 présente le rapport détaillé des émissions GES et les grands moteurs de croissance des GES.

PHOTO DE MONTRÉAL : CHRISTIAN BARRETTE/FLICKR

Partie 2 : Analyse environnementale

La deuxième partie de cette étude est une analyse plus détaillée sur les émissions de gaz à effet de serre au Canada et des principaux moteurs de la croissance de ces émissions. Cette partie présente également les caractéristiques et le rôle central de l'industrie de la construction dans l'économie canadienne. Cette partie décrit comment la restructuration d'une économie faible en émission de carbone créera une nouvelle demande d'emplois dans la construction dans les secteurs de l'énergie renouvelable et de bâtiments écoénergétiques.

Cette partie décrit les jalons principaux des voies du Canada vers une économie faible en émission de carbone, s'inspirant du rapport de 2015, *Pathways to Deep Decarbonization in Canada*, et du mémoire déposé par l'IDDRI, intitulé *Impact du Deep Decarbonization Pathways Project (DDPP) sur les processus de décision nationaux- Retours d'expériences de trois pays* (2016).

Pour arriver au zéro net : La Vision

Par Tyee Bridge

A QUOI RESSEMBLERAIT UNE ÉCONOMIE qui réduirait à zéro les émissions nettes ? Quelles seraient nos sources énergétiques ? Dans un pays comme le nôtre qui a investi massivement dans l'extraction et l'exportation de combustibles fossiles, que deviendrait le nouveau paysage de l'emploi ?

Il y a plusieurs facteurs inconnus et, compte tenu de l'inclusion de technologies de la prochaine génération, de nouvelles politiques gouvernementales et de l'évolution constante des marchés mondiaux et domestiques, les consultations axées sur une balle de cristal seraient plutôt vagues. Par contre, il y a un grand nombre de signes qui nous conduisent vers la nouvelle économie. Nous pouvons toutefois raisonnablement affirmer que la transition du Canada vers la cible émissions nettes zéro au cours des prochaines décennies touchera cinq grands domaines de transition exigeant la coopération entre les communautés, l'industrie et les gouvernements : approvisionnement en énergie, propre, les communautés ingénieuses, le transport, les rénovations industrielles et la capture directe.

Chacun de ces cinq domaines s'avère prometteur pour les métiers de la construction, mais le présent rapport se concentre sur les trois premières catégories.

La gestion de la transition au cours des prochaines décennies assurera un contrepoids à la perturbation économique et le risque de pertes d'emplois. Au fur et à mesure que le Canada continuera sur cette voie de transition, l'environnement de l'emploi deviendra de plus en plus stable. L'importance économique des combustibles fossiles, y compris la construction et l'entretien des infrastructures pétrolières et gazières et les emplois connexes pendant la phase d'exploitation, rend les travailleurs canadiens plus vulnérables aux chocs des prix des produits de base à l'échelle mondiale. Les décisions prises au-delà des frontières canadiennes ont un impact négatif sur les travailleurs canadiens, comme nous l'avons vu dans la foulée des mises à pied massives qui ont suivi la chute des prix du pétrole, provoquée par l'OPEP en 2015, alors que plus de 35 000[3] personnes dans le secteur du pétrole ont perdu leurs emplois. Une économie axée sur l'énergie propre, où les industries sont alimentées par des énergies renouvelables, comme l'énergie éolienne, solaire, hydro-électrique, géothermique et marémotrice, sera moins à risque.

La transition vers une économie net zéro ne se fera pas du jour au lendemain.

TORONTO LA NUIT :
ZIA SYED/ UNSPLASH

COMTÉ DE WELLINGTON, ONTARIO – TRAVAILLEURS EN TRAIN DE MONTER UNE COMPOSANTE QUI PRODUIT DE L'ÉLECTRICITÉ AU SOMMET D'UNE TURBINE ÉOLIENNE

Introduction

Des pays à travers le monde sont en train de « décarboniser » leurs infrastructures, industries et économies, dans la transition vers émissions nettes zéro. Ce virage va en s'accélérant et aura un impact sur tous les secteurs de notre société. La transition changera les bâtiments et les usines où nous travaillons ; changera notre façon de déplacer les biens et les personnes ; modifiera la façon dont nous utilisons l'énergie dans nos maisons ; et beaucoup plus.

Voici les prévisions de la *Stratégie canadienne de développement à faible émission de gaz à effet de serre à long terme pour le milieu du siècle*[4] de 2016 :

> Le Canada est déterminé à créer une économie plus propre et plus innovatrice qui réduit les émissions et protège l'environnement tout en créant des emplois bien rémunérés et en favorisant une robuste croissance économique.
>
> Un avenir à faible émission de GES représente une occasion d'accroître la prospérité et le bien-être des Canadiens, d'améliorer l'habitabilité de l'environnement bâti, de moderniser les transports et d'améliorer l'environnement naturel.

Les mesures prises par le Canada pour lutter contre les changements climatiques apporteront une aide concrète et utile aux collectivités du pays, car la croissance propre ne profite pas uniquement à la planète, elle profite aussi à l'économie.

En 2011, la Table ronde nationale sur l'environnement et l'économie (TRNEE) est arrivée à la conclusion que les coûts du changement climatique au Canada pourraient monter d'environ 5$ milliards par année en 2020 et passer entre 21$ et 43$ milliards par année d'ici 2050. « L'ordre de grandeur de ces coûts », selon la TRNEE, « dépendra d'une combinaison de deux facteurs : la croissance des émissions mondiales et la croissance économique et démographique au Canada. »[5] Ces coûts représentent la combinaison des impacts sur la foresterie, la santé, les inondations causées par le climat, les incendies et les tempêtes ainsi que plusieurs autres facteurs. Afin de maintenir ces coûts le plus bas possible, la TRNEE a réclamé « une atténuation au niveau mondial menant à un faible changement climatique pour l'avenir ». Le rapport indique que « le Canada tirerait des avantages environnementaux et économiques d'une entente internationale sur le climat pour l'après-2012 qui permettrait avec le temps de réduire de façon systématique les émissions de tous les émetteurs, y compris le Canada. »[6]

Nicholas Stern, ancien économiste en chef de la Banque mondiale et auteur en 2006 du Stern Review on the Economics of Climate change, a déclaré en 2015 « qu'il y avait une possibilité raisonnable d'éviter une augmentation supérieure à 2°C à l'échelle mondiale, sous réserve d'investissements annuels correspondant à un maximum de 2 % du PIB mondial et possiblement pour beaucoup moins. »[7]

La transition vers une économie à faible émission ne se fera pas du jour au lendemain. La transition vers les émissions nette zéro demandera des décennies. Les métiers de la construction seront responsables de la construction, de la rénovation et de la restauration des infrastructures de notre société dans l'économie nette zéro émergente. Cela correspond à un projet de grande envergure qui représente une opportunité majeure. Le virage vers le net zéro touchera plusieurs secteurs comme les nouvelles lignes de transport, les tunnels souterrains, les réseaux d'énergie par quartier dans les grandes villes, les parcs éoliens et les bâtiments sans émission. Cela impliquera la participation d'un grand nombre de métiers, comme les chaudronniers, les tuyauteurs, les isolateurs, les travailleurs en électricité, les maçons et les vitriers.

Dans le présent rapport, nous décrivons certaines voies que le Canada pourrait suivre pour atteindre l'objectif du net zéro d'ici 2050. Nous décrivons les conséquences possibles pour les métiers de la construction, comme le nombre d'emplois créés par

ces voies, les métiers requis, les formations et le nombre de mégaprojets ou de projets à petite ou grande échelle.

Ce rapport s'inspire de nombreuses sources, mais ne souscrit pas nécessairement aux hypothèses ou conclusions énoncées dans ces rapports. Notre travail s'appuie sur les meilleures recherches disponibles, mais les calculs sur l'emploi, présenté dans ce rapport, évolueront sans cesse selon la disponibilité des données de recherches. Pour connaître notre définition d'un « Emploi » et de la « Construction », consultez le glossaire à la page 64.

En plus des chiffres relatifs aux emplois dans le secteur de la construction, beaucoup de métiers dans les travaux d'entretien des infrastructures et des usines, notamment les installations énergétiques, industrielles et pétrochimiques. Les heures d'entretien s'accumulent pour chaque année d'exploitation d'une usine, « ce qui peut représenter 85 % du travail dans certains métiers et en moyenne 20 % », selon Bob Blakely, chef des opérations canadiennes des Syndicats des métiers de la construction du Canada.

Sauf indication contraire, les nombres d'emplois ne comprennent pas les emplois indirects, dérivés ou les emplois de la chaîne d'approvisionnement. Est également exclu le travail de soutien hors production, comme le travail des arpenteurs et des préposés au camp, puisque ce travail ne touche pas directement la construction. Il faut mentionner que l'inclusion de ces chiffres augmenterait de façon importante le nombre total d'emplois ; dans certains cas, cette augmentation pourrait être un facteur de cinq.

Dans le présent rapport, nous décrivons des parcours que le Canada pourrait suivre pour atteindre l'objectif du zéro net d'ici 2050. Nous décrivons les conséquences possibles pour les métiers de la construction, comme le nombre d'emplois créés par ces parcours, les métiers requis, les formations et le nombre de mégaprojets ou de projets à petite ou grande échelle.

CONSTRUCTION D'UNE LIGNE, EVERGREEN SKYTRAIN, À VANCOUVER, PHOTO PROVINCE DE C-B

Contexte et opportunités

La décarbonisation n'est pas nouvelle. Au Canada, comme dans beaucoup d'autres pays, nous cherchons, depuis au moins 25 ans, à dissocier les avantages économiques découlant du carbone. L'une des mesures possibles est l'intensité des émissions— le volume de carbone et d'autres GES produits pour chaque dollar de produit intérieur brut (PIB). Même si l'augmentation globale des émissions GES au Canada est de 19 %[8] depuis 1990, le PIB du Canada a enregistré une croissance de 161 %[9] pour la même période. Globalement, l'intensité des émissions par unité de PIB a décliné de 32 %.[10]

Le découplage du carbone n'est peut-être pas nouveau, mais la tendance va en s'accélérant dans les marchés mondiaux. L'Agence internationale de l'énergie (AIE) a déclaré en 2016 que pendant trois années de suite (de 2013 à 2015), les émissions à l'échelle mondiale se sont stabilisées à 32,1 milliards de tonnes. L'AIE a fait le constat suivant[11] :

> *En plus de 40 ans de statistiques sur les émissions de CO2 établies par l'Agence internationale de l'énergie (AIE), il n'y a eu que quatre épisodes, par le passé, où les émissions mondiales de CO_2 ont stagné ou reculé. Trois de ces quatre épisodes— début des années 1980, 1992 et 2009 — furent des périodes de fort ralentissement, voire de récession, contrairement à ce qu'on observe aujourd'hui. Cependant, la récente stagnation des émissions vient au milieu d'une croissance économique : selon le Fonds monétaire international, le PIB mondial a augmenté de 3,4 % en 2014 et de 3,1 % en 2015.*

Ce découplage est lié à la croissance des technologies à faible émission. Bloomberg New Energy Finance (BNEF) a déclaré[12] en 2016 que les investissements dans les énergies renouvelables entre 2008 et 2015, même avec l'exclusion de grands projets hydro-électriques, représentaient le double[13] des investissements dans le gaz naturel et le charbon. En 2015, les investissements en pétrole et gaz ont décliné de 25 % en un an — de 750 $ milliards en 2014 à 583 $ milliards.[14] Le maintien de cette tendance dépend de plusieurs facteurs, dont les marchés mondiaux et les prix du pétrole ainsi que les réglementations nationales et internationales sur les émissions GES.

Entre-temps en 2015, la capacité en place de génération d'électricité renouvelable a augmenté de 147 GW,[15] ou près de 9 % en un an. Aux États-Unis, plus de personnes sont employées dans l'industrie solaire que dans l'industrie d'extraction pétrolière et gazière.[16] Ce virage est dû, en partie, aux percées technologiques. Le coût des cellules solaires est 1/150e du prix des années 1970. Entre-temps, la capacité mise en place d'énergie solaire a augmenté par 115 000 fois[17] à l'échelle mondiale. Même si la demande de pétrole demeurait stable pendant quelques années, il y de bonnes raisons de croire qu'à moyen et à long terme le pétrole pourrait décliner aussi rapidement que le charbon. La demande de charbon a chuté, réduisant ainsi les valeurs marchandes de quatre producteurs majeurs de 99 %[18] au cours des dernières cinq années, poussant six entreprises américaines de charbon[19], y compris Peabody Coal and Arch Coal, à déclarer faillite.

Dans le contexte du changement climatique et de la réglementation croissante (taxes sur le charbon, exigences pour les technologies coûteuses de capture de carbone), le découplage du carbone est de plus en plus considéré comme étant une bonne stratégie d'investissement institutionnel. Cette stratégie a été soulignée par Mark Carney de la Banque d'Angleterre dans ses discussions avec les assureurs au Royaume-Uni[20], à propos du « budget de carbone » du GIEC qui vise à maintenir le réchauffement de la planète en dessous de 2°C.

Le GIEC a déclaré que le budget limiterait la combustion totale des réserves mondiales de pétrole, de gaz et de charbon à 20 à 30 % de ses réserves. Selon Carnet :

> *Si cette estimation s'avère être approximativement juste, elle rendrait la majorité des réserves inexploitables— autrement dit, les réserves de pétrole, de gaz et de charbon ne pourraient être consommées sans technologies de capture de*

carbone très coûteuses, ce qui modifierait les économies axées sur les combustibles fossiles. Les investisseurs britanniques, y compris les compagnies d'assurance, seront exposés à ces virages qui risquent d'être énormes… Par contre, le financement de la décarbonisation de l'économie représente une occasion majeure pour les assureurs, à titre d'investisseurs à long terme. Cela implique une relocalisation massive des ressources et une révolution technologique avec des investissements à long terme dans les actifs d'infrastructure à environ quatre fois le taux du cours actuel.

Pour le Canada, sixième plus important[21] producteur de pétrole brut au monde et cinquième plus important[22] producteur de gaz naturel, ces virages sont préoccupants. La discussion sur les actifs délaissés est en cours : Steve Williams, PDG du géant des sables bitumineux, Suncor, a demandé au Gouvernement de l'Alberta[23] l'option de laisser dans le sol certaines de ses réserves coûteuses en termes d'émissions élevées.

L'AIE prévoit[24] une augmentation de la demande de pétrole à court terme, tandis que les parties prenantes de l'économie canadienne auront avantage à allonger leur perspective au-delà d'un intervalle de 5 à 10 ans. En mars 2017, Royal Dutch Shell, le deuxième producteur de pétrole au monde, a décidé de vendre la plupart de ses actifs dans les sables bitumineux d'Athabasca à la firme d'exploration Canadian Natural Resources. Shell a décidé que 10 % des primes de ses dirigeants seront liés à leur capacité de gérer les émissions. Le site web d'affaires, *Triple Pundit*, a déclaré[25] à propos de cette décision :

La plus récente décision de Shell signifie un virage stratégique pour l'entreprise, qui reconnaît les pressions montantes liées au changement climatique. Le PDF de Shell, Ben van Beurden, a déclaré que la décision de vendre à Canadian Natural Resources ses intérêts en Athabasca a été le résultat d'une réflexion mûre sur la durabilité des marchés du carbone et de l'avenir économique de Shell.

Aux États-Unis, plus de personnes sont employées dans l'industrie solaire que dans l'industrie d'extraction pétrolière et gazière. Ce virage est dû en partie, aux percées technologiques. Le coût des cellules solaires est 1/150e du prix des années 1970. Entre-temps, la capacité mise en place d'énergie solaire a augmenté par 115 000 fois à l'échelle mondiale.

« Il nous incombe de reconnaître qu'à l'échelle mondiale la demande de pétrole plafonnera, et ce, dès la prochaine décennie, » a déclaré van Beurden, devant le Forum sur l'énergie, CERA Week, à Houston au Texas. Il a déclaré que la réaction publique face au développement des émissions élevées de carbone est tout aussi importante.

« L'acceptation sociale est en train de disparaître », a expliqué *Beurden, en reconnaissant que l'entreprise subit de plus en plus de pression pour qu'elle prenne des décisions plus saines sur le plan environnemental, ce qui est le résultat de l'affaiblissement de la confiance publique. « C'est en train de devenir un problème grave pour notre avenir à long terme. »*

L'Accord de Paris prend en considération la nature dynamique de la demande mondiale ainsi que la nature inconnue des technologies émergentes. En ce sens, cet accord est distinct d'autres accords internationaux sur le changement climatique, comme les accords de Kyoto et de Copenhague. L'Accord de Paris a intégré un mécanisme de « rajustement vers le haut », en vertu duquel les nations réévaluent leurs progrès et ajustent en conséquence leurs objectifs tous les cinq ans.

Avec l'accélération du mouvement vers émissions nettes zéro, les métiers de la construction commencent à constater les avantages pour leurs membres. Le *World Green Building Council* (WGBC), qui représente 74 conseils de construction écoénergétique et 27 000 entreprises membres, a réclamé que tous les bâtiments atteignent émissions nettes zéro d'ici 2050 pour les nouvelles constructions et les rénovations majeures. (En tenant compte de leur part de consommation

d'électricité, les maisons et les bâtiments sont responsables de 25 % de toutes les émissions au Canada)[26].

Les bons emplois représentent un avantage des interventions sur le climat. Une coalition a invité[27] le Gouvernement canadien à déposer un plan d'action audacieux pour la création de bâtiments écoénergétiques pavant la voie à « des améliorations énergétiques profondes (réductions énergétiques de 25 à 50 %) pour 30 % de l'environnement bâti d'ici 2030. »

Citant un rapport de 2014 du Acadia Center called Energy Efficiency: Engine of Economic Growth in Canada, la coalition souligne que les investissements dans la construction et la rénovation de bâtiments écoénergétiques au Canada :

> *Créent d'importants avantages connexes, y compris une amélioration de la productivité et de la concurrence énergétique, des emplois verts et des améliorations à la qualité des lieux où vivent et travaillent les Canadiens.... L'étude*[28] a estimé que les dépenses se situant entre 1,9 $ milliard et 8,5 $ milliards pour les programmes d'efficacité énergétique au Canada pourraient générer une Croissance annuelle du PIB et du nombre d'emplois d'une valeur entre 19 $ milliards et 48 $ milliards, tout en créant entre 100 000 et 300 000 emplois respectivement.[29]

Cette restructuration massive d'une économie canadienne net zéro créera de très importantes opportunités dans le domaine de la construction. Le virage réussi avec succès en Californie vers une économie post-carbone démontre que les syndicats joueront un rôle clé dans cette transition.

Exception faite de quelques projets commerciaux photovoltaïques mineurs (entre 0,25 et 1 MW), presque la totalité des projets de construction de grande envergure, impliquant les énergies renouvelables en Californie au cours des dernières 14 années, a été réalisée par des entrepreneurs syndiqués — ou par des entrepreneurs non syndiqués versant les mêmes salaires en vertu d'ententes de travail. Le salaire moyen de cols bleus travaillant dans des grands projets d'énergie renouvelable en Californie entre 2002 et 2015 était de 36,84 $ de l'heure et ces emplois ont permis de verser :[30]

- Environ 340 $ millions à des régimes de retraite des travailleurs ;
- 400 $ millions à des régimes d'avantages de santé ; et
- 46 $ millions à des programmes de formation d'apprentis.

Approvisionnement en électricité : Construire le réseau de demain

Le mouvement vers la décarbonisation de l'approvisionnement énergétique est un important pilier de la transition nette zéro. Le scénario décrit ci-dessous prévoit que la demande doublera au Canada d'ici 2050 et que plus de 1 048 900 d'emplois directs en construction seront créés pour bâtir l'infrastructure requise par l'énergie propre.

Un rapport de chercheurs de l'Université Stanford — *100% Clean and Renewable Wind, Water, and Sunlight (WWS) All Sector Energy Roadmaps for 139 Countries of the World* — a été reçu favorablement par plusieurs de leurs pairs à l'échelle mondiale. Ce rapport prévoit que la demande d'électricité au Canada sera quatre fois plus importante d'ici 2050, même en tenant compte des efficacités d'un réseau écoénergétique.[31] Dans ce cas, les chiffres sur les emplois prévus pourraient pratiquement doubler et atteindre 2 million d'emplois directs en construction.

En 2014, les réseaux d'électricité publics et de production thermique au Canada ont produit un énorme volume de pollution — équivalant au poids

de 826 000 bulldozers D11T Caterpillar.[32] Cela représente presque 12 % de toutes les émissions de GES au pays. Comparé à la pollution générée par d'autres réseaux de production électrique, ce chiffre est relativement bas. L'intensité des émissions au Canada pour la production d'électricité est d'environ un tiers de celle des autres pays[33] de l'Organisation de coopération et de développement économique (OCDE), qui comprend l'Allemagne, la France et les États-Unis. Une des principales raisons qui expliquent cette situation est notre utilisation de l'énergie hydro-électrique. En date du 2014, le Canada produisait 63 % de ses besoins en électricité de source hydro-électrique et 14,5 % de source nucléaire.[34] En comparaison, les États-Unis produisent seulement 7 % de leur énergie électrique de sources hydro-électriques.[35]

Pour atteindre la cible net zéro au Canada, il faudra remplacer les carburants de transport responsables d'émissions de GES et d'autres sources d'émission par l'électricité propre. Autrement dit, en même temps que nous essayons d'éliminer les GES de la production d'électricité, nous visons à doubler notre capacité de production d'énergie d'ici 2050. Il est donc essentiel de décarboniser le réseau canadien. L'atteinte de cet objectif représente un défi de taille dans une province comme l'Alberta qui utilise surtout des centrales à charbon. (55 % de l'énergie électrique en Alberta en 2014 provenait de centrales à charbon ; le gouvernement provincial a annoncé en 2016 des plans pour éliminer ces centrales d'ici.[36])

Il y a d'autres raisons pour justifier le virage vers les sources d'énergie renouvelable. Historiquement, la production énergétique au Canada a toujours reposé sur la production de grandes centrales tandis que les « pertes d'énergie » pendant le transport vers les consommateurs étaient d'environ 7 % en moyenne.[37] Cela représente beaucoup d'énergie perdue, l'équivalent à l'échelle nationale de la production annuelle d'environ huit centrales hydro-électriques de l'ampleur du projet de barrage sur le Site C.[38] Les technologies renouvelables, à plus grande différentiation — solaire, éolienne, géothermique, de biogaz et de biomasse — peuvent être installées près des lieux de consommation. Cela signifierait moins de perte d'énergie et une plus grande efficacité. La diversité des sources d'énergie réduit les risques de pannes électriques, d'augmentations brutales de prix de pollution.

La production énergétique au Canada repose actuellement sur la production de grandes centrales et les "pertes d'énergie" pendant le transport vers les consommateurs sont d'environ 7 % en moyenne. Cela représente beaucoup d'énergie perdue. Les technologies renouvelables, à plus grande différentiation, peuvent être installées près des lieux de consommation.

LIGNES DE TRANSPORT, TIVERTON EN ONTARIO. PHOTO ONE.JUNIPER/FLICKR.

Alors que le Canada prend un virage historique vers l'électricité propre, les métiers de la construction auront un rôle crucial à jouer dans la création de cette capacité.

Des changements majeurs sont en cours, comme on le constate avec les politiques en Alberta. Dans le Rapport 2016 du Projet Trottier pour l'avenir énergétique, l'Académie canadienne du génie a signalé une « observation importante » selon laquelle « des solutions à faibles coûts ont entraîné la décarbonisation précoce et rapide de l'approvisionnement en électricité avec la décarbonisation totale de tous les systèmes d'approvisionnement au Canada d'ici 2030 (sur 15 ans). »[39]

La construction de nouvelles installations de production d'énergie au Canada doit inclure :

- Énergie éolienne ;
- Énergie solaire ;
- Énergie marémotrice ;
- Énergie géothermique ;
- Énergie de biogaz ; et
- Énergie de biomasse.

De plus, le réseau fonctionnera toujours à partir de la production hydro-électrique (à grande échelle et les centrales au fil de l'eau) et à partir de la production nucléaire. La construction de nouvelles centrales nucléaires est peu probable, mais les

centrales existantes devront être entretenues avec des remises en état pour des décennies à venir. Les mégaprojets hydro-électriques rencontrent de plus en plus une véritable opposition de la part de la population, mais ces projets ne sont pas nécessairement à exclure. Si les technologies de prochaine génération de capture et d'entreposage de carbone (CCS) deviennent rentables sur le plan économique, la production, alimentée par des turbines au gaz naturel, ne sera pas nécessairement exclue des sources requises pour assurer une économie net zéro.

Quels types de projets seront requis et combien d'emplois seront créés avec ce virage ?

En 2015, le Canada a consommé 511 TWh[40] d'électricité. Les services publics et les industries ont généré presque 20 % de plus de ce que nous consommé : 611 TWh. Cette quantité massive d'énergie — 6 trillions kilowattheures — provient des sources suivantes[41] :

- Hydro-électrique : 388 TWh ou 63,3 %
- Nucléaire : 89 TWh ou14,5 %
- Combustion (charbon, gaz naturel ou autre combustible) : 126 TWh ou 20,6 %
- Marémotrice : .01 TWh ou 0 %
- Éolienne : 9 TWh ou 1,5 %
- Solaire : .27 TWh ou .04 %

Selon les prévisions démographiques, la population du Canada sera de 48 millions d'ici 2050.[42] Même si notre population restait au même niveau, la demande en électricité augmenterait au fur et à mesure que nous remplaçons[43] l'énergie à base de combustible — pour les automobiles, le transport et les bâtiments — par l'électricité à faible taux d'émission. Compte tenu des technologies de prochaine génération plus efficaces, et la réduction des déchets, une estimation plutôt conservatrice de la demande d'énergie électrique au Canada d'ici 2050 serait environ le double de notre consommation actuelle.[44] (Comme nous l'avons déjà mentionné, l'étude de l'Université Stanford prévoit une consommation d'électricité de 2105 TWh,[45] d'ici 2050, soit plus de quatre fois la demande actuelle.)

Pour obtenir une estimation de base, nous pouvons doubler la consommation en 2015 de 511 TWh — pour arriver à un chiffre rond de 1,000 TWh[46] Comment le Canada pourrait-il produire autant d'énergie dans une économie à émissions nettes zéro ?

Les exemples suivants correspondent à un scénario de production d'énergie hydro-électrique au Canada en 2050. Toutes les composantes décrites ci-dessous impliquent la construction d'importantes infrastructures. Comme l'Association canadienne de l'électricité (ACE) l'a souligné dans son rapport sur le réseau en 2050 :

> *La part du marché collectif qu'occupent les ressources d'énergie renouvelable est relativement petite, mais les sources d'énergie éolienne, solaire, de la biomasse et marémotrice sont destinées à croître et contribueront à l'ensemble du parc électrogène.*[47]

En ce qui concerne les pourcentages réels de chacune de ces sources d'énergie, la réalité en 2050 risque de varier considérablement, mais le scénario suivant est indicatif de plusieurs voies possibles.[48]

Énergie éolienne : 25 % d'ici 2050

Le Canada a produit 9 TWh[49] d'énergie à partir de parcs éoliens en 2015. L'industrie éolienne a enregistré à l'échelle nationale un taux annuel moyen de croissance de 23 %[50] depuis les dernières cinq années et de plus en plus de grandes entreprises énergétiques emboîtent le pas. Suncor a construit 187 MW de capacité d'énergie installée,

ce qui représente suffisamment de puissance pour alimenter 65 000[51] foyers. Enbridge a investi dans l'énergie éolienne pour produire 2 800 MW d'énergie éolienne à l'échelle mondiale, ce qui est suffisant pour alimenter environ un million de foyers.[52] Avec ce taux de croissance et la vaste disponibilité d'énergie éolienne partout au pays l'énergie éolienne d'ici 2050 pourrait représenter 25 %[53] de l'approvisionnement en électricité au Canada. Ce volume est conforme à l'adoption de sources d'énergie renouvelable dans d'autres pays. Le Danemark, l'Espagne et l'Allemagne visent un taux de pénétration de l'énergie éolienne de 25 à 30 %. L'Allemagne produit à peu près la même quantité d'électricité que le Canada, et 13 %[54] de cette quantité provient déjà de l'énergie éolienne.

En assumant que la production totale sera de 1000 TWh en 2050, pour que le Canada atteigne un taux de 25 % en énergie éolienne, il faudrait créer de nouvelles sources d'énergie éolienne de l'ordre de 241 TWh. Cela veut dire la construction d'une nouvelle capacité de production correspondant à 228 750 MW.[55] En examinant l'étude de cas ci-dessous, cela représente la construction de 1 525 parcs éoliens de la grandeur du parc éolien Halkirk en Alberta. Certains parcs seront plus grands, certains plus petits. Les recherches sur les emplois en construction dans les parcs éoliens démontrent que l'atteinte de cette capacité de production d'énergie éolienne au Canada représente [56] :

- **209 360 emplois à temps plein en construction.**

Étude de cas : Projet éolien Halkirk

Le projet éolien Halkirk[59], situé en Alberta, a une capacité nominale de 150 MW. Il peut produire assez d'énergie pour alimenter 50 000 foyers. Les installations se composent de 83 turbines éoliennes avec trois pales par turbine. Chaque pale a une longueur de 44 mètres et doit être levée à l'aide d'une grue de 600 tonnes. Les turbines sont à une hauteur de 80 mètres et pèsent 160 tonnes.

La construction de ce projet, incluant une tour de communication et une sous-station électrique, a généré 250 000 personnes/heures[60] de travail, soit environ 166 emplois. Ont participé à la construction du projet Halkirk des travailleurs de l'électricité, des maçons et des monteurs de charpente métallique et plusieurs autres. Ce projet, maintenant terminé, continue à fournir 18 emplois permanents pour l'entretien et l'exploitation..

PHOTOS ÉOLIENNE HALKIRK : DAVID DODGE/FLICKR

Ces installations éoliennes pourraient créer 18 750 emplois permanents dans les opérations.[57] Les métiers requis comprennent les techniciens météorologiques en début de carrière, les électriciens de haute et de basse tension, les gestionnaires de site, les techniciens d'éolienne, les techniciens monteurs de pale/matériaux composites (le travail de réparation en hauteur de fibre de verre /fibre de carbone) et les ingénieurs mécaniques.[58] Ces projets fourniront 237 750 personnes/années d'emploi d'ici 2050.

Énergie solaire : 10 % d'ici 2050

La production d'énergie solaire à l'échelle mondiale a enregistré une croissance d'environ 50 % au cours de la dernière décennie.[61] D'ici 2050, l'Agence internationale de l'électricité (AIE) prévoit que l'énergie solaire pourrait fournir 27 %[62] de la production mondiale d'électricité. En 2015, la capacité installée d'énergie solaire au Canada représente un approvisionnement de .27 TWh d'énergie ou environ .04[63] pour cent de notre production totale.

En Allemagne, l'énergie solaire représente plus de 6 pour cent de l'approvisionnement total d'électricité.[64] Pour atteindre 10 %[65] du réseau électrique au Canada et 100 TWh d'ici 2050, la capacité solaire au Canada doit assurer une production supplémentaire de 91 TWh.[66]

L'énergie solaire crée beaucoup d'emplois en construction. Selon les normes JEDI (Impact sur le développement économique et la création d'emplois), utilisées[67] aux États-Unis, 3,9 emplois sont créés par chaque MW d'énergie solaire installé. En tenant compte des grandes installations, tant commerciales que résidentielles, le nombre d'emplois créés serait d'environ :

- **438 350 emplois en construction.**

45 870[68] autres emplois seraient ajoutés par les travaux d'exploitation. Comme dans le cas de l'énergie éolienne, les panneaux solaires ont une durée de vie utile de 25 à 30 ans et leur remplacement créera des emplois qui continueront de façon indéterminée après 2050.

Énergie géothermique : 4 % d'ici 2050

L'énergie géothermique utilise la chaleur de la planète pour fournir une énergie renouvelable à faible émission. Compte tenu de la stabilité de la température, l'énergie géothermique offre une capacité de charge fiable comme dans le cas des centrales hydro-électriques ou des centrales à combustible fossile.[69]

Le Canada est riche[70] en ressources géothermiques où travaillent déjà un grand nombre des plus importants développeurs d'énergie géothermique. Même si à long terme, l'énergie géothermique représente l'énergie la moins coûteuse[71], les travaux préalables de forage impliquent d'importants risques et coûts en début de projet. Le manque de cadres politiques et l'absence de mesures incitatives, entre autres, expliquent pourquoi cette industrie est si peu développée au Canada, tandis que les développeurs géothermiques canadiens sont très occupés au sein de projets de développement dans d'autres pays[72] comme les États-Unis, le Chili et l'Islande.

Mais il y a des signes de changement. La Première Nation Kitselas travaille avec Borealis GeoPower sur une centrale de 15 MWW près de Terrace.[73] En 2017, à Saskatoon, le groupe Deep Earth Energy Production (DEEP) lancera les travaux préliminaires de forage qui pourraient mener à la création de la première centrale géothermique commerciale au Canada. En 2016, un consortium de sociétés pétrolières a entamé des travaux de préparation pour convertir un ancien puits de pétrole pour produire d'énergie géothermique. Ce travail fait partie de Leduc #1, le Centre d'exploration énergétique de Devon, en Alberta. Mitchell Pomphrey, gestionnaire du Living Energy Project, a déclaré en 2016 dans un article publié du journal *Alberta Oil* :

> *L'Alberta possède environ 200 000 anciens puits qui ne sont plus utilisés. La conversion de ces puits en puits géothermiques augmente le bénéfice brut des entreprises pétrolières, réduit les fuites de méthane, produit de l'énergie gratuite et crée beaucoup de travail pour les entreprises de services pétroliers. C'est une situation gagnante pour l'industrie, les contribuables et l'environnement.*[74]

Le Living Energy Project propose de convertir 10 % des 78 000 puits dormants en Alberta en systèmes de production d'énergie géothermique pour alimenter

PHOTO : CAPE SHARP TIDAL

les serres, ce qui créera jusqu'à 5 000 emplois permanents en agriculture et des emplois pour les milliers de travailleurs en services pétroliers.[75]

En termes de production réelle d'électricité, la *Canadian Geothermal Energy Association* (CanGEA) croit que le Canada pourrait facilement ajouter 5 000 MW à son réseau électrique au cours des prochaines 15 années, ce qui correspondrait à une production de 43 TWh[76] annuellement.

Comme toutes les autres infrastructures énergétiques, la construction d'une infrastructure géothermique exige la participation de plusieurs métiers spécialisés : électriciens, soudeurs, foreurs d'exploration, tuyauteurs, machinistes, opérateurs d'équipement lourd, équipes de transport, techniciens CVC et opérateurs d'équipements de forage.[77]

La construction de l'infrastructure géothermique au Canada pourrait mener à la création de :

- **30 300[78] emplois en construction.**

Cette construction pourrait créer 5 850[79] autres emplois dans les opérations.

Énergie marémotrice : 5 % d'ici 2050

Il n'y a pas beaucoup de pays à travers le monde qui canalisent leur énergie marémotrice. Le Canada figure parmi les quatre pays principaux, avec la France, la Corée et le Royaume-Uni. La construction d'une usine marémotrice à Sihwa Lake en Corée a commencé en 2004. L'usine a été mise en service en 2011 et produit maintenant 550 GWh[80] par année.

À l'échelle mondiale, la canalisation de l'énergie marémotrice est encore à ses débuts, mais le Canada possède un potentiel marémoteur énorme :

> *L'énergie potentielle totale des vagues à un 1 km de profondeur au large des côtes canadiennes de l'Atlantique et du Pacifique est plus que le double de la demande actuelle en électricité au Canada. L'énergie potentielle des marées dans 190 sites sur les côtes Atlantique, Pacifique et Arctique dépasse collectivement la moyenne annuelle de 42 000 M@, soit les deux tiers de la demande actuelle en électricité au Canada .*[81]

L'énergie marémotrice a l'avantage d'être prévisible et stable. La conception des installations sans

danger pour les poisons réduit leur impact sur les créatures de la mer. Cependant, les turbines marémotrices — ou « barrages » — sont très coûteuses et les effets soniques sous-marins sur les mammifères marins ne sont pas encore très compris.[82] La construction de telles installations peut être complexe, nécessitant la création de batardeaux et de routes temporaires.

Comme source d'énergie, l'énergie marémotrice est encore minimale au Canada, avec la production de seulement 12 820 MWh d'énergie produite en 2015, soit .002 % du réseau national.[83] Pour augmenter cette contribution à 5 % ou 50 TWh, il faudrait une augmentation massive[84] de ces installations de production. La construction des infrastructures pour ajouter 22 727 de capacité marémotrice supplémentaire représente un défi de taille. Il y a de petits projets en cours, comme le nouveau turbo générateur de Cape Sharp[85] dans la baie de Fundy et dont l'impact se fait déjà ressentir.

Une étude sur la main-d'œuvre pour un projet marémoteur de 320 MW dans le pays de Galles prévoit la création de 1 700 emplois en construction.[86] En fonction de ces données et d'autres facteurs, nous estimons que l'objectif d'atteindre 5 % du réseau du Canada grâce aux installations de production d'énergie marémotrice entraînerait la création de :[87]

- **109 770 emplois en construction.**

Énergie hydro-électrique : 40 % d'ici 2050

Dans son rapport de 2016, *Avenir énergétique du Canada,* l'Office national de l'énergie (ONE) prévoit que la part de l'énergie hydro-électrique dans l'approvisionnement national en électricité diminuera à 51 % d'ici 2040.[88] En extrapolant cette tendance jusqu'en 2050, dans le cadre de ce scénario alternatif, et en tenant compte de la croissance d'autres secteur mentionnée ci-dessus, nous proposons un scénario hydro-électrique de 40 %. Cela voudrait dire la construction d'installations pour la production de 12 twh d'électricité.

Si cette nouvelle capacité est composée de projets de barrages de grande échelle et de petite échelle (au fil de l'eau), les deux types de projets hydro-électriques génèreraient 6,5 TWh chacun.

Selon ces prévisions, nous pouvons prévoir la création d'emplois en construction d'environ :[89]

- **14 490[90] emplois pour la construction de nouveaux projets au fil de l'eau et 16 270[91] emplois pour la construction de grands barrages hydro-électriques. Ensemble, ces deux projets représentent 30 760 années-personnes d'emplois en construction.**

Une fois en place, les projets au fil de l'eau pourraient générer 270 emplois pour l'exploitation de ces projets ; les grands projets créeraient 97 emplois permanents supplémentaires dans les opérations.[92]

Énergie nucléaire : 5 % d'ici 2050

On prévoit que le rôle de l'énergie nucléaire au Canada diminuera u cours des trois prochaines décennies. Il existe actuellement quatre centrales nucléaires[93] au Canada — trois en Ontario et une au Nouveau-Brunswick. (Gentilly, la seule centrale nucléaire au Québec a fermé ses portes en 2012[94]). À l'heure actuelle, les centrales nucléaires fournissent 50 % de la production en Ontario, mais la province a récemment abandonné ses plans d'installer deux nouveaux réacteurs et on prévoit démanteler la centrale nucléaire de Pickering (construite en 1971) en 2024,[95] sinon avant.

L'Office national de l'énergie prévoit que la part de l'énergie nucléaire dans la capacité de production du Canada passera de 10 % (2015) à 6 % d'ici 2040.[96] Si la technologie nucléaire de prochaine génération est mise à contribution, c'est-à-dire de petits réacteurs « modulaires » avec une capacité de production de quelques centaines de mégawatts, ce chiffre pourrait être plus élevé.[97]

Le présent rapport ne prévoit pas la création d'emplois liés à la création d'une nouvelle capacité nucléaire. On peut s'attendre à la création d'emplois en construction pour la remise en état des installations nucléaires en Ontario. (La centrale de Point Lepreau au Nouveau-Brunswick a été rénovée en 2012 ; il est prévu que la centrale soit en service pour un autre 27 ans sans

mise à niveau.[98] Construite en 1983, il n'est pas clair si elle doit être rénovée encore une fois). Début 2016, le Gouvernement de l'Ontario a annoncé un programme de rénovation de 12,6$ milliards de la centrale nucléaire de Darlington sur les prochains dix ans,[99] et Bruce Power a annoncé un programme de rénovation de 13 $ milliards[100] pour la rénovation de sa centrale à Kincardine, Ontario, sur 15 ans.

Selon un rapport de 2010[101], les programmes de modernisation des centrales nucléaires de Darlington et de Bruce pourraient créer 55 000 personnes/années d'emplois. 40 % de ces nouveaux emplois seront des emplois directs en construction pour les métiers de chaudronnier, maçon, tuyauteur, et autres métiers spécialisés. Cela représente :

- **30 360 emplois en construction.**

Construction de lignes de transport

L'énergie renouvelable est plus répartie que le réseau actuel ; autrement dit, les sources de production (solaire, éolienne, géothermique) se situent plus près des points de demande par rapport à l'énergie produite aux grands barrages, exigeant une distance de transport beaucoup plus grande.

Quoi qu'il en soit, l'agrandissement du réseau nécessitera la construction de lignes de transport. En 2011, le Canada disposait de 80 000[102] km de lignes de transport. Si on tient compte de l'étude de Stanford qui prévoit une quadruple augmentation de la demande d'ici 2050, l'estimation plutôt conservatrice, sans doubler la demande prévue, serait de prévoir 40 000 km de nouvelles lignes de transport. Cela représente la création de :

- **200,000 emplois en construction.**[103]

Ce chiffre est plutôt conservateur si l'on tient compte des investissements continus requis pour maintenir, remplacer ou mettre à niveau le réseau existant au Canada. Le Conference Board of Canada estime que 34 % des investissements annuels de 15 $ milliards au Canada pour maintenir le réseau électrique au Canada doivent être investis dans les systèmes de répartition et de transport.[104]

Il faudrait porter une attention particulière à la modernisation du système de distribution. Le Conference Board a signalé la « possibilité de pointes de charge, surtout si des véhicules se branchent au réseau pour le rechargement de leur batterie ».[105]

La modification de l'orientation nord-sud du réseau de transport au Canada et l'ajout d'une grande capacité de transport est-ouest sont deux autres facteurs qui pourraient générer la création d'emplois en construction, surtout si on investit dans les raccordements interprovinciaux.

Autres opportunités en construction : CSC et modernisation

Ces deux catégories ne sont associées à aucune estimation de nombre d'emplois, mais les deux catégories peuvent générer la création d'emplois pour les métiers de la construction.

Combustion au CSC (gaz naturel, biomasse et autre combustible)

Actuellement, les technologies de combustion — charbon, gaz naturel et biomasse — génèrent plus de 20 % de l'électricité au Canada. Avec l'élimination graduelle au Canada de centrales utilisant le charbon, l'Office national de l'énergie prévoit la croissance de la production au gaz naturel et à la biomasse d'ici 2040. Les deux sources d'énergie enregistreront une croissance proportionnelle pour absorber le pourcentage de production et représenteront 24 % de la production.[106]

Comme dans le cas de l'énergie nucléaire et l'énergie hydro-électrique, l'opinion publique risque de ralentir la croissance de centrales utilisant le gaz naturel en raison des impacts sur l'environnement. Les préoccupations touchant particulièrement le gaz naturel concernent les fuites d'émissions diffuses. (Le méthane est un gaz à effet de serre potentiel[107] et les chercheurs ont estimé que les estimations de fuites de méthane dans l'industrie du gaz naturel en C-B sont trop faibles par un facteur de cinq,[108] sinon davantage.)

Une basse estimation de 10 % de la production électrique d'ici 2050 équivaut à 100 TWh. Même si cela représente une réduction nette par rapport au

Le barrage de 660 MW à Mactaquac au Nouveau-Brunswick doit être modernisé afin de lui assurer une durée de vie jusqu'en 2068. PHOTO POWER N-B

niveau actuel de 126 TWh, afin de rendre ces centrales à combustion, conformes à l'objectif zéro émissions nettes d'ici 2050, il faudrait inclure dans l'équation les technologies de capture et d'entreposage de carbone.

Aux États-Unis, il y a eu des projets pilotes prometteurs, par exemple le projet de séquestration de 1 000 tonnes de carbone par jour pour une centrale de production d'éthanol à partir du maïs à Decatur, dans l'Illinois. Cependant, il y a peu de données disponibles sur le nombre d'emplois [109].

Modernisation du réseau électrique existant

La modernisation des infrastructures énergétiques existantes au Canada n'a pas été prise en compte dans cette section sur l'approvisionnement en électricité. Par contre les travaux de modernisation seront importants dans les décennies à venir, certainement en termes de création d'emplois, comme l'a souligné l'Association canadienne de l'électricité (ACE) :

> *La modernisation du réseau électrique nécessitera d'importants travaux pour renouveler les infrastructures. Le Conference Board of Canada estime que d'ici 2030 près de 350 $ milliards devraient être investis uniquement pour maintenir la capacité électrique existante, puisque presque tous les actifs non hydro-électriques auront besoin d'être remis en état ou remplacés d'ici 2050.*[110]

L'ACE résume la situation dans son rapport de 2014, *Vision 2050 : L'Avenir du réseau électrique au Canada*.

> *Dans les années 1970 et 1980, les investissements consentis dans les infrastructures électriques étaient considérablement importants à savoir environ 10,5 $ milliards de dollars par année (en dollars de 2011). Puis dans les années 1990, ces sommes ont commencé à diminuer jusqu'à atteindre 9,2 $ milliards… Ainsi, au cours des quatre dernières décennies, les investissements se sont situés en moyenne entre 9 $ milliards et 11 $ milliards en dollars d'aujourd'hui. Pour garantir le bon fonctionnement du réseau, il faudra y consacrer environ 15 $ milliards par année, et ce, pendant les deux prochaines décennies… Ces sommes permettront seulement de garantir la même fiabilité du réseau que celle que nous avons aujourd'hui.*

Le barrage de 660 MW à Mactaquac Dam au Nouveau-Brunswick doit être remis en état afin de prolonger sa vie utile jusqu'à 2068. Les autorités provinciales ont estimé que les coûts de cette modernisation se situeront entre 2,9$ et 3,6$ milliards.[111]

Approvisionnement en électricité propre : Retombées totales

La construction du réseau de demain entraînera la création de plusieurs emplois pour les travailleurs de la construction au Canada. Encore une fois, ce total s'appuie sur une demande en 2050 plutôt conservatrice qui pourrait être multipliée par deux pour un réseau de 2 000 TWh. Ce calcul n'inclut pas :

- Les emplois indirects ou dérivés ;
- Les emplois créés pour la remise en état des infrastructures existantes (à l'exception de la production d'énergie nucléaire) ; ou
- Les emplois créés par le recours à la technologie CSC qui sera intégrée aux centrales utilisant les hydrocarbures.

L'estimation approximative de création d'emplois directs pour la construction de nouvelles installations de production d'énergie propre au Canada de l'ordre de 1 000 TWh est de :

- **1 048 900 emplois directs en construction.**

Ceci équivaut au nombre d'emplois créés par plus de 26 projets[112] à l'échelle du projet extracôtier de plateforme pétrolière Hebron.

Étude de cas international : La Californie

L'État de la Californie a démontré que la construction d'un réseau propre peut entraîner des gains rapides avec de très importantes retombées pour les métiers de la construction. Depuis 2003, la Californie a triplé sa capacité en énergie renouvelable, passant de 7 000 à 23 500 MW, en utilisant un mélange de sources d'énergie, dont les énergies solaire, éolienne, géothermique et de la biomasse.

Ce virage a été entamé par l'adoption d'une politique appelée la Renewable Portfolio Standard (RPS). Cette norme sur l'utilisation d'énergie renouvelable oblige les services publics à augmenter progressivement le pourcentage de la production utilisant les énergies renouvelables, tout en laissant à chaque service public le choix des énergies renouvelables. Trente-deux des États américains ont maintenant adopté un programme RPS équivalent, avec la Californie et Hawaï faisant figure de chefs de file en termes de cibles ambitieuses.

Quelques données sur le virage en Californie :

- La capacité de production d'électricité utilisant des sources d'énergie renouvelable est maintenant de 39 %[113] en Californie, tandis qu'environ 27 %[114] de la puissance utilisée par les Californiens provient d'énergie renouvelable ;
- En 2015, la Californie a adopté une loi obligeant les services publics à atteindre des cibles de 50 %[115] d'utilisation d'énergie renouvelable d'ici 2030 ;
- La Californie a réduit ses émissions de CO2 de 7,5 % entre 2001 et 2014, ce qui représente une réduction annuelle de 28,8 millions de tonnes :[116]
- Dans la même période de temps, la population de la Californie a augmenté de 12 %, passant de 34,5 à 38,8 millions d'habitants ;
- La production des centrales au charbon a été réduite de 87 % et la production des centrales nucléaires, de 44 % ;[117] L'énergie éolienne a enregistré une augmentation de 265 %, les parcs solaires, une augmentation de 193 % et l'énergie solaire photovoltaïque, une augmentation de 419 000 % ;[118] et
- La fiabilité du réseau s'est améliorée avec beaucoup moins de pannes électriques en Californie[119] par rapport aux années avant 2003. La fiabilité améliorée ou stable est fréquente[120] dans toutes les juridictions qui ont fait le virage vers l'utilisation d'énergie renouvelable.

Ce virage a eu un impact positif pour les métiers de la construction en Californie :

- Entre 2002 et 2015, la norme RPS a créé 25 500 emplois directs pour les cols bleus en construction et 7 200 autres emplois pour les cols blancs en construction ;[121]
- La majorité des projets RPS ont été réalisés dans des régions frappées par le chômage ;
- Le salaire moyen horaire d'un col bleu dans de grands projets d'énergie renouvelable en Californie entre 2002 et 2015 était de 36,84 $:[122] et
- Ces emplois ont versé environ 340 $ millions au fonds de retraite des travailleurs ; 400 $millions, aux régimes d'assurance-santé ; et 46 $ millions aux programmes de formation des apprentis.[123]

Communautés ingénieuses : Habitabilité à faibles impacts

NOUS DEVONS CONSTRUIRE des communautés qui encouragent et soutiennent des styles de vie à faible émission de carbone. Les communautés ingénieuses, qui constituent une catégorie particulière de la transition vers une économie nette zéro en 2050 au Canada, comprennent :

- Les communautés piétonnières (y compris les complexes industriels pour les emplois) ;
- Les nouveaux bâtiments écologiques et améliorations majeures de bâtiments net zéro ;
- L'énergie par quartier — plus grand accès à l'énergie répartie pour augmenter l'efficacité énergétique (énergie produite plus près du point de consommation) ;
- Véhicules hybrides — infrastructures de recharge de véhicules électriques (VE), biocarburants ; et
- Zéro déchet avec accès aux installations de compostage et de récupération.

Toutes ces catégories impliquent de la construction ; cependant; dans cette section, nous nous concentrons sur les bâtiments écologiques et les installations d'énergie par quartier.

Comme il sera mentionné ci-dessous, seulement deux de ces éléments associés à un scénario net zéro en 2050, les bâtiments écologiques et l'énergie par quartier, pourraient créer jusqu'à 2 019 550 emplois en construction.

Bâtiments écologiques et améliorations de bâtiments net zéro

Pour les besoins de chauffage de l'air et de l'eau, les bâtiments résidentiels et commerciaux au Canada brûlent de l'huile et du gaz naturel, créant 87 millions de tonnes[124] de GES par année — ce qui représente 12 % de notre total national annuel. Les bâtiments utilisent aussi de l'électricité pour le chauffage, que ce soit pour la climatisation, l'éclairage et le fonctionnement de divers électroménagers. Dans l'ensemble, les bâtiments sont responsables d'environ 30 % de la consommation d'énergie au Canada et de près du quart de nos émissions de GES.[125]

Il y a énormément de travail à faire au Canada pour réduire ces émissions. Le Canada se classe au 6e rang sur 23 pays en ce qui a trait à l'adoption de politiques rigoureuses en matière d'efficacité énergétique, mais se classe au 18e rang par rapport aux réalisations réelles. « Autrement dit, le Canada peut encore adopter des mesures plus rigoureuses en matière d'efficacité énergétique, qui, à l'heure actuelle, sous-utilisées », explique Thomas Mueller,[126] PDG du Conseil du bâtiment durable du Canada (CBDCa).

Qu'il s'agisse de tours à bureaux, d'hôtels, d'universités, de centres de congrès ou de résidences, les bâtiments écologiques sont conçus, construits et exploités dans le but d'atteindre l'efficacité énergétique ; de minimiser les impacts sur l'environnement ; et de créer des milieux de vie sains où habiter et travailler. Le CBDCa inclus dans ce secteur tous les bâtiments qui réussissent à atteindre « des objectifs de rendement environnemental, économique et social, clairement définis et qui se trouvent sensiblement au-dessus et au-delà la norme », et ce, via l'adhésion à un système de certification (soit LEED, BOMA BEST, Built Green ou Novoclimat).[127]

Il y a deux catégories d'emplois dans le secteur de la construction de bâtiments écologiques : les rénovations écologiques et les nouveaux bâtiments.

Les bâtiments commerciaux, résidentiels et industriels existants auront besoin d'être rénovés par l'utilisation d'éclairage LED de nouvelle génération et d'isolation efficace dans les murs, les toits et les fenêtres, y compris l'isolation mécanique. Selon le syndicat des poseurs d'isolant de la Colombie-Britannique et l'Association des entrepreneurs en mécanique de la Colombie-Britannique,[128] l'isolation thermique pourrait générer des économies réelles de 320 000 kilowattheures dans un seul immeuble résidentiel à appartements de 25 étages, chauffé à l'électricité. Il faudrait également optimiser les installations physiques, en remplaçant les systèmes actuels de chauffage, de climatisation et de

réfrigération par des systèmes écoénergétiques, y compris les pompes, les ventilateurs, les compresseurs et les convoyeurs.

À titre d'exemple, la ville de Vancouver vise à privilégier des projets de rénovation pour réduire les émissions de GES dans les bâtiments existants de 20 % au-dessous des niveaux de 2014 d'ici 2020.[129] Les émissions provenant des bâtiments sont une source majeure de la pollution causée par les émissions GES à Vancouver, se situant à 56 %. C'est un engagement de grande envergure. Sans tenir compte des maisons unifamiliales et des duplex, le parc immobilier de Vancouver inclut 5 700 immeubles résidentiels à appartements, 5 200 immeubles commerciaux et institutionnels et 250 installations industrielles.[130] La rénovation de ce patrimoine bâti exigera des investissements considérables et entraînera des retombées économiques positives. La ville de Vancouver prévoit que même une réduction de 20 % des émissions GES représentera pour les résidents et les entreprises des économies en énergie d'environ 90 $ millions par année.[131] Une composante clé de la stratégie de rénovation des bâtiments existants de Vancouver est son Programme d'analyse comparative énergétique des grands bâtiments. En vertu des règlements en vigueur à Vancouver, toutes les nouvelles maisons doivent être conçues pour viser l'efficacité énergétique.

Dans la transition vers la cible d'émissions nettes zéro au Canada, les villes sont en train d'adopter des normes d'efficacité énergétique rigoureuses pour les nouveaux bâtiments. La norme LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) pour les bâtiments est à l'origine de bon nombre de ces démarches. Le nombre de bâtiments LEED a augmenté de plus de 1 200 % au Canada depuis dix ans, passant de 0,8 % (2004 à 2009) à 10,7 % en 2014 pour tous les nouveaux projets de construction. En 2014, environ 22 % de tous les nouveaux bâtiments commerciaux construits au Canada — et environ 30 % de nouveaux bâtiments institutionnels — ont obtenu la certification LEED.

La tendance actuelle va au-delà de LEED et vise des bâtiments à émissions nettes zéro. En 2016, la ville de Vancouver a adopté un Plan sur les bâtiments à émissions zéro. Avec ce plan, Vancouver devient la première grande ville nord-américaine à fixer des

La Ville de Vancouver vise à privilégier des projets de rénovation pour réduire les émissions de GES dans les bâtiments existants de 20 pour cent au-dessous des niveaux de 2014 d'ici 2020. La rénovation des bâtiments à Vancouver est un engagement de grande envergure.

VANCOUVER PHOTO : MSVIRK LULKO/FLICKR

cibles et des mesures précises pour atteindre l'objectif émissions zéro dans tous les nouveaux bâtiments. Ces mesures représentent « une approche échelonnée pour rigoureusement combattre et réduire la pollution par le carbone ». Elles visent à réduire les émissions de nouveaux bâtiments de 70 % d'ici 2020 et de 90 % d'ici 2025.[132] Elle stipule que les nouveaux bâtiments doivent « produire peu ou aucune émission de GES » par le recours à la construction à émissions zéro (par exemple, la norme « maison passive » qui réduit la consommation d'énergie) ou par le branchement à un réseau de services publics de quartier.[133]

Les rénovations ne se limitent pas aux économies sur les factures d'énergie : elles créent des emplois. Comme le *Pacific Institute for Climate Solutions* l'a souligné dans son rapport de 2015[134] au sujet des mises à niveau de bâtiments écoénergétiques :

> *Les investissements dans le secteur de la construction créent plus d'emplois par dollar investi que les investissements dans l'extraction de ressources ou dans le secteur de l'énergie. Une recherche menée par l'Université du Massachusetts estime*[135] *que le nombre total d'emplois (directs, indirects et dérivés) créés par les mises à niveau écoénergétiques d'immeubles d'habitation collective sera de 13,41 par million de dollars investis — plus que le double du nombre d'emplois créés par des investissements équivalents dans les infrastructures de production d'énergie (5,32 par million de dollars investi).*

Étude cas : Brock Commons

Les bâtiments peuvent également faire office de capture de carbone en raison de l'utilisation de produits de bois, même pour les structures élevées comme le projet de résidence de l'Université de la Colombie-Britannique, le Brock Commons, un édifice de 18 étages à charpentes en bois (Brock Commons utilise le bois stratifié croisé pour les planchers et les murs ainsi que des noyaux en béton et des poutres pour les structures porteuses).

Cette résidence de 162 500 pieds carrés contient 1,7 million[139] de pied-planches de bois. Par rapport aux autres matériaux de construction, comme le béton, la construction de Brock Commons en charpente de bois sauvera plus de 2 400 tonnes de dioxyde de carbone,[140] ce qui représente l'équivalent du retrait de 500 automobiles de la circulation pendant une année.[141] Ce projet a créé environ 198 emplois directs de cols et de gestionnaires de projet en construction.[142]

Les niveaux d'investissements sont souvent liés au contexte règlementaire et aux incitatifs du marché.

La construction de bâtiments écoénergétiques, que ce soit des projets de rénovation ou la construction de nouveaux bâtiments, est déjà bien intégrée dans l'économie canadienne. Comme le souligne le Conseil du bâtiment durable au Canada (CBDCa) :

> *Les entreprises actives dans le secteur de la construction et des métiers spécialisés ont créé le plus grand nombre d'emplois (55 %) en construction écoénergétique et ont contribué à la progression du PIB canadien, en créant environ 164 445 emplois (approximativement 13 % de la main-d'œuvre totale en construction au Canada) et avec une contribution de 13,13 $ milliards au PIB.*[136]

Avec l'accélération de la transition vers les nouvelles normes d'efficacité et de faible émission de GES, la majorité des emplois en construction seront écologiques par défaut. Dans un récent sondage mené auprès d'entrepreneurs, d'architectes, de propriétaires de bâtiments et d'ingénieurs (sondage mené par McGraw Hill Construction au nom de CaGBC), plus de la moitié des répondants canadiens ont déclaré que 30 % de leurs projets actuels sont écoénergétiques et que plus de 60 % de leurs projets le seront d'ici 2017.[137] Les pratiques de construction écoénergétiques s'amplifieront dans le nouveau contexte de réglementations municipales et provinciales en matière d'efficacité énergétique. En tenant compte des coûts de cycle de vie dans le processus d'appel d'offres — qui incluent les dépenses régulières au-delà de la construction, comme les dépenses de chauffage, de climatisation et d'entretien — il est naturel d'utiliser des technologies de construction plus efficaces et plus rentables.

Compte tenu des chiffres actuels sur les chiffres de l'emploi en construction dans le secteur de bâtiments écoénergétiques, et en prévision de la mise en place éventuelle de nouvelles normes écoénergétiques dans l'industrie, le secteur du bâtiment écoénergétique, pendant la transition vers une économie net zéro de 2050, engendrera :

- **1 997 640 emplois directs dans la construction non-résidentielle.**

Si l'on tient compte du secteur résidentiel, il faudrait ajouter 14 millions d'autres emplois avec l'écologisation du secteur d'ici 2050. À l'heure actuelle, il y a environ 500 000 Canadiens qui travaillent dans le secteur de la construction résidentielle — et en date de 2014, seulement 23 000 de ces emplois[138] étaient considérés comme étant écologiques.

Énergie de quartier

Les systèmes d'énergie de quartier (DES) fournissent l'énergie thermique — et dans certains cas l'électricité — aux bâtiments à partir d'une usine de production centrale ou de plusieurs usines en réseau. L'accès à l'approvisionnement local pour répondre aux besoins de chauffage et de climatisation des villes et des municipalités offre la possibilité de réduire les coûts énergétiques et de réduire les émissions municipales de GES. La chaleur résidentielle produite par les installations industrielles, ou provenant d'autres sources, peut être récupérée : compostage des déchets organiques, échanges thermiques provenant du sol, du soleil, de petites usines de cogénération (production d'électricité et de chaleur) ou de la combustion de biomasse provenant de déchets de bois.[143] Dans certains cas, il est possible d'utiliser l'eau des océans ou de lacs profonds pour la climatisation des bâtiments, dont le meilleur exemple est le complexe Enwave[144] à Toronto qui assure la climatisation d'espaces de bureau d'une superficie de 3,2 millions m^2.

Les villes scandinaves sont les chefs de file dans la création de systèmes de chauffage par quartier. Copenhague capture la chaleur résiduelle provenant de centres de production électrique — de l'énergie qui normalement serait autrement perdue dans l'air ou dans l'océan. Une fois captée, cette énergie est transmise par un réseau souterrain sous forme d'eau chaude ou de vapeur pour le chauffage de locaux. 97 %[145] des 35 000 bâtiments n'utilisent aucune chaudière ou fournaise. En conséquence, les résidants de Copenhague économisent environ 2000 $ par année[146] sur leurs factures de chauffage.

La ville de Reykjavik en Islande (population 110 000) se situe en zone volcanique qui fournit une source abondance de chaleur géothermique. Les services publics Reykjavik Energy[147] captent cette chaleur et l'utilisent pour générer de l'électricité et chauffer les bâtiments et les résidences. La chaleur intense à faible profondeur permet à la ville d'amener l'eau chaude depuis une distance de 27 km[148], une distance relativement longue ; normalement, il n'est pas rentable de transporter la chaleur géothermique sur plus de 8 km.[149] Ce système permet à la ville de sauver un équivalent à 4 millions de tonnes de GES par année.

Au Canada, les systèmes d'énergie par quartier deviennent de plus en plus populaires, surtout en Ontario et en Colombie-Britannique. Une étude récente a fait état de 44 installations en Ontario et de 42 en Colombie-Britannique [150] sur un total national de 159 installations. Ces installations se trouvent dans des municipalités de toutes les tailles, que ce soit en milieu rural ou en milieu urbain. Le nombre de projets de construction a explosé au cours des dernières quinze années, avec la moitié des systèmes d'énergie de quartier commandés depuis 2000 et le quart au cours des dernières cinq années.[151]

APRÈS LA CONSTRUCTION : L'ENTRETIEN CRÉE DAVANTAGE D'EMPLOIS

Une grande partie du travail dans les métiers de la construction consiste dans l'entretien d'installations existantes. Ces heures d'entretien, bon an mal an, sont essentielles pour le fonctionnement des infrastructures et s'ajoutent aux heures consacrées à la construction.

La section locale 488 (AU 488) de l'Association unie des plombiers et poseurs de tuyaux à Edmonton, en Alberta, est le plus grand syndicat local de construction avec plus de 10 000 membres,[152] et compte le plus grand nombre de professionnels de la tuyauterie au Canada.[153] Sur les 12,5 millions d'heures totales travaillées en 2016, 4,8 millions d'heures ont été consacrées à l'entretien — environ 38 %.

Les chiffres sont semblables au sein d'autres métiers et dans certains cas, les activités d'entretien représentent les activités les plus lucratives du syndicat : environ 85 % de toutes les heures de travail du syndicat des chaudronniers est consacré à l'entretien.

Pour l'ensemble des métiers de la construction, le travail d'entretien représente environ 20 % du travail effectué chaque année. Ce chiffre indique l'importance du travail d'entretien requis pour assurer le bon fonctionnement des installations industrielles et commerciales.

Un système d'énergie de quartier (DES) au Canada chauffe en moyenne 37 bâtiments, soit une superficie de 470 000 mètres carrés — environ 5 millions de pieds carrés. En pratique, le nombre de bâtiments chauffés varie entre 3 et 300[154] En 2012, la ville de Prince George, en Colombie-Britannique, a terminé la construction de son système d'énergie de quartier. Alimentée de déchets de bois, cette centrale chauffe 11 édifices du centre-ville et élimine 2 000 tonnes de GES par année.[155] La ville de Surrey, une des villes qui a enregistré le taux de Croissance le plus rapide au Canada, a annoncé son intention de construire un système de chauffage à eau chaude pour le secteur du centre-ville. Le système utilisera plusieurs sources : chaleur résiduelle des égouts, chaleur industrielle, chaleur de réfrigération, chaleur géothermique, biomasse, solaire et production d'électricité. D'ici 2045, le système offrira des services en réseau pour chauffer 25 millions de pieds carrés de nouveaux bâtiments et de bâtiments existants (incluant un hôpital et plusieurs écoles).[156] La construction de système d'énergie de quartier requiert les compétences de plusieurs métiers spécialisés, dont les tuyauteurs, les monteurs de charpente métallique, les maçons et les poseurs d'isolant. Les systèmes d'énergie de quartier sont variables ; pour cette raison, il est difficile de prédire avec précision le nombre d'emplois en construction créés dans ce secteur. Le Canada compte environ 400 municipalités de plus de 10 000 habitants.[157] Si, d'ici 2050, la moitié de ces municipalités installaient un seul système d'énergie de quartier pour desservir la moyenne nationale de 37 bâtiments, les investissements minimums requis seraient de 21,9 $ milliards, entraînant la création de :

- **21 910 emplois directs en construction.**[158]

Communautés ingénieuses : Retombées totales

Le nombre total des emplois créés uniquement par ces deux catégories qui font partie des communautés ingénieuses — les bâtiments écologiques non résidentiels et l'énergie par quartier — est de :

- **2 019 550 emplois directs en construction.**

C'est l'équivalent de plus de 200 projets de barrages C.

Étude de cas : Service public d'énergie de l'arrondissement de South East False Creek

L'énergie utilisée pour réchauffer l'eau du lave-vaisselle ou l'eau du bain est normalement évacuée en même temps que l'eau. Le service public d'énergie de l'arrondissement South East False Creek, à Vancouver, a réussi à capter cette chaleur gaspillée de l'eau des égouts et de la remettre en circulation dans la communauté avoisinante — l'eau chaude récupérée est utilisée pour réchauffer les locaux et l'eau domestique.[159]

Le service public d'énergie de South East False Creek fournit de l'énergie à 27 bâtiments et à plus de 4 300 résidences et plus de 4 300 résidences[160] (l'équivalent d'une superficie de 4,2 millions pieds carrés). Le service public de South East False Creek dispose d'un réseau de 4,7 km de tuyauterie réservée.[161] Ce nouveau système a fait l'objet d'une chronique spéciale dans le magazine trimestriel de l'International Quartier Energy Association. Le système s'intègre dans une station de pompage municipal, « où il fonctionne comme une application géothermique en utilisant des pompes thermiques qui transfèrent l'énergie thermique des eaux usées en réseau de distribution d'eau chaude. »

Le système élimine plus de 60 % des émissions polluantes créées par le réchauffement des locaux et de l'eau dans les bâtiments communautaires. Cela représente des économies d'environ 2 400 tonnes de GES par année.[162]

La Ville vient d'approuver deux nouvelles installations d'énergie par quartier,[163] au River Quartier, dans Vancouver Sud, et à North East False Creek.

PHOTO COURTESY FRANCL ARCHITECTURE

Transport : Construction d'une infrastructure moderne

LE SECTEUR DES TRANSPORTS est une source majeure d'émissions partout au monde. Ce secteur produit environ un quart des émissions mondiales de gaz à effet de serre (GES). En 2014, les émissions des transports totalisaient 203 millions de tonnes[164] d'émissions au Canada, soit un peu plus du quart du total national, ce qui classe le Canada dans la moyenne mondiale.

- Les mesures pour réduire les émissions des transports à zéro incluent une multitude d'innovations et d'investissements. Elles servent à assainir le transport et à permettre le déplacement des personnes et des biens dans les villes et entre les villes sans émettre de GES. Parmi ces mesures, il y a :
- La construction de systèmes de transport collectif ;
- La conversion aux véhicules électriques (VE), y compris les camions légers ;
- L'électrification des systèmes ferroviaires ;
- L'utilisation de biodiésel dans les camions de transport.

Ces innovations créeront principalement des emplois dans le secteur de la fabrication. Or, elles présentent aussi d'importantes occasions pour la construction liée à l'infrastructure du transport collectif. La construction de cette infrastructure au Canada créera environ 244 950 emplois. Il s'agit du même nombre d'emplois que créeraient six projets de la taille de la plateforme pétrolière Hebron ou la construction de 410 traversiers[165] de catégorie Burnaby (130 mètres de long, capacité de 145 véhicules).

Le portrait général

À mesure que le monde s'urbanise, les émissions liées au transport dans les villes augmentent. De plus en plus de personnes s'établissent en ville, suivant une tendance ancrée depuis les 60 dernières années. En 1950, moins d'un tiers de la population mondiale vivait dans les villes. Maintenant, plus de la moitié des humains sont urbains ; cette proportion devrait atteindre deux tiers[166] d'ici 2050, alors que 6,3 milliards de personnes[167] devraient gonfler les villes du monde. Au Canada, la tendance est encore plus prononcée : à partir de 2011, 81%[168] des Canadiens vivaient dans des zones urbaines.

Les émissions des transports sont non seulement un facteur important du réchauffement climatique, mais elles ont également des répercussions directes sur la santé humaine : le carbone noir provenant des véhicules diesel est reconnu comme étant un facteur important de mortalité dans les zones urbaines, il provoque étonnamment 3,2 millions de décès bon an mal an[169] Au Canada, l'Association médicale canadienne a estimé qu'en 2008 seulement, la pollution atmosphérique était responsable de 21 000[170] décès. Les émissions des tuyaux d›échappement sont également à l›origine de problèmes cardiopulmonaires, d›asthme, de cancer du poumon et de problèmes respiratoires chez les enfants.

Selon une étude, les gouvernements, les municipalités et les sociétés de transport devront ajouter près de 25 millions de kilomètres (km) de routes pavées et 335 000 kilomètres (km) de voies ferrées d'ici 2050 — soit une augmentation de 60 % par rapport à l'infrastructure routière et ferroviaire de 2010[171]. Il reste à savoir si ce travail peut être réalisé sans effets catastrophiques sur la santé et la biosphère. La réduction des émissions des transports passera par des initiatives écoénergétiques et par l'électrification des véhicules de passagers et de marchandises — par l'entremise de piles, de troisièmes rails ou de fils caténaires — si possible. Elle exigera aussi des investissements sans précédent dans les systèmes de transport urbain pouvant transporter efficacement un grand nombre de passagers en polluant le moins possible.

Pour l'instant, l'électrification des trains de marchandises en Amérique du Nord est entièrement hypothétique, étant donné la nature de l'infrastructure ferroviaire. Dans certains pays de l'UE, en Chine et en Russie, les trains électriques de passagers, financés par le public, ont précédé les trains de marchandises[172]. Au Canada et aux États-Unis, l'infrastructure ferroviaire est privée ; l'idée d'électrifier le transport ferroviaire de marchandises se heurte aux coûts élevés.[173] L'électrification du transport de marchandises est un objectif intéressant à long terme, mais rien ne laisse envisager quand et comment une telle transition pourrait se dérouler au Canada. Les choses pourraient changer d'ici cinq à dix ans, mais pour l'instant, les prochaines étapes vers l'électrification du transport de marchandises sont trop vagues pour la considérer comme mesure probable.

Infrastructure du transport urbain

Une mesure plus probable pour réaliser la transition d'émissions nettes zéro au Canada serait la création d'une infrastructure robuste de transport urbain. Dans un sondage de 2012 auprès des Canadiens sur l'importance du transport public pour leurs collectivités, plus de 94 % des répondants considéraient ce dernier soit « très important » soit « important. » En plus de cette acceptation sociale, les avantages économiques du développement des transports sont substantiels. Un rapport de la *Political Economy Research Institute* (PERI) conclut : « les investissements dans les systèmes de transport en commun ont les plus grands effets sur les emplois directs et indirects ».[174]

Les recherches de l'Association canadienne du transport urbain (ACTU) prévoient une croissance de 86 %[175] du nombre de déplacements en transport collectif au Canada d'ici 2040 — passant de 1,76 milliard en 2007 à 3,28 milliards. Cette augmentation de la demande jusqu'en 2050 nécessitera non seulement une expansion accrue de l'infrastructure, mais aussi un maintien constant de l'infrastructure actuelle.

L'ACTU a commandé une étude en 2008 pour déterminer les investissements nécessaires en

transport dans tout le pays. Le rapport découlant de l'étude a établi qu'un investissement unique de 91,8 $ milliards[176] aurait été nécessaire en 2006 pour mettre en place des services optimaux et profiter des avantages économiques du transport accru. Cet exercice hypothétique montre les lacunes du Canada à satisfaire la demande en transport de 81 % de la population vivant en ville.

À la fin de 2016, le gouvernement fédéral a annoncé un financement d'infrastructure de transport de l'ordre de 25,3 $ milliards[177] pour les 11 prochaines années. Ce financement doit être égalé jusqu'à 50/50 par des investissements des gouvernements provinciaux en projets d'infrastructure de transport.[178] Si de tels investissements — soit environ 4,6 milliards par an — perdurent jusqu'en 2050, ils totaliseraient près de 150 milliards de dollars en 2016. Cette estimation est assez conservatrice puisque les investissements provinciaux et municipaux dans ces projets représentent souvent plus de 50 % par rapport à l'investissement fédéral. Dans le cas de la ligne Evergreen du Métro de Vancouver (voir l'étude de cas ci-bas)[179], la contribution du gouvernement fédéral représentait moins d'un tiers (29,6 %) du total par rapport au financement provincial, municipal et privé — soit 424 $ millions de 1,43 $ milliards au total.

En 1950, moins d'un tiers de la population mondiale vivait en ville. Actuellement, plus de la moitié vit en milieu urbain ; cette proportion devrait grimper à deux tiers d'ici 2050, lorsque 6,3 milliards de personnes vivront dans les villes. Au Canada, la tendance est encore plus marquée: en 2011, 81 pour cent de Canadiens vivaient en milieu urbain.

Ce niveau d'investissement en construction d'infrastructure de transport urbain — y compris des ponts, des tunnels de métro et des voies réservées pour autobus notamment — engendrerait environ :

- **244 950 emplois en construction.**[180]

Étude de cas : la ligne Evergreen

Le prolongement de la ligne Evergreen du Métro de Vancouver relie Port Moody et Coquitlam au réseau du SkyTrain à Burnaby. Le tracé de transport collectif automatisé s'étire sur 11 kilomètres et comporte sept nouvelles stations, cinq sous-stations d'alimentation, des zones de stationnement et d'entretien, un tunnel de deux kilomètres et autres installations connexes. La revue spécialisée en infrastructures, ReNew Canada, soulevait les nombreux défis techniques du projet : « Le tracé suit des routes, des rails du CP et des cours d'eau, sa pente varie d'un à six % et les terrains sont contraignants »[182].

Achevé en décembre 2016 au coût de 1,431 $ milliard, le projet réalisé par SNC–Lavalin devait créer 8 000 emplois durant la phase de construction.[183]

Atteindre « net zéro » : Conclusion

Voici quelques domaines propices à la transition nette zéro au Canada d'ici 2050 — liés à l'approvisionnement en énergie propre, aux collectivités intelligentes et au transport — qui touchent les intérêts des métiers de la construction.

- **Ces trois domaines de la transition nette zéro totalisent 3 313 400 emplois.**

Bien qu'il soit impressionnant, ce chiffre pourrait être substantiellement plus élevé, même si l'on relève uniquement les emplois directs en construction de ces projets. En ajoutant l'analyse des emplois indirects et ceux des chaînes d'approvisionnement, ce chiffre peut être cinq fois plus grand, soit environ 17 000 000 emplois.

Il y a de nombreuses catégories parmi ces trois grands domaines qui n'ont pas été comptabilisés et il y a deux secteurs importants de la transition nette zéro pour lesquels on n'a pas d'estimations : les rénovations industrielles et le captage direct. Ces catégories commencent à contribuer à la réduction de 26 % des émissions canadiennes générées par la production de pétrole et de gaz.

Ce sont des catégories émergentes qui gagneraient à être examinées davantage dans l'économie qui suit l'ère du carbone. Toutefois, les chiffres préliminaires sont encourageants et démontrent le potentiel énorme pour les métiers de la construction de prendre le virage vers une économie écologique.

L'industrie de la construction sera un facteur décisif dans la capacité du Canada à surmonter les défis des changements climatiques et à faire une transition vers une économie nette zéro. Ces efforts nécessiteront de nouvelles installations de production électrique (hydro-électrique, éolienne, solaire, marémotrice, biomasse et géothermique), des bâtiments écoénergétiques et de nouvelles infrastructures de transport. Jusqu'à présent, peu de recherches ont porté sur le rôle de l'industrie de la construction dans la restructuration économique actuelle et la réduction des émissions de carbone au Canada.

Atteindre « net zéro » : Les faits saillants

Tous les métiers de la construction importent

La nouvelle infrastructure d'une économie nette zéro — parcs éoliens, systèmes énergétiques de quartier, transports en commun rapides, etc. — nécessitera des travaux de maçons, chaudronniers, tuyauteurs, poseurs d'isolant, électriciens, vitriers, HVAC, techniciens de lignes, monteurs de charpentes métalliques, et autres métiers de la construction.

Réseau électrique de demain

- La production d'électricité génère annuellement 86 millions de tonnes de GES au Canada — ce qui équivaut au poids de 826 000 bulldozers Caterpillar D11.
- La transition de production électrique principalement hydro-électrique (40 %), éolienne, solaire, géothermique, marémotrice (ensemble 43 %) et nucléaire déjà en place (5 %) engendrerait 1 048 900 emplois directs en construction d'ici 2050.

Bâtiments écoénergétiques et systèmes d'énergie de quartier

- Excluant leur consommation électrique, les bâtiments résidentiels et commerciaux au Canada produisent annuellement 77 millions de tonnes de GES.
- Selon les prévisions, la rénovation nette zéro des bâtiments et la construction de bâtiments commerciaux, industriels et institutionnels « verts » créeraient près de deux millions d'emplois directs en construction non résidentielle.
- La construction de petits systèmes d'énergie de quartier (approvisionnant en moyenne 37 bâtiments)[184] dans la moitié des municipalités canadiennes de plus de 10 000 habitants créerait plus de 22 000 emplois en construction d'ici 2050.

Transport

- Le transport a généré 203 millions de tonnes de GES au Canada en 2014.
- La réalisation de projets totalisant 150 $ milliards d'infrastructures de transport urbain — transports collectifs rapides, voies ferrées, ponts, tunnels de métro, voies réservées aux autobus, etc. — d'ici 2050 créerait environ 245 000 d'emplois directs en construction.

Retombées totales

- Dans un scénario idéal dans lequel le Canada réalise son objectif d'émission nette zéro d'ici 2050, les trois domaines génèreraient plus de 3,3 millions d'emplois directs en construction.

Analyse environnementale

Par Richard Gilbert

Introduction

EN VERTU DE L'ACCORD DE PARIS, le Canada est l'un des 197 pays qui se sont engagés à restreindre l'augmentation moyenne de la température mondiale à moins de 2°C au-dessus des niveaux préindustriels en visant idéalement 1,5°C. La capacité du Canada à surmonter ce défi dépend de la construction de nouvelles infrastructures pour la production d'électricité de sources d'énergie renouvelable. La restructuration de l'économie nationale, centrée sur le développement à faibles émissions de carbone, nécessite le remplacement des combustibles fossiles par des sources d'énergie renouvelable. Cette étude s'appuie sur la recherche macroéconomique originale sur l'industrie de la construction, la restructuration économique et le développement à faibles émissions de carbone au Canada. La restructuration économique et le développement à faibles émissions de carbone peuvent prendre des décennies, mais on ne peut pas évaluer pour l'instant la rapidité et les répercussions de ces changements.

Cette partie dresse les étapes importantes du cheminement du Canada vers de faibles émissions de carbone selon le rapport de 2015 intitulé *Pathways to Deep Decarbonization in Canada*, et la synthèse de l'IDDRI intitulée *The impact of the Deep Decarbonization Pathways Project (DDPP) on domestic décision-making processes — Lessons from three countries (2016)*.

CHAMP DE GLACE COLUMBIA, ALBERTA, PHOTO : CALYPSO ORCHID/FLICKR

Cette étude s'appuie sur de la recherche macroéconomique originale sur l'industrie de la construction, la restructuration économique et le développement à faibles émissions de carbone au Canada.

PHOTO SYNDICATS DES MÉTIERS DE LA CONSTRUCTION DU CANADA

Changement climatique et l'industrie des combustibles fossiles

L'augmentation des émissions du Canada entre 1990 et 2014 a été provoquée par la production minière, pétrolière et gazière ainsi que par le transport. Le secteur du pétrole et du gaz a été le plus grand émetteur de GES au Canada en 2014, avec 26 % des émissions totales (192 t CO_2 éq.), tandis que le transport a émis 171 t CO_2 éq. (23 %). Les émissions de GES du secteur du pétrole et du gaz au Canada ont augmenté de 79 % pour s'établir à 192 Mt CO_2e en 2014, contre 107 t de CO_2 éq. en 1990. Cette augmentation est attribuable à la production de pétrole brut et à l'expansion des sables bitumineux de l'Alberta, qui ont contribué à 9,3 % des émissions de GES du Canada en 2014.

Combustibles fossiles et les émissions de GES

Il existe une relation entre la valeur ajoutée du secteur du pétrole et du gaz, mesurée par le produit intérieur brut (PIB) et les émissions de GES, dans lesquelles les deux variables se déplacent dans la même direction. Une divergence entre la valeur ajoutée du secteur du pétrole et du gaz et les émissions de GES a émergé à partie de 2014.

La relation a été observée lors de la récession en 2009, lorsque la valeur ajoutée du pétrole et du gaz a diminué en raison de la baisse de la demande en énergie. Une tendance semblable a aussi été constatée entre la valeur de la production de pétrole et de gaz et les émissions de GES pendant les périodes de croissance économique au début et au milieu des années 2000 et la reprise en 2010.

La construction et l'économie nationale

La valeur ajoutée de la construction était de 118 $ milliards en 2015 et représentait environ 7,2 % du PIB total (1,65 $ billion). La part de la valeur ajoutée de la construction dans l'économie totale était de 6 à 7 % entre 1997 et 2015. La valeur ajoutée de la construction s'est développée rapidement pendant le boom du pétrole (2000-2008), avec des taux de 7 % en 2001 et de 6 % en 2004. Au cours de la récession en 2009, la valeur ajoutée de la construction a diminué de 6 % et a augmenté avec un taux de croissance de 8 % en 2010 et en 2012. L'industrie de la construction a connu un taux de croissance plus rapide que celui de l'économie pendant les périodes de croissance (2000-2008 et 2010-2012) et a diminué à un rythme plus rapide que celui de l'économie pendant les périodes de déclin économique (2008 et 2015).

Les grandes fluctuations de la production caractérisent l'industrie de la construction au Canada, car l'industrie produit du capital ou des biens d'investissement, comme une usine ou un immeuble de bureaux. Les produits de l'industrie de la construction sont nécessaires pour la production des autres biens et services.

La main-d'œuvre de la construction et l'économie nationale

La main-d'œuvre totale de la construction au Canada se chiffrait à environ 2,6 millions de personnes en 2015, tandis que la main-d'œuvre totale était d'environ 17,9 millions de personnes. La main-d'œuvre totale de la construction représentait entre 14 et 15 % de la main-d'œuvre totale au Canada entre 1990 et 2015. Le nombre total de travailleurs industriels, d'électriciens et de gens de métiers de la construction était d'environ 936 000 en 2014. La main-d'œuvre de la construction a tendance à augmenter à un rythme plus rapide par rapport à la main-d'œuvre totale pendant les périodes de croissance et à baisser à un taux plus rapide que la main-d'œuvre totale pendant les périodes de contraction économique.

Voies et plans de décarbonisation

La transformation structurelle de l'économie nationale est l'une des voies les plus importantes pour le développement à faibles émissions de carbone. Les changements structurels dans l'économie canadienne seront stimulés par la politique fédérale en matière de changement climatique et la demande mondiale de matières premières, notamment le pétrole et le gaz. La restructuration de l'économie canadienne vers le développement à faibles émissions de carbone se fera par des investissements publics et privés dans la décarbonisation et la conversion des infrastructures énergétiques existantes.

Politique en matière de changement climatique et d'énergie renouvelable

Le Canada a présenté un plan aux Nations Unies en 2015 qui décrivait un plan visant à construire une base solide de production d'électricité propre. Ce plan est soutenu par des normes rigoureuses d'électricité au charbon qui interdisent la construction d'appareils traditionnels de production d'électricité au charbon. L'objectif actuel du Canada est de réduire d'ici 2030 les émissions de GES à 30% de moins que celles de 2005. Les engagements pris jusqu'ici par le gouvernement fédéral et les gouvernements provinciaux ne suffisent pas à atteindre l'objectif de réduction.

La Stratégie canadienne de l'énergie (SCE) permet aux provinces et aux territoires d'utiliser une gamme de politiques qui dépendent des forces du marché pour réduire ou éliminer les émissions. Parmi ces politiques, il y a l'établissement d'un prix sur le carbone, qui est le fondement de l'élaboration d'une politique économique pour l'atténuation des changements climatiques. Le gouvernement libéral a lancé une politique pancanadienne de tarification du carbone en octobre 2016. En vertu de cette politique, les provinces et les territoires peuvent mettre en place un système basé sur les prix ou un système de plafonnement et d'échange.

Le gouvernement fédéral envisage d'investir plus de 180 millions de dollars dans les infrastructures entre 2016-2017 et 2027-2028. Cela représente le plus gros investissement dans l'infrastructure publique dans l'histoire du Canada.

PHOTO RÉNOVATION DU PONT JACQUES-CARTIER, CARIBB/FLICKR

Investissement public et l'énergie renouvelable

L'attribution d'un prix à la pollution par le carbone présente une occasion de transformation économique en offrant une nouvelle source de revenus publics. L'investissement en infrastructure publique est nécessaire pour la décarbonisation et la transformation de l'économie selon des voies à faibles émissions de carbone. Le gouvernement fédéral envisage d'investir plus de 180 $ millions dans les infrastructures entre 2016-2017 et 2027-2028. Cela représente le plus gros investissement dans les infrastructures publiques dans l'histoire du Canada. La phase 2 du plan permettra l'investissement stratégique dans la construction d'infrastructures à long terme, ce qui favorisera la transition vers le développement à faibles émissions de carbone.

Construction, économie nationale et changement climatique

Ce chapitre explore l'importance de la construction pour l'économie canadienne afin de comprendre le rôle de l'industrie dans la réalisation des objectifs nationaux en matière de climat et il présente l'objectif de restreindre le réchauffement climatique à 2 °C et si possible 1,5 °C.

PHOTO DU PARC ÉOLIEN HALKIRK, ALBERTA : DAVID DODGE/FLICKR

L'industrie de la construction et la transition vers un développement à faibles émissions de carbone au Canada sont des questions macroéconomiques. Ce chapitre explore l'importance de la construction pour l'économie canadienne afin de comprendre le rôle de l'industrie dans la réalisation des objectifs nationaux en matière de climat et il présente l'objectif de restreindre le réchauffement climatique à 2°C et si possible 1,5°C. Les données chronologiques servent à établir la relation entre plusieurs mesures d'activité de construction et d'économie nationale pour comprendre les options pour mettre en place le développement à faibles émissions.

L'industrie de la construction joue un rôle essentiel dans l'économie nationale en soutenant la production dans tous les autres secteurs, y compris les infrastructures et les installations de production dans le secteur de l'énergie fossile; charbon, pétrole et gaz. L'extraction et la combustion de ces combustibles fossiles sont des sources majeures d'émissions de gaz à effet de serre (GES), augmentant ainsi les températures mondiales : ce qui pose des risques de perte de récoltes, de famine, de canicules, d'inondations et de migrations de masse, étant donné les effets de la montée du niveau de la mer sur la carte du monde.

La capacité du Canada à relever le défi du réchauffement planétaire dépend de la construction de nouvelles installations pour la production d'électricité à partir de sources renouvelables, notamment l'énergie hydro-électrique, éolienne, solaire, marémotrice, géothermique et celle produite à partir de biomasse. De plus, elle nécessitera la construction et l'entretien de bâtiments et d'infrastructures de transport plus efficaces. Malgré ce fait, aucune recherche n'a été entreprise sur le secteur de la construction, de la restructuration économique et du développement à faibles émissions de carbone au Canada.

La restructuration de l'économie à faibles émissions de carbone se fera par le remplacement des sources d'énergie à base de combustibles fossiles par des sources d'énergie renouvelable. Cette restructuration économique à faibles émissions de carbone peut prendre des décennies au Canada, mais la rapidité et l'effet de ces changements doivent encore être clarifiés.

Alliance mondiale pour les bâtiments et la construction

À la veille de l'Accord de Paris en décembre 2015, 20 pays, dont le Canada, ont mis sur pied la *Global Alliance for Buildings and Construction* (Alliance mondiale pour les bâtiments et la construction), qui vise à exploiter l'énorme potentiel de ce secteur pour réduire les émissions et renforcer la résilience climatique dans les villes et les infrastructures de l'avenir. L'Alliance estime qu'environ 3,2 Gigatonnes (Gt) de CO_2 pourraient être évitées d'ici 2050 grâce à la construction de bâtiments écoénergétiques et à la rénovation de fond en comble des bâtiments existants.[185]

Cette transformation économique d'envergure mondiale nécessitera un investissement supplémentaire de 220 $ milliards US d'ici 2020, ce qui représente une augmentation de près de 50 % par rapport à l'investissement de 2014 en bâtiments écoénergétiques. Cela constitue moins de 4 % de l'investissement global annuel en construction (8,5 billions/année). Le rendement de cet investissement peut atteindre jusqu'à 124 % si des mesures politiques et technologiques ambitieuses sont prises.

Parmi les membres de l'Alliance, il y a : l'Union internationale des architectes (UIA) représentant 1,3 million d'architectes dans le monde entier ; le *World Green Building Council* (WGBC) représentant 27 000 entreprises de construction écologique partout au monde ; la *Royal Institution of Chartered Surveyors* (RICS) représentant180 000 arpenteurs de construction dans le monde entier ; et la Fédération de l'industrie européenne de la construction (FIEC) représentant des employés du secteur de la construction, répartis dans 33 fédérations nationales dans 29 pays. Fait à noter : cette alliance ne semble pas comporter d'organisations syndicales à proprement parler.

Création d'emplois et économie verte

La Confédération internationale syndicale a commandé une étude en 2012 prédisant que des investissements annuels de 2 % du produit national brut (PIB) dans l'économie verte sur une période de cinq ans dans 12 pays pourrait créer jusqu'à 48 millions nouveaux emplois jobs, soit près de 9,6 millions nouveaux emplois par année. Plus de 17 millions d'emplois pourraient être créés dans le secteur de la construction, attribuable en partie à la forte demande en main-d'œuvre de l'industrie. L'analyse des marchés nationaux comportait des études de cas des pays suivants : Allemagne, Espagne, Bulgarie, Brésil, République dominicaine, États-Unis, Afrique du Sud, Ghana, Tunisie, Indonésie, Népal et Australie.[186]

Les emplois verts ne sont pas nécessairement ceux traditionnellement considérés verts tels que la fabrication de panneaux solaires, la fabrication d'éoliennes, la préservation de l'eau et l'exploitation forestière durable. Ils incluent les emplois dans la rénovation, dans les secteurs de la construction et du transport collectif, dans l'amélioration écoénergétique dans les usines de fabrication et les services de soutien à toutes les industries.

Le nombre d'emplois générés à partir de l'investissement est un indicateur clé pour l'analyse de l'impact de l'économie verte dans un ensemble donné de pays et d'industries. Par exemple, les économies de taille moyenne, comme celles du Brésil, de l'Indonésie, de l'Afrique du Sud et de la Bulgarie, pourraient voir la création de près de 19 millions d'emplois en cinq ans, alors que 28 millions d'emplois pourraient être créés dans les économies développées comme celles de l'Australie, de l'Allemagne, de l'Espagne, et des États-Unis en cinq ans. Le Népal, l'Indonésie et le Ghana avaient les ratios les plus élevés d'emplois par million de dollars d'investissement avec des économies fortement axées sur la main-d'œuvre bénéficiant des investissements verts.

L'étude de l'ITUC a établi une mesure de référence pour la création d'emplois verts, qui estime le nombre d'emplois créés dans des industries sélectionnées par million de dollars investis, y compris l'énergie, la construction, le transport, la fabrication, l'agriculture, la foresterie et la gestion d'eau. Par exemple, l'industrie de la construction du Brésil pourrait créer jusqu'à 182 emplois par million de dollars d'investissement. Avec ces données référentielles, les gouvernements et la communauté internationale peuvent établir des cibles de création d'emplois verts à atteindre en cinq à dix ans.

Caractéristiques de l'industrie de la construction

Pour mesurer le PIB, la construction est définie comme des firmes engagées à construire, réparer et rénover des bâtiments et des ouvrages d'ingénierie et à subdiviser et développer le territoire. Les firmes mènent indépendamment leurs propres activités commerciales ou sous contrat pour d'autres firmes ou propriétaires immobiliers. Elles réalisent des projets au complet ou en partie. Les firmes ont souvent recours à la sous-traitance pour une partie

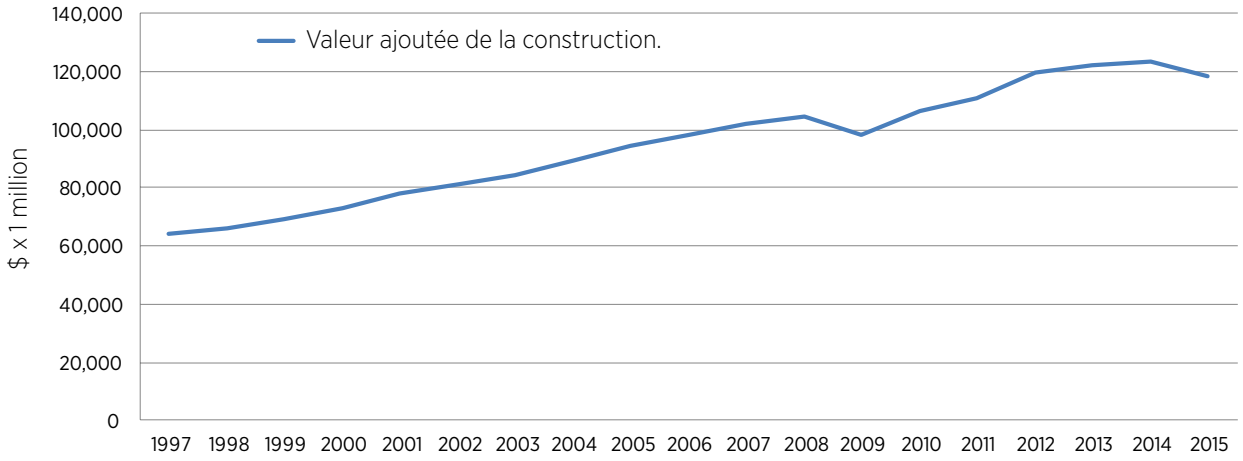
ou l'ensemble de la main-d'œuvre d'un projet ou d'un ouvrage en coentreprise.[187]

La Figure 1 illustre que la valeur ajoutée de la construction était d'environ 64 $ milliards en 1997 et a augmenté progressivement à plus de 100 $ milliards. La valeur ajoutée de la construction a connu un recul en 2009, baissant à 98 $ milliards et ensuite une période de croissance jusqu'en 2015 lorsque la construction a baissé de nouveau. Pour mettre les choses en perspective, la valeur ajoutée de la construction représentait environ 6 % du PIB total (1,07 $ billion) en 1997 et se situait entre 6 et 7 % de l'économie totale entre 1997 et 2015.

Étant donné que le niveau de production de la construction a augmenté de façon constante au cours de cette période, il serait facile de conclure que l›une des principales caractéristiques de l›industrie est une croissance régulière.

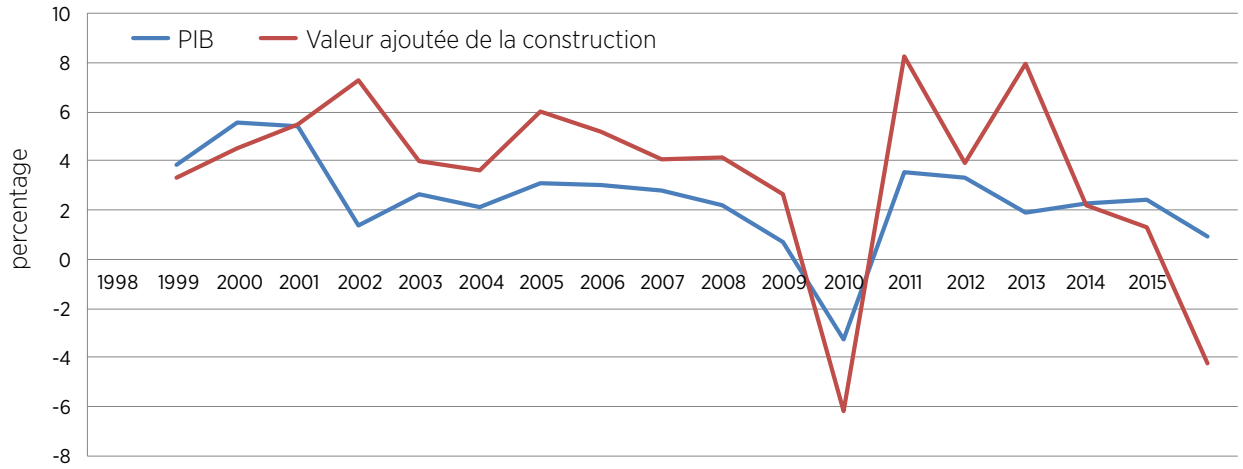
Cependant, la Figure 2 montre que l'industrie de la construction s'est développée rapidement pendant le boom du pétrole (2000-2008) au Canada avec des taux de 7% en 2001 et de 6% en 2004. Au cours de la récession en 2009, la production de la construction a connu une diminution 6 % suivie d'une croissance de 8 % en 2010 et en 2012.

FIGURE 1 : VALEUR AJOUTÉE DE LA CONSTRUCTION 1997 – 2015 DOLLARS ENCHAÎNÉS (2007)



SOURCE : Statistiques Canada – Tableau 37900031 PIB aux prix de base par Système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN), annuel (dollars x 1 000 000)

FIGURE 2 : TAUX DE VARIATION DU PIB ET VALEUR AJOUTÉE DE LA CONSTRUCTION 1998 – 2015



Statistics Canada – Table 379-0031 GDP at basic prices, by North American Industry Classification System (NAICS)

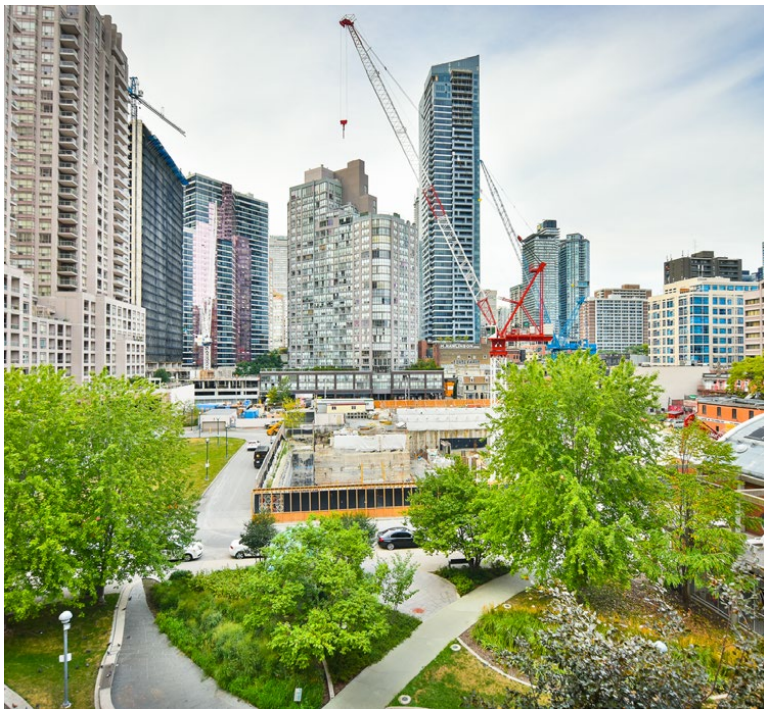
En outre, l'industrie de la construction a tendance à croître à un rythme plus rapide que l'économie pendant les périodes de croissance (2000-2008 et 2010-2012). Elle tombe également à un rythme plus rapide que l'économie pendant les périodes de contraction économique (2008 et 2015).

L'une des principales caractéristiques de la construction dans les pays en développement est que l'industrie se développe à un rythme plus rapide que l'économie pendant les périodes de croissance et elle baisse à un rythme plus rapide que l'économie pendant les périodes de contraction. Les grandes fluctuations cycliques de la production dans le secteur de la construction sont conditionnées par plusieurs caractéristiques structurelles, notamment : la dépendance de l'économie sur le secteur pétrolier ; la dépendance de l'industrie de la construction à l'investissement public axé sur les grands projets d'infrastructure et les changements soudains en politique publique.[188]

L'industrie de la construction est assujettie à des fluctuations importantes de la demande, car les produits de l'industrie de la construction comme une usine ou un immeuble de bureaux sont des capitaux ou des biens d'investissement. Autrement dit, ils sont des produits nécessaires à la production d'autres biens et services. La taille de son produit, grande, lourde et coûteuse constitue une autre particularité de l'industrie de la construction.

Généralement, les produits de construction sont immobiles, donc une fois construits, ils doivent être réparés sur place. De plus, la plupart des travaux de construction sont conçus selon des spécifications uniques et répartis sur une vaste zone géographique. Le produit nécessite une grande variété de matériaux et de composants fournis par d'autres industries. Les produits ont une longue durée de vie, ce qui signifie que le stock est important par rapport à la production annuelle.[189]

L'entrepreneur en construction répond aux demandes particulières du site. C'est le contraire de la fabrication, où le produit est assemblé dans une usine centrale et ensuite distribué à la vente dans un certain nombre de marchés géographiques distincts. Cette caractéristique limite le processus de production de masse centralisée des composants ou de la préfabrication, car les économies d'échelle qui peuvent découler de la production de masse doivent toujours compenser les coûts subséquents de transport de composants ou de sections d'une structure jusqu'au chantier.[190]



L'industrie de la construction joue un rôle essentiel dans la transition en économie à faibles émissions de carbone, car l'investissement dans le logement, les bâtiments, les usines et les infrastructures de base telles que les routes, les ponts, les chemins de fer, les ports, les barrages et les centrales électriques peut réduire les émissions de CO2 dans tous les secteurs de l'activité économique.

PHOTO CONSTRUCTION À TORONTO : VIV LYNCH/FLICKR

L'industrie de la construction joue un rôle essentiel dans la transition en économie à faibles émissions de carbone, car l'investissement dans le logement, les bâtiments, les usines et les infrastructures de base telles que les routes, les ponts, les chemins de fer, les ports, les barrages et les centrales électriques peut réduire les émissions de CO_2 dans tous les secteurs de l'activité économique. Les émissions peuvent également être réduites grâce à la construction de routes, de ponts, de chemins de fer, de ports et de transports publics rapides plus efficaces pour le transport des personnes, des matériaux et des produits finis.

PHOTO CONSTRUCTION VANCOUVER : THOMAS MILNE/FLICKR

Processus de construction

Ces caractéristiques ont façonné la structure de l'industrie de la construction et le processus de création de biens en capital. L'industrie de la construction peut être définie comme toutes les parties prenantes du processus de construction, notamment les professions, les sous-traitants, voire certains fournisseurs d'intrants qui répondent conjointement aux besoins des clients dans l'industrie.[191] Une définition plus précise de l'industrie de la construction inclut tous les acteurs importants suivants :[192]

- Client qui commande la structure sans nécessairement être l'utilisateur final ;
- Professionnels de la construction (architectes et ingénieurs) qui conçoivent le projet ;
- Métreur qui mesure à partir des dessins pour établir le coût estimé ;
- Entrepreneur général responsable de la construction de bâtiments industriels, commerciaux, institutionnels et résidentiels ;
- Divers entrepreneurs de métiers spécialisés ou fournisseurs de main-d'œuvre uniquement ;
- Fabricants et fournisseurs de matériaux de construction, d'usine, d'équipement et de services ;
- Commerçants de matériaux de construction qui effectuent diverses tâches à titre d'intermédiaires entre la fabrication et les entrepreneurs généraux et sous-traitants ;
- Institutions bancaires et financières qui fournissent le capital durant et après la construction ; et
- Fournisseurs d'usine, d'équipement, de services, de transport, d'assurance et autres services connexes.

Main-d'œuvre en construction et les Métiers de la construction

Les Syndicats des métiers de la construction du Canada (SMCC) sont des acteurs dans l'industrie de la construction non résidentielle constituée de firmes issues des secteurs industriels, commerciaux et institutionnels (ICI). Ces firmes participent aux mises en chantier, aux agrandissements, aux rénovations majeures ainsi qu'aux assemblages sur place de bâtiments commerciaux et institutionnels modulaires ou préfabriqués.[193]

Les SMCC travaillent également pour des projets de construction commerciale, dont des bâtiments commerciaux tels que des bureaux, des hôtels, des centres commerciaux et des entrepôts. Le secteur institutionnel comprend la construction d'écoles, d'hôpitaux, de bibliothèques et de centres sportifs. De plus, les SMCC participent à la construction d'infrastructures publiques, y

compris les autoroutes, les ponts, les barrages, les aqueducs et les égouts et les lignes d'électricité et de communication.[194]

La Figure 3 montre que le nombre total de travailleurs des métiers de l'électricité, de la construction et des industries dépassait 700 000 de 1987 à1990, lorsque le nombre de travailleurs a baissé pendant trois ans jusqu'à environ 600 000 en 1993. Le nombre total de travailleurs des métiers de l'électricité, de la construction et des industries a augmenté progressivement à partir de 1994 jusqu'à son sommet de 934 000 à la fin du boom pétrolier en 2008. Durant cette période, le nombre de travailleurs a légèrement reculé en 1994 et 2000. Les métiers de la construction ont baissé à 870 000 en 2009, mais ont ensuite remonté à 936 000 en 2014.

Les métiers de l'électricité, de la construction et des industries sont divisés dans les sous-groupes suivants :

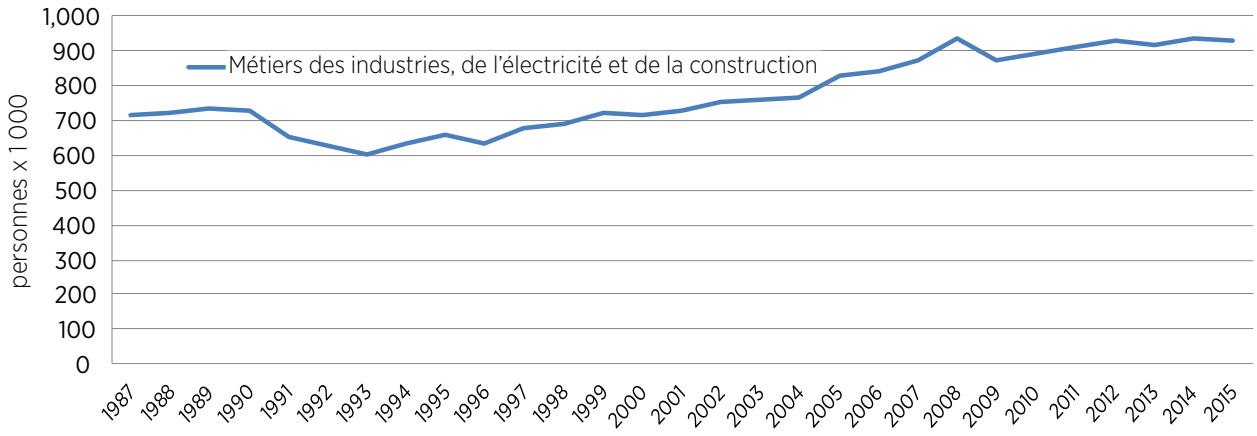
- 720 entrepreneurs et contremaîtres des travailleurs des métiers de l'électricité, de la construction et des industries ;
- 723 travailleurs des métiers d'usinage, du formage, du profilage et du montage du métal ;
- 724 électriciens et monteurs de lignes d'électricité et de télécommunications ;
- 725 plombiers, tuyauteurs et monteur d'installations de gaz ;
- 727 charpentiers et ébénistes ;
- 728 travailleurs de maçonnerie et de plâtrage ; et
- 729 autres travailleurs des métiers de la construction.

L'ensemble de la main-d'œuvre de la construction est constitué de cinq catégories englobant les métiers, le transport, les opérateurs d'équipement et les métiers connexes. Les cinq catégories sont :

- 72 travailleurs des métiers de l'électricité, de la construction et des industries ;
- 73 travailleurs des métiers d'entretien et d'opération d'équipement ;
- 74 travailleurs d'installation, de réparation et d'entretien et manutentionnaires ;
- 75 travailleurs d'opération d'équipement de transport et de machinerie lourde et autres travailleurs assimilés à l'entretien ; et
- 76 travailleurs de soutien des métiers, manœuvres et aides en construction.

Pour mettre les choses en perspective, l'ensemble de la main-d'œuvre a atteint environ 17,9 millions en 2015 contre environ 12,3 millions en 1987.

FIGURE 3 : NOMBRE TOTAL DES TRAVAILLEURS DES MÉTIERS DES INDUSTRIES, DE L'ÉLECTRICITÉ ET DE LA CONSTRUCTION 1987 – 2015



La Figure 4 montre que l'ensemble de la main-d'œuvre de la construction a progressivement augmenté, en partant du creux de 1,86 million en 1993 jusqu'au sommet de 2,54 millions en 2008. L'ensemble de la main-d'œuvre de la construction s'est remis de la récession et a augmenté à environ 2,6 millions en 2015.

Depuis 1990, l'ensemble de la main-d'œuvre de la construction tourne autour de 14 à 15 % de la main-d'œuvre totale au Canada.

La Figure 5 montre que la relation entre la main-d'œuvre de la construction et la main-d'œuvre totale est semblable aux cycles ou fluctuations irrégulières observées dans les données sur la valeur ajoutée de la construction et le PIB.

La main-d'œuvre de la construction tend à augmenter plus rapidement que la main-d'œuvre totale durant les périodes de croissance. La main-d'œuvre de la construction tend aussi à baisser plus rapidement que la main-d'œuvre totale durant les périodes de récession de 1991 et 2008.

FIGURE 4 : MÉTIERS, TRANSPORT ET OPÉRATEURS D'ÉQUIPEMENTS 1987 – 2015

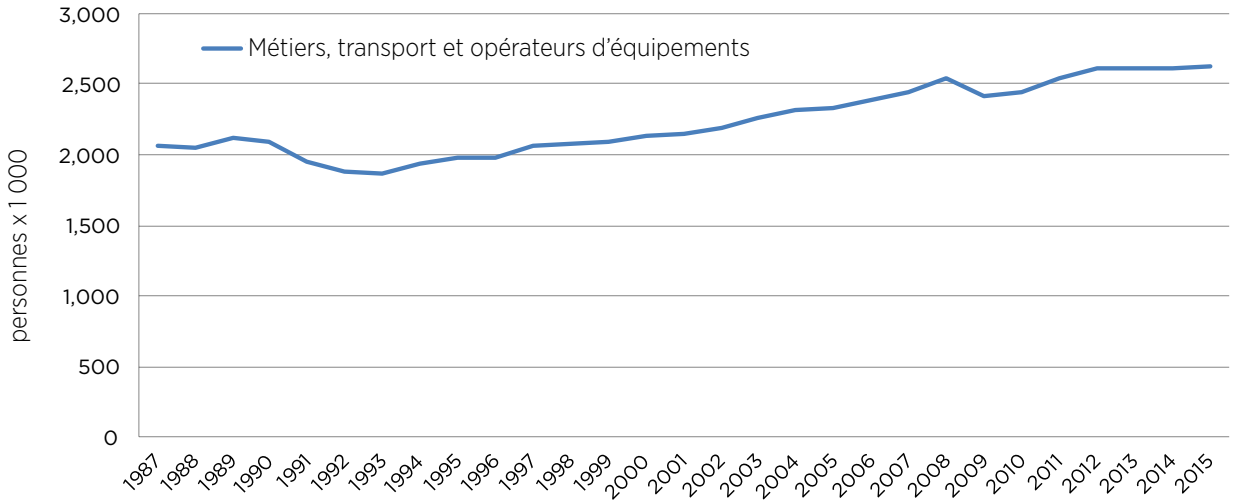
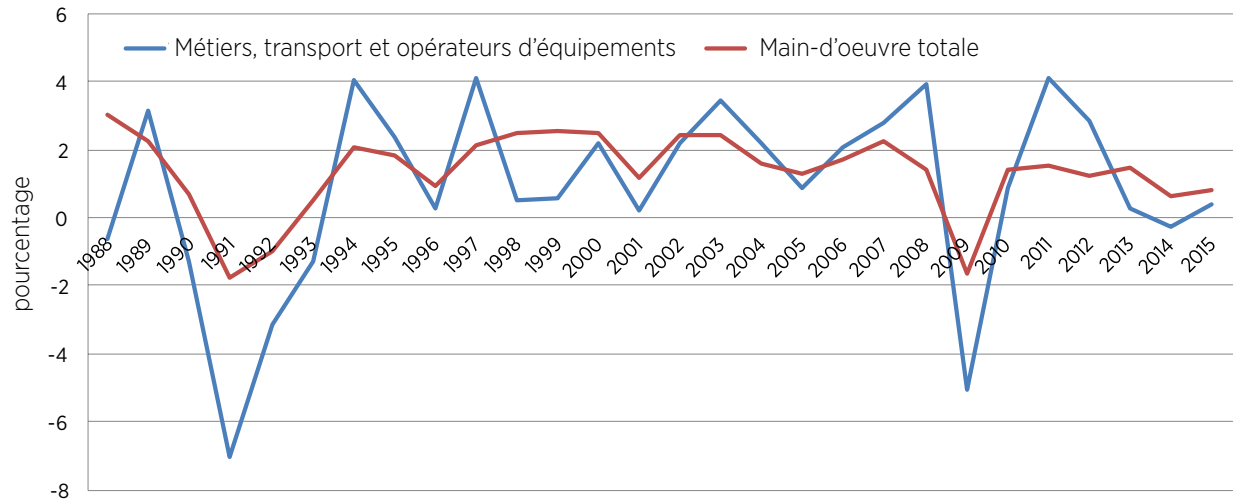


FIGURE 5 : VARIATIONS DANS LA MAIN-D'OEUVRE DE LA CONSTRUCTION ET MAIN-D'OEUVRE TOTALE 1987 – 2015



Les Syndicats des métiers de la construction

Les Syndicats des métiers de la construction du Canada (SMCC) sont un intervenant important dans l'industrie de la construction et joueront un rôle crucial dans la transition vers une économie faible en carbone. L'organisation nationale compte dans ses rangs plus de 500 000 travailleurs en construction qui font partie de plus de 60 occupations et métiers différents. À titre d'organisation fédératrice pour les syndicats de la construction au Canada, les SMCC sont affiliés aux 15 syndicats internationaux suivants :

- La Fraternité internationale des chaudronniers, constructeurs de navires en fer, forgerons, forgeurs et aides
- L'Association internationale des travailleurs de ponts, de fer structural et ornemental
- L'Association internationale des calorifugeurs et travailleurs alliés
- L'Association internationale des plâtriers et des finisseurs en ciment des États-Unis et du Canada
- La Fraternité internationale des ouvriers en électricité
- La Fraternité internationale des Teamsters
- Le Syndicat international des briqueteurs et des métiers connexes
- L'Union internationale des constructeurs d'ascenseurs
- L'Union internationale des opérateurs-ingénieurs
- L'Union internationale des peintres et métiers connexes
- L'Union internationale des journaliers d'Amérique du Nord
- L'Association internationale des travailleurs de métal en feuille, aérien, ferroviaire et transport
- L'Association unie des compagnons et apprentis de l'industrie de la plomberie et de la tuyauterie des États-Unis et du Canada
- La Fraternité unie des menuisiers et charpentiers
- Unite Here.

Les Syndicats des métiers de la construction du Canada (SMCC) est un intervenant important dans l'industrie de la construction qui a un rôle crucial à jour dans la transition vers une économie à faibles émissions de carbone. L'organisation nationale compte plus d'un demi million de travailleurs de la construction qui sont employés dans plus de 60 différents métiers et occupations. PHOTO SMCC

SMCC est un département de la Fédération américaine du travail et Congrès des organisations industrielles (FAT–COI), qui est la plus grande fédérale syndicale aux États-Unis et qui compte 56 syndicats nationaux et internationaux. Ensemble, ces syndicats représentent plus de 12 millions de travailleurs actifs et retraités.[195] Chaque province canadienne a sa propre organisation fédératrice. Par exemple, le Conseil des métiers de la construction de la Colombie-Britannique et du Yukon représente 17 syndicats provinciaux de la construction actifs dans les secteurs de la construction industrielle, commerciale et institutionnelle (ICI). Ces syndicats sont également actifs dans la construction de routes, d'oléoducs, de ponts, de services publics et de barrages hydro-électriques. Les travailleurs syndiqués dans le secteur de la construction résidentielle sont aussi affiliés au Conseil des métiers de la construction de la Colombie-Britannique qui représente environ 35 % des travailleurs de l'industrie de la construction ICI.

Émissions GES du pétrole et construction industrielle

Les compagnies pétrolières internationales sont d'importantes clientes des services de construction industrielle au Canada. La présente section présente une analyse macro-économique, établissant un lien entre l'industrie pétrolière et l'industrie gazière et les changements climatiques. Les données de série chronologique sont utilisées pour identifier le rapport entre les émissions pétrolière et gazière à valeur ajoutée et les émissions de gaz à effet de serre (GES) au Canada entre 1990 et 2014. Cette analyse constitue le fondement de notre compréhension des voies vers une économie faible en carbone au Canada.

Les sources de GES au Canada

Il y a un consensus croissantvoulant que le climat de la planète subit de rapides changements en raison de l'augmentation des gaz à effet de serre (GES) dus aux activités de l'homme. La présence accrue de GES dans l'atmosphère augmente la température à la surface de la terre. Les activités de l'homme changent également la composition de l'atmosphère et de ses propriétés. Le climat change, entraînant une élévation du niveau de la mer et la fonte des glaces polaires, tandis que les orages et les vagues de chaleur sont plus sévères.

Depuis l'époque préindustrielle (vers 1750), les concentrations de CO_2 ont augmenté de plus d'un tiers passant de 280 parties par million (ppm) à 380 ppm en 2007, suite à la combustion de combustibles fossiles, de la déforestation et des changements dans l'utilisation des sols. Les concentrations d'autres GES, comme le méthane et l'oxyde nitreux, ont aussi augmenté. La présence accrue de GES a un effet de réchauffement sur le climat par l'augmentation du rayonnement infrarouge à travers l'atmosphère. Au total, l'effet de réchauffement causé par les GES émis par les activités humaines est équivalent à environ 430 ppm de dioxyde de carbone (ci-après CO_2 équivalent ou CO_2e) avec une augmentation annuelle d'environ 2,3 ppm.[196] L'Organisation météorologique mondiale a souligné dans son Bulletin sur les gaz à effet de serre de 2016 que la concentration de CO_2 avait atteint 400 ppm en 2015.

La concentration mondiale moyenne de dioxyde de carbone a atteint 400 parties par million pour la première fois en 2015 et est montrée à des niveaux historiques en 2016 dans la foulée d'El Niño, selon le Bulletin sur les gaz à effet de serre de l'Organisation météorologique mondiale.

Auparavant, les niveaux de CO_2 avaient atteint la barrière de 400 ppm pendant quelques mois par année, uniquement dans certaines régions, mais n'avaient jamais atteint cette moyenne mondiale

pendant une année. La plus ancienne station de surveillance des GES à Mauna Loa, à Hawaii, prévoit que les concentrations de CO_2 resteront supérieures à 400 ppm pendant toute l'année 2016 et resteront à ce niveau pendant plusieurs générations.

Le pic de croissance de CO_2 a été accéléré par El Niño qui a commencé en 2015 et dont les effets se sont poursuivis en 2016. Ces effets ont déclenché des sécheresses dans les régions tropicales et ont réduit la capacité des puits, comme les forêts, la végétation et les océans, d'absorber le CO_2. Ces puits absorbent maintenant seulement la moitié des émissions de CO_2 et il existe un risque de saturation, ce qui augmenterait la fraction du dioxyde de carbone émis qui resterait dans l'atmosphère.

Les émissions de GES au Canada de sept sources principales, identifiées dans l'inventaire du Gouvernement : pétrole et gaz ; transport ; électricité ; bâtiments ; secteurs tributaires du commerce et à forte intensité d'émission ; agriculture ; déchets ; et autres. Ces sources et leurs dynamiques particulières doivent être prises en compte afin de développer une stratégie de transition vers une économie faible en carbone.

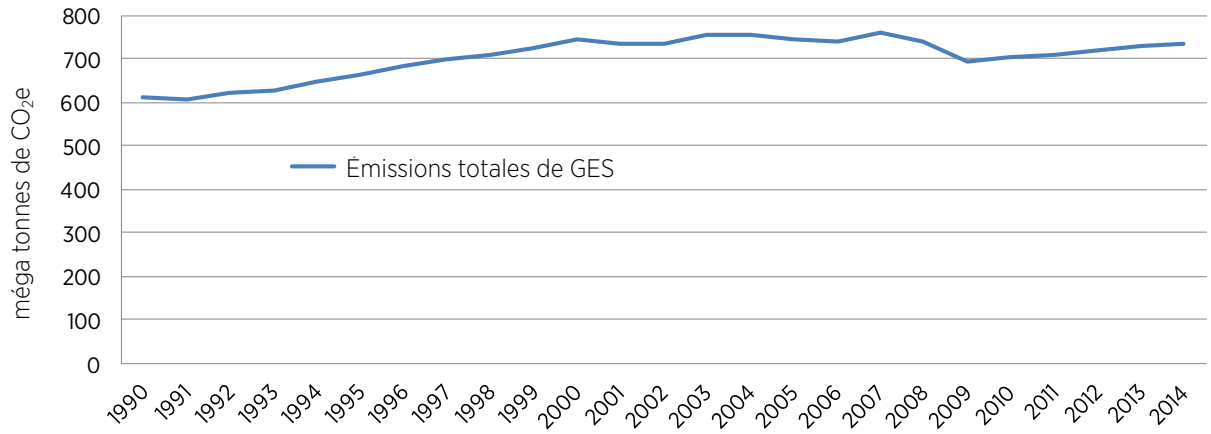
La figure 6 montre une augmentation constante des émissions de GES au Canada qui ont atteint 744 mégatonnes (Mt) de dioxyde de carbone équivalent (CO_2e) en 2000 ; en 1991, elles étaient de 606 Mt CO_2e. Il y a eu beaucoup de fluctuations dans les niveaux d'émission au cours de la période suivante, entre 2000 et 2008, avec une pointe en 2007 avec 758 Mt CO_2e. Les émissions ont enregistré un déclin important à 696 Mt CO_2e en 2009, suivi par une augmentation progressive à 732 Mt CO_2e en 2014. Cela représente une augmentation de 20 % (120 Mt CO_2e) des émissions en 1990 de 613 Mt CO_2e.[197]

Les émissions totales de GES au Canada en 2014 ont atteint 732 mégatonnes (Mt) de dioxyde de carbone équivalent (CO_2e), ou une augmentation de 20 % (120 Mt CO_2e) des émissions en 1990 de 613 Mt CO_2e. Les émissions ont augmenté annuellement pendant les premières dix années de cette période, mais les niveaux d'émission ont fluctué entre 2000 et 2008. Il y a eu un fort déclin en 2009 en raison de la récession économique mondiale avec ensuite une augmentation progressive.[198]

La croissance des émissions au Canada entre 1990 et 2014 est due à l'extraction et la production de gaz et de pétrole et par le transport. Les réductions des niveaux d'émission, enregistrés de 2005 à 2014, étaient liées à la réduction des émissions dans la production d'électricité et de chauffage.

Les secteurs pétrolier et gazier étaient les plus grands émetteurs de GES au Canada en 2014 et responsables de 26 % de la totalité des émissions (192 Mt CO_2e), alors que le secteur du transport a enregistré un niveau d'émission de 171 Mt CO_2e (23 %). Les autres secteurs de l'économie, dont l'électricité ; * les bâtiments ; les secteurs tributaires

FIGURE 6 : ÉMISSIONS TOTALES DE GES AU CANADA 1990 – 2014



Source : Environnement et changement climatique au Canada.
La croissance des émissions entre 1990 et 2014 est due par l'extraction et les industries pétrolière et gazière.

Les émissions de GES liées à la production pétrolière et gazière au Canada ont augmenté de 79 pour cent pour atteindre 192 Mt CO_2e en 2014 par rapport au niveau de 107 Mt de CO_2e en 1990. Cette augmentation est liée à la production de pétrole brut et l'expansion de l'industrie des sables bitumineux.

du commerce et à forte intensité d'émission ; l'agriculture ; et les déchets ont chacun émis entre 7 et 12 % des émissions de GES au Canada. Les secteurs tributaires du commerce sont l'extraction minière ; la fusion et le raffinage ; les pâtes et papiers ; le fer et l'acier ; le béton ; la chaux et le gypse ; les produits chimiques ; et les engrais. (*Si on ajoute l'électricité consommée par les bâtiments, les émissions totales représentent 25 % des émissions de GES au Canada.)

Les émissions en Alberta ont augmenté de 56 % en 2014 pour atteindre 273.8 Mt CO_2e, à partir de 175.2 Mt CO_2e en 1990. Cette augmentation est liée à la croissance des industries pétrolière et gazière. Les émissions de GES des secteurs pétrolier et gazier au Canada ont augmenté de 79 % pour atteindre192 Mt CO_2e en 2014, à partir de107 Mt de CO_2e en 1990. Cette augmentation est liée à la production accrue de pétrole brut et à l'expansion de l'industrie des sables bitumineux.

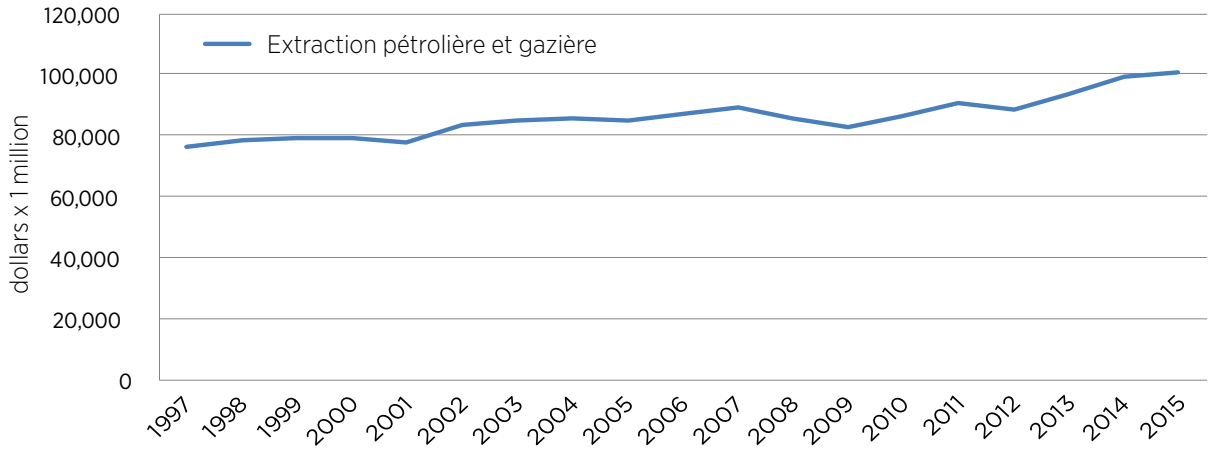
L'industrie pétrolière et les émissions de gaz à effet de serre

Le produit intérieur brut (PIB) correspond à la valeur totale des biens et services produits dans le territoire économique d'un pays ou d'une région pendant une période donnée. Le niveau du PIB indique la taille de l'économie, tandis que les changements d'une période à une autre du PIB indiquent soit l'expansion ou le repli de l'économie. La valeur ajoutée d'une industrie, appelée aussi le PIB par industrie, représente la contribution de l'industrie privée ou d'un secteur gouvernemental à la valeur totale du PIB.

Le secteur pétrolier et gazier se compose de toutes les entreprises actives dans l'exploitation de champs pétroliers ou gaziers, incluant la production de pétrole, l'extraction de pétrole de schistes bitumineux ou de sables bitumineux et la production de gaz et de liquides hydrocarbures, par gazéification et liquéfaction.

La figure 7 montre que la valeur ajoutée totale de l'industrie pétrolière et gazière a atteint un sommet d'une valeur d'environ 78$ milliards entre 1998 et 2001, et a progressivement augmenté pour atteindre 89 $ milliards en 2007. La valeur ajoutée du pétrole et du gaz a chuté rapidement à 85 $ milliards et 83 $ milliards en 2008 et 2009 respectivement, en raison de la réception internationale et la chute des prix du pétrole.

FIGURE 7 : LA VALEUR AJOUTÉE DE L'INDUSTRIE PÉTROLIÈRE ET GAZIÈRE AU CANADA 1997 – 2015



Statistiques Canada - PIB par industrie aux prix de base (du NAICS), annuel (dollars x 1 000 000) en dollars réels de 2007.

En comparaison, le PIB estimé du Canada en 2015 était de 1,65 $ mille milliards ou de 1,648 $ milliards, tandis que la valeur ajoutée de l'industrie du pétrole et du gaz était d'environ 101 $ milliards en 2015. La part de la valeur de l'industrie du pétrole au PIP total était entre 5 et 7 % entre 1997 et 2014.

La figure 8 démontre que la valeur ajoutée et les émissions de GES du secteur pétrolier et gazier sont caractérisées par des cycles de court terme qui sont influencés par des changements dans l'économie canadienne. Ce lien a été constaté clairement pendant la récession de 2009, où la valeur ajoutée du pétrole et du gaz a décliné en raison d'une baisse de la demande en énergie.

Pendant la récession, il y a eu un déclin parallèle dans l'émission de GES. En termes relatifs, la plus forte réduction des émissions s'est produite dans les processus industriels en raison des activités réduites des producteurs de sables bitumineux.

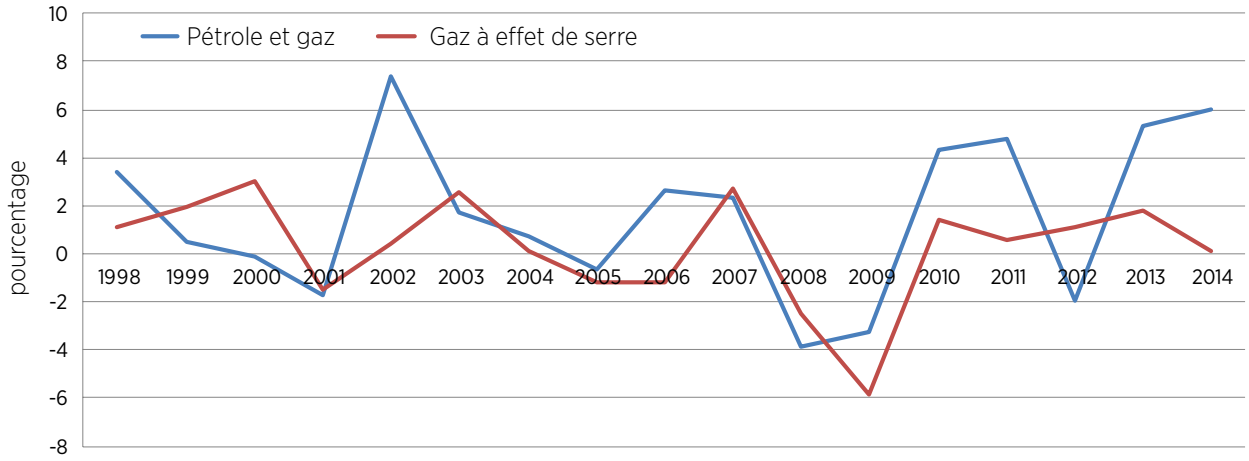
Une tendance semblable a également été constatée entre la valeur de la production pétrolière et gazière et les émissions de GES pendant des périodes de croissance du début et du milieu des années 2000 et après à la reprise économique de 2010. Cependant, la courbe indique une divergence entre la valeur ajoutée du secteur pétrolier et gazier et les émissions de GES en 2014.

La réduction des émissions de GES depuis 2013 est liée à l'utilisation réduire de produits de combustion pour la production d'électricité. Cette utilisation a diminué, passant de 95 Mt de CO_2e en 1990 à 78 Mt CO_2e en 2014. Cela représente une diminution de 17 % pour la période. La production accrue d'électricité par les centrales hydro-électriques et nucléaires a sans doute contribué à cette diminution des émissions.

Pendant la récession, il y a eu un déclin parallèle dans l'émission de GES. En termes relatifs, la plus forte réduction des émissions s'est produite dans les processus industriels en raison des activités réduites des producteurs de sables bitumineux.

PHOTO DE SABLES BITUMINEUX : JENNIFER GRANT/FLICKR

FIGURE 8 : TAUX DE CHANGEMENT DU PIB / GES, LIÉ AU PÉTROLE ET AU GAZ AU CANADA, 1994 – 2014



Note : les fluctuations à court terme ou les changements de la valeur ajoutée et des émissions GES dans le secteur pétrolier et gazier suivent une courbe semblable entre 1998 et 2014.

FERME SOLAIRE GREEN ACRES, ALBERTA : DAVID DODGE/FLICKR

Construction, restructuration économique et développement à faible teneur en carbone

La structure de l'économie canadienne constitue le fondement d'une stratégie ambitieuse dont l'objectif est d'assurer la transition vers un développement à faible teneur en carbone. Cette transition repose sur des investissements stratégiques dans la construction d'installations et d'infrastructures pour réduire les émissions de CO_2 dans la production d'énergie électrique. Cette section porte sur le processus de restructuration économique et la demande d'emplois de construction dans le secteur des énergies renouvelables et des bâtiments écoénergétiques.

Construction et restructuration économique

On définit l'énergie renouvelable comme étant une source d'énergie ou de carburant qui peut se régénérer et s'alimenter de nouveau indéfiniment. Les cinq sources d'énergie renouvelable les plus utilisées sont la bioénergie et l'hydro énergie ainsi que l'énergie éolienne, solaire et géothermique. Dans le cadre de cette étude, la restructuration se définit comme étant la réallocation de fonds privés et publics dans la construction d'infrastructures d'énergie renouvelable tandis que l'économie s'éloigne des combustibles fossiles. La restructuration de l'économie canadienne repose sur l'élaboration de plans et guides de décarbonisation par la transformation d'infrastructures d'énergie existantes. Les investissements dans l'énergie renouvelable et l'expansion du système d'énergie électrique permettront de stimuler l'industrie de la construction. Par conséquent, la capacité du secteur de l'énergie renouvelable augmentera pour répondre aux besoins des utilisateurs qui dépendent de combustibles fossiles.

DDPP (Deep Decarbonization Pathways Project, Projet de décarbonisation majeure)

Le DDPP a publié un rapport en décembre 2015 qui présente le processus de transition du Canada vers une économie à faible teneur en carbone. L'objectif

de ce processus est d'aider le Canada à atteindre les objectifs internationaux pour limiter l'augmentation de la température moyenne mondiale en surface à moins de 2°C[199] pour éventuellement atteindre 1,5°c. Le rapport souligne six voies de développement à faible teneur en carbone au Canada.

La transformation structurelle de l'économie nationale est l'une des voies principales du développement à faible teneur en carbone. Les changements structurels de l'économie canadienne découleront de politiques en matière de changements climatiques, de la demande mondiale pour des matières premières comme du pétrole et des ressources naturelles.[200]

Dans le rapport, les cinq autres voies du développement à faible teneur en carbone sont regroupées sous les deux thèmes suivants.

Le premier thème concerne l'approfondissement de tendances actuelles et comprend trois voies de développement. Il s'agit de technologies qui sont économiquement et techniquement réalisables, dont l'électrification décarbonisée, l'amélioration de la productivité énergétique, et limitation ou utilisation d'émissions non énergétiques. Les deux autres voies de développement sont regroupées sous le thème des technologies de la prochaine génération. Cette catégorie inclut les carburants pour le transport à émissions quasi nulles et la décarbonisation des processus industriels.

L'étude conclut que les mesures agressives pour décarboniser l'économie canadienne pourraient permettre de réduire graduellement les niveaux actuels d'émissions de GES de 78 mt d'ici 2050, ce qui représenterait une diminution des émissions dues à l'énergie de 88 %.

Près de la moitié des émissions visées par les voies de décarbonisation d'ici 2050 proviennent du secteur de l'extraction de combustibles fossiles. Un autre tiers des émissions proviennent de l'activité industrielle, tandis que les secteurs du bâtiment, électricité et transport, qui seront presque entièrement décarbonisés d'ici 2050, représentent moins d'un quart des émissions restantes.

Le rapport estime que le total des investissements augmentera de 16,2$ milliards annuellement entre 2015 et 2050, ce qui représente une augmentation de 8 % par rapport aux niveaux historiques du secteur privé. L'électricité constitue le secteur où les besoins d'investissements sont les plus grands, soit environ 13,5$ milliards par année. Cette augmentation représente 87 % par rapport aux niveaux historiques.

Il faudrait investir 2,9$ milliards par année en amont de l'industrie pétrolière et gazière pour adopter des technologies avancées à faibles émissions telles que la séquestration géologique du dioxyde de carbone, l'extraction de solvants et la production de vapeur directe sur place. Ceci représente 6 % des niveaux historiques d'investissement dans le secteur.

Les investissements dans les bâtiments commerciaux devraient augmenter de 700$ millions annuellement entre 2015 et 2050. Ces montants serviront à l'achat d'équipements à faibles émissions comme des thermopompes pour le chauffage, des enveloppes plus efficaces et la remise en état d'enveloppes plus anciennes. Les investissements dans l'industrie augmentent également de 600$ millions annuellement, ce qui représente une augmentation de 1 % par rapport aux niveaux historiques. Ces montants sont investis dans diverses technologies à faible émission, notamment des mesures plus efficaces, thermopompes, changements de combustibles, processus alternatifs et méthodes de séquestration géologique du dioxyde de carbone.

On prévoit que les investissements dans le secteur de la construction de bâtiments commerciaux augmenteront de 700 $ millions par année entre 2015 et 2050. PHOTO : PATRICK TOMASSO/UNSPLASH

Pathways to Deep Decarbonnization in Canada est la première étude nationale sur la décarbonisation respectant les objectifs de l'Accord de Paris. CÉRÉMONIE DE SIGNATURE DE L'ACCORD DE PARIS. PHOTO DES NATIONS UNIES/FLICKR

Politique en matière de changements climatiques et voies de décarbonisation

Cette section traite du lien entre la politique économique du Canada et la recherche sur les voies de décarbonisation de l'Institut international du développement durable (IIDD)[201]. Certains éléments de cette recherche macroéconomique sur les changements climatiques ont commencé à émerger dans la politique fiscale du Canada.

DDPP Canada est la première étude nationale sur la décarbonisation respectant les objectifs de l'Accord de Paris. Le rapport de recherche établit un lien entre la politique économique, la décarbonisation et le débat public sur les changements climatiques au Canada. On y retrouve une vision de la transformation économique et le développement à faibles émissions au Canada à long terme. Par conséquent, le rapport sert de référence pour l'élaboration de politiques économiques nationales.[202]

L'IIDD est une organisation non gouvernementale basée à Paris dont le mandat est d'entreprendre et diffuser de la recherche sur le développement économique international. Le DDPP est une initiative collaborative qui a pour but de déterminer comment les pays peuvent passer à une économie faible en carbone pour atteindre leurs objectifs climatiques. La première phase du DDPP (2014-2015) a permis d'élaborer un cadre de recherche pour faciliter l'adoption d'actions pour lutter contre les changements climatiques dans 16 pays. Ces politiques ambitieuses reflètent les circonstances nationales de chaque pays et ont pour objectif de limiter l'augmentation de la température moyenne à 2°c.

Contributions prévues déterminées au niveau national

Conformément à l'Accord de Paris conclu en décembre 2015, le gouvernement libéral s'est engagé à réduire ses émissions de GES à 30 % sous les niveaux de 2005 d'ici 2030. Le précédent gouvernement conservateur avait fixé cet objectif dans un mémoire soumis à la Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC) en mai 2015. En revanche, les niveaux d'atténuation du Canada sont inférieurs à ceux de ses pairs.

Le taux annuel de réduction d'émissions dans l'ensemble de secteurs économiques fixé pour 2020-2030, qui est défini dans les Contributions prévues déterminées au niveau national (CPDN), reflète l'ampleur des mesures que chaque pays vise pour atteindre cet objectif à long terme nécessaire.

Le *World Resources Institute* estime que les taux de réduction d'émissions proposés par l'Union européenne et les États-Unis pour la période de 2020 à 2030 se situent environ à 2,8 % par année. Les taux proposés par le Canada, soit de 1,7 % par année, sont nettement moins ambitieux.[203]

Si l'ordre exécutif du président Donald Trump sur la « Promotion de l'indépendance énergétique et la croissance économique » est adopté de manière intégrale, les États-Unis ne seront probablement pas en mesure d'atteindre les objectifs qu'ils ont fixés pour 2025 dans le cadre de l'Accord de Paris. On estime ainsi que de 2025 à 2030, le niveau d'émissions des États-Unis sera identique au niveau actuel, plutôt que de diminuer de 14 % par rapport aux niveaux de 2014 tel qu'il est prévu pour que le pays atteigne ses objectifs (définis dans la Contribution prévue déterminée au niveau national) conformément à l'Accord de Paris.

En revanche, l'ordre exécutif du président Donald Trump peut uniquement ralentir et non pas inverser les tendances qui ont permis aux États-Unis de diminuer leurs émissions dans les dernières années. Même si l'ordre risque de mener à la suspension, la révision et l'abrogation de politiques actuelles, ces mesures mèneront probablement à des disputes juridiques dans les prochaines années. Par conséquent, ces mesures n'auront pas un impact immédiat sur les émissions des États-Unis.

En préparation à la conférence de Paris sur les changements climatiques, le Canada a soumis son CPDN à la CCNUCC le 15 mai 2015. Le plan présenté propose de développer un important réseau de production d'électricité propre et d'adopter des normes plus strictes interdisant la production de nouvelles unités de production d'électricité au charbon. Le plan prévoit également d'éliminer graduellement les unités de production d'électricité au charbon existantes.[204]

En novembre 2016, le gouvernement fédéral a accéléré le processus d'élimination en modifiant la règlementation qui exige désormais que les unités de production d'électricité au charbon soient conformes à un niveau strict de rendement de 420 tonne de dioxyde de carbone par gigawatt/heure (tCO_2/GWh) au plus tard en 2030. Les unités traditionnelles n'ont pas de mécanisme de capture de carbone.[205]

Stratégie canadienne de l'énergie

Tous les paliers de gouvernement ont une responsabilité dans la réponse politique aux changements climatiques. Puisque le pouvoir juridictionnel sur les ressources naturelles, l'énergie et plusieurs aspects de l'environnement incombe aux provinces et territoires, chacune de ces régions dispose d'un cadre juridique, de politiques et de mesures pour réduire les émissions de gaz à effet de serre. Le gouvernement fédéral quant à lui dispose de mécanismes pour travailler conjointement avec la province et autres intervenants dans la lutte aux changements climatiques.

Les dirigeants provinciaux et territoriaux du Canada ont lancé la Stratégie canadienne de l'énergie (SCE) en juillet 2015 lors de l'assemblée des premiers ministres. Selon cette Stratégie, l'industrie pétrolière et gazière est nécessaire pour la sécurité énergétique nationale.

La Stratégie porte également sur les changements climatiques et la transition vers une économie à faible carbone par le biais d'initiatives de politique publique, comme la tarification et la capture de carbone, ainsi que l'innovation technologique. La

SCE promet d'accroître l'utilisation d'énergies propres et renouvelables dans la production d'électricité, les processus industriels, le chauffage et le transport. Elle favorise également l'utilisation d'énergie renouvelable grâce à des approches innovatrices comme le stockage d'énergie, les réseaux intelligents et la micro génération sur place.[206]

La Stratégie stipule que pour aller vers une économie à faible carbone, il faut développer des politiques commerciales qui offrent des incitatifs pour réduire les émissions de gaz à effet de serre. Par conséquent, la SCE permet aux provinces et territoires d'utiliser des mécanismes de gestion du carbone, de nouvelles technologies pour capter et stocker le carbone, des politiques qui encouragent le marché à réduire ou éliminer les émissions de gaz à effet de serre, dont la tarification du carbone.

Déclaration de Vancouver

Les premiers ministres ont signé la Déclaration de Vancouver sur la croissance propre et les changements climatiques le 3 mars 2016. Conformément à cette déclaration, un cadre pancanadien doit être mis en place au début de 2017[207]. Ils ont prévu d'adopter pour la première fois des mesures locales, dont la tarification du carbone, et ont présenté au gouvernement fédéral les recommandations suivantes :

1. Soutenir la lutte aux changements climatiques en investissant dans les infrastructures vertes, le transport en commun et les infrastructures sociales écoénergétiques ;
2. Réduire graduellement les GES en déterminant conjointement avec les provinces comment optimiser les investissements fédéraux dans le Fonds pour une économie à faibles émissions de carbone ;
3. Doubler les investissements du gouvernement dans le développement et la recherche sur les énergies propres pendant les cinq prochaines années et stimuler les investissements du secteur privé dans les technologies propres ;
4. Faire avancer l'électrification des véhicules de transport conjointement avec les provinces et territoires ;
5. Favoriser le dialogue et le développement de plans régionaux pour les transmissions électriques propres ;
6. Investir dans l'énergie propre pour aider les communautés autochtones, éloignées et nordiques à se défaire du diesel.

Tarification du carbone

Le développement d'une politique pour limiter les changements politiques repose sur la tarification du carbone. Au plan économique, les émissions de GES sont une externalité, ce qui sous-entend que les producteurs d'émissions de GES sont responsables des changements climatiques et qu'ils imposent des coûts aux générations futures du monde. En revanche, ces producteurs d'émissions de GES ne mesurent pas entièrement les conséquences de leurs gestes. Grâce à la tarification du carbone par le biais de taxes, d'échanges et de réglementation, ils porteront davantage le coût social de leurs actions. Par conséquent, les entreprises et individus s'éloigneront des biens et services à forte teneur en carbone et investiront davantage dans les alternatives faibles en carbone[208].

Le gouvernement libéral a lancé une approche pancanadienne pour la tarification du carbone en octobre 2016, selon laquelle les provinces et territoires pourront mettre en œuvre les éléments suivants :

- Système fondé exclusivement sur le prix, comme la taxe sur le carbone de la Colombie-Britannique, ou un système d'émissions fondé sur le rendement et une taxe carbone comme en Alberta ;

Système de plafonnement et d'échange comme en Ontario et au Québec. Les provinces et territoires percevront les revenus de la tarification du carbone et pourront choisir comment ils les investissent dans leurs économies, tout en aidant

les travailleurs et familles, en plus de minimiser les impacts pour les groupes vulnérables.[209]

Pour les régions ayant un système basé uniquement sur le tarif, le prix du carbone devrait commencer au minium de 10$/tonne en 2018 et augmenter ensuite de 10$ par année pour atteindre un maximum de 50$ la tonne en 2022. Les provinces qui ont un système de plafonnement et d'échange doivent :

- Fixer pour 2030 un objectif de réduction égal ou supérieur à l'objectif de réduction de 30 % que le Canada a fixé ;
- Établir des objectifs plus stricts quant au plafonnement d'ici 2022 pour atteindre au moins les réductions d'émissions prévues résultant des systèmes fondés sur le prix.

CHAUFFERIE À BIOMASSE AVEC CHAUFFAGE CENTRALISÉ À L'UNIVERSITÉ SAINTE-ANNE EN NOUVELLE ÉCOSSE. PHOTO DAVID DODGE/FLICKR

Investissement privé, tarification du carbone et combustibles fossiles

Pour déterminer où elles investissent, les entreprises tiennent compte de diverses incertitudes qui évoluent au fil du temps. Ainsi, les politiques concernant la tarification du carbone doivent reposer sur un cadre garantissant aux investisseurs que la politique du carbone soit maintenue. Il est important d'envisager les prix du carbone à long terme pour que les entreprises investissent dans des centrales, usines industrielles et bâtiments entre autres qui ont une longue durée de vie. En ayant la certitude que les tarifs du carbone augmenteront à long terme pour atteindre un niveau comparable à celui des dommages que provoquent les émissions, elles investiront dans des actifs à faible impact plutôt que dans ceux à forte teneur en carbone.[210]

En ayant la certitude que les tarifs du carbone augmenteront à long terme pour atteindre un niveau comparable à celui des dommages que provoquent les émissions, les entreprises investiront dans des actifs à faible impact plutôt que dans ceux à forte teneur en carbone.

Les 10 à 20 prochaines années seront une période de transition, d'un monde où les programmes de tarification du carbone en étaient à leur tout début, vers un monde où la tarification du carbone est répandue et calculée automatiquement dans le processus décisionnel. En revanche, même s'il existe un système mondial de tarification du carbone, les prix futurs du carbone risquent de ne pas être calculés adéquatement dans le processus décisionnel des entreprises. Si c'est les cas, les entreprises pourraient continuer à investir dans des actifs à forte teneur en carbone, obligeant ainsi diverses économies à suivre cette trajectoire.

À l'heure actuelle, HSBC Global Research et d'autres institutions financières avertissent les investisseurs du risque grandissant que leurs actifs qui dépendent des combustibles fossiles deviennent irrécupérables. Essentiellement, si on continue à brûler des combustibles fossiles, on ne respectera pas l'objectif de 2°c sur lequel on s'est entendu à l'échelle mondiale.[211]

SYSTÈME DE GÉNÉRATION DE SHEERNESS, ALBERTA : PHOTO DE TONYGLEN14/FLICKR

HSBC souligne que le concept s'appliquait d'abord aux actifs qui dépendent du charbon, mais avec la chute du prix du pétrole en 2015, le concept s'est aussi étendu à l'industrie pétrolière et gazière. Le seuil de rentabilité des sables bitumineux et du schiste bitumineux est de 80$ US le baril ou plus, mais le prix devrait diminuer dans les installations plus anciennes. En 2015, le prix du pétrole était inférieur à 40$ le baril, ce qui veut dire que la production de sable pétrolifère génère des pertes. Ces installations risquent de devenir désuètes en raison d'une meilleure efficacité énergétique et du progrès dans les technologies renouvelables, les batteries de stockage et la récupération de pétrole, ce qui a un impact sur la demande de combustibles fossiles. Il est difficile néanmoins de prédire quand ces changements structurels auront lieu, ce qui pose un défi pour les investisseurs internationaux.

La Banque d'Angleterre étudie à l'heure actuelle le risque que l'industrie des combustibles fossiles provoque une crise économique si les systèmes de production de charbon, pétrole et gaz perdent de la valeur à cause des règlements sur les changements climatiques. Mark Carney, le gouverneur de la Banque d'Angleterre, a indiqué en décembre 2014 que les pertes subies par les assureurs à cause des perturbations climatiques sont passées de 10$ milliards US par année en 1980 50$ milliards US par année. Selon lui, divers mécanismes commerciaux permettraient de maintenir l'augmentation des températures mondiales à 2°c. Pour ce faire, il faudrait comptabiliser entièrement le carbone dans toutes les économies du monde.[212]

Le débat sur les actifs irrécupérables est né d'une étude publiée dans Nature. Selon cette étude, les émissions potentielles de GES des réserves de combustibles fossiles du monde sont trois fois plus élevées que le seuil maximal convenu mondialement de 1110 gigatonnes d'émissions cumulatives de CO_2 pour 2011 à 2050. Cette limite est nécessaire pour maintenir la température mondiale à 2°c de plus que pendant l'ère préindustrielle. L'étude indique qu'il ne faudrait pas exploiter un tiers des réserves de pétrole, la moitié des réserves de gaz et plus de 80 % des réserves actuelles de charbon entre 2010 et 2050 pour atteindre la cible de 2°c. Si cette politique est mise en œuvre, la production de sables bitumineux risque fort probablement de diminuer après 2020 puisque les méthodes de production de cette industrie sont beaucoup plus chères que les autres.

Construction, combustibles fossiles et énergie renouvelable

Appels à une coalition pour une stratégie nationale sur le climat

Des entreprises, syndicats et groupes environnementaux du Canada ont invité le gouvernement fédéral en novembre 2016 à finaliser la stratégie nationale sur les changements climatiques. Cette coalition, qui représente plus de 60 organisations, encourage les premiers ministres à fixer un prix évolutif pour le carbone, dont les revenus permettraient d'attendre les objectifs en matière climat. Tous les membres de la coalition ont signé une lettre dans laquelle ils s'engagent à accélérer la transition vers une économie à faibles émissions de carbone. Parmi les représentants de l'industrie de la construction, de l'énergie renouvelable et du pétrole figurant :

- Neil Bruce, président et PDG, SNC-Lavalin ;
- Michael McSweeny, président et PDG, Association canadienne du ciment ;
- Chris Buckley, président, Fédération du travail de l'Ontario ;
- Ken Neumann, directeur national canadien, Syndicat des métallos ;
- Robert Hornung, président, Association canadienne de l'énergie éolienne ;
- Jacob Irving, président, Association canadienne de l'hydroélectricité ;
- Michael Crothers, président général et vice-président et directeur de la section canadienne, Shell Canada ;
- Brian Ferguson, président et PDG, Cenovus Energy ;
- Steve Williams, président et PDG, Suncor.

Investissements dans le secteur public et les infrastructures d'énergie renouvelable

En offrant une nouvelle source de revenu gouvernemental, la tarification de la pollution au carbone offre des possibilités intéressantes pour la transformation économique. Ces revenus pourraient servir à diminuer d'autres formes d'impôt, notamment sur le revenu ou sur les profits d'entreprise. Le gouvernement pourrait aussi investir dans des secteurs sous-financés, comme la santé, l'éducation et l'infrastructure. Ces fonds pourraient aussi être investis dans le développement d'énergies propres.[213] Le gouvernement canadien doit d'abord et avant tout déterminer comment éviter le risque de se retrouver prisonnier d'infrastructures à haute teneur en carbone.

Investissements publics et décarbonisation

Dans un rapport soumis à la CCNUCC en novembre 2016, le gouvernement canadien indique qu'il faut investir dans les infrastructures pour favoriser la décarbonisation et les avenues économiques à faible carbone. Les investissements publics ont aussi le potentiel de limiter les émissions de GES ainsi que l'impact des changements climatiques. Le rapport indique que les facteurs suivants permettent d'harmoniser le processus décisionnel, la décarbonisation et le développement d'infrastructures à long terme :

- Investissements ayant le potentiel d'établir des voies à long terme pour limiter les émissions de GES puisque la durée de vie des infrastructures varie habituellement entre 25 à 60 ans ;
- À partir du moment où on investit dans une infrastructure, les émissions de carbone et les comportements associés sont fixés et il devient très coûteux d'investir dans de nouvelles voies ;

- Investissements stratégiques dans le secteur public pour attirer des investissements privés dans les infrastructures à faible carbone et générer du financement pour les futurs investissements dans ce secteur ;
- Pouvoir de transformation des projets d'infrastructure ayant un rôle complémentaire et qui favorisent la transition vers une économie à faibles émissions de carbone.

Budget fédéral 2016

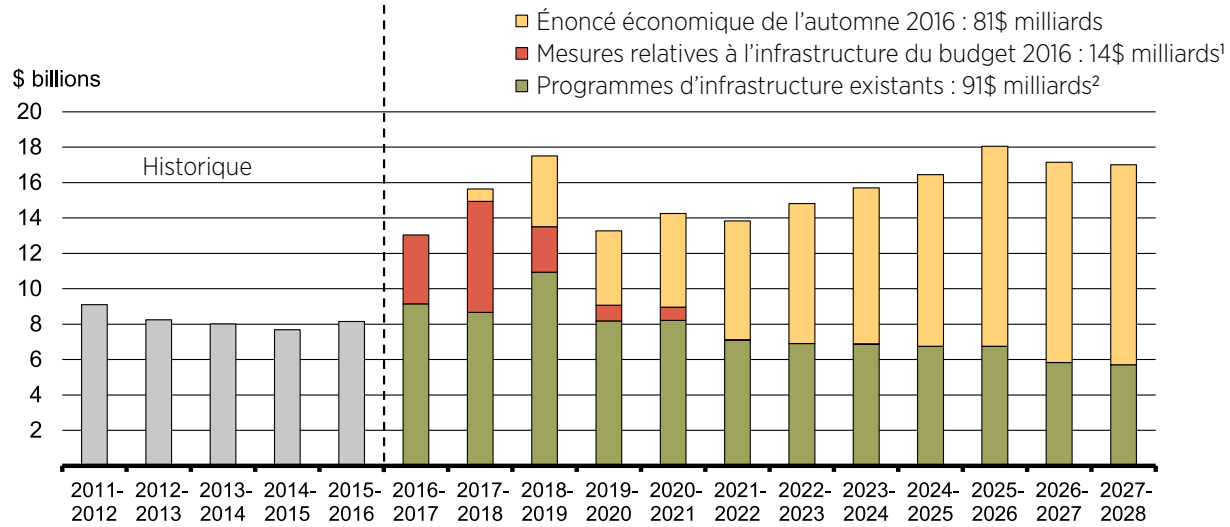
Le ministre des Finances Bill Morneau a déposé le premier budget fédéral du gouvernement libéral au Parlement le 22 mars 2016. Le budget comprend essentiellement un plan d'investissement en deux étapes de plus de 120$ milliards dans la construction d'infrastructures sur une période de 10 ans. La phase 1 du projet a été lancée avec un investissement de 119$ milliards sur cinq ans. Le montant est réparti comme suit :

- 3,4$ milliards sur trois ans pour rénover et améliorer les systèmes de transport en commun ;
- 5,0$ milliards sur cinq ans pour des projets d'eau, d'effluents et d'infrastructures vertes ;
- 3,4$ milliards sur cinq ans dans l'infrastructure sociale, notamment des logements abordables, des centres de la petite enfance, ainsi que des installations pour les services de santé, ainsi que les activités culturelles et récréatives dans les réserves autochtones.[214]

On estime que les investissements de la phase 1 et les autres mesures prévues dans le budget 2016 permettront de créer et de maintenir 100 000 emplois dans la planification et gestion de projet, en construction et en ingénierie.

Les dépenses prévues par le gouvernement fédéral pour le plan d'infrastructures à long terme de 2016-2017 à 2027-2028 sont définies dans l'Énoncé économique de l'automne 2016. Les barres jaunes du tableau graphique ci-dessous (9) illustrent l'investissement proposé de 81$ millions sur 11 ans à partir de 2017-18. Les barres rouges représentent l'investissement de 14$ milliards dans les infrastructures, dont 11,9$ milliards pendant la phase 1.

FIGURE 9 : PLAN D'INFRASTRUCTURE À LONG TERME



[1] Inclut les investissements stratégiques de la phase 1 (11,9$ milliards) dans l'infrastructure postsecondaire (2,0$ milliards) et le réseau rural à large bande (500$ millions). Voir le tableau 2.1 pour plus de détails.
[2] Inclut les programmes d'infrastructure du Canada, les programmes d'infrastructure en milieu autochtone et les programmes d'infrastructure sociale.

Source : Énoncé économique de l'automne 2016, 1er novembre 2016

Pour ce qui est du segment vert, 91$ milliards seront investis dans les programmes existants. Les investissements totaux du gouvernement fédéral dans l'infrastructure présenté dans l'Énoncé de l'automne représentent plus de 180$ milliards, ce qui est le plus important investissement dans l'infrastructure de l'histoire canadienne.

La phase 2 du plan comporte des investissements stratégiques dans la construction d'infrastructures à long terme afin de favoriser le développement à faible carbone. Le gouvernement a créé à cet effet le Fonds pour une économie à faibles émissions de carbone, qui investira 2$ milliards sur 2 ans dans des actions provinciales et territoriales pour réduire les émissions de GES et atteindre les objectifs nationaux envers lesquels le Canada s'est engagé. Diverses ressources seront investies dans ces projets pour atteindre le meilleur taux absolu de réduction de GES, au coût le moins élevé par tonne.[215]

Stratégies d'énergie alternatives

La phase 2 du plan d'infrastructure fédéral aura des incidences sur le secteur de l'énergie renouvelable, qui est représenté par CanCORE. Parmi les membres de cette organisation figurent l'Association canadienne de l'hydroélectricité (ACH), l'Association des industries solaires du Canada (CanSIA), l'Association canadienne de l'énergie éolienne (CanWEA) et *Marine Renewables Canada*. Au nom de ses membres, CanCORE a fait parvenir une lettre au ministre de l'Infrastructure et des Collectivités en septembre 2016.

La lettre stipule que le plan national sur les changements climatiques devrait être fondé sur la décarbonisation de la production d'électricité. Il faudrait par conséquent remplacer les systèmes actuels qui sont alimentés par des combustibles fossiles par des systèmes zéro carbone, en plus de veiller à ce que l'ensemble de la production d'électricité ne génère aucune émission. Par ailleurs, le réseau d'énergie doit se tourner davantage vers l'électricité et laisser tomber les combustibles fossiles au profit d'énergies renouvelables.[216]

Le gouvernement devrait investir une partie des revenus provenant d'initiatives de réduction du carbone dans des projets d'énergie renouvelable. CanCORE recommande notamment au gouvernement de prioriser et favoriser des projets d'infrastructure qui répondent aux objectifs suivants :

Le Fonds pour une économie à faibles émissions de carbone investira 2$ milliards sur 2 ans dans des actions provinciales et territoriales pour réduire les émissions de GES et atteindre les objectifs nationaux envers lesquels le Canada s'est engagé. Diverses ressources seront investies dans ces projets pour atteindre le meilleur taux absolu de réduction de GES au coût le moins élevé par tonne.

CONTREFORTS AU SUD DE L'ALBERTA. PHOTO : GORD MCKENNA/FLICKR

1. Améliorer la production d'énergie ;
2. Promouvoir et favoriser l'atteinte d'objectifs nationaux de production électrique pour avoir un réseau électrique à zéro-émissions d'ici 2050 ;
3. Soutenir l'électrification propre dans les communautés autochtones du Nord et les installations industrielles ;
4. Accroître la consommation électrique dans le système énergétique, afin d'atteindre une proportion de 50% de toutes les sources d'énergie d'ici 2050. Ces projets ont pour but de délaisser les combustibles fossiles au profit de l'électricité dans le transport, l'industrie et le bâtiment. Les objectifs sectoriels suivants ont été fixés :

a) Transport : accroître la consommation d'électricité dans l'industrie du transport pour répondre à 10 % des besoins énergétiques d'ici 2030 et plus de 30 % en 2050 ;

b) Industrie : accroître la consommation d'électricité dans l'industrie pour répondre à 45 % des besoins énergétiques d'ici 2030 et plus de 50 % en 2050 ;

c) Bâtiment : accroître la consommation d'électricité dans les bâtiments commerciaux pour répondre à 80 % des besoins énergétiques d'ici 2030 et plus de 100 % en 2050.

Dans le cadre des consultations de 2017 précédant le budget, CanWEA et CanSIA ont présenté un mémoire au Comité permanent des finances en août 2016. Ces deux associations y soulignent que la transition vers une économie à faibles émissions de carbone nécessite une politique publique et un régime pour stimuler les investissements dans les projets d'énergie renouvelable. Elles ont présenté les recommandations suivantes :

1. Tarification du carbone pour établir une concurrence équitable entre les énergies à faible carbone et les énergies à haute teneur en carbone ;
2. Promouvoir davantage les investissements dans les infrastructures à faible carbone en accroissant les rendements et en réduisant le coût du capital ;
3. Élargir la base des investisseurs pour générer plus de capitaux et assurer la participation sociale ;
4. Améliorer les mesures existantes pour maximiser leur impact.

Les projets d'énergie renouvelable requièrent beaucoup de capital, ce qui veut dire que leur construction exige un financement à long terme. Par conséquent, CanSIA et CanWEA soutiennent qu'une politique fiscale permettrait de réaliser ces projets. Ils estiment notamment que la tarification du carbone permettrait aux entreprises canadiennes de fonder leurs investissements dans ce secteur sur des données claires et prévisibles.

Currently, construction projects must meet the following financial requirements to obtain private financing:

(i) Contrat ou revenu fixe à long terme pour satisfaire les exigences d'exploitation et couvrir les paiements du principal et des intérêts ;

(ii) Technologies éprouvées et appuyées ;

(iii) Minimum de 10 000 000$ pour assurer la diligence raisonnable, structurer la dette et les autres coûts de transaction.

Par conséquent, certains projets résidentiels, commerciaux et communautaires n'obtiennent pas le financement requis, car ils n'ont pas les moyens de couvrir les frais de transaction et de diligence raisonnable. Ces exigences s'appliquent aussi à l'efficacité énergétique, les systèmes solaires de chauffage et refroidissement, ainsi que les projets de stockage d'énergie où il est impossible d'établir un contrat à prix fixe à long terme. À cause de ces lacunes financières, les investisseurs n'ont pas la possibilité de soutenir ces projets et le Cadre pancanadien sur la croissance propre et les changements climatiques.

Les politiques fiscales fédérales qui favorisent une meilleure analyse de rentabilisation des infrastructures à faible carbone et qui réduisent le coût du capital permettront aux projets canadiens d'énergie renouvelable d'obtenir plus de financement et d'être plus concurrentiels avec divers secteurs et l'industrie des combustibles fossiles. En revanche, les représentants du secteur de l'énergie renouvelable sont très préoccupés par le fait que le code fiscal du Canada offre plusieurs incitatifs aux secteurs pétrolier, gazier et minier. Ces entreprises récupèrent ainsi une partie des coûts de développement et de capital. En revanche, ces mesures incitatives économiques ne sont pas aussi répandues dans le secteur de l'énergie renouvelable.[217]

Cette première étude macroéconomique sur l'industrie de la construction, la restructuration économique et le développement à faibles émissions de carbone Contribuent de manière unique à la recherche sur le développement international. PHOTO SYNDICATS DES MÉTIERS DE LA CONSTRUCTION DU CANADA

Conclusion de l'analyse environnementale

LE CANADA A SIGNÉ l'Accord de Paris qui a été adopté à la 21e Conférence des parties (COP21) à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC). C'est la marque la première fois de l'histoire que toutes les nations du monde s'engagent à lutter contre les changements climatiques sous un cadre commun. Ainsi, 197 pays, qui produisent 97 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre (GES) ont convenu de mesures pour maintenir l'augmentation de la température moyenne mondiale sous la barre des 2°c comparativement aux niveaux préindustriels pour éventuellement atteindre un seuil de 1,5°c. Il est donc urgent[218] que le Canada élabore des plans pour s'ajuster à la transformation économique rapide découlant du développement à faibles émissions de carbone.

Pour atteindre ces objectifs, le Canada doit construire de nouvelles infrastructures et installations afin de produire de l'électricité à partir de sources renouvelables, dont l'énergie hydraulique, éolienne, solaire et marémotrice. Les membres des Syndicats des métiers de la construction ont un rôle très important à jouer à cet égard et cette première étude macroéconomique sur l'industrie de la construction, la restructuration économique et le développement à faibles émissions de carbone contribuent de manière unique à la recherche sur le développement international.

Glossaire

ADAPTATION Actions et stratégies prises dans les communautés et les écosystèmes pour affronter les conséquences des changements climatiques.

AFL-CIO La Fédération américaine du travail et le Congrès des organisations industrielles : organisation mère des Syndicats des métiers de la construction du Canda (SMCC).

ATTÉNUATION DES CCNUCC Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques ou traité international négocié au Sommet de la Terre à Rio de Janeiro en juin 1992 et qui est entrée en vigueur en mars 1994. L'objectif de ce traité est de stabiliser les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère au niveau nécessaire pour prévenir les répercussions dangereuses de l'activité humaine sur l'environnement comme les changements climatiques.

CHANGEMENTS CLIMATIQUES CHRONOLOGIQUES Efforts pour réduire ou limiter les émissions de GES provenant de l'activité humaine. Ensemble d'analyses de données bien définies obtenues par des mesures répétées sur une période de temps. Par exemple, les données de série chronologique permettent de calculer le taux de chômage mensuel. Ces données permettent aux économistes de repérer des changements dans certains indicateurs sur une période donnée de temps, comme l'impact des évènements cycliques, saisonniers ou inhabituels dans les données analysées.

CONSTRUCTION Pour les besoins de ce rapport, la construction fait référence aux syndicats des métiers de la construction, à la main-d'œuvre, aux gestionnaires et aux cols blancs qui participent directement à la construction de bâtiments, d'infrastructures, d'installations industrielles et d'autres projets.

CPDN Contributions prévues déterminées au niveau national : document soumis à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) par tous les signataires de l'Accord de Paris, qui devaient publier leurs objectifs de réduction de CO_2 avant la Conférence de Paris sur les changements climatiques en décembre 2015.

DECARBONISATION On mesure habituellement le dioxyde de carbone (CO2), l'un des principaux gaz à effet de serre (GES) provoquant des changements climatiques, ou les autres GES comme le méthane ou l'oxyde nitreux avec une entité unique qu'on nomme l'équivalent CO2 (CO2e). Plusieurs agences ont donc choisi le terme « décarbonisation » pour définir ce mouvement.

DÉVELOPPEMENT À DOLLARS ENCHAÎNÉS Méthode d'ajustement des séries de données économiques comme le produit intérieur brut (PIB) selon l'inflation sur un certain nombre d'années, ce qui permet de traduire ces données en termes concrets ou réels. Pour Statistique Canada, le prix de base, ou prix constant en dollars enchaînés, est une façon de représenter le PIB.

DONNÉES DE SÉRIE EMPLOI Personnes /années d'emploi calculés à 1500 heures par année. Le calcul est basé sur le nombre requis dans la plupart des régimes de retraite des métiers de la construction pour obtenir une année de service ou une année d'apprentissage.

ÉNERGIE RENOUVELABLE Source d'énergie ou combustible qui se régénère indéfiniment. Les cinq sources d'énergie renouvelable les plus répandues sont la bioénergie, ainsi que l'énergie éolienne, solaire, hydraulique et géothermique.

FAIBLES ÉMISSIONS DE CARBONE Expression signifiant les stratégies et plans de développement économique innovateurs, dont la croissance économique à faibles émissions de carbone ou la résistance aux changements climatiques.

GES Gaz à effet de serre, dont le dioxyde de carbone, le méthane, le chlorofluorocarbone (CFC) et l'oxyde nitreux, qui emprisonnent la radiation infrarouge dans l'atmosphère.

MACROÉCONOMIE Domaine de l'économie qui étudie le rendement, la structure, le comportement et le processus décisionnel d'une économie globale. Les économistes dans ce domaine regroupent des indicateurs comme le taux d'emploi, le PIB et l'inflation pour analyser le lien entre divers secteurs de l'économie et comprendre comment l'économie fonctionne.

MÉTHODE DE CALCUL NET ZÉRO Niveau dans une économie industrielle où les émissions de GES (dioxyde de carbone, méthane et oxyde nitreux) sont absorbées par des moyens naturels ou mis en place par l'homme.

NOUVELLE GÉNÉRATION Expression signifiant les développements futurs de produits, de services et de technologies.

PARTIES PAR MILLION (PPM) Mesure servant à contrôler et analyser les changements dans les taux de concentration du dioxyde de carbone (CO2) dans l'atmosphère terrestre. Le CO2 est le principal facteur contribuant aux changements climatiques. Depuis le début de la révolution industrielle (1750), la concentration de CO2 a augmenté de 40 % à cause de l'activité humaine, de 280 ppm en 1750 à 400 ppm en 2015.

PIB Produit intérieur brut : valeur monétaire totale des biens et services produits dans le territoire économique d'un pays ou d'une région pendant une période donnée. Cette mesure quantitative est la plus répandue pour calculer l'ensemble des activités économiques d'une nation. Le PIB reflète l'ampleur d'une économie et indique si elle est en expansion ou contraction.

RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE Augmentation de la température moyenne de surface due aux gaz à effet de serre, comme les émissions de dioxyde de carbone provenant des combustibles fossiles ou de la déforestation, qui emprisonnent la chaleur qui autrement s'évacuerait de la Terre. Il s'agit d'un facteur pour mesurer les changements climatiques.

RELATIVE À L'EMPLOI Calcul selon lequel un emploi à temps complet dans l'industrie de la construction correspond à 1500 heures, soit le nombre requis dans la plupart des régimes de retraite des métiers de la construction pour obtenir une année de service ou une année d'apprentissage.

SMCC Syndicats des métiers de la construction du Canada représentant plus d'un demi-million de travailleurs canadiens de la construction dans plus de 60 métiers et professions. Les SMCC sont affiliés à 15 syndicats internationaux.

TARIFICATION DU CARBONE Politique gouvernementale qui impose un prix sur les émissions de dioxyde de carbone. Le prix constitue le montant à payer pour avoir le droit d'émettre dans l'atmosphère une tonne de CO2. Cette méthode de calcul est le point de départ du processus de développement d'une politique économique pour atténuer les changements climatiques.

VALEUR AJOUTÉE DE LA CONSTRUCTION Produit intérieur brut (PIB) de la construction ou contribution monétaire de l'industrie de la construction à l'économie totale ou à l'ensemble du PIB.

Notes

1. Ces calculs correspondent aux 19 899 emplois dans la construction de bâtiments écoénergétiques non résidentiels cités dans le rapport de 2014 du Conseil du bâtiment durable du Canada (CBDCa) : Le Bâtiment durable au Canada : Évaluer les impacts et les opportunités sur le marché, p. 84. http://www.cagbc.org/CAGBC/Advocacy/Green_Building_in_Canada_Assessing_the_Market_Impacts_Opportunities.aspx. Nous avons utilisé 30 % de ce chiffre pour calculer les emplois dans le secteur de la construction de bâtiments non résidentiels, selon un sondage mené par McGraw Hill Construction, pour le compte du CBDCa, auprès d'entrepreneurs, d'architectes, de propriétaires de bâtiments et d'ingénieurs (Voir : Canada Green Building Trends: Benefits Driving the New and Retrofit Market," p. 6, selon la formule : 19 899/ x = 30/100 ; x = 66330. Cette estimation est conservatrice puisqu'il y a 600 000 Canadiens qui travaillent dans le secteur de la construction non résidentielle. (Voir le rapport de ConstruForce Évaluation du marché du travail dans l'industrie de la construction résidentielle, graph p. 14, http://www.buildforce.ca/en/system/files/products/Labour-Market-Assessments-Residential-Construction-Industry-2015.pdf). Au total, environ 1 385 000 Canadiens travaillaient dans le secteur de la construction en 2016 — voir les données de Statistiques Canada à : www.statcan.gc.ca/tables-tableaux/sum-som/l01/cst01/econ40-eng.htm). Il est peu probable qu'il y ait seulement 66 000 Canadiens qui travaillent dans les secteurs de la construction commerciale, industrielle et institutionnelle. À partir de ce chiffre conservateur, nous prévoyons une saturation écoénergétique du secteur entre 2014 et 2050 (atteignant une saturation de 100 % d'ici 2049) proportionnelle à la croissance démographique prévue (de 36M à 48M) : 36/48 = 66 330/x ; x = 88440 comme nombre d'emplois continus en 2050, générant un nombre total d'emplois/années de 1 997 640.
2. Climate Action Tracker, (2016) « Effets des engagements et des politiques actuelles en matière de climat mondial ». http://climateactiontracker.org/global.html
3. Tracy Johnson, CBC News (2016) "Just how many jobs have been cut in the oilpatch," 6 juillet 2016. www.cbc.ca/news/canada/calgary/oil-patch-layoffs-how-many-1.3665250
4. Environnement et changement climatique Canada (2016). « *Stratégie canadienne de développement à faible émission de gaz à effet de serre à long terme pour le milieu du siècle ».* http://unfccc.int/files/focus/long-term_strategies/application/pdf/canadas_mid-century_long-term_strategy.pdf?utm_source=All+Media&utm_campaign=517babec61EMAIL_CAMPAIGN_2016_11_18-2050+strategy&utm_medium=email&utm_term=0_135bfb50a9-517babec61-347670097
5. Table ronde nationale sur l'environnement et l'économie (2011). « Le prix à payer : Répercussions économiques du changement climatique pour le Canada », p. 15, http://nrt-trn.ca/wp-content/uploads/2011/09/paying-the-price.pdf
6. « Le prix à payer : Répercussions économiques du changement climatique pour le Canada, » ibid, p.16.
7. The London School of Economics and Political Science (2015) "Nicholas Stern finds stronger case for low-carbon growth and argues for more demanding greenhouse gas target," 22 juillet 2015. www.lse.ac.uk/GranthamInstitute/news/nicholas-stern-finds-stronger-case-for-low-carbon-growth-and-argues-for-more-demanding-greenhouse-gas-target/
8. « Environnement et changement climatique (2017) Rapport d'inventaire national 1990–2015 : Sources et puits de gaz à effet de serre au Canada ». https://ec.gc.ca/indicateurs-indicators/default..asp?lang=en&n=FBF8455E-1
9. Données par pays de la Banque mondiale — Canada — données pour PIB par année, contenues dans le graphique en haut à gauche. http://data.worldbank.org/country/canada
10. Environnement et changement climatique Canada (2014) « Environnement et changement climatique (2017) Rapport d'inventaire national 1990–2015 : Sources et puits de gaz à effet de serre au Canada. -Sommaire » https://www.ec.gc.ca/geshg/default.asp?lang=En&n=662F9C56-1
11. Agence internationale de l'énergie, « Découplage entre émissions mondiales et croissance économique confirmé, » 16 mars 2016, https://www.iea.org/newsroom/news/2016/march/decoupling-of-global-emissions-and-economic-growth- confirmed.html
12. Tom Randall (2016) "Wind and Solar Are Crushing Fossil Fuels: Record clean energy investment outpaces gas and coal 2 to 1." Bloomberg, 6 avril 2016. https://www.bloomberg.com/news/articles/2016-04-06/wind-and-solar-are-crushing-fossil-fuels

13. Ibid.
14. Charles Kennedy (2016) "The Worst Oil Crisis Ever? IEA Sees Unprecedented Decline In Investment" Oilprice.com, 14 septembre 2016. http://oilprice.com/Energy/Energy-General/The-Worst-Oil-Crisis-Ever-IEA-Sees-Unprecedented-Decline-In-Investment.html
15. REN21, (2016) "Renewables 2016 Global Status Report" www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/06/GSR_2016_Full_Report.pdf
16. The Guardian, (2016) "US solar industry now employs more workers than oil and gas, says report" 12 janvier 2016. https://www.theguardian.com/business/2016/jan/12/us-solar-industry-employees-grows-oil-gas
17. Michael Liebrich (2016) Bloomberg New Energy Finance Summit, 5 avril 2016, p. 60. https://data.bloomberglp.com/bnef/sites/4/2016/04/BNEF-Summit-Keynote-2016.pdf
18. David Hothschild, California Clean Energy Commission (2016) "California says Australia has nothing to fear from more renewables" RenewEconomy.com, février 2016. http://reneweconomy.com.au/california-says-australia-has-nothing-to-fire-from-more-renewables-13468/
19. Arathy S Nair (2016) "Peabody Chapter 11 tops string of U.S. coal bankruptcies" Reuters, 15 avril 2016. www.reuters.com/article/us-usa-coal-bankruptcy-idUSKCN0XC2KQ
20. Mark Carney (2016) "Breaking the tragedy of the horizon — climate change and financial stability-speech by Mark Carney" Bank of England, http://www.bankofengland.co.uk/publications/Pages/speeches/2015/844.aspx
21. CIA World Factbook, Crude Oil — Production page, https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/rankorder/2241rank.html
22. CIA World Factbook, Natural Gas — Production page, https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/rankorder/2249rank.html
23. Dan Healing (2016) "Suncor proposes leaving oil sands in ground to cut greenhouse gas emission intensity," Globe & Mail, 28 juillet 2016, www.theglobeandmail.com/report-on-business/industry-news/energy-and-resources/suncor-discussing-with-alberta-government-possibility-of-leaving-oil-in-ground/article31153337/
24. Agence internationale de l'énergie (2017) "Global oil supply to lag demand after 2020 unless new investments are approved soon," 6 mars 2017. https://www.iea.org/newsroom/news/2017/march/global-oil-supply-to-lag-demand-after-2020-unless-new-investments-are-approved-so.html
25. Jan Lee (2017) "Shell Begins Divestment from Canadian Oil Sands," TriplePundit.com, 14 mars 2017. www.triplepundit.com/2017/03/shell-begins-divest-canadian-oil-sands/
26. Conseil des académies canadiennes (2015) "Technology and Policy Options for a Low-Emission Energy System in Canada," p. 81. www.scienceadvice.ca/uploads/eng/assessments%20and%20publications%20and%20news%20releases/magna/energyuse_fullreport_en.pdf
27. Voir la lettre ouverte "A bold national action plan for energy efficient buildings" co-signée par 11 institutions, dont l'Alliance de l'efficacité énergétique du Canada, I 'Institut Pembina et Architecture Canada. https://www.pembina.org/pub/bold-plan-for-buildings
28. Leslie Malone et al., Energy Efficiency: Engine of Economic Growth in Canada, 2014, Acadia Center, p. 70, http://acadiacenter.org/document/energy-efficiency-engine-of-economic-growth-in-canada/
29. Supra, note 27.
30. Dean Kuipers, Capital & Main, (2016) "Green State, Golden State: Clean Energy Policy Creates Good Jobs," 19 juillet 2016. http://bit.ly/2gaSC2a
31. Mark Z. Jacobson et al., (2017), *100% Clean and Renewable Wind, Water, and Sunlight (WWS) All Sector Energy Roadmaps for 139 Countries of the World*, published by Stanford University, 7 avril 2017.
32. À environ 110 000 kg par bulldozer. Selon les spécifications de 248 500 lb sur le site de Caterpillar : www.cat.com/en_US/products/new/equipment/dozers/large-dozers/18332635.html
33. Réseau des solutions pour le développement durable (RSDD) et l'Institut du développement durable et des relations internationales (IDDRI) (2015) "Pathways to Deep Decarbonization in Canada," p. 24. http://deepdecarbonization.org/wp-content/uploads/2015/09/DDPP_CAN.pdf
34. Association canadienne de l'électricité, Statistiques clés de l'électricité au Canada (2014).
35. US Energy Information Association, mise à jour avril 2017 https://www.eia.gov/tools/faqs/faq.php?id=427&t=3
36. Michael Ganley (2016) "Without coal, how will Alberta get its power in 2030?" 13 avril, 2016, http://albertaventure.com/2016/04/without-coal-will-alberta-get-power-2030/
37. Chambre de commerce du Canada (2013) "L'électricité au Canada : investir intelligemment pour dynamiser la compétitivité future," janvier 2013, p. 22, http://www.chamber.ca/media/blog/130123-electricity-in-canada-smart-investment-to-power-future-competitiveness/

38. Le Canada produit en une année plus de 600 térawattheures d'énergie (Ressources naturelles Canada 2015). Cahier d'information sur l'énergie 2015-2016, p. 78, https://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/energy/files/pdf/EnergyFactBook2015-Eng_Web.pdf); sept pourcent est 42 TWh. Le Site C devrait produire 5,1 TWh (5100 GWh; voir les estimations de BC Hydro à https://www.bchydro.com/energy-in-bc/projects/site_c.html).
39. Projet Trottier pour l'avenir énergétique, avril 2016, pp. 56, https://www.cae-acg.ca/wp-content/uploads/2013/04/3_TEFP_Final-Report_160425.pdf
40. Association canadienne de l'électricité (2014), Statistiques clés de l'électricité au Canada.
41. Association canadienne de l'électricité (2014), Statistiques clés de l'électricité au Canada. Statistiques légèrement différentes de RNCAN ici, montrant 620 TWh au lieu de 611, et différents pourcentages, mais non ventilés aussi précisément que ceux du Cahier d'information sur l'énergie 2015-16, https://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/energy/files/pdf/EnergyFactBook2015-Eng_Web.pdf
42. Statistique Canada (2016) "Regard sur la démographie canadienne," 19 février 2016, p. 4 : 52,6 millions d'ici 2061, http://www.statcan.gc.ca/pub/91-003-x/91-003-x2014001-eng.pdf
43. Réseau des solutions pour le développement durable (RSDD) et l'Institut du développement durable et des relations internationales (IDDRI) (2015) "Le Canada sur la voie de la décarbonisation profonde," Figure 17, p. 25. Le rapport prévoit que l'électricité fournira 43 % de l'énergie au Canada en 2050, comparé à 25 % aujourd'hui.
44. Ibid, p. 25.
45. Voir le graphique p. 25, "100% Clean and Renewable Wind, Water, and Sunlight (WWS) All-Sector Energy Roadmaps for 139 Countries," Mark Jacobson (2017) Stanford study; et clarifications au moyen d'une communication personnelle du sens de : Charge totale de consommation finale 2050: « C'est-à-dire la charge de consommation finale en » GW (puissance non installée). Multiplier par 8760 heures/année pour obtenir la consommation finale d'énergie par année dans tous les secteurs (résidentiel, commercial, industriel, transport, agriculture/foresterie/pêche). Nouvelle multiplication par le pourcentage dans chacune des colonnes suivantes pour obtenir la consommation d'énergie dans chaque secteur.
46. Dans ce contexte, comme le signale la Canadian District Energy Association dans ses estimations de 2012, d'ici 2020, la demande du Canada en énergie sera de 593 TWh. https://www1.toronto.ca/static_files/economic_development_and_culture/docs/Sectors_Reports/fiscalbenefits_localgeneration.pdf
47. Association canadienne de l'électricité (2014), "La Vision 2050 : L'avenir du réseau électrique du Canada," https://electricity.ca/wp-content/uploads/2014/03/Vision2050.pdf
48. Ces chiffres supposent qu'il n'y aura aucune construction de nouvelles centrales nucléaires et que certaines installations pourraient être commandées au cours des 35 prochaines années. Cela tient compte également de l'élimination progressive au pays de centrales à charbon, mais ne tient pas compte de technologies de prochaine génération comme les piles à combustible à oxyde solide Rapport ACE "Vision 2050" pour historique, pages 16-17, en particulier. https://electricity.ca/wp-content/uploads/2014/03/Vision2050.pdf
49. Compilé des données de Statistiques Canada de 2015, arrondi de 8853860 MWh, téléchargé de www5.statcan.gc.ca/cansim/a26?lang=eng&id=1270002
50. Association canadienne de l'énergie éolienne, (2015) "La puissance de demain" décembre 2015, http://canwea.ca/wp-content/uploads/2016/02/Canada-Current-Installed-Capacity_e.pdf
51. Suncor (2016) "Suncor et nos partenaires ont lancé cinq centrales éoliennes. Ces installations d'énergie éolienne ont une capacité de production de 187 mégawatts (MW), suffisante pour alimenter environ 65 000 foyers canadiens." www.suncor.com/about-us/wind-power
52. Enbridge (2016) « Depuis environ 10 ans Enbridge a investi à l'échelle mondiale en énergie éolienne atteignant une capacité de plus de 2 800 MW (brut) ». Ce calcul pour la consommation énergétique résidentielle s'appuie sur les rapports établis par Suncor : 187 est à 65 000, ce que 2 800 est à 973 262. https://www.enbridge.com/about-us/our-work/renewable-energy/wind
53. Association Canadienne de l'énergie éolienne (2016). En 2008, l'Association canadienne de l'énergie éolienne avait fixé un objectif de 20 % pour 2025. http://canwea.ca/wind-facts/why-wind-works/; http://canwea.ca/pdf/windvision/Windvision_backgrounder_e.pdf
54. L'équivalence des réseaux Canada-Allemagne selon les informations provenant de la U.S. Energy Information Association (2016), dans l'article suivant : www.ela.gov/todayinenergy/detail.php?id=26372. Calcul : 194 milliards de kwh = 194 twh ; si cela représente 31 % de la production d'électricité en Allemagne, la production totale

d'électricité serait de 625 twh. Pour le pourcentage que représente l'électricité éolienne dans le réseau allemand, voir Craig Morris (2016) "2015 : Germany's record wind year," Energy Transition, 18 janvier 2016. energytransition.de/2016/01/2015-germanys-record-wind-year. Calcul : 85.4 twh représente 13,6% de 625 twh.

55. CANWEA et Statistique Canada (2015). En 2015, le Canada disposait d'une capacité éolienne installée de 11205 MW, disponible à : http://canwea.ca/wind-energy/installed-capacity/). Les données de Statistique Canada sur la puissance réelle produite par la production d'énergie éolienne d'ici 2015 : 8,853,860 MWh, c.-à-d. 8.85 TWh. (Les données de Statistique Canada disponibles à : www5.statcan.gc.ca/cansim/a26?lang=eng&id=1270002). Cela donne le calcul : 11205 est à 8.85 TWh h. ce que X est à 241 TWh : 241 x 11205 / 8.85 = 305,000 MW de puissance installée. Cependant, l'énergie éolienne devient de plus en plus performante (Voir à : https://cleantechnica.com/2012/07/27/wind-turbine-net-capacity-factor-50-the-new-normal/) avec un gain de rendement de 50 %. Nous pouvons faire l'hypothèse qu'au cours des 10 à 20 prochaines années, moins de capacité installée sera requise par rapport à la génération. Nous estimons que comparativement à notre capacité de production actuelle, d'ici 2050 nous aurons besoin seulement de 75 % de ce 305,000 MW pour générer la même quantité d'énergie : 305,000 MW x .75 = 228,750.
56. JEDI estime à .6 le nombre d'emplois directs pour cols bleus en construction par MW de puissance installée. (Voir Betony Jones, Peter Philips et Carol Zabin, (2016) "The Link Between Good Jobs and a Low Carbon Future: Evidence from California's Renewables Portfolio Standard, 2002 — 2015," juillet 2016, P. 5-6, http://laborcenter.berkeley.edu/pdf/2016/Link-Between-Good-Jobs-and-a-Low-Carbon-Future.pdf). Utilisant le chiffre 1 500-h. = année au lieu de 2 080 on arrive à: 2080/1500= 1.38; .6 x 1.38 =.83; .83 x 228,750 (Voir note précédente pour le calcul MW) = 189,862. Les tours éoliennes doivent être remplacées tous les 25 ans, ce qui donne un minimum de 47 000 MW à remplacer d'ici 2050 selon ce scénario. Nous calculons le remplacement à la moitié du taux de construction de départ par MW (.5 x .83 =.415) parce que les sites et les bases de béton et d'autres infrastructures auront déjà été remplacées après 25 ans. Cela donne un supplément de : 47,000 x .415 = 19,505. 189,862 + 19,505= 209,367.
57. Selon un calcul de .06 emploi dans les opérations en moyenne par MW d'énergie éolienne. Voir p. 8 dans NREL (Laboratoire national pour les énergies renouvelables des États-Unis "Economic Development Impact of 1,000 MW of Wind Energy in Texas", où 1 000 MW ont entraîné la création de 60 emplois directs dans les opérations. Voir : Sandra Reategui et Stephen Hendrickson "Economic Development Impact of 1,000 MW of Wind Energy in Texas" Rapport NREL, août 2011, www.nrel.gov/docs/fy11osti/50400.pdf. La conversion de 2080 h. — an en 1500 h. donne 2080/1500=1.38; 1.38 x .06= .082; .082 x 228,750=18,757.5. À noter que c'est faible comparativement à d'autres estimations qui donnent un total de .09 emploi dans les opérations par MW. Voir : James Conca, "What Do Energy Sector Jobs Do For Us?" Article, Forbes, 21 août, 12, www.forbes.com/sites/jamesconca/2012/08/21/what-do-energy-sector-jobs-do-for-us/#49c675905e67. La pleine capacité de l'énergie éolienne et années-personnes d'emplois dans les opérations en 2050 calculs disponibles sur les chiffriers CI.
58. Information fournie par la correspondance CanWEA et extraite de "Wind Career Map" Office of Energy Efficiency & Renewable Energy Webpage https://energy.gov/eere/wind/wind-career-map
59. Power-Technology.com, (2017) "Halkirk Wind Project." Il y a de grands parcs éoliens en Ontario (par exemple, Wolfe Island) et au Québec (Lac Alfred). www.power-technology.com/projects/halkirk-wind-project/
60. Power-Technology.com, (2017) "Halkirk Wind Factsheet," mars 2017. Une année de travail à temps plein dans la construction représente 1500 heures. 250 000 heures personne, divisé par 1500 = 166. https://www.capitalpower.com/generationportfolio/CA/HalkirkDocs/Halkirk%20Wind%20Fact%20Sheet.pdf
61. CanSIA, "Roadmap 2020: Powering Canada's Future with Solar Electricity," P. 5. www.cansia.ca/uploads/7/2/5/1/72513707/cansia_roadmap_2020_final.pdf
62. Ibid., CanSia.
63. Statistique Canada, Tableau 127-0002 1 "Production de l'énergie électrique, selon la classe de producteur d'électricité," www5.statcan.gc.ca/cansim/a26?lang=eng&id=1270002
64. Dr. Harry Wirth, (2017) "Recent Facts about Photovoltaics in Germany" published by Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE, mise à jour janvier 2017, https://www.ise.fraunhofer.de/en/publications/veroeffentlichungen-pdf-dateien-en/studien-und-konzeptpapiere/recent-facts-about-photovoltaics-in-germany.pdf

65. En 2015, l'énergie solaire représentait .04% du réseau national. (Chiffres tirés des données de Statistique Canada, avec un montant total de production d'énergie électrique de 592 755 750 MWh et un montant total de production d'énergie solaire de 258 815 MWh, soit environ .44%.) CanSIA prévoit que la production d'énergie solaire représentera 1% du réseau d'ici 2020. Cela semble donc raisonnable de penser que la production d'énergie solaire contribuera à hauteur de 10 % du réseau canadien d'ici 2050.
66. On estime que 571 MW de panneaux solaires photovoltaïques peuvent produire 692 GWh/année. Fondé sur les données de RNCAN, p. 67. Voir : https://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/canmetenergy/files/pubs/2012-063-eng.pdf. Le multiplicateur est 1.21. Pour obtenir 99.73 TWh ou 99.730 GWh, l'installation de 82,421 MW sera requise (99.730/1.21). Cependant, comme l'efficacité des cellules photovoltaïques augmente, nous avons tenu compte d'une réduction progressive moyenne de 8,8 pour cent : 82.421 x .912 = 75.168 MW.
67. Betony Jones, Peter Philips, etCarol Zabin, (2016) "The Link Between Good Jobs and a Low Carbon Future: Evidence from California's Renewables Portfolio Standard, 2002—2015," juillet 2016, pp. 5-6, http://laborcenter.berkeley.edu/pdf/2016/Link-Between-Good-Jobs-and-a-Low-Carbon-Future.pdf. Sans inclure le ratio d'emploi le plus élevé pour les installations d'énergie solaire de grande envergure, et en utilisant les chiffres les plus conservateurs pour la technologie photovoltaïque standard, JEDI estime les emplois de cols bleus en construction à 3 par MW de puissance installée, plus .9 pour les cols blancs (un total de 3.9 total par MW). L'utilisation de 1500 heures/année au lieu de 2080, donne : 2080/1500 = 1.38 ; 1.38 x 3.9 = 5.38. 5.38 x 75,200 (voir note précédente pour les calculs MW) = 404,726. De plus, 12,500 MW devront être installés lorsque les panneaux de 25 ans sont remplacés. Nous calculons le remplacement à la moitié du taux de construction de départ (.5 x 5.38 = 2.69) par MW. Cela donne un autre 12,500 x 2.69 = 33,625 emplois 404,726 + 33,625 = 438,351
68. Mark Z. Jacobson et al., (2017) "100% Clean and Renewable Wind, Water, and Sunlight (WWS) AllSector Energy Roadmaps for 139 Countries of the World," publié par l'Université Stanford, 7 avril 2017. Estimation des emplois dans les opérations des centrales solaires par MW à : .32 pour les panneaux photovoltaïques (PV) résidentiels ; .16 pour les PV commerciaux ; .85 pour les PV des services publics. Pour un nombre moyen d'emplois dans les opérations de ,44 par MW. En prenant 1500 h.—année au lieu de 2080 h.—année, on obtient 2080/1500 = 1.38 ; 1.38 x .44 = .61. Pour obtenir 91 TWh ou 91,000 GWh, l'installation de 75 200 MW sera requise ; .61 x 75,200 = 45,872.
69. Carol Linnitt, (2016) "Geothermal Could Put Thousands from Alberta's Oil and Gas Sector Back to Work," Desmog Canada, 3 mai 2016, www.desmog.ca/2016/05/03/geothermal-could-put-thousands-alberta-s-oil-and-gas-sector-back-work
70. CanGEA, "Geothermal Resources in the Different Regions of Canada" www.cangea.ca/where-are-canadian-geothermal-resources-found.html
71. Raphael Lopoukhine, (2014) "Top 5 Reasons Why Geothermal Power is Nowhere in Canada," Desmog Canada, 27 février 2014, www.desmog.ca/2014/02/26/top-5-reasons-why-geothermal-power-nowhere-canada
72. Tyler Hamilton, (2010) "Hamilton: Geothermal could meet Canada's power needs," Toronto Star, 17 mai 2010, https://www.thestar.com/business/tech_news/2010/05/17/hamilton_geothermal_could_meet_canadas_power_needs.html
73. Gouvernement C-B (2016) "Kitselas First Nation focused on geothermal energy" Communiqué de presse, 10 novembre 2016, https://news.gov.bc.ca/releases/2016ARR0055-002333
74. Alberta Oil Staff, (2016) "Canada's First Abandoned Oil Well-to-Geothermal Conversion—Update" 22 avril 2016, www.albertaoilmagazine.com/2016/04/alberta-site-canadas-first-abandoned-oil-well-geothermal-conversion/
75. Alberta Oil Magazine, (2016) "Living Energy Project," www.albertaoilmagazine.com/wp-content/uploads/2016/04/Living-Energy-Project-1.pdf
76. CanGEA, (2016) "Geothermal Fact Sheet" www.cangea.ca/geothermal-fact-sheet.html
77. Association d'énergie géothermique, (2015) "Geothermal Energy Association Issue Brief: Additional Economic Values of Geothermal Power," février 2015. http://geo-energy.org/events/Geothermal%20Energy%20Association%20Issue%20Brief_Economic%20Values%202015_Final.pdf
78. JEDI estime à 4.4 les emplois directs en construction par MW de puissance installée. En utilisant 1,500 h/année, on obtient 2080/1500 = 1.38 ; 1.38 x 4.4 = 6.07; 6.07 x 5000 = 30,300. Voir pp. 5-6 "The Link Between Good Jobs and a Low Carbon Future: Evidence from California's Renewables Portfolio Standard, 2002—2015":

http://laborcenter.berkeley.edu/pdf/2016/Link-Between-Good-Jobs-and-a-Low-Carbon-Future.pdf

79. Selon les estimations des États-Unis pour 2015, les centrales géothermiques emploient 1.17 personne par MW : http://geoenergy.org/events/Geothermal%20Energy%20Association%20Issue%20Brief_Economic%20Values%202015_Final.pdf. Une recherche précédente montre que les centrales géothermiques créent 1,7 poste permanent pour chaque MW de puissance installée : http://geo-energy.org/pdf/Geothermal_Energy_and_Jobs_Issue_Brief.pdf. L'utilisation du chiffre le plus bas, on obtient 1.17 x 5000= 5850.
80. Sonal Patel (2015) "Sihwa Lake Tidal Power Plant, Gyeonggi Province, South Korea," Powermag.com, 12 janvier, 2015. www.powermag.com/sihwa-lake-tidal-power-plant-gyeonggi-province-south-korea/
81. Canada Science, Technology and Museums Corporation, "Let's Talk Energy," http://energy.techno-science.ca/en/energy101/tidal.php. Voir la source probable pour ces données : p. 1, "Inventaire pancanadien des sources d'énergie marine renouvelable, Centre d'hydraulique canadien du Conseil national de recherche Canada," www.marinerenewables.ca/wp-content/uploads/2012/11/Inventory-of-Canadas-Marine-Renewable-Energy-Resources.pdf
82. Société des musées de sciences et technologies du Canada, "Let's Talk Energy," http://energy.techno-science.ca/en/energy101/tidal.php
83. Calculs de Statistique Canada, www5.statcan.gc.ca/cansim/a26?lang=eng&id=1270002
84. Planète Énergies, (2015) "L'Énergie marémotrice," 29 juillet 2015. L'usine marémotrice de la Rance en France a une capacité installée de 240 MW et produit 540 GWh par année. C'est la plus vieille installation. www.planete-energies.com/en/medias/close/tidal-energy. Le multiplicateur pour la Rance par conséquent est 2.25 : chaque MW de puissance installée produit 2.25 GWh d'énergie. L'installation marémotrice de Sihwa, en Corée, a une capacité installée de 254 MW et produit 555 GWh d'énergie par année. Sonal Patel (2015) "Sihwa Lake Tidal Power Plant, Gyeonggi Province, South Korea," Powermag.com, 12 janvier 2015, www.powermag.com/sihwa-lake-tidal-power-plant-gyeonggi-province-south-korea/. Le multiplicateur pour Sihwa est 2.18 : 2.18 GWh de puissance pour chaque MW de puissance installée ; nous avons utilisé 2.2 comme chiffre moyen. Alors, pour obtenir 50,000 GWh (50 TWh) de production, le Canada aurait besoin de 50000/2.2 = 22727 MW.
85. Cape Sharp Tidal, http://capesharptidal.com/
86. Sandra Lilley & Adam Evans, CITB Malcolm Horner & Doug Forbes, Whole Life Consultants Ltd., (2016) "A study to determine the construction labour and skills demand, supply and gaps associated with the creation of the Swansea Bay Tidal Lagoon," publié par le Gouvernement du pays de Galles, juillet 2016. 1,700 est le nombre approximatif de personnes/années allouées à certaines des catégories du tableau 2.2 de cette étude : 'A study to determine the construction labour and skills demand, supply and gaps associated with the creation of the Swansea Bay Tidal Lagoon" p. viii. www.learningobservatory.com/uploads/publications/3595.pdf
87. Comme dans la note précédente, une interprétation plutôt conservatrice des estimations du projet Swansea donne environ 5.3 emplois par MW. JEDI place à 7,1 le nombre d'emplois par MW pour les petits projets hydro-électriques qui demanderaient une infrastructure semblable. (Voir pp. 5-6 dans le rapport Berkeley Good Jobs : http://laborcenter.berkeley.edu/pdf/2016/Link-Between-Good-Jobs-and-a-Low-Carbon-Future.pdf). Nous avons opté pour une estimation beaucoup plus faible (en tenant compte de l'installation sous la surface de génératrices de haute technologie avec très peu d'infrastructures à proximité, contrairement à la proposition de la lagune Swansea) qui est la moitié du chiffre JEDI: 3.5 emplois par MW. En utilisant le 1500-hr année au lieu de 2080 h. -année, on obtient 2080/1500= 1.38; 1.38 x 3.5 = 4.83: Avec ce coefficient, nous obtenons : 22,727 MW x 4.83=109,771 emplois.
88. L'Office national de l'énergie (NEB) (2016) "L'Avenir énergétique du Canada en 2016 : Mise à jour — Approvisionnement d'énergie et projections sur la demande d'énergie en 2040," octobre 2016, p. 30, fig 3.12, https://www.neb-one.gc.ca/nrg/ntgrtd/ftr/2016updt/index-eng.html
89. Large Hydro : Selon les calculs de ces deux stations hydro-électriques de la C-B, MW à GWh est un multiple de 3.7. Alors 6 TWh ou 6,000 GWh / 3.7 = 1622 MW. https://www.bchydro.com/energy-in-bc/our_system/generation/our_facilities/vancouver_island.html; https://www.bchydro.com/energy-in-bc/our_system/generation/our_facilities/columbia.html. Au fil de l'eau : Selon différents projets par Innergex, la moyenne MW à GWh pour les petites stations hydro-électriques est un multiple de 4. Alors 6 TWh ou 6,000 GWh / 4 = 1500 MW. www.innergex.com/en/site/upper-stave-river/. Stave: 33 MW, 144.4 GWh. Big Silver Creek: 40.6 MW, 139.8 GWh www.innergex.com/en/site/

big-silver-creek/. Kwoiek 50 MW, 215 GWh. Umbata Falls 23 MW, 109 GWh. Stokke Creek 22 MW, 88 GWh. Rutherford 50 MW, 180 GWh.

90. Pembina a fixé une moyenne de 7 emplois directs en construction par MW de puissance au fil de l'eau et .08 emploi dans les opérations par MW. Voir le document d'information de la méthodologie de leur cartographie des emplois en énergie propre (www.pembina.org/reports/bc-clean-jobs-map-methodology-backgrounder-27042015.pdf) ; JEDI donne 7.1 emplois par MW pour les petites centrales d'énergie hydro-électrique. (Voir pp. 5-6 :http://laborcenter.berkeley.edu/pdf/2016/Link-Between-Good-Jobs-and-a-Low-Carbon-Future.pdf). Nous avons choisi les estimations de Pembina estimate et nous les avons ajustées à 1,500 hr emploi/année. 2080 hrs/1500 hrs = 1.38. 1.38 x 7= 9.66; 9.66 jobs x 1500 MW= 14,490 emplois.
91. Selon 7.27 emplois en construction par MW de puissance installée pour les grands projets hydro-électriques. Dans ce cas, nous avons l'estimation de 8000 personnes/année pour créer 1100 MW au Site C : www.cbj.ca/site-c-dam/; www.cbc.ca/news/canada/british-columbia/bchydro-sitec-ndp-johnhorgan-1.3376369. En prenant le 2080hr année et en l'ajustant à 1500 hrs, nous avons : 2080/1500=1.38 ; 1.38 x 7.27 = 10.03; 10.03 x 1622 MW = 16,269 emplois.
92. Fondé sur .18 emploi dans les opérations par MW, donnée extraite de l'Annexe A dans le rapport 2016 de l'énergie propre de la C-B :"BC Clean Energy Projects: Investment, Job Creation and Community Contributions": https://www.cleanenergybc.org/wp-content/uploads/2016/04/MNP-Report-April.pdf. .18 x 1500 = 270. Projet d'hydro d'envergure selon les calculs que le Site C créerait 70 emplois en opération par année pour 1100 MW, c'est-à-dire .06 emploi par MW, à la page 9 du résumé exécutif de la Déclaration d'impact environnemental sur Site C par Hydro C-B) https://www.ceaa-acee.gc.ca/050/documents_staticpost/63919/85328/Executive_Summary.pdf. .06 x 1622 = 97.
93. Gouvernement du Canada (2016) Centrales d'énergie nucléaire, https://www.cnsc-ccsn.gc.ca/eng/reactors/power-plants/index.cfm.
94. Association canadienne de l'électricité (2014) "Vision 2050 — L'Avenir du réseau électrique au Canada," avril 2014, p. 16, https://electricity.ca/wp-content/uploads/2014/03/Vision2050.pdf
95. Ontario Power Generation, www.opg.com/generating-power/nuclear/stations/pickering-nuclear/repurposingpickering/Pages/RepurposingPickering.aspx
96. L'Office national de l'énergie (NEB) (2016) "L'Avenir énergétique du Canada en 2016 : Mise à jour — Approvisionnement d'énergie et projections sur la demande d'énergie en 2040," octobre 2016, p. 30, fig. 3.12, https://www.neb-one.gc.ca/nrg/ntgrtd/ftr/2016updt/index-eng.html
97. Association canadienne de l'électricité (2014) "Vision 2050 — L'Avenir du réseau électrique au Canada," avril 2014, p. 16, https://electricity.ca/wp-content/uploads/2014/03/Vision2050.pdf
98. Robert Jones (2012) "NB Power questioned over Point Lepreau's lifespan," CBC News, 18 octobre 18, 2012, www.cbc.ca/news/canada/new-brunswick/nb-power-questioned-over-point-lepreau-s-lifespan-1.1184469
99. Gouvernement de l'Ontario (2016) "Nuclear Refurbishment Begins At Darlington Generating Station" Communiqué de presse, 14 octobre 2016, https://news.ontario.ca/mei/en/2016/10/nuclear-refurbishment-begins-at-darlington-generating-station.html
100. La Presse Canadienne (2015) "Bruce Power to spend $13B to refurbish 6 nuclear units — Start date of 15-year refurbishment project pushed back to 2020," Publié par CBC News, 3 décembre 2015, www.cbc.ca/news/canada/toronto/bruce-power-1.3348633
101. Manufacturiers et exportateurs du Canada (2010) "The Economic Benefits of Refurbishing and Operating Ontario's Nuclear Reactors," juillet 2010, P. 8 pour chiffre 40% et p. 11 pour l'estimation de 55,000 personnes/années. .4 x 55,000 = 22,000; En prenant le 2080 h/année et en le convertissant à 1500, on obtient 2080/1500= 1.38; 1.38 x 22,000= 30,360, https://cna.ca/wp-content/uploads/2014/05/Refurbishing-Ontario%E2%80%99s-Nuclear-Fleet-a-Major-Economic-Boost.pdf
102. L'Association canadienne de l'électricité (2014) "Statistiques clés de l'énergie électrique au Canada," juin 2014. 79,619 km de lignes de transport en 2011.
103. Mark Z. Jacobson, et al, (2017) "100% Clean and Renewable Wind, Water, and Sunlight (WWS) All Sector Energy Roadmaps for 139 Countries of the World," Publié par Stanford, 7 avril, 2017, p. 114, Table S30. https://web.stanford.edu/group/efmh/jacobson/Articles/I/CountriesWWS.pdf. Les chiffres pour les 10 types de lignes de transport donnent une moyenne de 3.63 emplois par kilomètre. En changeant le 2080 h/année à 1500 h on obtient 2080/1500=1.38; 1.38 x 3.63=5; 5 x 40,000= 200,000
104. Association canadienne de l'électricité (2014) "Vision 2050 — L'Avenir du réseau électrique au Canada," avril 2014, p. 37. "Approximately

two- thirds of that investment will be for required generation investments, another 20 per cent for distribution, and the balance for transmission investments."

105. Barbara Baker, Len Coad, Todd A. Crawford and Ioulia Sklokin, The Conference Board of Canada, (2011) "Canada's Electricity Infrastructure: Building a Case for Investment," 5 avril 2011, p. 24, https://electricity.ca/wp-content/uploads/2017/05/11-257_ElectricityInfrastructure1-1.pdf
106. L'Office national de l'énergie (NEB) (2016) "L'Avenir énergétique du Canada en 2016 : Mise à jour — Approvisionnement d'énergie et projections sur la demande d'énergie en 2040," octobre 2016, p. 30, fig 3.12, https://www.neb-one.gc.ca/nrg/ntgrtd/ftr/2016updt/index-eng.html
107. Clean Air Task Force, Natural Gas with Carbon Capture, www.fossiltransition.org/pages/_copy_of__natural_gas_w_ccs/182.php
108. Andy Skuce, (2015) "B.C. lowballing fugitive methane emissions from natural gas industry," Corporate Knights, 23 septembre 2015. www.corporateknights.com/channels/utilities-energy/b-c-lowballing-fugitive-methane-emissions-from-natural-gas-industry-14429880/. Voir aussi : Clean Air Task Force, Natural Gas with Carbon Capture, www.fossiltransition.org/pages/_copy_ofnatural_gas_w_ccs/182.php. Selon le Rapport d'inventaire 2012 des gaz à effet de serre de la Colombie-Britannique, il y avait 78 000 tonnes d'émissions fugitives de méthane provenant de l'industrie pétrolière et de l'industrie du gaz naturel au cours de l'année 2012... environ 0,28 pour cent du gaz produit était libéré dans l'atmosphère. Selon les normes nord-américaines, il s'agit d'une estimation très basse. L'Agence pour la protection de l'environnement aux États-Unis (EPA) utilise plutôt la donnée de 1,5 pour cent, soit cinq fois plus élevée. Une recherche récente, menée par l'Environmental Defense Fund (EDF), une organisation américaine à but non lucratif, montre que même l'estimation du EPA est 1,5 fois trop faible par rapport à l'estimation de la C.-B; en d'autres termes, représenterait un huitième des estimations pour l'industrie du gaz naturel aux États-Unis. Et ici : www.fossiltransition.org/pages/_copy_of_natural_gas_w_ccs/182.php. Si les États-Unis fermaient nos centrales au charbon et les remplaçaient par des centrales modernes à gaz à cycle combiné, par exemple, nous réduirions nos émissions de co2e de seulement 16 pour cent. Les avantages du gaz naturel sont considérablement pondérés par les émissions directes de méthane non brûlé libéré en amont du point d'utilisation finale (p. ex., puits de gaz, oléoducs). En conséquence, il semble peu probable que le simple remplacement du gaz naturel par d'autres combustibles fossiles réduirait de façon significative le forçage climatique.
109. Global CCS Institute (2017) "Illinois Industrial Carbon Capture and Storage Project," https://www.globalccsinstitute.com/projects/illinois-industrial-carbon-capture-and-storage-project
110. Association canadienne de l'électricité (2014), "Vision 2050", p. 20, https://electricity.ca/wp-content/uploads/2014/03/Vision2050.pdf
111. Alan White, CBC News, (2016) "Mactaquac dam to be kept going until 2068, NB Power says," 20 décembre 2016, www.cbc.ca/news/canada/new-brunswick/mactaquac-nbpower-dam-future-option-1.3903621
112. Les emplois chez Hebron sont calculés selon un nombre total estimé de 62 millions d'heures, fournis en correspondance avec Bob Blakely, chef des opérations au Canada des Syndicats des métiers de la construction. À 1,500 heures par personne par année, cela donne un chiffre 41,333 emplois. Cependant, l'estimation de 62M inclut les emplois indirects comme les préposés au camp et la construction des quartiers des travailleurs. Le nombre possible d'emplois directs pourrait être de 40 000, ce qui suppose que 3 % de la totalité des emplois ne seraient pas liés directement à la construction. 1,048,900 divisé par 40,000 = 26.22.
113. Énergies renouvelables (biomasse, hydro-électrique, solaire et éolienne) en 2015 étaient à 31,063 MW de la capacité installée dans l'État de la Californie, du total de 79,359 MW. Voir le tableau de la California Energy Commission Almanac : www.energy.ca.gov/almanac/electricity_data/electric_generation_capacity.html
114. Le pourcentage de l'énergie consommée par les Californiens des sources renouvelables est de 27 % : Voir p. 6 www.energy.ca.gov/renewables/tracking_progress/documents/renewable.pdf
115. California Energy Commission, (2016) "Tracking Progress" 22 décembre, 2016, p. 1. www.energy.ca.gov/renewables/tracking_progress/documents/renewable.pdf
116. US Energy Information Administration, (2017) "Table 1. State energy-related carbon dioxide emissions by year (2000- 2014)" Janvier 2017. https://www.eia.gov/environment/emissions/state/analysis/pdf/table1.pdf
117. California Energy Commission, (2016) Chart on "Electric Generation Capacity & Energy" 6 mai 2016. www.energy.ca.gov/almanac/electricity_data/electric_generation_capacity.html

118. California Energy Commission, (2016) Chart on "Electric Generation Capacity & Energy" 6 mai 2016. www.energy.ca.gov/almanac/electricity_data/electric_generation_capacity.html
119. RenewEconomy.com sourcing David Hotshcholid of the California Clean Energy Commission. (2016) "California says Australia has nothing to fear from more renewables"; février 2016, http://reneweconomy.com.au/california-says- australia-has-nothing-to-fire-from-more-renewables-13468/
120. Penn Sustainability Review, (2016) "The Myth of Unreliable Renewables: A Data-Driven Rebuttal," Volume 1, Issue 8 of Environmental Politics. 5 mai 2016. http://repository.upenn.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1009&context=psr
121. Betony Jones, Peter Philips, Carol Zabin (2016) "The Link Between Good Jobs and a Low Carbon Future: Evidence from California's Renewables Portfolio Standard, 2002—2015" juillet 2016, p. 5. http://laborcenter.berkeley.edu/pdf/2016/Link-Between-Good-Jobs-and-a-Low-Carbon-Future.pdf
122. Betony Jones, Peter Philips, Carol Zabin (2016) "The Link Between Good Jobs and a Low Carbon Future: Evidence from California's Renewables Portfolio Standard, 2002—2015" juillet 2016, Exhibit 5, p. 10, http://laborcenter.berkeley.edu/pdf/2016/Link-Between-Good-Jobs-and-a-Low-Carbon-Future.pdf
123. Capital & Main, (2016) ""Green State, Golden State: Clean Energy Policy Creates Good Jobs" 19 juillet, 2016, http://capitalandmain.com/green-state-golden-state-clean-energy-policy-makes-good-jobs-0719
124. Conseil du bâtiment durable du Canada, "Building Solutions to Climate Change — How Green Buildings Can Help Meet Canada's 2030 Emissions Targets, septembre 2016, p.7. www.cagbc.org//cagbcdocs/2016_Building_Solutions_to_Climate_Change_Public.pdf
125. Conseil des académies canadiennes, (2015) "Technology and Policy Options for a Low-Emission Energy System in Canada—The Expert Panel on Energy Use and Climate Change" p. 81, www.scienceadvice.ca/uploads/eng/assessments%20and%20publications%20and%20news%20releases/magna/energyuse_fullreport_en.pdf
126. Conseil du bâtiment durable du Canada, "Building Solutions to Climate Change — How Green Buildings Can Help Meet Canada's 2030 Emissions Targets, septembre 2016. Préface. www.cagbc.org//cagbcdocs/2016_Building_Solutions_to_Climate_Change_Public.pdf
127. Conseil du bâtiment durable du Canada et le Groupe Delphi Group, (2016) "Green Building in Canada—Assessing the Market Impacts & Opportunities" p. 23, www.cagbc.org/CAGBC/Advocacy/Green_Building_in_Canada_Assessing_the_Market_Impacts_Opportunities.aspx
128. The Province, (2014) "Lee Loftus and Cher Hanusiak: Save energy and the planet with mechanical insulation," 6 avril 2014, http://theprovince.com/opinion/lee-loftus-and-cher-hanusiak-save-energy-and-the-planet-with-mechanical-insulation
129. Ville de Vancouver, "Energy Retrofit Strategy for Existing Buildings," juin 2014. http://vancouver.ca/files/cov/Energy-Retrofit-Strategy-for-Buildings-Presentation-for-Council-June-2014.pdf
130. "Energy Retrofit Strategy for Existing Buildings," juin 2014. http://vancouver.ca/files/cov/Energy-Retrofit-Strategy-for-Buildings-Presentation-for-Council-June-2014.pdf
131. Ibid.
132. Ville de Vancouver, (2016) "Vancouver takes next step to advance Renewable City Strategy," 14 juillet 2016. http://vancouver.ca/news-calendar/vancouver-takes-next-step-to-advancerenewable-city-strategy.aspx
133. Ibid.
134. Pacific Institute for Climate Solutions, (2015) "The Path to 'Net-Zero Energy' Buildings in BC—The case for action and the role of public policy," juillet 2015, p. 7. https://pics.uvic.ca/sites/default/files/uploads/publications/Pembinanetzero-forweb.pdf
135. Leur estimation de 13,41 emplois directs, indirects et dérivés en rénovations majeures est plus faible que celle calculée par les chercheurs de l'Energy Efficiency Industrial Forum, une agence de l'UE. Selon les chiffres de ce Forum, environ 13,3 emplois directs, sans tenir compte d'emplois indirects et dérivés, sont créés pour chaque tranche de 1$ million CAD investis dans la construction de bâtiments écoénergétiques. Ils ont calculé 19 emplois de construction par1M $ Euro. Donc, .7 (valeur du CAD $ par rapport à l'Euro) x 19 = 13.3. ("How Many Jobs? A Survey of the Employment Effects of Investment in Energy Efficiency of Buildings," juillet, 2012, p. 2)
136. Conseil du bâtiment durable du Canada et le Groupe Delphi, (2016) "Green Building in Canada—Assessing the Market Impacts & Opportunities", p. 16, www.cagbc.org/CAGBC/Advocacy/Green_Building_in_Canada_Assessing_the_Market_Impacts_Opportunities.aspx
137. Conseil du bâtiment durable du Canada, (2014) "Canada Green Building Trends: Benefits

Driving the New and Retrofit Market," p. 6. www.cagbc.org/cagbcdocs/resources/CaGBCMcGrawHillCdnMarketStudy.pdf

138. Conseil du bâtiment durable du Canada et le Groupe Delphi (2016) "Green Building in Canada — Assessing the Market Impacts & Opportunities" p. 84. www.cagbc.org/CAGBC/Advocacy/Green_Building_in_Canada_Assessing_the_Market_Impacts_Opportunities.aspx
139. Derrick Penner, Vancouver Sun, (2016) "BC's timber tower starts to rise" 7 juin 2016, http://vancouversun.com/business/local-business/ubcs-timber-tower-starts-to-rise
140. Université de la Colombie-Britannique, UBC News (2016) "Structure of UBC's tall wood building now complete" 15 septembre 2016. http://news.ubc.ca/2016/09/15/structure-of-ubcs-tall-wood-building-now-complete/
141. Ibid.
142. Tiré d'une entrevue donnée le 28 novembre 2016 par John Metras, Managing Director of Infrastructure Development at UBC: 604.822.4311
143. Ville de Surrey, "Quartier energy in City Centre," www.surrey.ca/community/3475.aspx, et de la page 55 du Rapport du Projet Trottier pour l'avenir énergétique.
144. Enwave, "Enwave: Deep Lake Water Cooling," www.districtenergy.org/assets/CDEA/Case-Studies/Enwave-case-history- Toronto7-19-07.pdf
145. Robert P. Thornton, International District Energy Association (2009) "Copenhagen's District Heating System — Recycling Waste Heat Reduces Carbon Emissions and Delivers Energy Security" www.districtenergy.org/assets/pdfs/White-Papers/Copenhagen-Clean-District-Heating-final-Web4.pdf
146. C40 Cities (2011), "98% of Copenhagen City Heating Supplied by Waste Heat," 3 novembre 2011. Le chiffre de 2 000 $ est la conversion de 1 400 euros. http://www.c40.org/case_studies/98-of-copenhagen-city-heating-supplied-by-waste-heat
147. Orkuveita Reykjavikur, https://www.or.is/English/.
148. C40 Cities, (2011) "The World's Largest Geothermal Heating System Saves up to 4M Tons of CO2 Annually" 9 novembre 2011, www.c40.org/case_studies/the-worlds-largest-geothermal-heating-system-saves-up-to-4m-tons-co2-annually
149. Mary H. Dickson, Mario Fanelli (2005) "Geothermal Energy: Utilization and Technology," 3 avril 2005, p. 58
150. The Canadian Industrial Energy End-Use Data and Analysis Centre, (2016) "District Energy Inventory for Canada, 2014" mars 2016. www.sfu.ca/content/dam/sfu/cieedac/publications/facilities/DistrictEnergyInventoryReport2016.pdf
151. The Canadian Industrial Energy End-Use Data and Analysis Centre, (2016) "District Energy Inventory for Canada, 2014" 2016, p. iv. www.sfu.ca/content/dam/sfu/cieedac/publications/facilities/DistrictEnergyInventoryReport2016.pdf
152. Association unie des plombiers et des tuyauteurs, section locale 488, ""History," https://www.local488.ca/your-488/history
153. Association unie des plombiers et des tuyauteurs, section locale 488, "About 488," https://www.local488.ca/about-488
154. The Canadian Industrial Energy End-Use Data and Analysis Centre, (2016) "District Energy Inventory for Canada, 2014" 2016, p. iv. www.sfu.ca/content/dam/sfu/cieedac/publications/facilities/DistrictEnergyInventoryReport2016.pdf
155. FVB Energy Inc., "Prince George Biomass District Heating," www.fvbenergy.com/projects/prince-george-biomass-district-heating/
156. International District Energy Association, (2014) "Opportunity Seized: Fast-growing Surrey, B.C., embraces district heating" issue Q3, 2014. http://www.districtenergy-digital.org/districtenergy/2014Q3?pg=9#pg9
157. Statistique Canada, (2011) "Chiffres de population et des logements — Faits saillants en tableaux," 2011. www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2011/dp-pd/hlt-fst/pd-pl/Table-Tableau.cfm?LANG=Eng&T=301&S=3&O=D.
158. Le Rapport du CIEEDAC signale l'évaluation de 2 douzaines (23) de systèmes DE à travers le Canada (tableau, P. 11). Tiré de ce tableau, nous assumons qu'une moyenne de 6$M pour les 14 usines en-dessous de 10$M ; 15$M pour le 1 ; 35$ M pour le 3 ; et 60$M pour le 5. 6 x 14= 84 ; 15 x 1 = 15 ; 35 x 3 = 105; 60 x 5 = 300; Total: 504$M. Moyenne : 504/23 = 21.91$M; 21.91$M x 200 = 21,910,000$ x 200; =4,382,000,000 = 4.382$ milliards. Considérant une moyenne de 5 emplois en construction par 1$M (selon les calculs de la feuille de calcul du Columbia Institute) cela donne 4,382 = 21,910 emplois en construction.
159. International District Energy Association (2015) "Heat-Seeking Sewer Model: Finding waste heat in sewers and matching it to opportunities" issue Q4, 2015, https://docs.google.com/viewerng/viewer?url=http://vancouver.ca/images/web/neu/district-energy-magazine-article-2015-q4.pdf

160. Ville de Vancouver, "Southeast False Creek Neighbourhood Energy Utility: in-depth" http://vancouver.ca/home-property-development/utility-facts-and-presentations-in-depth.aspx
161. Ibid.
162. City of Vancouver, "Southeast False Creek Neighbourhood Energy Utility: in-depth." See "Fast Facts" slide #2 that notes 2,436 tonnes of carbon saved. http://vancouver.ca/home-property-development/utilityfacts-and-presentations-in-depth.aspx
163. City of Vancouver, (2012) "Vancouver Neighbourhood Energy Strategy and Energy Centre Guidelines" Table 1,25 septembre 2012, http://vancouver.ca/files/cov/neighbourhood-energy-strategy-and-energy-centre-guidelines-committee-report.pdf
164. Environnement et Changement climatique Canada, (2015) "Rapport d'inventaire national 1990-2014: Sources et puits de gaz à effet de serre au Canada" p. 7, https://www.ec.gc.ca/ges-ghg/default.asp?lang=Fr&n=662F9C56-1
165. Les emplois chez Hebron sont calculés selon un nombre total estimé de 62 millions d'heures, fournis en correspondance avec Bob Blakely, chef des opérations au Canada des Syndicats des métiers de la construction. À 1,500 heures par personne par année, cela donne un chiffre 41,333 emplois. Cependant, l'estimation de 62M inclut les emplois indirects comme les préposés au camp et la construction des quartiers des travailleurs. Le nombre possible d'emplois directs pourrait être 40 000, ce qui suppose que 3 % de la totalité des emplois ne seraient pas liés directement à la construction. 244,950/40,000= 6.1. Les données sur les emplois en construction de traversiers proviennent de David Fairey, dans le rapport de 2014 du Columbia Institute "Made-in-BC Ferries." Un seul traversier à 145 véhicules (équivalent approximatif du Queen of Burnaby, 130 mètres de long : www.bcferries.com/onboard-experiences/fleet/profile-queen_of_burnaby.html) dont la construction nécessite 596.5 emplois-ans. 244,950 divisé parby 596.5 = 410.6
166. Département des affaires économiques et sociales des Nations Unies, (2014) "Projections de l'urbanisation mondiale", p. 1. https://esa.un.org/unpd/wup/Publications/Files/WUP2014-Highlights.pdf
167. Ibid.
168. Association Canadienne du transport urbain, (2015) "La Vision 2040 : 5 années de progrès" p. 23. http://cutaactu.ca/sites/default/files/cuta_eng_2015_01-low.pdf
169. The Institute for Transportation and Development Policy, (2014) "A Global High Shift Scenario," p. 6. https://www.itdp.org/wp-content/uploads/2014/09/A-Global-High-Shift-Scenario_WEB.pdf
170. Vanessa Milne, Irfan Dhalla & Sachin Pendharkar, (2015) "Canada's dirty air: how pollution is hurting our health" 5 novembre 2015. http://healthydebate.ca/2015/11/topic/air-pollution-health-alberta-ontario
171. Agence internationale de l'énergie, (2013) "International Land Transport Infrastructure Requirements," p. 6, https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/TransportInfrastructureInsights_FINAL_WEB.pdf
172. Alice Friedemann, (2016) EnergySkeptic.com, http://energyskeptic.com/2016/electrification-of-freight-rail/
173. Ibid.
174. Political Economy Research Institute, (2009) "How Infrastructure Investments Support the U.S. Economy: Employment, Productivity and Growth," janvier 2009, University of Massachusetts-Amherst. www.americanmanufacturing.org/page/-/uploads/research-pdf/Infrastructure_2009.pdf
175. Association Canadienne du transport urbain, (2015) "La Vision 2040 : 5 années de progrès" p. 9. http://cutaactu.ca/sites/default/files/cuta_eng_2015_01-low.pdf
176. "The Optimal Level of Supply and Demand for Urban Transit in Canada", p 1. http://cutaactu.ca/sites/default/files/theoptimallevelofsupplyanddemandforurbantransitincanada.pdf. Le montant original de 78 $ milliards en 2006 converti en dollars de 2016 équivaut à 91,8 $ milliards selon le convertisseur de la Banque du Canada : www.bankofcanada.ca/rates/related/inflation-calculator/
177. Gouvernement du Canada (2016) "Énoncé économique de l'automne 2016," p. 18, http://www.budget.gc.ca/fes-eea/2016/docs/statement-enonce/fes-eea-2016-eng.pdf
178. Voici comment le financement fédéral du transport collectif doit fonctionner : Voir : "Federal, Ontario Liberals sign $1.49B transit funding agreement," CBC, 23 juillet 2016 www.cbc.ca/news/canada/toronto/infrastructure-ontario-1.3731947. L'expression « jusqu'à 50% » est importante, car bien souvent les investissements provinciaux et municipaux dans ces projets dépassent largement 50%.
179. Voir p. 44 de "Top 100 Infrastructure Projects for 2016" de Renew Canada
180. American Public Transportation Association (2014) "Economic Impact of Public Transportation

Investment" Élément 4-9, p. 44. Étant donné la signification de direct, indirect et induit pour le rapport, il faudrait prendre un certain pourcentage très près de 30% à titre de portion des 5 063 — 5 822 emplois directs créés par 1 $ B d'investissement (1519 — 1747) dans la construction; parce que les emplois indirects ne sont pas des emplois en construction, de même pour les emplois induits pour lesquels un faible nombre de travailleurs de la construction investiront leurs salaires pour bâtir de nouvelles maisons à partir de rien, ou rénoveront des maisons au point d'engager d'autre main-d'œuvre. Naomi Stein, analyste principale de EDRG qui a contribué au rapport APTA, notait que 30% serait une estimation raisonnable. Nous avons choisi la médiane des deux chiffres (1519 et1747): 1633 emplois par 1 $ milliard, soit 150 x 1633 = 227,950.

181. Selon des données obtenues de David Fairey, concernant le rapport de 2014 de la Columbia Institute "Made-in-BC Ferries". Un seul traversier à 145 véhicules (l'équivalent approximatif du Queen of Burnaby, 130 mètres de long: www.bcferries.com/onboard-experiences/fleet/profile-queen_of_burnaby.html) dont la construction nécessite 596.5 emplois-ans. 244,950 divisé par 596.5 = 410.6.
182. Voir p. 44 de "Top 100 Infrastructure Projects for 2016" de Renew Canada
183. Ibid.
184. The Canadian Industrial Energy End-Use Data and Analysis Centre, (2016) "Quartier Energy Inventory for Canada, 2014" p. iv, 2016, www.sfu.ca/content/dam/sfu/cieedac/publications/facilities/QuartierEnergyInventoryReport2016.pdf
185. Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques, (2015) "Une alliance mondiale inédite pour les bâtiments et la construction afin de lutter contre les changements climatiques" 3 déc. 2015. http://newsroom.unfccc.int/lpaa/building/press-release-lpaa-focus-building-20-countries-and-over-60-organizations-launch-an-unprecedented-global-alliance-for-buildings-and-construction-t-o-combat-climate-change/
186. Millenium Institute, commandé par la International Trade Union Confederation, (2012) "Creating Green and Decent Jobs," www.ituc-csi.org/IMG/pdf/ituc_green_jobs_summary_en_final.pdf
187. Gouvernement du Canada (2016) "Construction (SCIAN 23): Définition, Définition du secteur," 20 avril 2016. https://www.ic.gc.ca/app/scr/sbms/sbb/cis/definition.html?code=23
188. Richard Gilbert, Thèse de maîtrise en philosophie (MPhil), (1998) "The Relationship between Construction Output, Economic Cycles and Structural Adjustment in Trinidad and Tobago (1974-1994)," July 1998, p. 59, Construction Economics in the School of Urban Development and Policy, South Bank University, London, England.
189. Patricia M. Hillebrandt (1984) "Analysis of the British Construction Industry," March 29, 1984, p. 1, MacMillan Publishers Ltd, Basingstoke, England.
190. Jill Wells (1986) "The Construction Industry in Developing Countries: Alternative Strategies for Development," p. 5, Croom Helm, London.
191. Hillebrandt, ibid, p. 1.
192. D.A. Turin (1973) "The Construction Industry: Its Significance and its Role in Development," Part I, 2e édition, septembre 1973, University College London.
193. Gouvernement du Canada (2016) "Commercial and Institutional Building Construction (NAICS 23622): Definition, Definition of the Industry," 20 avril 2016, https://www.ic.gc.ca/app/scr/app/cis/summary-sommaire/23622
194. Syndicats des métiers de la construction (2016) "Types de construction," http://buildingtrades.ca/fr/what-we-do/types-of-construction/
195. AFL-CIO, (2016) "What the AFL-CIO Does, American Federation of Labor and Congress of Industrial Organizations," www.aflcio.org/About/What-the-AFL-CIO-Does
196. Stern, N.H. (2007) "The economics of climate change: the Stern review," Cambridge, UK, Cambridge University Press, p. 3, http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/destaques/sternreview_report_complete.pdf
197. Environnement et changement climatique Canada (2016) « Indicateurs canadiens de durabilité de l'environnement — Émissions de gaz à effet de serre, avril 2017, p. 5, www.ec.gc.ca/indicateurs-indicators/FBF8455E-66C1-4691-9333-5D304E66918D/GHGEmissions_EN.pdf
198. Environnement et changement climatique Canada (2016) « Indicateurs canadiens de durabilité de l'environnement — Émissions de gaz à effet de serre, avril 2016, p. 5, www.ec.gc.ca/indicateurs-indicators/default.asp?lang=en&n=FBF8455E-1.
199. Gouvernement du Canada (2016), « L'Approche du Canada afin de contrer les changements climatiques ». Accord de Paris, janvier 2016. www.climatechange.gc.ca/default.asp?lang=En&n=24700154-1
200. Chris Bataille, Dave Sawyer et Noel Melton (2015), « Pathways to Deep 200Decarbonisation in Canada », CMC Research Institutes, rapport de la phase

2, version préliminaire aux fins de commentaire, 14 juillet 2015, p. 15-16, www.cmcghg.com/wp-content/uploads/2015/07/Final-Canada-DDPP-Country-Report-July-14.pdf

201. Chris Bataille, Dave Sawyer et Noel Melton (2015), « Pathways to Deep Decarbonisation in Canada », CMC Research Institutes, rapport de la phase 2, version préliminaire aux fins de commentaire, 14 juillet 2015, www.cmcghg.com/wp-content/uploads/2015/07/Final-Canada-DDPP-Country-Report-July-14.pdf
202. IDDRI, (2016), « The Impact of the Deep Decarbonization Pathways Project (DDPP) on Domestic Decision-Making Processes — Lessons from Three Countries : Australia, Canada and France », Institut du développement durable et des relations internationales, Issue no 11, novembre 2016, www.iddri.org/Publications/Collections/Syntheses/IB1116_DDPP_casestudies.pdf
203. Thomas Damassa et Taryn Fransen, (2015), « Canada's Proposed Climate Commitment Lags Behind Its Peers », World Resources Institute, 15 mai 2015, www.wri.org/blog/2015/05/canadas-proposed-climate-commitment-lags-behind-its-peers
204. Gouvernement du Canada, (2015), « Contributions prévues déterminées nationalement », Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, 15 mai 2015, www4.unfccc.int/Submissions/INDC/Published%20Documents/Canada/1/INDC%20-%20Canada%20-%20English.pdf
205. Gouvernement du Canada, (2016), « Le gouvernement du Canada accélère les investissements dans l'électricité propre », document d'information, 21 novembre 2016, http://news.gc.ca/web/article-en.do?nid=1158009
206. Conseil de la fédération, « Stratégie canadienne de l'énergie », 16 juillet 2016, p.12-26, www.canadaspremiers.ca/phocadownload/publications/canadian_energy_strategy_eng_fnl.pdf
207. SCIC, « Déclaration de Vancouver sur la croissance propre et les changements climatiques, Secrétariat des conférences intergouvernementales canadiennes », 3 mars 2016, www.scics.ca/en/product-produit/vancouver-declaration-on-clean-growth-and-climate-change/
208. Stern, N. H., (2007), « The Economics of climate change : the Stern review », Cambridge University Press, p. 309-311, http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/destaques/sternreview_report_complete.pdf
209. Gouvernement du Canada (2016), « Le gouvernement du Canada propose une tarification pancanadienne pour la pollution par le carbone », document d'information, Environnement et changements climatiques Canada, 3 octobre 2016, https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/news/2016/10/government-canada-proposes-canadian-pricing-carbon-pollution.html?=undefined&wbdisable=true
210. Stern, N. H. (2007) ibid, p. 325.
211. HSBC Global Research, (2015), « Stranded assets : what next? How investors can manage increasing fossil fuel risks », 16 avril 2015, www.businessgreen.com/digital_assets/8779/hsbc_Stranded_assets_what_next.pdf
212. Damian Carrington, The Guardian, (2014), « Bank of England investigating risk of 'carbon bubble' », 1 décembre 2014, https://www.theguardian.com/environment/2014/dec/01/bank-of-england-investigating-risk-of-carbon-bubble
213. Laura Tuck, (2016) « As the Paris Agreement Becomes Reality: How to Transform Economies through Carbon Pricing », 17 octobre 2016, www.carbonpricingleadership.org/posts-op-eds/2016/10/17/as-the-paris-agreement-becomes-reality-how-to-transform-economies-through-carbon-pricing
214. Gouvernement du Canada, (2016), « Chapitre 2 — Une croissance avantageuse pour la classe moyenne », budget 2016, 22 mars 2016, www.budget.gc.ca/2016/docs/plan/ch2-en.html#_foot1
215. Gouvernement du Canada, « Chapitre 4 — une économie axée sur une croissance propre », budget 2016, 22 mars 2016, www.budget.gc.ca/2016/docs/plan/ch4-en.html
216. Conseil canadien sur l'électricité renouvelable, « Lettre à l'honorable Amarjeet Lohi, 16 septembre 2016, www.cansia.ca/uploads/7/2/5/1/72513707/20160919_cancore_phase2infrastructure.pdf
217. Association des industries solaires du Canada et Association canadienne de l'énergie éolienne, (2016), "Policy Recommendations from Canada's Solar and Wind Energy Industries with Respect to Canada's Approach to Climate Change," submitted to Minister of Environment and Climate Change Catherine McKenna, 2 juin 2016, http://canwea.ca/wp-content/uploads/2017/03/canweacansiafederalclimateactionsubmission-2june2016.pdf
218. Met Office, (2016) « Global climate in context as the world approaches 1°C above pre- industrial for the first time », 25 janvier 2016. www.metoffice.gov.uk/research/news/2015/global-average-temperature-2015

Columbia INSTITUTE

510 – 1155 Robson Street
Vancouver, B.C., V6E 1B5 / Tel: 604.408.2500
columbiainstitute.ca

UNIFOR
Canadian Freelance Union