



Office national
de l'énergie

National Energy
Board

TRANSITION ÉNERGÉTIQUE DU CANADA ÉVALUATION DU MARCHÉ DE L'ÉNERGIE



CHANGEMENTS PASSÉS ET À VENIR DANS LES FILIÈRES ÉNERGÉTIQUES
MISE À JOUR

Autorisation de reproduction

Le contenu de cette publication peut être reproduit à des fins personnelles, éducatives et/ou sans but lucratif, en tout ou en partie et par quelque moyen que ce soit, sans frais et sans autre permission de l'Office national de l'énergie, pourvu qu'une diligence raisonnable soit exercée afin d'assurer l'exactitude de l'information reproduite, que l'Office national de l'énergie soit mentionné comme organisme source et que la reproduction ne soit présentée ni comme une version officielle ni comme une copie ayant été faite en collaboration avec l'Office national de l'énergie ou avec son consentement.

Quiconque souhaite utiliser le présent rapport dans une instance réglementaire devant l'Office peut le soumettre à cette fin, comme c'est le cas pour tout autre document public. Une partie qui agit ainsi se trouve à adopter l'information déposée et peut se voir poser des questions au sujet de cette dernière.

Le présent rapport ne fournit aucune indication relativement à l'approbation ou au rejet d'une demande quelconque. L'Office étudie chaque demande en se fondant sur les documents qui lui sont soumis en preuve à ce moment.

Pour obtenir l'autorisation de reproduire l'information contenue dans cette publication à des fins commerciales, faire parvenir un courriel à : info@neb-one.gc.ca

Permission to Reproduce

Materials may be reproduced for personal, educational and/or non-profit activities, in part or in whole and by any means, without charge or further permission from the National Energy Board, provided that due diligence is exercised in ensuring the accuracy of the information reproduced; that the National Energy Board is identified as the source institution; and that the reproduction is not represented as an official version of the information reproduced, nor as having been made in affiliation with, or with the endorsement of the National Energy Board.

If a party wishes to rely on material from this report in any regulatory proceeding before the NEB, it may submit the material, just as it may submit any public document. Under these circumstances, the submitting party in effect adopts the material and that party could be required to answer questions pertaining to the material.

This report does not provide an indication about whether any application will be approved or not. The Board will decide on specific applications based on the material in evidence before it at that time.

For permission to reproduce the information in this publication for commercial redistribution, please e-mail: info@neb-one.gc.ca

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada représentée par l'Office national de l'énergie 2019

NE2-23F-PDF
ISSN 2562-5322

Titre clé : Transition énergétique du Canada

Ce rapport est publié séparément dans les deux langues officielles.

On peut obtenir cette publication sur supports multiples, sur demande.

© Her Majesty the Queen in Right of Canada as represented by the National Energy Board 2019

NE2-23E-PDF
ISSN 2562-5314

Key title: Canada's Energy Transition

This report is published separately in both official languages.

This publication is available upon request in multiple formats

Table de matières

1. Introduction	1
2. Filières énergétiques	3
3. Consommation mondiale d'énergie et transition actuelle.	6
4. Énergie et émissions au Canada.	15
5. Tendances de la transition énergétique du Canada.	20
6. Stratégies d'avenir	33
7. Conclusion	42
8. Bibliographie et données	45



1. Introduction

Ces deux derniers siècles, nous avons vu s'opérer plusieurs transitions énergétiques issues d'une combinaison de changements technologiques, économiques et politiques. Une **transition énergétique**, c'est l'abandon d'une source d'énergie au profit d'une autre, ou une modification de la composition de l'approvisionnement en énergie primaire¹. Le passage de certaines sociétés de la biomasse peu énergétique (comme le bois et la tourbe) au charbon au XIX^e siècle en est un exemple. Cette transition a été rendue possible par l'invention de la machine à vapeur; le charbon est ensuite demeuré le principal combustible partout dans le monde jusqu'à la moitié du XX^e siècle. La transition majeure suivante s'est produite avec l'adoption et la croissance de l'électricité et du moteur à combustion interne au début du XX^e siècle. Ces progrès technologiques ont fait naître le besoin de nouvelles sources d'énergie, notamment l'hydroélectricité, le gaz naturel et le pétrole brut. De nos jours, plus de la moitié de la demande d'énergie primaire mondiale est comblée par le pétrole brut et le gaz naturel, abondants et abordables. Le charbon, aujourd'hui utilisé surtout pour la production d'électricité et la fabrication d'acier, représente le quart de la demande d'énergie primaire mondiale.

Les changements à la composition de l'approvisionnement en énergie primaire amènent une transformation concrète des filières énergétiques. Pour chaque nouvelle source d'énergie, il faut introduire des installations de production, une infrastructure de transport et de l'équipement pour la consommation finale. Les transitions énergétiques impliquent aussi des changements immatériels, par exemple de nouvelles réglementations et politiques, ainsi que l'adaptation des mentalités ou des systèmes de croyances².

La transition énergétique actuelle demande l'abandon des combustibles émetteurs de carbone au profit des sources sans émissions – c'est ce qu'on appelle la décarbonation. Quoiqu'influencée par des facteurs technologiques, économiques et politiques, la transition actuelle est la première à être principalement motivée par des facteurs environnementaux, résultat de l'évolution des valeurs sociales : la volonté de réduire les émissions de gaz à effet de serre (« GES »).

1 Vaclav Smil (2017). *Energy Transitions: Global and National Perspectives*, p. ix. Santa Barbara (Calif.), Praeger.

2 Bassam Fattouh, Rahmat Poudineh et Rob West (2018). [The rise of renewables and energy transition: what adaptation strategy for oil companies and oil-exporting countries?](#). Site Web : The Oxford Institute for Energy Studies.

Depuis 1980, la demande d'énergie mondiale a doublé à mesure que la population s'accroissait, que les pays se développaient et que les sources d'énergie devenaient plus accessibles et échangeables. Résultat : les émissions de carbone de la planète ont augmenté de 52 % dans les 25 dernières années, et celles du Canada, de 33 %.

Bien que le Canada produise seulement 1,7 % des émissions de GES mondiales, c'est l'un des pays les plus énergivores et émetteurs³ au monde. L'Agence internationale de l'énergie (« AIE ») [recommande](#) au Canada d'agir pour réduire son intensité énergétique et d'émission afin de conforter sa position de fournisseur et de consommateur d'énergie responsable. L'Organisation de coopération et de développement économiques (« OCDE ») [note](#) que le Canada est l'une des économies les plus intensives en émissions de GES au monde, et le quatrième plus grand émetteur parmi les pays membres. Le Conference Board du Canada [classe](#) le Canada au dernier rang, derrière 17 autres pays comparables sur le plan de l'intensité énergétique, et lui attribue la note « D » pour son intensité énergétique et ses émissions de GES.

Différentes tendances émergentes montrent qu'une transition énergétique est en cours au Canada, le premier indicateur étant que la croissance des énergies renouvelables s'accélère à mesure que les coûts de construction des installations de production diminuent. De nouvelles technologies voient le jour, les stratégies et les programmes d'efficacité énergétique prennent de l'ampleur, et l'électrification des transports gagne de plus en plus de terrain. La tarification du carbone et d'autres politiques écologiques incitent les particuliers et les organisations à adopter des méthodes écoénergétiques pour réduire le gaspillage. Enfin, plusieurs programmes politiques comme le [Cadre pancanadien sur la croissance propre et les changements climatiques](#) (le « Cadre pancanadien »), les [plans provinciaux](#), ainsi que les stratégies et plans municipaux et communautaires⁴, sont mis en place. Tous ces éléments contribuent à la transition énergétique non seulement en favorisant le virage vers la décarbonation, mais aussi en permettant de suivre son progrès.

Le présent rapport de l'Office national de l'énergie se penche sur les divers plans et mesures qui jouent un rôle dans la transition énergétique du Canada. Il présente une vue d'ensemble des filières énergétiques, une analyse des transitions énergétiques passées, un aperçu des tendances énergétiques au pays, et enfin, les perspectives pour l'avenir.

3 L'intensité énergétique est la quantité d'énergie consommée par une économie par rapport à sa production. En pratique, on la calcule sous forme d'unités d'énergie par unité de produit intérieur brut. L'intensité d'émission est la quantité de dioxyde de carbone émis par rapport à la production, souvent exprimée en unités d'émissions par unité de produit intérieur brut.

4 Bon nombre de villes canadiennes ont adopté des stratégies relatives aux changements climatiques ou à la transition énergétique dans les dernières années, notamment Vancouver ([Greenest City](#)), Ottawa ([Évolution énergétique](#)), Edmonton ([stratégie de transition énergétique communautaire](#)), Toronto ([TransformTO](#)) et Calgary ([stratégie de résilience climatique](#)).



2. Filières énergétiques

La qualité de vie des Canadiens est étroitement liée à l'énergie. Elle nous garde au chaud l'hiver et au frais l'été, et nous éclaire à toute heure de la journée. Elle permet le transport des personnes, des biens et des services aux quatre coins du pays et de la planète. Presque tous les aspects de la vie moderne en dépendent, de la réfrigération des aliments à la cuisson des repas. Bref, elle assure notre survie dans des conditions extrêmes.

Le secteur de l'énergie contribue également à notre niveau de vie, procurant des emplois à plus de 276 000 Canadiens et comptant pour 10 % du produit intérieur brut (« PIB ») du Canada⁵. Les 90 % restants dépendent d'ailleurs fortement de l'énergie pour la fourniture de biens et de services⁶.

Une **filière énergétique** regroupe la production, la conversion, le stockage, la distribution et l'utilisation finale de l'énergie. Le tableau 1 décrit les filières énergétiques au Canada, des sources d'énergie primaire aux utilisations finales où l'énergie est convertie en chaleur, en travail ou en matériaux. En ce sens, la demande d'énergie est une demande dérivée, c'est-à-dire qu'elle provient entièrement de notre demande en nécessités de la vie.

5 Ressources naturelles Canada (2018, 13 septembre). [Faits sur l'énergie : Énergie et économie](#).

6 Les réseaux de routes, de chemins de fer, de pipelines et de lignes de transport d'électricité du Canada distribuent l'énergie des régions productrices vers les centres de demande. Au Canada, les lieux de production et de consommation et le type d'énergie varient beaucoup d'une région à l'autre. Ces différences régionales sont mises en évidence dans les [profils énergétiques des provinces et territoires](#) de l'Office.

Tableau 1 : Filières énergétiques au Canada

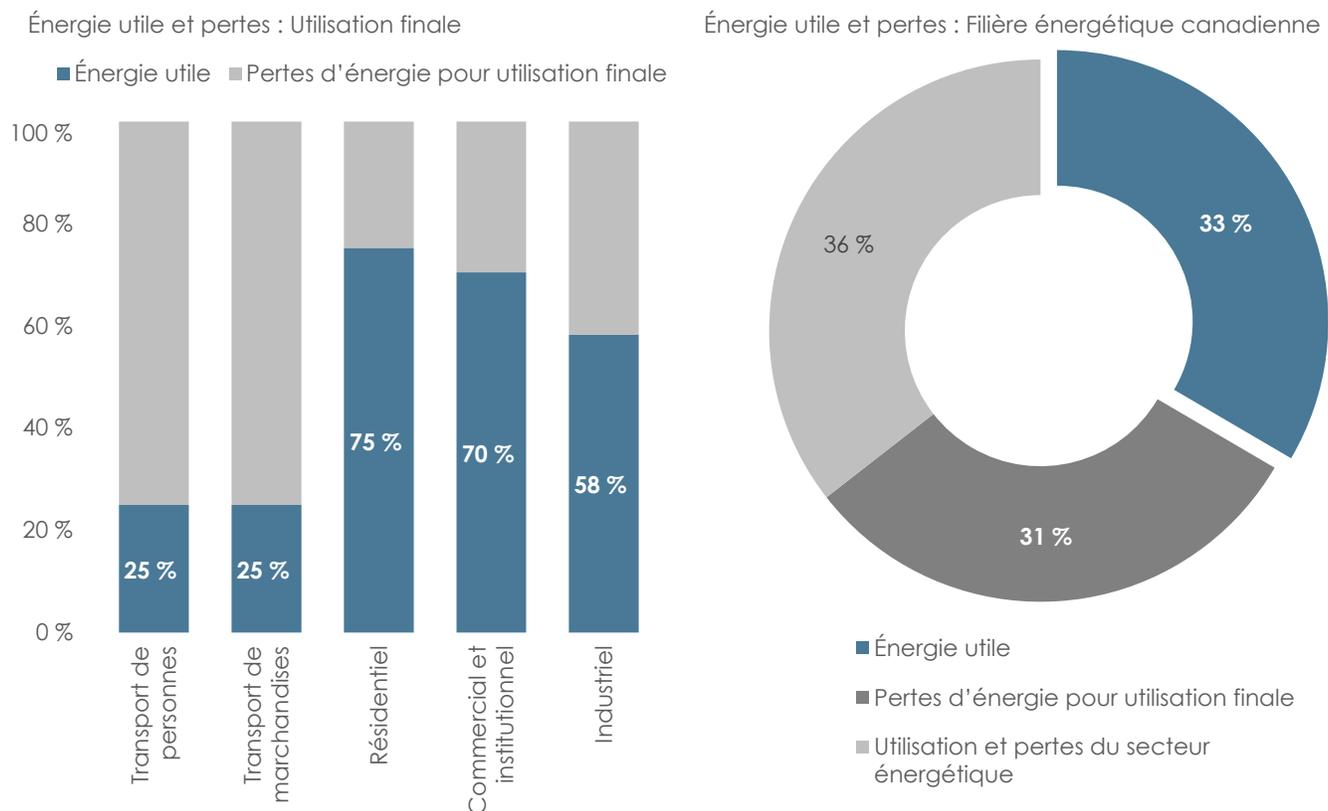
Énergie primaire	Production	Conversion	Distribution	Utilisation finale
Ressources renouvelables	Origine naturelle	Les cellules photovoltaïques, les éoliennes, les turbines à vapeur et les turbines hydrauliques convertissent la lumière du soleil, le vent, la chaleur souterraine et le mouvement de l'eau en électricité.	Réseau électrique	Production d'électricité et consommation
Gaz naturel	Forage et extraction	Aucune conversion, mais le traitement du gaz naturel en extrait les impuretés et les liquides de gaz naturel. Les installations de gaz naturel liquéfié refroidissent le gaz naturel pour en faciliter le transport.	Réseau de pipelines, navire (gaz naturel liquéfié), camion (gaz naturel liquéfié ou comprimé)	Chauffage des bâtiments, production d'électricité et consommation, transport, usages non énergétiques
Pétrole brut	Forage et extraction	Les usines de traitement convertissent le bitume en pétrole brut synthétique. Les raffineries convertissent le pétrole en produits pétroliers tels que l'essence, le diesel, le mazout de chauffage et les combustibles de soute (pour les navires).	Pipeline, navire, chemin de fer, camion	Transport, chauffage des bâtiments, production d'électricité et consommation, usages non énergétiques
Charbon	Exploitation minière	Aucune conversion, mais les installations de préparation du charbon nettoient et trient le charbon avant son utilisation par les centrales.	Navire, chemin de fer	Production d'électricité et consommation, chauffage des bâtiments dans certains cas
Uranium	Exploitation minière	Les usines de traitement de l'uranium raffinent et enrichissent le minerai d'uranium pour ensuite le convertir en pastilles et en grappes de combustible destinées aux réacteurs.	Navire, chemin de fer, camion	Production d'électricité et consommation

Source : Office national de l'énergie

Lorsque l'énergie sert à produire de la chaleur ou à fournir du travail (par exemple, l'essence pour faire rouler une voiture), elle est dite utile. Sa transformation à partir de la source d'énergie primaire, son transport jusqu'à l'utilisateur final et sa consommation par celui-ci entraînent néanmoins des pertes et des inefficacités.

La figure 1 montre que la grande majorité de l'énergie consommée au Canada est ultimement perdue. Les pertes peuvent se produire à n'importe quelle étape de la filière énergétique : production, conversion, distribution ou utilisation finale.

Figure 1 : Énergie utile et pertes au Canada (2013)



Source : [Canadian Energy Systems Analysis Research](#)

Dans le secteur de l'énergie, les pertes proviennent de l'utilisation d'énergie ou du processus de conversion. Les exemples sont nombreux : pensons notamment aux carburants et à l'électricité consommés tout au long de la chaîne d'approvisionnement de l'industrie pétrolière, ou encore aux pertes qui surviennent durant la production de l'électricité, son transport et sa distribution aux utilisateurs finaux.⁷

Les pertes à l'utilisation finale correspondent à l'écart entre la quantité de combustible et d'électricité consommée par l'utilisateur final et la quantité estimative d'énergie utile ultimement obtenue. Dans le transport des personnes et des marchandises, seulement 25 % (en moyenne) du carburant consommé par les véhicules et les navires sert réellement au mouvement. Les 75 % restants sont perdus dans la friction, la combustion, la chaleur d'échappement et la marche au ralenti.

Il est donc primordial de comprendre les processus de production, de transformation et de consommation de l'énergie et de trouver des moyens d'en augmenter l'efficacité si l'on veut réussir la transition énergétique. Il faut aussi savoir quelles quantités et quels types d'énergie sont consommés, et quels sont les effets environnementaux de nos besoins énergétiques.

⁷ Les centrales thermiques varient en efficacité, selon les technologies qu'elles emploient. Canadian Energy Systems Analysis Research (CESAR) estime que 29 % du combustible nucléaire est converti en électricité, contre 26 à 36 % pour le charbon et 40 à 60 % pour le gaz naturel. Selon CESAR, les pertes dues au transport et à la distribution sur les réseaux électriques canadiens totalisent moins de 10 %.



3. Consommation mondiale d'énergie et transition actuelle

La consommation mondiale d'énergie a monté en flèche dans les 50 dernières années. Les progrès technologiques réalisés depuis le début du XX^e siècle ont mené à la découverte et à l'utilisation de nouvelles formes d'énergie. Les ressources comme le charbon servent aujourd'hui davantage à la production d'électricité qu'au transport (p. ex., locomotives à vapeur), au chauffage des bâtiments et aux procédés industriels. Les avancées dans les domaines du transport maritime – vitesse, efficacité et économies d'échelle, entre autres⁸ – ainsi que de la liquéfaction et du transport des gaz ont permis d'établir un commerce mondial du pétrole brut et, plus tard, celui du gaz naturel liquéfié (« GNL »). La circulation de l'énergie partout dans le monde a donc facilité – et facilite encore aujourd'hui – le développement économique des sociétés pauvres en ressources énergétiques. À titre d'exemple de l'incidence du commerce mondial de l'énergie sur l'économie, le gaz naturel provenant du GNL représente aujourd'hui près de 50 % de la production d'électricité du Japon⁹.

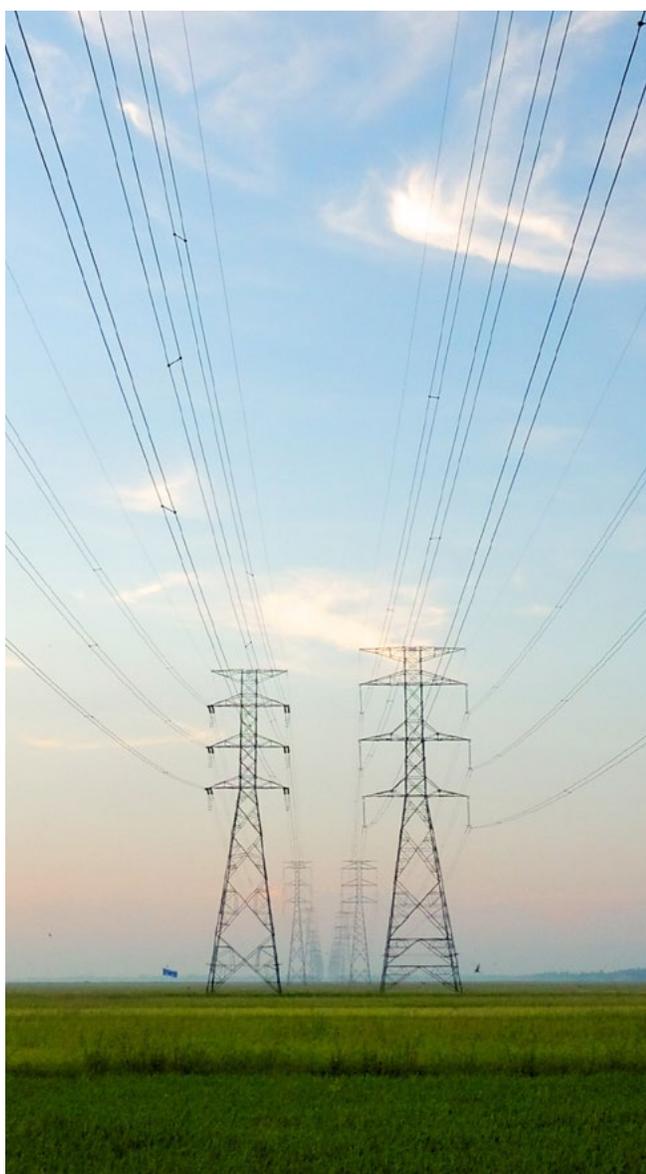
Vu la croissance rapide de la production et du commerce mondial du pétrole brut et du gaz naturel, les pays riches en ressources énergétiques peuvent monnayer celles-ci et développer leur économie, alors que les pays pauvres en ressources énergétiques peuvent importer les combustibles nécessaires pour bâtir des sociétés modernes et développées. L'abondance des sources d'énergie, combinée à la hausse constante de la demande, a suscité la croissance soutenue de la consommation mondiale d'énergie, qui a atteint un niveau record de 566 EJ en 2017.

8 À la fin des années 1940, le plus grand transporteur de pétrole brut avait une capacité de 30 000 tonnes de port en lourd (« TPL »), capacité qui était limitée par le canal de Suez à l'époque. Les superpétroliers d'aujourd'hui peuvent toutefois dépasser 500 000 TPL.

9 Le Japon dépend fortement de l'importation de charbon, de pétrole brut et de gaz naturel pour combler les besoins en énergie de ses 127 millions d'habitants. Après la [catastrophe nucléaire de la centrale Fukushima Daiichi](#) en 2011, les réacteurs de partout au pays ont été progressivement mis à l'arrêt par souci de sécurité. Bien que plusieurs réacteurs soient de nouveau en service, la majorité sont fermés indéfiniment. L'importation accrue du GNL a été primordiale pour maintenir la fiabilité du secteur de l'électricité japonais après ces fermetures.

La consommation d'énergie et la croissance économique sont hautement inégales à l'échelle mondiale. Les pays développés (membres de l'OCDE), autrefois les plus grands consommateurs d'énergie en termes absolus, ont été supplantés par les pays en développement (non membres de l'OCDE) après 2007. Ce renversement, illustré dans la figure 2, est le résultat de l'industrialisation, de la motorisation, des réformes économiques, de l'urbanisation et d'autres changements structurels survenus dans beaucoup de ces pays en développement au cours des dernières décennies.

À l'heure où les pays en développement voient leur croissance démographique et économique dépasser celle de leurs homologues développés, leur demande d'énergie devrait elle aussi continuer de s'accroître à un rythme supérieur.



UNITÉS D'ÉNERGIE DANS CE RAPPORT

Le joule est une unité d'énergie. Comme elle est très petite, on l'exprime souvent en multiples :

- Un **mégajoule** (« MJ ») = un million de joules
- Un **gigajoule** (« GJ ») = mille mégajoules
- Un **térajoule** (« TJ ») = mille gigajoules
- Un **pétajoule** (« PJ ») = mille térajoules
- Un **exajoule** (« EJ ») = mille pétajoules

Un gigajoule équivaut à un peu plus de deux bonbonnes de propane de 20 livres ou de 30 litres d'essence. Le ménage canadien moyen [consomme 93 GJ d'énergie](#) par année.

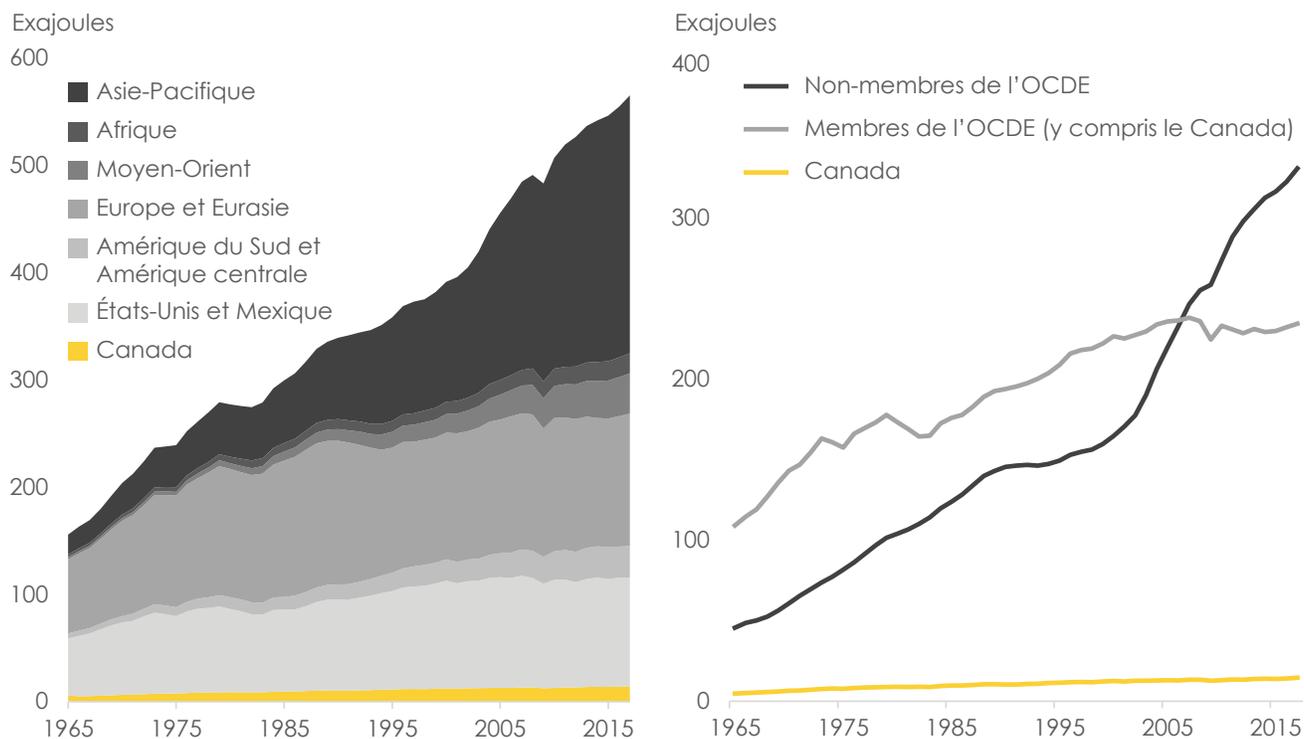
Un exajoule correspond à la valeur énergétique de 174 millions de barils de pétrole. En 2017, la consommation mondiale atteignait 98 millions de barils de pétrole par jour (ou 0,56 EJ par jour).

Le **watt** est une unité de puissance égale à un joule par seconde. Comme le joule, le watt est aussi exprimé en multiples, comme le mégawatt (« MW »), le gigawatt (« GW ») et le térawatt (« TW »). La puissance d'une éolienne terrestre typique est de 2 à 4 MW, celle de la centrale hydroélectrique Robert-Bourassa est de 5,6 GW, et celle de la centrale nucléaire de Bruce est de 6,3 GW.

Le **wattheure** est une unité d'énergie qui correspond à la puissance en watts déployée sur une heure et qui vaut 3 600 joules. Les multiples les plus courants sont le kilowattheure (« kWh »), le mégawattheure (« MWh »), le gigawattheure (« GWh ») et le térawattheure (« TWh »). Une sécheuse qui fonctionne pendant une heure consomme en moyenne 3 kWh. Le ménage canadien moyen consomme 12 MWh d'électricité par année. En 2017, [le Canada a produit 650 TWh](#) d'électricité.

Essayez la [calculatrice](#) de l'Office pour convertir les différentes unités d'énergie.

Figure 2 : Consommation d'énergie – Pays membres et non membres de l'OCDE (1965-2017)



Source : [BP – Statistical Review of World Energy 2018](#)

Pourquoi faire la transition?

La consommation d'énergie a une forte incidence non seulement sur le développement social et économique, mais aussi sur l'environnement. Le dioxyde de carbone (« CO₂ ») est un GES issu de la combustion de la biomasse et des combustibles fossiles. Les GES peuvent également être produits lorsque la végétation naturelle est transformée en zones urbaines, industrielles et cultivées. Ils sont d'ailleurs la [principale cause des changements climatiques](#) et le passage des combustibles émetteurs de carbone vers les sources sans émissions est le nerf de la transition énergétique actuelle.

Les combustibles à base de carbone ne sont pas tous égaux. Ils peuvent avoir différentes teneurs en énergie et donc dégager différentes quantités de CO₂ lors de la combustion, comme l'indique le tableau 2. Le bois et le [lignite](#) ont une densité énergétique faible¹⁰, mesurée en mégajoules par kilogramme (« MJ/kg »), mais produisent beaucoup plus d'émissions que les produits pétroliers raffinés (comme le diesel et l'essence) et le gaz naturel.

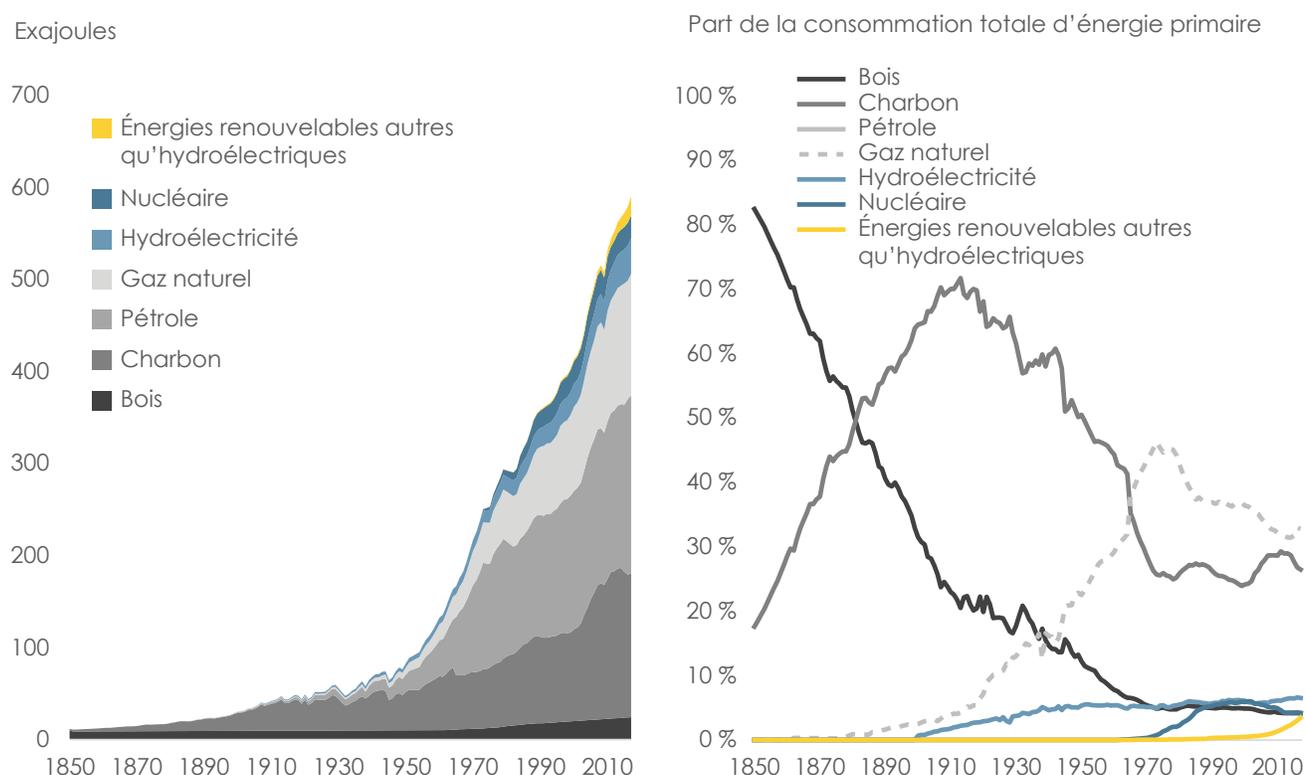
10 La **densité énergétique** se définit comme la teneur en énergie d'un combustible par rapport à son poids ou son volume. Par exemple, le gaz naturel (sous forme gazeuse ou liquide) a une densité énergétique environ deux fois plus élevée (en joules par kilogramme) que le charbon, qui lui a une densité énergétique environ deux fois plus élevée que la tourbe et le bois.

Tableau 2 : Densité énergétique et émissions de carbone de différents combustibles

Carburant	Densité énergétique (MJ/kg)	Émissions de CO ₂ issues de la combustion (g/MJ)	Écart d'émissions par rapport au lignite
Bois ¹¹	15 à 22	109,6	+8 %
Charbon (lignite ou « houille brune »)	15 à 19	101,2	–
Charbon (anthracite ou « charbon dur »)	27 à 30	94,6	-7 %
Diesel	42,8 (ou 36,4 MJ/l)	74,1	-27 %
Essence	43,8 à 47,9 (ou 32 à 35 MJ/l)	69,3	-32 %
Gaz naturel	53,8 (ou 23 à 26 MJ/l de GNL)	56,1	-55 %

Source : [Université de Washington](#); [Volker Quaschnig](#); calculs de l'Office

Figure 3 : Consommation mondiale d'énergie primaire par combustible (1850-2017)



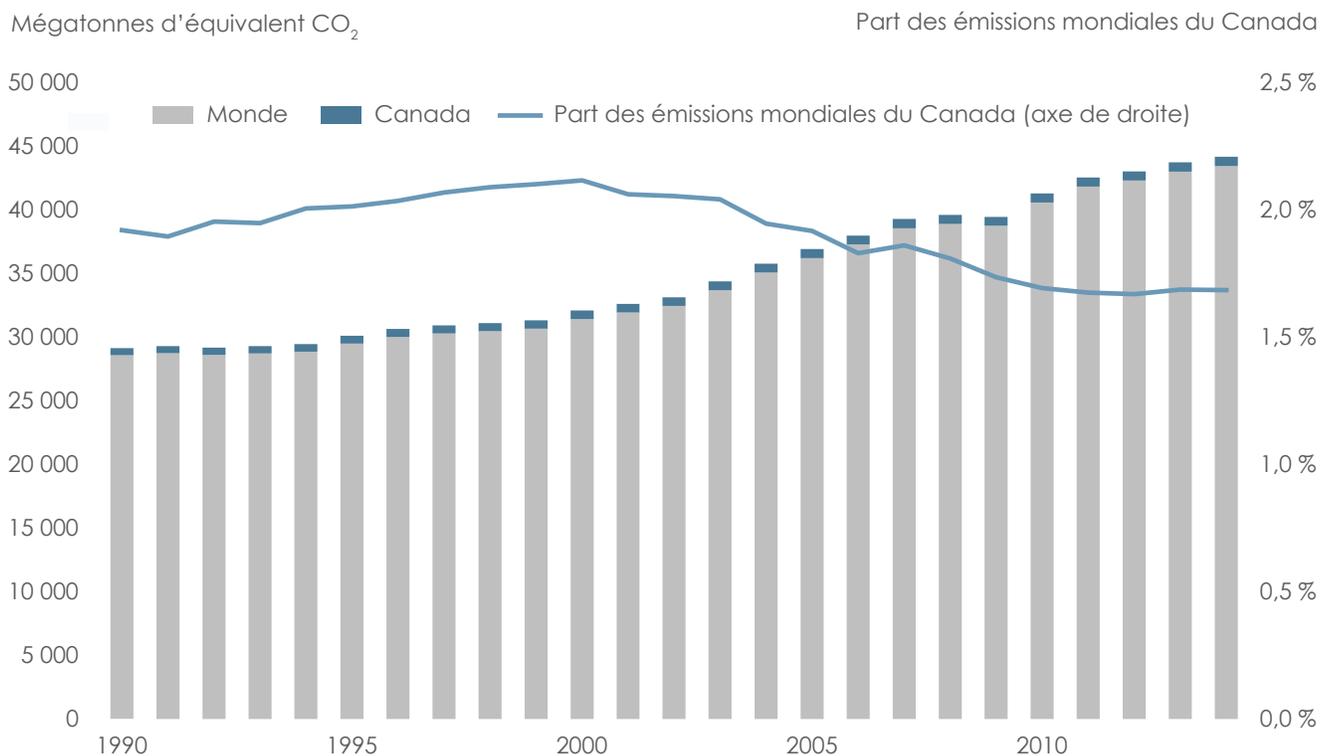
Source : [BP – Statistical Review of World Energy 2018](#); Arnulf Grübler – [Annexe de données, Technology and Global Change](#)

La figure 3 illustre 167 ans de consommation mondiale d'énergie par combustible. Depuis les années 1950, la majorité des besoins d'énergie croissants ont été comblés par des combustibles émetteurs de carbone (biomasse, charbon, pétrole brut, gaz naturel). À l'heure actuelle, ceux-ci répondent à 85 % de la demande mondiale d'énergie primaire. Les sources sans émissions (hydroélectricité, nucléaire, éolien, solaire) ont toujours représenté une faible proportion de l'énergie primaire consommée à l'échelle planétaire.

11 La [CCNUCC](#) précise que la [biomasse](#) a le potentiel d'être presque carboneutre, si sa consommation est gérée de façon durable. La carboneutralité se définit comme l'équilibre entre les émissions et l'élimination de carbone.

La demande croissante en énergie de l'économie mondiale, particulièrement en combustibles à fortes émissions de carbone, abondants et abordables, a fait en sorte que les émissions mondiales de GES ont atteint de nouveaux sommets d'année en année. Entre 1850 et 2014, les émissions sont passées de 198 mégatonnes d'équivalent CO₂¹² (« Mt d'éq. CO₂ ») à plus de 44 000 Mt d'éq. CO₂¹³.

Figure 4 : Émissions mondiales de GES et part du Canada (1990-2014)



Source : [CAIT – Climate Data Explorer](#)

La figure 4 illustre la tendance des émissions de GES entre 1990 et 2014. Durant cette période, les émissions du Canada ont augmenté de 33 % pour atteindre 745 Mt d'éq. CO₂. Bien que le Canada soit un assez faible contributeur aux émissions mondiales totales, il demeure l'un des plus importants émetteurs au monde, réalité qui sera abordée plus en détail au prochain chapitre.

12 Outre le CO₂, les GES sont le méthane, l'oxyde nitreux et les gaz fluorés. Chaque type de GES a son « [potentiel de réchauffement planétaire](#) ». Par exemple, on estime que le méthane a un potentiel de 28 à 36 fois supérieur à celui du CO₂, et les gaz fluorés, de plusieurs milliers de fois supérieur à celui du CO₂. En exprimant les émissions de GES en équivalents CO₂, on peut normaliser les effets de chaque gaz.

13 Selon les données du [World Resources Institute](#) (« WRI ») et de son [Climate Analysis Indicators Tool](#) (« CAIT »).

Transition actuelle

La figure 3 illustre également que les transitions énergétiques ont toujours été lentes. Avant 1880, la biomasse était la plus importante source d'énergie primaire sur la planète. Le charbon, un moteur déterminant de la révolution industrielle, était plus abondant et moins exigeant en main-d'œuvre que le bois ou le charbon de bois. La part du charbon, comme source de combustible, dans le portefeuille des énergies primaires n'a cessé de croître, pour atteindre un sommet dans les années 1910, alors qu'il répondait à 70 % des besoins énergétiques du monde. Bien que l'utilisation du charbon ait quintuplé au cours du siècle suivant, la part du charbon a baissé à 28 % dans les années 2010. Dès les années 1930, les besoins énergétiques mondiaux étaient comblés par les hydrocarbures, de plus en plus abondants et abordables.

L'énergie nucléaire, d'abord utilisée pour la production d'électricité dans les années 1950, comblait 4 à 6 % de la demande d'énergie primaire mondiale depuis le milieu des années 1980¹⁴. En 2016, il y avait 450 réacteurs nucléaires en service dans le monde, et 60 en construction¹⁵.

L'apport accru des énergies renouvelables est l'un des éléments fondamentaux de la transition énergétique actuelle. La figure 3 montre que l'apport des énergies renouvelables non hydroélectriques, comme l'éolien et le solaire, est passé de 2 à 20 EJ entre 2000 et 2017. Une hausse minime en apparence, mais soulignons qu'aucune autre source d'énergie primaire n'a vu sa croissance décupler ou sa part relative augmenter d'une telle ampleur en 17 ans. L'essor des énergies renouvelables non hydroélectriques est comparable à la montée du nucléaire dans les années 1970 et 1980, et bon nombre d'organismes internationaux de prévisions énergétiques¹⁶ s'attendent à une hausse continue de la part des énergies renouvelables. Grâce aux progrès d'ordre technologique et économique, les énergies renouvelables non hydroélectriques peuvent faire concurrence aux filières énergétiques traditionnelles sur le plan des coûts par unité d'énergie produite.

Ce que la figure 3 ne montre pas, c'est le rythme de la transition de chaque économie d'une source d'énergie à une autre. Les sociétés n'ont pas toutes évolué à la même vitesse ni dans la même mesure. Le charbon, malgré sa densité énergétique inférieure à celle du pétrole et du gaz naturel, demeure une source d'énergie primaire abondante et abordable pour beaucoup de pays en développement ou développés. La biomasse, davantage utilisée aujourd'hui qu'en 1900, continue d'être le combustible à cuisson de prédilection de [plus de 2,5 milliards de personnes](#) dans le monde, principalement dans les zones rurales des pays en développement.

DE KYOTO À PARIS

L'Accord de Paris est comparable au Protocole de Kyoto dans le sens que les deux misent sur les buts établis dans la CCNUCC et visent à freiner la hausse des températures mondiales par la réduction des émissions de GES.

Le Protocole de Kyoto est entré en vigueur en 2005 et a été signé par 192 parties, dont le Canada.

Dans le cadre de ce protocole, le Canada avait pour objectif de réduire ses émissions de 6 % par rapport aux niveaux de 1990, avant 2012. Cependant, en 2010, les émissions canadiennes avaient augmenté de 15 %. Ayant constaté en 2012 qu'il était incapable de respecter son objectif, le Canada s'est retiré de l'accord.

L'Accord de Paris a été adopté en 2015 et est entré en vigueur en 2016. Il diffère du Protocole de Kyoto en ce que les pays se fixent volontairement des cibles nationales au lieu de se voir imposer des cibles par un accord international contraignant. Il exige que les pays déploient tous les efforts possibles par l'intermédiaire des cibles fixées et qu'ils augmentent ces efforts à long terme de façon constante. Il exige en outre que tant les pays en développement que les pays développés se donnent des cibles de réduction des émissions de GES. Le Protocole de Kyoto n'était juridiquement contraignant que pour les pays développés; les pays en développement pouvaient s'y conformer de manière volontaire.

14 Au Canada, l'[énergie nucléaire](#) représente 15 % de la production d'électricité et 9 % de la demande d'énergie primaire. Elle est la plus importante source d'électricité en [Ontario](#) et au [Nouveau-Brunswick](#).

15 European Nuclear Society (2016). [Nuclear power plants, world-wide](#).

16 Notamment les rapports [World Energy Outlook 2018](#) de l'Agence internationale de l'énergie, [Energy Outlook 2019](#) de BP et [New Energy Outlook 2018](#) de Bloomberg New Energy Finance.

Efforts mondiaux passés

La hausse rapide des émissions de GES liés à l'énergie et leurs effets sur le climat ont incité les gouvernements nationaux à s'entendre pour agir de concert. Dans ces accords, les gouvernements adoptent habituellement des politiques visant à modifier le comportement des producteurs et des consommateurs.

Les politiques internationales sont des catalyseurs de changement, et le Canada est depuis longtemps partie prenante aux traités et accords environnementaux, par exemple le Protocole de Montréal¹⁷. Signé en 1987 et mis en application en 1989, le Protocole de Montréal a mené à l'élimination progressive des substances qui appauvrissent la couche d'ozone, en particulier les chlorofluorocarbones (« CFC »). Il a non seulement été le premier accord environnemental à atteindre la ratification universelle, mais il est aussi [généralement considéré comme une réussite](#) et a montré que la coopération internationale en vue d'un objectif environnemental commun est en fait possible. Trente ans plus tard, le Protocole de Montréal est devenu un instrument de lutte contre le changement climatique avec l'Amendement de Kigali¹⁸ en 2016.

En 1992, la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (« [CCNUCC](#) ») a rallié 154 signataires au Sommet de la Terre, à Rio de Janeiro. Ratifiée depuis par 197 pays, elle a pour objectif de « stabiliser les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique ». Le Protocole de Kyoto (1997) à la CCNUCC était le premier accord à fixer des cibles de réduction des émissions de GES, bien qu'il ne visait qu'un nombre limité de parties¹⁹.

L'Accord de Paris est le fruit de la 21^e Conférence des parties (« COP21 ») de la CCNUCC, tenue à Paris en décembre 2015. À ce jour, l'Accord a été signé par 197 pays et 185 l'ont ratifié^{20,21}. Il a pour objectif central de maintenir la hausse des températures mondiales d'ici la fin du siècle à un niveau bien inférieur à 2 degrés Celsius par rapport aux niveaux préindustriels et de poursuivre les efforts pour limiter encore davantage l'augmentation de la température à 1,5 degré Celsius.

Plus les effets et les coûts des changements climatiques augmentent, plus la pression d'agir pour les contrer s'intensifie elle aussi. C'est pourquoi la transition énergétique actuelle est la première à être principalement motivée par des facteurs environnementaux, en plus des facteurs technologiques, économiques et politiques.

Cadre pancanadien sur la croissance propre et les changements climatiques

Dans l'Accord de Paris, le Canada s'est engagé à réduire ses émissions de GES de 30 % par rapport aux niveaux de 2005 (730 Mt d'éq. CO₂) d'ici 2030, ce qui correspond à une cible de 511 Mt. Les émissions canadiennes de 716 Mt d'éq. CO₂ en 2017 représentent une baisse nette de 1,9 % comparativement à 2005. Les émissions de GES par habitant ont aussi diminué, passant de 22,7 à 19,5 t d'éq. CO₂ par personne, une baisse nette de 14,1 %.

17 Titre complet : *Protocole de Montréal relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone*.

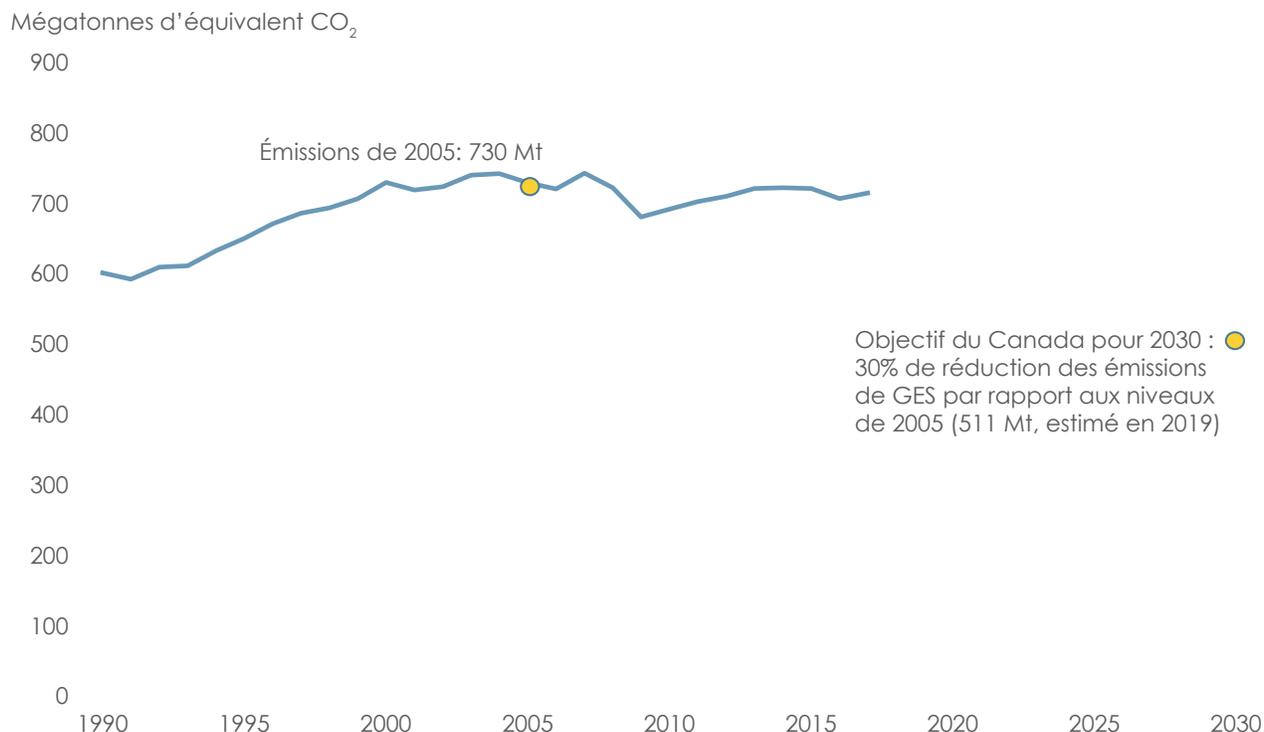
18 L'Amendement de Kigali au Protocole de Montréal a été signé en 2016 et est entré en vigueur le 1^{er} janvier 2019. Il exige l'arrêt progressif de la production et de la consommation d'hydrofluorocarbones (« HFC »), des GES très puissants utilisés comme remplacement aux CFC après l'adoption du Protocole de Montréal. Leur élimination [permettrait de réduire de 0,5 degrés Celsius](#) le réchauffement de la planète d'ici la fin du siècle.

19 Center for Climate and Energy Solutions (2017). [History of UN Climate Talks](#).

20 CCNUCC (2019). [Accord de Paris – État des ratifications](#).

21 En 2017, le président Donald Trump a annoncé qu'il retirerait les États-Unis de l'Accord de Paris dès qu'il aurait le droit de le faire, l'avis de désistement officiel ne pouvant pas être soumis avant 2019/

Figure 5 : Émissions de GES du Canada – Tendances passées et objectif pour 2030



Source : [ECCC – Rapport d'inventaire national \(1990-2017\)](#)

Note : Les émissions de GES, que ce soient les données de 2005 ou la cible de 2030, sont sujettes à changement.

Élaboré en 2016, le Cadre pancanadien représente l'engagement du Canada à lutter contre les changements climatiques²². La tarification de la pollution par le carbone est au cœur du Cadre pancanadien. Il s'agit d'un moyen efficace de réduire les émissions de gaz à effet de serre, de favoriser l'innovation et d'inciter les gens et les entreprises à polluer moins²³.

Outre la tarification de la pollution par le carbone, le Cadre pancanadien prévoit des mesures complémentaires de lutte contre les changements climatiques visant à réduire les émissions et à abattre les barrières commerciales où la tarification seule n'est pas suffisante ou assez rapide pour la baisse des émissions souhaitée d'ici 2030, par exemple, le resserrement des normes visant l'efficacité énergétique et des codes relatifs aux véhicules et aux bâtiments. Il renferme également des mesures pour aider la population canadienne à développer une résilience aux changements climatiques et pour encourager les solutions de technologies propres.

Selon les [projections de 2018](#) d'Environnement et Changement climatique Canada (« ECCC »), les émissions de GES du Canada diminueront de 223 Mt d'ici 2030 par rapport aux projections antérieures au Cadre pancanadien. ECCC estime qu'une fois que celui-ci aura été mis en œuvre, le Canada sera en voie d'atteindre les cibles de réduction établies pour 2030.

Imposer un prix sur le carbone

La tarification du carbone consiste à imposer un coût aux activités qui produisent des émissions de GES. En pratique, le gouvernement peut imposer un tarif fixe en fonction des émissions réelles, de la teneur en carbone des carburants ou des émissions de carbone résultant de la fabrication d'un produit. Par conséquent, plus on produit

22 Bien qu'au départ le Manitoba et la Saskatchewan n'ait pas adopté le Cadre pancanadien en 2016, le Manitoba s'y est rallié depuis.

23 La page [Mode de fonctionnement de la tarification de la pollution](#) fournit de plus amples renseignements sur la mise en œuvre de la tarification du carbone.

d'émissions, plus on paie. La tarification du carbone est transparente et prévisible. Elle favorise l'efficacité énergétique et l'innovation pour réduire les émissions. Les décisions relatives à la manière de retourner les revenus tirés de la tarification du carbone peuvent avoir des incidences importantes, notamment contribuer à compenser les effets régressifs et appuyer la recherche et le développement ou les investissements dans les mesures écoénergétiques²⁴.

Les systèmes d'échange de droits d'émission et de plafonnement et d'échange fonctionnent différemment d'une taxe, quoique l'objectif de réduction d'émissions soit le même. Par l'échange de droits d'émission, les gouvernements peuvent fixer une limite d'émissions de GES et accorder un certain nombre de droits d'émission correspondant au plafond. Le mécanisme d'échange permet aux pollueurs qui peuvent réduire leurs émissions à moindre coût de tirer profit de la vente de leurs droits à d'autres pollueurs qui prévoient augmenter leurs émissions ou qui ne sont pas en mesure de réduire leurs émissions de façon économique. La réduction graduelle du plafond au fil du temps entraîne une réduction générale des émissions tout en favorisant d'abord la réduction des émissions à moindre coût.

Les principaux avantages des systèmes d'échange de droits d'émissions sont la certitude que les émissions seront réduites et l'interopérabilité entre les différentes régions. Les inconvénients sont les coûts administratifs plus élevés et l'incertitude des prix pour les émetteurs.

Autres instruments politiques

Les gouvernements qui ont participé au Cadre pancanadien l'ont reconnu : de multiples mesures seront nécessaires, en plus de la tarification du carbone, pour que le Canada atteigne son objectif de 2030 selon l'Accord de Paris et décarbonise encore davantage son économie d'ici le milieu du siècle. Le virage vers l'électrification et l'énergie propre exigera des investissements énormes, et les utilisateurs finaux devront mieux comprendre comment nous produisons et utilisons l'énergie.

Aux instruments de marché s'ajoute un éventail de politiques et de règlements contribuant à réduire les émissions, généralement en encourageant et en décourageant certains comportements par des incitatifs non financiers. Citons par exemple les politiques et les règlements sur l'amélioration des pratiques et des normes, les investissements dans la recherche et le développement en efficacité énergétique et en technologies propres et les initiatives du secteur de l'électricité (comme les normes relatives au portefeuille d'énergie renouvelable et la mise hors service des centrales au charbon).

Les politiques sont un volet important des tendances énergétiques, car elles orientent l'évolution des filières énergétiques canadiennes. De plus, comme les équipements et les projets énergivores ont une longue durée de vie, les politiques d'aujourd'hui joueront un rôle majeur dans les tendances futures.

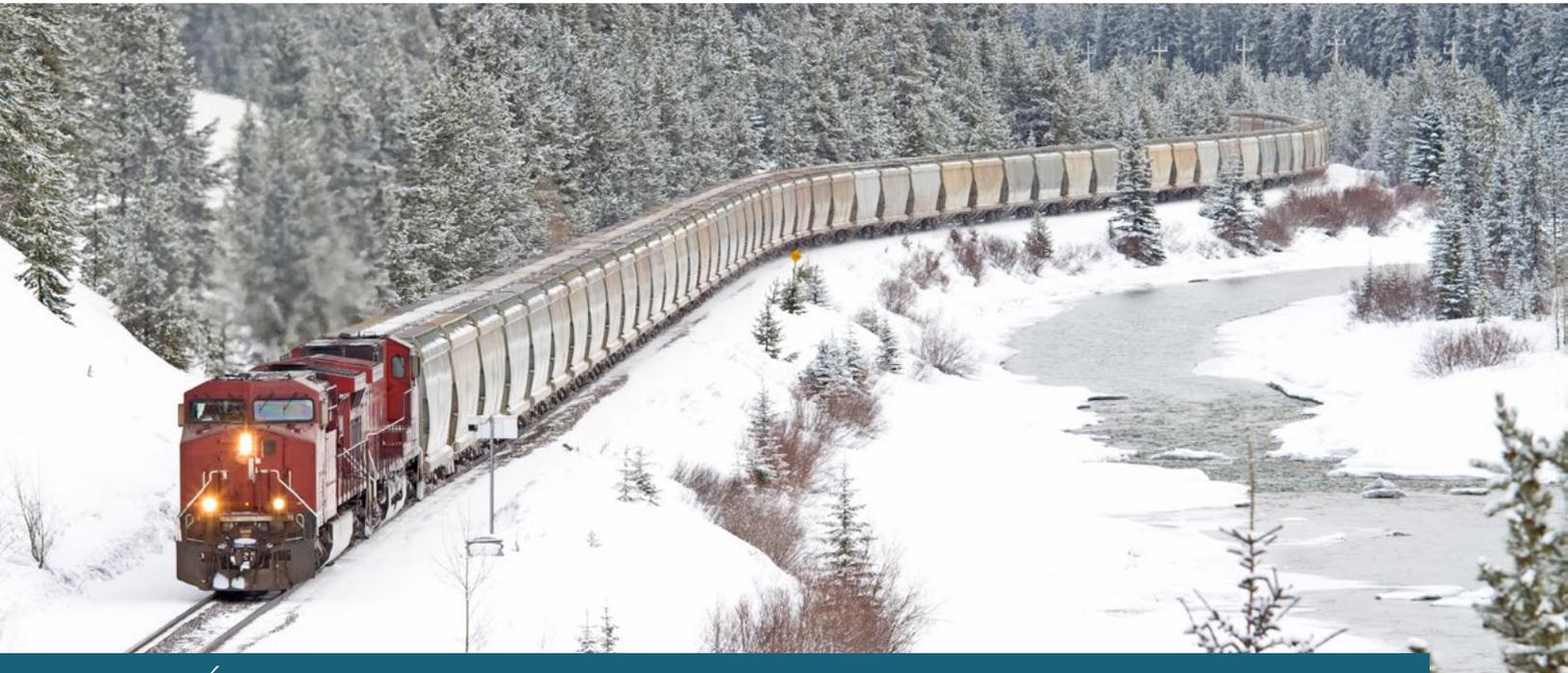
APERÇU DES MESURES PRÉVUES DANS LE CADRE PANCANADIEN

À la tarification de la pollution par le carbone s'ajoutent de nombreuses mesures qui façonnent le Cadre pancanadien, dont les suivantes :

- Élimination progressive des centrales au charbon d'ici 2030
- Réduction de la dépendance au diesel dans les communautés nordiques, éloignées et autochtones
- Amélioration de l'efficacité des véhicules, élaboration d'une Norme sur les combustibles propres et augmentation du nombre de véhicules à émission zéro sur les routes
- Réduction des émissions de méthane dans le secteur du pétrole et du gaz naturel
- Amélioration de l'efficacité énergétique dans tous les secteurs
- Protection et amélioration des puits de carbone (soit le carbone stocké dans les forêts, les terres humides et les zones agricoles).

Le Cadre pancanadien prévoit aussi la collaboration des peuples autochtones et la mise à profit de leur savoir traditionnel, tout particulièrement dans le domaine de l'adaptation et de la résilience au climat.

24 Gouvernement du Canada (2018). [Résultats estimés du système fédéral de tarification de la pollution par le carbone](#).



4. Énergie et émissions au Canada

Production d'énergie au Canada

Le Canada est l'un des plus importants producteurs d'énergie au monde. Son vaste territoire, combiné à sa diversité géographique et géologique, est favorable à plusieurs types de production d'énergie. Le Canada se classe actuellement au sixième rang mondial pour la production de pétrole brut et au cinquième rang mondial pour la production de gaz naturel. Il est aussi le deuxième producteur d'hydroélectricité en importance au monde et arrive septième pour la capacité éolienne installée.

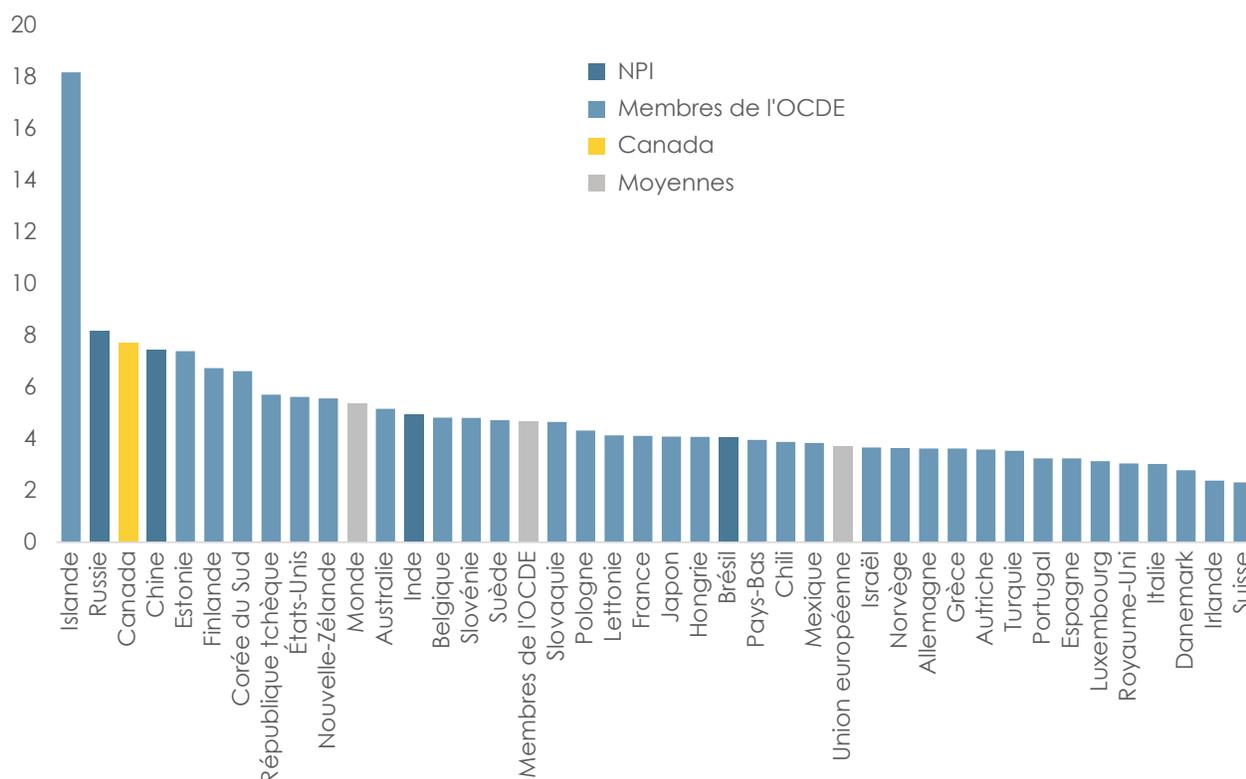
Le Canada est un important exportateur net d'énergie : toute production excédant les besoins immédiats et futurs du pays est exportée. En 2017, les exportations nettes d'énergie du Canada [se chiffraient à 71,4 milliards de dollars](#).

Consommation d'énergie au Canada

Le Canada est l'un des plus grands consommateurs d'énergie au monde par rapport à son activité économique. La figure 6 montre qu'il arrive deuxième sur le plan de l'intensité énergétique (7,70 MJ par dollar de 2011 de PIB) parmi les pays membres de l'OCDE. La moyenne mondiale est de 5,36 MJ par dollar de 2011 de PIB, et celle des pays de l'OCDE, de 4,66 MJ par dollar de PIB.

Figure 6 : Intensité énergétique des économies de l'OCDE et certains NPI (2015)

Intensité énergétique (en mégajoules par dollar de PIB de 2011)



Source : [Banque mondiale](#)

Outre son climat froid et sa population dispersée, le Canada jouit d'une base industrielle relativement développée, d'un secteur de production d'énergie en croissance, d'un faible coût de l'énergie et d'un niveau de vie très élevé. Tous ces facteurs contribuent à la forte intensité énergétique du pays.

Émissions de GES au Canada

ECCC estime les émissions du Canada en 2017 à 716 Mt d'éq. CO₂, celles-ci ayant atteint un sommet en 2007 à 745 Mt d'éq. CO₂. Cette baisse des émissions est attribuable en grande partie à l'élimination progressive des centrales au charbon en Ontario et au ralentissement économique découlant de la crise financière et de la récession de 2008.

Comme le montre la figure 7, la plus grande source d'émissions de GES au Canada est le secteur du pétrole et du gaz naturel (195 Mt d'éq. CO₂ en 2017), suivi du secteur des transports (174 Mt d'éq. CO₂). Les émissions du secteur pétrolier et gazier proviennent surtout de l'utilisation de gaz naturel dans les sables bitumineux pour la production et la valorisation du bitume ainsi que de la production et du traitement du gaz naturel.

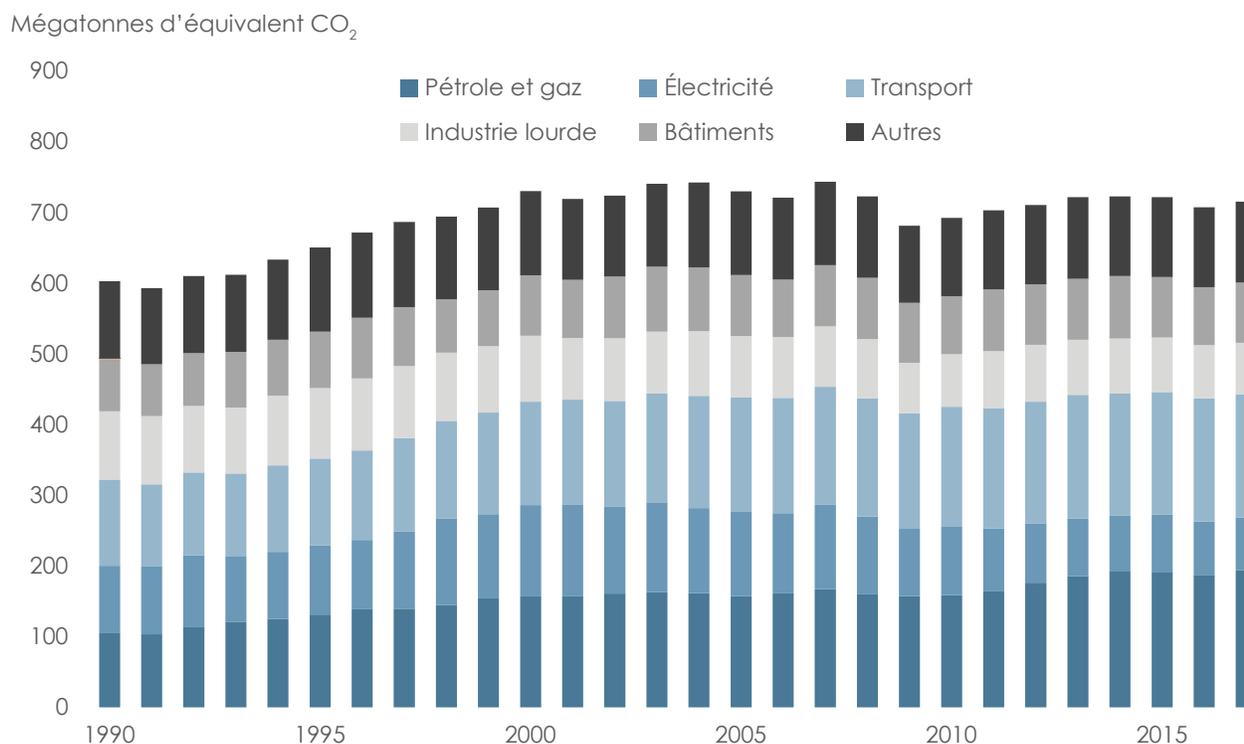
ABANDON DU CHARBON AU CANADA

L'Ontario a été la première région d'Amérique du Nord dépendant fortement du charbon pour la production d'électricité à éliminer son utilisation. Entre 2003 et 2014, la part du charbon dans le bouquet énergétique de l'Ontario est passée de 25 à 0 %. La fermeture de 19 centrales totalisant 8 800 MW a été compensée par la remise en service de deux réacteurs à la centrale nucléaire de Bruce, de nouvelles centrales au gaz naturel et plus de 5 500 MW en énergies renouvelables non hydroélectriques.

L'Alberta s'est engagée à éliminer les émissions provenant des centrales au charbon d'ici 2030 en vertu de son plan de leadership en matière de climat. Ce plan prévoit aussi la conversion des centrales au charbon en centrales au gaz et un objectif de produire 30 % de l'électricité à partir de sources renouvelables d'ici 2030. À l'automne 2016, le gouvernement du Canada a [annoncé](#) qu'il accélérerait l'élimination des centrales au charbon traditionnelles.

En 2017, 47 % de l'électricité produite en Alberta provenait du charbon.

Figure 7 : Émissions de GES par secteur au Canada (1990-2017)



Source : [ECCC – Rapport d’inventaire national \(1990-2017\)](#)

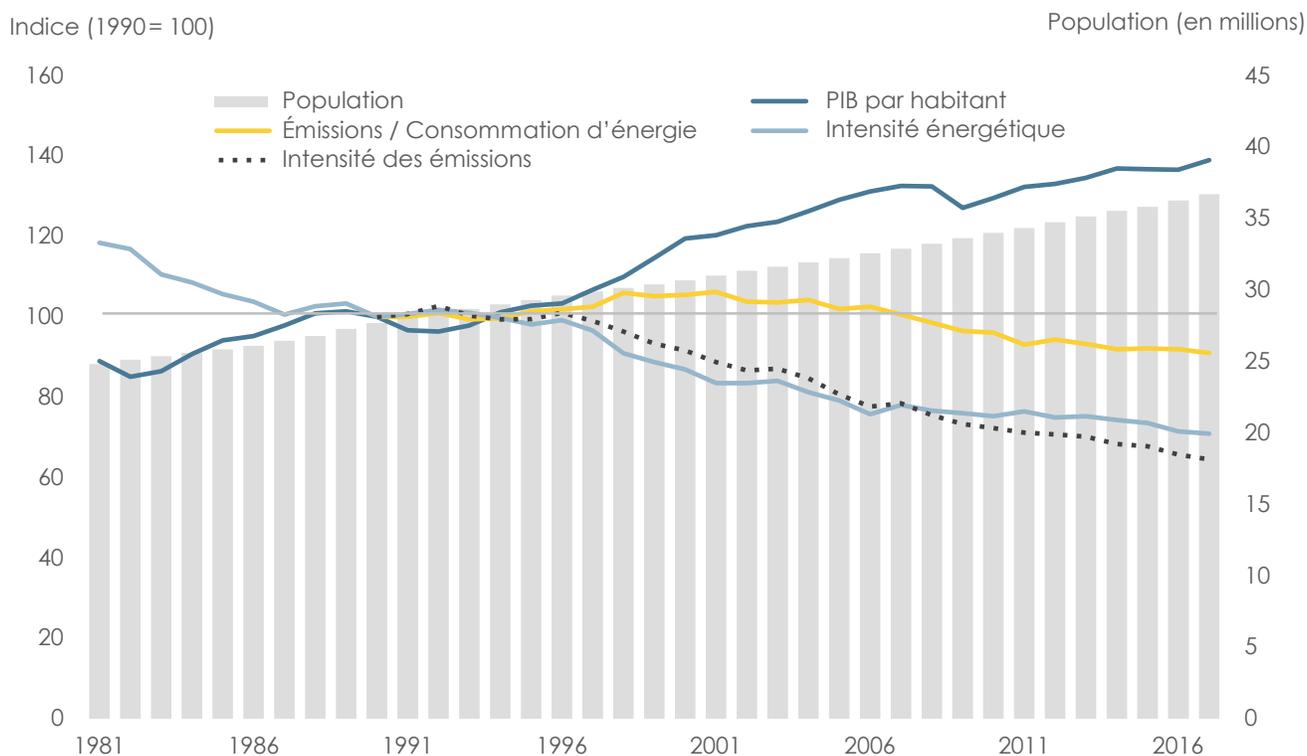
Les émissions du secteur des transports proviennent de la consommation d’essence et de diesel, les deux carburants qui alimentent plus de 95 % des véhicules au Canada. Le diesel est aussi la source d’énergie utilisée pour la majorité du transport de fret au Canada, y compris le transport routier et ferroviaire.

Équation de Kaya, intensité énergétique et intensité d’émission

On peut étudier la relation entre les émissions et la consommation d’énergie à l’aide de l’équation de Kaya²⁵, selon laquelle le niveau d’émissions de GES repose sur quatre variables : la population, l’activité économique (PIB réel par habitant), l’intensité énergétique (utilisation d’énergie par unité de PIB) et l’intensité d’émission (GES émis par unité d’énergie utilisée). Prenant 1990 comme année de référence, la figure 8 illustre la relation entre ces variables. Entre 1990 et 2017, le PIB réel canadien par habitant a augmenté de 39 %, alors que l’intensité énergétique et les émissions de GES par unité d’énergie ont diminué de 29 % et de 9 %, respectivement. L’intensité d’émission (GES émis par unité de PIB) a baissé de 35 %; bien qu’elle ne fasse pas partie de l’équation de Kaya, elle demeure tout de même un indicateur important.

25 Selon l’équation de Kaya, formulée par l’économiste japonais Yoichi Kaya en 1991, les émissions de sources humaines se calculent en multipliant la population, le PIB par habitant, l’intensité énergétique et les émissions par unité d’énergie.

Figure 8 : Indices des facteurs économiques, énergétiques et d'émissions au Canada (1981-2017)



Source : Statistique Canada (tableaux [25-10-0004-01](#), [25-10-0029-01](#), [36-10-0222-01](#) et [17-01-0005-01](#)); [ECCC – Rapport d’inventaire national \(1990-2017\)](#), calculs de l’Office

Note : Les données sur les émissions de GES du Canada sont seulement disponibles à partir de 1990.

Ce déclin de l’intensité énergétique et d’émission du Canada s’expliquerait par un changement structurel dans l’économie canadienne, découlant d’une poussée du secteur commercial et institutionnel, et une meilleure efficacité énergétique²⁶. Bien que le Canada ait connu une forte croissance dans les secteurs énergivores, en particulier les sables bitumineux, la contribution au PIB provenait davantage du secteur commercial et institutionnel, moins énergivore que le secteur industriel²⁷. L’incidence de l’efficacité énergétique²⁸ a été la plus marquée dans le secteur résidentiel et celui du transport de passagers.

Malgré le déclin de l’intensité énergétique et d’émission du Canada au fil des ans, le pays demeure l’un des plus grands émetteurs au monde. C’est ce qui ressort lorsqu’on mesure les émissions par rapport au PIB ou à la population, comme dans la figure 9. Toutefois, si le Canada continue d’utiliser les combustibles et l’électricité plus efficacement et développe ses secteurs moins émetteurs, la baisse tendancielle de l’intensité énergétique et d’émission devrait se poursuivre.

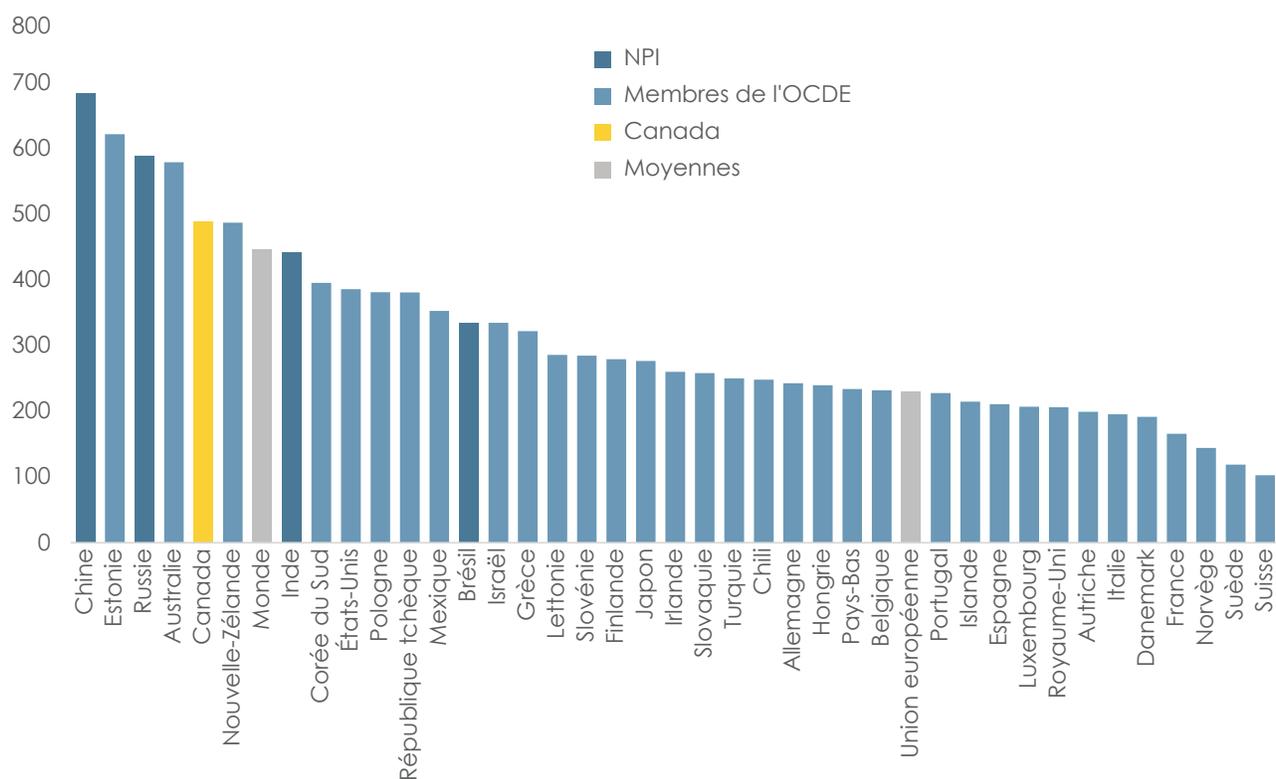
26 L’analyse faite par l’Office de l’efficacité énergétique de Ressources naturelles Canada présente en détail la ventilation des effets de l’efficacité énergétique et des effets structurels sur les variations de la consommation d’énergie entre 1990 et 2015. L’analyse supplémentaire faite par CESAR suggère que les changements structurels à l’économie canadienne pendant cette période en étaient le principal facteur.

27 Les données d’intensité énergétique et d’émission pour les principaux groupes industriels proviennent du [Canadian Energy and Emissions Data Centre \(« CEEDC »\)](#) de l’Université Simon-Fraser.

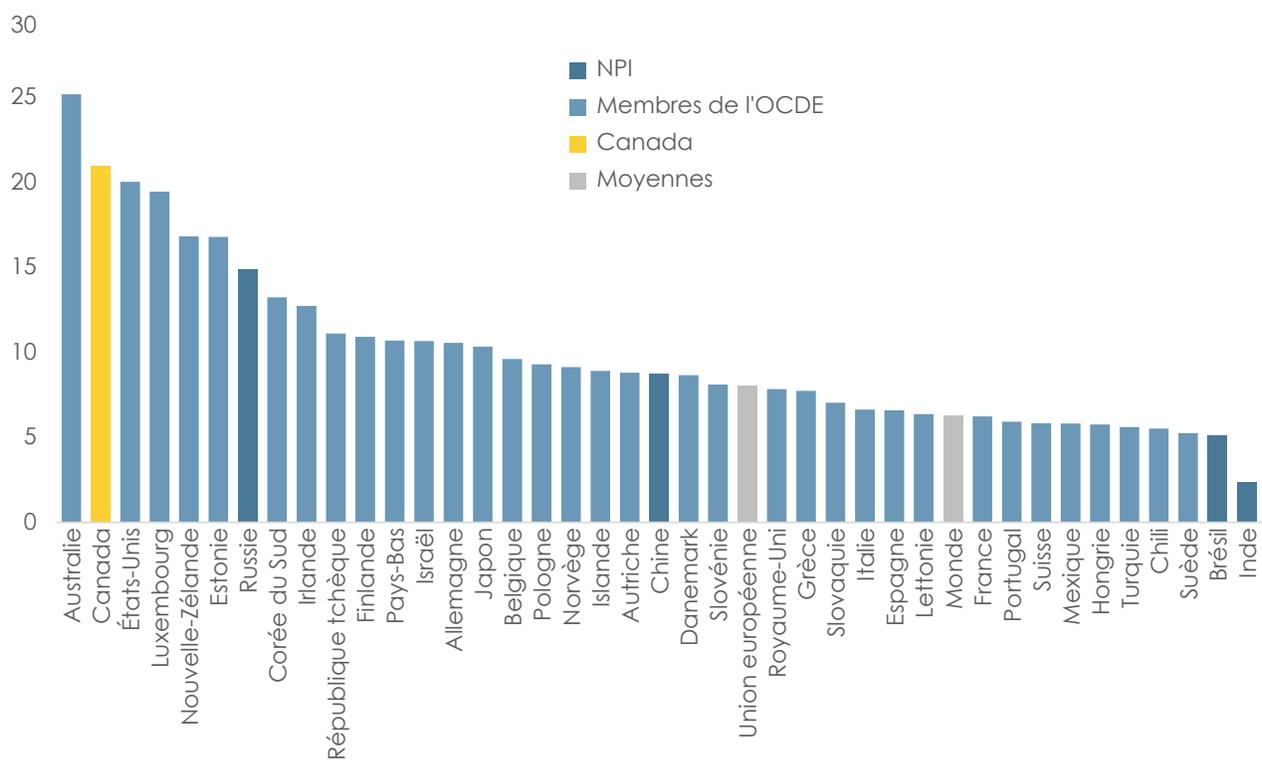
28 L’AIE définit l’efficacité énergétique comme « une façon de gérer et de contenir la croissance de la consommation d’énergie ». On dit qu’un système est écoénergétique s’il peut produire la même puissance avec une consommation d’énergie inférieure.

Figure 9 : Émissions de GES par pays – Intensité d'émission et émissions par habitant (2015)

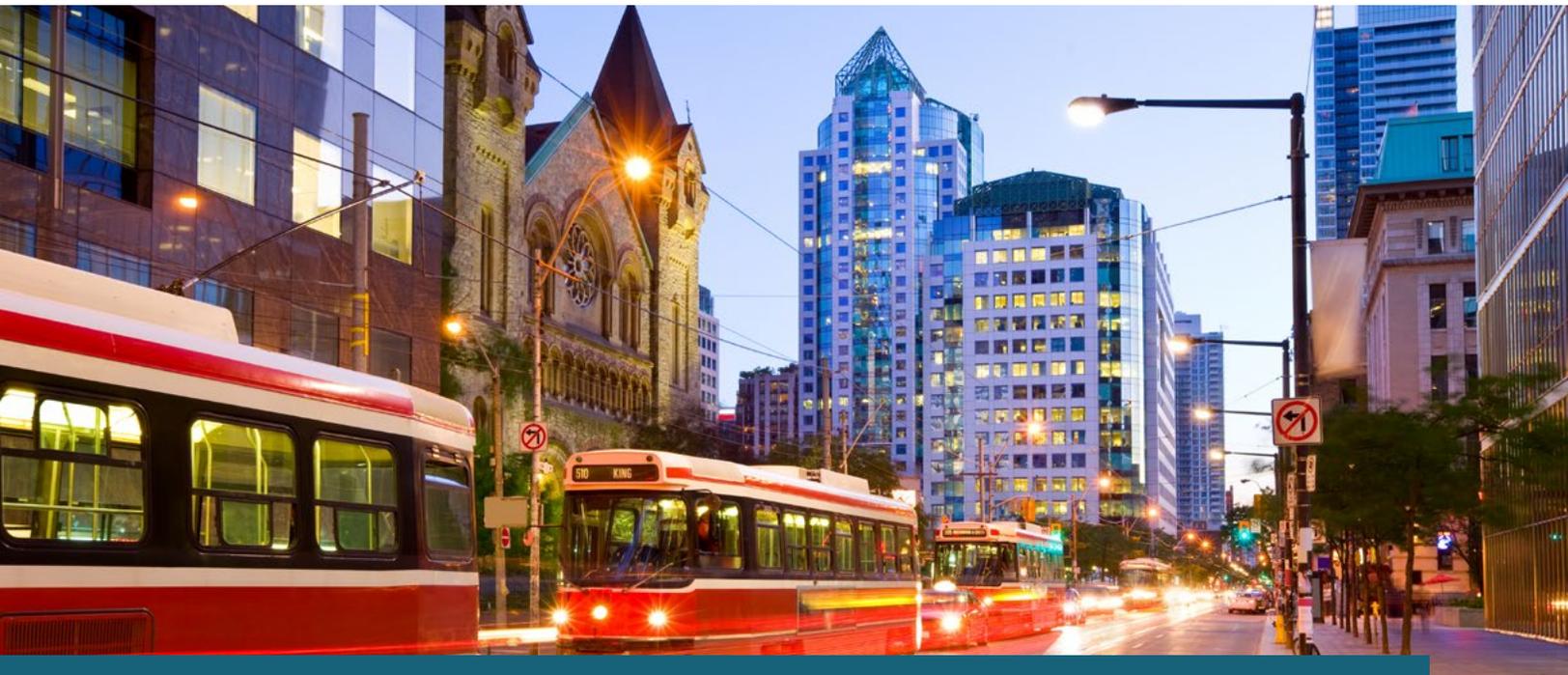
Intensité des émissions (en tonnes d'équivalent CO₂ par million de dollars de PIB)



Émissions par habitant (en tonnes d'équivalent CO₂ par habitant)



Source : [CAIT – Climate Data Explorer](#)



5. Tendances de la transition énergétique du Canada

La transition énergétique du Canada s'opère dans bien des sphères de l'économie, où elle est influencée par diverses technologies, politiques et tendances du marché. Dans ce chapitre seront traités trois volets fondamentaux de cette transition qui se rapportent à la façon dont les Canadiens produisent et consomment leur énergie²⁹ :

- La décarbonation de l'électricité – abandonner progressivement les sources d'électricité émettrices de carbone et développer les sources non émettrices comme les énergies renouvelables, les biocombustibles, le nucléaire et les technologies de capture et de stockage du carbone.
- L'électrification, le remplacement de combustibles et l'amélioration du secteur des transports – renoncer aux utilisations finales à forte intensité carbonique au profit de combustibles produisant peu, voire pas d'émissions, surtout dans les transports.
- L'augmentation de l'efficacité énergétique et les changements de comportement – utiliser l'énergie de façon plus intelligente et opportune, et opter pour des activités moins énergivores.

La décarbonation de l'électricité

Au Canada, le secteur de la production d'électricité bénéficie beaucoup des caractéristiques géographiques. Pour un pays de cette taille et de cette démographie, près de 80 % de la production peut être considérée comme non émettrice. Dans de nombreuses provinces et régions — Yukon, Colombie-Britannique, Manitoba, Québec, Terre-Neuve-et-Labrador —, le secteur repose essentiellement sur l'hydroélectricité. Celle-ci domine aussi en Ontario, aux côtés du nucléaire.

En 2012, l'intensité d'émission moyenne de la production d'électricité dans les pays de l'OCDE était de 448 grammes de CO₂ par kilowattheure (« kWh »). À titre de comparaison, celle du Canada était de 160 grammes de CO₂ par kWh³⁰. Mais cette moyenne nationale relativement faible vient brouiller les chiffres à l'échelle provinciale.

29 Parmi les volets de la décarbonation qui ne relèvent pas de l'énergie figure la modification de l'utilisation des terres par la réduction de la déforestation et la croissance des puits de carbone naturels.

30 Chris Bataille et coll. (2015). [Pathways to deep decarbonization in Canada](#). Réseau des solutions pour le développement durable et Institut du développement durable et des relations internationales.

Plusieurs provinces, dont l'Alberta, la Saskatchewan, la Nouvelle-Écosse et le Nouveau-Brunswick, produisent une grande partie de leur électricité à partir des combustibles fossiles³¹. En 2017, à elles quatre, elles ont généré 93 % des émissions de GES du Canada issues de l'électricité, alors qu'elles n'ont produit que 20 % de l'électricité du pays. La figure 10 illustre la grande variabilité de l'intensité d'émission de la production d'électricité entre les provinces et les territoires : en 2017, le Québec a émis en moyenne 1,3 gramme de CO₂ par kWh, contre 750 grammes pour l'Alberta.

La figure 10 montre aussi qu'entre 1990 et 2017, presque toutes les provinces et tous les territoires du Canada ont augmenté leur production d'électricité, tout en réduisant leur intensité d'émission. Cette tendance devrait se maintenir à mesure que les émissions issues du charbon seront éliminées ou captées grâce aux technologies [de capture et de stockage du carbone](#) (« CSC »), et que les énergies renouvelables poursuivront leur croissance.

LE CASSE-TÊTE DES ÉNERGIES RENOUVELABLES

Le secteur de l'électricité peut-il reposer à 100 % sur les énergies renouvelables? C'est une question fréquemment soulevée.

Même si, dans certaines régions et nations comme le Yukon, la Colombie-Britannique, le Québec, le Costa Rica et l'Islande, toute l'électricité ou presque est issue des énergies renouvelables, elle provient en premier lieu des centrales hydroélectriques à réservoir, qui sont le fruit du climat et de la géographie. Cette forme d'énergie est fiable, stockable et remarquablement facile à convertir en électricité.

En revanche, les nouvelles énergies renouvelables comme le solaire et l'éolien ne se stockent pas aussi facilement (ni de manière aussi économique), et elles ne sont pas aussi fiables : la vitesse du vent varie rarement en phase avec la demande, et [l'énergie solaire dépend de l'ensoleillement](#). Les centrales au fil de l'eau (courantes dans les Territoires du Nord-Ouest) ont aussi une capacité de stockage limitée, et leur production n'est pas adaptable à la demande.

Un bouquet énergétique diversifié, alliant production thermique traditionnelle d'appoint, stockage dans des batteries, réseau moderne et interconnexion entre les régions, peut réduire, voire éliminer, bon nombre des problèmes associés aux nouvelles énergies renouvelables.

LA CAPTURE ET LE STOCKAGE DU CARBONE, QU'EST-CE QUE C'EST?

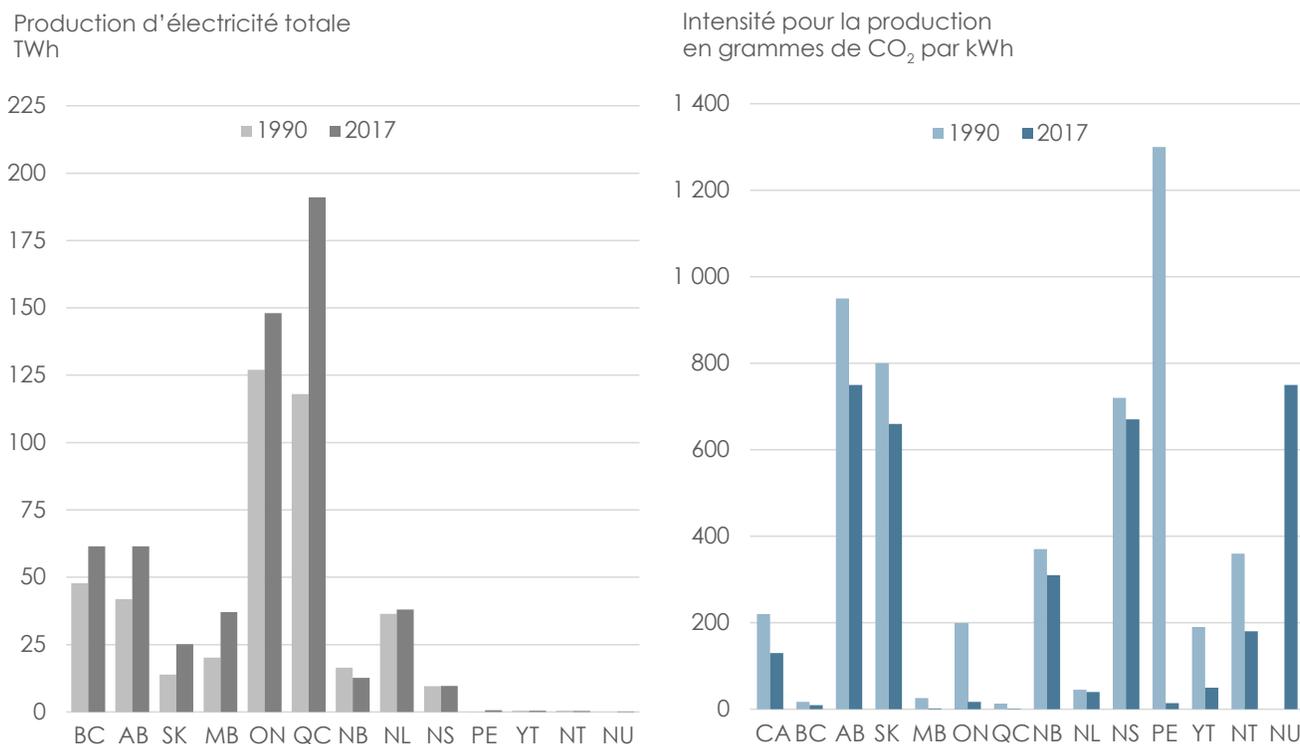
D'après l'OCDE, le Canada est devenu un modèle mondial dans les technologies de CSC. Celles-ci consistent à capter les émissions de CO₂ d'une grande centrale ou installation industrielle émettrice et à en injecter un flux pur dans un réservoir souterrain à haute pression. Ces réservoirs peuvent être des cavernes de sel ou des champs de pétrole ou de gaz épuisés. Dans certains cas, le CO₂ injecté peut contribuer à la récupération du pétrole brut (processus appelé « récupération assistée des hydrocarbures »).

La [technologie de CSC est utilisée au Canada](#) depuis 2014, année de sa mise en service dans la centrale alimentée au charbon de Boundary Dam de SaskPower à Estevan, en Saskatchewan. Depuis, elle a servi en Alberta dans le cadre du projet Quest de Shell, qui séquestre le CO₂ issu des procédés de valorisation des sables bitumineux. Enfin, le pipeline principal de l'Alberta pour le carbone, appelé Alberta Carbon Trunk Line ou ACTL, devrait être mis en service vers la fin de 2019. Il servira au stockage et au transport de CO₂ de la nouvelle raffinerie Sturgeon et de l'usine d'engrais Nutrien, toutes deux situées près de Redwater, en Alberta.

Tous ensemble, les grands projets de CSC du Canada pourraient réduire les émissions de CO₂ du pays de 6,4 millions de tonnes par an, soit 3 % de la réduction nécessaire pour atteindre la cible nationale pour 2030.

31 Les Territoires du Nord-Ouest [dépendent beaucoup](#) du diesel, et le Nunavut en dépend entièrement, mais la production d'électricité de ces deux territoires représentait seulement 0,2 Mt d'éq. CO₂ des émissions canadiennes en 2017.

Figure 10 : Production d'électricité totale et intensité d'émission de la production d'électricité par province (1990 et 2017)



Source : [ECCC – Rapport d’inventaire national \(1990-2017\)](#)

Note : Comme le Nunavut s’est séparé des Territoires du Nord-Ouest en 1999, il n’y a pas de données qui lui sont propres avant cette année-là; les chiffres de 1990 englobent donc les deux territoires. Les données sur la production de l’île-du-Prince-Édouard en 1990 comprennent la production au diesel, ce qui explique l’intensité très élevée. En 2017, 25 % des besoins en électricité de la province étaient comblés par la production locale (principalement éolienne), et les 75 % restants, par l’électricité importée du Nouveau-Brunswick, principalement issue du nucléaire, du charbon, de l’hydroélectricité et du gaz naturel.

Même si le charbon et le gaz naturel dominent encore le bouquet énergétique de l’[Alberta](#) et de la [Saskatchewan](#), les deux provinces délaissent peu à peu le charbon au profit du gaz naturel dans leurs nouvelles installations de production thermique. Elles augmentent également leur production issue d’énergies renouvelables autres qu’hydroélectriques : en Alberta, la part de l’éolien est passée de 1,1 % en 2005 à 5,4 % en 2017, permettant à la province de se classer troisième au Canada dans ce domaine, derrière le Québec et l’Ontario. L’énergie éolienne a également progressé en Saskatchewan, où elle représentait 3,8 % de la production totale en 2017, contre 0,5 % en 2005. Ajoutons que le Sud de la Saskatchewan et le Sud de l’Alberta affichent un [potentiel photovoltaïque parmi les plus élevés au Canada](#). La Saskatchewan s’est engagée à produire 60 MW d’énergie solaire d’ici 2021³². L’Alberta, quant à elle, possède déjà un [parc solaire photovoltaïque commercial d’une puissance installée de 17 MW](#), et plusieurs [projets](#) proposés représentant plus de 500 MW seront achevés d’ici 2020. Comme les [coûts des modules solaires photovoltaïques](#) continuent de baisser, l’avenir de l’énergie solaire en Saskatchewan et en Alberta pourrait être des plus radieux³³.

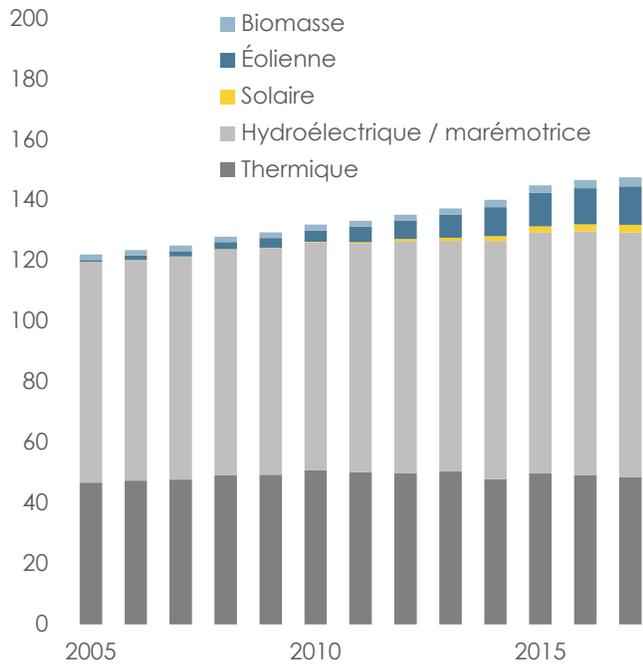
32 Le [premier parc solaire](#) de la Saskatchewan, une installation de 10 MW à l’est de Swift Current, devrait entrer en service au début de 2019.

33 Pour en savoir plus, consulter le rapport de l’Office intitulé « [Rentabilité de l’énergie solaire au Canada](#) » (2018), qui traite de la viabilité financière de projets d’énergie solaire dans plus de 20 000 villes et villages canadiens.

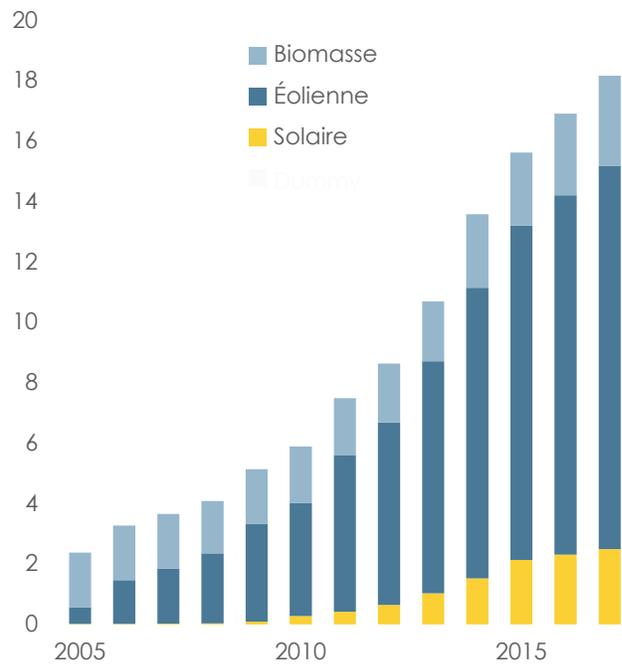
Dans l'ensemble du Canada, les énergies renouvelables autres qu'hydroélectriques ont connu ces 10 dernières années une croissance non négligeable, comme le montre la figure 11³⁴. Entre 2005 et 2017, le bouquet énergétique canadien a gagné environ 16 gigawatts (« GW ») de capacité issue de ces énergies, à la faveur d'une combinaison de changements de politique et de forces du marché (comme la baisse des coûts).

Figure 11 : Capacité de production électrique installée au Canada (2005-2017)

Capacité installée en gigawatts :
Tous les types



Capacité installée en gigawatts :
Énergies renouvelables autres qu'hydroélectriques



Source : [Office national de l'énergie – Avenir énergétique du Canada en 2018](#)

Note : La production thermique comprend le nucléaire, le gaz naturel et le charbon et le coke.

Le remplacement des utilisations finales et l'amélioration du secteur des transports

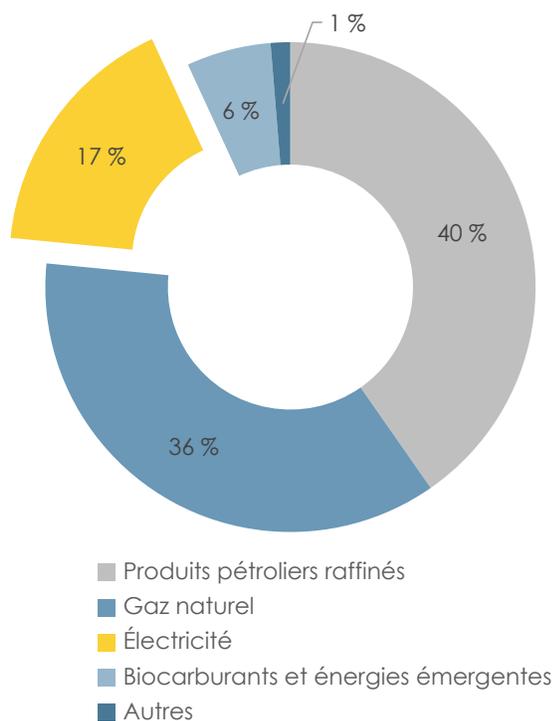
Outre la croissance de la production d'électricité à émissions nulles, pour opérer un virage vers une économie sobre en carbone, il faudra remplacer les combustibles à base de carbone par l'électricité afin de profiter ainsi de la production à faible intensité carbonique du Canada.

À l'heure actuelle, l'électricité satisfait 17 % des besoins d'utilisation finale du pays, comme le montre la figure 12. Les hydrocarbures, c'est-à-dire le gaz naturel et les produits tirés du pétrole brut, répondent à la majorité des 83 % restants. Ils sont principalement utilisés dans le secteur des transports (carburants), dans le secteur industriel (chauffage et charge d'alimentation) et dans les secteurs résidentiel et commercial (chauffage des bâtiments et de l'eau).

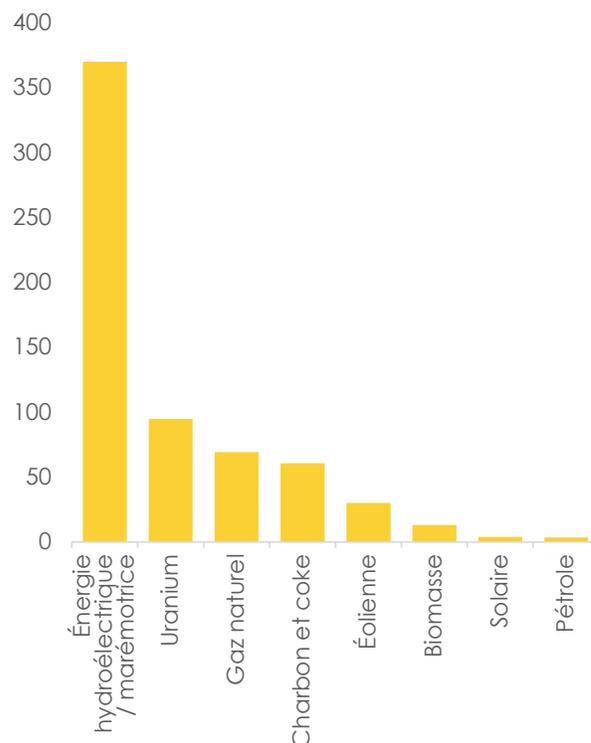
34 Pour en savoir plus, consulter les [rapports](#) de l'Office sur la production issue des énergies renouvelables au Canada.

Figure 12 : Demande d'énergie pour utilisation finale et production d'électricité par source au Canada (2017)

Demande d'énergie pour utilisation finale



Production d'électricité par type d'énergie (en TWh)



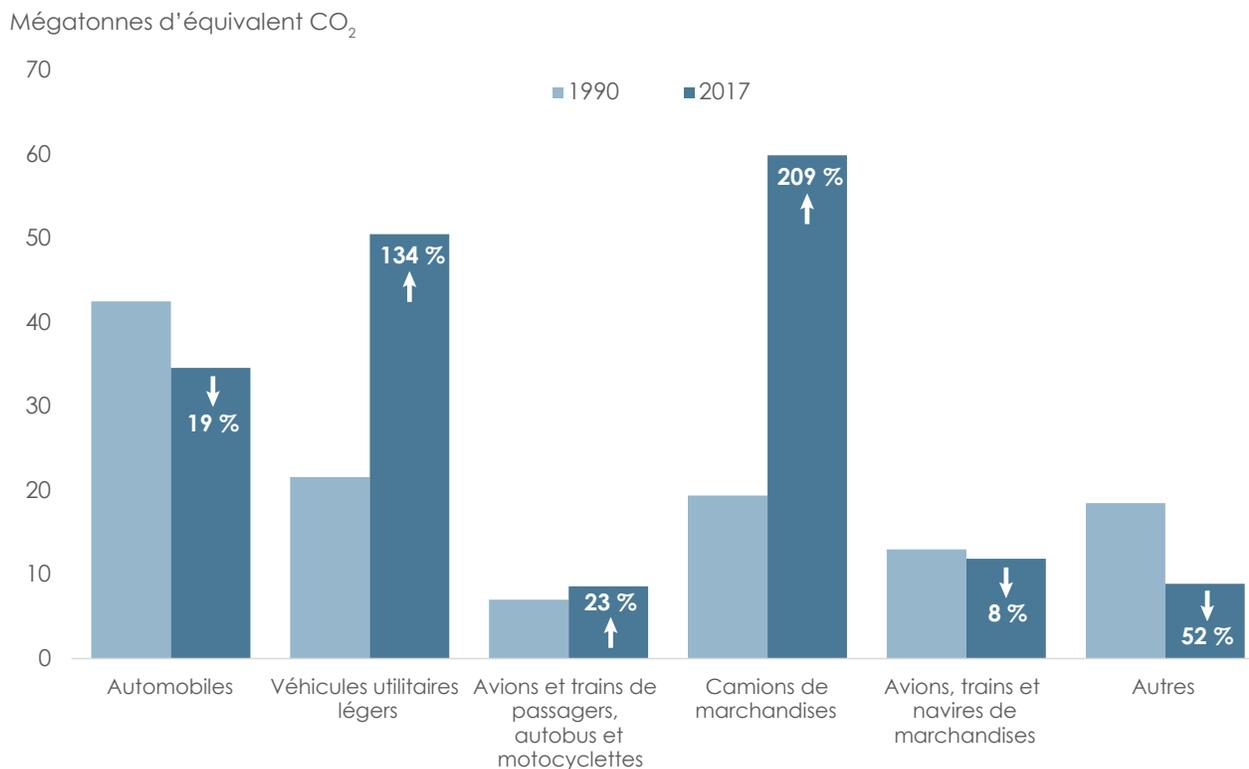
Source : [Office national de l'énergie – Avenir énergétique du Canada en 2018](#)
 Note : La catégorie « Autres » comprend le charbon, le coke et le gaz de cokerie.

Le secteur des transports est le deuxième émetteur du Canada, derrière celui du pétrole et du gaz naturel. En 2017, il représentait environ le quart (174,4 Mt d'éq. CO₂) des émissions totales du pays. Par ailleurs, la quasi-totalité du secteur dépend des produits pétroliers raffinés : essence, diesel, carburéacteur et combustible de soute (navires). De toute évidence, c'est donc le secteur le plus propice aux réductions d'émissions, réductions que l'on pourrait obtenir par l'amélioration des normes de consommation de carburant et d'efficacité énergétique, l'intégration des [biocarburants durables](#) et l'électrification.

Le secteur peut être divisé en deux grandes catégories : le transport des marchandises et le transport des personnes. Comme le montre la figure 13, c'est la première catégorie (camions, avions, trains et navires de fret) qui a enregistré la croissance des émissions la plus forte, soit 121 % entre 1990 et 2017. Notons que les camions arrivent en tête de toutes les sous-catégories avec une hausse de 209 %. Les principaux facteurs de cette augmentation sont l'accroissement de la population, la croissance du PIB, l'intensification du commerce international et interprovincial et la pression des consommateurs qui exigent des livraisons rapides. Certaines tendances, dont la livraison juste-à-temps (livraisons petites et rapides) et la hausse du nombre de « [kilomètres parcourus à vide](#) » sur les trajets de retour, ont elles aussi contribué à la croissance de la demande, et par conséquent, à l'augmentation des émissions³⁵.

35 Bora Plumptre, Eli Angen et Dianne Zimmerman (2017, juin). [The State of Freight: Understanding greenhouse gas emissions from goods movement in Canada](#). Site Web : The Pembina Institute.

Figure 13 : Croissance des émissions de GES dans le secteur des transports (1990 et 2017)



Source : [ECCC – Rapport d’inventaire national \(1990-2017\)](#)

Entre 1990 et 2017, les émissions combinées des automobiles et des camions légers à passagers ont augmenté de 33 %. Mais prises séparément, les émissions des automobiles ont baissé de 19 % (voir figure 13), notamment grâce à l'[amélioration des normes de rendement du carburant](#), mais surtout en raison de la baisse de popularité des voitures et à la montée des camions légers et des véhicules utilitaires sport. Au total, les émissions des camions légers à passagers (véhicules utilitaires sport, fourgonnettes, véhicules utilitaires légers) ont grimpé de 138 %. Entre 1990 et 2016, le [nombre de camions légers](#) sur les routes est passé de 4 millions à plus de 11 millions.

La réduction des émissions issues du transport des personnes et des marchandises contribuerait beaucoup aux efforts de lutte contre les changements climatiques que le Canada s’est engagé à faire. Là où le pays connaît une progression marquée, c’est dans l’électrification des véhicules. Comme on le voit dans la figure 14, les ventes de véhicules électriques³⁶ sont en forte croissance depuis quelques années.

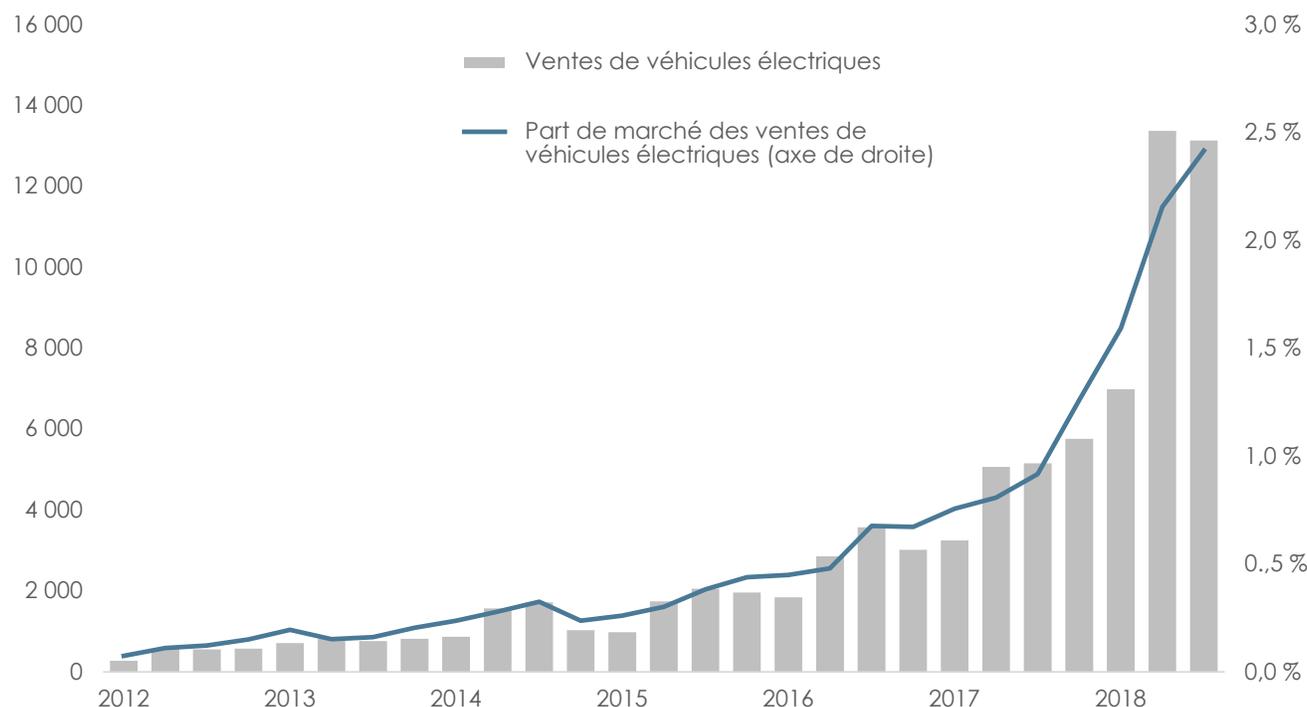
Le Cadre pancanadien régit la vente et le déploiement des véhicules électriques au Canada. Le gouvernement fédéral et les gouvernements provinciaux et territoriaux continuent de collaborer entre eux et avec le secteur privé et les autres parties prenantes pour établir une stratégie pancanadienne sur les véhicules à émission zéro (« VEZ »). Tous ensemble, ils ont fait de grands progrès pour accélérer l’adoption des VEZ et des véhicules à carburant de remplacement. Mais encore faudra-t-il que les véhicules électriques parviennent à rivaliser avec les véhicules à moteurs à combustion interne traditionnels sur le plan du prix et de l’autonomie. Les constructeurs automobiles devront aussi adapter leur production pour tenir compte de la popularité croissante des [camions légers et des véhicules utilitaires sport](#). Et enfin, les véhicules électriques devront être alimentés par un réseau électrique sobre en carbone pour aboutir à une réduction notable des émissions de GES³⁷.

36 La catégorie des véhicules électriques rechargeables comprend les véhicules électriques à batterie et les véhicules hybrides rechargeables. Les premiers n’ont pas de moteur à combustion interne, tandis que les seconds ont des batteries que l’on peut recharger à partir d’une source d’alimentation externe. Au Canada, les ventes de véhicules électriques sont réparties plus ou moins également entre ces deux catégories.

37 Office national de l’énergie (2018, 12 septembre). « [Quelle quantité de CO₂ les véhicules électriques, hybrides et à essence émettent-ils?](#) »

Figure 14 : Croissance des véhicules électriques au Canada (2012-2018)

Ventes trimestrielles de véhicules électriques



Source : Statistique Canada (tableau [20-10-0001-01](#)); [FleetCarma](#); [données sur les ventes de véhicules électriques au Canada \(Matthew Klippenstein\)](#); calculs de l'Office.

Les changements dans les politiques et les programmes publics (développement des réseaux de transport en commun, imposition de normes sur l'économie de carburant) peuvent également contribuer à réduire les émissions. Chacun peut aussi apporter sa pierre à l'édifice en réduisant sa consommation d'énergie et ses émissions, par exemple en changeant de moyen de transport ou en achetant un véhicule plus écoénergétique³⁸, [en changeant sa technique de conduite](#), en évitant de conduire aux heures de pointe et en prenant moins souvent sa voiture.

Le Cadre pancanadien porte essentiellement sur l'électrification des véhicules personnels, mais il établit aussi de nouveaux règlements concernant les véhicules utilitaires lourds, dont font partie les véhicules de transport de marchandises et les autobus. En 2018, le gouvernement du Canada a publié la version modifiée définitive d'un règlement visant à réduire les émissions de GES des nouveaux véhicules utilitaires lourds routiers. Il a aussi créé un groupe de travail fédéral, provincial et territorial chargé de créer de nouvelles exigences pour faire installer des dispositifs d'économie de carburant dans les véhicules utilitaires lourds, conformément au Cadre pancanadien³⁹. À partir de 2020, les règlements sur la réduction des émissions seront de plus en plus stricts pour ces véhicules. Le gouvernement du Canada [espère](#) ainsi réduire leurs émissions annuelles de 6 Mt d'éq. CO₂ d'ici 2030.

38 Pour connaître les normes sur l'économie de carburant applicables aux véhicules des années modèles 1995 à 2018, consulter le site de [Ressources naturelles Canada](#).

39 ECCC (2018). [Cadre pancanadien sur la croissance propre et les changements climatiques : deuxième rapport annuel synthèse de la mise en œuvre](#).

L'augmentation de l'efficacité énergétique

L'efficacité énergétique joue un rôle fondamental dans la transition énergétique du Canada, et elle figure à ce titre dans le Cadre pancanadien. Dans son rapport, le [Conseil Génération Énergie](#) explique que pour se créer un avenir sobre en carbone, le Canada doit impérativement réduire le gaspillage d'énergie. Il précise aussi que « [l']amélioration de l'efficacité énergétique nous permettrait de remplir à un bon tiers de l'engagement en matière d'émissions que nous avons pris dans le cadre de l'Accord de Paris sur le climat⁴⁰ ».

D'après l'AIE, en améliorant son efficacité énergétique, le Canada pourrait faire baisser durablement sa demande d'énergie primaire et pour utilisation finale pendant des dizaines d'années, et ce malgré la croissance de l'activité économique⁴¹. Et selon le Conference Board du Canada, il pourrait ainsi [réduire sa demande d'énergie de 15 %](#) d'ici 2035 (par rapport à 2017)⁴².

Secteur industriel

Au Canada, le secteur le plus gros et le plus énergivore est le secteur industriel. En 2016, il représentait 28 % du PIB et 52 % de la demande en énergie du pays. C'est aussi un gros émetteur de GES : la même année, il a produit 39 % des émissions du Canada.

Entre 1990 et 2016, la demande d'énergie du secteur industriel a augmenté de 26 %. Pendant cette période, le secteur a vécu des changements structurels importants : certaines filières ont vu leur importance relative décliner (surtout les pâtes et papiers et le secteur manufacturier), tandis que d'autres (surtout l'énergie) ont vu la leur grimper. La figure 15 compare la part de la consommation d'énergie et des émissions de GES attribuable aux industries agréées au Canada. Elle montre aussi l'évolution de ces parts entre 1990 et 2016.



L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE : UNE RESSOURCE ?

Quand la demande d'électricité dépasse l'offre, on peut soit augmenter l'offre, soit réduire la demande. Pour répondre aux pointes de consommation à court terme avec une nouvelle offre, il faut souvent faire appel à des blocs d'alimentation plus vieux et moins efficaces. Pour répondre à la croissance de la demande à long terme, en revanche, il faut souvent moderniser ou remettre à neuf les centrales ou en bâtir de nouvelles.

Sinon, on peut aussi investir dans l'efficacité énergétique et l'économie d'énergie pour réduire la demande pendant les pointes de consommation et à long terme.

Selon des [études](#), les programmes d'efficacité énergétique font partie des solutions les plus économiques pour répondre aux besoins futurs.

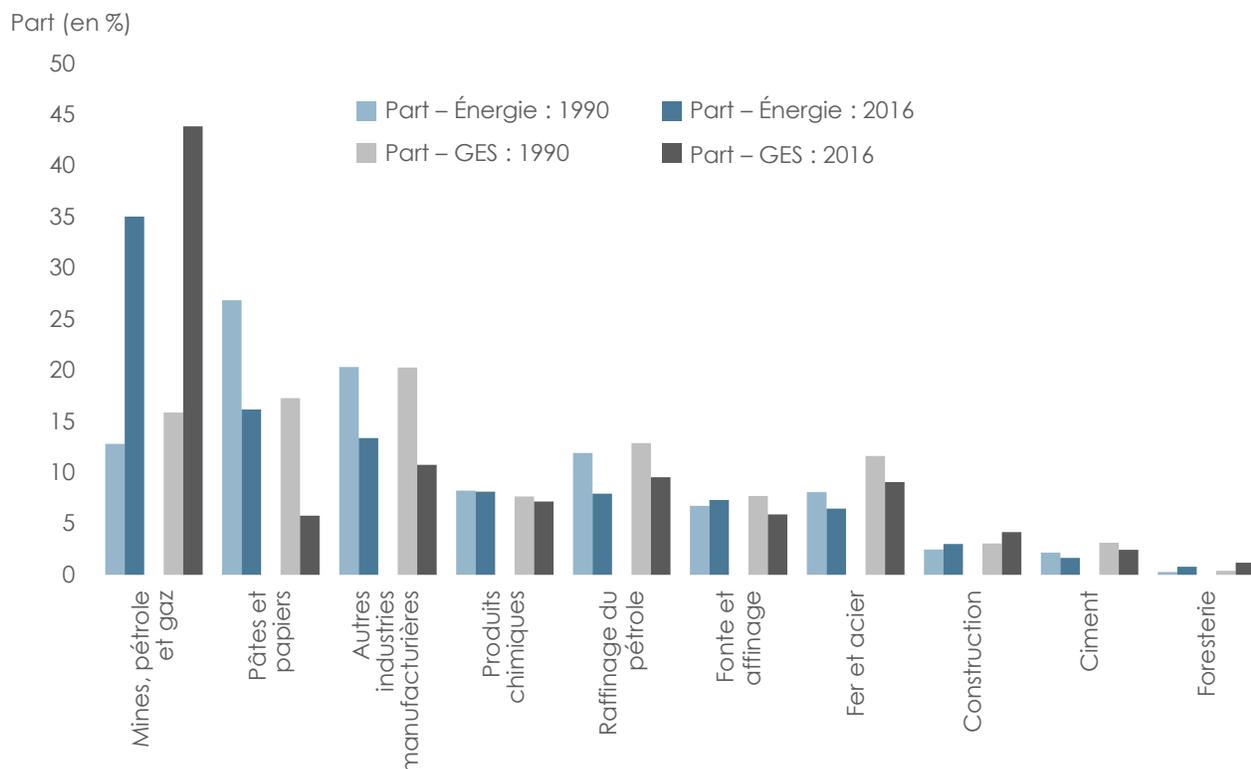
Pour mesurer l'efficacité énergétique, on peut utiliser le « négawatt », une unité théorique qui représente la consommation électrique évitée ou économisée.

40 Conseil Génération Énergie (2018). [La transition énergétique du Canada : concrétiser notre avenir énergétique, ensemble](#). Site Web : Ressources naturelles Canada.

41 AIE (2018). [Energy Efficiency Potential in Canada](#).

42 Allison Robins (2017). [Doing More with Less: Energy Efficiency Potential in Canada](#). Site Web : Conference Board du Canada.

Figure 15 : Consommation d'énergie et émissions de GES par industrie (1990 et 2016)



Source : [Ressources naturelles Canada \(RNCAN\) – Base de données nationale sur la consommation d'énergie](#)

Le sous-secteur canadien qui consomme le plus d'énergie et émet le plus de GES est l'exploitation minière (y compris l'industrie du pétrole et du gaz naturel en amont). En 2016, la filière minière représentait 35 % de l'énergie consommée et 44 % des GES émis par le secteur industriel, contre respectivement 13 % et 16 % en 1990, ce qui représente une augmentation considérable.

La croissance enregistrée par le secteur pétrolier et gazier en amont depuis 1990 est largement attribuable à l'exploitation in situ des sables bitumineux. Pour extraire le bitume de ces gisements, il faut utiliser la vapeur. Les deux procédés les plus courants sont le drainage par gravité au moyen de vapeur et la stimulation cyclique par la vapeur, et comme ils nécessitent tous deux du gaz naturel, ils sont gourmands en énergie et polluants⁴³.

Pour calculer l'intensité et l'efficacité énergétiques de l'exploitation des sables bitumineux, on peut faire appel à un indicateur clé : le rapport vapeur/pétrole, qui exprime le volume de vapeur requis pour produire une unité de pétrole. Grâce aux innovations réalisées dans le domaine des sables bitumineux, [ce rapport s'est amélioré](#) ces dernières années, et cette tendance devrait [se poursuivre](#). La réduction des émissions de GES reste une [priorité](#) dans ce domaine, et la production de carburants plus propres est une stratégie non négligeable pour la transition énergétique, comme l'indique le rapport du Conseil Génération Énergie. Et en explorant de nouvelles technologies comme l'injection de solvants⁴⁴ pour remplacer l'extraction de bitume par la vapeur, on devrait encore améliorer l'efficacité énergétique et réduire les émissions.

43 Les émissions de GES du puits à la combustion du pétrole brut issu des sables bitumineux canadiens sont plus élevées que pour la plupart des autres types de pétrole brut. D'après l'[ARC Energy Research Institute](#), elles sont de 9 % à 24 % plus élevées que celles d'un baril moyen de pétrole brut raffiné aux États-Unis. Même si les émissions issues de la production et de la valorisation du bitume sont supérieures à celles du pétrole brut classique, il faut préciser que la majorité ([environ 80 %](#)) de ces émissions proviennent de la combustion des produits pétroliers raffinés par l'utilisateur final.

44 Les solvants sont généralement des liquides de gaz naturel : propane, butane et pentanes plus. Ils diluent le bitume et peuvent réduire la vapeur nécessaire pour produire un baril de bitume, voire l'éliminer complètement.

Intensité énergétique et intensité d'émission ne vont pas forcément de pair. Par exemple, la méthode de fusion utilisée pour transformer la bauxite en aluminium est très gourmande en électricité^{45, 46}. Les fonderies sont donc souvent situées près des sources d'électricité abordables : c'est pourquoi il y en a neuf au Québec et une en Colombie-Britannique, où l'hydroélectricité abondante et bon marché permet à l'industrie de réduire ses coûts et ses émissions.

Entre 1990 et 2015, la production d'aluminium du Canada a augmenté de 123 %. Au cours de la même période, les émissions de carbone absolues ont diminué de 38 %, et l'intensité carbonique (tonnes d'éq. CO₂ par tonne d'aluminium), de 66 %⁴⁷. Grâce à ces efforts de réduction, le secteur canadien de la fusion d'aluminium possède l'empreinte carbone la plus faible au monde⁴⁸. Qui plus est, les [nouveaux procédés en développement au Canada](#) pourraient bien éliminer complètement les émissions carboniques des fonderies.

Outre l'amélioration de l'efficacité énergétique et la réduction des émissions du secteur industriel, dans le Cadre pancanadien, le gouvernement s'est engagé à réduire les émissions de méthane issues du secteur pétrolier et gazier de 40 % à 45 % d'ici 2025, par rapport au niveau de 2012⁴⁹. Le méthane, dont le potentiel de réchauffement climatique est 25 fois plus élevé que celui du CO₂, peut être rejeté accidentellement dans l'atmosphère lors d'une fuite dans un puits de pétrole ou de gaz, ou lors d'une mise à l'air.

Secteur résidentiel et secteur commercial

En 2016, le secteur résidentiel du Canada représentait 14 % de la consommation d'énergie totale, et le secteur commercial et institutionnel, 12 %.

Dans un ménage canadien moyen, l'énergie consommée sert surtout au chauffage des bâtiments (62,4 % de la demande totale pour utilisation finale) et au chauffage de l'eau (18,7 %). Les 18,9 % restants sont utilisés pour les appareils ménagers, l'éclairage et la climatisation⁵⁰.

Comme on le voit dans la figure 16, un peu plus de la moitié des ménages canadiens se chauffent au gaz naturel ou au mazout. Le reste utilise un système électrique, un système bivalent ou un autre type de chauffage (thermopompe, bois, charbon et propane). Les systèmes bivalents allient bois et mazout, mazout et électricité, ou gaz naturel et électricité.

Sur les ménages qui se chauffent au gaz naturel, 62 % utilisent une chaudière à rendement élevé, 37 % une chaudière à rendement moyen, et 1 % une chaudière à rendement normal. En 1990, les chaudières au gaz à rendement normal étaient les plus répandues, et de loin, puisqu'elles représentaient 89 % de l'ensemble des chaudières⁵¹. De même, dans le cas du mazout, les chaudières à rendement normal représentaient 98 % du total en 1990, alors qu'en 2016, cette part avait chuté à 1 %, sous l'effet de la montée des chaudières à rendement moyen et élevé.

45 En Amérique du Nord, une fonderie a besoin en moyenne de 14,7 MWh pour produire une tonne d'aluminium.

46 Vu l'intensité énergétique de la production d'aluminium à partir de la bauxite, l'aluminium est l'un des métaux qui a le plus de valeur dans le cycle de recyclage. La production secondaire à partir d'aluminium recyclé nécessite [90 % moins d'énergie](#) que celle à partir de la bauxite.

47 Association de l'aluminium du Canada (2017, 28 mars). [Position de l'Association de l'aluminium du Canada dans le cadre de la transition du Canada vers une économie à faible émission de carbone.](#)

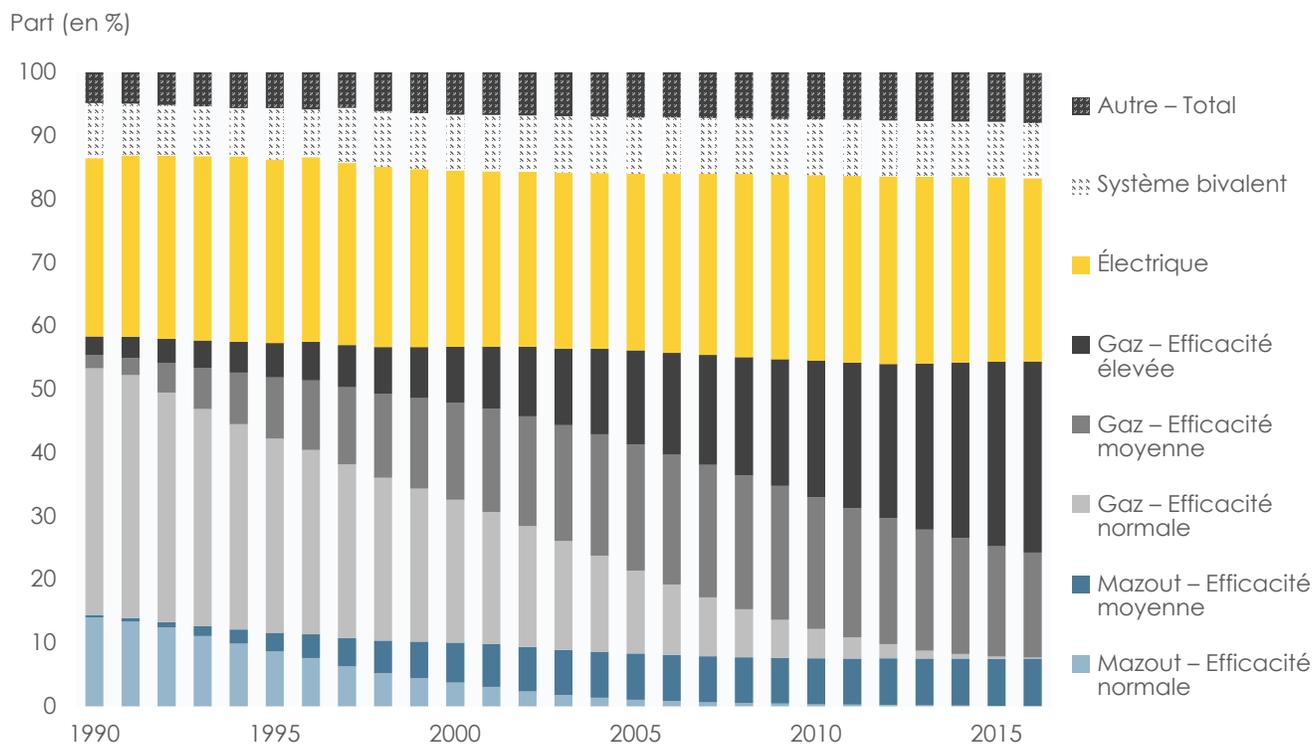
48 RNCAN (2018). « [Faits sur l'aluminium](#) »

49 ECCC (2018). [Cadre pancanadien sur la croissance propre et les changements climatiques : deuxième rapport annuel synthèse de la mise en œuvre](#) (p. 15 et 16).

50 RNCAN, « [Base de données nationale sur la consommation d'énergie](#) », secteur résidentiel, tableau 2.

51 Les chaudières au gaz naturel à rendement élevé transforment plus de 90 % (voire 97 % chez certains nouveaux modèles) de l'énergie du gaz naturel en chaleur, les chaudières à rendement moyen, entre 80 % et 90 %, et les chaudières à rendement normal (répandues dans les années 1970), autour de 65 %.

Figure 16 : Part des systèmes de chauffage du secteur résidentiel (1990-2016)



Source : RNCAN – Base de données nationale sur la consommation d'énergie : part des systèmes de chauffage du secteur résidentiel

Note : La catégorie « Autres » comprend les thermopompes (5 % de la part totale en 2016), le bois (1,9 %) et le charbon et le propane (1,0 %). Dans les systèmes bivalents figurent le bois et l'électricité (4,7 % de la part totale en 2016), le bois et le mazout (2,2 %), le mazout et l'électricité (1,3 %) et le gaz naturel et l'électricité (0,5 %).

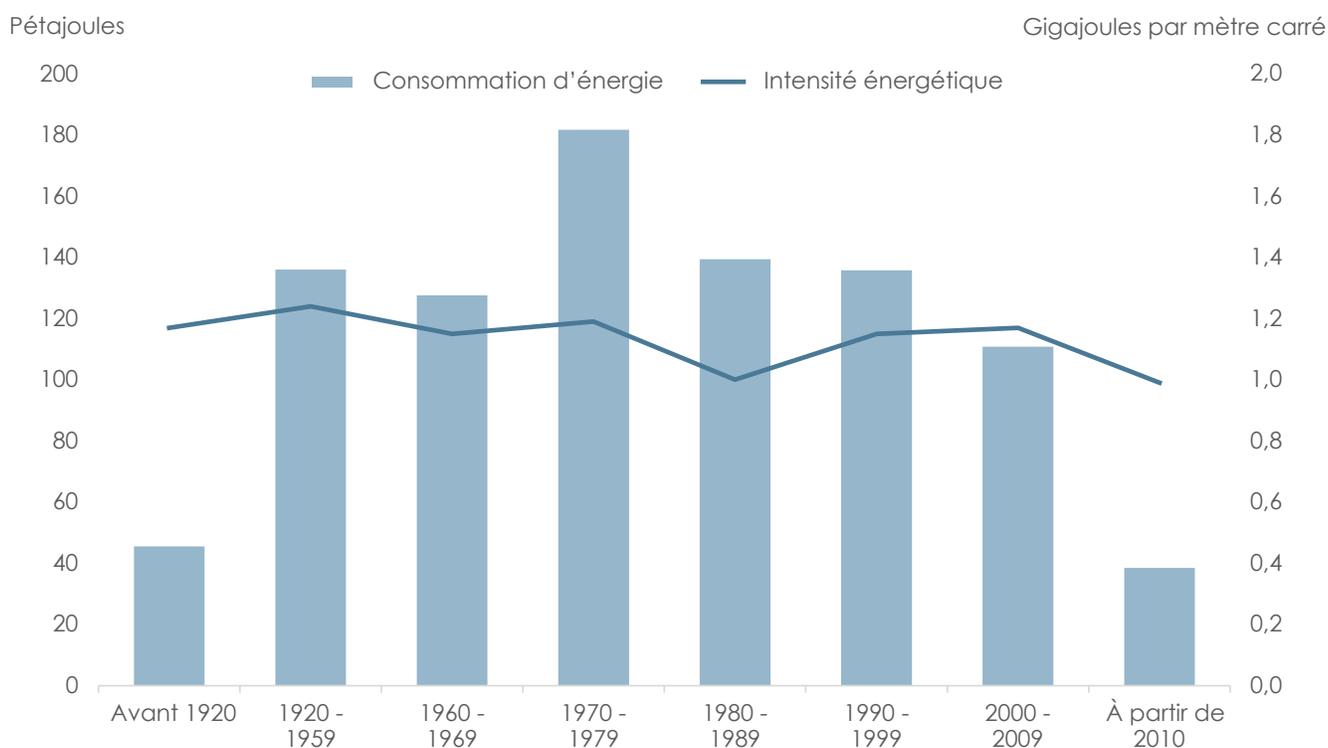
Les récentes avancées dans le domaine de l'éclairage constituent un autre exemple notable d'amélioration de l'efficacité énergétique : les lampes fluocompactes et les diodes électroluminescentes (DEL) consomment 80 % à 85 % moins d'énergie par lumen émis qu'une ampoule à incandescence traditionnelle. Les [laveuses à chargement frontal](#) peuvent consommer 80 % moins d'électricité que les anciennes laveuses de grande capacité à chargement par le haut. Les progrès accomplis dans le domaine des fenêtres et de l'isolation permettent d'augmenter l'efficacité énergétique des nouveaux logements, et même des anciens, s'ils font l'objet de rénovations. Ces avancées du côté des appareils ménagers ont largement contribué à réduire la consommation d'énergie des ménages et à leur faire [économiser de l'argent](#).

D'après l'[Office de l'efficacité énergétique](#) de RNCAN, entre 1990 et 2015, les gains d'efficacité énergétique dans le secteur résidentiel ont réduit la consommation d'énergie de 656 pétajoules (« PJ »), une baisse non négligeable pour un secteur qui a consommé 1 544 PJ en 2015. À titre de comparaison, au cours de la même période, ces mêmes gains ont permis au secteur commercial et institutionnel de réduire sa consommation de 169 PJ, consommation qui était de 1 009 PJ en 2015.

Le secteur commercial et institutionnel est diversifié : il comprend les bureaux, les espaces commerciaux, les entrepôts et les bâtiments institutionnels⁵² qui jouent un rôle fondamental dans la société et l'économie. Comme pour les bâtiments résidentiels, la majorité de l'énergie consommée dans le secteur commercial sert au chauffage des bâtiments (54,7 %). L'équipement auxiliaire représente 14,4 % de l'énergie consommée par le secteur, suivi de l'éclairage (11,1 %) et du chauffage de l'eau (7,8 %). Entre 1990 et 2015, la consommation d'énergie du secteur commercial a augmenté de 35 %.

La nature fragmentée et diversifiée du secteur commercial et institutionnel fait obstacle à l'adoption des technologies d'efficacité énergétique⁵³. La figure 17 illustre la lente diminution de l'intensité énergétique (mesurée en gigajoules [« GJ »] par mètre carré d'aire de plancher) des bâtiments commerciaux au Canada. Ce sont ceux construits entre 1920 et 1959 qui ont l'intensité la plus forte. Ceux construits après 1960 affichent de petites réductions d'intensité énergétique.

Figure 17 : Consommation d'énergie et intensité énergétique des bâtiments commerciaux selon l'année de construction (2014)



Source : [RNCan – Base de données nationale sur la consommation d'énergie : Enquête sur l'utilisation commerciale et institutionnelle d'énergie](#)

Les progrès réalisés dans les normes de construction et la certification des bâtiments, comme le [processus de certification LEED](#)⁵⁴, ont contribué à réduire l'intensité énergétique des édifices commerciaux : les bâtiments construits après 2009 sont en moyenne 15 % moins énergivores que ceux construits entre 2000 et 2009.

52 Par exemple, les hôpitaux, les écoles et les édifices de l'administration publique.

53 Table ronde nationale sur l'environnement et l'économie et Technologies du développement durable Canada (2009). [Dans l'engrenage du changement – efficacité énergétique dans le secteur des bâtiments commerciaux du Canada.](#)

54 LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) est un système d'évaluation des bâtiments reconnu à l'échelle internationale. Sont ainsi évalués la conception, la construction, le fonctionnement et l'entretien des bâtiments commerciaux, des logements et des quartiers.

La [stratégie canadienne pour les bâtiments](#), une composante du Cadre pancanadien, vise à ce que le gouvernement fédéral et les gouvernements provinciaux et territoriaux se dotent de codes du bâtiment imposant des normes d'efficacité énergétique de plus en plus strictes. Elle comporte plusieurs volets : amélioration de l'efficacité des nouveaux édifices, modélisation de maisons et bâtiments commerciaux [à rendement énergétique net zéro](#)⁵⁵, modernisation des bâtiments existants, collecte et diffusion de données sur la consommation d'énergie et amélioration de l'efficacité énergétique des appareils, de l'équipement et des fenêtres. À partir de 2020, les pouvoirs publics canadiens adopteront des codes du bâtiment plus rigoureux, l'objectif ultime étant d'instaurer un code à rendement énergétique net zéro dans les provinces et les territoires dès 2030.

ECCC estime que si l'ensemble des provinces et des territoires empruntent la voie tracée par la stratégie canadienne pour les bâtiments, le pays pourrait réduire ses émissions de 21,6 Mt d'éq. CO₂ par an, soit 11 % des objectifs qu'il s'est engagé à atteindre en 2030 aux termes de l'Accord de Paris.

55 Les maisons et bâtiments commerciaux [à rendement énergétique net zéro](#) sont écoénergétiques : au cours d'une année, ils ne consomment pas plus d'énergie qu'ils n'en produisent sur place à partir de sources renouvelables. Entre 2013 et 2016, 23 projets pilotes de ce type sont sortis de terre dans trois provinces, avant d'être vendus. Le premier projet commercial au pays était une [bibliothèque](#) à Varennes, au Québec, construite en 2014.



6. Stratégies d'avenir

Il est difficile de prévoir avec certitude comment se déroulera la transition énergétique au Canada. Il se peut que l'on utilise des méthodes connues tout en les renouvelant : par exemple, se servir des combustibles fossiles de manière plus efficace et exploiter plus de sources d'énergie renouvelable pour alimenter les utilisations finales. Il se peut aussi que l'on fasse appel à des filières énergétiques entièrement nouvelles, comme les biocarburants avancés et l'électrolyse pour la production d'hydrogène. La cadence de la transition forcera aussi les pouvoirs publics à encadrer les nouvelles technologies qui verront le jour.

Dans ce chapitre sera traitée la transition énergétique actuelle sous différents aspects. Tout d'abord, nous verrons comment les activités passées ont joué sur les attentes, ce qui laisse entrevoir un futur changement de perspective. Ensuite, nous examinerons le sort éventuel des filières énergétiques du Canada dans un avenir sobre en carbone. Enfin, nous explorerons les possibles filières énergétiques de demain.

L'évolution des prévisions et des perspectives

Dans le chapitre 5, nous avons décrit des exemples de transition énergétique au Canada à partir des données passées. Il existe une autre manière de mesurer les transitions actuelles : en étudiant comment elles ont influé sur les attentes. Au cours des 10 dernières années, de nombreuses tendances politiques et technologiques ont transformé les perspectives de l'offre et de la demande d'énergie au Canada et ailleurs.

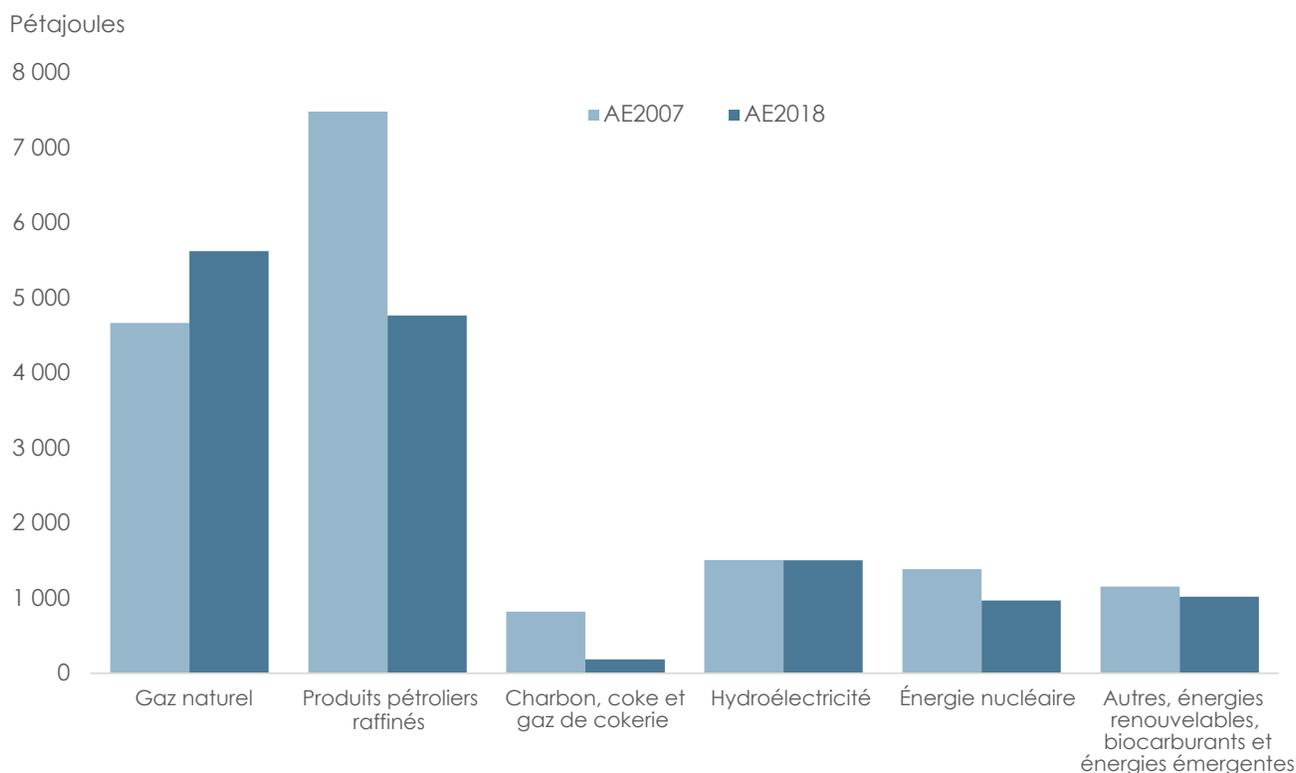
Voici quelques changements dignes de mention :

- L'abandon progressif du charbon pour la production d'électricité et la chute du prix du gaz naturel ont réduit le rôle prévu du charbon.
- L'arrivée de la fracturation hydraulique a permis à l'offre de pétrole et de gaz prévue de passer de la rareté à l'abondance.
- Vu la croissance de l'offre de pétrole brut conjuguée à l'amélioration de l'efficacité des véhicules, il n'est plus question de pic de l'offre pétrolière mais de pic de la demande pétrolière.
- Grâce à la baisse rapide de leurs coûts, les énergies renouvelables peuvent maintenant faire concurrence au gaz naturel pour la production d'électricité.

Ces changements ont eu des conséquences non négligeables sur les perspectives énergétiques futures. D'après les scénarios de référence sur l'offre et la demande de [BP](#) et de l'[AIE](#), la demande de pétrole et de charbon devrait soit dégringoler, soit atteindre un pic d'ici 2040. L'éolien et l'énergie solaire photovoltaïque, auparavant considérés comme des sources marginales ou trop chères pour rivaliser avec les sources traditionnelles, ont maintenant un coût aussi abordable que le gaz naturel⁵⁶.

Les perspectives de la demande d'énergie ont également changé considérablement ces 10 dernières années. Dans son rapport sur l'avenir énergétique du Canada, l'Office se penche sur les éléments fondamentaux de l'offre et de la demande d'énergie au pays selon divers scénarios. La figure 18 compare la demande d'énergie primaire par source projetée pour 2030 selon le scénario de référence de 2007 et de 2018, pour mettre en lumière l'évolution des attentes au cours des 10 dernières années. On constate ainsi que la demande de produits pétroliers raffinés prévue pour 2030 est passée de 7 481 PJ en 2007 à 4 764 PJ en 2018.

Figure 18 : Demande d'énergie primaire projetée pour 2030 – AE2007 comparé à AE2018



Source : [Office national de l'énergie – Avenir énergétique du Canada \(2007 et 2018\)](#)

56 Office national de l'énergie (2018), [Avenir énergétique du Canada en 2018 – Offre et demande énergétiques à l'horizon 2040](#); Bloomberg New Energy Finance (2018), [New Energy Outlook 2018](#); David Roberts (2018, 26 octobre), [Clean energy is catching up to natural gas](#). Site Web : Vox.

La filière énergétique canadienne de 2030 projetée dans le scénario de référence d'AE2018 est très différente de celle d'AE2007. En quelques mots, voici ce qui les distingue :

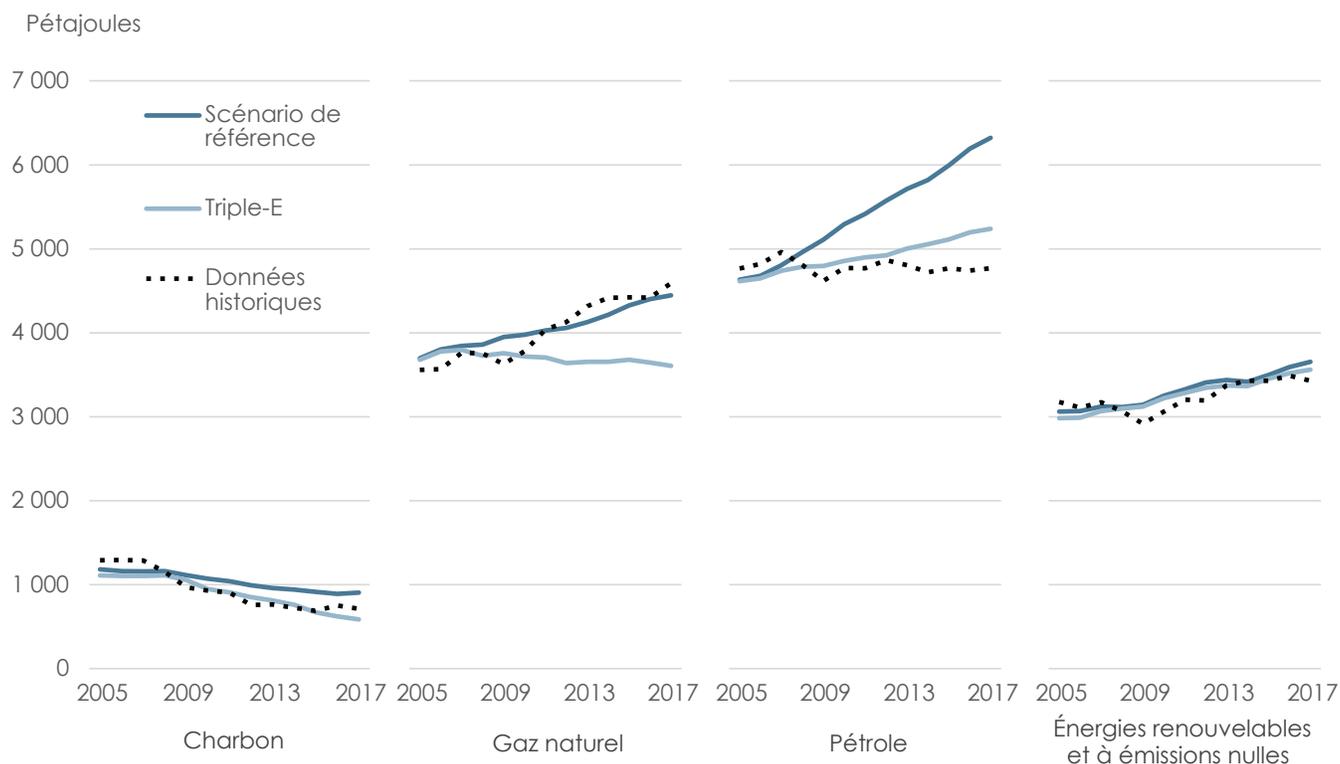
- 1. La population canadienne consomme moins d'énergie.** La demande d'énergie primaire projetée pour 2030 dans AE2018 est de 17 % inférieure à celle d'AE2007. Cette baisse est le fruit de nombreux facteurs dont le ralentissement de la croissance économique, les politiques et les programmes, les règlements sur l'efficacité énergétique et les progrès technologiques.
- 2. Le charbon a pratiquement été éliminé.** Vu l'évolution des politiques et l'augmentation de la rentabilité du gaz naturel, l'utilisation du charbon prévue en 2030 dégringole entre le rapport de 2007 et celui de 2018.
- 3. Il y a moins d'énergie issue des produits pétroliers.** Les nouveaux règlements encadrant les émissions des véhicules devraient améliorer la consommation moyenne de carburant. Le scénario de référence d'AE2007 ne mentionnait aucune future norme, tandis que celui d'AE2018 tenait compte des normes sur les automobiles et les véhicules légers des années modèles 2012 à 2027, et des normes sur les véhicules lourds de transport de marchandises des années modèles 2014 à 2028.
- 4. Il y a plus d'énergie issue du gaz naturel.** Le prix du gaz naturel a chuté après la parution du rapport de 2007, grâce aux avancées technologiques. Si la demande a augmenté au Canada, c'est que le gaz naturel est utilisé dans plusieurs sphères de l'économie, notamment la production d'électricité (en remplacement des centrales au charbon mises hors service) et l'exploitation des sables bitumineux, qui connaît une croissance.
- 5. Il y a moins d'énergie issue du nucléaire.** Le nucléaire enregistre une légère baisse entre les deux rapports, étant donné qu'Hydro-Québec a annoncé le déclassement de la centrale de Gentilly en 2012 et qu'Ontario Power Generation a décidé de mettre hors service la centrale de Pickering d'ici 2024 et de seulement remettre à neuf les centrales existantes⁵⁷.
- 6. Il y a moins d'énergie issue des sources renouvelables, excepté pour l'éolien et le solaire.** Le scénario de référence d'AE2018 prévoit une hausse de plus de 36 PJ (ou 10 TWh) de la production provenant de l'éolien et du solaire en 2030 par rapport à celui d'AE2007. En revanche, cette hausse est compensée par la baisse de l'utilisation de la biomasse dans le secteur industriel, attribuable à plusieurs fermetures d'usines de pâtes et papiers après la récession de 2008⁵⁸.

La figure 18 compare les projections des deux scénarios de référence, mais il est également intéressant de comparer les données réelles aux projections. Dans AE2007 figurait un scénario parvenant à un équilibre entre énergie, environnement et économie (le scénario « triple-E »). Il prévoyait des pressions politiques et une poussée technologique vers une filière énergétique canadienne plus sobre en carbone. La figure 19 montre les données réelles de la demande d'énergie primaire par type de source entre 2005 et 2017 et les compare aux projections du scénario de référence et du scénario triple-E d'AE2007. On constate que la demande de charbon et de pétrole suit la trajectoire du scénario triple-E, tandis que la demande de gaz naturel suit celle du scénario de référence. La demande d'énergies renouvelables et non émettrices est un peu plus faible que prévue, puisque la baisse de la demande du nucléaire et de la biomasse industrielle compense la croissance du solaire, de l'éolien et des biocarburants.

57 Pour en savoir plus sur l'énergie nucléaire au Canada, consulter le [rapport](#) de Office.

58 L'utilisation industrielle de la biomasse a diminué de 22 % entre 2007 et 2010.

Figure 19 : Demande d'énergie primaire – Scénarios dans AE2007 comparés aux données historiques (2005-2017)



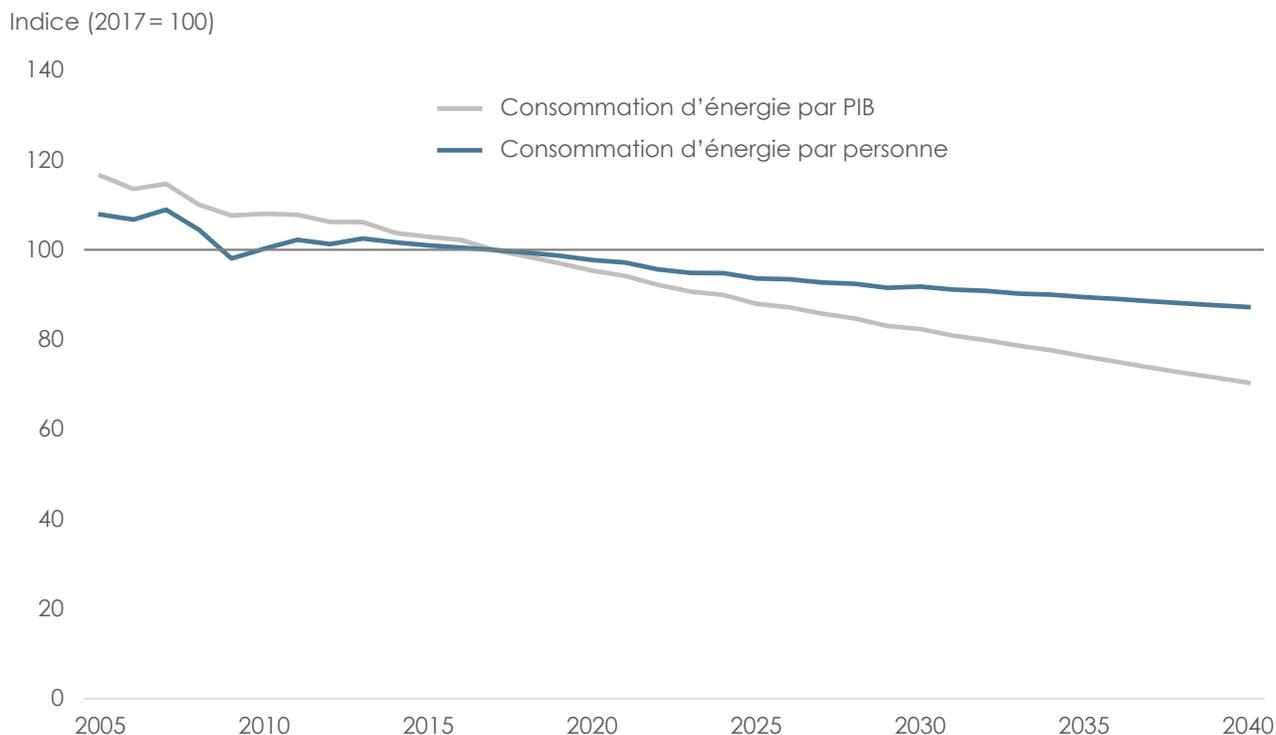
Source : Office national de l'énergie – Avenir énergétique du Canada (2007 et 2018)

La transition vers un avenir sobre en carbone

AE2018 présente divers avenir possibles pour l'offre et la demande d'énergie. Son scénario de référence illustre bon nombre des transitions traitées dans le présent rapport. La consommation d'énergie devrait ralentir par rapport à la croissance historique de tous les scénarios. Cette évolution de la consommation est attribuable aux améliorations de l'efficacité énergétique et aux facteurs technologiques, politiques et économiques.

Parmi les changements notables, citons la diminution de la consommation d'énergie et de la croissance économique. Dans le scénario de référence d'AE2018, on part du principe qu'il y aura un accroissement de la population de 20 % et une augmentation du PIB réel de 50 % entre 2017 et 2040. Et pourtant, la demande d'énergie primaire totale au cours de cette période n'augmente que de 5 %. La figure 20 illustre cette tendance à la baisse de la demande d'énergie par dollar de PIB et par habitant, tendance qui se maintient de 2005 à 2040.

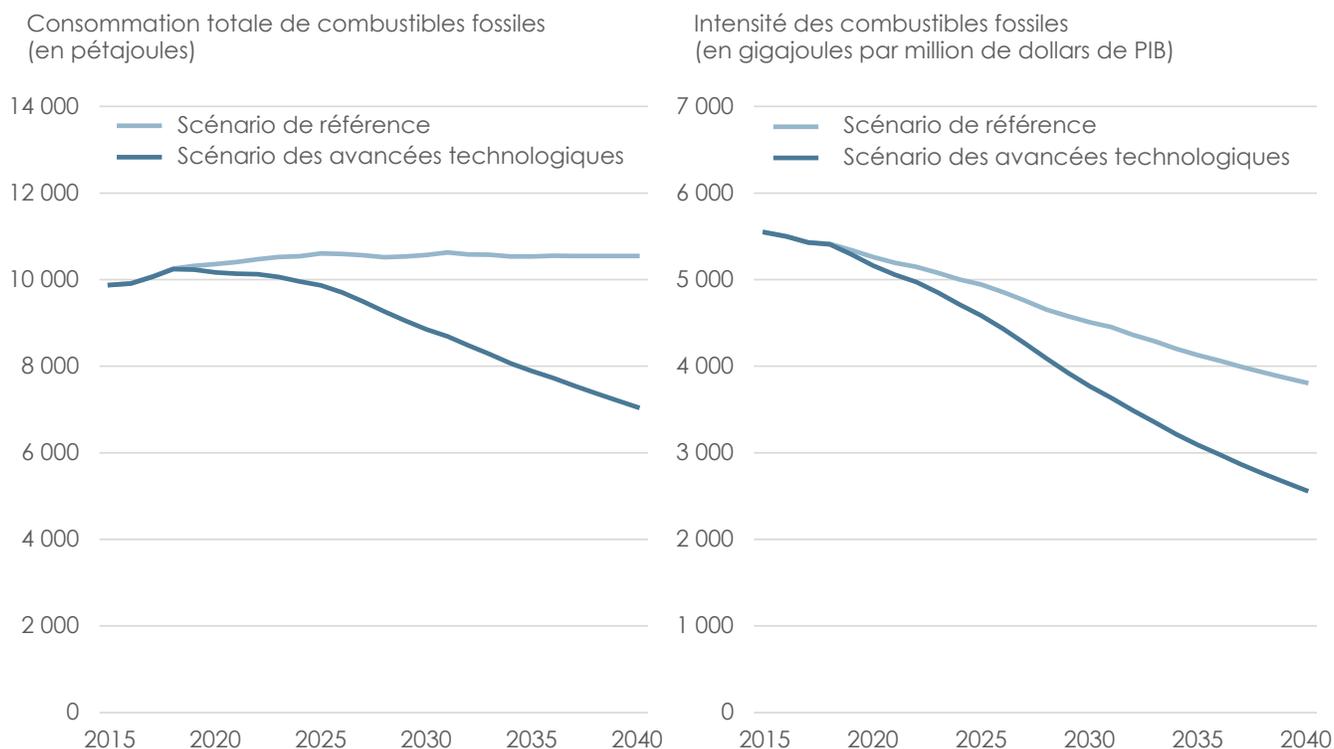
Figure 20 : Intensité de la demande d'énergie primaire – Scénario de référence dans AE2018 (2005-2040)



Source : [Office national de l'énergie – Avenir énergétique du Canada \(2018\)](#)

Comme pour le scénario triple-E d'AE2007, dans le « [scénario des avancées technologiques](#) » d'AE2018, le virage mondial vers la réduction des émissions de GES est porté par le renforcement des politiques et l'adoption accélérée des technologies sobres en carbone. Ce scénario est synonyme de répercussions importantes pour les filières énergétiques canadiennes, comme le montre la figure 21 : d'ici 2040, le pays devrait utiliser 30 % moins de combustibles fossiles qu'aujourd'hui. Le PIB réel étant censé croître de 50 % entre 2017 et 2040, l'utilisation de combustibles fossiles par dollar de PIB chute de 53 % dans ce scénario, contre 30 % dans le scénario de référence. Et comme l'[élimination progressive du charbon](#) au Canada d'ici 2030 et l'adoption de technologies de stockage du carbone réduisent l'intensité d'émission des autres combustibles fossiles, tout semble indiquer que les émissions diminueront encore plus vite que l'utilisation des combustibles fossiles.

Figure 21 : Consommation et intensité des combustibles fossiles – Scénario de référence comparé au scénario des avancées technologiques dans AE2018



Source : [Office national de l'énergie – Avenir énergétique du Canada \(2018\)](#)

Le scénario des avancées technologiques n'a pas de valeur prédictive et ne fait aucune recommandation quant aux politiques, aux technologies ou aux résultats. Il se penche les conséquences qu'aurait la transition accélérée vers une économie sobre en carbone sur l'offre et la demande d'énergie au Canada.

La seule source d'analyse officielle du Canada sur les résultats d'émissions et de leur comparaison avec les engagements climatiques est Environnement et Changement climatique Canada. Dans les « [Jalons à franchir pour atteindre la cible de 2030 du Canada](#) », ECCC prévoit que les paramètres du Cadre pancanadien se traduiraient par une réduction des émissions de 175 Mt d'éq. CO₂ d'ici 2030, ce qui représente une baisse de 23 % par rapport au niveau de 2005; il manquerait donc 44 Mt pour atteindre l'objectif fixé. ECCC précise que son estimation de 175 Mt ne tient pas compte des réductions qui découleraient des autres engagements du Cadre pancanadien, notamment les investissements dans le transport en commun, les infrastructures vertes, l'innovation et les technologies propres. D'après le Ministère, grâce à ces mesures, le Canada serait sur la bonne voie pour respecter les engagements qu'il a pris dans le cadre de l'Accord de Paris.

La transition après 2030

Comparativement aux tendances antérieures, le scénario des avancées technologiques d'AE2018 prévoit des progrès considérables vers une économie sobre en carbone au Canada. Mais ce n'est qu'une trajectoire possible parmi d'autres⁵⁹. On ne sait pas comment les choses se dérouleront au bout du compte. Pour atteindre l'objectif de 1,5 degré Celsius⁶⁰ de l'Accord de Paris, il faudra sans doute s'éloigner encore plus vite et plus franchement des tendances actuelles d'ici 2040. Et surtout, rappelons que les réductions visées par le Canada pour 2030 et les projections de l'Office dans ses rapports sur l'avenir énergétique à l'horizon 2040 ne sont que les jalons intermédiaires d'une transition à long terme. Comme l'indique le « [scénario du développement durable](#) » de l'AIE, ces projections pour 2040 ne font que mettre la planète sur la bonne voie; il faudra encore d'autres réductions, vraisemblablement plus substantielles, passé l'horizon 2040.

Au Canada, plusieurs études se sont penchées sur la réduction considérable des émissions d'ici 2050 et au-delà : le [Deep Decarbonization Pathways Project](#) (« DDPP »), les rapports de l'[Institut de l'énergie Trottier](#) et la Stratégie pour le milieu du siècle d'ECCC⁶¹. Selon les rapports du DDPP et de l'Institut de l'énergie Trottier, il est techniquement possible de réduire considérablement les émissions, et pour y parvenir, il faudra transformer radicalement les filières énergétiques et l'économie du Canada. Dans le rapport du DDPP, le degré de préparation du Canada face à la décarbonation est qualifié de « nuancé » : le pays est sur la bonne voie en ce qui concerne l'électricité, les bâtiments et le transport personnel, mais il a encore du chemin à faire du côté de l'industrie lourde et de l'extraction du pétrole et du gaz naturel.

Dans les scénarios prévoyant la décarbonation des filières énergétiques, les combustibles fossiles continuent de jouer un rôle important, quoique de moins en moins grand, dans le bouquet énergétique mondial. Par exemple, selon le scénario du développement durable de 2018 de l'AIE, d'ici 2040, la demande mondiale de charbon aura diminué de plus de moitié, la demande mondiale de pétrole aura diminué de 25 millions de barils par jour, et la consommation de gaz naturel sera supérieure à aujourd'hui (quoiqu'inférieure à celle du « scénario de nouvelles politiques » de l'AIE, le scénario de référence de l'Agence)⁶². D'après le DDPP et l'Institut de l'énergie Trottier, même dans les scénarios de décarbonation poussée, les combustibles fossiles sont toujours utilisés dans certains secteurs où les sources de remplacement sont plus coûteuses ou représentent un plus grand défi sur le plan technologique.

Il est primordial de concilier la cadence de la transition à court terme et le besoin à long terme de disposer de technologies d'émissions négatives⁶³. Dans bien des scénarios de décarbonation, plus il faut de temps pour abandonner les sources émettrices, plus il faut d'émissions négatives à long terme. Par exemple, dans le [scénario « Sky » de Shell](#), la planète réduit ses émissions nettes à zéro d'ici 2070 et élimine environ 10 000 Mt nettes de CO₂ par an d'ici 2100 pour maintenir la température au niveau exigé par l'Accord de Paris.

Les filières énergétiques de demain

Les projections de la demande et de l'offre d'énergie, même dans les scénarios comme celui des avancées technologiques d'AE2018, reposent souvent sur la situation actuelle des filières énergétiques. Celles-ci étant complexes, il est parfois difficile d'imaginer l'ampleur des bouleversements qu'entraîneraient des changements côté demande ou côté offre. Peut-être que de nouvelles filières verront le jour au fil de la transition. Peut-être aussi qu'à

59 Il faut préciser que le scénario des avancées technologiques d'AE2018 se concentre uniquement sur le Canada. Or, comme les changements climatiques concernent le monde entier, il est difficile d'évaluer leur incidence sans entreprendre d'exercice de modélisation intégrée du climat mondial. Ce type de modélisation dépasse la portée du présent rapport.

60 L'objectif de l'Accord de Paris est de maintenir l'augmentation de la température mondiale « bien en dessous de 2 °C, et de mener des efforts encore plus poussés pour limiter cette hausse à 1,5 °C au-dessus des niveaux préindustriels ».

61 Titre complet : Stratégie canadienne de développement à faible émission de gaz à effet de serre à long terme pour le milieu du siècle.

62 Dans le rapport World Energy Outlook 2018 de l'AIE, le scénario de nouvelles politiques tient compte des politiques et des objectifs actuellement annoncés par les pouvoirs publics, tandis que le scénario du développement durable prévoit une transition vers les énergies propres permettant d'atteindre les objectifs climatiques et de développement durable.

63 Les [émissions négatives](#) se produisent quand on élimine plus de GES qu'on en émet, par exemple quand on combine bioénergie et capture et stockage du carbone ou qu'on a recours au captage direct dans l'air et au stockage du carbone.

l'inverse, les changements dans la consommation de l'énergie joueront sur la transition elle-même.

Le tableau 3 présente plusieurs filières énergétiques éventuelles qui, pour la plupart, en sont encore au stade de la recherche et développement. S'il y a des percées et des réductions de coûts importantes, certaines filières pourraient prendre de l'ampleur dans le bouquet énergétique. Parmi les options qui existent, certaines sont connues depuis de nombreuses années, mais leur utilisation commerciale demeure limitée pour l'instant. Si ces technologies parviennent à s'implanter, elles pourraient ouvrir de nouvelles voies. Parmi les obstacles à leur adoption figurent les coûts, la démonstration de leur efficacité à l'échelle commerciale, la charge d'alimentation disponible, les répercussions sur l'utilisation des terres et les infrastructures requises.

Tableau 3 : Futures filières énergétiques du Canada

Énergie	Production	Conversion	Distribution	Utilisation finale
Biocarburants de nouvelle génération	Biomasse durable tirée des déchets agricoles, municipaux et sylvicoles	Les procédés thermochimiques et biochimiques transforment la biomasse en éthanol.	Pipelines, camions, trains	Transport, chauffage des bâtiments, production d'électricité
Gaz naturel renouvelable/biogaz	Capture à partir des déchets	Aucune conversion n'est requise, mais comme dans le cas du gaz naturel, il faudrait traiter le gaz pour en éliminer les impuretés.	Pipelines, camions, trains (gaz naturel liquéfié ou comprimé)	Chauffage des bâtiments, production d'électricité, transport, utilisations non énergétiques
Hydrogène	Électrolyse	Les piles à combustible convertissent l'hydrogène en électricité.	Pipelines ou camions (pour les moteurs à combustion); réseau électrique	Transport, secteur industriel, production d'électricité
Uranium	Extraction	Le processus de traitement de l'uranium permet d'affiner et d'enrichir le minerai d'uranium et de le transformer en pastilles et en grappes de combustible destinées aux petits réacteurs modulaires ou à la fusion nucléaire.	Navires, trains, camions	Production d'électricité, notamment dans les lieux éloignés et non raccordés au réseau

Source : Office national de l'énergie

La transformation de l'utilisation finale

Pour réussir la transition énergétique, il ne faudra pas se contenter de changer les sources d'énergie. Il faudra aussi changer les modes de consommation de l'énergie, par exemple en modifiant les équipements, en faisant évoluer les comportements ou en transformant les consommateurs en producteurs.

Le tableau 4 donne plusieurs exemples de changements qui pourraient intervenir dans la demande pour utilisation finale. Les futures filières énergétiques seront aussi façonnées par les interactions entre ces changements⁶⁴. Par exemple, l'effet des véhicules autonomes sur les filières pourrait être très différent si les véhicules électriques continuent de gagner du terrain sur les véhicules à essence traditionnels. De la même manière, l'adoption des véhicules électriques pourrait être tout autre si elle était accompagnée par un plus grand plébiscite des technologies solaires photovoltaïques. Par ailleurs, l'avènement de nouvelles technologies numériques permettant de mieux gérer l'offre et la demande d'électricité pourrait aussi faire varier l'influence qu'ont les véhicules autonomes et électriques sur les filières énergétiques.

64 Pour en savoir plus sur les nouvelles technologies et tendances liées à l'utilisation finale, consulter les ressources suivantes :

- AIE (2017). [Energy Technology Perspectives](#).
- AIE (2017). [Digitalization and Energy](#).
- RNCan (2018). [Tracer la voie jusqu'en 2030 et au-delà : Feuille de route pour la transformation du marché pour l'équipement consommateur d'énergie dans le secteur du bâtiment](#).
- Chris Bataille et coll. (2018). « [A review of technology and policy deep decarbonization pathway options for making energy-intensive industry production consistent with the Paris Agreement](#) », Journal of Cleaner Production, vol. 187, p. 960-973.

Tableau 4 : Exemples de changements d'utilisation finale

Technologies énergétiques	Services énergétiques	De consommateur à producteur
<ul style="list-style-type: none"> • Véhicules électriques • Thermopompes pour climats froids • Optimisation de la demande • Demande électrothermique industrielle • Capture, utilisation et stockage du carbone 	<ul style="list-style-type: none"> • Covoiturage • Véhicules autonomes • Nouvelles sources de demande (comme le minage de cryptomonnaie) • Nouveaux marchés énergétiques et nouveaux modes de commercialisation (comme le commerce d'énergies renouvelables alimenté par une chaîne de blocs) 	<ul style="list-style-type: none"> • Systèmes solaires résidentiels • Systèmes solaires dans les bâtiments commerciaux • Production industrielle de gaz naturel renouvelable sur place • Filières énergétiques de quartier • Stockage décentralisé • Facturation nette

Source : Office national de l'énergie

Vu l'ampleur que prend l'électrification, il faudra sans doute moderniser le réseau électrique. Dans son analyse sur l'énergie et l'intensification de la numérisation, l'AIE fait remarquer⁶⁵ que l'électricité est le secteur pivot de la transformation des filières énergétiques dans quatre grands domaines :

- La « gestion intelligente de la demande » par des moyens numériques, où les appareils intelligents reliés au réseau augmentent sa souplesse et déplacent la charge hors des périodes de pointe;
- L'intégration des ressources renouvelables intermittentes, comme l'éolien et le solaire;
- L'optimisation de la recharge des véhicules électriques en cas d'offre excédentaire et de faibles coûts;
- Le développement des ressources énergétiques décentralisées, comme les systèmes solaires photovoltaïques et de stockage résidentiels et le commerce d'électricité poste à poste grâce aux nouvelles plateformes numériques comme les chaînes de blocs.

Le Cadre pancanadien s'inscrit en faveur de la modernisation des filières énergétiques canadiennes. Dans cette optique, il prévoit le financement de projets qui aident les systèmes électriques à mieux utiliser l'énergie renouvelable, augmentent la capacité de production renouvelable et facilitent l'intégration du stockage d'énergie renouvelable.

65 AIE (2017). [Digitalization and Energy](#).



7. Conclusion

Obstacles et incertitudes

Pour réussir la transition énergétique, il faudra surmonter bien des obstacles et des incertitudes. Plusieurs facteurs entreront en ligne de compte : avancées technologies, politiques, préférences des consommateurs, nouvelles formes d'énergie, nouvelles manières de consommer l'énergie, etc.

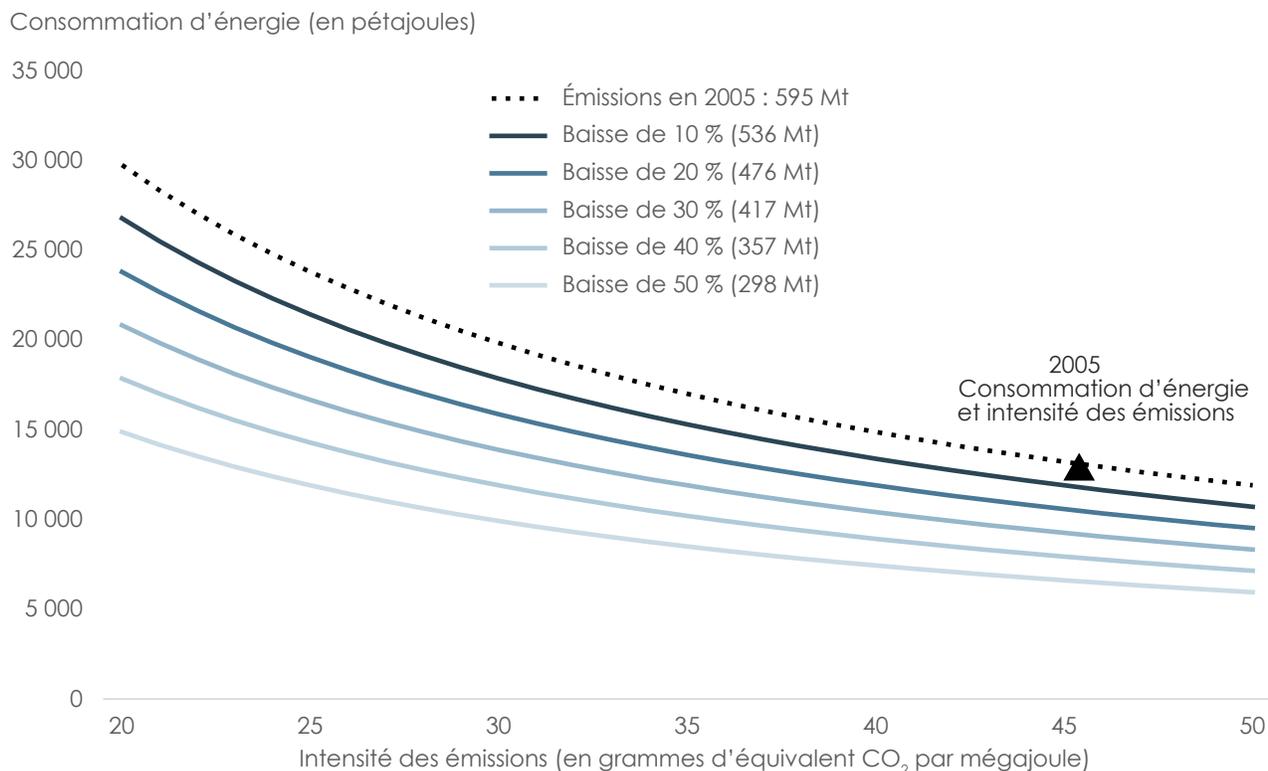
La transition vers une économie sobre en carbone retentira sur toutes les filières énergétiques existantes du pays. Elle influencera les types d'énergie utilisés, leur utilisation, l'efficacité de cette utilisation et le rôle joué par les technologies dans la compensation ou le stockage des émissions de carbone.

Au bout du compte, les émissions liées à l'énergie dépendent de la quantité d'énergie utilisée et de l'intensité d'émission de cette énergie. Si l'on repense aux liens entre consommation, économie et émissions décrits dans le chapitre 4, il existe une infinité de combinaisons entre consommation et intensité qu'un pays peut viser pour réduire ses émissions d'une proportion donnée.

La figure 22 montre diverses trajectoires possibles, si l'on part du principe qu'il y aura bien une réduction annuelle des émissions liées à l'énergie⁶⁶. Le Canada devra surmonter plusieurs obstacles pour parvenir à réduire ses émissions, notamment modifier en profondeur la manière dont il produit et consomme l'énergie. Par exemple, pour réduire ses émissions annuelles de 30 % (à 417 Mt d'éq. CO₂), il devra faire baisser son intensité d'émission moyenne à 33 grammes par MJ (à consommation d'énergie constante), ou réduire sa consommation d'énergie à 8 860 PJ (à intensité d'émission moyenne constante), ou jouer sur une combinaison de ces deux variables.

66 Les émissions liées à l'énergie sont celles qui résultent de la combustion des combustibles fossiles; elles ne comprennent pas les émissions de GES comme les émissions de méthane fugitives et l'oxyde de diazote.

Figure 22 : Trajectoires de réduction des émissions au Canada



Source : Office national de l'énergie

Toutes les transitions énergétiques ont un prix, et celle-ci ne fait pas exception. Selon le Conference Board du Canada, la tarification du carbone et la décarbonation de la production d'électricité nuisent un peu à l'économie, et les investissements dans les technologies d'énergie propre se chiffreront en milliards de dollars⁶⁷. ECCC estime que le Cadre pancanadien fera reculer le PIB d'environ 0,35 % en 2022, précisant qu'il s'agit probablement d'une surestimation, et que le prix de l'inaction serait encore plus élevé⁶⁸.

La plus grande incertitude qui persiste aujourd'hui est le rythme de la transition. Celle-ci pourrait être rapide et spectaculaire⁶⁹, ou progressive et en dents de scie. D'après les exemples passés, les transitions énergétiques sont généralement lentes, mais les moteurs de celle d'aujourd'hui ne sont pas les mêmes que ceux d'hier⁷⁰. Dans *Energy Transitions: Global and National Perspectives*, Vaclav Smil conclut en ces mots⁷¹ :

« [Traduction libre] Par nature, une transition énergétique est et sera toujours une longue histoire. [...] Notre avancée dans l'avenir post-fossile d'ici 30 ou 40 ans ne dépendra pas seulement de notre résolution d'innover, mais aussi de notre volonté de modérer nos attentes énergétiques et de consommer plus judicieusement. »

67 Len Coad et coll. (2018). [Le prix à payer pour un avenir plus propre : Analyse des incidences économiques de la réduction des émissions de GES](#). Site Web : Le Conference Board du Canada.

68 Gouvernement du Canada (2016). [Analyse économique du cadre Pancanadien](#).

69 Nikos Tsafos (2018, septembre). [Must the Energy Transition Be Slow? Not necessarily](#). Site Web : Center for Strategic and International Studies.

70 Bassam Fattouh, Rahmat Poudineh et Rob West (2018). [The rise of renewables and energy transition: what adaptation strategy for oil companies and oil-exporting countries?](#). Site Web : The Oxford Institute for Energy Studies.

71 Vaclav Smil (2017). *Energy Transitions: Global and National Perspectives* (p. 237-238), 2e éd. Santa Barbara (Calif.), Praeger.

La transition, c'est maintenant

La transition énergétique se produit en ce moment même : les filières énergétiques du Canada et d'ailleurs sont en pleine mutation. D'après les éléments fondamentaux de cette transition, décrits dans le chapitre 4, on peut dresser le constat suivant :

- L'intensité carbonique du réseau électrique canadien est l'une des plus faibles au monde. Dans les provinces et les territoires qui dépendent beaucoup des combustibles fossiles pour produire de l'électricité, la décarbonation se poursuit grâce à l'abandon progressif du charbon et au développement des énergies renouvelables.
- Même s'il est en encore à ses balbutiements, le remplacement des carburants utilisés dans le transport personnel continue de prendre de l'ampleur. Les normes de carburant et d'économie de carburant sont quant à elles de plus en plus strictes.
- Les Canadiens consomment mieux leur énergie, et cette tendance devrait se poursuivre.
- Les initiatives stratégiques de tous les pouvoirs publics aident le pays à progresser dans sa transition énergétique.

Bien que les progrès accomplis jusqu'ici soient dignes de mention, de nouvelles mesures seront nécessaires de la part des gouvernements, des entreprises et des citoyens pour que le Canada respecte ses engagements actuels sur le plan climatique. L'intensité d'émission du pays figure parmi les plus élevées chez les pays développés, ce qui s'explique en grande partie par son relief, son climat et sa structure industrielle. Cependant, comme en témoignent les progrès déjà réalisés, ces facteurs n'empêchent pas le Canada d'en faire plus pour modifier davantage sa trajectoire d'émissions dans les années à venir.

D'après le présent rapport, l'avenir sera sans doute très différent du passé. Au cours du siècle dernier, la consommation d'énergie mondiale a grimpé en flèche, surtout en raison de l'abondance et de l'abordabilité des combustibles fossiles. La plupart des signes laissent présager que cette croissance ralentira et que le bouquet énergétique gagnera en diversité. Ajoutons pour conclure que si le monde parvient à atteindre ses objectifs à long terme en matière de changements climatiques, les 100 prochaines années pourraient être aussi dynamiques et transformatrices que les 100 dernières.



8. Bibliographie et données

Bibliographie

- AGENCE D'INFORMATION SUR L'ÉNERGIE (9 mai 2014). [Today in Energy: Recycling is the primary energy efficiency technology for aluminum and steel manufacturing.](#)
- AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE (2016). [Energy Policies of IEA Countries: Canada 2015 Review.](#)
- AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE (2017). [Digitalization and Energy.](#)
- AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE (2017). [Energy Technology Perspectives 2017.](#)
- AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE (2018). [World Energy Outlook 2018.](#)
- AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE (2018). [Energy Efficiency Potential in Canada.](#)
- AMERICAN COUNCIL FOR AN ENERGY-EFFICIENT ECONOMY (2014). [The Best Value for America's Energy Dollar: A National Review of the Cost of Utility Energy Efficiency Programs.](#)
- ASSOCIATION CANADIENNE DES CARBURANTS (5 juillet 2018). [Réduire les « kilomètres parcourus à vide » : SmartWay contribue à rendre le camionnage plus efficace.](#)
- ASSOCIATION DE L'ALUMINIUM DU CANADA (28 mars 2017). [Position de l'Association de l'aluminium du Canada dans le cadre de la transition du Canada vers une économie à faible émission de carbone.](#)
- BATAILLE, Chris, et coll. (2015). [Pathways to Deep Decarbonization in Canada.](#) Réseau des solutions pour le développement durable et Institut du développement durable et des relations internationales.
- BATAILLE, Chris, et coll. (2018). « [A review of technology and policy deep decarbonization pathway options for making energy-intensive industry production consistent with the Paris Agreement](#) », Journal of Cleaner Production, vol. 187, p. 960-973.
- BLOOMBERG NEW ENERGY FINANCE (2018). [New Energy Outlook 2018.](#)
- BP (2018). [Statistical Review of World Energy 2018.](#) Site Web : BP, Energy economics.
- BP (2019). [BP Energy Outlook 2019.](#) Site Web : BP, Energy economics.
- CANADA'S OIL SANDS INNOVATION ALLIANCE (2018). [Greenhouse Gases.](#)
- CANADIAN ENERGY SYSTEMS ANALYSIS RESEARCH (2017). [Sankey diagrams associated with fuel and electricity production and use in Canada.](#)
- CENTER FOR CLIMATE AND ENERGY SOLUTIONS (2017). [History of UN Climate Talks.](#)
- COAD, Len, et coll. (2018). [Le prix à payer pour un avenir plus propre : Analyse des incidences économiques de la réduction des émissions de GES.](#) Site Web : Le Conference Board du Canada.
- CONFERENCE BOARD DU CANADA, LE (2016). [Les performances du Canada : Bilan comparatif de l'environnement.](#)
- CONFÉRENCE DES MINISTRES DE L'ÉNERGIE ET DES MINES (août 2017). [Une construction intelligente – une stratégie canadienne pour les bâtiments.](#) Site Web : Ressources naturelles Canada.
- CONSEIL GÉNÉRATION ÉNERGIE (2018). [La transition énergétique du Canada : Concrétiser notre avenir énergétique, ensemble.](#) Site Web : Ressources naturelles Canada.
- CONVENTION-CADRE DES NATIONS UNIES SUR LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (2015). [Accord de Paris.](#)
- CONVENTION-CADRE DES NATIONS UNIES SUR LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (2019). [Accord de Paris – État des ratifications.](#)

ENVIRONNEMENT ET CHANGEMENT CLIMATIQUE CANADA (2016). [Cadre pancanadien sur la croissance propre et les changements climatiques](#).

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](#).

ENVIRONNEMENT ET CHANGEMENT CLIMATIQUE CANADA (14 juin 2018). [Le règlement applicable aux camions, aux autobus et aux gros véhicules réduit la pollution, améliore la qualité de l'air et rehausse la compétitivité](#) [Communiqué de presse].

ENVIRONNEMENT ET CHANGEMENT CLIMATIQUE CANADA (12 décembre 2018). [L'élimination progressive de la production d'électricité à partir du charbon au Canada franchit une autre étape importante](#) [Communiqué de presse].

ENVIRONNEMENT ET CHANGEMENT CLIMATIQUE CANADA (2019). [Rapport d'inventaire national \(1990-2017\) : émissions et absorptions des gaz à effet de serre au Canada](#).

ENVIRONNEMENT ET CHANGEMENT CLIMATIQUE CANADA (2018). [Cadre pancanadien sur la croissance propre et les changements climatiques : Rapport annuel de synthèse sur la situation de la mise en œuvre](#).

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (2017). [Greenhouse Gas Emissions: Understanding Global Warming Potentials](#).

EUROPEAN ACADEMIES SCIENCE ADVISORY COUNCIL (2018). [Negative emission technologies: What role in meeting Paris Agreement targets?](#).

EUROPEAN NUCLEAR SOCIETY (2016). [Nuclear power plants, world-wide](#).

FATTOUH, Bassam, Rahmat Poudineh et Rob West (2018). [The rise of renewables and energy transition: what adaptation strategy for oil companies and oil-exporting countries?](#). Site Web : The Oxford Institute for Energy Studies.

FORREST, Jackie (2017). [Crude Oil Investing in a Carbon Constrained World: 2017 Update](#). Site Web : ARC Energy Research Institute.

FREIDRICH, Johannes (21 mai 2014). [The History of Carbon Dioxide Emissions](#). Site Web : World Resources Institute.

GOUVERNEMENT DE L'ALBERTA (septembre 2018). [Environmental performance: oil sands emissions intensity](#).

GOUVERNEMENT DU CANADA (2016). [Analyse économique du cadre Pancanadien](#).

GOUVERNEMENT DU CANADA (2018). [Résultats estimés du système fédéral de tarification de la pollution par le carbone](#).

LANGLOIS-BERTRAND, Simon, et coll. (2018). [Perspectives énergétiques canadiennes 2018 – Horizon 2050](#). Site Web : Institut de l'énergie Trottier et Pôle e3.

LEAHY, Stephen (25 septembre 2017). [Without the Ozone Treaty You'd Get Sunburned in 5 Minutes](#). Site Web : National Geographic News.

OFFICE NATIONAL DE L'ÉNERGIE (2007). [L'avenir énergétique du Canada – Scénario de référence et scénarios prospectifs jusqu'à 2030](#).

OFFICE NATIONAL DE L'ÉNERGIE (5 mai 2015). [Aperçu du marché : Les producteurs de sables bitumineux in situ sont plus efficaces et utilisent moins de vapeur par baril qu'en 2014](#).

OFFICE NATIONAL DE L'ÉNERGIE (13 janvier 2016). [Aperçu du marché : Les camions représentent une plus grande part des ventes de nouveaux véhicules](#).

OFFICE NATIONAL DE L'ÉNERGIE (2 novembre 2016). [Aperçu du marché : Gains appréciables de l'efficacité énergétique des gros électroménagers](#).

OFFICE NATIONAL DE L'ÉNERGIE (2017). [Supplément Avenir énergétique du Canada en 2017 – Production tirée des sables bitumineux](#).

OFFICE NATIONAL DE L'ÉNERGIE (2018). [Rentabilité de l'énergie solaire au Canada](#).

OFFICE NATIONAL DE L'ÉNERGIE (2018). [Avenir énergétique du Canada en 2018 – Offre et demande énergétiques à l'horizon 2040](#).

OFFICE NATIONAL DE L'ÉNERGIE (18 juillet 2018). [Aperçu du marché : Réduction de la consommation d'essence attribuable aux normes sur les émissions des véhicules](#).

OFFICE NATIONAL DE L'ÉNERGIE (12 septembre 2018). [Aperçu du marché : Quelle quantité de CO₂ les véhicules électriques, hybrides et à essence émettent-ils?](#)

OFFICE NATIONAL DE L'ÉNERGIE (2 janvier 2019). [Aperçu du marché : Véhicules électriques au Canada – Le potentiel caché du marché des camions électriques](#).

OFFICE NATIONAL DE L'ÉNERGIE (30 janvier 2019). [Aperçu du marché : L'actualité sur le marché du captage, du stockage et de l'utilisation du carbone](#).

OFFICE NATIONAL DE L'ÉNERGIE (20 février 2019). [Aperçu du marché : La production d'énergie solaire au Canada fortement dictée par les saisons](#).

ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES (2017). [Examens environnementaux de l'OCDE : Canada 2017](#).

PLUMPTRE, Bora, Eli Angen et Dianne Zimmerman (juin 2017). [The State of Freight: Understanding greenhouse gas emissions from goods movement in Canada](#). Site Web : The Pembina Institute.

PREMIER MINISTRE DU CANADA (10 mai 2018). [Alcoa et Rio Tinto annoncent le tout premier procédé de fusion de l'aluminium à zéro émission de carbone au monde](#) [Communiqué de presse].

RESSOURCES NATURELLES CANADA (2014). [Captage et stockage du carbone](#).

RESSOURCES NATURELLES CANADA (13 septembre 2018). [Faits sur l'énergie : Énergie et économie](#).

RESSOURCES NATURELLES CANADA (2018). [Biocarburants](#).

RESSOURCES NATURELLES CANADA (2018). [Techniques de conduite écoénergétique](#).

RESSOURCES NATURELLES CANADA (2018). [Tracer la voie jusqu'en 2030 et au-delà : Feuille de route pour la transformation du marché pour l'équipement consommateur d'énergie dans le secteur du bâtiment](#).

RESSOURCES NATURELLES CANADA (2019). [Net Zéro : les futures normes en matière de construction](#).

ROBERTS, David (26 octobre 2018). [Clean energy is catching up to natural gas](#). Site Web : Vox.

ROBINS, Allison (2017). [Doing More with Less: Energy Efficiency Potential in Canada](#). Site Web : Le Conference Board du Canada.

SMIL, Vaclav (2017). *Energy Transitions: Global and National Perspectives*, 2e éd. Santa Barbara (Calif.), Praeger.

SHELL (2018). [Shell Scenarios: Sky – Meeting the Goals of the Paris Agreement](#).

TABLE RONDE NATIONALE SUR L'ENVIRONNEMENT ET L'ÉCONOMIE et Technologies du développement durable Canada (2009). [Dans l'engrenage du changement – efficacité énergétique dans le secteur des bâtiments commerciaux du Canada](#).

TORRIE, Ralph et David B. Layzell (26 avril 2016). [The Elephant in the Room: Energy Intensity of the Canadian Economy](#). Site Web : CESAR.

TSAFOS, Nikos (septembre 2018). [Must the Energy Transition Be Slow? Not necessarily](#). Site Web : Center for Strategic and International Studies.

WORLD NUCLEAR ASSOCIATION (octobre 2018). [Fukushima Daiichi Accident](#).

Source des données

Figure 1 : Énergie utile et pertes au Canada (2013)	CESAR : Sankey diagrams associated with fuel and electricity production and use in Canada RNCAN : Rapport du Conseil Génération Énergie
Figure 2 : Consommation d'énergie – Pays membres et non membres de l'OCDE (1965-2017)	BP : Statistical Review of World Energy 2018
Tableau 2 : Densité énergétique et émissions de carbone de différents combustibles	Université de Washington Volker Quaschnig : Specific Carbon Dioxide Emissions of Various Fuels
Figure 3 : Consommation mondiale d'énergie primaire par combustible (1850-2017)	Données de 1850 à 1959 Arnulf Grübler : Annexe de données , Technology and Global Change Données de 1960 à 2017 BP : Statistical Review of World Energy 2018
Figure 4 : Émissions mondiales de GES et part du Canada (1990-2014)	CAIT : Climate Data Explorer
Figure 5 : Émissions de GES du Canada – Tendances passées et objectif pour 2030	ECCC : Rapport d'inventaire national (1990-2017)
Figure 6 : Intensité énergétique des économies de l'OCDE et certains NPI (2015)	Banque mondiale : Intensité énergétique
Figure 7 : Émissions de GES par secteur au Canada (1990-2017)	ECCC : Rapport d'inventaire national (1990-2017)
Figure 8 : Indices des facteurs économiques, énergétiques et d'émissions au Canada (1981-2017)	Statistique Canada : Tableaux 25-10-0004-01 , 25-10-0029-01 , 36-10-0222-01 et 17-01-0005-01 ECCC : Rapport d'inventaire national (1990-2017)
Figure 9 : Émissions de GES par pays – Intensité d'émission et émissions par habitant (2015)	CAIT : Climate Data Explorer
Figure 10 : Production d'électricité totale et intensité d'émission de la production d'électricité par province (1990 et 2017)	ECCC : Rapport d'inventaire national (1990-2017)
Figure 11 : Capacité de production électrique installée au Canada (2005-2017)	Office national de l'énergie : Avenir énergétique du Canada en 2018
Figure 12 : Demande d'énergie pour utilisation finale et production d'électricité par source au Canada (2017)	Office national de l'énergie : Avenir énergétique du Canada en 2018
Figure 13 : Croissance des émissions de GES dans le secteur des transports (1990 et 2017)	ECCC : Rapport d'inventaire national (1990-2017)
Figure 14 : Croissance des véhicules électriques au Canada (2012-2018)	Statistique Canada : Tableau 20-10-0001-01 FleetCarma Matthew Klippenstein : Données sur les ventes de véhicules électriques au Canada
Figure 15 : Consommation d'énergie et émissions de GES par industrie (1990 et 2016)	RNCAN : Base de données nationale sur la consommation d'énergie, Secteur industriel – Industries agrégées, Tableau 3
Figure 16 : Part des systèmes de chauffage du secteur résidentiel (1990-2016)	RNCAN : Base de données nationale sur la consommation d'énergie, Part des systèmes de chauffage du secteur résidentiel
Figure 17 : Consommation d'énergie et intensité énergétique des bâtiments commerciaux selon l'année de construction (2014)	RNCAN : Part des systèmes de chauffage du secteur résidentiel, Enquête sur l'utilisation commerciale et institutionnelle d'énergie, Tableau 18
Figure 18 : Demande d'énergie primaire projetée pour 2030 – AE2007 comparé à AE2018	Office national de l'énergie : Avenir énergétique du Canada en 2007 Office national de l'énergie : Avenir énergétique du Canada en 2018
Figure 19 : Demande d'énergie primaire – Scénarios dans AE2007 comparés aux données historiques (2005-2017)	Office national de l'énergie : Avenir énergétique du Canada en 2007 Office national de l'énergie : Avenir énergétique du Canada en 2018

Figure 20 : Intensité de la demande d'énergie primaire – Scénario de référence dans AE2018 (2005-2040)	Office national de l'énergie : Avenir énergétique du Canada en 2018
Figure 21 : Consommation et intensité des combustibles fossiles – Scénario de référence comparé au scénario des avancées technologiques dans AE2018	Office national de l'énergie : Avenir énergétique du Canada en 2018
Figure 22 : Trajectoires de réduction des émissions au Canada	Calculs de l'Office

