

# Perspectives énergétiques canadiennes

— 2018 —

*horizon 2050*

*Résumé*



Modélisation



Soutien financier



## Analyse et rédaction

Institut de l'énergie Trottier - Polytechnique Montréal

- Simon Langlois-Bertrand, Ph. D.
- Normand Mousseau, Ph. D.
- Louis Beaumier, M. Sc. A.

Pôle e3 – HEC Montréal

- Olivier Bahn, Ph. D.

## Modélisation

ESMIA Consultants inc.

- Kathleen Vaillancourt, Ph. D.

## Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier la Fondation familiale Trottier pour son soutien financier ayant permis la réalisation de ce rapport, ainsi que son appui à diverses initiatives antérieures liées à l'énergie et aux changements climatiques, dont certaines ont directement inspiré le présent travail.

## Note aux lecteurs

Ce rapport n'engage que la responsabilité des auteurs. Toutes les précautions raisonnables ont été prises pour vérifier la fiabilité du matériel dans cette publication. Ni les auteurs, ni aucune personne agissant en leur nom ne peuvent être tenus pour responsable de l'utilisation qui découlerait de ces informations.

## Référence à citer

Langlois-Bertrand Simon, Vaillancourt Kathleen, Bahn Olivier, Beaumier Louis, Mousseau Normand, 2018. Perspectives énergétiques canadiennes. Institut de l'énergie Trottier et Pôle e3  
[En ligne] <http://iet.polymtl.ca/perspectives-energetiques/> (page consultée le jour/mois/année).

## À propos de l'Institut de l'énergie Trottier (IET)

Créé en 2013, grâce à un don généreux de la Fondation familiale Trottier, l'IET a pour but d'aider à former une nouvelle génération d'ingénieurs et de scientifiques qui comprennent les enjeux énergétiques, de soutenir la recherche de solutions durables pour aider à accomplir la transition qui s'impose et de contribuer à la diffusion des connaissances et aux débats sur les questions énergétiques.

Basé à Polytechnique Montréal, l'IET rassemble des professeurs-chercheurs de HEC, de Polytechnique et de l'Université de Montréal. Cette diversité d'expertises permet la formation d'équipes de travail transdisciplinaires, condition essentielle à la compréhension systémique des enjeux énergétiques dans le contexte de lutte aux changements climatiques.

## À propos du Pôle e3

Pôle e3 est une plateforme multidisciplinaire dont le mandat est d'identifier et de transférer connaissances et meilleures pratiques en gestion de l'énergie à divers publics. Ce mandat repose sur plusieurs axes stratégiques, en particulier l'étude des meilleures pratiques en efficacité énergétique au sein des entreprises, et la réalisation d'analyses économiques pour appréhender les différents enjeux liés à la production et à la consommation d'énergie.

Basé à HEC Montréal, le Pôle e3 s'appuie non seulement sur les ressources académiques de l'École, mais développe aussi des partenariats avec diverses organisations pour mener à bien sa mission. Il se veut également un lieu de réseautage où universitaires et praticiens peuvent partager leurs connaissances et apprendre les uns des autres.

## À propos de ESMIA

ESMIA offre une solide expertise dans le développement et l'application de modèles d'optimisation 3E "Énergie-Économie-Environnement" pour la prise de décisions stratégiques aux échelles locale, régionale, nationale et mondiale. Spécialisés dans le développement de modèles énergétiques intégrés, les consultants ESMIA fournissent depuis 15 ans une gamme complète de services aux clients désirant développer leur propre modèle ou se familiariser avec des modèles existants. Ils ont participé au développement de nombreux modèles pour le compte de prestigieuses organisations publiques et privées à travers le monde. Les consultants ESMIA offrent également leurs services-conseils pour l'analyse de problématiques énergétiques complexes à long terme, dont la transition énergétique vers une économie faible en carbone, l'impact des technologies émergentes et les politiques climatiques. ESMIA bénéficie à cet effet de son propre modèle nord-américain.

L'énergie est au cœur du développement économique depuis le début de la révolution industrielle. Elle soutient les secteurs des ressources naturelles, de l'agriculture, de l'industrie et de l'industrie manufacturière et fournit les services essentiels au chauffage des bâtiments ainsi qu'au transport des personnes et des marchandises. Elle permet ainsi le fonctionnement efficace de la société dans son ensemble.

L'exploitation compétitive des combustibles fossiles non conventionnels, la réduction rapide du coût des sources d'énergie renouvelables intermittentes et les efforts mondiaux pour réduire les émissions de GES – dont plus de 80 % sont produits par le secteur de l'énergie au Canada – donnent aux questions énergétiques une importance qu'elles n'avaient pas connue depuis les crises pétrolières des années 1970. Tenter de répondre à ces questions permet de mieux comprendre l'incidence des développements actuels et futurs sur l'avenir du Canada et contribue à éclairer la prise de décisions en matière de politique et d'investissement.

## Les présentes Perspectives énergétiques

Pendant une trentaine d'années, Ressources naturelles Canada a publié des *Perspectives énergétiques* qui tentaient d'examiner l'impact des conditions liées à l'énergie, actuelles et prévues, sur l'avenir du pays. Cette tradition a été abandonnée il y a 12 ans, en 2006, soit deux ans avant que le gaz et le pétrole de schiste n'ébranlent le marché énergétique nord-américain et mondial. Parallèlement, depuis 1967, l'Office national de l'énergie (ONE) publie dans le cadre de la réalisation de son propre mandat un rapport intitulé *Avenir énergétique du Canada* qui est historiquement axé sur l'offre et la distribution d'énergie. Cependant, dans son dernier rapport, publié en 2017, l'Office examine pour la première fois l'impact de la tarification du carbone sur la demande. Quelques initiatives sans but lucratif se sont également penchées sur l'avenir du Canada. Le Projet Trottier

pour l'avenir énergétique (PTAE)<sup>1</sup>, publié en 2016, s'est intéressé à l'impact de divers scénarios de réduction des émissions de GES à l'horizon 2050. Récemment, en mai 2018, David Hughes, appuyé par le Parkland Institute et le Centre canadien de politiques alternatives, a proposé une analyse de la situation actuelle du Canada en matière d'énergie et de réduction des émissions de GES<sup>2</sup>.

**Les questions énergétiques revêtent une importance qu'elles n'avaient pas connue depuis les crises pétrolières des années 1970.**

Les présentes Perspectives énergétiques complètent et élargissent la portée de ces efforts. Elles adoptent une forme traditionnelle : en comparant quatre scénarios de réduction des émissions de GES avec un scénario de référence, elles projettent la production et la consommation d'énergie du Canada dans les prochaines décennies en fonction du scénario de l'ONE basé sur la demande. Ces scénarios, analysés à l'aide du modèle énergétique nord-américain TIMES (NATEM)<sup>3</sup>, sont les suivants :

*Le scénario du statu quo ou scénario de référence (BAU)*: ce scénario présente des résultats n'utilisant pas d'objectifs de réduction des émissions de GES. Il correspond au scénario de référence utilisé dans la publication *Avenir énergétique du Canada* en 2017 de l'ONE et n'impose aucune contrainte additionnelle en termes de réduction des émissions de GES.

*Le scénario provincial (PRO)*: ce scénario de réduction des émissions de GES impose des objectifs provinciaux propres à chaque province – quand ceux-ci existent. Il donne une idée de l'évolution des émissions de GES du pays si le leadership provincial était le facteur dominant, sans ou avec peu d'implication du gouvernement fédéral.

*Le scénario fédéral assorti d'achats sur le marché international du carbone (FIM)*: ce scénario de réduction des émissions de GES impose les objectifs 2030 et 2050 fixés par le gouvernement fédéral, qui visent respectivement des réductions de 30 %

<sup>1</sup> <http://iet.polymtl.ca/tefp>

<sup>2</sup> <https://energyoutlook.ca>

<sup>3</sup> NATEM est un modèle d'optimisation des systèmes énergétiques mis en œuvre par ESMIA Consultants Inc. Il utilise le générateur de modèles intégré MARKAL-EFOM (TIMES), développé et distribué par le Programme d'analyse des systèmes de technologie énergétique (ETSAP) de l'Agence internationale de l'énergie (AIE), qui est utilisé par des institutions dans près de 70 pays.

et de 80 % par rapport aux niveaux de 2005. Dans ce scénario, 25 % de ces réductions proviennent d'achats effectués sur le marché international du carbone, tel que suggéré dans la 7<sup>e</sup> communication nationale sur les changements climatiques et 3<sup>e</sup> rapport biennal du Canada, soumis à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques. Ce scénario s'appuie sur le plan et les projections du gouvernement fédéral actuel pour 2030, en plus de les étendre jusqu'en 2050.

*Le scénario fédéral (FED):* ce scénario de réduction des émissions de GES utilise les mêmes objectifs nationaux pour 2030 et 2050 que le scénario FIM (soit des réductions de 30 % et 80 % par rapport aux niveaux de 2005), mais toutes les réductions doivent être réalisées au sur le territoire canadien, c'est-à-dire sans la possibilité d'acheter des crédits à l'étranger. Comme le scénario FIM, il place le cadre fédéral de réduction des émissions de GES au centre du scénario, mais il montre les efforts qu'il faudrait consentir pour atteindre ces objectifs sans l'aide d'autorités législatives étrangères.

*Le scénario des 80 pourcent (80P):* ce dernier scénario est le plus exigeant en termes de réduction des émissions de GES. Il vise en effet une réduction de 80 % d'ici 2050, mais par rapport aux niveaux de 1990, ce qui correspond à une réduction de 83 % par rapport à 2005. Il fournit une perspective permettant d'établir une comparaison avec le Protocole de Kyoto, dans lequel les niveaux de 1990 ont servi de référence pour l'établissement des objectifs de la plupart des parties (voir Protocole de Kyoto de la CCNUCC).

Ces scénarios nous permettent de :

- Identifier les possibles trajectoires à suivre permettant d'atteindre les objectifs à moyen et long terme en matière de réduction des émissions de GES.
- Assurer que les différences entre les provinces fassent l'objet de discussions détaillées en ce qui concerne ces trajectoires à suivre.
- Accorder une attention particulière au secteur des transports, en faisant évoluer la demande de différentes façons, car le problème de la réduction des émissions de GES de ce secteur et

la difficulté à transformer son profil énergétique vont de pair.

## La situation actuelle

Le système énergétique du Canada se distingue de celui des autres pays du monde. En ce qui concerne la production, le Canada est l'un des principaux producteurs (6<sup>e</sup>) et exportateurs net (5<sup>e</sup>) d'énergie au monde, ces activités représentant près de 7 % du produit intérieur brut (PIB) du pays.

**Le Canada est le 6<sup>e</sup> producteur et 5<sup>e</sup> exportateur net d'énergie au monde. Le secteur énergétique compte pour près de 7 % de son PIB.**

Le Canada se distingue également par sa consommation globale d'énergie, ce qui lui vaut son 8<sup>e</sup> rang au monde dans ce domaine. Les profils de consommation diffèrent entre les provinces, notamment en ce qui concerne la part occupée par le secteur industriel, alors que les secteurs résidentiel, commercial et des transports présentent de plus grandes similitudes.

En 2015, 81 % de la production d'électricité au Canada était assurée par des sources à faible émission de carbone (15 % provenant du nucléaire, 60 % de l'hydroélectricité, 4 % de l'énergie éolienne, 2 % de la biomasse et 0,5 % de l'énergie solaire). À l'exception du Brésil, seuls des pays beaucoup plus petits, en termes de population et de territoire, présentent une part plus importante de sources d'énergie renouvelables dans la production d'électricité.

Étant donné l'importance de la production d'énergie et les hauts niveaux de consommation du Canada, le système énergétique canadien joue, dans l'ensemble, un rôle de premier plan dans l'économie du pays. Les différences qui existent entre les profils énergétiques des provinces constituent un élément essentiel de ce portrait.

Cette particularité crée des tendances nationales fortes, telles que l'importance primordiale du pétrole dans le secteur des transports; des liens étroits avec les États-Unis en tant que principal client des

exportations d'énergie; et la consommation d'énergie prépondérante des secteurs de l'industrie et des transports dans presque toutes les provinces.

Plusieurs événements ont contribué à redéfinir les problèmes liés à l'énergie au cours de l'année écoulée. En particulier, le développement des oléoducs s'est poursuivi grâce à l'avancement de plusieurs projets, non sans susciter d'importants débats; la mise en œuvre d'initiatives de tarification du carbone a continué d'évoluer dans certaines régions du pays malgré une opposition importante de la Saskatchewan à laquelle s'est ralliée l'Ontario, récemment; et la production d'uranium a été affectée par la suspension des activités d'extraction sur plusieurs sites.

Enfin, Ressources naturelles Canada, l'organisme responsable de la transition énergétique au niveau national, a lancé début 2017 une consultation en ligne. Cette initiative, intitulée *Génération Énergie*, s'est terminée par un grand rassemblement en octobre 2017, à Winnipeg. Bien que la consultation ait été un succès, rejoignant plus de 380 000 Canadiens selon le rapport présenté par le ministre Carr, celle-ci n'a ouvert la voie à aucune action concrète.

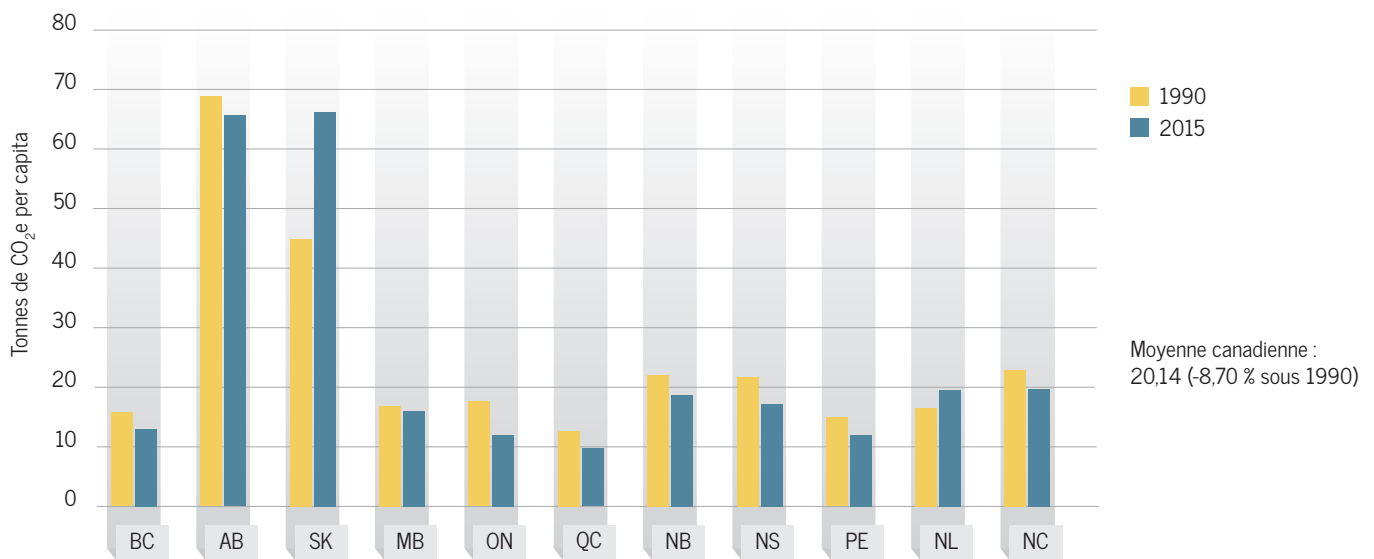
**Les émissions de GES liées à l'énergie, qui constituent 81,3% des émissions totales du Canada, ont diminué dans certains secteurs, tels que l'électricité et la production de chaleur. Ces diminutions ont été plus que compensées par des augmentations dans le transport et les secteurs pétrolier et gazier plus particulièrement.**

## Les émissions de GES liées à l'énergie

Les émissions de GES liées à l'énergie représentent 81,3% des émissions totales de GES du Canada. Alors que les émissions totales ont augmenté de 18% entre 1990 et 2015, les émissions liées à l'énergie ont augmenté plus rapidement, progressant de 21,6%.

Bien que certains secteurs d'activité, tels que la production d'électricité et de chaleur, aient vu leurs émissions réduire, ces réductions ont été plus que compensées par les augmentations survenues principalement dans le secteur des transports ainsi que dans les secteurs pétrolier et gazier par les activités d'extraction et de raffinage.

Figure 1 – Évolution des émissions de GES par habitant au Canada



Note: NC représente le Nord Canadien, soit le Yukon, les Territoires du Nord-Ouest et le Nunavut

L'importance de l'évolution du secteur industriel, et en particulier de la production de pétrole et de gaz, explique en grande partie l'écart considérable qui existe entre les émissions par habitant de l'Alberta et de la Saskatchewan d'une part, et celles de toutes les autres provinces d'autre part (figure 1). Une consommation plus élevée par habitant pour le secteur des transports ainsi qu'une plus grande utilisation des combustibles fossiles pour la production d'électricité contribuent également à cet écart.

## Aperçu des stratégies de réduction des émissions de GES

À l'instar d'une grande partie du reste du monde, les provinces et le gouvernement fédéral ont adopté divers objectifs, cibles et stratégies en matière de réduction des émissions de GES. Ceux-ci reflètent une diversité d'approches et d'ambitions, ce qui souligne le défi que représente l'établissement d'un programme national cohérent.

Figure 2 – La consommation d'énergie finale par source

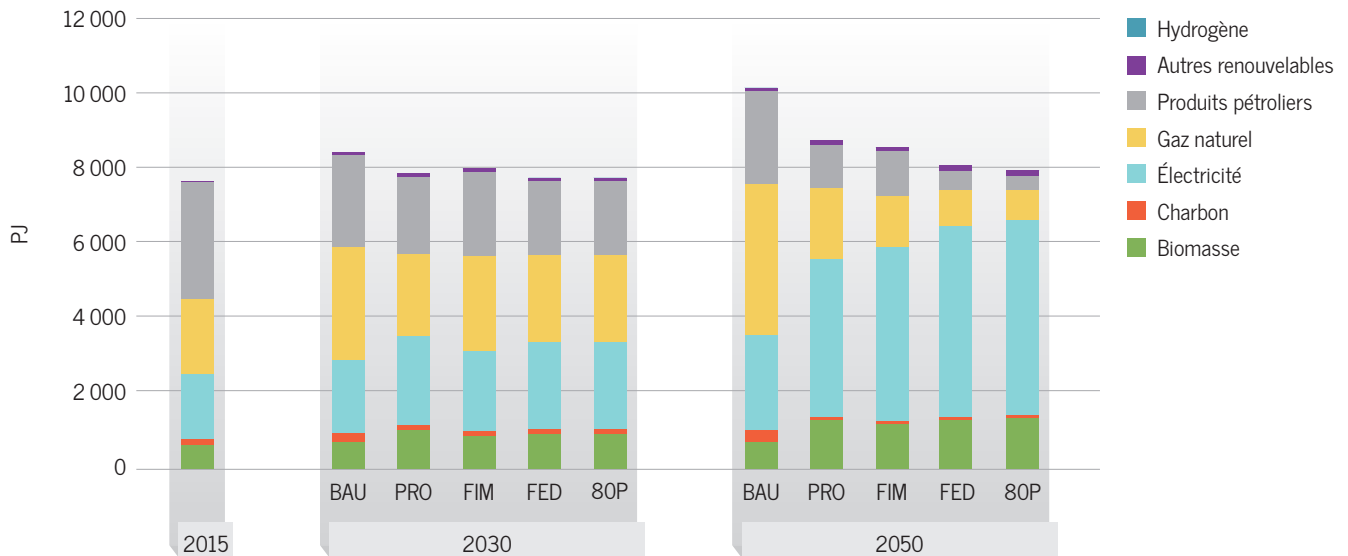
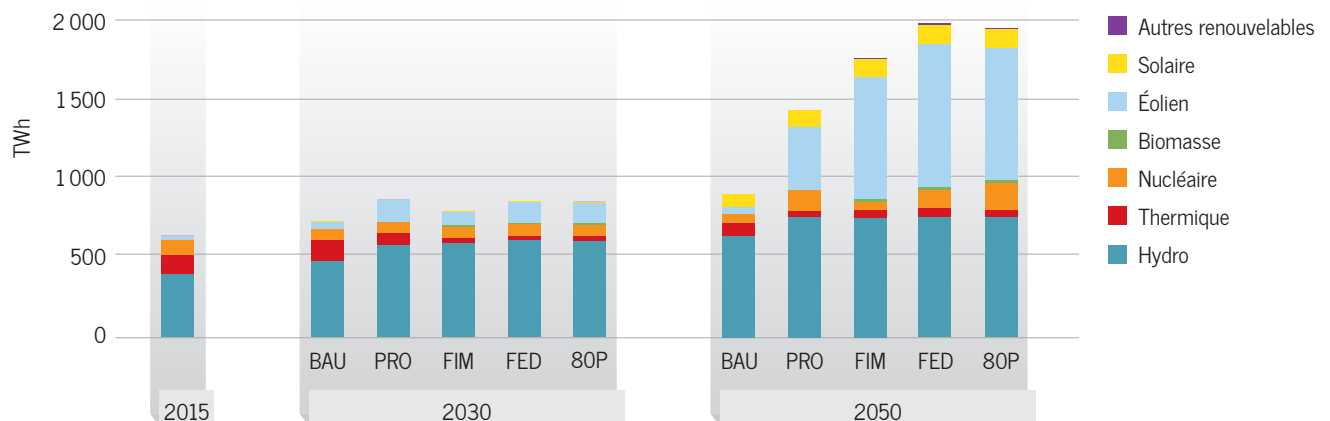


Figure 3 – Production d'électricité par source



Une majorité de provinces ont maintenant adopté un objectif à moyen terme, qui définit une cible de réduction des émissions de GES et/ou de production d'énergie renouvelable, et précisé une vision à long terme (2050) de réduction des émissions de GES. L'élaboration de ces stratégies a connu une nette accélération depuis 2016, soit après la signature par le Canada de l'Accord de Paris et l'annonce du Cadre pancanadien sur la croissance propre et les changements climatiques. En plus de ce cadre, le gouvernement du Canada a adopté l'Approche pancanadienne pour une tarification de la pollution par le carbone, une mesure qui donne aux provinces la souplesse nécessaire pour mettre en place un système explicite fondé sur une tarification (p. ex. une taxe ou un droit sur le carbone), ou encore un système de plafonnement et d'échange, tout en offrant un mécanisme de protection permettant d'assurer une tarification minimum sur le carbone à travers le pays.

Le gouvernement canadien a également présenté d'autres plans, notamment l'abandon progressif de l'utilisation du charbon pour la production d'électricité, une Norme sur les combustibles propres visant à réduire l'empreinte carbone des carburants utilisés pour le transport et une Stratégie fédérale de développement durable.

Un examen plus approfondi des programmes fédéraux et provinciaux soulève de nombreuses et importantes mises en garde face à cette prolifération de plans d'action et de stratégies :

- En général, les détails sur la manière dont les objectifs annoncés seront atteints, ceci comprenant les coûts, les technologies et les moyens utilisés, sont insuffisants, voire inexistant.
- De nombreux plans d'action et documents similaires peuvent être annulés par un changement de gouvernement: la décision prise par le gouvernement Ford nouvellement élu en Ontario de retirer la province du système de plafonnement et d'échange illustre la réversibilité de ces politiques, même celles qui ont une base législative plus solide.
- Même si l'ensemble des politiques actuelles est pleinement mis en œuvre et fonctionne comme prévu, le Canada ne sera pas en

mesure d'atteindre son objectif de réduction des émissions de GES d'ici 2030, celles-ci demeurant 30% supérieures à l'objectif fixé, tel qu'indiqué dans la 7<sup>e</sup> communication nationale du Canada et le 3<sup>e</sup> rapport biennal récemment soumis à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques.

- Des désaccords entre les provinces et le gouvernement fédéral en ce qui concerne les priorités à respecter compliqueront encore la réalisation des objectifs adoptés dans les différentes régions du Canada.

## Répondre à la demande d'énergie tout en réduisant les émissions de GES

Comme l'illustre la figure 2, l'évolution de la demande totale d'énergie au Canada, telle que calculée par le modèle NATEM, est largement indépendante des divers scénarios de réduction des émissions de GES et n'augmente que légèrement au fil du temps, ce qui constitue un écart important par rapport aux tendances historiques. Cela correspond à une économie qui, pour atteindre les objectifs de réduction des émissions de GES imposés, passe de formes d'énergie moins efficaces (combustibles fossiles) à des formes plus efficaces (l'électricité en particulier) capables de fournir davantage de services pour le même nombre de joules, tout en continuant à améliorer l'efficacité énergétique globale.

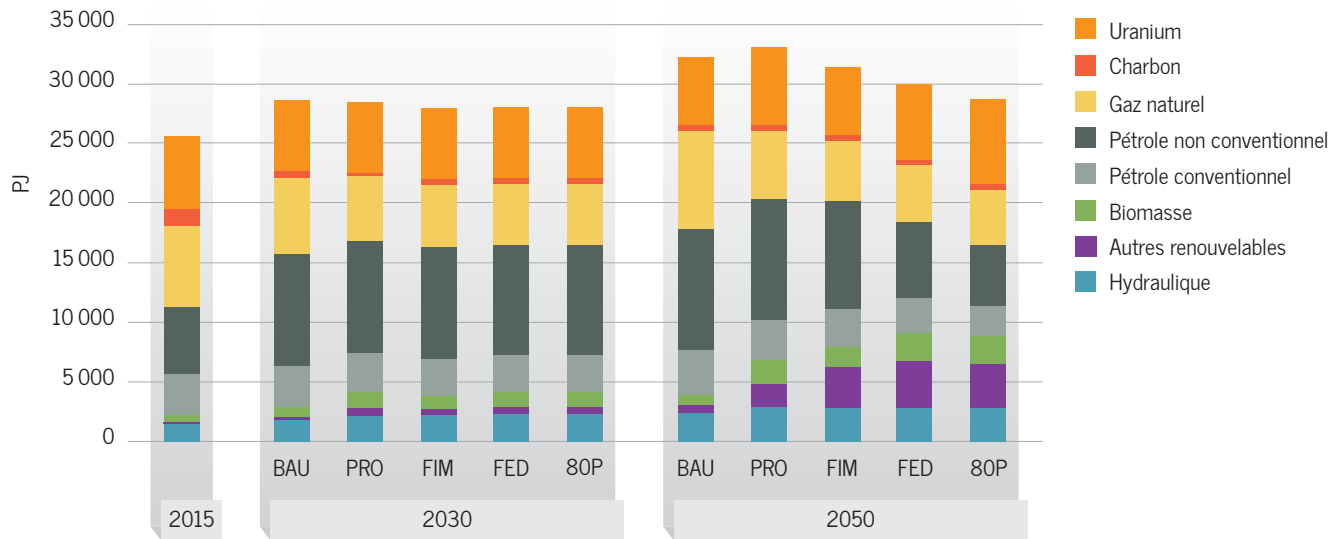
**Même si toutes les politiques fédérales et provinciales actuelles sont pleinement mises en œuvre et fonctionnent comme prévu, le Canada ne sera pas en mesure d'atteindre son objectif de réduction des émissions de GES d'ici 2030, celles-ci demeurant 30% supérieures à l'objectif fixé.**

Ces résultats nous amènent à faire trois observations :

- La demande de produits pétroliers devrait diminuer, même dans le scénario BAU, et ce dès 2030, une tendance peu susceptible



Figure 4 – Production d'énergie primaire



d'être limitée au Canada, même sans une augmentation significative des prix du marché.

- La demande de gaz naturel augmente pour atteindre pratiquement le même niveau dans tous les scénarios de réduction à l'horizon 2030, mais elle diminue dans tous les scénarios pour 2050. Bien qu'elle revienne au niveau de 2015 dans le scénario PRO, elle chute d'au moins 30% dans les autres scénarios et de près de 60% dans le scénario 80P.
- Pour atteindre les objectifs de réduction des émissions de GES les moins rigoureux, l'électricité devra représenter une plus grande part du bouquet énergétique, équivalent à 66% de toute l'énergie consommée d'ici 2050, et être principalement produite à partir de sources n'émettant pas de GES, comme le montre la figure 3.

Au cours des prochaines décennies, le secteur de l'énergie au Canada devrait subir une transformation majeure qui n'empêchera toutefois pas les consommateurs des différents secteurs d'accéder à l'énergie. Le secteur du pétrole et du gaz fera face aux plus importantes difficultés et devrait connaître une réduction significative de la demande, obligeant certaines provinces à reconfigurer leur économie et à recycler leur main d'œuvre. En revanche, répondre à la demande accrue d'électricité entraînera des investissements massifs nécessaires pour produire, distribuer et utiliser cette forme d'énergie.

## La consommation d'énergie par secteur d'activité

Dans les secteurs résidentiel, commercial et agricole, la consommation totale d'énergie n'augmente que légèrement, alors que l'électricité joue un rôle beaucoup plus important dans tous les scénarios de réduction des émissions de GES. Le gaz naturel fournit 45% de la consommation énergétique dans le scénario BAU mais disparaît presque dans le scénario 80P, compensé par l'électricité et la bioénergie.

Les résultats du secteur industriel montrent une augmentation similaire de l'utilisation de l'électricité au détriment du gaz naturel ainsi que du charbon et du coke en 2050. Tous les scénarios présentent clairement une demande énergétique globale inférieure à celle du scénario BAU en 2050, ce qui illustre l'importance de l'efficacité énergétique, directe et indirecte, obtenue principalement grâce à l'électrification. Pour effectuer des gains importants dans ce secteur, il sera nécessaire de réaliser des percées en matière de nouvelles technologies et de processus novateurs, sans qu'il soit facilement possible d'évaluer les coûts de ces innovations.

Le secteur des transports présente la plus importante variation en ce qui concerne la demande d'énergie, et ce, dans tous les scénarios. En effet, en 2050, la demande d'énergie de ce secteur diminue fortement dans tous les scénarios de réduction

des émissions de GES. Cette réduction résulte davantage des gains d'efficacité énergétique obtenus grâce à l'utilisation accrue de moteurs électriques au lieu de moteurs à combustion interne, plutôt que d'une diminution de la demande de transport.

Le chauffage des locaux représente plus de la moitié de la demande énergétique finale dans les secteurs commercial et résidentiel, et celle-ci est actuellement largement assurée par les systèmes de distribution de gaz naturel. Dans les scénarios de réduction les plus exigeants d'ici 2050, nous observons cependant une forte augmentation des systèmes de chauffage électrique, ainsi qu'une élimination quasi complète de toute alternative, y compris du gaz naturel.

## L'évolution de la production d'énergie

Étant donné que le Canada est un important producteur et exportateur d'énergie, sa production d'énergie sera affectée par l'évolution de la demande et des contraintes relatives à la réduction des émissions de GES. Tous les secteurs ne seront pas touchés de la même manière : certains devront réduire leur production, tandis que d'autres connaîtront une croissance importante. Cette croissance différera d'une province à l'autre.

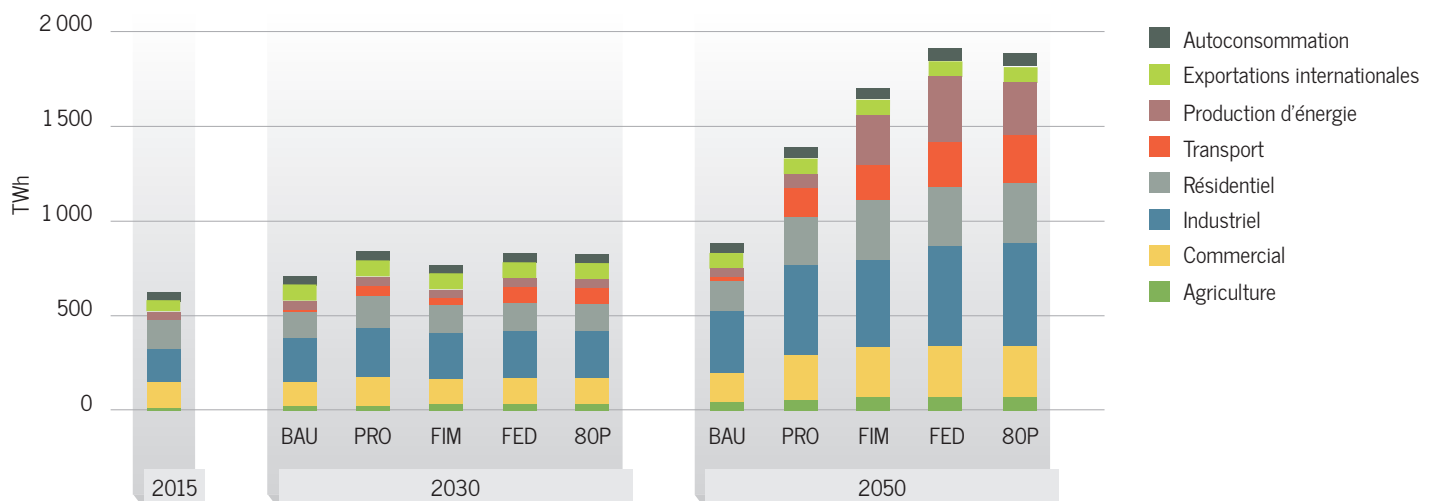
**Le secteur de l'énergie au Canada devrait subir une transformation majeure qui n'empêchera toutefois pas les consommateurs des différents secteurs d'accéder aux services énergétiques.**

La production totale d'énergie (figure 4) devrait augmenter légèrement au cours des prochaines décennies selon tous les scénarios, principalement en raison de l'augmentation de la production de pétrole non conventionnel à court terme et, dans les scénarios de réduction des émissions de GES, de la production de biomasse à long terme.

**Pour 2050, l'objectif fédéral en matière de réduction des émissions de GES impose un plafonnement de la production de pétrole autour des niveaux actuels et une réduction d'un tiers l'extraction de gaz naturel.**

Le Canada devrait demeurer un important producteur de combustibles fossiles. Sa production devrait augmenter de 5 à 15 % d'ici 2030, cette croissance provenant des sables bitumineux, alors que la production de charbon et de gaz naturel est appelée à diminuer. Pour 2050, l'objectif fédéral en matière de réduction des émissions de GES impose une diminution de la production de combustibles fossiles, principalement par le plafonnement du pétrole autour des niveaux de production actuels, tout en réduisant d'un tiers l'extraction de gaz naturel.

Figure 5 – Consommation d'électricité par secteur



Cela laisse place à une production considérable de combustibles fossiles, même dans le scénario de réduction le plus strict, allant de 12 000 PJ (scénario 80P) à 19 000 PJ (scénario PRO), soit respectivement 22,5% en dessous des niveaux de production actuels et 21,5% au-dessus. En pourcentage, les combustibles fossiles représentent 70% de l'énergie primaire dans le scénario BAU et 45% dans le scénario de réduction le plus ambitieux (80P).

La production d'énergie renouvelable connaît une croissance importante dans la plupart des scénarios. De 2 200 PJ en 2015, la production totale d'énergie renouvelable pourrait atteindre 3 900 PJ (scénario BAU), voire même 9 000 PJ (scénarios FIM, FED et 80P).

La production à partir de biomasse devrait être multipliée par trois dans tous les scénarios de réduction des émissions de GES d'ici 2050, en particulier dans le secteur des transports. En fait, compte tenu de la chute rapide du prix de l'électricité renouvelable intermittente, la bioénergie devrait jouer, en dehors de ce secteur, un rôle moins important que prévu il y a quelques années dans la transition énergétique.

## Le commerce de l'énergie

Le Canada est considéré comme un exportateur majeur d'énergie, car une part importante de l'énergie qu'il produit (près de 60%) est destinée aux marchés étrangers, principalement aux États-Unis.

Bien que la consommation nationale de combustibles fossiles varie considérablement entre les scénarios, les exportations de charbon, de gaz et de pétrole ne sont que légèrement affectées, le modèle NATEM choisissant par hypothèse de laisser le reste du monde continuer sur la même trajectoire, indépendamment des choix du Canada. Si le reste du monde suit une trajectoire similaire à celle promise par le Canada, avec des réductions significatives d'émission de GES partout sur la planète, la demande internationale de produits pétroliers et gaziers chutera, affectant directement les exportations énergétiques du Canada.

Les importations d'énergie diminuent sensiblement dans les scénarios de réduction en 2050, en raison de l'élimination presque totale des importations de gaz naturel. Bien que les importations de pétrole brut soient moins importantes en 2050, les importations de produits pétroliers augmentent dans les différents scénarios. Cela suggère qu'une partie des efforts visant à réduire les émissions de GES au Canada dans les scénarios exigeants consistera à déplacer les émissions des raffineries de pétrole à l'étranger (principalement aux États-Unis).

## Impact au niveau provincial

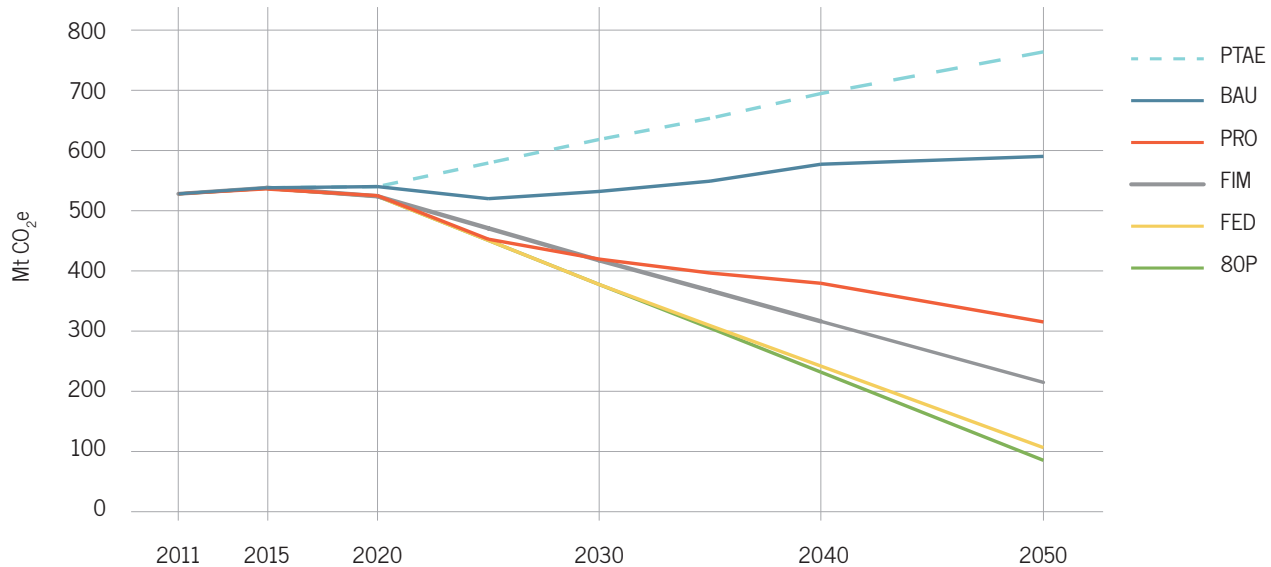
L'évolution de la plupart des provinces est fortement dépendante de leur gamme actuelle de sources de production d'énergie et de leur dotation en ressources, des facteurs qui demeurent importants malgré les changements considérables prévus dans tous les scénarios pour 2050.

**Si les réductions d'émission de GES promises se produisaient partout dans le monde, la demande internationale de produits pétroliers et gaziers chuterait, affectant directement les exportations énergétiques du Canada.**

L'augmentation de la production d'électricité renouvelable (hydraulique, solaire et éolienne) s'observe principalement au Nouveau-Brunswick, en Nouvelle-Écosse, en Ontario, au Québec et à l'Île-du-Prince-Édouard, où elle sert à remplacer la production actuelle d'électricité thermique et à répondre à la plus grande demande d'électricité. La production de biomasse augmente également, la plus grande part provenant de l'Ontario et du Manitoba.

Dans tous les scénarios pour 2050, l'importance de la production de combustibles fossiles suit également des profils provinciaux distincts. Les quantités produites en Alberta et en Saskatchewan demeurent considérables en 2050, même s'il existe des différences entre les scénarios. Les scénarios les plus exigeants prévoient, en particulier, la production de quantités beaucoup plus faibles de pétrole non conventionnel en Alberta. La situation est différente pour la production pétrolière de Terre-Neuve-et-Labrador et, dans une moindre mesure, celle de gaz

Figure 6 – Émissions de GES liées à l'énergie



Note : la ligne PTAE reproduit les coûts marginaux de réduction établis pour le scénario 8a du Projet Trottier pour l'avenir énergétique (PTAE), qui entraîne une réduction de 70% des émissions de GES par rapport à 1990 d'ici 2050.

naturel de la Colombie-Britannique, qui devraient toutes les deux diminuer considérablement d'ici 2050. Les prévisions des divers scénarios pour ces deux provinces présentent une différence frappante qui démontre l'effet des objectifs de réduction des émissions de GES à long terme sur les secteurs de production d'énergie à fortes émissions.

Étant donné que la production d'énergie est distribuée de manière beaucoup plus inégale à travers le pays, nombre des provinces actuellement pauvres en énergie bénéficieront de la transition énergétique. Toutefois, les provinces fortement tributaires de la production de combustibles fossiles, telles que l'Alberta, Terre-Neuve-et-Labrador et la Saskatchewan, devront diversifier leur économie, surtout si la demande mondiale pour leurs produits faiblit.

## Le rôle important joué par l'électricité

La production actuelle d'électricité au Canada repose principalement sur l'hydroélectricité et l'énergie nucléaire, ce qui en fait l'un des pays de l'OCDE ayant les plus faibles émissions de GES par kWh produit. Au cours des prochaines décennies, la transformation du système énergétique du Canada

entraînera une augmentation de sa production globale d'électricité. La plus grande partie de cette augmentation aura lieu après 2030, allant de 124% (scénario PRO) à 209% (scénario FED) d'ici 2050.

Dans une perspective technologique, les principales tendances nationales observées sont les suivantes :

- Avec son importante capacité de charge de base flexible et ses réservoirs hydroélectriques considérables, le Canada n'aura pas à installer autant de capacité de production d'énergie renouvelable que les autres pays.
- La production éolienne devient dominante au cours des trois prochaines décennies dans tous les scénarios, sauf le scénario BAU, passant de 27 TWh aujourd'hui à entre 405 et 918 TWh, surpassant ainsi l'hydroélectricité; 43% de toute l'électricité produite pourrait provenir des infrastructures de production d'énergie éolienne, qui représenteraient alors 46% de la puissance totale installée.
- Tous les scénarios prévoient une augmentation de la production hydroélectrique en 2050. Bien que cette technologie soit réalisable d'un point de vue économique, elle suscite une opposition considérable, tant auprès des communautés directement touchées par les barrages et les

inondations que du grand public. Pour limiter les nouveaux aménagements hydroélectriques tout en maintenant les objectifs de réduction des émissions de GES, il sera nécessaire d'accélérer le développement d'autres sources d'énergie à faible teneur en carbone ou de réduire la demande.

**Avec son importante capacité de charge de base flexible et ses réservoirs hydroélectriques considérables, le Canada n'aura pas à installer autant de capacité de production d'énergie renouvelable que les autres pays.**

**La production éolienne pourrait tout de même représenter 43% de l'électricité générée, grâce à un facteur d'utilisation plus élevé qu'ailleurs.**

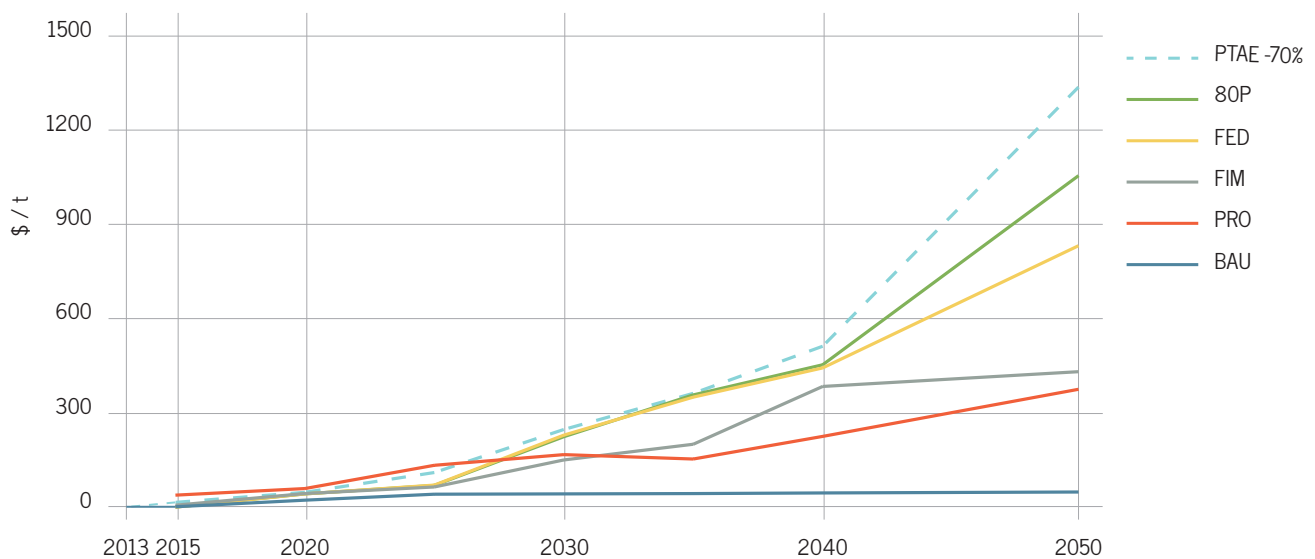
- Bien que tous les scénarios montrent une baisse de l'importance de l'énergie nucléaire en 2030, la production augmentera probablement en termes absolus en 2050. En proportion de la production totale d'électricité, l'énergie nucléaire devrait néanmoins passer des 15% qu'elle représente actuellement à une proportion de 3% à 9% selon les divers scénarios.
- L'énergie photovoltaïque ne devrait représenter qu'une fraction relativement faible de la production totale d'électricité en 2030, mais devrait prendre de l'importance dans les décennies à venir, dépassant le nucléaire dans tous les scénarios sauf le scénario PRO, tout en restant bien en dessous de 10% de la production totale.
- Malgré leur rôle actuel en Saskatchewan, les technologies de captage et de stockage du

carbone (CSC) n'apparaissent pas dans nos scénarios en raison de leur coût considérable et de l'incertitude entourant leur développement.

- Le rôle de l'auto-production dans le processus d'électrification n'est toujours pas défini à l'heure actuelle. Les scénarios présentés ici manquent d'informations pour rendre compte de cet aspect.

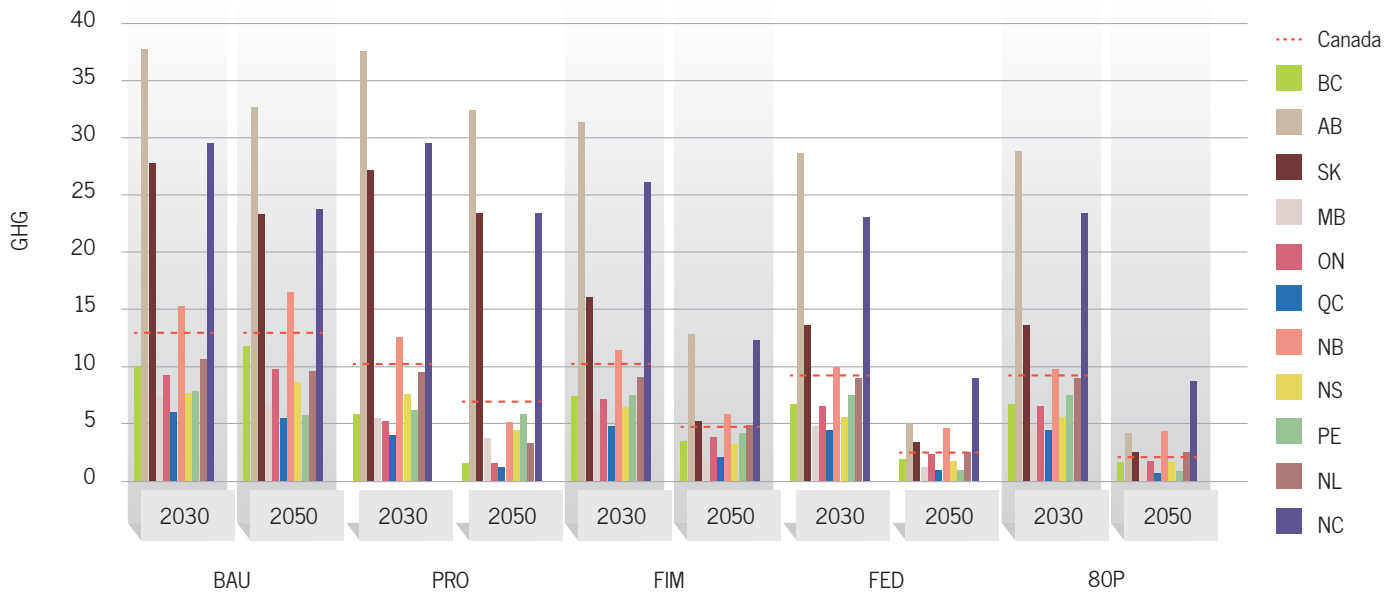
La transformation de la production d'électricité relève avant tout de la compétence des provinces; les différences importantes qui existent entre elles découlent des choix historiques qu'elles ont faits et de leur accès aux ressources naturelles locales. Bien que ces différences soient appelées à perdurer, tous les scénarios montrent que, dans toutes les provinces, la nouvelle production électrique proviendra principalement des énergies renouvelables:

**Figure 7 – Coûts marginaux de réduction**



Note : la ligne PTAE reproduit les coûts marginaux de réduction établis pour le scénario 8a du Projet Trottier pour l'avenir énergétique (PTAE), qui entraîne une réduction de 70% des émissions de GES par rapport à 1990 d'ici 2050.

Figure 8 – Émissions de GES liées à l'énergie par province



Note: en raison de l'absence d'objectifs provinciaux et territoriaux, la courbe du scénario BAU pour l'Alberta, la Saskatchewan et le Nord du Canada est identique à celle du scénario PRO. Les lignes horizontales indiquent les émissions canadiennes par habitant.

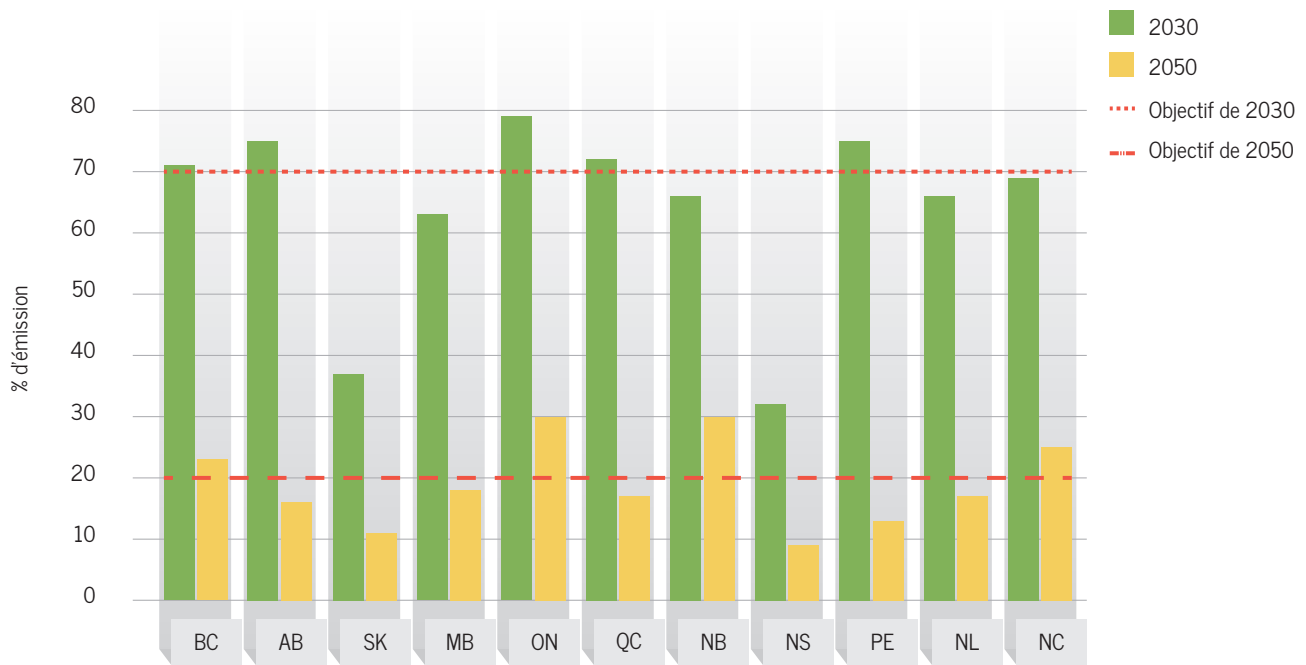
- Comme la demande d'électricité devrait tripler d'ici 2050 dans presque tous les scénarios de réduction des émissions de GES, la plupart des provinces dans lesquelles les sources thermiques jouent un rôle prédominant assisteront à une modification importante de leur production, en raison principalement de la production massive d'énergie éolienne d'ici 2050.
- Les provinces qui produisent de l'électricité à faible teneur en carbone continueront dans cette voie tout en augmentant leur production. Au Manitoba et à Terre-Neuve-et-Labrador, la nouvelle production d'électricité prévue pour 2050 est encore presque exclusivement issue de l'hydroélectricité, contrairement à la Colombie-Britannique et au Québec, où elle provient principalement de l'énergie éolienne.
- Bien que sa production actuelle soit négligeable, le Nord du Canada devrait devenir un important producteur d'électricité, passant de 1 TWh à entre 70 TWh et 115 TWh d'ici 2050. La majeure partie de cette électricité proviendra de centrales hydroélectriques et d'éoliennes et servira à répondre à la demande dans les provinces voisines.

**Une utilisation accrue de l'électricité nécessitera la mise au point de nouveaux outils, équipements et infrastructures, créant des opportunités considérables de développement et d'innovation.**

Même si la demande totale d'énergie reste presque constante dans tous les scénarios de réduction d'ici 2050, la demande d'électricité doublera au moins au cours de la même période et pourrait presque tripler dans les scénarios les plus exigeants. Ce passage à l'électricité nécessitera la mise au point de nouveaux outils, équipements et infrastructures, créant des opportunités considérables de développement et d'innovation. La figure 5 illustre clairement la transformation énergétique substantielle que l'économie canadienne doit subir pour atteindre ses objectifs de réduction des émissions de GES.

**À moins que le Canada ne clarifie la voie qu'il entend privilégier, il sera difficile pour les investisseurs d'évaluer le coût des différentes options qui s'offrent à eux et de prendre les décisions les plus rentables à court et à long terme.**

Figure 9 – Pourcentages provinciaux d'émissions par rapport à 2015 pour le scénario FED



Cette transformation touchera tous les secteurs à différents niveaux : l'électrification du chauffage des locaux peut être réalisée à un coût relativement abordable avec des technologies bien établies, tandis que l'industrie lourde, en particulier l'exploitation minière et l'extraction de pétrole et de gaz, qui dépend actuellement presque exclusivement des combustibles fossiles, devra s'adapter et développer des technologies de production capables de fournir une énergie durable de grande puissance dans les régions éloignées où elle poursuit ses activités.

Compte tenu de l'ampleur de l'électrification des systèmes énergétiques du Canada, il ne sera pas possible d'attendre 2040 avant de prendre des mesures pour s'y préparer. Cependant, à moins que le Canada ne clarifie la voie qu'il entend privilégier, il sera difficile pour les investisseurs d'évaluer avec précision le coût des différentes options qui s'offrent à eux et de prendre les décisions les plus rentables à court et à long terme.

## L'impact des scénarios de réduction sur les émissions de GES

La figure 6 présente les résultats relatifs aux émissions de GES liées à l'énergie au Canada pour les cinq scénarios sélectionnés. Les émissions provenant des déchets agricoles et des processus industriels ne sont pas prises en compte dans cet aperçu et ne sont pas incluses dans les résultats présentés ci-dessous; les émissions fugitives sont également exclues de l'analyse qui suit.

Les politiques déjà en place sont à peine suffisantes pour maintenir les émissions à peu près constantes jusqu'en 2030 et, sans l'adoption de mesures supplémentaires, les émissions augmenteront même de près de 10 % entre 2030 et 2050. Pourtant, elles constituent un changement significatif par rapport à un scénario de référence similaire produit en 2016 dans le cadre du PTAE. Cela reflète non seulement un changement dans les prévisions de l'Office national de l'énergie, mais aussi l'ajout récent de plusieurs politiques fédérales et provinciales visant à réduire les émissions de GES.

D'autres observations méritent d'être mentionnées :

- L'absence d'objectif pour 2050 dans certaines provinces (notamment l'Alberta et la Saskatchewan) signifie que les objectifs provinciaux entraînent des réductions plus faibles des émissions pour cet horizon prévisionnel que tous les objectifs fédéraux, ce qui laisse le Canada à mi-chemin de la réalisation de l'objectif international de réduction de 80% des émissions de GES dans les économies développées d'ici 2050.
- Les trois scénarios de réduction fédéraux, qui présentent des émissions relativement constantes, suggèrent que les objectifs fixés pour 2030 sont en continuité avec la trajectoire des projections élaborées pour 2050.
- L'écart important qui existe entre les scénarios fédéraux et provinciaux en ce qui concerne les émissions de GES en 2050 suggère qu'il sera probablement politiquement difficile, d'un point de vue purement fédéral, d'imposer des réductions supplémentaires à celles déjà prévues au niveau provincial.
- La différence entre les scénarios FIM et FED est due à l'achat de droits d'émission sur un marché externe (actuellement la Californie) pour une quantité correspondant à 25% des objectifs de réduction des émissions de GES. Cela exige que la Californie dépasse son propre objectif de réduction de 40% et élève celui-ci à 55%.

## Le coût de la réduction des émissions de GES

La figure 7 présente les coûts marginaux de réduction prévus dans les différents scénarios. Pour le scénario PRO, le chiffre indique le coût marginal moyen permettant à chaque province d'atteindre son objectif respectif. Pour les scénarios FIM, FED et 80P<sup>4</sup>, il indique le coût marginal canadien (en tenant compte des objectifs de réduction des émissions de GES imposés au niveau national).

Bien que ces coûts marginaux puissent sembler élevés, une mise en contexte plus large suggère le contraire :

- Le scénario présentant l'objectif le moins ambitieux (PRO) conduit à des coûts marginaux deux fois moins élevés que celui présentant l'objectif le plus ambitieux (FED); cela indique qu'il existe un ensemble considérable d'actions significatives susceptibles d'être entreprises entre 150 \$/t et 225 \$/t d'ici 2030 et entre 375 \$/t et 830 \$/t d'ici 2050.
- Le coût marginal pour 2050 dans le scénario le plus strict (80P) est nettement inférieur à celui évalué il y a seulement quelques années dans le cadre du PTAE (1 400 \$/t) pour un scénario moins ambitieux (- 70% par rapport à 1990 d'ici 2050, scénario 8a), ce qui suggère que les coûts marginaux associés à la décarbonation profonde diminuent rapidement.

Ces observations indiquent à la fois à quel point des changements technologiques rapides peuvent modifier le coût de la transition énergétique et comment le Canada pourrait agir rapidement pour s'assurer de bénéficier de ces changements technologiques et d'y contribuer.

## Les émissions au niveau provincial

Les différents scénarios soulignent le fossé profond qui existe entre les cibles et les objectifs des gouvernements provinciaux et fédéral. Selon le scénario, la réduction des émissions de GES aura des répercussions diverses sur les provinces (figure 8).

**Acheter jusqu'à 25% des réductions d'émission sur un marché international permet aux plus grandes provinces industrielles de conserver des niveaux d'émission plus élevés; cela exige toutefois que la Californie dépasse son propre objectif de réduction de 40% et élève celui-ci à 55%.**

<sup>4</sup> Selon les scénarios FIM, FED et 80P, chaque province aura le même coût marginal de réduction (qui serait l'équivalent ici d'une taxe fédérale sur le carbone imposée dans chaque province), mais atteindra des niveaux de réduction différenciés (en pourcentage, sur la base notamment des options de réduction disponibles dans chaque province).



Comme prévu, les objectifs les plus stricts affectent concrètement toutes les provinces. La variation des coûts marginaux entre les économies des diverses provinces explique toutefois les différences observées entre celles-ci en ce qui concerne les réductions réalisées d'ici 2030 en vue d'atteindre les objectifs nationaux. D'ici 2050 cependant, l'importance des objectifs est telle que de profonds changements doivent être apportés à l'économie à l'échelle du pays; presque toutes les réductions provinciales doivent alors correspondre aux objectifs nationaux.

Réduire les objectifs nationaux en autorisant l'achat d'un maximum de 25% des réductions d'émission sur un marché international permet principalement aux plus grandes provinces industrielles (Colombie-Britannique, Alberta, Ontario et Québec) de conserver des niveaux d'émission plus élevés, alors qu'une telle mesure a beaucoup moins d'impact en Saskatchewan, au Manitoba ainsi que dans les Maritimes et le Nord du Canada.

Nous pouvons également comparer la réduction des émissions dans chaque province par rapport aux objectifs nationaux (figure 9), ce qui permet de mesurer indirectement le coût relatif de la réduction des émissions pour chaque économie. Pour 2030, les réductions auraient lieu de manière disproportionnée en Saskatchewan et en Nouvelle-Écosse. Pour 2050, contrairement à ce qui est prévu par les objectifs provinciaux, la Colombie-Britannique, l'Ontario, le Nouveau-Brunswick et le Nord du Canada réduiraient leurs émissions en deçà de l'objectif fédéral, en raison des coûts de réduction plus élevés dans ces provinces, notamment plus élevés qu'en Alberta.

## Les émissions par secteur

Le fait de considérer la réduction des émissions par secteur amène à faire un certain nombre d'observations:

- Même en l'absence de contraintes sur les émissions de GES (scénario BAU):
  - Les émissions provenant de la production d'électricité devraient diminuer en raison, entre autres, de la fermeture prévue des

centrales au charbon et de la baisse du prix de l'électricité générée à partir de sources renouvelables;

**Les coûts marginaux associés à une décarbonisation profonde diminuent rapidement et des changements technologiques rapides peuvent les réduire davantage; en agissant rapidement, le Canada pourrait contribuer de manière plus importante à ces changements technologiques et maximiser les bénéfices possibles.**

- L'industrie et les secteurs de la production d'énergie seront responsables de la majeure partie de l'augmentation des émissions de GES: les émissions du secteur industriel doubleront entre 2015 et 2050, et celles du secteur de la production d'énergie augmenteront de 30% pour représenter 50% de toutes les émissions liées à l'énergie.
- Les scénarios les plus stricts (FED et 80P) impliquent un système électrique presque entièrement décarbonisé d'ici 2030, ce qui laisse plus de temps au reste de l'économie pour se décarboniser.
- Bien que les transports devraient diminuer légèrement leurs émissions d'ici 2030, en raison des normes actuelles d'efficacité énergétique, cette réduction ne durera qu'une dizaine d'années environ: en l'absence de réglementations plus strictes, les émissions augmenteront encore de 12% entre 2030 et 2050.
- En raison de son importance, le secteur des transports doit être abordé sur le long terme. Néanmoins, il doit commencer à se transformer immédiatement afin d'effectuer la réduction de 32% de ses émissions nécessaire à l'atteinte de l'objectif fédéral pour 2030.
- Étant donné que les objectifs provinciaux n'affectent que très peu la structure du secteur de la production d'énergie, y compris les sables bitumineux et la production d'électricité, la transformation doit se concentrer sur la consommation d'énergie.

- L'industrie semble être plus difficile à transformer car elle conserve 60 % de ses émissions actuelles de GES, même dans le scénario le plus strict (80P).

Même si le coût des technologies de production et de consommation d'énergie diminue, les secteurs des transports, du chauffage et de l'industrie ont besoin de beaucoup de temps, et de davantage de recherche, pour effectuer leur transformation. Il est important que ces secteurs fournissent des objectifs et des programmes à long terme. Il est également nécessaire de soutenir la recherche et les industries capables de planifier leurs investissements à long terme en matière de personnel et de technologies.

## Intégrer les transformations planifiées au niveau provincial dans un mouvement national

Une analyse différenciée de l'impact qu'ont les différents scénarios au niveau provincial souligne la nécessité d'identifier clairement les transformations à mettre en œuvre, tant au niveau régional que national.

Au Canada, le gouvernement fédéral dispose de pistes prometteuses pour faciliter la coopération en ce qui concerne les défis touchant plusieurs provinces, notamment le chauffage, les transports et la gestion de la demande interprovinciale d'électricité.

Étant donné que le gouvernement fédéral a compétence sur les voies aériennes, les chemins de fer et les voies navigables, il peut jouer un rôle de premier plan pour encourager l'adoption de modes de transport à faibles émissions de carbone pour le transport des personnes et des marchandises. De même, bien que la production d'électricité soit de compétence provinciale, le transport interprovincial d'électricité relève du gouvernement fédéral. Un plan national visant à soutenir l'écologisation du réseau électrique, grâce à la planification et au soutien des interconnexions interprovinciales, contribuerait grandement à favoriser le développement d'un secteur de production d'électricité vert plus solide sur lequel le reste de la transition énergétique pourrait s'appuyer.

## Observations par province

La transition énergétique affectera chaque province et territoire de manière unique.

La **Colombie-Britannique** voit ses émissions de GES augmenter de façon significative dans le scénario BAU, soit de plus de 10 % d'ici 2030 et même de 43 % d'ici 2050, principalement en raison de la croissance de son secteur gazier. Par conséquent, la province ne pourrait pas atteindre son objectif de réduction des émissions. Si elle veut protéger sa production de gaz, alors que sa production d'électricité est déjà largement décarbonisée, elle devra cibler rapidement et énergiquement les émissions provenant des secteurs des transports et du chauffage des locaux. Cependant, d'ici 2035-2040, il sera impossible pour la province d'atteindre les objectifs nationaux ou provinciaux, à moins de trouver des moyens de réduire considérablement les émissions de GES de son secteur gazier. En fait, les coûts marginaux prévus dans le scénario PRO sont supérieurs à la moyenne nationale, ce qui suggère que la Colombie-Britannique bénéficierait clairement d'une intégration nationale des objectifs. En termes de production d'énergie, outre le gaz, le scénario BAU affiche une légère croissance des énergies renouvelables intermittentes. Les scénarios de réduction des émissions de GES prévoient une croissance significative de la bioénergie qui pourrait augmenter de 63 % et représenter plus de 25 % de la consommation d'énergie de la province d'ici 2050.

**L'écart important qui existe entre les scénarios fédéraux et provinciaux en ce qui concerne les émissions de GES en 2050 suggère qu'il sera probablement politiquement difficile, d'un point de vue purement fédéral, d'imposer des réductions supplémentaires à celles déjà prévues au niveau provincial.**

**Malgré tout, le gouvernement fédéral dispose de pistes prometteuses pour faciliter la coopération en ce qui concerne les défis touchant plusieurs provinces, notamment le chauffage, les transports et la gestion de la demande interprovinciale d'électricité.**

La consommation d'énergie du secteur pétrolier et gazier de l'**Alberta** représente plus de la moitié de

la consommation finale d'énergie de la province. Selon le scénario BAU, les émissions de GES de l'Alberta liées à l'énergie devraient rester à peu près constantes jusqu'en 2050, à environ 200 Mt d'équivalent CO<sub>2</sub>, ce qui représente près des deux tiers des émissions actuelles du Canada, et davantage si les autres provinces atteignent leurs propres objectifs. Les trois scénarios comportant des objectifs nationaux (FIM, FED et 80P) proposent une voie très différente dans laquelle les émissions de GES diminuent de 10% à 30% en 2030 et de près de 85% en 2050. Bien que ces prévisions maintiennent un niveau élevé d'émissions par habitant, elles sont conformes à la proposition actuelle de réduction des émissions de GES du Canada. Ces prévisions ne peuvent toutefois être réalisées que grâce à la capture du carbone, aux transformations technologiques – qui affectent les coûts – et/ou par une diminution importante de la production. Si les scénarios FIM, FED et 80P reflètent ce qui se produira réellement à l'échelle planétaire, il est probable que le prix mondial des combustibles fossiles diminuera, ce qui réduira l'importance de ce secteur en Alberta et poussera la province à accélérer sa transformation industrielle et économique. Si le reste du monde augmentait sa demande, il serait très difficile pour l'Alberta et le Canada d'atteindre leurs objectifs en matière d'émissions, car une considérable pression s'exercerait sur eux pour assurer la production.

La **Saskatchewan** présente un profil de production distinct en raison de l'importance prépondérante de ses ressources en uranium. Elle est aussi un important producteur de pétrole conventionnel. Les scénarios BAU et PRO prévoient une réduction de 12 Mt d'équivalent CO<sub>2</sub> en 2030 par rapport à 2015, découlant en grande partie de la fermeture des centrales au charbon conformément aux exigences fédérales (environ 8-9 Mt d'équivalent CO<sub>2</sub>). Le reste de la réduction de 2 à 5 Mt d'équivalent CO<sub>2</sub> provient essentiellement du secteur de la production d'énergie. Les autres secteurs ne sont que très peu touchés, une situation qui perdure pour 2050 où les deux scénarios prévoient même une légère augmentation des émissions. D'ici 2050, les scénarios FIM, FED et 80P exigent que tous les secteurs aient presque complètement éliminé leurs émissions, sauf le secteur de l'agriculture et celui de la production pétrolière et gazière, alors que ce dernier et l'industrie devraient avoir réduit leurs émissions

de 60% à 75% par rapport à 2015. Le secteur agricole pourrait ne connaître aucun changement. La Saskatchewan, comme l'Alberta, est l'une des provinces qui présente la plus grande différence entre son propre objectif et l'objectif national.

La production d'énergie du **Manitoba** est dominée par l'hydroélectricité, à laquelle s'ajoute une petite production de pétrole et de gaz. Le système énergétique de la province est donc à la fois simple et difficile à transformer, même si l'objectif provincial exprime une volonté de réduire les émissions de GES. Le scénario BAU indique une croissance significative de la production d'énergie primaire, laquelle est toutefois associée à un niveau d'émissions de GES relativement constant pour les 30 prochaines années en raison de la forte proportion d'énergie renouvelable au sein de cette production. Bien que l'objectif du scénario PRO vise à réduire les émissions de GES de 50% d'ici 2050 par rapport à 2005, ce qui constitue une réduction nettement inférieure à l'objectif national de 80%, celui-ci obligerait néanmoins l'économie du Manitoba à subir une forte décarbonisation. Les scénarios FIM, FED et 80P imposent des transformations plus profondes, principalement dans les secteurs du chauffage des locaux et de l'agriculture, ceci afin de permettre l'utilisation de combustibles fossiles dans les secteurs industriel et des transports.

Le profil de l'**Ontario** montre un écart flagrant entre la production et la consommation d'énergie primaire, étant donné que, dans tous les scénarios, la majeure partie de l'énergie consommée provient de l'extérieur de la province. Cela est vrai même dans les scénarios les plus exigeants pour 2050 qui prévoient que la production à partir des énergies renouvelables fera plus que doubler. Les objectifs provinciaux sont plus ambitieux que les objectifs fédéraux actuels pour 2030 (FED) et les niveaux du scénario 80P. Cependant, les objectifs les plus exigeants ne seront atteints qu'à un coût relativement élevé s'ils ne sont réalisés qu'au sein de la province : en effet, le coût marginal de réduction pour le scénario PRO est de 1 085 \$/t d'ici 2050, ce qui est bien au-dessus du coût marginal du scénario FED canadien de 800 \$/t, et égal aux 1 055 \$/t du scénario 80P, qui correspond au même objectif. L'Ontario est la seule province à voir sa production d'électricité diminuer d'ici 2030 dans les scénarios de réduction nationaux (FIM, FED et 80P),

car elle se tourne vers les provinces voisines pour importer de l'électricité produite à partir de sources moins chères. Cependant, sa production d'électricité devrait croître après 2030, alors que la demande augmentera pour compenser l'utilisation fortement réduite des combustibles fossiles, et pourrait à peu près doubler d'ici 2050.

L'énergie produite par le **Québec** devrait continuer de provenir à 100% de sources renouvelables. Alors que dans le scénario BAU, la croissance de la production est lente et dominée par l'hydroélectricité, les scénarios de réduction des émissions de GES enregistrent une croissance notable des autres énergies renouvelables, d'environ 15% d'ici 2030, et dépassant 50% d'ici 2050. Même si 47% de la consommation d'énergie du Québec est déjà décarbonisée, les émissions du Québec devraient diminuer légèrement davantage que la moyenne nationale pour les scénarios FED et 80P d'ici 2050 (respectivement de 83% et de 87%), ce qui suggère que la décarbonisation du Québec est un objectif relativement facile à atteindre. En outre, certaines réductions pourraient même être réalisées à un coût moindre, grâce à des achats sur le marché du carbone de la Californie, ce qui réduirait encore les transformations réelles à effectuer au niveau local (scénario FIM). Comme en Ontario, tous les secteurs devront contribuer à l'atteinte des objectifs de réduction des émissions de GES à l'horizon 2030, sauf pour le scénario FIM, dans lequel la majeure partie de la réduction provient des crédits achetés. Cependant, d'ici 2050, tout le chauffage des locaux et la plupart des activités agricoles devront être réalisés en produisant peu d'émissions de carbone, alors que seuls les secteurs de l'industrie, du raffinage du pétrole et des transports seront autorisés à produire quelques émissions.

La majeure partie de la production d'énergie primaire du **Nouveau-Brunswick** repose sur des sources d'énergie renouvelables. Cependant, selon les prévisions, celles-ci sont insuffisantes pour répondre à la demande, même si les scénarios de réduction des émissions de GES suggèrent que cette production sera principalement assurée par l'énergie éolienne et solaire. Entre 2005 et 2016, le Nouveau-Brunswick a réduit ses émissions de GES de 24%, soit de 5% par rapport à 1990. Sans la mise en œuvre de nouveaux programmes bien structurés, le scénario BAU constate toutefois une légère augmentation des émissions de GES

au fil du temps, principalement liée à la demande énergétique de l'industrie. En 2030, la réduction des émissions de GES est plus importante dans le cadre du régime de réduction fédéral que dans le scénario PRO, car même le scénario FIM prévoit une réduction supplémentaire de 1 Mt d'équivalent CO<sub>2</sub> par rapport au scénario PRO. Cet écart se réduit considérablement en 2050, car les objectifs du Nouveau-Brunswick sont alors conformes à ceux des scénarios FED et 80P. Si, dans tous les scénarios, l'électricité devrait être le premier secteur à se décarboniser, l'agriculture et le chauffage des locaux suivent de près, comme dans la plupart des autres provinces, tandis que les transports prennent plus de temps à se transformer de manière significative. Le scénario PRO entraîne des coûts marginaux relativement faibles pour la réduction des émissions de GES de 36 \$/t en 2030 et de 650 \$/t en 2050, bien en dessous des niveaux nationaux du scénario FED, ce qui suggère qu'il devrait être relativement facile pour le Nouveau-Brunswick de fonctionner dans le cadre d'un objectif de réduction national sans que cela affecte sa production de pétrole conventionnel.

**Il semble raisonnable d'envisager que le transport des passagers en 2050 sera très similaire à ce que l'on connaît aujourd'hui, si ce n'est la prédominance des véhicules zéro émission.**

La **Nouvelle-Écosse** est l'une des seules provinces dont les émissions de référence (scénario BAU) diminuent de façon significative au cours des prochaines années, soit de plus de la moitié d'ici 2030, alors que ses centrales au charbon doivent être fermées ou, du moins, utilisées de façon plus modérée. La province est donc en avance sur son propre plan et devrait être très près de réaliser l'objectif national (scénario FED) en 2030. Toutefois, à moins que de nouvelles mesures ne soient mises en place, aucun autre gain n'est prévu pour la province. En conséquence, les émissions à plus long terme devraient demeurer bien au-delà des objectifs les plus stricts pour 2050, lesquels exigeraient des émissions totales d'environ 1,5 Mt d'équivalent CO<sub>2</sub> en deçà des objectifs fédéraux, d'environ 6 Mt d'équivalent CO<sub>2</sub> en deçà des prévisions du scénario BAU et de 2,4 Mt d'équivalent CO<sub>2</sub> en deçà des objectifs provinciaux (scénario PRO). À l'instar du Nouveau-Brunswick, les objectifs de la

province pour 2050 sont relativement proches des objectifs fédéraux, bien que leur coût marginal dans le scénario PRO soit de 244 \$/t, soit nettement inférieur au coût marginal de réduction moyen prévu au niveau national. Cela suggère que la Nouvelle-Écosse compte sur un certain nombre d'options de réduction particulièrement avantageuses.

## **L'Île-du-Prince-Édouard a adopté un plan très ambitieux visant à décarboniser son économie.**

Elle possède déjà une production d'électricité décarbonisée, soutenue en partie, il faut le dire, par l'électricité produite par ses voisins dans des centrales nucléaires et au charbon. Cela permet au scénario BAU de la province de montrer une réduction presque constante des émissions de GES jusqu'en 2050. De plus, l'absence d'objectif à long terme se traduit par un accord complet entre les scénarios PRO et BAU en ce qui concerne le niveau d'émissions pour 2050. Ce niveau est cependant considérablement plus élevé que l'objectif du gouvernement fédéral pour 2050, ce qui signifie que des efforts supplémentaires devront être déployés pour atteindre les objectifs fédéraux de réduction des émissions de GES. Comme l'activité industrielle est faible, la transition énergétique touchera principalement les secteurs des transports et du chauffage des locaux. Les émissions de ces deux secteurs seront largement réduites, en proportion égale d'ici 2030, et les combustibles fossiles seront totalement éliminés d'ici 2050 dans les scénarios les plus exigeants.

**Terre-Neuve-et-Labrador** est un important producteur d'énergie qui exporte massivement du pétrole et de l'hydroélectricité. Au cours des prochaines décennies, alors que l'électricité provenant de Muskrat Falls deviendra disponible et que la production de pétrole et de gaz diminuera, tous les scénarios prévoient qu'une part croissante de la production d'énergie proviendra de sources renouvelables. Cela conduira à une diminution notable des émissions de GES à l'horizon 2030, celles-ci baissant de 22% dans le scénario BAU et de 30% à 34% dans les trois autres scénarios. Pour les scénarios BAU et PRO, la diminution de la production pétrolière est responsable de près de la moitié de la réduction des émissions de GES. D'ici 2050, tous les scénarios s'accordent en gros sur ce point : les seules sources importantes d'émissions de GES devraient être les transports et l'industrie, les autres secteurs étant électrifiés. Les transports

sont le secteur le plus sensible aux objectifs de réduction imposés et les projections concernant ses émissions varient d'un facteur de cinq entre les scénarios 80P et BAU. Pourtant, cet effort est loin d'être impossible : pour des objectifs comparables dans le scénario PRO, et conformément aux objectifs du scénario FED, le NATEM calcule un coût marginal de réduction de 708 \$/t d'ici 2050, soit un coût très semblable à celui du Québec (624 \$/t).

**La transformation du secteur du transport des marchandises exigera des gouvernements qu'ils adoptent une approche ferme et dirigée visant à soutenir le développement de nouvelles technologies et infrastructures. Ces infrastructures exigeant de nouvelles normes, de la planification et des investissements, il est nécessaire de passer rapidement à l'action.**

Le **Nord du Canada**, qui comprend les Territoires du Nord-Ouest, le Nunavut et le Yukon, dépend fortement des combustibles fossiles pour toutes ses activités. Sans objectifs très exigeants, son scénario BAU est similaire au scénario PRO, avec des émissions réelles largement dépendantes des projets d'exploitation minière et d'exploitation des ressources qui seront mis en œuvre au cours de la prochaine décennie. Le respect des objectifs nationaux nécessitera une restructuration importante de la production d'énergie. Pour atteindre les objectifs des scénarios FIM, FED et 80P pour 2050, des efforts importants devront être déployés, notamment dans les secteurs de la production d'électricité, des transports et de l'industrie. Les coûts estimés pour la production d'énergie suggèrent que cette transformation pourrait être avantageuse. En réalité, les territoires pourraient devenir d'importants producteurs et exportateurs d'énergie à faible teneur en carbone dès 2030, notamment dans les scénarios les plus exigeants, avec une production passant d'environ 3 PJ en 2015 à 292 PJ en 2030, et même à 425 PJ en 2050 pour les scénarios FED et 80P, ce qui est comparable aux besoins énergétiques actuels des provinces de l'Atlantique.

## Les défis de la réduction des émissions de GES dans le secteur des transports

La transformation du secteur des transports, qui est essentielle pour pouvoir atteindre les différents objectifs de réduction des émissions de GES, est complexe car elle touche tous les acteurs de la société. Cela explique la raison pour laquelle ce secteur demeure le plus résistant au changement dans le monde.

Le scénario BAU et les quatre scénarios de réduction des émissions de GES supposent que la demande en matière de transport de passagers et de marchandises continuera de croître au rythme actuel. D'ici 2050, la demande devrait augmenter de 26 % pour le transport des passagers, et plus que doubler en ce qui concerne le transport des marchandises. Malgré cette croissance :

- La consommation totale d'énergie liée au transport des passagers diminuera dans tous les scénarios et restera relativement stable, voire diminuera légèrement dans la plupart des scénarios pour le transport des marchandises, et ce, principalement en raison des gains d'efficacité énergétique systémiques résultant de l'adoption de normes de consommation de carburant et, plus encore, de l'électrification.
- Le modèle NATEM parvient à trouver des solutions réalistes pour le secteur des transports, même pour les objectifs de réduction des émissions de GES les plus exigeants; le respect des objectifs fédéraux (scénario FED), par exemple, exige que plus de la moitié des kilomètres parcourus par les passagers en 2050 le soient grâce à l'utilisation d'une énergie propre et que les moteurs à combustion interne soient presque interdits d'ici 2050, soit dans à peine 30 ans; la transformation pourrait être encore plus profonde dans le secteur du transport des marchandises où, pour respecter les objectifs provinciaux ou fédéraux, seulement 20 % de l'énergie utilisée pourrait provenir des combustibles fossiles d'ici 2050.

Bien que ces scénarios puissent sembler exigeants, ils sont conformes à la décision d'un certain nombre de pays, dont la Chine, la France et le Royaume-Uni,

d'interdire les nouvelles ventes de véhicules équipés de moteur à combustion interne d'ici 2040. Il est donc possible d'envisager que le transport des passagers en 2050 sera très similaire à ce que l'on connaît aujourd'hui, si ce n'est la prédominance des véhicules zéro émission.

La transformation du secteur du transport des marchandises exigera des gouvernements qu'ils adoptent une approche ferme et dirigée visant à soutenir le développement de nouvelles technologies, dont certaines pourraient nécessiter la réalisation d'importantes infrastructures lourdes, telles que des caténaires sur les autoroutes ou l'électrification des chemins de fer. Étant donné que ces infrastructures exigent l'établissement de normes ainsi qu'une planification et des investissements considérables, il est nécessaire de passer rapidement à l'action.

## Un scénario alternatif, basé sur les transports, prenant en compte une réduction de la demande

Avec la progression rapide des véhicules autonomes, il devient plus facile d'envisager la possibilité d'optimiser la flotte de voitures et de camions ainsi que leur utilisation. Le recours accru aux technologies de l'information permet par exemple de faciliter le covoiturage et l'avènement des véhicules autonomes. Ces derniers peuvent faciliter l'accès à des transports en commun rapides, fréquents et de qualité, capables de desservir des passagers dans des régions plus vastes, même dans des zones à faible densité de population, et d'optimiser le transport des marchandises.

**Une réduction de la demande en transport contribuerait principalement à faire diminuer le coût de la réalisation des objectifs de réduction d'émission de GES, mais se concentrer uniquement sur la demande pourrait ne pas constituer l'approche la plus efficace.**

Comme il est difficile de déterminer quelles technologies s'imposeront, nous nous penchons sur un scénario dans lequel leur principal effet consiste

à réduire fortement la croissance effective des services de transport. Ce scénario présente :

- une courbe de croissance plane pour le transport des passagers, afin de simuler une augmentation de l'autopartage, ce qui se traduit par un nombre réduit de véhicules et l'adoption massive dans les zones urbaines des modes de transport actif ou public;
- une croissance réduite des deux tiers pour le transport des marchandises qui résulterait d'une meilleure gestion et d'un ralentissement de la consommation de biens.

Nous combinons ces changements et analysons les résultats pour les variantes des scénarios BAU et 80P prenant en compte une faible demande (respectivement appelés BAU-faible et 80P-faible).

En ce qui concerne le transport de passagers, la différence en matière de demande énergétique entre la tendance actuelle et les variantes de croissance prenant en compte une faible demande est principalement associée à une réduction de l'utilisation des combustibles fossiles en 2030. D'ici 2050, dans le cas du scénario BAU-faible, la réduction de la demande affecte proportionnellement toutes les sources d'énergie, réduisant légèrement plus l'utilisation des combustibles fossiles (- 23 %) que celle des énergies renouvelables (- 15%), alors que l'importance de la bioénergie reste pratiquement inchangée dans le scénario 80P-faible et que la demande d'électricité diminue de près de 40%.

Le transport de marchandises présente un portrait similaire. D'ici 2030, pour le scénario BAU-faible, la réduction de la demande entraîne principalement une baisse de la consommation de gaz naturel, tandis que pour le scénario 80P-faible, la part de l'électricité diminue plus rapidement. La même tendance s'observe pour 2050 : la demande de gaz naturel devrait être inférieure de 40% dans le scénario BAU-faible par rapport au scénario BAU, et de 35% dans le scénario 80P-faible par rapport au scénario 80P, une réduction similaire à celle de l'électricité dans ce cas, alors que la demande de biocarburants n'est réduite que de 20%.

Pour le scénario BAU-faible, en raison de l'absence de contraintes, la réduction de la demande ne

conduit qu'à une diminution proportionnelle des émissions de GES dans le secteur des transports pour 2030 et 2050, et seulement à des ajustements mineurs dans les autres secteurs. Pour le scénario 80P, qui est limité par les émissions de GES, nous voyons très peu de transferts des gains potentiels d'émissions vers d'autres secteurs; la réduction de la demande sert principalement à faire diminuer les investissements dans le secteur des transports, sans impact sur les émissions de GES d'ici 2030 et d'ici 2050. La réduction de la demande ne conduit donc pas à une baisse des émissions de GES dans ce scénario, mais affecte plutôt les coûts marginaux de réduction, qui passent de 1 055 \$/t à 920 \$/t en 2050 avec une demande de transport réduite. Bien que cette différence soit notable, représentant une réduction de 13% du coût marginal, elle pourrait aussi être facilement surmontée grâce à des améliorations technologiques.

Ainsi, en général, lorsqu'aucune limite n'est imposée sur les émissions de GES, une réduction de la demande fait diminuer celles-ci de manière proportionnelle. Cependant, lorsque des limites strictes sont imposées sur les émissions de GES, la réduction de la demande contribue largement à faire diminuer le coût de la réalisation de ces objectifs, sans affecter les émissions globales. Se concentrer uniquement sur la demande pourrait donc ne pas constituer l'approche la plus efficace pour atteindre des objectifs ambitieux en matière de réduction des émissions de GES.

## Vers l'atteinte des objectifs en matière d'émissions de GES: le défi énergétique

Les diverses voies énergétiques analysées dans le cadre de cet aperçu suggèrent que, même si les objectifs fixés par les différents gouvernements sont plus réalisables que jamais, ceux-ci impliquent des transformations profondes et intenses qui auront une incidence sur tous les Canadiens.

Deux facteurs externes interdépendants pourraient contribuer à accélérer la transition et à réduire ses coûts, comme le montre déjà le scénario de référence :

- Le ralentissement de la croissance de la demande d'énergie dans presque tous les secteurs de l'économie, même avec une population et une économie en croissance;
- Une tendance générale visant à accroître le rôle de l'électricité dans la vie des Canadiens.

Pourtant, des obstacles importants pourraient entraver la transition:

- L'importance de l'industrie pétrolière et gazière. Même si la majeure partie de cette production est destinée à l'exportation, les émissions de GES associées à l'extraction et au transport de ces produits affectent de manière disproportionnée la possibilité pour le Canada d'atteindre ses objectifs. Cependant, alors que le Canada contribue au développement et à l'adoption de technologies à faibles émissions de carbone, la réduction de l'importance du secteur pétrolier et gazier semble plus réalisable.
- L'incompatibilité des objectifs. Il existe une importante incompatibilité entre les objectifs provinciaux et fédéraux, ce qui peut entraîner des tensions entre les différents niveaux de gouvernement et créer de la confusion au sein de l'industrie ainsi que parmi les citoyens et les investisseurs.
- L'incertitude politique. Même si les données scientifiques ne peuvent être contestées, les efforts de réduction des émissions de GES au Canada demeurent fortement tributaires des transitions électorales à court terme, tant au niveau provincial que fédéral, et de la politique américaine. Dans la plupart des provinces, les problèmes liés au changement climatique restent politisés à un niveau qui n'a pas son équivalent dans la plupart des économies développées. Le fossé profond qui existe entre les cibles et objectifs des gouvernements fédéral et provinciaux est susceptible de créer des tensions et d'accroître le coût de la transformation de l'économie canadienne.

## Passer à l'action maintenant

Le changement climatique est un fait avéré, qu'il soit accepté ou non par tous les politiciens et citoyens. De nombreux pays arrivent à mieux intégrer cette réalité que le Canada et en retirent des avantages économiques, présents et futurs, en s'adaptant aux changements, ce qui pourrait leur permettre d'éviter d'avoir à procéder à une réingénierie coûteuse au cours des décennies à venir.

Bien que les présentes Perspectives énergétiques montrent que les objectifs de réduction des émissions de GES sont réalisables, ni les provinces ni le gouvernement fédéral ne sont en voie de les atteindre.

À l'heure actuelle, les avantages à court terme offerts aux citoyens dans le but de soutenir la transition énergétique sont très limités. Pourtant, des expériences réalisées en Allemagne, au Royaume-Uni et en Suède montrent que, pour obtenir un soutien généralisé, il est essentiel que la transition énergétique présente des avantages clairs et concrets pour une grande partie de la société. Cependant, pour atteindre un tel consensus, les Canadiens doivent aller au-delà des débats sur la tarification du carbone et les oléoducs pour plutôt discuter du potentiel de transformation qu'offre la transition énergétique, dont les avantages dépassent le seul impact sur le secteur énergétique. Correctement mise en œuvre, cette transition peut permettre d'assurer une meilleure qualité de vie, notamment de meilleurs emplois, une meilleure santé et un meilleur environnement.

**Les Canadiens doivent plutôt discuter du potentiel de transformation qu'offre la transition énergétique, dont les avantages dépassent le seul impact sur le secteur énergétique.**

Il est temps d'amorcer des discussions plus positives sur cette transition et d'identifier la trajectoire que les Canadiens souhaitent suivre pour relever un enjeu de cette importance.