

DÉFIS ET OPPORTUNITÉS POUR LE CANADA

Transformations pour une réduction majeure des émissions de GES



Sommaire exécutif

PROJET TROTTIER POUR
L'AVENIR ÉNERGÉTIQUE

TROTTIER ENERGY
FUTURES PROJECT



Partenaires du Projet Trottier pour l'avenir énergétique

Avril 2016

Ce projet a été rendu possible grâce au généreux soutien financier de la Fondation familiale Trottier.



THE CANADIAN ACADEMY
OF ENGINEERING

*Leadership in Engineering Advice
for Canada*



L'ACADÉMIE CANADIENNE
DU GÉNIE

*Chef de file en matière d'expertise-conseil
en génie pour le Canada*

L'Académie canadienne du génie
300 - 55, rue Metcalfe
Ottawa, Ontario, K1P 6L5, Canada
Téléphone : (613) 235-9056

www.cae-acg.ca/fr



Fondation
David
Suzuki

LES SOLUTIONS SONT DANS NOTRE NATURE

Fondation David Suzuki
219 - 2211, West 4th Avenue
Vancouver, BC V6K 4S2, Canada
Téléphone : 604-732-4228
ou sans frais au 1-800-453-1533

www.davidsuzuki.ca/fr

Avant-propos

Le Rapport de synthèse 2014 du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) indique qu'en " ... limitant fortement les émissions [de gaz à effet de serre] au cours des prochaines décennies, on pourrait réduire les risques climatiques au XXI^e siècle et au-delà, améliorer les perspectives d'adaptation, réduire les coûts de l'atténuation sur le long terme et aplanir les difficultés afférentes, et privilégier des profils d'évolution favorisant la résilience face au changement climatique dans l'optique du développement durable ".

Le GIEC mentionne par ailleurs dans son rapport qu'il existe de nombreux profils de transformation qui permettent d'atteindre des cibles ambitieuses de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES).

La réduction significative des émissions de GES au Canada représente un défi complexe et différentes combinaisons de profils d'évolution sont possibles pour y parvenir. Afin d'explorer les pistes de solutions possibles, l'objectif visé dans le Projet Trottier pour l'avenir énergétique concerne une réduction des émissions de GES de 80 pour cent d'ici 2050 par rapport à 1990, tout en considérant une réduction de 100 pour cent ou plus d'ici la fin du siècle. L'approche privilégiée est l'analyse des systèmes, à l'aide de deux modèles complémentaires, permettant d'identifier les meilleures façons d'atteindre l'objectif de réduction des émissions issues de la combustion à moindre coût, et ce, pour plusieurs scénarios représentant différents futurs possibles. Cette

approche permet d'identifier les stratégies les moins coûteuses à mettre en place et d'initier une discussion éclairée au sujet des options de réduction des GES les plus pertinentes pour le Canada et au sujet des étapes permettant de réaliser les réductions initiales.

La prise en compte des bénéfices connexes associés à la réduction des émissions de GES, tels que l'amélioration de la santé publique, une meilleure gestion du trafic et les coûts associés au cycle de vie complet des infrastructures, permettrait de rendre encore plus attrayante la dimension économique des divers profils d'évolution étudiés. Cependant, l'évaluation économique des bénéfices indirects et des risques associés à chaque scénario dépassait la portée de ce projet.

Finalement, ce projet est le résultat d'un effort de collaboration entre trois organisations. Ces dernières peuvent avoir des opinions différentes à l'égard de certains profils d'évolution décrits dans ce rapport, mais un consensus existe quant à l'importance de publier les résultats de l'étude dans le but de stimuler un débat éclairé sur la meilleure manière d'atteindre les objectifs internationaux de réduction des GES. Il est nécessaire d'amorcer ces discussions aussi rapidement que possible afin de créer l'avenir que nous désirons.

[La Fondation familiale Trottier](#)

[L'Académie canadienne du génie](#)

[La Fondation David Suzuki](#)

Remerciements

L'initiative et le financement du Projet Trottier pour l'avenir énergétique proviennent de Lorne Trottier, par l'entremise de la Fondation familiale Trottier. Lorne Trottier est ingénieur, entrepreneur et philanthrope. Il est membre de l'Ordre du Canada et membre de l'Académie canadienne du génie. Il est fier d'être Canadien et s'est engagé, avec sa famille, à agir comme catalyseur pour le Canada en assumant un rôle de leadership dans la lutte aux changements climatiques au Canada et dans le monde.

Le projet a été conjointement parrainé par l'Académie canadienne du génie (ACG) et la Fondation David Suzuki (FDS). La direction générale du projet a été assurée par un comité dont les trois membres sont John Leggat (ACG), Peter Robinson (FDS) et Lorne Trottier.

L'équipe de projet, elle, est composée de : Oskar Sigvaldason, chargé de projet et président, SCMS Global; Kathleen Vaillancourt, présidente, ESMIA Consultants; Michael Hoffman, président, whatlf?; Mara Kerry, directrice - science et politique, FDS; Ian Bruce, coordonnateur - science et politique, FDS; et Kevin Goheen, directeur exécutif, ACG. Les autres principaux collaborateurs sont : le professeur Warren Mabee, Université Queens; le professeur émérite Robert Evans, Université de Colombie-Britannique; et Alex Boston, président, Boston Consulting. Le professeur Olivier Bahn de HEC Montréal a été impliqué comme conseiller pour ESMIA Consultants, et le professeur Patrick Condon de l'Université de Colombie-Britannique comme conseiller pour Boston Consulting. Un soutien précieux a été offert par Erik Frenette (ESMIA), Bas Straatman et Shona

Weldon (whatlf?).

Un panel de quatre experts a été constitué pour assurer la qualité du projet. Les membres de ce panel sont : le professeur André Plourde, économiste de l'énergie et doyen de la Faculté des affaires publiques, Université Carleton; John Leggat, ancien sous-ministre adjoint (sciences et technologie), Ministère de la Défense nationale; Ken Ogilvie, consultant en politiques environnementales pour les gouvernements, les entreprises et les organisations environnementales; et le professeur Miguel Anjos, chaire de recherche du Canada sur l'optimisation non linéaire discrète en ingénierie, École Polytechnique de Montréal et GERAD.

Pendant toute la durée du projet, des discussions ont eu lieu et des vérifications ont été effectuées avec des représentants des gouvernements, de l'industrie, d'organisations sans but lucratif et d'universités partout au Canada, dont l'Office national de l'énergie, Ressources naturelles Canada (y compris le Service canadien des forêts), Environnement Canada, Statistique Canada, l'Association canadienne de l'électricité, l'Association canadienne des producteurs pétroliers et Alberta Innovates - solutions énergétiques et environnementales.

Ce rapport a été révisé par l'ACG et la FDS. Pour l'ACG, la révision a été réalisée par le truchement d'une commission présidée par le professeur Douglas Ruth et constituée de Sarah Jane Snook, Eddy Isaacs et le professeur Aniruddha Gole. Pour la FDS, la révision a été réalisée par Miles Richardson et le professeur Peter Victor, membres du conseil d'administration, ainsi que par Peter Robinson et Gideon Forman.

Sommaire exécutif

Le Projet Trottier pour l'avenir énergétique représente une analyse globale et quantitative de l'ingénierie des systèmes énergétiques futurs du Canada, avec un objectif de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) de 80 pour cent d'ici 2050, par rapport à 1990.

L'étude a été réalisée à l'aide de deux modèles quantitatifs détaillés pour quantifier les émissions issues de la combustion et calibrés à partir de données historiques.

Les modèles ont été utilisés pour projeter les émissions canadiennes de GES issues de la combustion à l'horizon 2050 en fonction d'une variété de scénarios, ainsi que d'un ensemble défini de technologies énergétiques pour chaque scénario. Les modèles ont également permis de calculer le « coût marginal » associé aux transformations du système énergétique dans le temps selon chaque scénario, soit le prix du carbone équivalent à chaque période temporelle.

Pour la plupart des scénarios, l'analyse ne tient compte que des technologies actuellement déployées à grande échelle, ainsi que du potentiel d'amélioration de leur performance et de la diminution de leur coût à long terme. De plus, l'analyse prend en compte le concept du système centralisé pour la production et la distribution d'électricité, similaire au paradigme dominant aujourd'hui.

Plusieurs autres technologies émergentes, mais non disponibles à l'échelle commerciale, pourraient apporter une contribution supplémen-

taire à la problématique de la réduction des émissions de GES, mais elles n'ont pas été considérées en raison de données insuffisantes.

La pertinence de ce projet est qu'il présente un aperçu de ce qu'il est possible de réaliser avec les technologies actuellement connues. Malgré le fait que la précision des trajectoires d'émissions soit limitée par l'exactitude des modèles et des hypothèses sous-jacentes, il demeure néanmoins que l'approche analytique par scénario a permis de produire des résultats robustes et d'identifier les meilleurs profils d'évolution, ainsi que les options les plus prometteuses pour réduire les émissions de GES au Canada.

Principaux résultats

Le scénario de réduction le plus ambitieux est celui où la demande mondiale pour les combustibles fossiles à long terme est la plus faible et, conséquemment, où la production et les exportations depuis le Canada sont également les plus faibles. Ce scénario implique une réduction des émissions de GES issues de la combustion d'énergie de 70 pour cent, soit de 425 millions de tonnes (Mt) en 1990 à 128 Mt en 2050. Les résultats montrent une augmentation très importante de l'utilisation d'électricité, de biomasse et de biocarburants.

Ce scénario repose sur la contribution des technologies éprouvées, telles que les centrales conventionnelles pour la production d'électricité hydroélectrique, nucléaire et éolienne, mais également sur la disponibilité de nouvelles technologies encore non

Sommaire exécutif

déployées à l'échelle commerciale, comme la production de biocarburants de deuxième génération, les centrales thermiques au charbon avec capture et stockage du carbone, et les centrales alimentées aux bioénergies avec capture et stockage de carbone. Une autre hypothèse sous-jacente concerne l'existence d'un potentiel de trente gigawatts d'électricité en Colombie-Britannique pouvant être exploité rapidement à l'aide de grandes centrales hydroélectriques. Des réductions d'émissions significatives sont observées dans les cinq secteurs de consommation finale et la production d'électricité est rapidement décarbonisée (en 2030). En 2050, les trois secteurs qui produisent encore une importante quantité d'émissions sont les transports, les industries et la production de combustibles fossiles.

Une évaluation qualitative a été effectuée afin de déterminer le potentiel de réduction des émissions de GES non issues de la combustion. Selon le scénario le plus ambitieux combinant les émissions issues et non issues de la combustion, les émissions totales de GES devraient atteindre 360 Mt en 2050, ce qui est supérieur à l'objectif de 118 Mt. Des émissions nettes négatives pourraient donc être nécessaires pour combler l'écart.

L'adoption d'importantes mesures de conservation d'énergie et d'efficacité énergétique représente des opportunités de réduction significative des émissions de GES à faible coût (et parfois même à coût négatif). Par exemple, les mesures de conservation d'énergie permettent de réduire une importante proportion de la demande future pour le chauffage de l'espace dans le

secteur commercial – jusqu'à 60 pour cent en 2050 selon le scénario (et jusqu'à 40 pour cent dans le secteur résidentiel).

Le travail de modélisation a permis de déterminer le coût marginal de réduction par tonne de CO₂-équivalent en fonction des limites imposées sur les émissions de GES. Ces coûts dépendent évidemment du scénario analysé, mais excèdent habituellement 100 \$ par tonne de CO₂-équivalent dès les premières années pour atteindre plusieurs centaines de dollars par tonne (dollars canadiens de 2011) à plus long terme.

Priorités d'action

Le projet met en évidence les changements qui seront nécessaires du point de vue des infrastructures énergétiques actuelles et futures pour réaliser des réductions d'émissions significatives au Canada. Des profils d'évolution prometteurs pour un avenir faible en carbone sont identifiés. Alors que de nouvelles technologies et d'autres innovations pourront éventuellement permettre d'envisager de nouvelles pistes ou des coûts de réduction plus faibles, les résultats indiquent déjà que des progrès substantiels peuvent être réalisés d'ici 2030 pour réduire les émissions de GES. Les domaines d'intervention clés sont : l'augmentation significative de la production d'électricité, de la biomasse et des biocarburants pour remplacer les combustibles fossiles dans les cinq secteurs de consommation finale, la décarbonisation de la production d'électricité par l'utilisation de sources non émettrices, l'augmentation des échanges d'électricité entre les provinces et les territoires et la mise en œuvre d'un programme global de conservation d'énergie et d'efficac-

ité énergétique. Puisque plusieurs provinces canadiennes, ainsi que le gouvernement fédéral, se sont déjà engagés à mettre en œuvre une politique de tarification du carbone, il est possible qu'une stratégie nationale sur le climat, avec des règlements et des incitatifs au développement de technologies innovantes et aux initiatives de réduction des GES, s'avère déjà à portée de main.

Défis à relever

Un certain nombre de défis fondamentaux sont apparus évidents pendant la réalisation du projet. Si ces défis ne sont pas relevés, il sera particulièrement difficile de parvenir à des réductions significatives des émissions de GES. Des efforts de recherche et d'évaluation, ainsi que des progrès, sont donc nécessaires dans les domaines suivants:

- Le développement et le déploiement des biocarburants de deuxième génération, en particulier pour leur utilisation dans le secteur du transport des marchandises par camions lourds et par trains.
- Une analyse plus approfondie des options de réduction des émissions de GES issues et non issues de la combustion de combustibles fossiles dans le secteur industriel.
- Un programme complet de collecte et d'analyse des données pour évaluer l'ampleur réelle du problème des émissions fugitives et identifier des mesures d'atténuation.
- Un programme de recherche accéléré sur les moyens de réduire les émissions de GES provenant de la production de pétrole et de gaz naturel, de la valorisation et du raffinage, y compris les options de remplacement des combustibles fossiles pour les besoins énergétiques et les changements de procédés.
- La poursuite des travaux pour évaluer dans quelle mesure une meilleure planification urbaine pourrait réduire les coûts globaux associés aux infrastructures et aux émissions de GES correspondantes. Des travaux sont également nécessaires pour évaluer les approches de réduction des GES les plus prometteuses en milieu urbain, telles que le transport en commun, la cogénération, la production d'électricité décentralisée, le chauffage urbain, la production d'énergie à partir de déchets et le stockage d'énergie à l'échelle locale.
- La recherche sur les moyens d'atteindre des émissions nettes négatives de GES, dont la production d'électricité à partir de biomasse avec capture et stockage du carbone, l'utilisation accrue des produits forestiers pour la rétention du carbone dans les bâtiments et la séquestration du carbone grâce au boisement et au reboisement.
- La réalisation de consultations avec les décideurs, les communautés et les Premières Nations pour discuter des profils d'évolution privilégiés.

Conclusions

Le projet présente une analyse novatrice et rigoureuse du potentiel existant pour atteindre des cibles ambitieuses de réduction des émissions canadiennes de GES. L'analyse a permis d'identifier des options de réduction prometteuses et réalisables pour le Canada, ainsi que des profils d'évolution à faibles émissions de GES. Les profils d'évolution à faibles émissions de GES les plus prometteurs et réalisables pour le Canada, ainsi que les options de réduction les moins coûteuses pour atteindre les objectifs, ont pu être identifiés. Les profils d'évolution menant aux réductions les plus ambitieuses sont complexes et impliquent d'importantes mesures de conservation d'énergie et d'efficacité énergétique, une restructuration majeure des infrastructures énergétiques, le déploiement de technologies prometteuses, mais pas encore disponibles à l'échelle commerciale, ainsi que des changements fondamentaux dans la manière dont les gens pensent et consomment l'énergie.

Les différentes options qui doivent être mises en œuvre pour réduire considérablement les émissions de GES (augmentation de la production d'électricité à partir de sources intermittentes, décarbonisation de l'approvisionnement en électricité et augmentation de l'utilisation de la biomasse et des biocarburants) nécessitent que des développements importants aient lieu d'ici 2050 et cela représente un défi énorme.

Les résultats du projet jettent un doute considérable sur la disponibilité des technologies et des infrastructures connexes au moment opportun. Le plus grand défi n'est cependant

pas d'ordre technique ou même économique, mais davantage politique et social/culturel. La réalisation de réductions d'émissions ambitieuses aura un impact sur tous les Canadiens et implique nécessairement des changements dans les modes de vie. Les résultats pointent aussi vers la nécessité de mettre en œuvre une politique de tarification du carbone et d'une réglementation connexe. Les transformations sociales nécessaires à la réduction des émissions de GES de 80 pour cent et plus devront être soutenues par un leadership de tous les secteurs de la société. De plus, les Canadiens devront développer une vision globale et partagée des systèmes énergétiques et des modes de vie à faibles émissions de carbone.

Les résultats de cette analyse peuvent servir de fondement à un dialogue national sur les stratégies nécessaires pour atteindre des cibles ambitieuses de réduction d'émissions de GES. Notre avenir sera façonné par les choix que nous faisons aujourd'hui au sujet de l'utilisation de l'énergie et de la réduction des émissions de GES.

Une discussion transparente peut ainsi mener à des progrès significatifs en ce sens et renforcer l'idée que les divers acteurs du Canada puissent travailler en harmonie à l'échelle nationale et avec les autres nations pour rétablir la santé et la résilience du système climatique planétaire.