



# Trajectoires vers la carboneutralité au Nouveau-Brunswick

Rapport préparé à l'intention du Secrétariat des  
changements climatiques du Nouveau-Brunswick

# Résumé

Le Nouveau-Brunswick et le gouvernement fédéral se sont tous deux fixé l'objectif de produire zéro émission nette d'émissions de gaz à effet de serre (GES) d'ici 2050<sup>1,2</sup>. L'atteinte d'un tel objectif suppose une réduction des émissions le plus près possible de zéro tout en contrebalançant les émissions qui restent par l'élimination du gaz carbonique de l'atmosphère.

La présente étude s'appuie sur les travaux antérieurs relatifs à la carboneutralité réalisés par Navius Research pour le Secrétariat des changements climatiques du Nouveau-Brunswick. Elle cherche essentiellement à

1. prendre en compte l'environnement politique changeant, notamment la publication du Plan de réduction des émissions fédéral et du Plan d'action sur les changements climatiques du Nouveau-Brunswick de 2022;
2. réaliser une évaluation détaillée des options qui s'offrent pour la décarbonisation de l'approvisionnement en électricité au Nouveau-Brunswick;
3. explorer les possibilités de réduction des GES de nature non énergétique dans la province (par exemple, en agriculture et dans les déchets) et d'élimination du gaz carbonique.

## Approche

L'étude emploie le cadre de modélisation gTech-IESD et considère les scénarios qui suivent aux fins de la mise en œuvre de la politique relative aux GES au Nouveau-Brunswick:

- **Scénario du maintien des politiques actuelles.** Ce scénario suppose le maintien des politiques provinciales et fédérales législatives existantes, comme la hausse du prix fédéral sur la pollution par le carbone à 170 \$/t d'émissions de CO<sub>2</sub> d'ici 2030 et le *Règlement sur les combustibles propres*.

---

<sup>1</sup> Gouvernement du Nouveau-Brunswick. *Notre voie vers la décarbonisation et la résilience aux changements climatiques. Plan d'action sur les changements climatiques du Nouveau-Brunswick 2022-2027*, 2022. <https://www2.gnb.ca/content/dam/gnb/Corporate/Promo/climate/plan-daction-sur-les-changements-climatiques.pdf>

<sup>2</sup> Loi canadienne sur la responsabilité en matière de carboneutralité, L.C. 2021, ch. 22. <https://laws-lois.justice.gc.ca/fra/lois/c-19.3/TexteCompleet.html>

- **Scénario du Plan de réduction des émissions (PRE).** Ce scénario inclut, en plus des politiques législatives actuellement en place 1) les politiques annoncées dans le Plan de réduction des émissions fédéral et 2) l'engagement du Nouveau-Brunswick d'installer des petits réacteurs nucléaires modulaires équivalant à 400 MW d'ici 2035.
- **Scénarios de carboneutralité.** Outre les politiques susmentionnées, les aspirations d'atténuation des changements climatiques sont échelonnées de manière que le Nouveau-Brunswick atteigne la carboneutralité d'ici 2050. On entend par *carboneutralité* un contexte dans lequel la production d'émissions à l'intérieur de la province, d'après le suivi du Rapport d'inventaire national, est compensée par des émissions négatives (découlant, par exemple, de l'utilisation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie – UTCATF). Vu l'avancement limité de la recherche sur les solutions naturelles possibles dans la province, la carboneutralité est représentée sous la forme d'une réduction des émissions modélisées à trois niveaux différents – <1 Mt, 2 Mt et 5 Mt d'émissions de CO<sub>2</sub> en 2050 – supposant une compensation de ces émissions résiduelles.

## Perspectives s'offrant aux décideurs politiques

La présente étude évoque huit perspectives clés à l'intention des décideurs politiques souhaitant décarboniser l'économie du Nouveau-Brunswick.

### 1. Les émissions du Nouveau-Brunswick diminuent de 4,6 Mt d'ici 2050 en vertu du scénario du PRE.

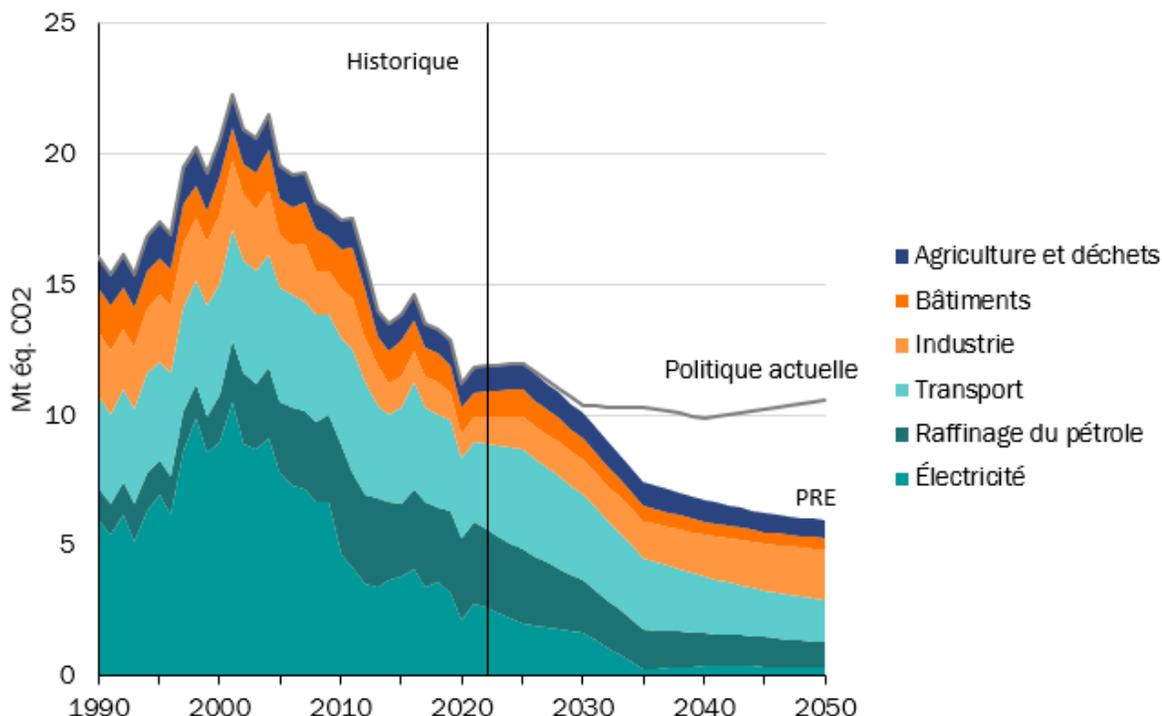
Les politiques modélisées dans le PRE réduisent les émissions de 2,9 Mt en 2035 et de 4,6 Mt en 2050 (par rapport aux prévisions en vertu des politiques actuelles). Ces baisses engendrent des émissions de 7,4 Mt en 2035 et de 6,0 Mt en 2050 (voir la Figure 1). Les réductions sont concentrées dans les domaines de l'électricité, des transports et de l'industrie en raison des politiques comme la Norme sur l'électricité propre et des exigences relatives à la vente de véhicules zéro émission (VZE) applicables aux véhicules légers, moyens et lourds.

### 2. L'écart pour atteindre la carboneutralité est important; il faut une politique énergétique pour le franchir.

Dans le cadre du scénario du PRE, l'écart pour atteindre la carboneutralité est de 6 Mt en 2050. Il en découle que des politiques énergétiques imposant des obligations s'avèrent nécessaires pour combler cet écart. De telles politiques supposeraient une tarification effective du carbone de 350 \$ (\$ CA de 2020) la tonne d'ici le milieu du

siècle (c.-à-d. une tarification du carbone à ce niveau ou un ensemble comparable de mesures de réglementation ayant le même effet).

Figure 1. Émissions de GES du Nouveau-Brunswick jusqu'en 2050 dans le cadre du scénario du PRE.



### 3. Toutes les trajectoires vers la carboneutralité entraînent une augmentation de la demande d'énergie à faible émission de carbone – comme l'électricité, la bioénergie et l'hydrogène – pour compenser la réduction de la dépendance à l'égard des combustibles fossiles.

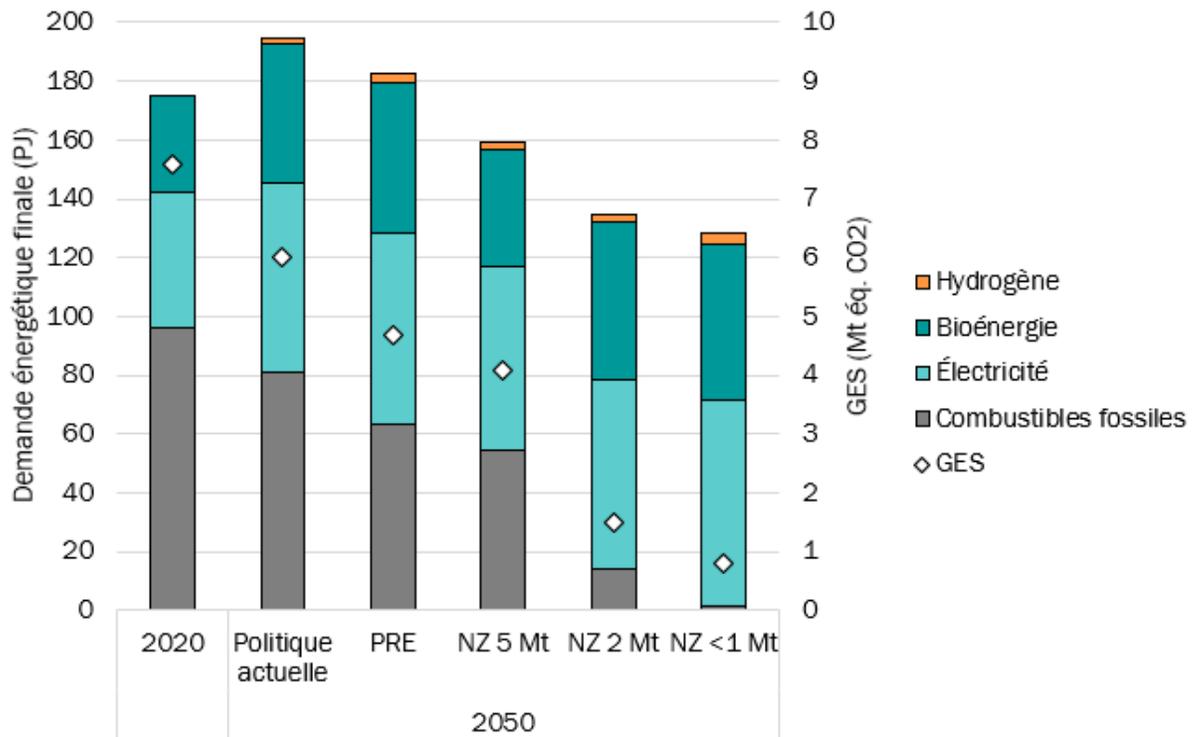
La consommation d'énergie change substantiellement dans le contexte de toutes les trajectoires vers la carboneutralité examinées dans la présente analyse (voir la figure 2).

- **La consommation d'électricité** passe d'environ 46 PJ en 2020 à entre 62 et 70 PJ en 2050. L'électrification constitue une mesure clé pour décarboniser nombre de secteurs de l'économie, notamment l'immobilier, l'éclairage, les véhicules de taille moyenne et la fabrication.
- **La consommation de bioénergie** croît, passant d'environ 33 PJ en 2020 à entre 40 et 53 PJ en 2050. La bioénergie englobe les biocarburants liquides (utilisés dans les

transports), le gaz naturel renouvelable et la biomasse solide (utilisée dans les bâtiments et l'industrie).

- **La consommation d'hydrogène** passe de quantités négligeables en 2020 à environ 3 PJ en 2050. On produit l'hydrogène à l'intérieur du pays par électrolyse et le gaz est principalement utilisé dans des véhicules lourds à pile combustible.

Figure 2. Demande finale d'énergie et émissions de GES au Nouveau-Brunswick selon chaque scénario.



#### 4. Il est possible de répondre à la demande d'énergie à faible émission de carbone du Nouveau-Brunswick en combinant la production intérieure et les importations.

Au cours d'un avenir carboneutre, la demande croissante d'énergie à faible émission de carbone représente une possibilité à saisir pour stimuler l'offre intérieure, qui augmente dans le cadre de tous les scénarios de simulation de la carboneutralité.

- **La production d'électricité** augmente, passant de 43 PJ (12 TWh) en 2020 à plus de 60 PJ (17 TWh) en 2050. Parallèlement, la façon dont l'électricité est produite change substantiellement (voir ci-dessous).
- **La production de bioénergie** augmente sous toutes ses formes. Celle-ci englobe l'approvisionnement en biomasse solide provenant de l'agriculture et de l'exploitation forestière, ainsi que l'apparition éventuelle de nouveaux secteurs d'approvisionnement en combustibles renouvelables liquides et gazeux.
- **La production d'hydrogène** passe d'un point de départ modeste à plus de 3 PJ. L'approvisionnement en hydrogène est exclusivement assuré par la production intérieure par électrolyse.

## 5. Les ressources renouvelables et le stockage représentent les options les plus sûres pour répondre à la majeure partie de la demande nouvelle d'électricité au Nouveau-Brunswick, mis à part les augmentations de la capacité nucléaire prévues.

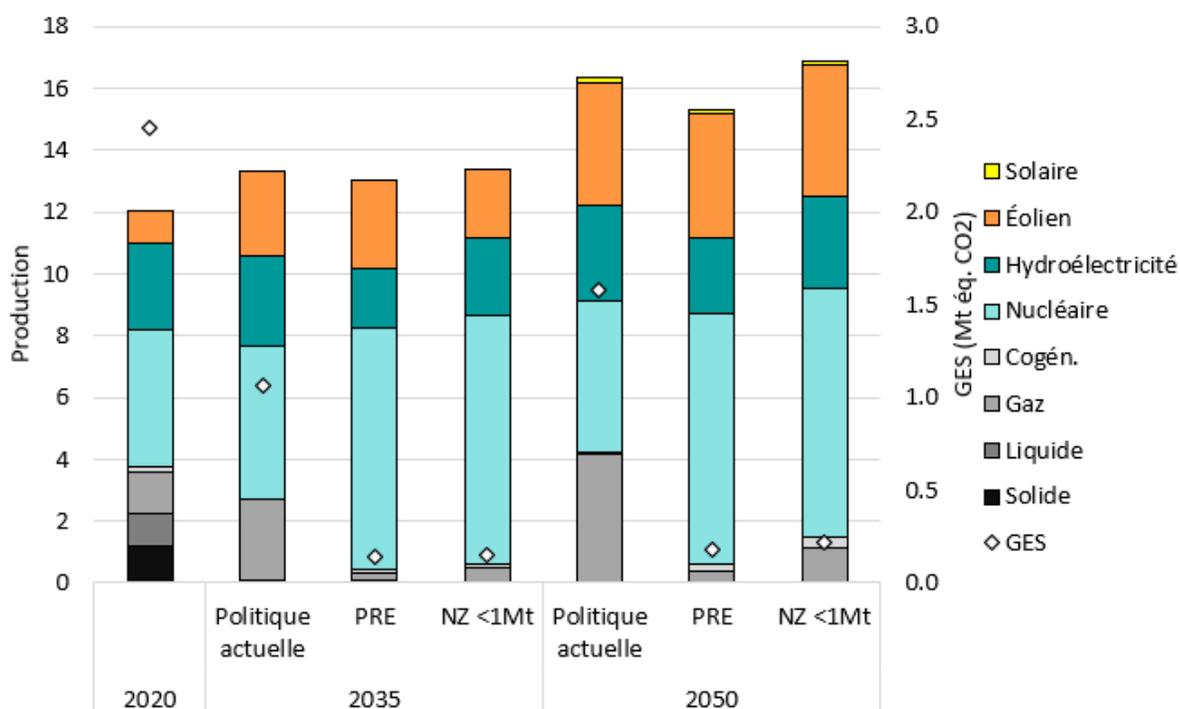
Dans le cadre des scénarios du PRE et de la carboneutralité, les émissions d'électricité chutent à zéro d'ici 2035 en raison du projet de *Règlement sur l'électricité propre* et suivant la mesure 7 du Plan d'action sur les changements climatiques du Nouveau-Brunswick. Les technologies, les combustibles et les mesures qui suivent nous permettront de répondre à la demande d'électricité à faible émission de carbone du Nouveau-Brunswick dans le contexte des scénarios évoqués (voir la figure 3).

- **Ressources renouvelables.** Le vent représente la majeure partie des augmentations de la capacité de production d'électricité en vertu des scénarios de carboneutralité. La production d'énergie éolienne quadruple, passant de 1,1 TWh en 2020 à plus de 4 TWh en 2050. La quantité d'énergie solaire déployée est plus modeste, mais elle pourrait être supérieure selon le coût futur et le rendement de la technologie solaire photovoltaïque.
- **Énergie nucléaire.** La production d'énergie nucléaire augmente de 3,6 TWh à la suite du déploiement de petits réacteurs modulaires (PRM) représentant une capacité de 400 MW d'ici 2035 et du remplacement du potentiel de Point Lepreau (660 MW) au cours des années 2040, suivant les plans provinciaux actuels. En l'absence d'obtention d'un potentiel nucléaire neuf ou du remplacement du potentiel existant, il faudra un déploiement substantiellement supérieur de ressources renouvelables.
- **Gaz naturel renouvelable.** Le gaz naturel renouvelable représente environ 70 % de la consommation de combustibles gazeux en vertu des scénarios de carboneutralité (6 PJ par an) et il sert à la production de 0,7 TWh d'électricité par an. Il provient de

biogaz dérivé de déchets et peut être utilisé dans des turbines conventionnelles sans modification.

- **Stockage dans des batteries.** La combinaison de ressources renouvelables avec le stockage d'électricité peut améliorer la fiabilité du réseau et réduire les coûts. Les scénarios de carboneutralité prévoient le stockage de 8,5 à 15,5 GWh (700 à 1 000 MW) d'électricité d'ici 2050. Cela englobe le stockage de courte durée (piles lithium-ion) et le stockage de durée prolongée (piles à circulation).
- **Importations.** Les importations nettes doublent, en gros, au cours de la période de prévision, passant de 1,6 TWh en 2020 à plus de 3 TWh en 2050.

Figure 3. Production d'électricité au Nouveau-Brunswick selon chaque scénario.



## 6. Il est possible de réduire les émissions non énergétiques au Nouveau-Brunswick, mais il n'est probablement pas possible de les éliminer.

Les scénarios de carboneutralité prévoient une réduction des émissions non énergétiques les faisant passer d'environ 1,5 Mt aujourd'hui à entre 0,6 et 0,8 Mt d'ici 2050. Les principales mesures prises pour réduire les émissions non énergétiques comprennent le captage des gaz d'enfouissement ou le détournement des déchets organiques, l'élimination des hydrofluorocarbones et l'utilisation de digesteurs anaérobies en agriculture. Le potentiel et le coût des technologies et des pratiques de

réduction des émissions non énergétiques résiduelles (en grande partie les sols et la fermentation entérique en agriculture) demeurent indéterminés.

## 7. Une élimination du gaz carbonique (EGC) est nécessaire pour contrebalancer les émissions résiduelles en provenance de sources difficiles à décarboniser.

L'élimination du gaz carbonique (EGC) consiste à prélever du carbone de l'atmosphère et à le stocker dans le sous-sol, dans des plantes et le sol, dans les océans ou dans des produits (p. ex. le ciment). Pour parvenir à la carboneutralité au Nouveau-Brunswick, il faut une EGC qui contrebalancera les émissions résiduelles.

Une EGC peut prendre de nombreuses formes, depuis les technologies nouvelles aux pratiques d'aménagement des terres. En gros, les options d'EGC qui suivent s'offrent.

- **Les solutions naturelles** qui ont recours à la photosynthèse pour supprimer le CO<sub>2</sub> de l'atmosphère et l'emmagasiner dans le bois ou le sol. On ignore quel est le potentiel des solutions naturelles au Nouveau-Brunswick. Une étude de Nature United<sup>3</sup> fournit la seule estimation connue pour la province : elle prévoit une réduction annuelle potentielle de 0,89 Mt au moyen de mesures comme la restauration de marais salés et l'évitement de la conversion de prairies. Il faudrait interpréter ce chiffre avec prudence, car le degré d'incertitude est élevé et les mesures prises n'engendrent pas toutes des émissions négatives.
- **Les solutions technologiques** qui accélèrent ou imitent les processus naturels pour supprimer le CO<sub>2</sub> de l'atmosphère. **La capture directe dans l'air (CDA)**, même si elle n'est pas encore commercialisée, occupe une place prépondérante dans tous les scénarios de simulation à l'échelle du Canada (jusqu'à plusieurs centaines de Mt par an d'ici 2050). Dans le cas du Nouveau-Brunswick, la CDA pourrait constituer un outil important pour compenser les émissions agricoles et d'autres sources difficiles à décarboniser, peu importe que le CO<sub>2</sub> soit extrait ou emmagasiné à l'intérieur des limites de la province.

## 8. L'économie du Nouveau-Brunswick peut continuer à prendre de l'essor pendant que la province cherche à devenir carboneutre.

L'économie provinciale connaît un essor dans le contexte de tous les scénarios, même si son essor était moins rapide si la province réduisait ses émissions à zéro. La croissance est plus faible en vertu des scénarios de carboneutralité parce que les

---

<sup>3</sup> Drever, C. et coll. « Natural climate solutions for Canada », *Science Advances*, 2021, 7 (23).  
[www.science.org/doi/10.1126/sciadv.abd6034](http://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.abd6034)

entreprises et les ménages engagent des coûts supplémentaires pour l'adoption de technologies et de combustibles à faible émission de carbone (notre analyse ne tient pas compte des avantages de l'évitement de changements climatiques).

L'atteinte de la carboneutralité impose des coûts à certains secteurs, mais elle est aussi avantageuse pour d'autres. Le secteur de l'électricité, en particulier, bénéficie d'une impulsion dans le cas de tous les scénarios carboneutres en raison de l'électrification de diverses activités au sein de l'économie et de la demande supérieure d'électricité. D'autres secteurs profitent eux aussi de retombées positives, comme celui de la production de bioénergie et d'hydrogène.

## Possibilités à saisir pour la recherche future

Notre analyse met en relief quelques domaines d'étude qui méritent une recherche plus poussée, notamment

- la définition d'une approche stratégique pour atteindre la carboneutralité et d'autres objectifs provinciaux;
- l'évaluation des incidences des politiques fédérales annoncées sur le Nouveau-Brunswick lorsque plus de détails sur leur mise en application seront fournis;
- la surveillance de la mise au point des nouveaux combustibles et technologies à faible émission de carbone, comme les batteries de véhicules électriques, les piles à hydrogène et les petits réacteurs nucléaires modulaires;
- le chiffrage du potentiel de réduction des émissions et le coût des solutions naturelles au Nouveau-Brunswick.

# Table des matières

<b>Résumé</b> .....	<b>i</b>
Approche.....	i
Perspectives s’offrant aux décideurs politiques .....	ii
Possibilités à saisir pour la recherche future.....	ix
<b>1. Introduction</b> .....	<b>1</b>
1.1. Contexte.....	1
1.2. Objectifs.....	2
1.3. Structure du rapport .....	2
<b>2. Approche</b> .....	<b>3</b>
2.1. Boîte à outils de modélisation de Navius .....	3
2.1.1. gTech.....	4
2.1.2. IESD .....	5
2.2. Hypothèses de la politique néo-brunswickoise et scénarios imaginés .....	7
2.2.1. Aspirations par rapport à l’atténuation des changements climatiques .....	7
2.2.2. Analyse de sensibilité .....	8
<b>3. Résultats</b> .....	<b>10</b>
3.1. Tendances actuelles.....	10
3.2. Demande d’énergie et émissions .....	12
3.2.1. Immobilier.....	13
3.2.2. Transports.....	16
3.2.3. Industrie.....	18
3.3. Approvisionnement en énergie et émissions .....	20
3.3.1. Électricité.....	21
3.3.2. Bioénergie.....	25
3.3.3. Hydrogène.....	26
3.4. Émissions non énergétiques .....	26
3.4.1. Agriculture .....	27
3.4.2. Déchets.....	31
3.5. Élimination du gaz carbonique.....	32
3.5.1. Solutions naturelles .....	33
3.5.2. Extraction directe dans l’air.....	35
3.6. Retombées économiques.....	37

<b>4. Conclusion .....</b>	<b>40</b>
<b>Annexe A : gTech .....</b>	<b>43</b>
Simulation du choix des technologies .....	43
Compréhension des répercussions macroéconomiques des politiques.....	46
Compréhension des marchés d’approvisionnement en énergie .....	48
Questions de recherche.....	48
Hypothèses techniques clés et sources des données .....	50
<b>Annexe B : IESD .....</b>	<b>60</b>
Demande d’électricité .....	60
Approvisionnement en électricité .....	61
Suffisance des ressources .....	66
<b>Annexe C : Politiques existantes et annoncées.....</b>	<b>69</b>
Politiques provinciales existantes.....	69
Politiques provinciales annoncées .....	70
Politiques fédérales existantes.....	71
Politiques fédérales annoncées.....	78

# 1. Introduction

## 1.1. Contexte

Le Nouveau-Brunswick et le gouvernement fédéral se sont tous deux fixé l'objectif de parvenir à la neutralité en matière de gaz à effet de serre d'ici 2050<sup>4,5</sup>. L'atteinte d'un tel objectif suppose une réduction des émissions le plus près possible d'un niveau nul tout en contrebalançant les émissions résiduelles par l'élimination de gaz carbonique de l'atmosphère.

Le Nouveau-Brunswick souhaite par conséquent comprendre les avenues possibles pour assurer des niveaux marqués de décarbonisation contribuant à la carboneutralité. De tels renseignements peuvent aider les décideurs à déterminer les options les plus prometteuses pour réduire les émissions de gaz à effet de serre.

Notre étude s'appuie sur les travaux relatifs à la carboneutralité précédemment réalisés par Navius pour le Secrétariat des changements climatiques du Nouveau-Brunswick<sup>6</sup>. L'étude emploie le cadre de modélisation gTech-IESD de Navius qui a été utilisé pour explorer les incidences de la politique climatique au Nouveau-Brunswick au moyen de diverses analyses effectuées à l'intention du Secrétariat des changements climatiques du Nouveau-Brunswick, de même que pour comprendre les trajectoires vers la carboneutralité à l'échelle nationale et celles de plusieurs provinces et territoires du pays.

---

<sup>4</sup> Gouvernement du Nouveau-Brunswick. *Notre voie vers la décarbonisation et la résilience aux changements climatiques. Plan d'action sur les changements climatiques du Nouveau-Brunswick 2022-2027*, 2022. <https://www2.gnb.ca/content/dam/gnb/Corporate/Promo/climate/plan-daction-sur-les-changements-climatiques.pdf>

<sup>5</sup> Loi canadienne sur la responsabilité en matière de carboneutralité, L.C. 2021, ch. 22. <https://laws-lois.justice.gc.ca/fra/lois/c-19.3/TexteCompleet.html>

<sup>6</sup> Navius Research. *Pathways for decarbonizing New Brunswick's economy*, rapport préparé pour le Secrétariat des changements climatiques du Nouveau-Brunswick, 2021.

## 1.2. Objectifs

La présente étude s'appuie sur les travaux antérieurs relatifs à la carboneutralité réalisés par Navius Research pour le Secrétariat des changements politiques du Nouveau-Brunswick elle cherche essentiellement à

1. prendre en compte l'environnement politique changeant, notamment la publication du Plan de réduction des émissions fédéral et du Plan d'action sur les changements climatiques du Nouveau-Brunswick de 2022;
2. réaliser une évaluation détaillée des options qui s'offrent pour la décarbonisation de l'approvisionnement en électricité au Nouveau-Brunswick;
3. explorer les possibilités de réduction des GES de nature non énergétique dans la province (par exemple en agriculture et dans les déchets) et les possibilités d'élimination du gaz carbonique.

## 1.3. Structure du rapport

Le rapport est structuré comme suit.

- La section 2 livre un aperçu de l'approche de modélisation et des scénarios.
- La section 3 explore la technologie, les combustibles et les autres transformations qui pourraient permettre au Nouveau-Brunswick de devenir carboneutre.
- La section 4 livre la conclusion.

Des renseignements supplémentaires et une bibliographie sont fournis dans les annexes.

## 2. Approche

La présente section livre un aperçu de l'approche utilisée pour réaliser notre analyse. La section est structurée comme suit.

- La partie 2.1 présente la boîte à outils de modélisation de Navius.
- La partie 2.2 décrit les hypothèses de la politique néo-brunswickoise et les scénarios imaginés.

Les annexes fournissent des renseignements plus détaillés au sujet des modèles et des hypothèses.

### 2.1. Boîte à outils de modélisation de Navius

Navius a utilisé le modèle gTech-IESD pour caractériser l'économie énergétique du Nouveau-Brunswick. Chaque composante du modèle a ses points forts uniques.

- **gTech** fournit une représentation détaillée de toute l'activité économique, de l'offre d'énergie et de son utilisation, ainsi que des émissions de gaz à effet de serre au Canada et aux États-Unis, y compris une simulation du Nouveau-Brunswick à titre de région distincte.
- **IESD** nous munit de perspectives sur la façon optimale de répondre à la demande d'électricité simulée par gTech, prenant en compte la dynamique sectorielle comme la variabilité horaire de la charge et les options d'approvisionnement.

Les deux composantes simulent les résultats futurs (p. ex. adoption de technologie, consommation d'énergie, émissions de gaz à effet de serre, activité économique et consommation des ménages) pour déterminer les intrants fondamentaux et formuler des hypothèses sur la croissance économique, les prix de l'énergie, les coûts de la technologie et la politique pertinente.

Une description des composantes du modèle suit.

### 2.1.1. gTech

gTech est le logiciel de modélisation privé que Navius a conçu pour simuler les impacts de la politique gouvernementale et des autres changements externes sur l'adoption de technologie et l'économie dans un sens plus large.

Modèle informatisé d'équilibre général (IEG) détaillé, gTech équilibre l'offre et la demande à l'égard des produits et les facteurs de production (capital, main-d'oeuvre) en modifiant les prix. Le modèle applique l'équilibre de l'offre et de la demande axé sur les prix aux produits énergétiques, supposant que la production de toute l'énergie/tous les combustibles et l'approvisionnement en produits énergétiques (p. ex. produits pétroliers raffinés au Nouveau-Brunswick) sont fonction de la demande dans les autres États, territoires et provinces.

En plus de représenter les transactions économiques clés au sein d'une économie, gTech inclut une représentation explicite des technologies et des combustibles. La granularité de la technologie est suffisamment sophistiquée pour tout inclure, depuis les véhicules et les réfrigérateurs aux façons de raffiner l'huile. gTech permet aux décideurs d'acquérir une compréhension quantifiée fiable de l'impact de différentes politiques et combinaisons de politiques sur le choix des technologies et des combustibles, la consommation d'énergie, les émissions de GES, la concurrentialité industrielle et le bien-être des ménages.

gTech est parfait pour le chiffrage des impacts des gaz à effet de serre, des répercussions économiques de la politique et des contraintes relatives au carbone au Nouveau-Brunswick (et dans le reste du Canada) parce qu'il

- **permet une comptabilisation détaillée des technologies et des combustibles à faible émission de carbone pouvant réduire les émissions de gaz à effet de serre.** Le logiciel inclut au total plus de 400 technologies (véhicules électriques, thermopompes industrielles, digesteurs anaérobies, ampoules à DEL, enveloppes de bâtiments et chaudières) couvrant plus d'une centaine d'utilisations finales (véhicules légers, chaleur industrielle, gestion du fumier, éclairage, chauffage des bâtiments, etc.). gTech représente les technologies existantes ou susceptibles de devenir accessibles au cours des décennies à venir. Le coût des technologies naissantes clés est assujéti à des économies d'apprentissage, car il dépend de l'échelle d'adoption.
- **simule la façon dont les entreprises et les consommateurs prennent des décisions dans le monde réel, décrivant les résultats probables au lieu de prescrire des solutions optimisées en fonction des coûts financiers.** Ce point est important parce que le choix technologique – la décision d'un consommateur de choisir une technologie particulière – repose souvent sur des facteurs allant au-delà du coût

financier. En guise d'exemple, peu de personnes achèteraient un VUS au lieu d'une voiture de taille plus réduite si leur seule préoccupation était le coût. Dans le monde réel, les préférences ont un impact marqué sur la consommation d'énergie et les GES.

- **tient compte de toutes les politiques provinciales et fédérales de fond existantes , y compris des façons dont elles interagissent.** Les émissions de gaz à effet de serre du Nouveau-Brunswick sont influencées par de nombreuses politiques provinciales et fédérales. Il est crucial de prendre en compte l'incidence combinée de ces politiques pour formuler des prévisions fiables. L'adoption des véhicules électriques, par exemple, est influencée par les exigences relatives aux VZE, les incitatifs financiers, les normes visant les combustibles propres/à faible émission de carbone, les réglementations sur la réduction de la consommation de carburant et la tarification du carbone.

L'O fournit de plus amples renseignements au sujet de gTech sous « gTech », à partir de la page 43.

### 2.1.2. IESD

Les réseaux électriques constituent des réseaux d'énergie uniques parce que les marchés de l'électricité sont extrêmement sensibles aux fluctuations de courte durée au sein du réseau. Les coûts totaux d'un réseau électrique, par exemple, sont en grande partie fonction des heures particulières de l'année où les ressources renouvelables fonctionnent au-dessous de leur capacité habituelle et où la consommation d'électricité est élevée. Il est crucial de représenter ces fluctuations de courte durée pour simuler l'intégration des ressources variables, nouvelles et existantes, d'électricité avec les autres sources d'approvisionnement d'électricité conventionnelles et à faible émission de carbone.

L'emploi d'un modèle à dynamique de courte durée est par ailleurs primordial pour comprendre comment l'offre d'électricité interagira avec la demande existante d'électricité et les nouvelles charges d'électricité éventuelles, comme les véhicules, le stockage d'électricité et la production d'hydrogène acheminable. Il est très difficile de comprendre l'impact d'une politique qui exige de fortes réductions des GES du secteur de l'électricité, comme le projet de *Règlement sur l'électricité propre*, sans inclure une dynamique de courte durée.

Le modèle d'intégration de l'offre et de la demande d'électricité (IESD) de Navius est un modèle d'augmentation et de répartition de la capacité, ce qui signifie qu'il simule comment les entreprises de services publics du Canada renforcent leur capacité et utilisent cette capacité sur une base horaire pour répondre à la demande changeante

d'électricité. IESD peut simuler le fonctionnement des réseaux d'électricité d'Amérique du Nord dans divers contextes politiques et économiques.

Nous avons rattaché IESD à gTech pour améliorer la représentation de la dynamique du secteur de l'électricité. Cette dynamique est importante dans le contexte de la politique climatique, vu la contribution directe du secteur de l'électricité aux GES et la possibilité qu'ont les secteurs d'utilisation finale de réduire leurs GES en ayant recours à l'électrification. gTech munit IESD de prévisions de la consommation annuelle d'électricité pour les utilisations finales ainsi que d'autres intrants (p. ex. tarification des crédits carbone, acceptation de payer pour obtenir de l'hydrogène électrolytique). IESD enregistre ces intrants, définit la demande horaire d'électricité et détermine comment on répondra à cette demande.

IESD est l'outil idéal pour explorer différentes démarches du secteur de l'électricité parce qu'il prend en compte

- **la consommation horaire d'électricité.** Il faut parfaitement assortir l'offre d'électricité à la demande chaque heure de la journée et tous les jours de l'année. Cela est difficile parce que ni la consommation ni la production d'électricité ne sont régulières au fil du temps. Le Nouveau-Brunswick doit pouvoir s'approvisionner de suffisamment d'électricité pour équilibrer l'offre et la demande en tout temps, malgré une combinaison sans cesse changeante de production intérieure et d'importations.
- **les profils horaires de production.** Différentes sources d'énergie sont disponibles pour répondre à la demande aux différentes heures de la journée. Certaines sources de production peuvent devenir accessibles suivant la demande, comme les turbines à gaz à cycle combiné, mais d'autres ne peuvent l'être. La production à partir de ressources éoliennes, par exemple, est seulement possible lorsqu'il vente. De même, la production à partir de modules photovoltaïques solaires est seulement possible lorsqu'il fait soleil.
- **le potentiel et les limites des technologies naissantes.** IESD peut anticiper le potentiel d'électricité renouvelable variable (ERV) et déterminer les possibilités d'intégration de telles ressources dans le réseau (p. ex. par le stockage ou le contrôle de la charge par des entreprises de services publics) parce que le modèle représente la dynamique à court et à long terme. IESD peut de plus simuler le potentiel de production d'hydrogène par électrolyse en réduisant les énergies renouvelables et les autres sources.

L'O fournit de plus amples renseignements au sujet d'IESD sous « IESD », à partir de la page 60.

## 2.2. Hypothèses de la politique néo-brunswickoise et scénarios imaginés

Les scénarios imaginés dans le cadre du présent projet varient par rapport à deux aspects : 1) les aspirations des politiques relatives aux gaz à effet de serre et les contraintes pertinentes, et 2) les hypothèses établies au sujet du coût et de l'accessibilité des technologies et des pratiques naissantes à faible taux d'émission et à émissions négatives.

### 2.2.1. Aspirations par rapport à l'atténuation des changements climatiques

L'analyse considère les options ci-après pour la mise en oeuvre des politiques relatives aux gaz à effet de serre et des contraintes pertinentes au Nouveau-Brunswick.

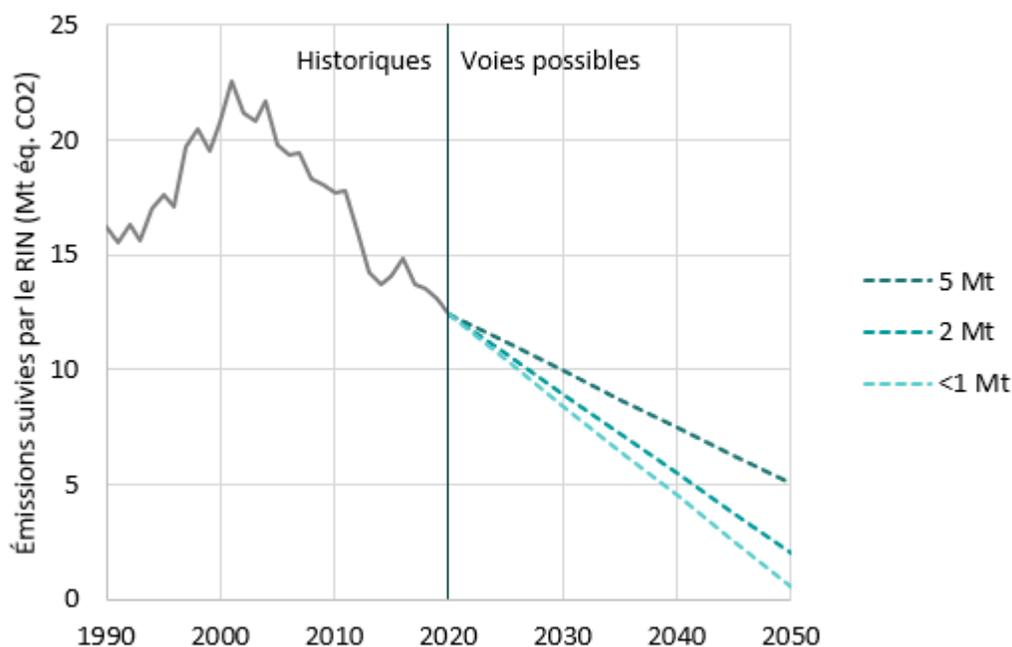
- **Scénario du maintien des politiques actuelles.** Ce scénario suppose le maintien des politiques provinciales et fédérales législatives existantes, comme la hausse du prix fédéral sur la pollution par le carbone à 170 \$/t d'émissions de CO<sub>2</sub> d'ici 2030 et le *Règlement sur les combustibles propres*. Une liste complète des politiques simulées figure à l'0à partir de la page 69.
- **Scénario du Plan de réduction des émissions (PRE).** Ce scénario inclut, en plus des politiques législatives actuellement en place, 1) les politiques annoncées dans le Plan de réduction des émissions fédéral et 2) l'engagement du Nouveau-Brunswick d'installer des petits réacteurs nucléaires modulaires équivalant à 400 MW d'ici 2035.

Il est à noter qu'on ignore au juste combien de politiques du PRE seront mises en oeuvre. L'annexe fournit des détails au sujet des politiques simulées et des principales hypothèses avancées.

- **Scénario de carboneutralité.** Dans ce scénario, les aspirations d'atténuation des changements climatiques sont échelonnées de manière que le Nouveau-Brunswick atteigne la carboneutralité d'ici 2050. On entend par *carboneutralité* un contexte dans lequel la production d'émissions à l'intérieur de la province, d'après le suivi du Rapport d'inventaire national, est compensée par des émissions négatives (découlant, par exemple, de l'utilisation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie – UTCATF).

Vu l'avancement limité de la recherche sur les solutions naturelles possibles dans la province (voir la partie 3.5), la carboneutralité est représentée sous la forme d'une réduction des émissions modélisées à trois niveaux différents : <1 Mt, 2 Mt et 5 Mt d'émissions de CO<sub>2</sub> en 2050. La trajectoire vers la carboneutralité est définie au moyen d'une courbe entre l'objectif du Nouveau-Brunswick en 2030 et son point final en 2050, comme l'illustre la figure 4.

Figure 4. Courbe de la trajectoire des émissions vers la carboneutralité.



\*Il est vraisemblablement impossible de réduire à zéro les émissions suivies par le Rapport d'inventaire national parce qu'il n'existe aucune option d'atténuation connue pour éliminer toutes les sources d'émissions agricoles. Nous en déduisons qu'il faudra compenser ces émissions par une élimination du gaz carbonique.

### 2.2.2. Analyse de sensibilité

Nous avons réalisé une analyse de sensibilité pour examiner l'incidence de l'incertitude que posent des facteurs indépendants de la volonté du gouvernement du Nouveau-Brunswick, notamment

- le coût des technologies de transport à faible émission de carbone naissantes (véhicules électriques à batterie, véhicules à pile à hydrogène et biocarburants de seconde génération);

- le coût des technologies d’approvisionnement en électricité (énergie éolienne, énergie solaire photovoltaïque, batteries), comme le décrit l’O, « Annexe B : IESD »;
- la disponibilité et le coût de la CDA, décrits dans la partie 3.5.2;
- le niveau d’atténuation des changements climatiques auquel on aspire dans le reste du Canada et aux États-Unis.

L’analyse de sensibilité a donné lieu à la réalisation d’un total de 63 simulations dans le cadre du projet. Par mesure de simplicité, le présent rapport s’attarde sur les résultats associés aux hypothèses de référence.

## 3. Résultats

La présente section fait état des résultats de l'analyse. Elle commence par examiner les tendances qu'affichent les émissions en réponse aux politiques existantes et annoncées afin de déterminer l'écart éventuel avec la carboneutralité au Nouveau-Brunswick. Elle scrute ensuite la transformation des technologies, des combustibles et des activités tout au long de la trajectoire vers la neutralité des émissions de GES, y compris la demande d'énergie, l'approvisionnement énergétique, les émissions non énergétiques et l'élimination du gaz carbonique. Finalement, elle explore les répercussions de la carboneutralité sur l'économie du Nouveau-Brunswick.

### 3.1. Tendances actuelles

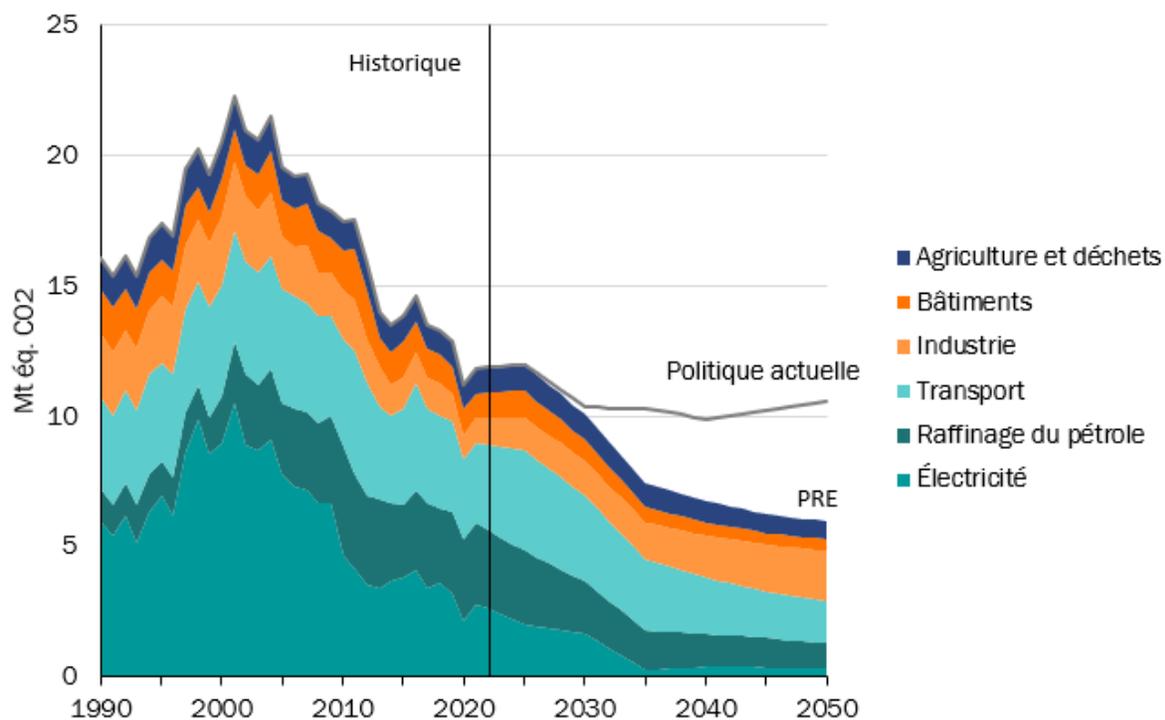
Les politiques actuelles susciteront un recul des émissions du Nouveau-Brunswick à 10,4 Mt en 2030, puis une certaine remontée jusqu'en 2050 pendant que les politiques existantes suivront leur cours (voir la figure 5). En 2050, les émissions représenteront 10,6 Mt.

La tendance générale qu'accusent les émissions masque des changements au sein de divers secteurs. Les émissions du secteur des transports, en particulier, diminueront en raison des améliorations du rendement des véhicules (suivant les exigences de la politique fédérale) ainsi que de l'adoption de véhicules zéro émission. Les émissions du secteur de l'électricité fléchiront elles aussi en raison des politiques existantes, comme l'élimination graduelle du charbon. Les émissions du secteur manufacturier, par contre, augmenteront en raison de la croissance de l'activité économique.

Le scénario du PRE laisse entrevoir une réduction des émissions de 0,3 Mt en 2030 et de 4,6 Mt en 2050 (par rapport aux prévisions en vertu de la politique existante). Cela représente 10,1 Mt d'émissions en 2030 et 6,0 Mt en 2050. Les réductions sont concentrées dans les secteurs de l'électricité, des transports et de l'industrie (en raison des politiques comme la Norme sur l'électricité propre et les exigences relatives à la vente de VZE applicables aux véhicules légers, moyens et lourds).

Ces projections laissent supposer que des réductions supplémentaires s'avéreront nécessaires pour atteindre nos objectifs de limitation des gaz à effet de serre d'ici 2050. Nous décrivons ci-dessous les changements technologiques, ceux requis par rapport à la consommation de combustibles et d'autres facteurs qui nous permettront d'y parvenir.

Figure 5. Émissions de gaz à effet de serre du Nouveau-Brunswick jusqu'en 2050.

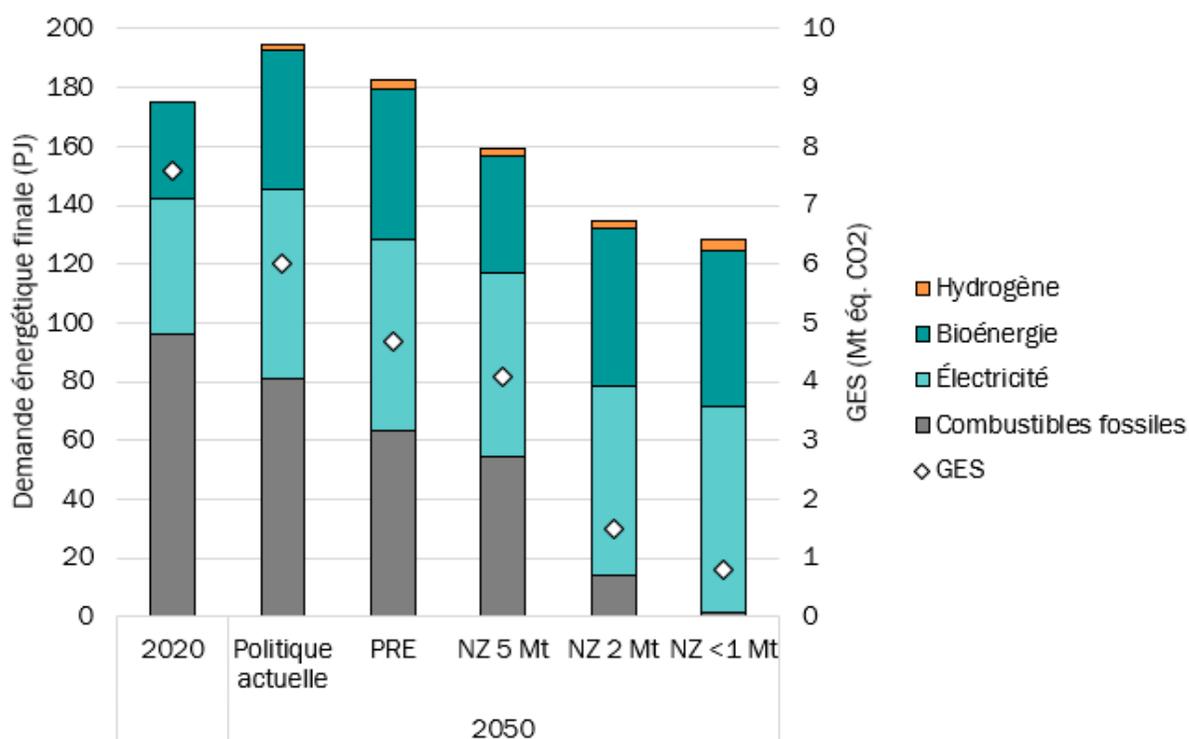


## 3.2. Demande d'énergie et émissions

La trajectoire de la carboneutralité entraîne la supplantation de la consommation d'énergie fossile par plusieurs vecteurs énergétiques à faible émission de carbone, comme l'électricité, la bioénergie et l'hydrogène (voir la figure 6).

- La consommation d'électricité passe d'environ 46 PJ en 2020 à entre 62 et 70 PJ en 2050. L'électrification constitue une mesure clé pour la décarbonisation de maints secteurs de l'économie, notamment l'immobilier, l'éclairage, les véhicules légers et moyens, et le secteur manufacturier.
- La consommation de bioénergie croît, passant d'environ 33 PJ en 2020 à entre 40 et 53 PJ en 2050. La bioénergie englobe les biocarburants liquides (utilisés dans les transports), le gaz naturel renouvelable et la biomasse solide (utilisée dans les bâtiments et l'industrie).
- La consommation d'hydrogène passe de quantités négligeables en 2020 à environ 3 PJ en 2050. On produit l'hydrogène à l'intérieur du pays par électrolyse et le gaz est principalement utilisé dans des véhicules lourds à pile combustible.

Figure 6. Consommation d'énergie et émissions.



L'ampleur de la réduction de la consommation de l'énergie fossile dépend de la quantité de la compensation accessible. Lorsque les émissions suivies par le Rapport d'inventaire national (RIN) sont limitées à moins de 1 Mt, la consommation d'énergie fossile fléchit essentiellement à zéro. D'autre part, lorsque les émissions signalées dans le RIN sont limitées à 5 Mt, une certaine consommation d'énergie fossile subsiste en 2050. Un tel scénario suppose que ces émissions seraient compensées par des mesures d'élimination du gaz carbonique, décrites sous Section 3.5.

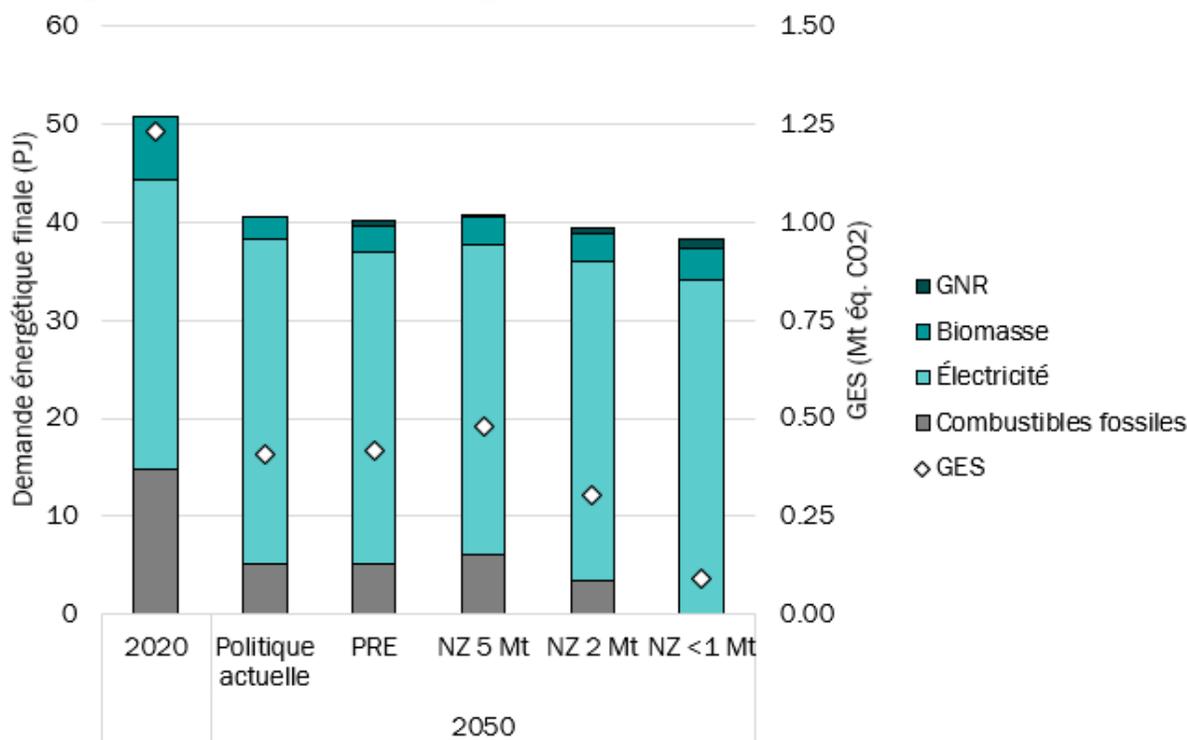
La présente section traite de la transformation des technologies et des combustibles requise pour l'atteinte de la carboneutralité au sein de trois catégories de secteurs de demande d'énergie, nommément l'immobilier, les transports et l'industrie (y compris l'agriculture, l'exploitation forestière et la construction).

### 3.2.1. Immobilier

L'immobilier représente 0,8 Mt des émissions en 2020 (dont 0,5 Mt proviennent des bâtiments résidentiels, alors que la 0,3 Mt restante proviennent des immeubles commerciaux et institutionnels). Ces émissions sont principalement attribuables à la combustion de mazout, de gaz naturel et de propane pour le chauffage des bâtiments et de l'eau. D'autres émissions en quantités moindres sont dues au rejet d'hydrofluorocarbones des systèmes de climatisation.

La figure 7 illustre l'évolution de la consommation de combustibles dans le secteur immobilier entre 2020 et 2050 dans le cadre de divers scénarios.

Figure 7. Consommation d'énergie et émissions au sein du secteur de l'immobilier.



L'analyse révèle que

- **l'électrification du chauffage des bâtiments et de l'eau, en particulier au moyen de thermopompes, constitue la principale avenue pour la décarbonisation de l'immobilier.** Un nombre grandissant de ménages et d'entreprises du Nouveau-Brunswick adoptent des options de chauffage électrique à cause des économies d'énergie possibles, par mesure de commodité et (dans le cas des thermopompes) de la possibilité de bénéficier d'un système de refroidissement en été.

La transition au chauffage électrique s'accélère en vertu du scénario de la carboneutralité, la consommation d'électricité grimpe à entre 32 PJ et 34 PJ en 2050, depuis 29 PJ en 2020. L'augmentation de la consommation d'électricité est modérée par le fait que 1) les thermopompes sont plus efficaces que les technologies conventionnelles et que 2) le rendement des autres éléments consommant de l'électricité, comme les sècheuses et l'éclairage, et les enveloppes des bâtiments, augmente avec le temps à la suite du retrait naturel du vieux matériel et de son remplacement par des technologies plus nouvelles et plus efficaces.

- **l'utilisation des combustibles renouvelables, comme le gaz naturel, peut supplanter la consommation de l'énergie fossile dans le matériel conventionnel qui reste.** La consommation du gaz naturel renouvelable hausse à environ 1 PJ en 2050. Même s'ils représentent une part relativement infime de la consommation d'énergie dans

le secteur immobilier, la possibilité d'y recourir sans modification des appareils de chauffage et des tuyauteries conventionnels signifie qu'ils pourraient s'avérer utiles pour décarboniser les bâtiments n'ayant pas été électrifiés.

Les combustibles renouvelables pourraient aussi éventuellement être utilisés pour supplanter les émissions des appareils au mazout des bâtiments. Notre analyse révèle toutefois que la majorité des chaudières au mazout cesseront d'être utilisées d'ici 2050. Le coût des biocarburants liquides convenant aux chaudières au mazout est par ailleurs susceptible d'être dispendieux comparativement à l'électrification.

- **la biomasse représente une solution de chauffage à faible émission de carbone de rechange, mais son adoption éventuelle demeure incertaine.** Le chauffage à la biomasse au moyen d'un poêle à bois ou d'une chaudière à granules de bois est généralement considéré comme une option de chauffage carboneutre. Il peut s'avérer économique comparativement aux autres options de chauffage (spécialement le mazout), mais son utilisation dépend en grande partie des préférences plutôt que du coût. Certains ménages, par exemple, préfèrent volontiers un poêle à bois en raison de l'avantage intangible qu'il procure. Inversement, d'autres ménages préféreraient éviter de couper du bois ou se réapprovisionner en granules de bois.
- **l'hydrogène ne constitue pas une option rentable pour la décarbonisation des bâtiments au Nouveau-Brunswick.** Même si l'hydrogène pouvait éventuellement servir au chauffage des bâtiments et de l'eau, il nécessite du matériel spécial et des changements à l'infrastructure de transmission et de distribution. Ce facteur conjugué au coût élevé de l'hydrogène (qui serait de toute façon produit à partir d'électricité) fait de l'utilisation directe de l'électricité pour le chauffage des bâtiments une décision plus économique.
- **des améliorations du rendement thermique peuvent réduire la consommation d'énergie, mais elles ne réduisent pas les émissions si le chauffage des bâtiments est assuré par des sources carboneutres.** Le rendement de l'enveloppe thermique s'améliore dans le cadre des scénarios des politiques existantes et du PR, mais il ne s'améliore pas davantage dans un contexte carboneutre. Cette constatation révèle que les améliorations supplémentaires du rendement de l'enveloppe constituent une mesure d'atténuation plus coûteuse que l'électrification. De fait, la décarbonisation des appareils de chauffage des bâtiments réduit à la fois l'incitation à réduire les émissions et l'effet d'une réduction des émissions par l'amélioration du rendement de l'enveloppe thermique. Si un bâtiment est chauffé à l'électricité, l'amélioration du rendement de son enveloppe thermique n'aura aucun impact sur les émissions directes. En d'autres termes, le coût d'une réduction par des améliorations du rendement de l'enveloppe d'un bâtiment du genre est infini. De plus, l'utilisation

d'appareils de climatisation plus efficaces, comme une thermopompe, réduit encore davantage l'incitation financière à accroître le rendement de l'enveloppe, car la réduction marginale de la consommation d'énergie et le coût de l'énergie diminuent.

### 3.2.2. Transports

Les transports ont représenté 3,4 Mt d'émissions provinciales en 2020. La majeure partie de ces émissions (3,0 Mt ou 90 %) sont provenues de la combustion de produits pétroliers raffinés (essence et diesel) dans les véhicules. Les autres émissions sont associées au transport maritime (0,2 Mt), au transport ferroviaire (0,1 Mt) et à l'aviation (0,1 Mt).

Vu l'importance de ce secteur, la présente section s'attarde sur les avenues de décarbonisation des véhicules. Les options les plus prometteuses de décarbonisation des autres modes de transport coïncident en partie avec celles exposées aux présentes, en particulier les carburants renouvelables et l'hydrogène.

Figure 8. Consommation d'énergie et émissions dans le secteur des transports.

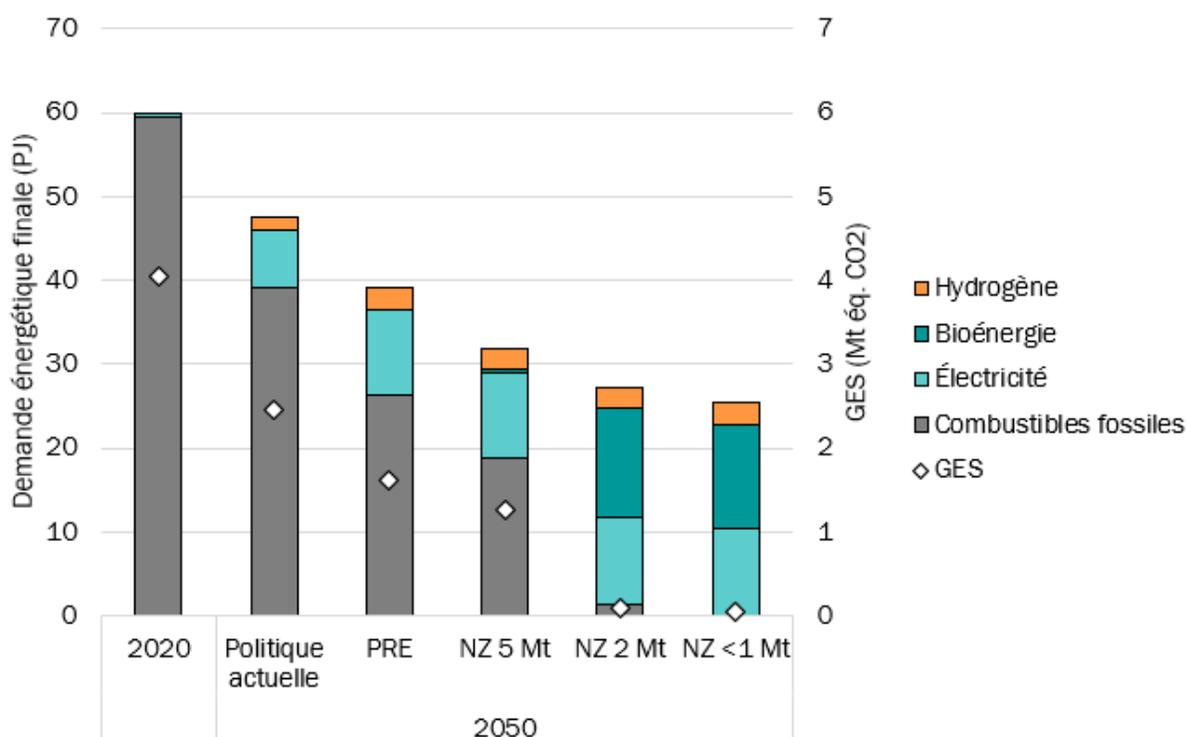


Figure 8 illustre l'évolution de la consommation de carburants dans le secteur des transports entre 2020 et 2050 dans le cadre de divers scénarios.

- **L'adoption des véhicules électriques rechargeables est la mesure la plus importante survenue pour la décarbonisation des véhicules légers et moyens.** La consommation d'électricité augmente en vertu de tous les scénarios de carboneutralité, passant de moins de 1 PJ en 2020 à environ 10 PJ en 2050.

Malgré le fait que l'électricité représente la source d'énergie prédominante dans le domaine des transports au Nouveau-Brunswick, sa consommation est relativement faible comparativement à la consommation actuelle d'énergie fossile. Cette réduction de la consommation d'énergie est attribuable au rendement élevé des moteurs électriques comparativement aux moteurs à combustion interne. Les taux de rendement énergétique typiques (c.-à-d. les taux employés pour comparer la consommation d'énergie de différentes technologies de véhicules et de différents types de carburants) des véhicules électriques à batterie varient par exemple de quatre à cinq.

En 2050, la majorité des véhicules légers (plus de 95 %) et moyens (81 %) sont des véhicules électriques rechargeables dans le cadre des scénarios du PRE et de carboneutralité. Le déploiement de ces technologies nous aide à nous conformer à la politique fédérale projetée, qui exige que 100 % des véhicules légers vendus soient des véhicules zéro émission d'ici 2035 et que 100 % des véhicules moyens et lourds vendus le soient d'ici 2050 (en fonction de la faisabilité).

- **L'utilisation des carburants renouvelables interchangeables dans les véhicules de transport existants ne nécessite aucune modification, mais d'autres innovations sont nécessaires pour la production de tels carburants à l'échelle.** Dans le contexte des scénarios de carboneutralité, la bioénergie est deuxième source d'énergie en importance pour les transports après l'électricité. La bioénergie, y compris les biocarburants conventionnels (p. ex. le biodiesel et l'éthanol), le diesel renouvelable produit par hydrogénation (DRPH) et les biocarburants de seconde génération, supplante toute l'énergie fossile qui reste dans les réserves d'essence et de diesel.

Même si les biocarburants conventionnels tels l'éthanol et le biodiesel sont aujourd'hui produits à grande échelle, leur utilisation sous leur forme pure (c.-à-d. non mélangés) exige des modifications prononcées aux moteurs existants et produit un rendement médiocre par mauvais temps. Une option plus prometteuse pour décarboniser l'utilisation de carburants liquides est le recours aux carburants « interchangeables » qui peuvent complètement être substitués aux produits dérivés du pétrole. Ces carburants ne nécessitent aucun changement dans le transport et la distribution des carburants, ni dans les moteurs à combustion interne.

Le diesel renouvelable produit par hydrogénation (DRPH) représente pratiquement la totalité de la capacité de production mondiale actuelle de carburants interchangeables renouvelables. Comme les matières premières de ce type de carburant sont en fin de compte limitées (huiles végétales et graisses animales), la capacité du Nouveau-Brunswick de s'approvisionner de suffisamment de ces matières en vertu de n'importe quel scénario de décarbonisation à l'échelle mondiale ou à l'échelle de l'Amérique du Nord pourrait être limitée.

Au cours de l'avenir, les biocarburants de « seconde génération » comme l'essence et le diesel renouvelables qui sont produits par des procédés thermochimiques (pyrolyse ou gazéification) offrent une possibilité de stimuler l'approvisionnement tout en étant moins limités par la disponibilité des matières premières. Les matières utilisées dans le cadre des processus de production pertinents comprennent la biomasse lignocellulosique (p. ex. résidus agricoles et forestiers), les algues, les eaux usées ou les cultures énergétiques spécialisées comme le panic raide. À l'heure actuelle, la conversion thermochimique se limite principalement à des installations d'essai et de démonstration.

- **La technologie des piles à hydrogène pourrait être attrayante pour la décarbonisation des véhicules lourds, des trains et des navires.** La consommation d'hydrogène pour le transport augmente, passant d'essentiellement zéro en 2020 à entre 2 et 3 PJ en 2050.

L'emploi de l'hydrogène comme carburant de transport nécessite des changements par rapport à l'offre et à la demande d'énergie. Pour ce qui est de l'offre, on peut produire de l'hydrogène par électrolyse sur une base décentralisée (production à petite échelle dans des stations de ravitaillement individuelles). La partie 3.3.3 passe en revue la production d'hydrogène.

L'hydrogène pourrait être particulièrement attrayant pour les modes de transport difficiles à électrifier, tel le camionnage à longue distance, le transport ferroviaire et le transport maritime. En 2050, les véhicules à pile à hydrogène représentent 27 % des véhicules lourds sur les routes dans le contexte des scénarios du PRE et de la carboneutralité.

### 3.2.3. Industrie

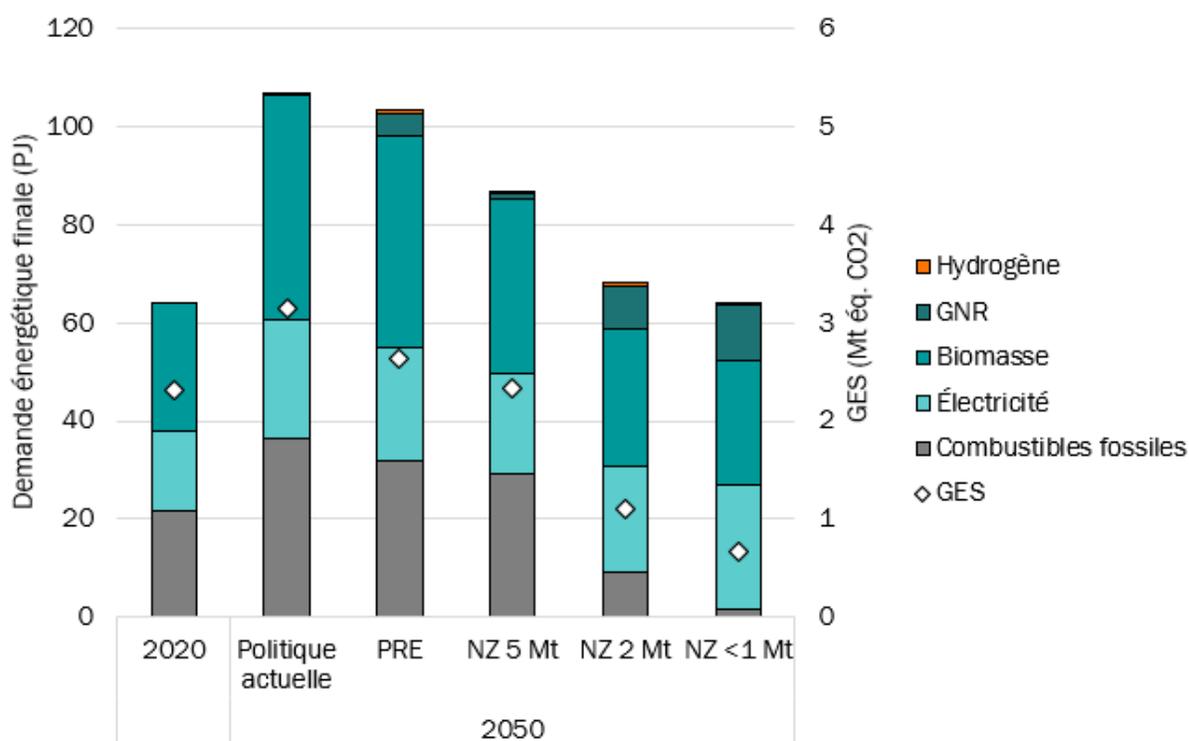
L'industrie (notamment l'industrie lourde, l'industrie légère, la construction et les ressources forestières<sup>7</sup>) a produit 1,1 Mt d'émissions en 2020. Les émissions en question sont associées à la combustion de combustibles fossiles pour la fourniture de

---

<sup>7</sup> Le raffinage du pétrole et les autres secteurs associés à l'approvisionnement en énergie ne sont pas inclus.

la chaleur et de l'énergie nécessaires à la production de produits comme les pâtes et papiers, la nourriture, la chaux et le gypse. La production de la chaux génère en plus des émissions des procédés associées à la calcination du calcaire (bien que ces émissions soient relativement modestes, représentant environ 0,02 Mt).

Figure 9. Consommation d'énergie industrielle et émissions.



La figure 9 illustre l'évolution de la consommation de combustibles au sein de l'industrie entre 2020 et 2050 en vertu de divers scénarios.

- **La biomasse demeure la principale source d'énergie à faible émission de carbone en raison de son utilisation dans le secteur des pâtes et papiers.** Au fur et à mesure que le recours à l'énergie fossile diminue dans le cadre des scénarios de carboneutralité, la biomasse représente une part plus importante que jamais de l'énergie industrielle utilisée.
- **La consommation d'électricité augmente dans le cadre de tous les scénarios de carboneutralité.** La consommation d'électricité passe de 16 PJ en 2020 à entre 21 et 25 PJ en 2050. Nous constatons en particulier que les thermopompes industrielles deviennent une option attrayante pour la décarbonisation de la production de chaleur de faible température. Cette technologie peut répondre aux besoins en chaleur industrielle à basse température convenant à la fabrication de produits alimentaires

et d'autres secteurs de fabrication légère. Elle représente près de 40 % de l'alimentation en chaleur à basse température en 2050 dans le contexte de la carboneutralité.

Les thermopompes sont généralement plus coûteuses à installer, mais elles réduisent les coûts énergétiques. Dans les scénarios permettant au Nouveau-Brunswick de devenir carboneutre, les thermopompes industrielles répondent pratiquement à tous les besoins de chaleur à basse température. Les chaudières électriques peuvent servir à l'alimentation en chaleur de température supérieure.

- **L'emploi du gaz naturel renouvelable supplante l'utilisation de l'énergie fossile dans les applications plus difficiles à électrifier.** La consommation de gaz naturel renouvelable augmente en vertu de tous les scénarios de carboneutralité, passant de zéro en 2020 à entre 1 et 11 PJ en 2050. La combustion de GNR (et de biomasse) contribue à l'alimentation en chaleur industrielle à haute température dont a besoin l'industrie. Pour ce qui est de son utilisation dans les autres secteurs de l'industrie, le GNR offre l'avantage de pouvoir être employé dans les appareils conventionnels sans modification.

Finalement, nous constatons que l'emploi des biocarburants et de l'hydrogène, qui est plus limité que celui des autres combustibles cités aux présentes, est principalement associé à l'utilisation de machines dans les domaines de l'extraction minière, de l'agriculture, de l'exploitation forestière et de la construction. La partie 3.3.2 analyse de façon plus poussée le secteur des transports.

### 3.3. Approvisionnement en énergie et émissions

Comme décrit ci-dessus, l'atteinte de la carboneutralité exige le recours à plusieurs vecteurs énergétiques à faible émission de carbone, notamment l'électricité, la bioénergie et l'hydrogène. La demande à cet égard est comblée par une combinaison de la production intérieure et des importations.

Dans le contexte des scénarios de carboneutralité, la production intérieure d'électricité, de bioénergie et d'hydrogène augmente.

- La production d'électricité grimpe, passant de 43 PJ (12 TWh) en 2020 à 60 PJ (17 TWh) en 2050. Parallèlement, le mode de production de l'électricité change substantiellement, réduisant le recours aux combustibles fossiles au profit des ressources renouvelables, du nucléaire et de la bioénergie.

- La production de bioénergie sous toutes ses formes, prend de l'expansion, notamment par le truchement de l'offre de biomasse solide provenant des activités agricoles et forestières, ainsi que de l'émergence éventuelle de nouveaux secteurs d'approvisionnement en combustibles renouvelables liquides et gazeux.
- La production d'hydrogène (servant de vecteur énergétique plutôt que de matière première) passe d'un faible niveau initial à plus de 3 PJ. Un tel approvisionnement est en grande partie assuré grâce à l'électrolyse.

Parallèlement à l'augmentation de l'approvisionnement en combustibles à faible émission de carbone, la production de produits pétroliers raffinés (PPR) au Nouveau-Brunswick chute dans le cas de tous les scénarios de carboneutralité. L'approvisionnement est particulièrement sensible au niveau de l'effort de réduction des émissions dans le reste de l'Amérique du Nord (par opposition à la politique en place au Nouveau-Brunswick), qui influe sur la demande de PPR.

Les lignes qui suivent traitent de la production de chaque vecteur énergétique à faible émission de carbone à tour de rôle.

### 3.3.1. Électricité

Le secteur de l'électricité joue un rôle important dans toutes les trajectoires vers la carboneutralité. Non seulement le secteur doit-il se décarboniser lui-même, mais il doit aussi assurer un approvisionnement de quantités accrues d'électricité pour permettre l'électrification des secteurs de l'immobilier, des transports et de l'industrie.

Dans le contexte des scénarios carboneutres, la production d'électricité passe de 12 TWh en 2020 à environ 17 TWh en 2050<sup>8</sup>. La figure 10 et la figure 11 fournissent des détails supplémentaires au sujet de l'évolution de la capacité et de la production d'électricité en vertu des scénarios de la politique actuelle, du PRE et de la carboneutralité.

Même les prévisions relatives à la politique actuelle supposent des changements marquants dans le secteur de l'électricité du Nouveau-Brunswick. Les émissions diminuent de 3,5 Mt en 2020 à 1,6 Mt en 2050 en raison de divers facteurs, dont les politiques (en particulier l'élimination graduelle du charbon), des facteurs économiques (le coût élevé de production à partir du pétrole comparativement aux coûts décroissants

---

<sup>8</sup> Nous utilisons les TWh dans le cas de l'électricité parce qu'il s'agit d'un indicateur répandu, mais nous utilisons les PJ dans les autres secteurs. Un (1) TWh équivaut à 3,6 PJ.

des énergies renouvelables et du stockage) et la géographie (qui limite la disponibilité du gaz naturel).

Dans les scénarios du PRE et de la carboneutralité, les émissions chutent à près de zéro en 2035, en raison du projet de *Règlement sur l'électricité propre*. Les technologies, les combustibles et les mesures qui suivent permettent de répondre à la demande d'électricité à faible émission du Nouveau-Brunswick dans le contexte de tels scénarios.

- **Ressources renouvelables.** L'énergie éolienne représente la majeure partie des augmentations de la capacité en vertu des scénarios de carboneutralité. La production éolienne quadruple, passant de 1,1 TWh en 2020 à plus de 4 TWh en 2050. Une quantité plus modeste d'énergie solaire est déployée, soit plus de 0,1 TWh en 2050, bien que ce pourrait être plus selon le coût et le rendement futurs de l'énergie solaire photovoltaïque.
- **Énergie nucléaire.** La production d'énergie nucléaire croît de 3,6 TWh grâce au déploiement de petits réacteurs modulaires (PRM) représentant une capacité de 400 MW d'ici 2035 et au remplacement du potentiel de Point Lepreau (660 MW) au cours des années 2040, suivant les plans provinciaux actuels. L'énergie nucléaire est attrayante parce qu'elle constitue une source d'énergie garantie. En l'absence d'obtention d'un potentiel nucléaire neuf ou du remplacement du potentiel existant – les PRM pourraient être ou ne pas être commercialement rentables avant le début des années 2030 –, un déploiement substantiellement plus poussé des énergies renouvelables est anticipé.
- **Gaz naturel renouvelable.** Le gaz naturel renouvelable représente environ 70 % de la consommation de combustibles gazeux en vertu des scénarios de carboneutralité (6 PJ) et il sert à la production de 0,7 TWh d'électricité par an. Il provient de sites d'enfouissement du Nouveau-Brunswick ainsi que d'importations (voir la partie 3.3.2). Le gaz naturel renouvelable peut être transporté au moyen des gazoducs existants et être utilisé dans les turbines conventionnelles sans modification.
- **Stockage dans des batteries.** Le stockage de l'électricité rend les ressources renouvelables plus attrayantes et réduit la capacité thermique requise. Les scénarios de carboneutralité prévoient le stockage de 8,5 à 15,5 GWh ou 700 à 1 000 MW d'électricité d'ici 2050. Cela englobe le stockage de courte durée (piles lithium-ion de quatre heures) et le stockage de durée supérieure (piles à circulation).
- **Importations.** Les importations nettes doublent, en gros, au cours de la période de prévision, passant de 1,6 TWh en 2020 à plus de 3 TWh en 2050. L'expansion des interconnexions, que n'explore pas notre analyse, pourrait faciliter davantage l'augmentation des importations d'électricité à faible émission de carbone du Québec et de Terre-Neuve-et-Labrador.

Figure 10. Potentiel électrique selon le scénario, en 2020, 2035 et 2050.

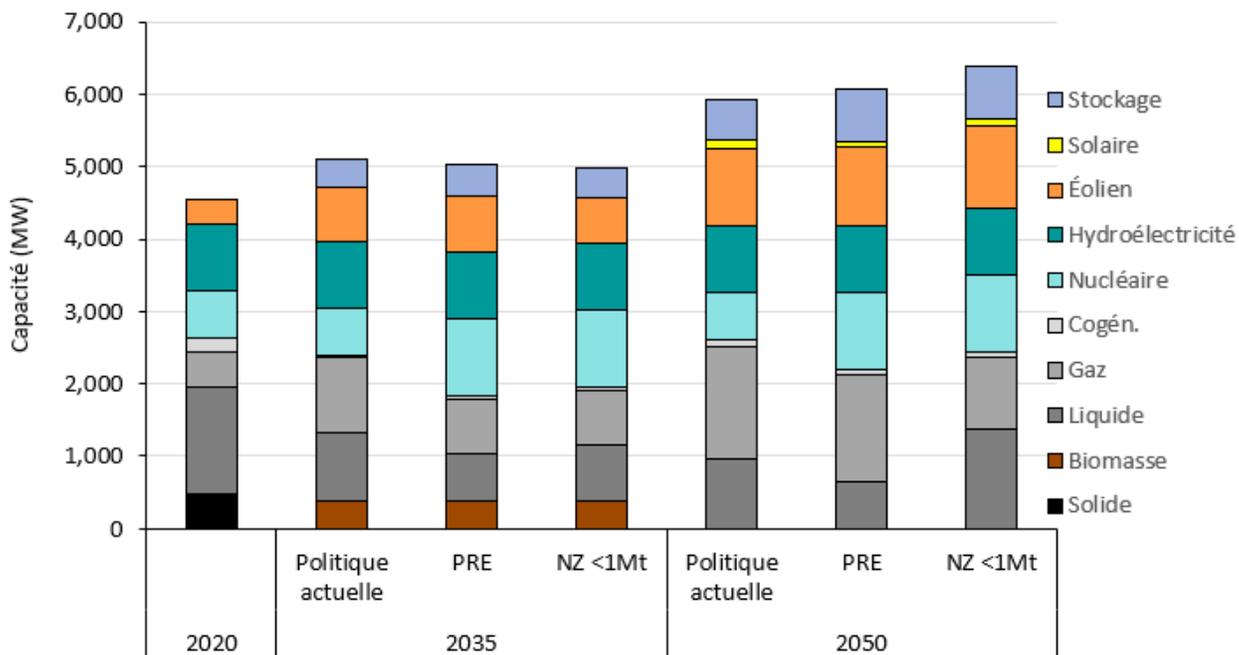
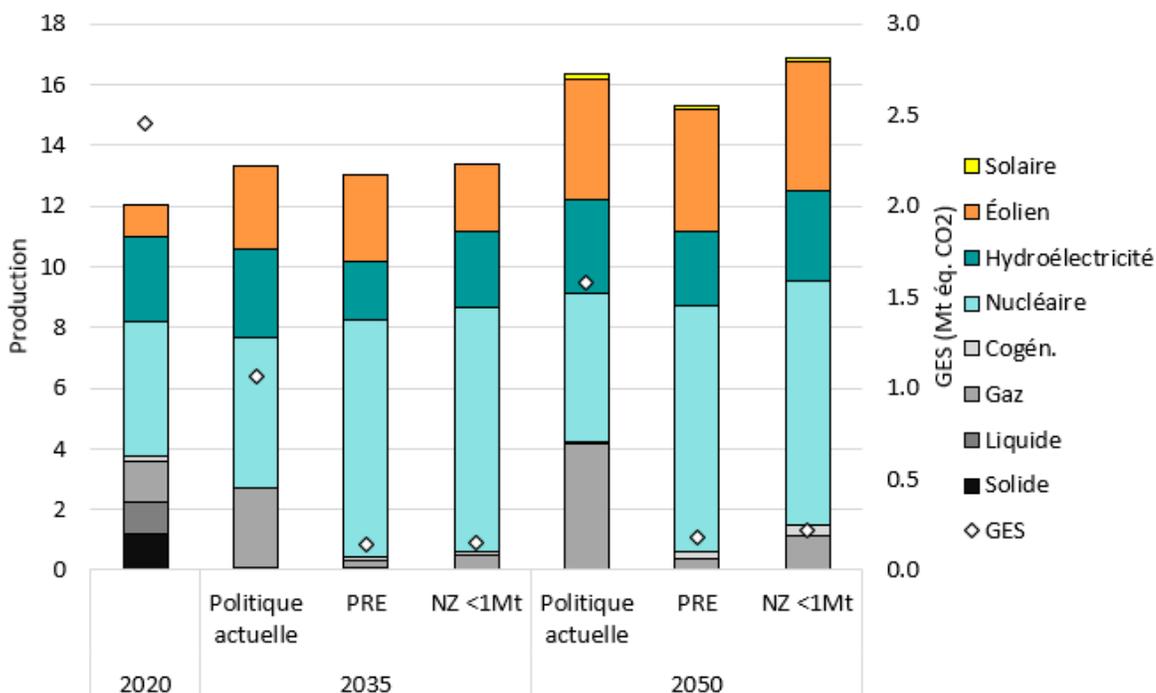


Figure 11. Production d'électricité et émissions selon le scénario, en 2020, 2035 et 2050.



Malgré la mise en valeur de nouvelles sources d'électricité à faible émission de carbone décrites ci-dessus, nous constatons que le potentiel thermique paraît intéressant pour le Nouveau-Brunswick, même dans le contexte d'un avenir carboneutre. Le potentiel pétrolier diminue dans une certaine mesure, mais le potentiel gazier augmente. En 2050, la capacité thermique est comparable à la capacité installée actuelle.

La capacité thermique demeure précieuse pour maintenir la fiabilité du réseau et peut se conjuguer à une décarbonisation prononcée lorsque l'utilisation de la capacité est faible, lorsqu'on utilise des combustibles renouvelables (comme du GNR) et lorsque les émissions résiduelles sont compensées (voir la partie 3.5).

Outre les solutions évoquées dans notre analyse, d'autres options sobres en carbone s'offrent pour répondre à la demande d'électricité :

- **Un déploiement des ressources renouvelables et un stockage accru.** Le scénario des ressources renouvelables à faible coût, par exemple, permet un stockage supplémentaire de 260 MW d'ici 2050. Nous constatons de plus que si les facteurs de potentiel solaire s'amélioraient (ils demeurent fixes dans notre analyse), l'énergie solaire pourrait, d'un point de vue économique, jouer un rôle accru pour répondre efficacement aux besoins en électricité du Nouveau-Brunswick.
- **Un déploiement nucléaire accru.** Le potentiel nucléaire pourrait être déployé au-delà des 1040 MW (Point Lepreau plus PRM de 400 MW d'ici 2035) présumés dans notre analyse. Les PRM pourraient, par contre, être ou ne pas être commercialement rentables avant le début des années 2030 et leur coût demeure hautement indéterminé.
- **Le captage et le stockage de carbone.** Une telle technologie pourrait être intéressante s'il existait des possibilités de stockage géologique dans la province. Nous constatons que la combustion de GNR, conjuguée au captage de carbone, pourrait permettre au secteur de l'électricité de faire état d'émissions négatives.
- **Le déplacement de la charge de la période de pointe.** La charge secondaire permet un « déplacement » de la consommation d'électricité des périodes de pointe de la charge ou des facteurs de faible capacité des ressources renouvelables. Le déplacement de la charge de la période de pointe a des effets à deux niveaux. Il peut premièrement déplacer la consommation de l'électricité vers des périodes de disponibilité supérieure des ressources renouvelables. Deuxièmement, il peut déplacer la consommation en dehors de la période pointe de pointe. Dans les deux cas, il gère l'intermittence en réduisant l'ampleur de la capacité disponible nécessaire pour répondre à une pointe anticipée ou effective de la demande.

### 3.3.2. Bioénergie

La bioénergie constitue une trajectoire importante pour la décarbonisation de plusieurs secteurs de l'économie. Les combustibles renouvelables interchangeables, en particulier, comme le diesel renouvelable produit par hydrogénation, permettent une décarbonisation des véhicules de transport conventionnels sans modification. De plus, le gaz naturel renouvelable et la biomasse solide peuvent contribuer à la décarbonisation de l'industrie, de l'immobilier et de l'électricité.

La demande grandissante de bioénergie nous offre la possibilité de stimuler l'approvisionnement intérieur, qui prend de l'ampleur en vertu de tous les scénarios de carboneutralité.

- La fabrication de bioénergie liquide grimpe à 25 PJ en 2050. Cela représente, selon le scénario, jusqu'à la moitié des besoins en biocarburants du Nouveau-Brunswick.
- La production de bioénergie gazeuse (c.-à-d. le gaz naturel renouvelable ou GNR) est limitée par la disponibilité de la matière première. On produit moins de 1 PJ à partir des sites d'enfouissement et au moyen de digesteurs anaérobies. Le GNR qui reste est importé de sources de déchets et de produits agricoles des États-Unis, où les matières premières disponibles sont infiniment plus considérables.
- L'approvisionnement en biomasse solide des secteurs de l'exploitation forestière et de l'agriculture demeure une source importante d'énergie pour la fabrication du papier et d'autres secteurs industriels.

La production intérieure de bioénergie, combinée aux importations, permet une décarbonisation complète des combustibles liquides et gazeux au Nouveau-Brunswick:

- Les biocarburants conventionnels (éthanol et biodiésel) sont mélangés en portions relativement restreintes, limitées par la nécessité d'une modification des moteurs des véhicules pour la consommation de mélanges plus costauds.
- Le diesel renouvelable produit par hydrogénation (DRPH) est un carburant interchangeable produit à partir de graisses impropres à la consommation et d'huiles végétales, comme l'huile de colza. C'est le principal carburant employé pour la décarbonisation des réserves de diesel.
- Les biocarburants de seconde génération (essence renouvelable et diesel renouvelable produits par conversion thermochimique de matières herbeuses et ligneuses comme des déchets forestiers et agricoles) sont eux aussi des carburants interchangeables et ils représentent le reste des réserves de carburants liquides dans le cadre des scénarios de carboneutralité.

### 3.3.3. Hydrogène

L'hydrogène est un vecteur énergétique à faible émission de carbone utile pour la décarbonisation des modes de transport difficiles à électrifier, tels, principalement, les véhicules lourds, le transport ferroviaire, le transport maritime et possiblement une partie du transport aérien.

Contrairement à ce qui advient dans le cas des autres vecteurs énergétiques à faible émission de carbone, la demande d'hydrogène est exclusivement comblée par la production intérieure. Cela s'explique par le fait que l'expédition d'hydrogène est dispendieuse parce qu'il s'agit d'un combustible de faible densité et hautement explosif.

La production intérieure d'hydrogène (comme vecteur énergétique) passe essentiellement de zéro en 2020 à environ 3 PJ en 2050. Il est produit par électrolyse, un procédé au cours duquel on a recours à l'électricité pour séparer l'hydrogène et l'oxygène de l'eau. Ce procédé s'inscrit dans une approche de production décentralisée (c.-à-d. production à petite échelle dans des stations de ravitaillement individuelles).

Les options de ravitaillement de recharge s'appuient en général sur une production centralisée à l'échelle, comme le reformage du méthane à la vapeur du gaz naturel combiné au captage de carbone, au stockage (qui nécessite un milieu géologique qui convient) et à la gazéification de la biomasse (qui requiert des changements technologiques).

Il est à noter que la présente analyse s'attarde sur les options de réduction des GES au Nouveau-Brunswick et que nous n'avons pas considéré le potentiel d'exportation d'hydrogène à l'extérieur de l'Amérique du Nord.

## 3.4. Émissions non énergétiques

La majorité des émissions de GES du Nouveau-Brunswick sont associées à l'approvisionnement en énergie et à son utilisation. Environ 1,5 Mt proviennent toutefois de sources non énergétiques, notamment les déchets, l'utilisation de procédés et de produits industriels, et l'agriculture (figure 12).

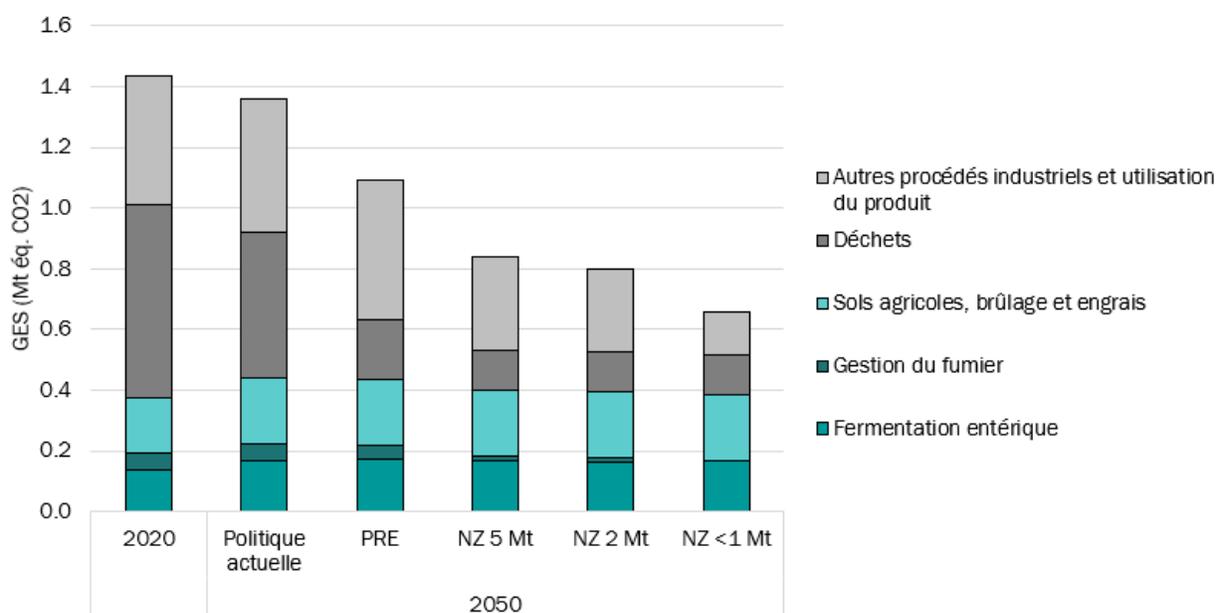
Notre analyse révèle qu'on peut réduire les émissions non énergétiques, mais qu'on ne peut pas les éliminer.

- Les émissions liées aux déchets diminuent d'environ 80 % (par rapport aux niveaux d'aujourd'hui) grâce au captage et à la combustion de biogaz pour l'obtention d'électricité et de chaleur.

- Les émissions des autres procédés et produits industriels diminuent d'environ 70 %, en grande partie grâce à une réduction du recours aux hydrofluorocarbones.
- Les émissions agricoles (de sources non énergétiques) demeurent relativement stables. On peut abondamment réduire les émissions de gestion du fumier au moyen de digesteurs anaérobies, mais on ignore quelles sont au juste les possibilités de réduction des émissions des sols agricoles et de la fermentation.

Les sections qui suivent explorent les options de réduction des émissions non énergétiques. Ces options sont en général moins bien comprises et définies que les options de réduction des émissions énergétiques. Il s'ensuit que certaines sources d'émissions non énergétiques devraient probablement faire l'objet de mesures de compensation pour l'atteinte de la carboneutralité.

Figure 12 Émissions non énergétiques.



### 3.4.1. Agriculture

Les options de réduction des émissions agricoles au Nouveau-Brunswick sont moins bien comprises que celles visant les émissions énergétiques. La présente analyse est en conséquence principalement qualitative. La seule option d'atténuation applicable à l'agriculture explicitement simulée dans notre analyse est l'adoption de la digestion anaérobie pour réduire les émissions attribuables à la gestion du fumier. Nous disposons de renseignements insuffisants pour paramétrer les options d'atténuation applicables à la fermentation entérique ou aux sols agricoles.

La présente section est fondée sur des travaux de Colombie-Britannique ayant révélé qu'on pouvait réduire les émissions agricoles non énergétiques de 13 % en 2030 (par rapport à ce qu'elles auraient autrement été)<sup>9</sup>. Nous constatons que nombre des options de réduction des émissions examinées dans l'étude de la C.-B. seront vraisemblablement accessibles, dans une certaine mesure, au Nouveau-Brunswick. Le potentiel d'atténuation et son coût sont toutefois indéterminés, car ils dépendent considérablement des types d'agriculture (les cultures pratiquées) et des conditions locales des sols. Les références aux données de la C.-B. sont par conséquent seulement fournies dans un contexte général.

Le tableau 1 résume les options d'atténuation possibles qui s'offrent pour la réduction des différents types d'émissions non énergétiques qui avaient été incluses dans l'étude de la C.-B. Nous analysons ces options ci-après.

---

<sup>9</sup> Navius Research. *Informing a strategy for reducing agricultural greenhouse gas emissions in British Columbia*, rapport préparé à l'intention de l'Investment Agriculture Foundation, 2021.  
<https://www.naviusresearch.com/publications/greenhouse-gas-emissions/>

Tableau 1 Mesures d'atténuation possibles en ce qui a trait à l'agronomie et au bétail.

Mesure d'atténuation	Fermentation entérique	Gestion du fumier	Sols agricoles	UTCATF
<b>Agronomie</b>				
Gestion des éléments nutritifs – 4 R			X	
Cultures de couverture			X	X
Inhibiteurs de nitrification			X	
Plantation de vivaces ligneuses et préservation des forêts				X
<b>Bétail</b>				
Additifs à aliments pour bétail	X			
Pâturage en rotation	X			X
Digestion anaérobie		X		
Mise en compost du fumier		X		

## Agronomie

Les options de réduction des émissions associées à l'agronomie englobent

- **la gestion des éléments nutritifs en vertu des 4 R.** L'amélioration de la précision de l'épandage d'un engrais azoté peut réduire les émissions de N<sub>2</sub>O émanant des sols agricoles. Les meilleures pratiques d'aménagement prévoient l'épandage 1) de la bonne quantité d'engrais provenant de 2) la bonne source au 3) bon moment et 4) au bon endroit. Le potentiel d'atténuation et son coût dépendent considérablement de la nature des cultures et des sols en question. Dans l'analyse de la C.-B., l'atténuation éventuelle a varié de 0,03 à 0,12 t d'émissions de CO<sub>2</sub> par hectare et par an, à un coût de 158 \$/t à 264 \$/t.
- **les cultures de couverture.** On plante des cultures de couverture pour couvrir le sol plutôt que pour les récolter. Elles peuvent réduire les émissions de gaz à effet de serre en accroissant le carbone organique du sol et en réduisant les émissions de N<sub>2</sub>O. Ce genre d'intervention pourrait réduire tant les émissions des sols agricoles

que les émissions de l'UTCTAF. Le potentiel d'atténuation et son coût sont fonction de la culture et du type de sol. Les auteurs de l'analyse de la C.-B. ont estimé que la réduction obtenue pourrait représenter 1,63 t d'émissions de CO<sub>2</sub> par hectare annuellement à un coût de 24 à 38 \$/t.

- **les inhibiteurs de nitrification.** On peut ajouter des inhibiteurs de nitrification aux engrais pour supprimer le processus de nitrification dans le sol et réduire les émissions de N<sub>2</sub>O. L'analyse de la C.-B. a considéré un type particulier d'inhibiteur de nitrification, le dicyandiamide (DCD), pour la production de grandes cultures. Le coût de cette mesure d'atténuation s'est chiffré entre 259 et 329 \$/t et la mesure a réduit les émissions de 0,08 à 0,16 t d'émissions de CO<sub>2</sub> par hectare annuellement, selon le type de culture.
- **la plantation de vivaces ligneuses.** Une telle intervention s'inscrit davantage dans l'analyse des solutions naturelles exposées en 3.5.1, mais nous la mentionnons ici par souci d'exhaustivité (elle s'inscrivait dans la portée de l'étude de la C.-B.). Les vivaces ligneuses comme les arbres et les arbustes peuvent atténuer les émissions de gaz à effet de serre en séquestrant le CO<sub>2</sub> atmosphérique. Au fur et à mesure que croissent les arbustes et les arbres, leur taux de séquestration augmente jusqu'à ce qu'ils atteignent la maturité ou soient coupés. Dans l'étude de la C.-B., cette mesure d'atténuation prévoyait la plantation de vivaces ligneuses aux fins de l'établissement 1) de zones tampons végétales sur des terres cultivées (c.-à-d. le long de lisières de champs d'exploitations agricoles) et 2) de zones tampons riveraines (c.-à-d. le long de voies navigables).

## Bétail (fermentation entérique)

Les options qui s'offrent pour la réduction des émissions du bétail associées à la fermentation entérique comprennent

- **les additifs à aliments pour bétail.** Les additifs à aliments pour bétail peuvent réduire le méthane associé à la fermentation entérique. Le 3-nitrooxypropanol (3NOP), par exemple, est un composé synthétique qui empêche les bactéries méthanogènes de réaliser l'étape finale de la production de méthane dans le rumen du bétail. L'analyse de la C.-B. a révélé que le recours aux additifs pouvait réduire les émissions de la fermentation entérique de 1,1 kt d'émissions de CO<sub>2</sub> par millier de têtes de bétail annuellement à un coût de 8 à 58 \$/t.
- **le pâturage en rotation.** Le pâturage en rotation est la pratique consistant à faire circuler le bétail dans plusieurs enclos distincts. Une telle rotation peut, comparativement au pâturage dans un seul enclos, accroître la croissance de la végétation et le carbone organique du sol. L'analyse relative à la C.-B a révélé que la pratique en question pouvait réduire les émissions de 1,1 t d'émissions de CO<sub>2</sub> par

hectare annuellement (se répartissant en gros entre une réduction des émissions de la fermentation entérique et des émissions de l'UTCTAF) à un coût de 16 à 33 \$/t.

### Gestion du fumier (du bétail)

Les options de réduction des émissions du bétail associées à la gestion du fumier comprennent

- **la digestion anaérobie.** Les résidus organiques comme le fumier et les résidus de culture peuvent servir à la production de gaz naturel renouvelable par le truchement du processus de la digestion anaérobie. La digestion anaérobie capte les émissions du fumier et réduit en conséquence les émissions du bétail. Le méthane capté est ensuite transformé en gaz naturel renouvelable (GNR) et il peut supplanter le gaz naturel ailleurs au sein de l'économie. Même si la combustion du GNR génère des émissions de carbone, ce dernier est produit à partir de déchets qui auraient autrement libéré du méthane dans l'atmosphère. Le méthane présente un potentiel de réchauffement de la planète environ 30 fois supérieur à celui du dioxyde de carbone au cours d'une période de 100 ans.
- **la mise en compost du fumier.** Le compostage est un mode de stockage du fumier de rechange permettant de réduire les émissions de gaz à effet de serre. Le compostage aérobie, plus particulièrement, réduit la quantité de CH<sub>4</sub> produit par décomposition aérobie des matières organiques.

Les trajectoires vers la carboneutralité de notre analyse prévoient une élimination complète des émissions de la gestion du fumier par l'adoption des digesteurs anaérobies.

### 3.4.2. Déchets

Les déchets ont représenté 0,7 Mt d'émissions en 2020. La majorité de ces émissions (86 %) sont associées aux sites d'enfouissement dans lesquels la décomposition des matières organiques produit du méthane.

Dans le contexte des scénarios carboneutres, les émissions des déchets diminuent à une quantité négligeable à la suite du captage du méthane, qui est ensuite utilisé comme source d'énergie (gaz naturel renouvelable) dans d'autres secteurs de l'économie, notamment pour la production d'électricité. La partie 3.3.2 fournit de plus amples renseignements sur la quantité de GNR produit à partir des sites d'enfouissement dans un environnement carboneutre.

Nous avons constaté que le détournement des déchets organiques est une autre option qui s'offre pour l'atténuation des émissions des déchets, mais cette option n'a pas été incluse dans notre analyse.

## 3.5. Élimination du gaz carbonique

L'élimination du gaz carbonique (EGC) consiste à prélever le carbone de l'atmosphère et à l'entreposer dans des produits ou des réservoirs géologiques, terrestres ou océaniques.

Pour parvenir à la carboneutralité, l'EGC doit contrebalancer les émissions résiduelles. Toutes les trajectoires considérées dans le plus récent rapport d'évaluation du GIEC, par exemple, avançaient qu'un réchauffement de la planète limité à 1,5 °C avec ou sans dépassement nécessitait un recours à l'échelle de la planète substantiel à l'EGC, de l'ordre de 20 à 660 Gt d'émissions de CO<sub>2</sub> au cours du 21<sup>e</sup> siècle<sup>10</sup>.

L'EGC peut prendre maintes formes, des technologies nouvelles aux pratiques d'aménagement des terres. En gros, les options d'EGC comprennent

- des solutions naturelles ayant recours à la photosynthèse pour supprimer le CO<sub>2</sub> de l'atmosphère et le stocker dans le bois et le sol;
- des solutions technologiques accélérant ou imitant des processus naturels pour éliminer le CO<sub>2</sub> de l'atmosphère;
- des solutions océaniques facilitant la mise en place de mécanismes de décarbonisation océaniques.

Nous analysons ci-dessous deux options qui pourraient être accessibles pour aider le Nouveau-Brunswick à atteindre ses objectifs de neutralité en matière de gaz à effet de serre : les solutions naturelles et l'extraction directe dans l'air (une solution technologique prépondérante). Des mesures de compensation d'EGC océaniques pourraient en outre s'offrir au Nouveau-Brunswick, mais de telles mesures se situent hors de la portée de notre projet et nous ne les avons pas analysées plus à fond<sup>11</sup>.

---

<sup>10</sup> GIEC. « Summary for Policymakers ». Dans *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [P.R. Shukla, J. Skea, R. Slade, A. Al Khourdajie, R. van Diemen, D. McCollum, M. Pathak, S. Some, P. Vyas, R. Fradera, M. Belkacemi, A. Hasija, G. Lisboa, S. Luz, J. Malley, (réd.)]. Cambridge University Press, Cambridge, R.-U., et New York, NY, É.-U.. 2022. ION : 10.1017/9781009157926.001

<sup>11</sup> World Resources Institute. *Ocean-based Carbon Dioxide Removal: 6 Key Questions, Answered*, 2022. Accessible au <https://www.wri.org/insights/ocean-based-carbon-dioxide-removal>.

### 3.5.1. Solutions naturelles

Les solutions naturelles d'EGC comprennent une série de mesures de protection, d'amélioration, de gestion et de restauration dans les forêts, les prairies, les secteurs agricoles et les milieux humides.

Une étude de 2021 de Nature United procure l'évaluation la plus complète à ce jour du potentiel d'atténuation de ces types de mesures au Canada<sup>12</sup>. Elle porte sur les « solutions naturelles », lesquelles englobent les avenues possibles pour réduire les GES ainsi que des approches de séquestration de carbone supplémentaire dans les organismes vivants et les sols. L'étude a chiffré à 105 Mt le potentiel annuel de compensation des mesures d'utilisation des terres et d'exploitation forestière d'ici 2050, avec néanmoins une grande marge importante d'incertitude. Cette constatation a guidé les hypothèses formulées dans les analyses nationales de la carboneutralité effectuées au Canada<sup>13</sup>.

L'étude de Nature United fournit une ventilation régionale de certaines trajectoires, mais non de toutes. Les trajectoires chiffrées pour le Nouveau-Brunswick sont indiquées dans le tableau 2; elles totalisent 5,02 Mt par an. Cette quantité n'est toutefois pas représentative du potentiel d'EGC naturel parce qu'elle inclut les émissions évitées des combustibles fossiles.

L'approche de l'amélioration de l'aménagement forestier, en particulier, (totalisant un potentiel de réduction annuel de 4,13 Mt) prévoit la mise en œuvre de trois activités : la conservation des forêts âgées, une meilleure régénération des arbres poussant après la récolte et l'amélioration de l'utilisation du bois. La plus importante de ces activités est la dernière, qui inclut l'avantage relatif aux GES du passage des combustibles fossiles à la biomasse pour la production d'électricité. Les autres aspects (conservation des forêts âgées et meilleure régénération) jouent un rôle beaucoup plus modeste dans le potentiel d'atténuation défini pour le Nouveau-Brunswick.

Le retrait de l'approche de l'amélioration de l'aménagement forestier, qui ne contribue pas de façon marquée au potentiel d'émissions négatives, nous laisse un potentiel de

---

<sup>12</sup> Drever, C. et coll. « Natural climate solutions for Canada », *Science Advances*, 2021, 7 (23). [www.science.org/doi/10.1126/sciadv.abd6034](https://doi.org/10.1126/sciadv.abd6034)

<sup>13</sup> Voir, par exemple, Navius Research. *Un Canada carboneutre d'ici 2050 – Évaluation des trajectoires vers la carboneutralité préparée pour l'Institut canadien pour des choix climatiques*, 2021. <https://choixclimatiques.ca/wp-content/uploads/2021/02/Une-Canada-carboneutre-d-ici-2050.pdf>

réduction de 0,89 Mt par an. Sur ce chiffre, la restauration des marais salés et l'évitement de la conversion de terres en prairies représentent la majeure partie du potentiel de réduction des émissions.

Il faut interpréter ce dernier chiffre avec prudence.

- Premièrement, le degré d'incertitude est élevé.
- Deuxièmement, les avantages relatifs aux émissions sont mesurés par rapport à des données de référence (c.-à-d. qu'ils peuvent être ou ne pas être réellement « négatifs »), ce qui pourrait réduire l'ampleur des avantages signalés par rapport aux émissions.
- Finalement, il existe des avenues de décarbonisation naturelles à propos desquelles nous ne disposons pas de chiffres estimatifs qui pourraient accroître les avantages signalés par rapport aux émissions.

Tableau 2 Potentiel d'atténuation des solutions de décarbonisation naturelles au Nouveau-Brunswick signalé dans l'étude de Nature United.

Approche	Mt d'émissions de CO <sub>2</sub> par an
Amélioration de l'aménagement forestier	4,13
Restauration des marais salés	0,51
Évitement de la conversion de terres en prairies	0,3
Cultures de couverture	0,04
Gestion des éléments nutritifs	0,01
Réduction du travail du sol	0,01
Rétablissement du couvert forestier	0,01
Plantation d'arbres sur les rives	0,01
<b>Total</b>	<b>5,02</b>

Source : Nature United. Canada NCS Mapper, 2021. <https://www.natureunited.ca/what-we-do/our-priorities/innovating-for-climate-change/natural-climate-solutions/>

### 3.5.2. Extraction directe dans l'air

L'extraction directe dans l'air (EDA) tire parti de réactions chimiques pour extraire du CO<sub>2</sub> de l'air. Lorsque l'air circule sur ces substances chimiques, elles réagissent et retiennent du CO<sub>2</sub>. Le CO<sub>2</sub> peut ensuite être injecté dans le sous-sol aux fins de sa séquestration géologique ou être utilisé dans divers produits, comme du béton. L'EDA peut également servir à produire des combustibles synthétiques, qui pourraient être carboneutres (mais non carbonégatifs).

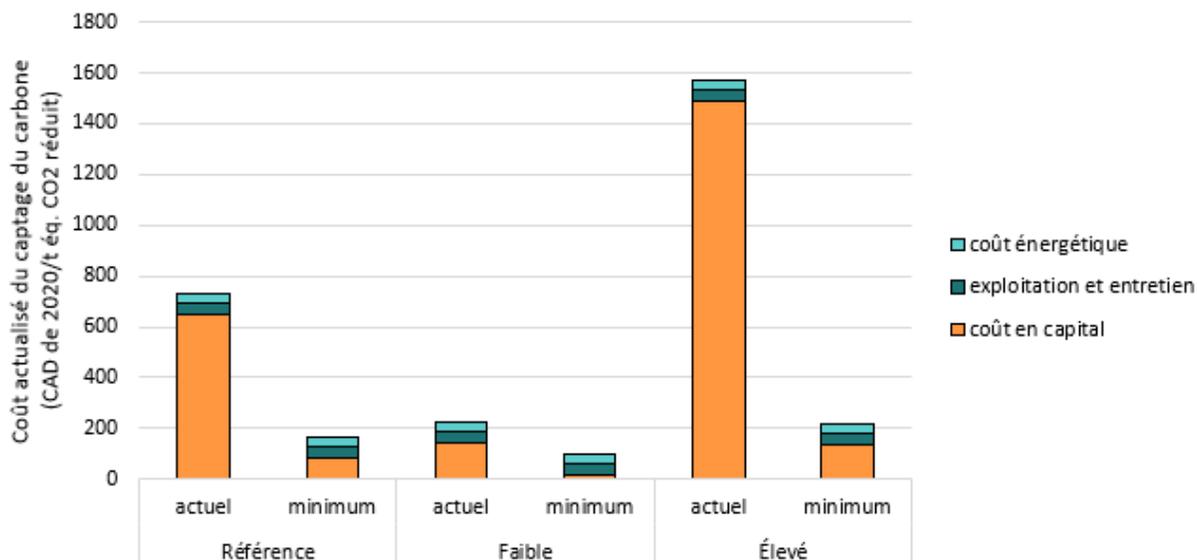
Selon l'Agence internationale de l'énergie, 18 installations d'extraction directe dans l'air étaient en activité dans le monde vers la fin de 2022. La plupart de ces installations fonctionnent à des fins d'essai et de démonstration, mais 11 autres installations au total en sont actuellement à un stade d'aménagement avancé<sup>14</sup>.

La figure 13 résume le coût actualisé estimatif du captage de carbone par EDA, employé pour paramétrer la technologie dans gTech. Les coûts sont aujourd'hui relativement élevés (plus de 410 \$/t), compte tenu de la nature naissante de cette technologie et du faible niveau de déploiement actuel. La stimulation du déploiement de l'EDA pourrait toutefois abaisser les coûts à entre 120 et 217 \$/t au cours de l'avenir.

---

<sup>14</sup> Agence internationale de l'énergie. *Direct air capture*, 2022. <https://www.iea.org/reports/direct-air-capture>

Figure 13. Coût actualisé estimatif du captage de carbone par EDA.



\*Les coûts minimums futurs sont basés sur le captage de 1 557 Mt de CO<sub>2</sub>.

Paramétrisation basée sur : Fasihi et coll. « Techno-economic assessment of CO<sub>2</sub> direct air capture plants », *Journal of Cleaner Production*, 2019, 224, 957-980; Larsen et coll. *Capturing Leadership, Policies for the US to Advance Direct Air Capture Technology*. Rhodium Group, 2019; Keith et coll. « A process for Capturing CO<sub>2</sub> from the Atmosphere », *Joule*, 2018, 2, 1-22. Coûts harmonisés en fonction d'un taux d'actualisation de 15 %, d'une période de 30 ans, d'un prix de l'électricité de 27,13 \$/GJ et d'un prix du gaz naturel de 2,64 \$/GJ (\$ CA de 2020).

L'analyse a abouti à l'adoption de plusieurs centaines de Mt d'EDA dans les scénarios en vertu desquels le Canada devient carboneutre. En d'autres termes, l'EDA pourrait constituer une composante importante d'une stratégie de carboneutralité pour le Canada.

Au Nouveau-Brunswick, l'EDA suffirait pour compenser les sources d'émissions difficiles à décarboniser, y compris dans les procédés agricoles et industriels. Le recours à l'EDA comme stratégie de carboneutralité aurait pour effet de conférer aux émissions du Nouveau-Brunswick (actuellement suivies par le RIN) une certaine valeur positive que contrebalancerait ensuite l'EDA (vraisemblablement effectuée en Alberta ou en Saskatchewan). Une autre option consisterait à ce que le Nouveau-Brunswick achète des crédits d'EDA d'autres provinces, territoires ou États (p. ex. à l'extérieur de l'Amérique du Nord, dans des endroits jouissant d'une disponibilité élevée d'énergie renouvelable et d'un fort potentiel de séquestration géologique).

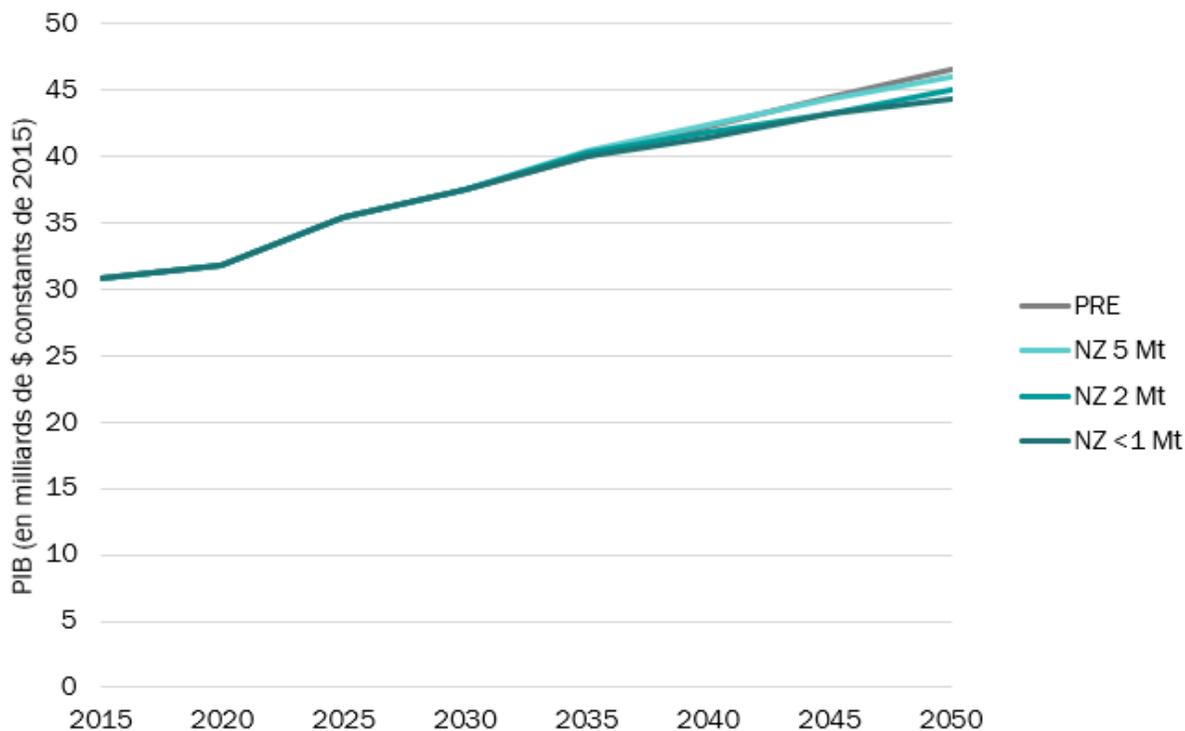
## 3.6. Retombées économiques

L'économie du Nouveau-Brunswick connaît un essor en vertu de tous les scénarios, mais elle croîtrait moins rapidement si la province devenait carboneutre (voir la figure 14). La croissance est plus modeste dans le cas des scénarios carboneutres parce que les entreprises et les ménages doivent engager des coûts supplémentaires pour l'adoption de technologies et de combustibles à faible émission de carbone.

La réduction de la croissance en question fait en sorte que le PIB provincial est inférieur en 2050 de 1,2 à 4,8 % à ce qu'il aurait été en l'absence d'un effort de décarbonisation supérieur (voir la figure 15). Le nombre d'emplois est lui aussi inférieur d'une marge de 2,6 à 4,5 %. Le PIB et les emplois demeurent néanmoins supérieurs en 2020 à ce qu'ils sont aujourd'hui.

Même si l'atteinte de la carboneutralité impose des coûts à certains secteurs, elle s'avère aussi profitable à d'autres. Le secteur de l'électricité, en particulier, bénéficie d'un élan en vertu de tous les scénarios carboneutres grâce à l'électrification de diverses activités au sein de l'économie et à une demande supérieure d'électricité. En 2050, le secteur de l'électricité hausse le PIB provincial de 0,6 %. D'autres secteurs sont en outre appelés à bénéficier de retombées, tel celui de la production de bioénergie et d'hydrogène (voir la partie 3.3).

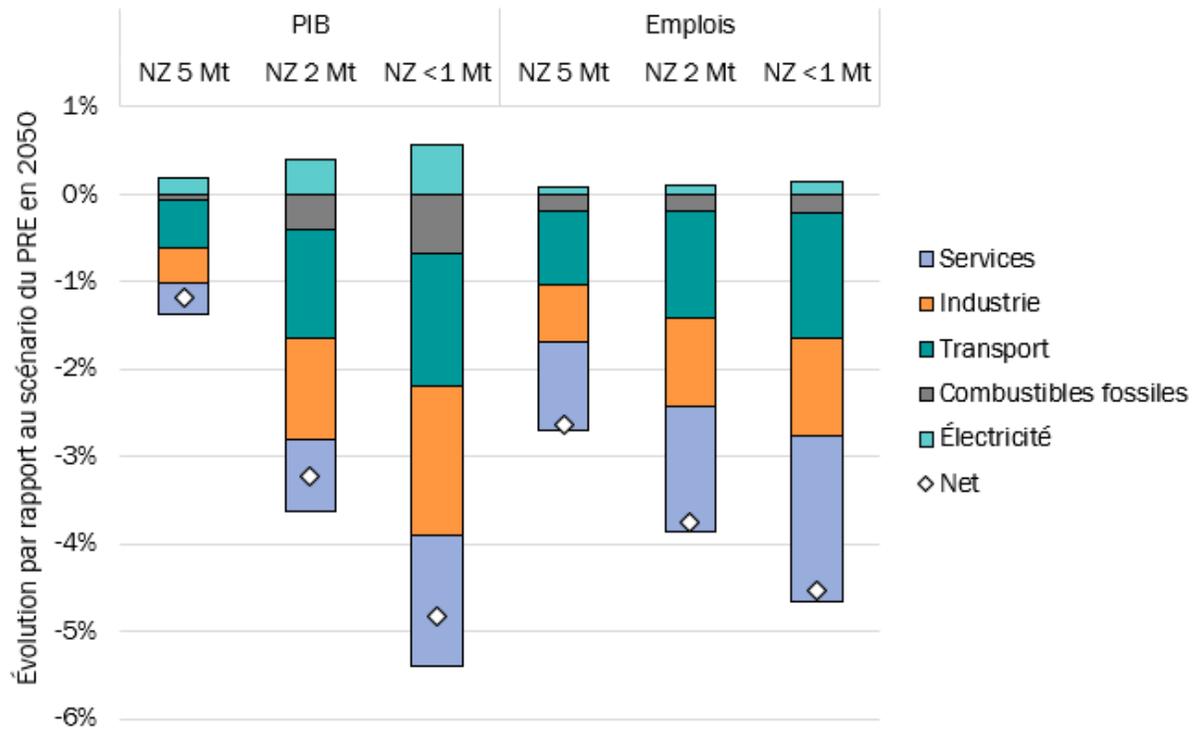
Figure 14. PIB du Nouveau-Brunswick jusqu'en 2050.



Nous ignorons quelle sera au juste l'ampleur de l'impact sur le PIB; celui-ci dépendra des décisions prises au Nouveau-Brunswick (c.-à-d. des politiques qui seront mises en œuvre pour l'atteinte de la carboneutralité) ainsi que de facteurs indépendants de la volonté du gouvernement provincial (p. ex. le coût des technologies et combustibles à faible émission de carbone émergents, la demande d'hydrogène des marchés d'exportation, etc.).

Il est à noter que les retombées économiques exposées aux présentes ne tiennent pas compte des avantages liés aux changements climatiques évités.

Figure 15. Incidence de l'atteinte de la carboneutralité sur le PIB et les emplois en 2050.



## 4. Conclusion

La présente étude a examiné comment les émissions de GES du Nouveau-Brunswick pourraient changer en réponse aux politiques existantes et annoncées jusqu'en 2050. Elle a également exploré comment la province pourrait bénéficier de réductions des émissions supplémentaires dans le cadre des engagements provinciaux et fédéraux pris à l'égard de la carboneutralité.

Les émissions provinciales devraient continuer à fléchir en raison d'un vaste éventail de politiques provinciales et fédérales. Les changements technologiques continus rendent par ailleurs plus attrayants les technologies et les combustibles à faible émission de carbone, depuis les batteries électriques aux thermopompes.

Les politiques existantes suscitent une baisse de 10,4 Mt en 2030, puis une légère remontée jusqu'en 2050. Si les politiques modélisées dans le PRE étaient entièrement mises en œuvre, les GES pourraient diminuer davantage à 6 Mt en 2050.

Même si une politique énergétique s'avère nécessaire pour une décarbonisation complète de l'économie de la province, notre analyse constate que l'atteinte de la carboneutralité est réalisable. Elle définit tout un éventail de technologies, de combustibles et de mesures dont l'adoption à l'échelle de l'ensemble de l'économie permettrait à la province d'atteindre ses objectifs par rapport aux émissions.

Tous les scénarios de carboneutralité examinés dans la présente analyse entraîneront

1. une substitution de l'utilisation de l'énergie fossile dans les bâtiments, les transports et l'industrie par de l'énergie à faible émission de carbone, notamment l'électricité, la bioénergie et l'hydrogène. Le degré de substitution requis dépend du potentiel de compensation (voir le point 4 ci-dessous), mais donnera en théorie lieu à l'élimination complète du recours à l'énergie fossile d'ici 2050;
2. une stimulation de l'approvisionnement provincial en énergie à faible émission de carbone comme source d'électricité (provenant de ressources renouvelables, de stockage et d'augmentations du potentiel nucléaire prévu), en hydrogène (obtenu par électrolyse) et en bioénergie (provenant des activités agricoles et forestières, ainsi qu'éventuellement de nouveaux secteurs fournissant des combustibles liquides et gazeux);
3. la limitation dans la plus grande mesure possible des émissions non énergétiques provenant de l'utilisation de déchets et de produits et procédés agricoles et industriels;

4. une compensation des émissions résiduelles (qui atteindront vraisemblablement au moins 1 Mt en raison des sources non énergétiques difficiles à éliminer) par l'élimination de CO<sub>2</sub> de l'atmosphère au moyen de solutions naturelles (p. ex. la restauration de marais salés) ou technologiques (p. ex. l'extraction directe dans l'air).

À l'instar d'autres études sur la carboneutralité dans le contexte canadien, la présente étude révèle que l'économie du Nouveau-Brunswick peut continuer à prendre de l'essor tout en devenant carboneutre. En dernier ressort, l'impact sur le PIB dépendra des décisions prises au Nouveau-Brunswick (c.-à-d. des politiques qu'on mettra en place pour atteindre la carboneutralité) ainsi que de facteurs indépendants de la volonté du gouvernement provincial (p. ex. le coût des technologies et des produits à faible émission de carbone émergents, la demande d'hydrogène des marchés d'exportation, etc.).

### Possibilités à saisir pour la recherche future

Notre analyse met en relief quelques sujets d'étude méritant une recherche plus poussée :

1. l'établissement d'une approche stratégique pour l'atteinte de la carboneutralité et des autres objectifs provinciaux. L'analyse examine des trajectoires vers la carboneutralité au Nouveau-Brunswick en simulant une limitation des émissions à l'échelle de l'économie. Il ne s'agit pas d'une analyse d'options de politiques pouvant être adoptées pour l'atteinte de la carboneutralité. La tarification du carbone, une réglementation, des incitatifs ou d'autres politiques pourraient, par exemple, susciter une électrification des bâtiments favorisant la carboneutralité. Les différentes approches stratégiques exigeront des compromis par rapport à leurs répercussions économiques et autres.
2. l'évaluation des incidences des politiques fédérales annoncées sur le Nouveau-Brunswick. Nombre de politiques fédérales ont été annoncées, mais on ne sait pas exactement combien de ces politiques seront créées et mises en œuvre. Lorsque nous disposerons de plus de renseignements, nous pourrons mettre à jour l'analyse pour déterminer l'impact que les politiques fédérales qu'on aura choisi de créer auront sur la province.
3. la surveillance de l'expansion des technologies et des combustibles à faible émission de carbone émergents. Notre étude repose sur les chiffres estimatifs les plus récents relatifs au coût et au rendement des technologies à faible émission de carbone naissantes, comme les batteries de véhicules électriques et les piles à hydrogène. Nous avons également pris en compte l'incertitude en réalisant une analyse de sensibilité qui considère toute une série de coûts futurs possibles (bien

que les résultats obtenus ne soient pas résumés dans le présent rapport). Les coûts en question pourraient être actualisés ultérieurement, spécialement dans le cas des technologies naissantes dont les coûts sont particulièrement incertains.

4. le chiffrage du potentiel de réduction des émissions et le coût des solutions naturelles. Peu de recherche a été réalisée pour chiffrer le potentiel de réduction des émissions et le coût des solutions naturelles au Nouveau-Brunswick. Il serait important d'effectuer du travail supplémentaire à cet égard avant de miser sur la compensation dans le cadre de la stratégie carboneutre de la province.

# Annexe A : gTech

gTech est un modèle informatique d'équilibre général (IEG) unique parmi les modèles d'économie énergétique parce qu'il combine des attributs en général seulement présents dans des modèles distincts :

- une représentation réaliste de la façon dont les ménages et les entreprises sélectionnent les technologies et les procédés qui déterminent leur consommation d'énergie et leurs émissions de GES;
- un portrait complet de l'économie dans son ensemble, y compris les interactions du Nouveau-Brunswick avec les autres provinces et le reste du monde;
- une représentation détaillée des chaînes d'approvisionnement en combustibles liquides (mazout et biocarburants), en combustibles gazeux (gaz naturel renouvelable et non renouvelable) et en hydrogène.

## Simulation du choix des technologies

Le choix des technologies est l'une des principales décisions qui influent sur les émissions de GES au sein de l'économie canadienne. Si, par exemple, un ménage décide d'acheter un véhicule électrique au lieu d'une voiture à essence, la décision prise réduira ses émissions. Dans le même ordre d'idées, si le secteur du gaz naturel décide d'électrifier ses activités au lieu de recourir au gaz naturel, la décision qu'il prend réduira les émissions.

gTech analyse en détail les types de technologies énergétiques à la disposition des ménages et des entreprises. Au total, il tient compte de plus de 500 technologies servant à plus d'une cinquantaine d'utilisations finales (p. ex. chauffage résidentiel, chaleur industrielle, gestion du fumier agricole).

Le choix des technologies est naturellement influencé par maints facteurs. Le tableau 3 résume les principaux facteurs qui influent sur le choix des technologies et la mesure dans laquelle ces facteurs sont inclus dans gTech.

Tableau 3. Dynamique des choix des technologies selon le modèle gTech

Critère	Description
Coût d'achat (d'immobilisation)	Le coût d'achat équivaut simplement aux frais d'acquisition d'une technologie. Le coût d'immobilisation de chaque technologie analysée dans gTech est basé sur des recherches de Navius. Dans les (rares) scénarios où ce critère constitue la seule différence entre deux technologies, les ménages et les entreprises priorisent l'option la plus abordable.
Coût énergétique	Le coût énergétique dépend de deux facteurs : 1) le prix de l'énergie (p. ex. en cents par litre d'essence) et 2) le besoin énergétique de la technologie (p. ex. la consommation de carburant d'un véhicule mesurée en litres par tonne-kilomètre). Le modèle gTech rattache des besoins énergétiques fixes à chaque technologie, mais le prix de l'énergie est déterminé par le modèle. La méthode de « détermination » des prix de l'énergie est exposée plus en détail ci-dessous.
Préférence temporelle pour les immobilisations	<p>La plupart des technologies nécessitent l'engagement de coûts d'achat et de coûts énergétiques, les premiers devant généralement être assumés par les ménages et les entreprises avant les coûts énergétiques. En d'autres termes, un conducteur achètera un véhicule avant d'acheter du carburant). Il faut donc considérer le rapport entre le coût d'immobilisation à court terme et le coût énergétique à long terme.</p> <p>gTech représente ce rapport au moyen d'un « taux d'actualisation ». Les taux d'actualisation sont analogues au taux d'intérêt utilisé dans le cas d'un prêt. La question devient alors : le consommateur est-il prêt à engager des coûts initiaux supérieurs pour pouvoir réaliser des économies sur l'énergie ou les émissions ultérieurement?</p> <p>Contrairement à nombre de modèles énergétiques qui emploient des taux d'actualisation « financiers » (généralement entre 5 et 10 %), gTech utilise plutôt des taux réalistes entre 8 et 25 % pour mieux simuler les comportements probables des ménages et des entreprises en ce qui a trait à leurs choix technologiques face aux politiques climatiques. De multiples recherches ont révélé que les ménages et les entreprises prennent leurs décisions en fonction de taux considérablement plus élevés que les taux d'actualisation<sup>15</sup>. Ces derniers risqueraient effectivement d'entraîner une surestimation des économies potentielles par rapport au comportement décrit et d'engendrer des prévisions irréalistes des décisions futures des ménages et des entreprises.</p>

<sup>15</sup> Voir par exemple : Rivers, N. et M. Jaccard. « Useful models for simulating policies to induce technological change », *Energy policy*, 2006, vol. 34, n° 15, p. 2038-2047; Axsen, J., D. C. Mountain et M. Jaccard. « Combining stated and revealed choice research to simulate the neighbor effect: The case of hybrid-electric vehicles », *Resource and Energy Economics*, 2009, vol. 31, p. 221-238.

Critère	Description
Préférences technologiques	<p>En plus de leurs préférences vis-à-vis des coûts à court et à long terme, les ménages (et même les entreprises) privilégient certains types de technologies, souvent au point de négliger la plupart des autres facteurs (y compris les facteurs financiers). Certains ménages pourraient, par exemple, redouter le risque que pose l'achat d'une technologie nouvelle, comme un véhicule électrique, alors que d'autres pourraient considérer un tel véhicule comme un « symbole de statut social » qu'eux ou leur société valoriseraient<sup>16</sup>.</p> <p>gTech quantifie ces préférences technologiques à titre de coûts et avantages « non financiers » ajoutés dans l'algorithme de choix des technologies. Comme détaillé ci-dessous, les préférences non financières constituent aussi des paramètres dynamiques, c'est-à-dire que les consommateurs évaluent généralement de façon plus positive les technologies nouvelles lorsqu'elles deviennent plus répandues au sein du marché.</p>
Diversité des Canadiens	<p>Les Canadiens ne forment pas un groupe homogène. Chacun est unique et priorise des facteurs différents dans le choix d'une technologie. Une société donnée pourrait, par exemple, être conservatrice et préférer s'en tenir aux transmissions diesel reconnues, alors qu'une autre société pourrait rechercher les innovations technologiques, comme les véhicules électriques à batterie ou les véhicules à hydrogène.</p> <p>gTech utilise une équation représentant les parts du marché dans laquelle les technologies dont le coût net est le plus bas (selon l'ensemble de la dynamique décrite plus haut) occupent la plus grande part du marché, mais dans laquelle les technologies au coût net le plus élevé pourraient toujours retenir une certaine part du marché <sup>17</sup>. Plus une technologie est coûteuse par rapport aux autres, plus sa part du marché est modeste.</p>
Évolution des coûts au fil du temps	<p>Les coûts des technologies ne sont pas fixes. Le coût des panneaux solaires, par exemple, a substantiellement diminué au cours de la dernière décennie et il devrait continuer à baisser dans le futur. Dans le même ordre d'idées, les coûts de multiples autres appareils écoénergétiques et technologies de réduction des émissions devraient continuer à chuter. Le modèle gTech tient compte des baisses prévues des coûts des technologies au fil du temps et de la réaction à la production cumulative de la technologie en question.</p>

<sup>16</sup> Hammond, W., J. Axsen et coll. « How to slash greenhouse gas emissions in the freight sector: Policy insights from a technology-adoption model of Canada », *Energy Policy*, 2019, 111093.

<sup>17</sup> Rivers, N., et Jaccard, M. « Useful models for simulating policies to induce technological change », *Energy policy*, 2006, 34(15), 2038-2047.

Critère	Description
Politiques	<p>Les politiques gouvernementales sont déterminantes en ce qui a trait au choix des technologies. Les initiatives actuelles des gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux orientent déjà les décisions des ménages et des entreprises en vertu de diverses politiques : 1) des programmes incitatifs couvrant une partie du coût d'achat de certaines technologies; 2) des règlements imposant ou interdisant l'achat de certains groupes de technologies; 3) une tarification du carbone augmentant le coût des combustibles proportionnellement à leur teneur en carbone; 4) des modifications d'autres politiques fiscales (p. ex. décision d'appliquer ou non la TPS à une technologie donnée) et 5) des règlements flexibles comme la norme relative aux combustibles à faible émission de carbone de la C.-B. qui crée un marché des crédits de conformité.</p> <p>gTech simule les répercussions qu'aurait la mise en œuvre coordonnée de toutes ces politiques.</p>

## Compréhension des répercussions macroéconomiques des politiques

Le modèle gTech offre, en tant que modèle macroéconomique complet (plus précisément, en tant que modèle d'équilibre général) une vue d'ensemble des répercussions économiques que peuvent avoir les politiques. Ses principales dynamiques macroéconomiques sont résumées dans le tableau 4.

Tableau 4. Dynamiques macroéconomiques du modèle gTech.

Dynamique	Description
Couverture exhaustive de l'activité économique	Le modèle gTech rend compte de toute l'activité économique du pays, telle que mesurée par Statistique Canada <sup>18</sup> . Il répertorie la totalité de l'activité sectorielle, du produit intérieur brut et des échanges de produits et services, ainsi que les transactions entre les ménages, les entreprises et le gouvernement. Il permet ainsi de prévoir l'effet des politiques gouvernementales sur de nombreux indicateurs économiques, comme le produit intérieur brut, les investissements, les revenus des ménages, etc.
Dynamique complète de l'équilibre économique	<p>gTech assure le retour à l'équilibre de tous les marchés (c.-à-d. une adéquation de l'offre et de la demande de tous les biens et services), ce qui implique que les décisions sectorielles ont des répercussions à l'échelle de l'ensemble de l'économie. Une hausse de la demande d'électricité, par exemple, exige une augmentation de la production d'électricité, et avec elle des investissements accrus et une demande accrue de produits et de services dans le secteur de l'électricité, ce qui accroît à son tour la demande de main-d'œuvre – et finalement des salaires – au sein des services de construction.</p> <p>Le modèle tient aussi compte des effets prix. Si, par exemple, une politique accroît le coût du transport par camion, ce secteur refilera les coûts de la conformité à la politique aux ménages et aux entreprises, qui pourraient modifier la mesure dans laquelle ils font appel au camionnage et aux autres services.</p> <p>La considération d'une telle dynamique permet à gTech de déterminer et mesurer les effets indirects des politiques.</p>
Différences sectorielles	gTech analyse en détail les secteurs économiques du Canada, simulant les effets des politiques sur une centaine d'entre eux au total. Chacun offre des produits et des services uniques (le secteur du gaz naturel, par exemple, produit du gaz alors que le secteur du camionnage produit des services de transport) requérant des intrants spécifiques.
Marché du travail et marché financier	<p>Le modèle doit en outre assurer un équilibre du marché du travail et du marché financier. La disponibilité de la main-d'œuvre peut varier avec le taux réel de rémunération (c.-à-d. le taux salarial par rapport au niveau de consommation); lorsque ce dernier augmente, la disponibilité de la main-d'œuvre augmente. Le modèle tient également compte du « chômage d'équilibre ».</p> <p>Les lignes qui suivent traitent davantage du marché financier.</p>

<sup>18</sup> Statistique Canada. Tableaux des ressources et des emplois. Accessible au <https://www150.statcan.gc.ca/n1/fr/catalogue/15-602-X>.

Dynamique	Description
Interactions entre les régions	<p>L'activité économique du Canada dépend grandement des interactions entre les provinces, avec les États-Unis et avec les pays en dehors de l'Amérique du Nord. Chaque province au sein du modèle interagit avec les autres régions par le truchement 1) des échanges de produits et services, 2) des mouvements de capitaux, 3) de la taxation gouvernementale et 4) de divers types de « transferts » en tous genres entre les régions (p. ex. transferts du gouvernement fédéral aux gouvernements provinciaux).</p> <p>La version de gTech employée dans cette variante du modèle tient compte des dix provinces canadiennes, des trois territoires sous les traits d'une région globale et des États-Unis. Le modèle simule chacune des interactions décrites ci-dessus et la façon dont les interactions peuvent changer en réponse à la politique. En d'autres termes, le modèle peut prévoir comment une politique pourrait influencer sur le commerce du gaz naturel entre le Canada et les États-Unis, ou si une politique affecterait les investissements des sociétés au Canada.</p>
Ménages	<p>D'une part, les ménages puisent des revenus de l'économie dans son ensemble; d'autre part, ils utilisent ces revenus pour consommer différents produits et services. gTech prend en compte chacune de ces dynamiques et les effets que les politiques ont sur elles.</p>

## Compréhension des marchés d'approvisionnement en énergie

Le modèle gTech prend en compte tous les principaux marchés d'approvisionnement en énergie, comme l'électricité, les produits pétroliers raffinés et le gaz naturel. Chacun est évalué en fonction de la disponibilité des ressources, des coûts de production provinciaux, ainsi que des coûts et des contraintes (p. ex. capacité des pipelines) gênant le transport d'énergie entre les régions.

Il est possible d'intégrer dans les flux d'approvisionnement en combustibles des sources d'énergie sobres en carbone pour assurer une conformité aux politiques, notamment l'électricité renouvelable, la bioénergie et l'hydrogène. Le modèle analyse la disponibilité et le coût des matières premières de la bioénergie pour projeter les conséquences économiques de la politique de réduction des émissions, de la politique relative aux biocarburants et de l'approbation de pipelines.

## Questions de recherche

La fusion des trois attributs précédemment décrits (détails relatifs aux technologies, dynamiques macroéconomiques et dynamique de l'approvisionnement en énergie)

permet à gTech de livrer un tableau élaboré de l'effet du climat et de la politique énergétique.

Premièrement, gTech peut livrer un aperçu qui serait normalement fourni par un modèle technologiquement explicite. Il pourrait par exemple répondre à des questions comme :

- Quel effet les politiques ont-elles sur l'adoption de technologies (p. ex. combien de véhicules moyens et lourds sont susceptibles de rouler sur les routes en 2030)?
- Quel effet l'adoption de technologies a-t-elle sur les émissions de gaz à effet de serre et la consommation d'énergie?

Deuxièmement, gTech peut livrer des perspectives émanant de modèles macroéconomiques (dans notre cas un modèle « informatique d'équilibre général ») en répondant à des questions comme :

- Quel effet les politiques ont-elles sur le produit intérieur brut provincial?
- Quel effet les politiques ont-elles sur chacun des secteurs de l'économie?
- Les ménages sont-ils touchés par la politique?
- La politique influe-t-elle sur les prix de l'énergie?

Troisièmement, gTech répond à des questions concernant les modules d'approvisionnement en énergie :

- La mise en place d'une politique générera-t-elle un approvisionnement accru en combustibles renouvelables?
- La politique influe-t-elle sur le coût du transport des carburants liquides et en conséquence sur le prix de l'essence ou du diesel au Canada?

Finalement, gTech élargit notre vision des aspects par rapport auxquels divers attributs se chevauchent :

- Quel effet l'investissement des revenus découlant du carbone dans les technologies à faible émission de carbone et carboneutres a-t-il? On peut seulement répondre à ce genre de question au moyen d'un modèle tel que gTech.
- Quelles sont les répercussions macroéconomiques des politiques axées sur les technologies (p. ex. quel impact une norme imposant la carboneutralité des véhicules moyens et lourds a-t-elle sur le PIB)?

- Les politiques relatives aux biocarburants influent-elles sur 1) le choix des technologies et 2) la macroéconomie?

Notre boîte à outils de modélisation permet un examen approfondi de l'impact des politiques sur les gaz à effet de serre et de leur impact économique au Canada.

## Hypothèses techniques clés et sources des données

### Sources d'étalonnage

Pour bien représenter le contexte économique énergétique du Canada et celui du reste de l'Amérique du Nord, nous avons étalonné gTech en fonction d'un large éventail de sources de données historiques. Les principales sources de données d'étalonnage sont énumérées ci-dessous, dans leur ordre de priorité :

- le *Rapport d'inventaire national* d'Environnement et Changement climatique Canada<sup>19</sup>;
- les *Tableaux des ressources et des emplois* de Statistique Canada<sup>20</sup>;
- la Base de données complète sur la consommation d'énergie de Ressources naturelles Canada<sup>21</sup>;
- l'*Enquête annuelle sur la consommation industrielle d'énergie* de Statistique Canada<sup>22</sup>;

---

<sup>19</sup> Environnement et Changement climatique Canada. *Rapport d'inventaire national*. Accessible au <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/changements-climatiques/emissions-gaz-effet-serre/inventaire.html>

<sup>20</sup> Statistique Canada. *Tableaux des ressources et des emplois*. Accessible au <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/13-607-x/2016001/1293-fra.htm>

<sup>21</sup> Ressources naturelles Canada. *Base de données complète sur la consommation d'énergie*. Accessible au [https://oee.nrcan.gc.ca/organisme/statistiques/bnce/apd/menus/evolution/tableaux\\_complets/liste.cfm](https://oee.nrcan.gc.ca/organisme/statistiques/bnce/apd/menus/evolution/tableaux_complets/liste.cfm)

<sup>22</sup> Statistique Canada. *Enquête annuelle sur la consommation industrielle d'énergie*. Accessible au <https://www.statcan.gc.ca/fr/enquete/entreprise/5047>

- le *Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada* de Statistique Canada<sup>23</sup>;
- la base de données sur la technologie de Navius.

Chacune de ces sources de données est produite au moyen de méthodes différentes faisant en sorte qu'elles ne correspondent pas nécessairement les unes aux autres. Les dépenses en essence des ménages dans les Tableaux des ressources et des emplois de Statistique Canada, par exemple, pourraient ne pas correspondre à la consommation de gaz naturel signalée dans la *Base de données complète sur la consommation d'énergie* de Ressources naturelles Canada. Les dépenses en énergie sont de plus fonction de la consommation et des prix, de sorte que si les prix varient au cours de l'année, il est difficile d'harmoniser parfaitement la consommation et les dépenses.

La démarche d'étalonnage de gTech attache une importance supérieure à certaines sources de données comparativement à d'autres. Une telle approche signifie que gTech assure une harmonisation quasi parfaite avec les sources de données bénéficiant d'un degré de priorité supérieur, mais que la correspondance commence à diverger des sources de données considérées moins prioritaires.

Les ensembles de données privilégiés dans le cadre du présent projet sont :

- le *Rapport d'inventaire national* d'Environnement et Changement climatique Canada;
- la Base de données complète sur la consommation d'énergie de Ressources naturelles Canada;
- la base de données sur la technologie de Navius.

Il est à noter que gTech cherche à saisir les tendances à moyen et à long terme au lieu de la dynamique à court terme comme les cycles conjoncturels et les pandémies. Il fait ainsi disparaître certaines tendances par rapport aux données historiques et il n'est intentionnellement pas tout à fait harmonisé avec la consommation réelle d'énergie, l'activité économique et les émissions de gaz à effet de serre en 2020. Nous avons, par exemple, été témoins en 2020 d'une baisse substantielle (et temporaire) de l'activité des véhicules légers qui n'est pas pertinente pour la prévision des émissions futures et que nous n'avons pas essayé de retenir.

---

<sup>23</sup> Statistique Canada. *Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada*. Accessible au <https://www150.statcan.gc.ca/n1/fr/catalogue/57-003-X>

## Activité économique

L'économie du Nouveau-Brunswick est étalonnée pour progresser à un taux de croissance de 2,5 % entre 2020 et 2025, et de 1 % entre 2026 et 2050. Cette hypothèse est basée sur des données communiquées par le Secrétariat des changements climatiques du Nouveau-Brunswick pour le dossier de consultation de 2022 (22.7.21).

Le PIB par secteur est largement déterminé par ce taux de croissance et par le capital relatif et la productivité de la main-d'oeuvre de chaque secteur (c.-à-d. la valeur des produits et services fournis contre un montant donné de capital et un certain apport de main-d'œuvre). En d'autres termes, la croissance économique globale est « répartie » entre les secteurs en fonction de données historiques relatives à la structure de l'économie de l'Amérique du Nord et aux changements créés par les politiques et d'autres facteurs.

## Prix de l'énergie

Les prix mondiaux du pétrole et du gaz naturel sont étalonnés en fonction du rapport *Avenir énergétique du Canada en 2021* de la Régie de l'énergie du Canada<sup>24</sup>. Les prix mondiaux du pétrole sont étalonnés en fonction des prix WTI de la REC et les prix du gaz naturel, en fonction des prévisions des prix Henry Hub de la REC.

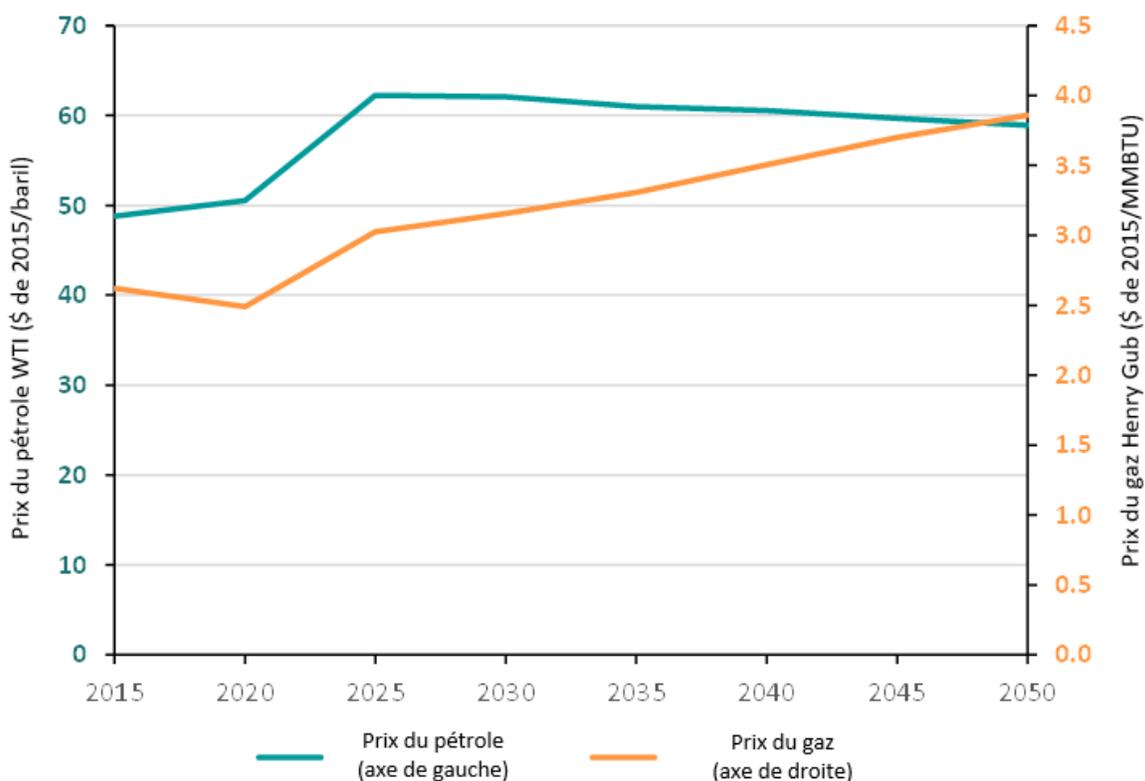
La figure 16 fait état des prévisions des prix de référence du pétrole et du gaz naturel à l'échelle mondiale.

- Les prix (WTI) du brut sont étalonnés en prévision d'une hausse les faisant passer de 49 \$/baril (\$ US de 2015) en 2015 à 62 \$/baril en 2030, puis d'une baisse à 59 \$/baril en 2050.
- Les prix (Henry Hub) du gaz naturel sont étalonnés en prévision d'une hausse les faisant passer de 2,6 \$/MMBTU (\$ US de 2015) en 2015 à 3,2 \$/MMBTU en 2030, puis à 3,9 \$/MMBTU en 2050.

---

<sup>24</sup> Régie de l'énergie du Canada. *Avenir énergétique du Canada en 2021 : Offre et demande énergétiques à l'horizon 2050*, 2021. Accessible au <https://apps.cer-rec.gc.ca/ftppndc/dft.aspx?GoCTemplateCulture=fr-CA>.

Figure 16. Prix prévus du pétrole et du gaz naturel.



Le modèle détermine les prix des autres produits énergétiques en fonction de la demande et du coût de production. Le prix de l'électricité au Nouveau-Brunswick, par exemple, dépend de divers facteurs pris en compte dans la modélisation, tels que

- le coût de la production d'électricité, tout en respectant les contraintes des politiques;
- le coût du maintien du réseau de transport et de distribution;
- la valeur des exportations d'électricité et du coût de son importation;
- les impôts, taxes ou subventions imposés au secteur.

## Options d'atténuation

gTech englobe un grand nombre de technologies, de combustibles et de mesures pouvant réduire les émissions de gaz à effet de serre. Le tableau 5 énumère les principales possibilités d'atténuation commercialisées ou quasi commercialisées incluses dans la présente analyse et les sources utilisées pour leur paramétrisation.

Tableau 5. Résumé des principales possibilités d'atténuation incluses dans gTech.

Source de gaz à effet de serre	Principales possibilités d'atténuation	Sources des données
<b>Industrie</b>		
<b>Combustion de sources fixes</b>		
Production d'électricité	Ressources renouvelables, nucléaire, bioénergie, stockage	IESD (voir l'annexe B, « Annexe B : IESD »)
	Efficacité de l'énergie électrique	EIA (2017)
Chaleur industrielle (chaleur à haute température)	Remplacement de combustible	Park et coll. (2017), CIMS
	Captage et stockage du carbone	CIMS
	Ressources renouvelables (biomasse et GNR)	DENA (2016)
	Résistance électrique	Park et coll. (2017), CIMS
Chaleur industrielle (chaleur à basse température)	Remplacement de combustible	Park et coll. (2017), CIMS
	Ressources renouvelables (biomasse et GNR)	DENA (2016)
	Thermopompes industrielles	Onmen et coll. (2015)
Compression	Électrification	Greenblatt (2015)
<b>Procédés industriels</b>		
Production d'hydrogène	Captage et stockage du carbone	US DOE (2014)
	Électrolyse	US DOE (2014)

Source de gaz à effet de serre	Principales possibilités d'atténuation	Sources des données
<b>Agriculture</b>		
Fermentation entérique	Aucune atténuation possible	
Gestion du fumier	Production de GNR par digestion anaérobie	AIE – PASTE (2013)
Sols agricoles	Aucune atténuation possible	
<b>Déchets</b>		
Déchets	Captage de méthane à des fins de torchage, production d'électricité	Modèle de traitement des déchets de Navius
	Réacheminement des déchets organiques	Modèle de traitement des déchets de Navius
<b>Transports</b>		
<b>Énergie – transports</b>		
Véhicules légers, moyens, lourds	Amélioration du rendement	DOE (2003), Transports Canada (2011), RNCAN (2007)
	Électrification	Nykvist et coll. (2019), Bloomberg (2017), Moawad et coll. (2016), Argonne (2018), Curry (2017), US DOE (2013), Bloomberg (2018), ICCT (2017)
	Carburants renouvelables	CRI (2013), APEC (2010), AAC (2017), Kludze et coll. (2013), Yemshanov et coll. (2014), Petrolia (2008), (S&T) <sup>2</sup> Consultants, (2012), Chavez-Gherig et coll. (2017), G4 Insights (2018), AIE – PASTE (2013)
	Évolution de la demande au sein des transports, changement de mode par le passage au transport en	Détermination endogène par gTech.

Source de gaz à effet de serre	Principales possibilités d'atténuation	Sources des données
	commun et à des véhicules plus petits	
Navigation intérieure	Carburants renouvelables	Voir la liste ci-dessus.
Aviation intérieure	Carburants renouvelables	Voir la liste ci-dessus.
Transport ferroviaire	Carburants renouvelables	Voir la liste ci-dessus.
<b>Utilisation de produits et de processus industriels</b>		
Véhicules légers, moyens et lourds	Des mesures d'atténuation cadrant avec la politique fédérale de réduction des HFC sont établies.	
<b>Immobilier</b>		
<b>Combustion de sources fixes</b>		
	Améliorations thermiques aux enveloppes des bâtiments.	RDH (2018)
Chauffage des bâtiments	Chaudières et générateurs d'air chaud à combustible fossile plus écoénergétiques.	EIA (2016), NREL (2018)
	Chauffage électrique des bâtiments (par résistance et thermopompe).	EIA (2016), NREL (2018)
	Chauffage de l'eau à la biomasse.	CIMS
Chauffage de l'eau	Chaudières et générateurs d'air chaud à combustible fossile plus écoénergétiques.	EIA (2016), NREL (2018)
	Chauffe-eau électriques (par résistance et thermopompe).	EIA (2016), NREL (2018)
	Chauffage de l'eau à la biomasse.	CIMS

Source de gaz à effet de serre	Principales possibilités d'atténuation	Sources des données
Cuisson	Cuisinières électriques.	EIA (2016), NREL (2018)
<b>Procédés industriels</b>		
	Améliorations thermiques aux enveloppes des bâtiments.	
Conditionnement de l'air	Des mesures d'atténuation cadrant avec la politique fédérale de réduction des HFC sont établies.	RDH (2018)
Matériel auxiliaire	Rendement.	CIMS

## Bibliographie

(S&T)<sup>2</sup> Consultants Inc. *Update of Advanced Biofuel Pathways in GHGenius*, 2012.

Agence internationale de l'énergie, Programme d'analyse systémique de technologies énergétiques (AIE – PASTE). *Biogas and bio-syngas production*, 2013.

Argonne. *U.S. DOE Benefits & Scenario Analysis*, 2018.

Bloomberg New Energy Finance. *Electric Vehicle Outlook 2017*, 2017.

Bloomberg New Energy Finance. *Electric Buses in Cities: Driving Towards Cleaner Air and Lower CO2*, 2018. Accessible au [www.about.bnef.com](http://www.about.bnef.com).

Chavez-Gherig, A., P. Ducru et M. Sandford, M. *The New Jersey Pinelands and the Green Hospital, NRG Energy Case Study*, 2017.

CIMS. Base de données sur la technologie, gérée par Navius Research, Inc.

Curry, C. « Lithium-ion Battery Costs and Market », *Bloomberg New Energy Finance*, 2017.

Département de l'Énergie des États-Unis (US DOE). *EV Everywhere Grand Challenge Blueprint*, 2013.

Département de l'Énergie des États-Unis (US DOE). *Hydrogen Production Analysis Models: Current Central Hydrogen Production from Coal with CO2 Sequestration version 3.101*, 2014. (<https://www.nrel.gov/hydrogen/h2a-production-models.html>)

Département de l'Énergie des États-Unis (US DOE). *The Potential Effect of Future Energy-Efficiency and Emissions-Improving Technologies on Fuel Consumption of Heavy Trucks*, 2003. Accessible au [http://www.osti.gov/bridge/product.biblio.jsp?osti\\_id=810465](http://www.osti.gov/bridge/product.biblio.jsp?osti_id=810465).

Energy Information Administration (EIA). *Analysis & Projections: Updated Buildings Sector Appliance and Equipment Costs and Efficiency*, 2016. Accessible au <https://www.eia.gov/analysis/studies/buildings/equipcosts/>.

Energy Information Administration (EIA). *Assumptions to the Annual Energy Outlook 2016: Electricity Market Module*, 2017. Accessible au <https://www.eia.gov/outlooks/archive/aeo16/>.

G4 Insights Inc. *Our Technology*, 2018. Accessible au <http://www.g4insights.com/about.html>.

German Energy Agency (DENA). [Process Heat in Industry and Commerce: Technology Solutions for Waste Heat Utilisation and Renewable Provision](#) 2016.

International Council on Clean Transportation (ICCT). *Transitioning to zero-emission heavy-duty freight vehicles*, 2017. Accessible au <https://theicct.org/>.

IESD (modèle d'intégration de l'offre et de la demande d'électricité). Géré par Navius Research, Inc.

International Renewable Energy Association (IRENA). *Road transport: the cost of renewable solutions*, 2013.

Jones, S., P. Meyer, L. Snowden-Swan, A. Padmaperuma, E. Tan, A., Dutta, J. Jacobson et K. Cafferty. *Process design and economics for the conversion of lignocellulosic biomass to hydrocarbon fuels: fast pyrolysis and hydrotreating bio-oil pathway* (n° PNNL-23053; NREL/TP-5100-61178), 2013, Pacific Northwest National Lab. (PNNL), Richland, WA (États-Unis).

Kludze, H., B. Deen, A. Weersink, R. van Acker, K. Janovicek, A. De Laport et I. McDonald. « Estimating sustainable crop residue removal rates and costs based on soil organic matter dynamics and rotational complexity », *Biomass and Bioenergy*, 2013, 56, 607-618.

Moawad, A., N. Kim, N., Shidore et A. Rousseau. *Assessment of vehicle sizing, energy consumption and cost through large scale simulation of advanced vehicle technologies* (No. ANL/ESD-15/28), 2016, Argonne National Lab. (ANL), Argonne, IL (États-Unis).

National Renewable Energy Laboratory (NREL). *National Residential Efficiency Measures Database*, 2018. Accessible au <https://remdb.nrel.gov/>.

Nykvist, B., F. Sprei et M. Nilsson. « Assessing the progress toward lower priced long range battery electric vehicles », *Energy Policy*, 2019, 124, 144-155.

Ommen, T., J. Jensen, W. Markussen, L. Reinhold et B. Elmegaard. « Technical and Economic Working Domains of Industrial Heat Pumps: Part 1 - Single Stage Vapour Compression Heat Pump », *International Journal of Refrigeration*, 2015, [55, 168-182](#).

Park, N., S. Park, J. Kim, D. Choi, B. Yun et J. Hong. « Technical and economic potential of highly efficient boiler technologies in the Korean industrial sector », *Energy*, 2017, 121, 884-891.

Petrolia, R. « The economics of harvesting and transporting corn stover for conversion to fuel ethanol: A case study for Minnesota », *Biomass and Bioenergy*, 2017, 32, 603-612.

RDH Building Science. *Building shell performance and cost data*, préparé pour Navius Research, 2018.

Ressources naturelles Canada (RNC). *Enquête canadienne sur les véhicules – Rapport sommaire 2007*, 2007. Accessible au <http://oee.nrcan.gc.ca/Publications/statistics/cvs07/index.cfm?attr=0>.

Transports Canada. *Frais d'exploitation du camionnage et du transport intermodal de surface au Canada*, 2011.

UBS Evidence Lab, Global Research. *UBS Evidence Lab Electric Car Teardown – Disruption Ahead?*, 2017. Accessible au <https://neo.ubs.com/shared/d1wkuDIEbYPjF/>.

Yemshanov D., D. W. McKenney, S. Fraleigh, B. McConkey, T. Huffman et S. Smith. « Cost estimates of post harvest forest biomass supply for Canada », *Biomass and Bioenergy*, 2014, 69, 80-94.

## Annexe B : IESD

Le modèle d'intégration de l'offre et de la demande d'électricité (IESD) simule l'impact des politiques gouvernementales et de la conjoncture économique sur la demande d'électricité, l'offre et les prix. IESD est en fait constitué de deux modèles distincts : l'un simule l'addition des décisions sur la capacité de production d'électricité et la répartition (production) horaire au sein du secteur de l'électricité, et l'autre simule les décisions des usagers finals affectant la demande d'électricité (p. ex. choix des technologies et des combustibles).

IESD peut explorer plusieurs scénarios économiques et scénarios de politiques dans n'importe quelle région ou n'importe quel ensemble de régions<sup>25</sup>, puis il fournit un aperçu détaillé de leur incidence sur

- le marché de technologies particulières de production ou d'approvisionnement, en ce qui a trait à la puissance installée et à la production d'électricité par unité, type de combustible, type de technologie, etc.;
- les émissions de GES émanant du secteur de l'électricité;
- les échanges d'électricité entre régions;
- la consommation d'électricité par secteurs et utilisations finales;
- les prix de gros et d'utilisation finale de l'électricité.

## Demande d'électricité

La demande d'électricité provient de gTech. IESD utilise ensuite les projections de gTech pour « dessiner » la courbe de la charge relative à la demande/production d'électricité.

### Courbes de la charge horaire

Nous avons obtenu les données sur la charge horaire de toutes les régions en Amérique du Nord (plus de 200 entreprises de services publics), y compris le Nouveau-Brunswick. Les données en question nous munissent d'un point de départ pour comprendre la variabilité de la charge au cours 2015, l'année de base du modèle.

---

<sup>25</sup> La version d'IESD utilisée dans le cadre de la présente étude englobe dix provinces canadiennes et dix régions des États-Unis.

Le module de la demande d'électricité subdivise les courbes de la charge horaire en sept utilisations finales basées sur les données provenant de la Base de données complète sur la consommation d'énergie de Ressources naturelles Canada. Les utilisations finales dans les bâtiments résidentiels et immeubles commerciaux comprennent :

- le chauffage des bâtiments;
- l'éclairage;
- d'autres utilisations finales recourant à plusieurs combustibles (chauffage de l'eau, cuisson, sécheuses);
- d'autres utilisations finales se limitant à l'électricité (réfrigérateurs, congélateurs, lave-vaisselle, laveuses, ordinateurs, téléviseurs, etc.).

Le modèle représente de plus les charges électriques industrielles. Ces dernières sont toutefois représentées de façon moins détaillée. La charge industrielle n'est pas subdivisée en utilisations finales (p. ex. compression, pompage, etc.) et nous supposons un profil de la charge plat qui demeure relativement constant toutes les heures de l'année.

### Charge d'électricité prévue

gTech détermine la consommation totale d'électricité et la « configuration » de la consommation d'électricité dans IESD. Une fois la simulation d'un modèle dans gTech terminée, la consommation d'électricité définie par utilisation finale est compilée et employée pour la « configuration » de la courbe de la charge de la consommation d'électricité. Si, par exemple, une politique accroît l'adoption des thermopompes électriques, elle affectera la consommation d'électricité à des moments et jours particuliers de l'année.

## Approvisionnement en électricité

### Coût des technologies de production

Pour répondre à la demande d'électricité (d'après le modèle gTech de Navius), IESD peut choisir de la produire par le truchement d'un éventail de diverses technologies, selon leurs coûts. Le tableau 6 fait état des coûts présumés des ressources de production. Ces coûts sont basés sur les sources qui suivent.

- Énergie nucléaire conventionnelle : US Energy Information Administration's Capital Cost and Performance Characteristic Estimates for Utility Scale Electric Power Generating Technologies<sup>26</sup>.
- Projets hydroélectriques : moyenne des coûts de projets particuliers dans différentes provinces canadiennes.
- Cogénération : Base de données sur la technologie de Navius.
- Toutes les autres technologies de production, y compris les petits réacteurs modulaires (PRM) : US-based National Renewable Energy Laboratory's Annual Technology Baseline<sup>27</sup>.

Tableau 6. Coûts d'immobilisation, coûts d'exploitation et consommation spécifique de chaleur des technologies de production d'électricité.

Technologie	Coûts d'immobilisation (\$/kW)				Coûts d'exploitation		Cons. de comb.
	2020	2030	2040	2050	\$/kW	\$/MWh	GJ/MWhe
Charbon	3 126	3 126	3 126	3 126	33	0	9,3
Gaz naturel à cycle combiné	1 268	1 268	1 268	1 268	23	5	7,4
Gaz naturel à cycle simple	1 122	1 122	1 122	1 122	8	16	11,4
Pétrole	1 037	1 037	1 037	1 037	8	17	11,4
Biomasse	5 690	5 690	5 690	5 690	122	13	13,5
Énergie solaire	1 427	733	642	551	30	0	0,0
Én. éolienne côtière	1 851	1 048	927	788	51	0	0,0
Én. éolienne marine	5 294	2 999	2 652	2 255	150	0	0,0
Nucléaire (conventionnel)	8 200	8 200	8 200	8 200	152	1	11,1
Nucléaire, PRM	7 728	7 728	7 728	7 728	134	6	11,1
Én. hydroél. au fil de l'eau	5 621	5 621	5 621	5 621	98	0	0,0
Én. géothermique	6 839	5 782	5 499	5 230	106	14	0,0
Cogénération	1 352	1 352	1 352	1 352	14	6	6,8

Nota – Tous les coûts sont exprimés en \$ CA de 2020. Lorsqu'il y a lieu, nous avons utilisé un taux de change \$ US/\$ CA fixe de 1,3 pour convertir en intrants en \$ CA nos montants présumés en \$ US.

<sup>26</sup> Voir le [https://www.eia.gov/analysis/studies/powerplants/capitalcost/pdf/capital\\_cost\\_AEO2020.pdf](https://www.eia.gov/analysis/studies/powerplants/capitalcost/pdf/capital_cost_AEO2020.pdf).

<sup>27</sup> Voir le <https://atb.nrel.gov/>.

## Disponibilité des ressources renouvelables intermittentes

Le modèle de Navius incorpore une représentation de la disponibilité horaire des sources d'énergie renouvelables intermittentes (énergie éolienne et solaire). L'intrant plus précisément inséré dans le modèle est la capacité horaire disponible d'un type spécifique de source de production renouvelable (% de la puissance installée disponible au cours d'une heure donnée). Cette disponibilité est définie au moyen de données météorologiques publiquement accessibles. Nous obtenons les données sur les vitesses des vents de l'*Étude pancanadienne sur l'intégration de l'éolien*, publiée par Environnement et Changement climatique Canada<sup>28</sup>, alors que les données sur l'insolation proviennent d'une base de données publiques diffusées par le National Renewable Energy Lab<sup>29</sup> des États-Unis.

IESD s'assure en conséquence que l'électricité renouvelable disponible au sein du modèle correspond à la réalité physique. Notre modèle ne supposera pas par exemple une quantité substantielle d'électricité solaire à un moment de la journée ou de l'année où il est probable que le ciel soit nuageux au Nouveau-Brunswick.

Nous fournissons ci-dessous un exemple pratique des répercussions de ces variations sur le critère de la capacité horaire dans le modèle IESD. Si nous créons un graphique des valeurs de la capacité horaire (ou bien des « facteurs de capacité »<sup>30</sup>) des installations solaires photovoltaïques potentielles au Nouveau-Brunswick durant l'ensemble de l'année, nous obtiendrions la figure 17. En d'autres termes, le modèle montre quand l'électricité des panneaux photovoltaïques du Nouveau-Brunswick alimenterait le réseau dans le contexte d'une simulation d'IESD.

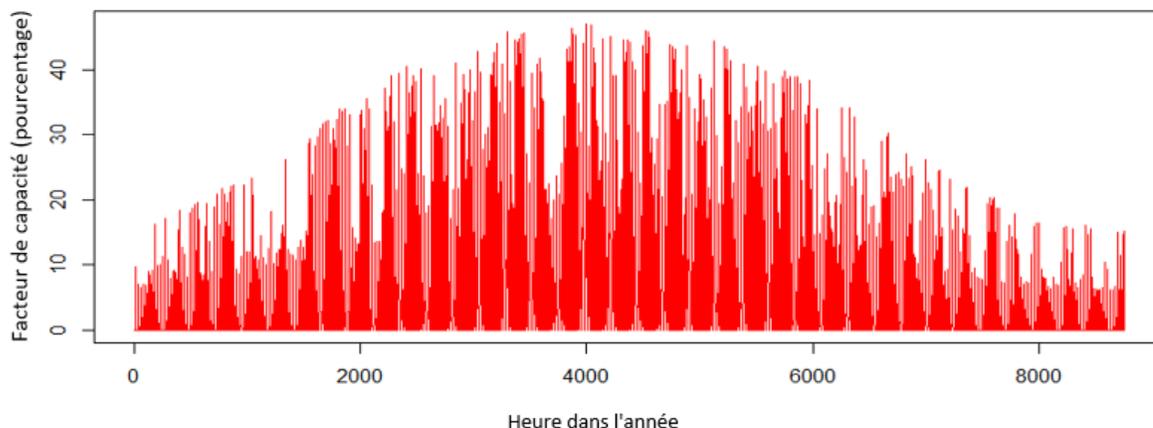
---

<sup>28</sup> Voir le <https://ressources-naturelles.canada.ca/science-et-donnees/financement-et-partenariats/occasions-de-financement/investissements-actuels/etude-pancanadienne-sur-lintegration-de-leolien/16635>.

<sup>29</sup> Voir la base de données américaine National Solar Radiation Database au <https://nsrdb.nrel.gov/>.

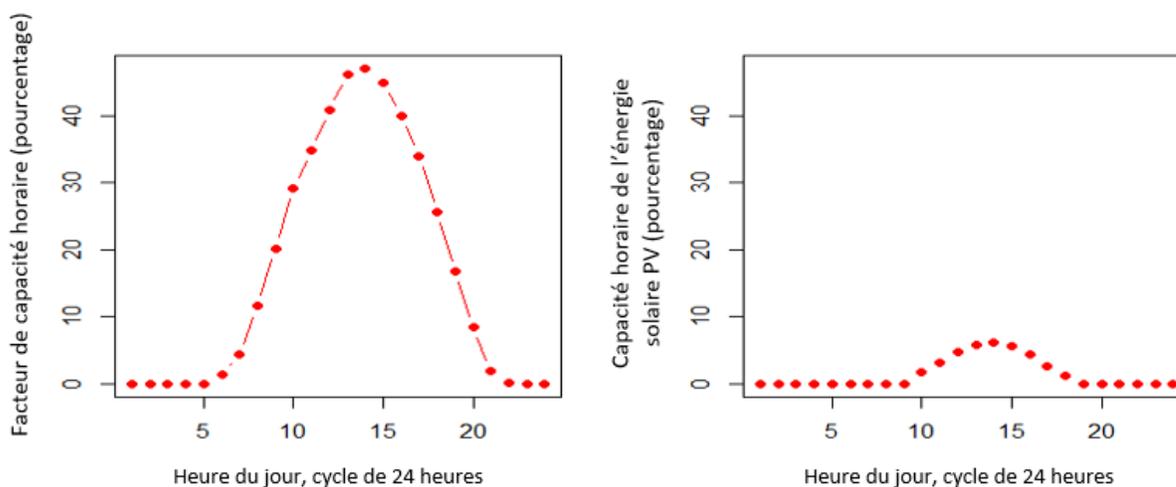
<sup>30</sup> Veuillez noter que le terme « facteur de capacité » désigne le ratio (prévu) horaire d'énergie produite par rapport à la capacité de la source de production. Il ne faut pas confondre le terme avec la notion élargie d'un facteur de capacité annuelle.

Figure 17. Facteur de capacité horaire de production d'énergie solaire au Nouveau-Brunswick durant une période d'une année.



Nous pouvons, en effectuant un examen plus attentif, également nous concentrer sur des journées particulières, notamment les journées affichant les moyennes la plus élevée (16 juin) et la plus basse (27 décembre) des facteurs de capacité solaire photovoltaïque au Nouveau-Brunswick (figure 18).

Figure 18 Journées affichant les meilleurs niveaux (à gauche) et les pires niveaux (à droite) des facteurs de capacité d'énergie solaire photovoltaïque.



De même, nous calculons également les valeurs horaires de la disponibilité des éoliennes dans des régions spécifiques à l'intérieur du modèle IESD. À l'instar des données sur l'énergie solaire photovoltaïque basées sur les valeurs d'insolation dans une région donnée, nos projections au sujet du facteur de capacité de l'énergie éolienne sont fondées sur les données relatives à la vitesse des vents.

IESD représente le facteur de capacité horaire moyen au Nouveau-Brunswick en à partir d'un total de

- 17 emplacements d'installations éoliennes différents, sur les côtes et en mer;
- 5 emplacements d'installations solaires photovoltaïques différents.

## Stockage d'électricité

Nous représentons deux types d'options de stockage de l'électricité au Nouveau-Brunswick : les piles lithium-ion et les piles à circulation. Le tableau 7 et le tableau 8 font état des coûts des deux options ainsi que de l'ampleur de la baisse de ces coûts avec le temps; les données sont basées sur les chiffres du National Renewable Energy Laboratory<sup>31</sup>.

Tableau 7. Coût des technologies de stockage.

Type de stockage	Énergie - dép. imm. (\$ de 2020/kW)	Stockage - dép. imm. (\$ de 2020/kWh)
Piles lithium-ion	277	662
Piles à circulation	2 223	552

Tableau 8. Coût des piles lithium-ion au fil du temps.

Type de dép. imm.	2030	2050
Stockage - dép. imm. (\$ de 2020/kW)	75	65
Énergie - dép. imm. (\$ de 2020/kWh)	180	156

Tableau 9. Coût des piles à circulation au fil du temps.

Type de dép. imm.	2030	2050
Stockage - dép imm. (\$ de 2020/kW)	548	471
Énergie - dép. imm. (\$ de 2020/kWh)	136	117

<sup>31</sup> National Renewable Energy Laboratory. *Annual Technology Baseline*, 2022. <https://atb.nrel.gov/electricity/2022/data>

Un rendement énergétique de 85 % est présumé dans le cas des piles ion-lithium et de 80 % dans le cas des piles à circulation.

## Suffisance des ressources

Énergie NB est l'entité régionale délégataire chargée de la planification de la conformité aux normes de fiabilité du réseau. À long terme, un critère clé d'évaluation de la suffisance des ressources est la conformité avec l'objectif de planification des ressources de limiter la perte anticipée de charge à moins d'une journée en dix ans, comme l'exige le répertoire des normes de fiabilité *Reliability Reference Directory #1* du NPCC.

***R4** Chaque coordonnateur de la planification ou planificateur des ressources doit réaliser une évaluation probabiliste de la suffisance des ressources de la partie de son secteur de coordonnateur de la planification du réseau d'énergie global pour démontrer que la perte de charge anticipée (PCA) du débranchement de la charge garantie en raison de ressources insuffisantes se limitera, en moyenne, à 0,1 jour par an.*

***R4.1** Établir les marges de tolérance nécessaires pour pallier l'incertitude de la demande, les déclassements et pannes d'électricité prévus, les déclassements et pannes forcés, l'aide pour les interconnexions avec des secteurs voisins de coordonnateurs de la planification, les possibilités de transfert de la transmission et la limitation de la capacité ou de la charge en vertu des procédures opérationnelles existantes <sup>32</sup>[traduction].*

Énergie NB a par le passé eu recours à une réserve de capacité cible de 20 % au-dessus de la charge non interruptible pour respecter l'exigence de la valeur de la PCA réglementée, ce qui représente une PCA de 0,05 jour par an<sup>33</sup>. La réserve de capacité de 20 % ne constitue pas une norme ferme, mais un objectif de planification permettant selon une modélisation antérieure de respecter la norme de suffisance des ressources au moyen du portefeuille des ressources de production d'Énergie NB. Cet objectif de planification a été considéré comme une contrainte dans notre analyse.

---

<sup>32</sup> NPCC. *Regional Reliability Reference Directory #1, Design and Operation of the Bulk Power System*. 2015. Accessible au <https://www.npcc.org/content/docs/public/program-areas/standards-and-criteria/regional-criteria/directories/directory-01-design-and-operation-of-the-bulk-power-system.pdf>.

<sup>33</sup> Société d'Énergie du Nouveau-Brunswick. *NPCC 2019 Maritimes Area Comprehensive Review of Resource Adequacy*, 2019. Accessible au <https://www.npcc.org/content/docs/public/library/resource-adequacy/2019/2019-maritimes-area-crra-rcc-approved-december-3-2019.pdf>.

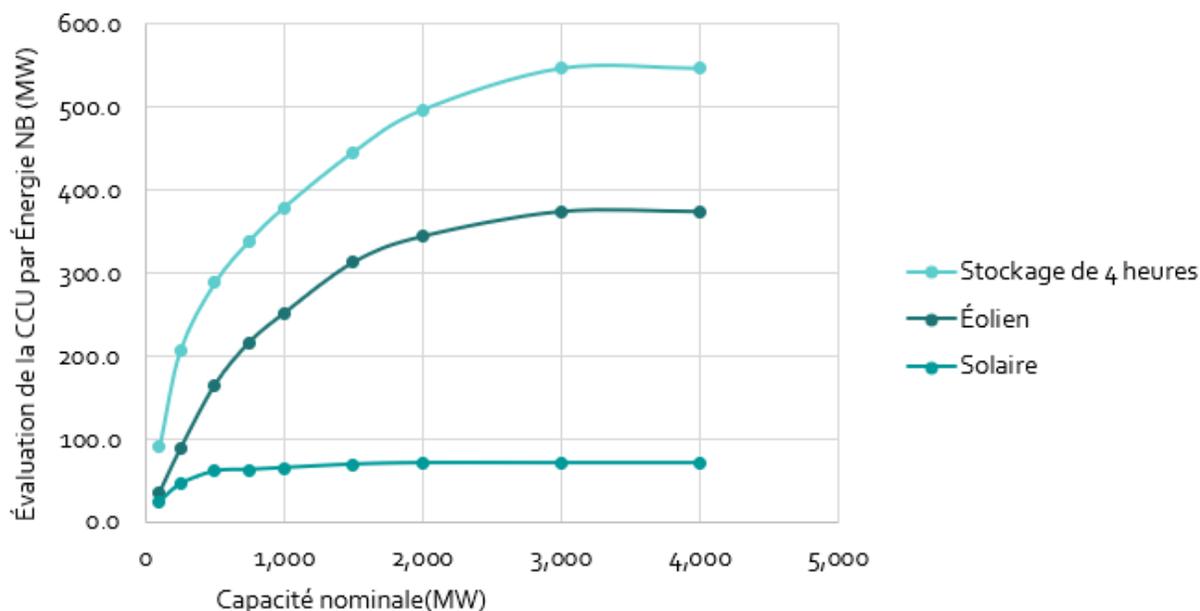
## Évaluation de la capacité des ressources intermittentes

Au sein d'un réseau d'électricité carboneutre, la dépendance grandissante à l'égard des sources de production intermittentes et l'intégration du stockage dans des batteries rendent difficile le calcul d'une réserve de capacité clairement définie. Pour chiffrer la « capacité » de ce genre de ressources, Énergie NB a collaboré avec un consultant (E3) à l'évaluation de la capacité de charge utile de l'énergie éolienne, de l'énergie solaire et du stockage à des niveaux croissants de pénétration.

La capacité de charge utile (CCU) correspond à la capacité garantie en MW d'une technologie de référence produisant une réduction équivalente de la perte anticipée de la charge proportionnellement à la technologie évaluée. Si, par exemple, l'addition de 100 MW d'énergie éolienne réduit la perte de charge anticipée de 0,1 heure par an et qu'une augmentation équivalente de la fiabilité est possible par la production de 25 MW additionnels d'énergie thermique, la CCU de 100 MW d'énergie éolienne équivaudra à 25 MW.

Figure 19, ci-dessous, fait état de valeurs estimatives d'Énergie NB sur la CCU des ressources intermittentes.

Figure 19. Valeurs estimatives de la CCU des ressources intermittentes d'Énergie NB.



Source : Énergie NB, fourni dans une correspondance par courriel avec Darren Clark, le 8 mars 2023.

## Sources de charge supplémentaires

- Outre la charge interne du Nouveau-Brunswick, Énergie NB incorpore également la charge de l'Île-du-Prince-Édouard et une partie du nord du Maine, qui est largement isolée du reste de la Nouvelle-Angleterre pour disposer de ressources suffisant à ses besoins. Les paramètres du Tableau 10 ont servi à la déterminer les ressources suffisant aux besoins.

Tableau 10 CCU nécessaire à des fins de conformité aux normes de suffisance des ressources d'Énergie NB.

### Le niveau de suffisance des ressources requis équivaut à 1,2 fois

la charge de pointe intérieure du N.-B. dans IESD

moins	130 MW de charge interruptible,
plus	375 MW dans le cas de l'Î.-P.-É. et du nord du Maine.

## Analyse de l'incertitude

Une dépendance grandissante à l'égard des ressources intermittentes et du stockage fait du calcul d'un niveau équivalent de « capacité » heuristique pour le respect des normes relatives à la perte de charge du NPCC un exercice de plus en plus complexe.

L'approche actuelle en matière de suffisance des ressources (marge de réserve de 20 %) récompense le maintien des ressources thermiques, peu importe leur utilisation, plutôt que la juxtaposition de ressources renouvelables intermittentes et du stockage pour créer des ressources à faible émission de carbone « garanties ». Le scénario de carboneutralité décrit dans le présent rapport prévoit, par exemple, une capacité d'environ 1 300 MW produits à partir de mazout en 2050, pratiquement uniquement pour respecter la configuration des exigences relatives à la suffisance des ressources, mais une utilisation de 0,1 % de la capacité.

De façon générale, l'ampleur de la capacité thermique de réserve requise au sein d'un réseau d'électricité carboneutre crée une incertitude marquée qui mérite une analyse plus poussée. Nous constatons que la structure d'attribution de crédits pour les contributions des ressources sobres en carbone au critère de la suffisance de ressources aura vraisemblablement un impact éventuel beaucoup plus modeste sur l'agencement des types de production et les émissions de GES connexes.

# Annexe C : Politiques existantes et annoncées

La présente annexe résume les politiques provinciales et fédérales existantes et annoncées incluses dans les projections.

## Politiques provinciales existantes

Politique	Description
Taxe sur le carbone <sup>34</sup>	La taxe impose un droit sur la consommation des combustibles fossiles qui passera à 170 \$/t d'émissions de CO <sub>2</sub> d'ici 2030.
Système de tarification fondé sur le rendement <sup>35</sup>	Cette politique est une norme de rendement négociable qui s'applique aux installations produisant plus de 50 kt d'émissions de CO <sub>2</sub> par an. Chaque entité réglementée est assujettie à une norme limitant l'intensité des émissions. Les entreprises jouissent de plusieurs options pour se conformer à la norme, notamment 1) réduire leurs GES, 2) acheter des crédits d'entreprises ayant surpassé les exigences de la norme, 3) effectuer des paiements au gouvernement à un taux défini qui passe à 170 \$/t (taux nominal) en 2022.
Norme de portefeuille renouvelable <sup>36</sup>	La norme de portefeuille renouvelable oblige Énergie NB à s'assurer que 40 % des ventes d'électricité dans la province proviennent d'énergie renouvelable dès 2020. Les importations d'énergie renouvelable d'autres provinces, territoires ou États sont pris en compte pour le respect de la norme, tout comme les améliorations de l'efficacité énergétique.
Potentiel de remplacement du nucléaire	Remplacement de la capacité de Point Lepreau (660 MW) au cours des années 2040, suivant les plans provinciaux actuels.

<sup>34</sup> Gouvernement du Nouveau-Brunswick. Chapitre G-3, *Loi de la taxe sur l'essence et les carburants*. Accessible au <https://laws.gnb.ca/fr/document/lc/G-3>. Et gouvernement du Nouveau-Brunswick. *Augmentation de la taxe sur les produits émetteurs de carbone le 1er avril, 2022*. Accessible au <https://www2.gnb.ca/content/gnb/fr/nouvelles/communiqu2022.03.0168.html>.

<sup>35</sup> Gouvernement du Nouveau-Brunswick. *Règlement du Nouveau-Brunswick 2021-43 pris en vertu de la Loi sur les changements climatiques (D.C. 2021-152)*. [2021-43.pdf \(gnb.ca\)](https://www2.gnb.ca/content/gnb/fr/nouvelles/communiqu2021.03.0168.html)

<sup>36</sup> Gouvernement du Nouveau-Brunswick. *Règlement du Nouveau-Brunswick 2015-60 pris en vertu de la Loi sur l'électricité (D.C. 2016-263)*, 2015. Accessible au <https://lois.gnb.ca/fr/pdf/rc/2015-60.pdf>.

Politique	Description
Conversion de Belledune à la biomasse	On prévoit convertir avant la fin de 2029 la centrale au charbon de Belledune à la biomasse en lui conférant une capacité de 375 MW. La centrale doit être désaffectée en 2040.
Captage de gaz d'enfouissement <sup>37</sup>	Les six sites d'enfouissement du Nouveau-Brunswick effectuent tous le captage de méthane, et cinq d'entre eux brûlent du méthane pour produire de l'électricité.
Programmes d'efficacité énergétique <sup>38</sup>	Le Nouveau-Brunswick offre divers programmes d'efficacité énergétique (p. ex. isolation des maisons, appareils écoénergétiques, etc.). Les programmes en question permettent une simulation associant les tendances de consommation de l'énergie modélisées et des données historiques.

## Politiques provinciales annoncées

Politique	Description
Déploiement de PRM	Déploiement de petits réacteurs modulaires (PRM) d'une capacité de 400 MW d'ici 2035.

<sup>37</sup> Gouvernement du Nouveau-Brunswick. *Le plan d'action sur les changements climatiques du Nouveau-Brunswick - Rapport d'étape 2020*. <https://www2.gnb.ca/content/dam/gnb/Departments/env/pdf/Climate-Climatiques/le-plan-d-action-sur-les-changements-climatiques-du-n-b-rapport-d-etape-2020.pdf>

<sup>38</sup> Gouvernement du Nouveau-Brunswick. *Le plan d'action sur les changements climatiques du Nouveau-Brunswick - Rapport d'étape 2020*. <https://www2.gnb.ca/content/dam/gnb/Departments/env/pdf/Climate-Climatiques/le-plan-d-action-sur-les-changements-climatiques-du-n-b-rapport-d-etape-2020.pdf>

## Politiques fédérales existantes

Politique	Description
Multisectorielle	
Mesures fédérales de contrôle des hydrofluorocarbures <sup>39</sup>	Le gouvernement canadien était l'un des signataires du Protocole de Montréal modifiant l'Accord de Kigali sur les substances appauvrissant la couche d'ozone. Le Canada s'est engagé à réduire sa consommation de HFC de 10% en 2019, une mesure dont la rigueur s'intensifiera jusqu'à l'obtention d'une réduction de 85 % des HFC en 2036.
Crédit d'impôt à l'investissement pour le captage, l'utilisation et le stockage du carbone <sup>40</sup>	Cette politique offre un crédit d'impôt à l'investissement visant 50 % des coûts initiaux du captage, de l'utilisation et du stockage du carbone, 60 % des coûts de l'extraction directe dans l'air et 37,5 % des dépenses d'immobilisation dans l'infrastructure des transports. Le gouvernement anticipe que la politique suscitera des coûts d'environ 2,6 milliards de dollars entre 2022 et 2026, puis de 1,5 milliard de dollars par an de 2027 à 2030.

<sup>39</sup> Gouvernement du Canada. *Modifications réglementaires sur les hydrofluorocarbures : foire aux questions*. 2022. <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/registre-environnemental-loi-canadienne-protection/reglement-ozone-remplacement-questions.html>

<sup>40</sup> Gouvernement du Canada. *Budget 2022 , chapitre 3 : Un air pur et une économie vigoureuse*, 2022. Accessible au <https://www.budget.canada.ca/2022/report-rapport/chap3-fr.html>.

Politique	Description
Dépenses de la Banque de l'infrastructure du Canada <sup>41</sup>	Le plan fédéral climatique <i>Un environnement sain et une économie saine</i> précise que la Banque de l'infrastructure du Canada (BIC) compte investir, à long terme, dans des projets d'énergie propre. Le plan ajoute que la BIC s'est en outre engagée à injecter 1,5 milliard de dollars dans l'achat d'autobus zéro émission, 2,5 milliards de dollars dans des projets à faible émission de carbone, y compris le stockage, la transmission et les ressources renouvelables, sur trois ans, et 2 milliards de dollars dans les coûts initiaux de modernisation des bâtiments commerciaux. Le PRE mentionne que la BIC recevra un montant total de 35 milliards de dollars qui seront prioritairement investis dans l'infrastructure verte (5 milliards de dollars), le transport en commun (5 milliards de dollars) et l'énergie propre (5 milliards de dollars).
Immobilier	
<i>Règlement sur l'efficacité énergétique</i> <sup>42</sup>	Des normes fédérales régissent le matériel de climatisation des bâtiments, les chauffe-eau, les appareils ménagers et les produits d'éclairage. Des normes d'intérêt majeur prescrivent une efficacité de consommation des combustibles annuelle minimale de 95 % dans le cas des générateurs d'air chaud à gaz naturel, un facteur énergétique minimal de 0,61 dans le cas des chauffe-eau à gaz et une interdiction de l'utilisation des ampoules à incandescence.
Subvention canadienne pour des maisons plus vertes <sup>43</sup>	Un montant de 2,6 milliards de dollars sera réservé aux améliorations de l'efficacité énergétique résidentielle sur sept ans. Sept cent mille (700 000) subventions d'un montant pouvant atteindre 5 000 \$ aideront les propriétaires à effectuer des rénovations écoénergétiques dans leurs foyers.

<sup>41</sup> Gouvernement du Canada. *Un environnement sain et une économie saine*, 2020. Accessible au <https://www.canada.ca/fr/services/environnement/meteo/changementsclimatiques/plan-climatique/survol-plan-climatique/environnement-sain-economie-saine.html>. Et gouvernement du Canada. *Plan de réduction des émissions*, 2022. Accessible au <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/nouvelles/2022/03/plan-de-reduction-des-emissions-pour-2030-prochaines-etapes-du-canada-pour-un-air-pur-et-une-economie-forte.html>.

<sup>42</sup> Ressources naturelles Canada. *La Loi sur l'efficacité énergétique (la Loi) et le Règlement sur l'efficacité énergétique (le Règlement) du Canada*, aucune date. Accessible au <https://ressources-naturelles.canada.ca/efficacite-energetique/reglement-lefficacite-energetique/guide-reglement-lefficacite-energetique-canada/6862>.

<sup>43</sup> Gouvernement du Canada. *Énoncé économique de l'automne de 2020 – Soutenir les Canadiens et lutter contre la COVID-19*, 2020. Accessible au <https://www.budget.canada.ca/fes-eea/2020/report-rapport/toc-tdm-fr.html>.

Politique	Description
Prêt canadien pour des maisons plus vertes <sup>44</sup>	Le budget de 2021 a de plus attribué 4,4 milliards de dollars selon la comptabilité de caisse (778,7 millions de dollars selon la comptabilité d'exercice, sur cinq ans, à compter de 2021-2022, et 414,1 \$ au cours des exercices futurs) à la Société canadienne d'hypothèques et de logement en vue de la fourniture de prêts sans intérêt pouvant atteindre 40 000 \$ à des propriétaires à faible revenu pour des rénovations domiciliaires. Le budget de 2022 prévoit un investissement supplémentaire de 458,5 millions de dollars dans le programme de prêts aux propriétaires à faible revenu.
Augmentation de l'efficacité énergétique dans les bâtiments communautaires <sup>45</sup>	Le plan <i>Un environnement sain et une économie saine</i> a proposé l'investissement de 1,5 milliard de dollars sur trois ans dans les réparations et les améliorations de l'efficacité des bâtiments communautaires ainsi que dans la construction de nouveaux bâtiments communautaires écoénergétiques.

<sup>44</sup> Gouvernement du Canada. *Budget 2021*, 2021. Accessible au <https://www.budget.canada.ca/2021/home-accueil-fr.html>. Et gouvernement du Canada. *Budget 2022*, 2022. Accessible au <https://www.budget.canada.ca/2022/report-rapport/chap1-fr.html>.

<sup>45</sup>Gouvernement du Canada. *Un environnement sain et une économie saine*, 2020. Accessible au <https://www.canada.ca/fr/services/environnement/meteo/changementsclimatiques/plan-climatique/survol-plan-climatique/environnement-sain-economie-saine.html>.

<sup>46</sup> Gouvernement du Canada. *Norme sur les combustibles propres : approche réglementaire proposée*, 2019. Accessible au <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/gestion-pollution/production-energie/reglement-carburants/reglement-combustibles-propres/echeanciers-proches-prochaines-etapes/approche-reglementaire.html>.

Politique	Description
Transports	
<i>Règlement sur les combustibles propres</i> <sup>46</sup>	Le <i>Règlement sur les combustibles propres</i> est une norme régissant l'approvisionnement en combustibles en fonction du rendement qui entrera en vigueur en 2023. Le <i>Règlement</i> exigera que les fournisseurs de combustibles fossiles liquides réduisent l'intensité des émissions de gaz à effet de serre axée sur le cycle de vie (CI) de leurs combustibles, commençant par 3,5 gCO <sub>2</sub> e/MJ en 2023 et augmentant chaque année jusqu'à 14 gCO <sub>2</sub> e/MJ en 2030.
<i>Règlement modifiant le Règlement sur les émissions de gaz à effet de serre des véhicules lourds et de leurs moteurs</i> <sup>47</sup>	Le gouvernement fédéral a proposé une modification de la norme régissant les émissions des véhicules lourds pour rendre plus rigoureuses les exigences relatives aux émissions applicables aux véhicules fabriqués au cours des années modèles 2018 à 2027.
<i>Règlement modifiant le Règlement sur les émissions de gaz à effet de serre des automobiles à passagers et des camions légers</i> <sup>48</sup>	Les nouveaux véhicules à passagers et véhicules utilitaires/camions légers vendus au Canada doivent satisfaire aux normes sur les émissions de GES à l'échelle du parc entre 2012 et 2016, ainsi qu'entre 2017 et 2025. Les objectifs relatifs au parc des voitures à passagers cadrent avec la réglementation des États-Unis.

<sup>46</sup> Gouvernement du Canada. *Norme sur les combustibles propres : approche réglementaire proposée*, 2019. Accessible au <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/gestion-pollution/production-energie/reglement-carburants/reglement-combustibles-propres/echeanciers-proche-prochaines-etapes/approche-reglementaire.html>.

<sup>47</sup> Gouvernement du Canada. *Règlement modifiant le Règlement sur les émissions de gaz à effet de serre des véhicules lourds et de leurs moteurs et d'autres règlements pris en vertu de la Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999) : DORS/2018-98*, 2018. <https://canadagazette.gc.ca/rp-pr/p2/2018/2018-05-30/html/sor-dors98-fra.html>.

<sup>48</sup> Gouvernement du Canada. *Règlement modifiant le Règlement sur les émissions de gaz à effet de serre des automobiles à passagers et des camions légers*, 2018. <https://gazette.gc.ca/rp-pr/p2/2014/2014-10-08/html/sor-dors207-fra.html>.

Politique	Description
<i>Règlement sur les carburants renouvelables</i> <sup>49</sup>	Il prescrit une teneur renouvelable minimale de 5 % dans le cas de l'essence et de 2 % dans le cas du diesel, du point de vue du volume. L'exigence sera intégrée au <i>Règlement sur les carburants renouvelables</i> (RCR) une fois que le <i>Règlement</i> entrera en vigueur en 2023.
Incitatifs pour les véhicules zéro émission légers (iVZE) <sup>50</sup>	Des incitatifs pour véhicules légers sont offerts à raison de 2 500 \$ pour les véhicules hybrides rechargeables d'une autonomie réduite et de 5 000 \$ pour les véhicules hybrides rechargeables d'une autonomie supérieure, les véhicules à hydrogène et les véhicules électriques à batterie. Le gouvernement s'est engagé à fournir un montant supplémentaire de 1,7 milliard de dollars en cinq ans, à partir de 2022-2023, ainsi que 0,8 million de dollars en guise d'amortissement résiduel, à Transports Canada pour prolonger le programme d'Incitatifs pour les véhicules zéro émission (iVZE) jusqu'en mars 2025.
Incitatifs pour les véhicules moyens et lourds zéro émission <sup>51</sup>	Des fonds totalisant 547,5 millions de dollars sur quatre ans, à partir de 2022-2023, seront à la disposition de Transports Canada aux fins du lancement d'un nouveau programme d'Incitatifs pour véhicules moyens et lourds zéro émission.
Montants déductibles aux fins de l'impôt <sup>52</sup>	Les entreprises peuvent bénéficier de montants 100% déductibles aux fins de l'impôt en achetant un véhicule zéro émission avant 2024. Le montant déductible baisse à 75 % en 2024, 25 % en 2025 et 0 % en 2028. Les véhicules admissibles au programme fédéral d'Incitatifs pour les véhicules zéro émission ne sont pas admissibles aux montants déductibles aux fins de l'impôt.

<sup>49</sup> Gouvernement du Canada. *Règlement sur les carburants renouvelables* (DORS/2010-189), 2013. Accessible au <https://laws-lois.justice.gc.ca/fr/reglements/DORS-2010-189/index.html>.

<sup>50</sup> Gouvernement du Canada. *Véhicules admissibles*, 2022. Accessible au <https://tc.canada.ca/fr/transport-routier/technologies-novatrices/vehicules-zero-emission/vehicules-legers-zero-emission/vehicules-admissibles>.

<sup>51</sup> Gouvernement du Canada. *Véhicules moyens et lourds zéro émission*, 2022. Accessible au <https://tc.canada.ca/fr/transport-routier/technologies-novatrices/vehicules-zero-emission/vehicules-moyens-lourds-zero-emission>.

<sup>52</sup> Gouvernement du Canada. *Véhicules zéro émission* (montants déductibles aux fins de l'impôt), 2020. Accessible au <https://tc.canada.ca/en/road-transportation/innovative-technologies/zero-emission-vehicles>.

Politique	Description
Incitatifs pour infrastructure de recharge des VZE <sup>53</sup>	Des fonds fédéraux représentant 400 millions de dollars en cinq ans, à partir de 2022-2023, seront affectés au déploiement d'une infrastructure de recharge des véhicules zéro émission (VZE) dans les collectivités suburbaines et isolées dans le cadre du Programme d'infrastructure pour les véhicules à émission zéro (PIVEZ).
Production d'électricité	
<i>Règlement sur la réduction des émissions de dioxyde de carbone – secteur de l'électricité thermique au charbon</i> <sup>54</sup>	Cette politique exige la fermeture d'ici 2030 des centrales au charbon dont les émissions ne sont pas inférieures à 420 tonnes d'émissions de CO <sub>2</sub> /GWh.
<i>Règlement limitant les émissions de dioxyde de carbone provenant de la production d'électricité thermique au gaz naturel</i> <sup>55</sup>	Cette politique limite l'intensité des émissions émanant de la production d'électricité à partir de gaz naturel à 420 tonnes d'émissions de CO <sub>2</sub> /GWh.
Investissements dans l'électricité renouvelable <sup>56</sup>	Le budget de 2021 a affecté 964 millions de dollars sur quatre ans à la production d'électricité renouvelable. Un montant supplémentaire de 600 millions de dollars sera investi dans l'électricité renouvelable et la modernisation du réseau, et 250 millions de dollars soutiendront les projets d'électricité propre de grande envergure.

<sup>53</sup> Gouvernement du Canada. *Budget 2022*, 2022. Accessible au <https://www.budget.canada.ca/2022/report-rapport/chap1-fr.html>.

<sup>54</sup> Gouvernement du Canada. *Règlement sur la réduction des émissions de dioxyde de carbone – secteur de l'électricité thermique au charbon (DORS/2012-167)*, 2018. Accessible <https://laws-lois.justice.gc.ca/fra/reglements/DORS-2012-167/page-2.html>.

<sup>55</sup> Gouvernement du Canada. *Règlement limitant les émissions de dioxyde de carbone provenant de la production d'électricité thermique au gaz naturel (DORS/2018-261)*, 2018. Accessible au <https://laws-lois.justice.gc.ca/fra/reglements/DORS-2018-261/index.html>.

<sup>56</sup> Gouvernement du Canada. *Budget 2021*, 2021. Accessible au <https://www.budget.canada.ca/2021/home-accueil-fr.html>. Et gouvernement du Canada. *Un environnement sain et une économie saine*, 2020. Accessible au <https://www.canada.ca/fr/services/environnement/meteo/changementsclimatiques/plan-climatique/survol-plan-climatique/environnement-sain-economie-saine.html>.

Politique	Description
Industrie	
<i>Règlement sur la réduction des rejets de méthane et de certains composés organiques volatils</i> <sup>57</sup>	Les installations pétrolières et gazières doivent adopter des pratiques et des technologies de réduction du méthane.
Accélérateur net zéro <sup>58</sup>	L'Accélérateur net zéro a la forme d'un incitatif de 8 milliards de dollars sur sept ans encourageant l'adoption de technologies industrielles à faible émission de carbone, notamment les technologies de captage de carbone et de stockage, l'électrification de la production industrielle de chaleur et la compression, le changement de combustible par le passage aux déchets ligneux et à l'hydrogène pour la production industrielle de chaleur, les moteurs électriques à haut rendement et l'extraction directe dans l'air.

<sup>57</sup> Gouvernement du Canada. *Règlement sur la réduction des rejets de méthane et de certains composés organiques volatils (secteur du pétrole et du gaz en amont) (DORS/2018-66)*, 2020. Accessible au <https://laws-lois.justice.gc.ca/fra/reglements/DORS-2018-66/>.

<sup>58</sup> Gouvernement du Canada. *Budget 2021*, 2021. Accessible au <https://www.budget.canada.ca/2021/home-accueil-fr.html>.

# Politiques fédérales annoncées

Politique	Description
Pétrole et gaz naturel	
Plafonnement des émissions de GES au sein du secteur du pétrole et du gaz naturel <sup>59</sup>	Le gouvernement fédéral a annoncé son intention de plafonner les émissions de gaz à effet de serre du secteur de l'extraction pétrolière et gazière. Le Plan de réduction des émissions (PRE) ne fournit pas de détails sur le mécanisme stratégique qui servira à l'implantation du plafonnement des émissions de l'extraction pétrolière et gazière. Il ne précise pas par ailleurs le niveau de plafonnement des émissions, mais fait référence à une analyse fédérale qui anticipe que les émissions du secteur pétrolier et gazier fléchiront à 110 Mt en 2030 en vertu de la trajectoire la plus efficace du point de vue économique pour l'atteinte de l'objectif de 2030 du Canada. Nous avons, dans le cadre du présent projet, inclus le raffinage, bien que le champ d'application de la mesure ne soit pas clair.
Électricité	
Norme sur l'électricité propre	Le gouvernement fédéral a fait part de son intention d'instaurer une norme sur l'électricité propre (NEP), qui permettra la production carboneutre d'électricité d'ici 2035. Au moment de mettre sous presse, le PRE ne précise pas quels mécanismes stratégiques serviront à l'atteinte de cet objectif. La NEP couvrira la production de l'électricité vendue au réseau d'électricité. Le PRE ne précise pas non plus si la NEP couvrira la cogénération alimentant le réseau en électricité.
Transports	
Norme régissant les émissions des véhicules légers <sup>59</sup>	Le PRE signale que le gouvernement fédéral prévoit mettre en place une disposition obligatoire en ce qui a trait à la vente des véhicules zéro émission (VZE). La disposition visant les VZE exigera qu'au moins 20 % de tous les véhicules légers vendus soient des VZE d'ici 2026, 60 % d'ici 2030 et 100 % d'ici 2035.

<sup>59</sup> Gouvernement du Canada. *Le Plan de réduction des émissions du Canada pour 2030*, 2022. Accessible au <https://www.canada.ca/fr/services/environnement/meteo/changementsclimatiques/plan-climatique/survol-plan-climatique/reduction-emissions-2030/plan.html>.

Politique	Description
Norme régissant les émissions des véhicules moyens et lourds <sup>59</sup>	Le PRE a annoncé qu'on prévoit mettre en place une disposition obligatoire à l'appui de l'objectif prévoyant que 35 % des véhicules vendus au sein de certaines catégories des véhicules moyens et lourds soient des VZE d'ici 2030 et que 100 % le soient d'ici 2040, d'après une étude de faisabilité. On explorera de plus l'établissement d'objectifs provisoires pour les années antérieures à 2030.

---