

08 novembre 2022



Les émissions mondiales de gaz à effet de serre et le PIB canadien



**BUREAU DU DIRECTEUR PARLEMENTAIRE DU BUDGET
OFFICE OF THE PARLIAMENTARY BUDGET OFFICER**

Le directeur parlementaire du budget (DPB) appuie le Parlement en fournissant des analyses économiques et financières dans le but d'améliorer la qualité des débats parlementaires et de promouvoir une plus grande transparence et responsabilité en matière budgétaire.

Ce rapport examine l'incidence à long terme sur l'économie canadienne de la modification des tendances météorologiques liée au changement climatique.

Analystes principaux :

Philip Bagnoli, conseiller-analyste

Tim Scholz, conseiller-analyste

Collaborateurs :

Nasreddine Ammar, conseiller-analyste

Krista Duncan, ancienne analyste au Bureau du DPB

Louis Perrault, conseiller-analyste

Nous remercions les membres de la Division de la recherche climatique d'Environnement et Changement climatique Canada pour leur collaboration, sur laquelle reposent la section 2 et l'annexe B de ce rapport. Le bureau du DPB assume la responsabilité de toute erreur.

Ce rapport a été préparé sous la supervision de :

Chris Matier, directeur général

Marie-Eve Hamel Laberge, Martine Perreault et Rémy Vanherweghem ont contribué à la préparation du rapport pour publication.

Pour obtenir de plus amples renseignements, veuillez nous écrire à l'adresse suivante : dpb-pbo@parl.gc.ca.

Yves Giroux

Directeur parlementaire du budget

Table des matières

Résumé		1
1. Introduction		5
2. Un scénario de référence pour les émissions de GES		6
2.1.	Scénarios du GIEC et de l'AIE	7
2.2.	Projection de référence du DPB pour les émissions de GES	8
3. Incidence du changement climatique sur le PIB réel du Canada		10
4. Incidence des mesures mondiales		14
Annexe A :	Estimation de l'incidence du changement climatique sur le PIB réel du Canada	17
A.1	Base de données d'estimation	17
A.2	Méthodologie	17
Annexe B :	Prévisions du changement climatique fondées sur les politiques	21
B.1	Scénarios du GIEC	21
B.2	Scénarios de l'AIE	24
B.3	Prévisions des scénarios – incidences régionales et saisonnières	28
Références		31
Notes		35

Résumé

Le DPB a estimé l'incidence économique des politiques du gouvernement pour la réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) dans des analyses précédentes. Le présent rapport pousse plus loin ces analyses afin d'examiner l'incidence à long terme sur l'économie canadienne de la modification des tendances météorologiques liée au changement climatique, synthétisée dans le changement du PIB réel.

Notre analyse se veut une première étape de l'exposé de l'incidence économique du changement climatique aux parlementaires. Notre analyse étant fondée sur une littérature qui n'en est encore qu'à ses débuts, nos résultats doivent être considérés comme reflétant certains des principaux facteurs liant le changement climatique et l'économie, et seront affinés dans des travaux futurs.

Pour obtenir les incidences climatiques, nous utilisons une relation généralisée récemment exposée par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), liant les émissions cumulatives mondiales de GES au changement de la température mondiale moyenne en surface. Ces données sont combinées aux prévisions d'émissions des politiques mondiales de l'Agence internationale de l'énergie (AIE) pour obtenir des prévisions sur la température moyenne en surface et des précipitations au Canada.

Notre intérêt se porte sur le scénario des nouveaux engagements annoncés (Announced Pledges Scenario, APS) de l'AIE, qui incorpore tous les engagements climatiques pris par les gouvernements dans le monde (même si les politiques requises ne sont pas encore complètement précisées) et présume qu'ils seront « mis en œuvre entièrement et dans les temps ». Selon ce scénario APS, l'augmentation prévue de la température mondiale serait limitée à 1,8 degrés Celsius (par rapport à la moyenne des niveaux préindustriels qui correspond à la période 1850-1900).

Le scénario des politiques annoncées (Stated Policies Scenario, STEPS) de l'AIE présente également un intérêt, étant conforme à ce que nous avons déjà utilisé comme scénario de référence, où seules les politiques mises en œuvre sont prises en compte. Cela entraînerait un réchauffement mondial, en 2100, nettement supérieur à 2 degrés Celsius.

Pour le contexte, l'Accord de Paris engage les signataires en « [c]ontenant l'élévation de la température moyenne de la planète nettement en dessous de 2 °C par rapport aux niveaux préindustriels et en poursuivant l'action menée pour limiter l'élévation de la température à 1,5 °C ». De plus, les scientifiques avertissent qu'il existe des risques climatiques importants en cas de dépassement du niveau de réchauffement de 1,5 °C.

Lorsque combinées à la relation des résultats du GIEC, les émissions mondiales de GES dans notre scénario APS entraîneraient une augmentation

de la température en surface moyenne du Canada de 1,3 °C en 2100 par rapport aux niveaux de 2021 (tableau 1 du résumé).

Tableau 1 du résumé

Modification des indices climatiques pour le Canada (par rapport à 2021)

	Scénario des nouveaux engagements annoncés (APS)	
	2050	2100
Température moyenne de l'air à la surface (°C)	0,7	1,3
Total des précipitations (%)	2,3	3,9
Saisons de végétation : cultures de saison chaude (jours)	5	9

Sources : Bureau du directeur parlementaire du budget et Environnement et Changement climatique Canada calculé à partir de IAE (2021b) et Meinhausen et coll. (2022).

Note : Ces changements s'ajoutent aux répercussions climatiques jusqu'en 2021.

Pour évaluer l'incidence économique pour le Canada des émissions mondiales de GES fondées sur le scénario APS, nous suivons un cadre semblable à celui élaboré par Herrnstadt et Dinan (2020) du Congressional Budget Office (CBO) en fonction de l'augmentation des températures et des précipitations. Notre examen de la littérature et notre analyse économétrique indiquent que la modification des tendances météorologiques a une incidence (nette) négative sur la croissance annuelle du PIB réel du Canada.

Nous utilisons les liens entre les émissions de GES et les variables climatiques (température et précipitations), et entre les variables climatiques et la croissance du PIB réel, pour estimer l'incidence du changement climatique sur le PIB réel du Canada. Cette incidence est estimée en fonction d'un scénario hypothétique où les variables climatiques restent à leurs niveaux moyens observés sur la période de 1961 à 1990.

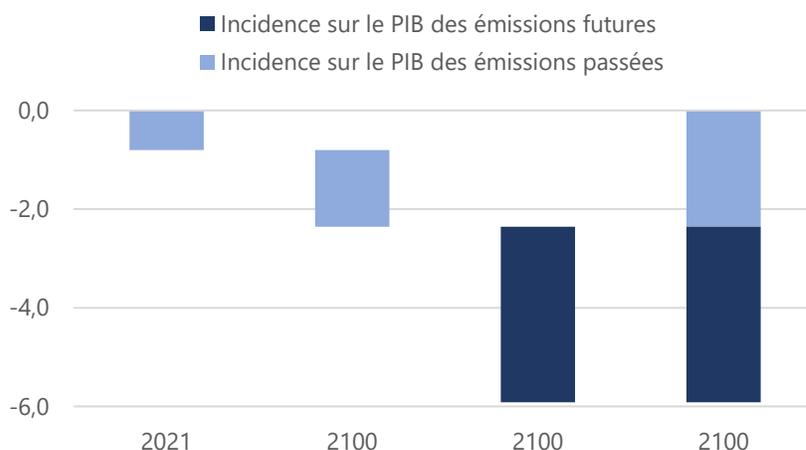
- Nous estimons qu'en 2021 l'augmentation de 0,9 °C de la température moyenne en surface et l'augmentation de 2,5 % des précipitations au Canada (par rapport à la moyenne pour 1961-1990), avaient réduit le niveau du PIB réel canadien de 0,8 % (première barre, figure 1 du résumé).
- Les changements survenus jusqu'en 2021 dans les tendances météorologiques continueront de réduire le PIB réel au Canada de 1,6 % en raison d'une croissance de la productivité du travail annuelle plus faible sur la période de 2021 à 2100 (deuxième barre, figure 1 du résumé).
- Les émissions de GES futures augmenteront la température au Canada de 1,3 °C et les précipitations de 3,9 %, ce qui réduira encore le niveau du PIB réel en 2100 de 3,6 % (troisième barre, figure 1 du résumé). Nous

estimons une incidence totale du changement climatique sur le PIB réel de 5,8 % d'ici 2100 (quatrième barre, figure 1 du résumé).

Figure 1 du résumé

Incidence estimative du changement climatique sur le PIB réel du Canada en 2100

Écart de pourcentage, PIB réel selon le scénario d'émissions APS par rapport au PIB réel selon le scénario climatique hypothétique pour 1961-1990



Source : Bureau du directeur parlementaire du budget.

Note : Le scénario climatique hypothétique pour 1961-1990 suppose que la température annuelle moyenne en surface et les précipitations sur la période de 1981 à 2100 sont restées à leurs niveaux moyens observés au cours de la période de 1961 à 1990.

Il est important de noter que nos estimations sont basées sur une relation linéaire supposée entre de faibles niveaux de changement de température et l'incidence sur le PIB réel bien que les températures, selon le scénario APS, ne doivent pas dépasser de 2 degrés les niveaux préindustriels. En outre, notre analyse ne tient pas entièrement compte de certaines questions complexes, telles que l'adaptation, les retombées économiques internationales, la transition au sein des industries et des régions, ainsi qu'une augmentation exceptionnelle du nombre des phénomènes météorologiques extrêmes et les points de basculement. Notre estimation tient compte des incidences détectables des modifications dans les températures et les précipitations qui se sont déjà produites, ce que l'on pourrait considérer comme des effets de premier ordre dans le scénario d'émissions APS.

Néanmoins, le scénario d'émissions APS permet de mettre l'accent sur la politique climatique, même si l'incertitude sur de nombreuses questions (comme les émissions, les incidences climatiques et les incidences sur le PIB) rend l'analyse hypothétique. Si les politiques mondiales restent généralement ce qu'elles sont à l'heure actuelle – conformément au scénario STEPS de l'AIE –, l'incidence négative sur le PIB du Canada serait encore plus grande.

- Selon des scénarios d'émissions de l'AIE, si les politiques mondiales restent généralement ce qu'elles sont à l'heure actuelle et que les engagements climatiques mondiaux ne sont pas respectés (le scénario STEPS), nous estimons que le PIB réel en 2100 serait environ 0,75 points de pourcentage moins élevé (tableau 2 de ce résumé) comparativement à un scénario APS où tous les pays respectent intégralement leurs engagements climatiques.
- Cependant, notre estimation sous-estime probablement l'impact négatif sur le PIB dans le cadre du scénario STEPS, étant donné qu'il ne tient pas compte des augmentations exceptionnelles des nombres d'événements climatiques graves qui, selon les scientifiques, se produiront lorsque les températures mondiales augmenteront considérablement au-dessus des seuils clés.
- Le scénario APS du tableau 2 de ce résumé limite le réchauffement climatique mondial à 1,8 degrés Celsius, par rapport aux niveaux préindustriels. Le scénario STEPS entraîne une augmentation significative du réchauffement climatique au-dessus de 2 degrés Celsius.

Tableau 2 Incidence estimative du changement climatique sur le PIB réel du Canada selon des scénarios de GES mondiaux

Écart en pourcentage	2021	2050	2075	2100
Scénario des politiques actuelles et engagements annoncés (APS)	-0,8	-2,4	-4,1	-5,8
Scénario des politiques actuelles uniquement (STEPS)	-0,8	-2,5	-4,4	-6,6

Source : Bureau du directeur parlementaire du budget.

Note : Estimation fondée sur les prévisions présentées à l'annexe B (figure B-2).

L'utilisation du scénario APS comme référence ne vise pas à réduire l'incertitude, mais plutôt à compléter nos estimations antérieures des incidences économiques des politiques du gouvernement du Canada pour la réduction des GES au Canada. Une discussion plus approfondie sur l'incertitude et le risque autour du scénario APS peut être trouvée chez Meinhausen et coll. (2022).

1. Introduction

Dans des analyses antérieures, le DPB a évalué l'incidence économique des politiques du gouvernement pour la réduction des gaz à effet de serre (GES) au Canada, ou des effets de répartition de ces politiques¹. Le présent rapport pousse plus loin ces analyses afin d'examiner l'incidence à long terme sur l'économie canadienne de la modification des tendances météorologiques liée au changement climatique, synthétisée dans le changement du PIB réel. Les analyses utilisant d'autres facteurs comme l'incidence financière sur divers secteurs constituent des analyses partielles parce qu'elles omettent généralement des interactions dans l'économie (p. ex. Martinich et Crimmins, 2019).

Les coûts économiques comprendraient, par exemple, les effets des températures plus élevées sur diverses industries, l'activité humaine, l'augmentation exceptionnelle du nombre des événements météorologiques extrêmes, les points de basculement, l'élévation du niveau des mers, ainsi que des facteurs difficiles à quantifier comme les pertes d'espèces et d'écosystèmes.

En ce qui concerne les facteurs quantifiables, la détermination du coût du changement climatique n'est pas simple. Les événements météorologiques extrêmes et les points de basculement créent des points d'inflexion qui sont incertains, mais qui pourraient avoir d'importantes conséquences. En y ajoutant la variabilité et l'incertitude des prévisions économiques et climatiques, l'éventail des résultats potentiels devient vaste, ce qui pourrait nécessiter une évaluation des risques associés aux résultats futurs.

Cependant, une telle évaluation des risques rendrait encore plus compliqué l'exposé de certaines des interrelations dans l'aspect économique du changement climatique. Notre objectif dans le présent rapport étant de mettre l'accent sur ces interrelations, nous utilisons un scénario présenté dans le document World Energy Outlook 2021 de l'Agence internationale de l'énergie (AIE, 2021a,b) – le scénario des nouveaux engagements annoncés (APS)².

La littérature sur l'incidence économique (PIB) du changement climatique en est à ses débuts, mais elle se développe (p. ex. Khan et coll., 2019; Dell et coll., 2012). Les incidences saisonnières d'hivers et d'étés plus chauds ont été quantifiées dans Colacito et coll. (2019). Aux États-Unis, le Congressional Budget Office (CBO) a réalisé une analyse plus approfondie montrant que, historiquement, il existe des preuves d'une incidence sur la croissance de la productivité dans un contexte de réchauffement du climat. Le CBO a aussi fait des prévisions d'incidences futures d'après une moyenne pondérée des résultats du modèle du GIEC, les résultats pondérés correspondant à ses évaluations de la plausibilité des scénarios. Des travaux plus récents confirment la conclusion voulant que les conditions météorologiques puissent avoir un effet sur la croissance et non pas seulement sur le niveau du PIB (voir Bastien-Olvera et coll., 2022).

2. Un scénario de référence pour les émissions de GES

Dans ce rapport, nous mettons l'accent sur un scénario d'émissions de GES particulier qui cadre avec notre analyse précédente. Il incorpore les engagements climatiques pris par les gouvernements dans le monde entier (même si les politiques requises ne sont pas encore entièrement précisées) et présume qu'ils seront « mis en œuvre entièrement et dans les temps ». Pour ce faire, nous utilisons une combinaison d'analyses réalisées par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) et l'Agence internationale de l'énergie (AIE).

Bien que nous mettions l'accent sur le scénario d'émissions APS, nous n'y souscrivons pas comme s'il s'agissait du résultat « le plus probable ». Nous l'utilisons comme une amarre ancrée dans les engagements actuels en matière de politique climatiques. Dans son travail, le GIEC prend soin de ne pas privilégier un scénario en particulier – il permet aux utilisateurs de ses produits de déterminer eux-mêmes la pertinence de chaque scénario, quoique son Résumé à l'intention des décideurs présente certains risques et certains résultats comme étant plus probables que d'autres. Cette ambivalence fait en sorte que les travaux du GIEC renvoient parfois à toute la gamme des résultats en matière d'émissions, y compris les scénarios prévoyant un réchauffement considérable.

Le GIEC attribue aussi des niveaux de confiance aux évaluations antérieures des facteurs et des incidences du changement climatique afin d'indiquer aux

décideurs le degré d'incertitude des résultats. Cela dit, nous ne quantifions pas l'incertitude et nous ne présentons pas d'évaluation des risques dans le présent rapport.

2.1. Scénarios du GIEC et de l'AIE

Dans ses scénarios, le GIEC combine les facteurs comportementaux des émissions des trajectoires communes d'évolution socioéconomique (SSP) avec les effets quantifiés des émissions des profils représentatifs d'évolution de concentration (RCP).

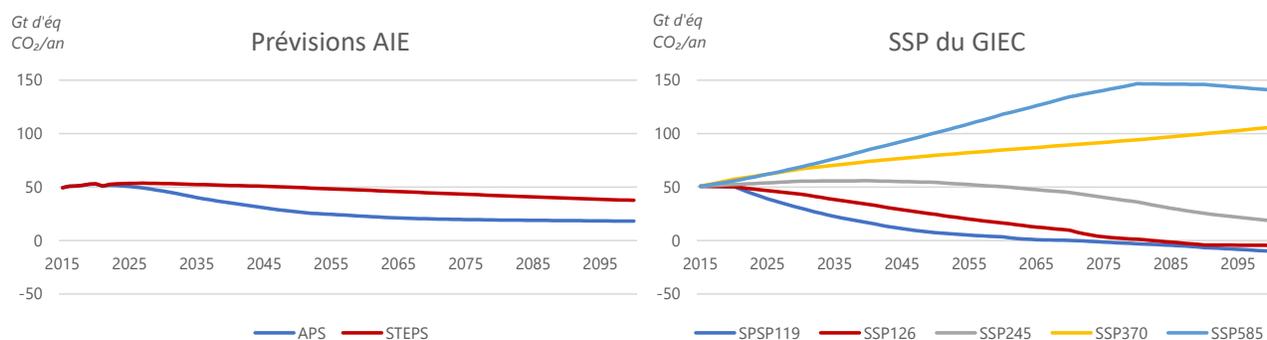
En revanche, l'Agence internationale de l'énergie (AIE) utilise une approche plus pratique pour établir les prévisions d'émissions. Elle suit et prévoit l'offre et la demande d'énergie en fonction des politiques, de la technologie et des tendances économiques, particulièrement dans le cas de l'énergie produite à partir de combustibles fossiles.

Dans son document World Energy Outlook 2021, l'Agence présente une série de prévisions à long terme jusqu'en 2050. Un des scénarios présentés, le scénario des nouveaux engagements annoncés (APS), qui est particulièrement pertinent pour notre analyse, met l'accent sur les engagements climatiques qu'ont pris les gouvernements ces dernières années. Ce scénario a été mis à jour et exploré plus en détail chez AIE (2021b) et Meinhausen et coll. (2022) qui ont étendu leurs projections à 2100³.

Les scénarios de l'AIE ne sont pas en conflit avec ceux du GIEC, mais les complètent plutôt en présentant des scénarios d'émissions différenciés selon la politique gouvernementale. Sur la période relativement courte jusqu'en 2050, l'écart entre les scénarios du GIEC et de l'AIE est très marqué (figure 2-1).

Figure 2-1

Scénarios d'émissions de l'AIE et profil d'émissions représentatif du GIEC pour les scénarios SSP individuels



Sources : AIE (2021b), Meinhausen et coll. (2022), et GIEC (2021).

Note : SSP : trajectoires communes d'évolution socioéconomique. Les scénarios du GIEC présentent un écart considérable pour chaque prévision d'émissions.

Les prévisions présentées ici ont été publiées en tant que prévisions de référence pour chaque scénario, bien que cette désignation ne les rende pas plus susceptibles de se produire.

L'accent mis sur les politiques et les tendances technologiques et économiques (historiques) crée une limite supérieure pour les émissions étant donné les mesures annoncées et les mesures mises en œuvre (scénario STEPS). Cette limite supérieure, toutefois, ne tient que dans la mesure où tiennent les engagements gouvernementaux qui la sous-tendent.

2.2. Projection de référence du DPB pour les émissions de GES

Dans le passé, le DPB a utilisé les scénarios d'Environnement et Changement Climatique Canada (ECCC) pour ses analyses. Par exemple, ECCC (2020) comportait un scénario « avec mesures » qui visait à prévoir l'incidence des politiques complètement définies et mises en œuvre. Ainsi, le scénario intégrait la taxe fédérale sur le carbone (et leurs équivalents provinciaux), mais excluait la Norme sur les combustibles propres qui, bien qu'annoncée, n'avait pas encore été complètement définie.

Les prévisions d'ECCC tenaient également compte des effets prévus des politiques annoncées, mais pas encore complètement définies, dans le scénario « avec mesures supplémentaires ».

Le DPB s'est servi du scénario « avec mesures supplémentaires » comme référence pour illustrer la différence entre les engagements du gouvernement, même ceux qui n'étaient pas encore complètement précisés, et la cible d'émissions de GES qu'il s'était fixée.

Pour le Canada, le scénario APS comprend :

- les dispositions énergétiques prévues au plan *Un environnement sain et une économie saine* de 2020;
- les dépenses affectées à la Stratégie canadienne pour l'hydrogène et à l'Accélérateur net zéro du Fonds stratégique pour l'innovation;
- les cibles et plans immédiats établis pour atteindre la cible de carboneutralité d'ici 2050.

Ces éléments font du scénario APS un choix naturel pour un scénario de référence établissant une prévision d'émissions mondiales de gaz à effet de serre comparable au scénario « avec mesures supplémentaires ».

Les scénarios de l'AIE ne comportent toutefois pas d'analyses de ses incidences climatiques pour le Canada⁴. Pour atténuer cette lacune, la Division de la recherche climatique d'ECCC a porté assistance au DPB en utilisant une relation présentée dans Canadell et coll. (2021) afin de relier les émissions et la température (et d'autres variables climatiques). Ces résultats ont été revérifiés en utilisant le modèle MAGICC pour exécuter la même simulation (Meinhausen et coll., 2011). D'autres détails sont présentés à

l'annexe B. En résumé, un vaste ensemble de scénarios d'équipes internationales de modélisation a été utilisé pour établir une relation entre les émissions et la température. Cette relation a ensuite été employée pour estimer les conséquences climatiques pour le Canada des scénarios d'émissions mondiales de l'AIE⁵.

Dans le scénario APS, les résultats pour le Canada indiquent une augmentation de 1,3 degré de la température moyenne en surface entre 2021 et 2100 (tableau 2-1).

Tableau 2-1 Changement dans les index climatiques pour le Canada (2050 par rapport à 2021)

	Scénario des nouveaux engagements annoncés (APS)	
	2050	2100
Température moyenne de l'air en surface (°C)	0,7	1,3
Précipitations totales (%)	2,3	3,9
Température quotidienne max. supérieure à 30 °C	1	3
Degrés-jours de chauffage	-246	-441
Degrés-jours de refroidissement	16	30
Saisons de végétation (jours)		
Cultures d'hiver	5	9
Cultures de saison fraîche	2	3
Cultures de saison chaude	5	9

Sources : Bureau du directeur parlementaire du budget et Environnement et Changement climatique Canada.

Note : Les degrés-jours représentent le nombre de degrés Celsius inférieurs ou supérieurs à 18 °C pour une journée donnée. L'asymétrie entre les augmentations des degrés-jours de chauffage et de refroidissement indique l'effet saisonnier où les hivers se réchauffent plus que les étés.

Dans notre scénario de référence des émissions, on prévoit que les précipitations totales au Canada augmenteront de 3,9 % en 2100 par rapport à 2021. Le nombre de jours annuels où la température maximale quotidienne est supérieure à 30 °C devrait aussi augmenter de 3 jours. Suivant l'augmentation du réchauffement, les degrés-jours de chauffage diminueront alors que les degrés-jours de refroidissement augmenteront. Ainsi, plus d'énergie sera requise pour la climatisation et moins d'énergie sera nécessaire pour le chauffage. Les saisons de végétation s'allongeront dans la plupart des régions au Canada.

Si ces estimations ponctuelles sont utiles pour déterminer les conséquences des émissions de GES selon les engagements climatiques actuels, elles nécessitent néanmoins une mise en contexte. Ces changements ne tiennent

pas compte des augmentations exceptionnelles du nombre d'événements météorologiques extrêmes, comme les précipitations, qui peuvent augmenter de manière non linéaire même avec de faibles taux de réchauffement climatique (Zhang et coll., 2021; Seneviratne et coll., 2021). Par exemple, selon le profil représentatif d'évolution de concentration (RCP) 2.6, un événement de précipitation survenant une année sur 50 deviendrait un événement survenant une année sur 25. Le coût annualisé de ces événements selon le scénario APS pourrait être suffisamment important pour avoir un effet observable sur la croissance du PIB du Canada d'ici 2100, ou même 2050.

Le dépassement des points de basculement dans les cycles géochimiques régionaux de la terre est également une possibilité (Canadell et coll., 2021; Kopp et coll., 2016). Bien que ce risque soit plus probable avec des taux d'émissions plus élevés⁶, il pourrait aussi être suffisamment important, même avec des taux d'émissions moins élevés, pour avoir un effet observable sur la croissance du PIB du Canada.

Les résultats dont nous rendons compte ici en ce qui concerne l'incidence des émissions de GES sur le PIB du Canada sont par conséquent informatifs sur le plan des incidences de premier plan, mais ne sont pas exhaustifs pour le scénario APS.

3. Incidence du changement climatique sur le PIB réel du Canada

Selon les scénarios de l'AIE, les conditions météorologiques ne constituent pas un facteur important de la croissance économique à long terme au Canada comparativement à la démographie, à l'investissement des entreprises et à la technologie. Néanmoins, la modification des tendances des températures et des précipitations induites par le changement climatique peut avoir un effet sur l'économie canadienne en influant sur⁷ :

- la production et la productivité agricoles;
- les effets de la chaleur sur la productivité de la main-d'œuvre et la santé humaine;
- l'élévation du niveau de la mer dans les régions côtières;
- l'utilisation de l'énergie et la demande en énergie;
- les dommages matériels et au stock de capital;
- le tourisme et les activités dépendantes du climat (p. ex. les stations de ski).

Les tendances météorologiques au Canada continuent de s'écarter de la norme en raison du changement climatique⁸. Certains effets climatiques, comme le prolongement des saisons de végétation⁹ et le réchauffement des

températures pourraient accroître le PIB du Canada, alors que l'augmentation de la fréquence des journées de 30 °C, des sécheresses et des tempêtes violentes aura un effet économique négatif. Les études montrant un effet positif sur le PIB du Canada reposent sur l'hypothèse d'une forte augmentation du tourisme¹⁰, alors que celles indiquant un effet négatif mettent l'accent sur la productivité du travail (Kahn et coll., 2019, Dell et coll., 2012). Plus récemment, l'Institut climatique du Canada (2022)¹¹ a estimé que le changement climatique pourrait réduire le PIB réel du Canada de 5,2 à 12,4 % d'ici 2095.

La manifestation et l'ampleur de l'incidence du changement climatique sur le PIB peuvent varier selon l'importance du choc climatique, la méthodologie et le secteur principal. Les études utilisent diverses approches pour modéliser l'incidence physique du changement climatique sur la production économique, dont les suivantes :

- estimation des dommages au niveau sectoriel et regroupement pour calculer les incidences à l'échelle de l'économie, comme Roson et Santori (2016);
- modèles économétriques descendants évaluant la relation entre les changements historiques des variables météorologiques et le PIB, comme Colacito, Hoffman et Phan (2019) ou Kahn et coll. (2019);
- modèles d'évaluation intégrée reliant la modélisation climatique détaillée à l'économie mondiale dans un cadre d'équilibre général calculable. Un modèle bien connu est celui de la famille de modèles RICE/DICE (par exemple, Nordhaus, 2017).

Nous suivons un cadre semblable à celui de Herrstadt et Dinan (2020) du Congressional Budget Office (CBO)¹² pour estimer l'incidence économique du changement climatique dans nos prévisions économiques. Nous examinons les études reliant un choc climatique particulier (habituellement les températures d'un scénario du GIEC) à son incidence sur la croissance du PIB réel au fil du temps¹³. Nous complétons cet examen en effectuant une analyse économétrique de la relation historique entre les variables climatiques et la croissance du PIB réel dans les provinces canadiennes. Les données, la méthodologie et les résultats de l'estimation sont présentés à l'annexe A.

Notre examen de la littérature et notre analyse économétrique indiquent que, en moyenne, une augmentation de 1 °C de la température moyenne en surface par rapport au niveau de référence de 1961 à 1990 réduirait la croissance du PIB réel du Canada de 0 à 0,1 point de pourcentage¹⁴. Cet écart correspond à une incidence négative de l'augmentation des températures estivales, laquelle est quelque peu contrebalancée par une incidence économique positive des hivers plus doux. L'impact économique des émissions de GES s'accumule au fil du temps, car leur stock cumulatif augmente de façon permanente la température et les précipitations au Canada, ce qui réduit la croissance de la productivité et, par conséquent, la croissance du PIB réel.

Nous estimons que de 1981 à 2021 l'augmentation des températures et des précipitations en raison du changement climatique a réduit le PIB réel au Canada en 2021 de 0,8 %, et que la modification des tendances météorologiques à long terme, selon le scénario APS, réduira encore le PIB réel de 5,0 %, ce qui se traduira par une incidence totale de -5,8 % d'ici 2100 (tableau 3-1).

Pour ce qui est de la croissance annuelle, nous estimons que la croissance du PIB réel au Canada sera inférieure d'environ 0,08 point de pourcentage à long terme (tableau 3-1). Ces incidences sont établies en fonction d'un scénario d'émissions hypothétique où les températures et les précipitations restent à leurs niveaux moyens observés de 1961 à 1990 sur la période de 1981 à 2100¹⁵.

Tableau 3-1 Incidence estimative du changement climatique sur le PIB réel du Canada selon le scénario de référence du DPB pour les émissions

	2021	2050	2075	2100
Incidence sur la croissance annuelle du PIB réel (points de pourcentage)	-0,02*	-0,06	-0,07	-0,08
Incidence sur le niveau du PIB réel (%)	-0,8	-2,4	-4,1	-5,8
Variation des températures par rapport au niveau de référence de 1961-1990 (°C)	0,9*	2,8	3,1	3,4
Variation des précipitations par rapport au niveau de référence de 1961-1990 (%)	2,5*	8,4	9,3	10,1

Source : Bureau du directeur parlementaire du budget.

Note : Ces estimations sont obtenues en appliquant les données de la littérature récente et notre analyse économétrique à notre scénario d'émissions et nos prévisions économiques à long terme. Voir l'annexe A pour une discussion plus approfondie.

*Il s'agit de l'impact annuel moyen de 1981 à 2021.

Le tableau 3-2 présente le détail des incidences historiques et futures du changement climatique sur le PIB réel au Canada. Il montre que les changements météorologiques survenus depuis 2021 représenteront 2,4 points de pourcentage de la perte estimée du PIB en 2100. Cela comprend un niveau de PIB plus faible en 2021 ainsi qu'une productivité du travail annuelle moins élevée sur la période de 2022 à 2100. Les 3,6 points de pourcentage restant proviennent de l'augmentation supplémentaire des températures et des précipitations au-delà de 0,9 degrés Celsius et 2,5 % respectivement.

Tableau 3-2 Composantes de l'impact sur le PIB réel du Canada selon le scénario de référence du DPB pour les émissions

Écart en pourcentage	2021	2050	2075	2100
Poursuite des changements météorologiques récents	-0,8	-1,4	-1,9	-2,4
Changements météorologiques futurs	0,0	-1,1	-2,2	-3,6
Incidence météorologique totale	-0,8	-2,4	-4,1	-5,8
<i>Éléments de l'incidence météorologique totale</i>				
<i>Température</i>	<i>-0,7</i>	<i>-2,1</i>	<i>-3,6</i>	<i>-5,2</i>
<i>Précipitations</i>	<i>-0,1</i>	<i>-0,3</i>	<i>-0,5</i>	<i>-0,8</i>

Source : Bureau du directeur parlementaire du budget.

Note : Les chiffres ayant été arrondis, les totaux peuvent ne pas correspondre.

Les incidences historiques du changement climatique sont déjà comprises dans les prévisions économiques à long terme du DPB, étant donné que nous prévoyons (essentiellement) la croissance de la productivité d'après sa moyenne historique¹⁶. Notre estimation des changements futurs dans les tendances météorologiques (tableau 3-2) peut être appliquée à notre prévision à long terme actuelle pour mieux rendre compte de l'incidence du changement climatique sur l'économie canadienne à long terme.

Ces estimations représentent une première étape dans l'analyse de l'incidence économique du changement climatique du DPB. Notre méthodologie ne tient pas entièrement compte des questions suivantes, lesquelles pourraient être examinées dans nos travaux ultérieurs :

- **Adaptation** : Les études économétriques descendantes ne peuvent qu'évaluer partiellement la façon dont l'adaptation peut modifier la relation entre le climat et la croissance économique au fil du temps. Par exemple, notre analyse ne tient pas compte des possibilités et des coûts de transition liés au passage à une économie à faibles émissions de carbone;
- **Incidences mondiales** : La plupart des études montrent que l'incidence économique du changement climatique sera plus grave dans d'autres pays qu'au Canada. Cela aura une incidence négative pour le Canada sur le plan du commerce, des finances et de la confiance;
- **Événements météorologiques extrêmes** : Dans notre scénario de référence, les changements dans les tendances relatives aux températures et aux précipitations ne tiennent pas compte des augmentations exceptionnelles du nombre d'événements météorologiques extrêmes et des points de basculement. Notre approche de modélisation suppose une relation linéaire entre la température et la croissance économique;

- **Arctique canadien** : La région de l'Arctique connaîtra la plus forte augmentation des températures et des précipitations. Les données étant limitées, nous n'avons pas pu inclure les territoires dans notre analyse économétrique.

Le changement climatique aura une incidence sur le Canada au-delà de son effet sur le PIB réel. De nombreux effets, tels que l'incidence sur la santé, le bien-être, la nature et les écosystèmes, ont fait l'objet d'études approfondies d'Environnement et Changement climatique Canada et Ressources naturelles Canada, entre autres¹⁷.

4. Incidence des mesures mondiales

Dans une analyse précédente, nous avons présenté des estimations des incidences économiques des politiques du gouvernement pour réduire les émissions de GES d'ici 2030¹⁸. Toutes choses étant égales par ailleurs, l'incidence des politiques du gouvernement sur le PIB sur cet horizon serait probablement visible sous la forme d'une croissance économique un peu plus lente par rapport au passé récent.

En revanche, les effets des politiques mondiales de réduction des émissions pour éviter les répercussions climatiques négatives sur l'économie ont des horizons beaucoup plus longs et ne seront pas aussi visibles; l'efficacité de ces politiques doit être déduite de l'absence de répercussions négatives ou d'une catastrophe climatique.

Nous estimons que les incidences climatiques des émissions mondiales futures dans le cadre de notre scénario de référence de l'APS entraîneraient une diminution du PIB du Canada de 3,8 % d'ici 2100. Mais ce scénario prévoyant la poursuite de l'augmentation des émissions (cumulatives) de GES après 2100, l'incidence négative sur le PIB augmenterait encore après 2100.

L'AIE publie aussi un scénario STEPS qui ne tient compte que des politiques mises en œuvre jusqu'en 2021. En l'occurrence, même pour 2050, l'incidence des changements de tendances météorologiques sur le PIB du Canada ne serait que légèrement différent du scénario APS, mais l'écart entre les deux scénarios indique que, après 2050, il y aurait une divergence dans les émissions, et donc, une incidence négative plus importante dans le scénario STEPS.

En effet, en utilisant un horizon plus long pour les scénarios de l'AIE (voir l'annexe B, figure B-2), dans le cadre du scénario STEPS relativement à 2021, les températures moyennes en surface au Canada seraient plus élevées de 1 °C et les précipitations annuelles seraient plus élevées de 2,7 points de pourcentage en 2100 par rapport à notre scénario APS.

D'après des scénarios d'émissions de l'AIE, si les politiques mondiales restent généralement ce qu'elles sont à l'heure actuelle et que les engagements climatiques mondiaux ne sont pas respectés (selon le scénario STEPS), nous

estimons que le PIB réel en 2100 serait environ 0,75 point de pourcentage moins élevé comparativement à un scénario APS (prolongé) où tous les pays respectent intégralement leurs engagements climatiques. C'est-à-dire que le PIB réel du Canada serait de 6,6 % inférieur à son niveau dans un scénario d'émissions hypothétique où les températures et les précipitations restent à leurs niveaux moyens de 1961-1990 sur l'horizon de prévision à long terme (tableau 4-1). Cependant, notre estimation sous-estime probablement l'impact négatif sur le PIB dans le cadre du scénario STEPS, étant donné qu'il ne tient pas compte des augmentations exceptionnelles des nombres d'événements climatiques graves qui, selon les scientifiques, se produiront lorsque les températures mondiales augmenteront considérablement au-dessus des seuils clés.

Tableau 4-1 Incidence estimative du changement climatique sur le PIB réel du Canada selon d'autres scénarios d'émissions

Écart en pourcentage	2021	2050	2075	2100
Scénario des politiques actuelles et engagements annoncés (APS)	-0,8	-2,4	-4,1	-5,8
Scénario des politiques actuelles uniquement (STEPS)	-0,8	-2,5	-4,4	-6,6

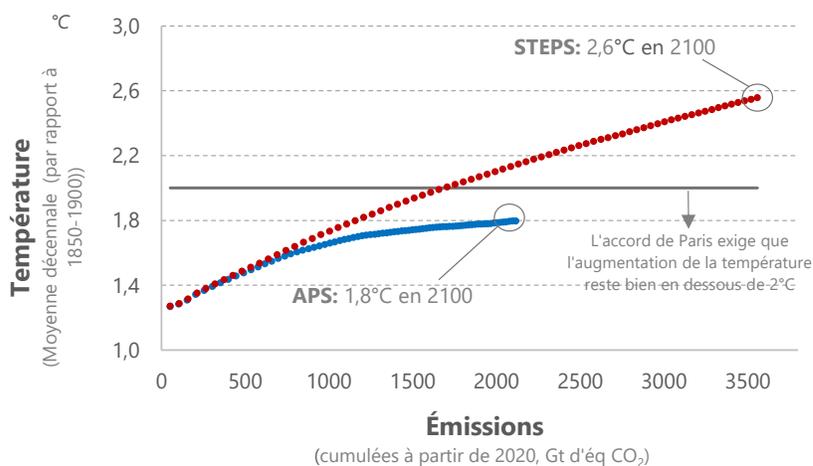
Source : Bureau du directeur parlementaire du budget.

Note : Estimation fondée sur les prévisions présentées à l'annexe B (figure B-2).

Cet impact sur le PIB réel en 2100 pour l'APS se fonde sur un niveau de réchauffement climatique d'environ 1,8 degrés Celsius au-dessus des niveaux préindustriels. Selon le scénario STEPS, où seules les politiques déjà mises en œuvre sont atteintes, le réchauffement climatique devrait augmenter de manière significative au-dessus de 2 degrés Celsius (figure 4-1).

À titre indicatif, l'Accord de Paris engage les signataires en « [c]ontenant l'élévation de la température moyenne de la planète nettement en dessous de 2 °C par rapport aux niveaux préindustriels et en poursuivant l'action menée pour limiter l'élévation de la température à 1,5 °C ». De plus, les scientifiques avertissent qu'il existe des risques climatiques importants en cas de dépassement du niveau de réchauffement de 1,5 °C (GIEC, 2022).

Figure 4-1 Politiques promises (APS) et politiques mises en œuvre (STEPS).



Sources: BDPB calculé à partir de Meinhausen et coll. (2022).

Note: La moyenne décennale de la température mondiale de surface pour 2011-2020 était de 1,1 degré Celsius supérieure à celle de la période 1850-1900. Pour 2020-2029, elle devrait être légèrement inférieure à 1,3 degré Celsius. Selon ces scénarios, APS ajoute environ 0,6 degré Celsius et STEPS ajoute 1,3 degré d'ici 2100.

Même avec les promesses tenues du scénario APS, les moyens ne sont pas encore clairs. Bon nombre des technologies nécessaires en sont encore au stade de la démonstration ou du prototype (AIE, 2021c).

Pour 2050, une comparaison de l'incidence des émissions mondiales sur le PIB au Canada avec l'incidence des politiques climatiques du gouvernement sur le PIB ne serait pas pertinente si un horizon plus long n'était pas également pris en compte. C'est-à-dire qu'il pourrait être nécessaire de mettre en œuvre des politiques coordonnées à l'échelle mondiale menant à une perte de PIB au-delà de la perte contemporaine de PIB liée au climat en 2050 afin d'éviter des pertes futures encore plus importantes liées au climat (tableau 4-1).

En effet, les incidences climatiques presque identiques sur le PIB en 2050 montrent clairement que, à l'échelle mondiale, même les engagements climatiques du scénario APS sont insuffisants pour éviter des coûts économiques encore plus importants en 2050.

Alors que l'incidence sur le PIB du Canada découle des émissions mondiales de GES, les émissions canadiennes ne sont pas suffisamment importantes pour influencer sur le changement climatique. En conséquence, le principal moyen dont dispose le Canada pour limiter les coûts économiques du changement climatique est de participer à un régime de réduction des émissions coordonné à l'échelle mondiale.

Une analyse de l'incidence des politiques sur les émissions à l'échelle mondiale est présentée à l'annexe B (encadré B2-1).

Annexe A : Estimation de l'incidence du changement climatique sur le PIB réel du Canada

La variable reliant la croissance du PIB aux changements des tendances météorologiques est habituellement exprimée en termes de semi-élasticité – le changement en pourcentage du PIB réel dans une région résultant d'une augmentation de 1 °C de la température comparativement à la moyenne historique¹⁹.

A.1 Base de données d'estimation

Nous avons obtenu d'Environnement et Changement climatique Canada les données climatiques historiques²⁰ par province sur la période de 1960 à 2021. Les valeurs moyennes régionales sont obtenues en faisant la moyenne des valeurs mensuelles des stations météorologiques de la région voulue²¹. Nous avons calculé les valeurs saisonnières des variables climatiques en faisant la moyenne des valeurs mensuelles d'un trimestre donné²². Notre estimation utilise des données annuelles, de sorte que chaque année présente des variables climatiques correspondantes pour l'hiver (T1), le printemps (T2), l'été (T3) et l'automne (T4).

Nous avons obtenu de Statistique Canada le PIB provincial et les données démographiques par province²³. Nous avons prolongé rétrospectivement la série de PIB réels de 1981 à 1961 à l'aide d'un ensemble de données sur le revenu par habitant créé par Gutoskie et MacDonald (2019)²⁴.

A.2 Méthodologie

Notre méthodologie d'estimation suit Colacito, Hoffman et Phan (2019) et Kahn et coll. (2019). Les deux études portent sur l'incidence persistante à long terme des chocs de température et de précipitation sur la croissance du PIB réel. Colacito, Hoffman et Phan (2019) estiment l'effet à long terme des écarts de température sur la croissance du PIB réel des É.-U. en appliquant une régression par panel aux États américains. La nouvelle méthode utilisée par les auteurs pour décomposer les chocs de température annuels en éléments saisonniers est utile dans le cas du Canada étant donné qu'il est probable que l'incidence économique des changements dans les tendances météorologiques varie selon les saisons.

À l'aide d'un cadre de régression par panel, nous établissons par estimation l'équation suivante (figure A-1), où *RGDPPC* représente le PIB réel par habitant d'une province, *TEMP* représente l'écart de la température saisonnière moyenne en surface d'une province en degrés Celsius par

rapport à sa moyenne de 1961-1990 et *PRECIP* représente le changement en pourcentage des précipitations annuelles d'une province par rapport à sa moyenne de 1961-1990. Les variables météorologiques sont divisées par saison (S) et nous utilisons jusqu'à deux retards selon la spécification :

Figure A-1

Incidence estimative des chocs météorologiques saisonniers sur la croissance du PIB réel provincial par habitant

$$\begin{aligned} \Delta LN(RGDPPC_{p,t}) = & \alpha_0 + \alpha_p + \gamma * \Delta LN(RGDPPC_{p,t-1}) \\ & + \sum_{s=S,t=T} \beta_{s,t} * TEMP_{s,p,t} + \sum_{s=S,t=T} \theta_{s,t} * PRECIP_{s,p,t} \\ & + \varepsilon_{p,t} \end{aligned}$$

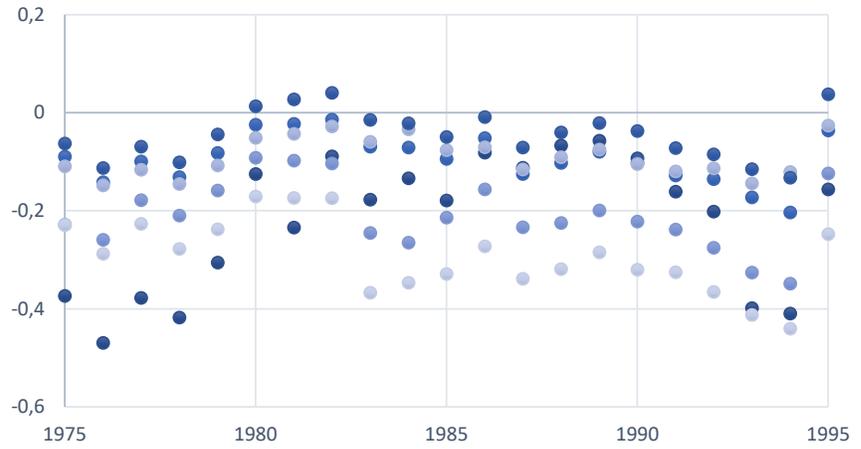
Dans l'ensemble, nous constatons une relation négative entre les températures et précipitations élevées et la croissance économique au Canada. Nous concluons que des étés plus chauds ont une incidence négative alors que les hivers plus doux ont un effet positif. Nous n'avons pas constaté d'incidence importante liée aux changements dans les températures printanières et automnales. L'équation donne le meilleur résultat pour l'échantillon du début des années 1980 à 2019, où le coefficient estival retardé et le coefficient hivernal contemporain sont significatifs au niveau du 1 %.

La figure A-2 montre l'incidence nette d'une augmentation de la température de 1 °C sur la croissance du PIB réel par habitant au Canada en appliquant d'autres spécifications et périodes d'échantillonnage à l'équation de la figure A-1²⁵. Comparativement à d'autres études, nos résultats économétriques suggèrent un impact négatif un peu plus important sur le PIB réel du Canada. Bien que les coefficients soient moins stables, ils restent statistiquement significatifs dans le temps (figure A 2).

Figure A-2

Incidence météorologique regroupée sur la croissance du PIB réel par habitant selon d'autres spécifications et périodes d'échantillonnage

Points de pourcentage



Source : Bureau du directeur parlementaire du budget.

Note : Chaque point représente l'incidence nette de tous les coefficients de température contemporains et décalés d'une période à partir des autres spécifications de l'équation de la figure A-1. L'incidence nette est la variation du point de pourcentage de la croissance du PIB réel par habitant attribuable à une augmentation de 1 °C. L'année représente le point de départ de l'échantillon de régression. Tous les échantillons de régression se terminent en 2019.

Bien que notre estimation soit fondée sur la croissance du PIB réel par habitant, nous supposons que les changements dans les tendances météorologiques n'ont pas d'incidence sur la croissance démographique. Nous pouvons ainsi traduire la semi-élasticité de la croissance du PIB réel par habitant en semi-élasticité de la croissance du PIB réel. L'utilisation de la croissance du PIB réel en tant que variable dépendante ne modifie pas les résultats de notre analyse économétrique.

Notre examen de la littérature et notre analyse économétrique indiquent que, en moyenne, une augmentation de 1 °C de la température moyenne en surface par rapport aux niveaux de référence de 1961 à 1990 réduirait la croissance annuelle du PIB réel par habitant de 0 à 0,1 point de pourcentage. Sur la base de notre jugement, nous utilisons la semi-élasticité de -0,02 pour la croissance du PIB réel dans ce rapport, étant donné que :

- l'on prévoit que les températures hivernales se réchaufferont plus rapidement que les températures estivales au Canada, ce qui devrait avoir une incidence relativement plus positive. Notre hypothèse de semi-élasticité à -0,02 est conforme à nos estimations lorsque l'on modélise les saisons séparément;
- lorsque l'on effectue un rajustement en fonction de la taille des provinces en utilisant une pondération proportionnelle au PIB, les coefficients estimatifs sont plus petits;

- notre semi-élasticité est plus petite que les valeurs indiquées à l'échelle mondiale, ce qui concorde avec le point de vue que la croissance économique au Canada et dans les autres pays nordiques pourrait être moins touchée par le changement climatique que dans les pays plus chauds;
- bien que notre méthode tienne compte de l'évolution de la relation entre les modifications des tendances météorologiques et la croissance du PIB réel au Canada au fil du temps, elle n'incorpore pas explicitement l'adaptation, ce qui pourrait biaiser notre estimation économique de l'incidence future des événements météorologiques.

Nous continuerons à suivre les développements liés au changement climatique et à l'économie canadienne et mettrons à jour notre analyse au besoin.

Nous estimons qu'une augmentation de 1 % des précipitations par rapport à la période de référence de 1961-1990 réduira la croissance du PIB réel de 0,001 point de pourcentage. On a conclu que les précipitations ont un faible effet négatif sur la croissance du PIB réel, mais, contrairement aux températures, cet effet n'était pas statistiquement significatif²⁶ dans notre estimation.

Annexe B : Prévisions du changement climatique fondées sur les politiques

La présente annexe décrit la méthodologie utilisée pour relier les scénarios d'émissions de l'AIE aux changements des températures en surface et d'autres variables climatiques comme les précipitations.

Sommairement, un grand nombre de simulations de modèles de nombreux collaborateurs à la phase 6 de Coupled Model Intercomparison Project (CMIP6) du World Climate Research Program sont traitées comme des observations afin d'établir une relation entre les émissions de GES et les changements de la température moyenne en surface. Cela découle de travaux montrant déjà la constance de cette relation (p. ex. Canadell et coll., 2021; GIEC, 2021; Pielke et coll., 2022, la figure 2-1 illustre cette relation). Une relation similaire est déduite entre les changements de la température moyenne en surface et les changements dans les précipitations pour le Canada (Zhang et coll., 2019).

Ces relations nous permettent ensuite de prendre les prévisions de l'AIE et d'attribuer à ses scénarios des modifications de la température moyenne en surface, des modifications des précipitations et d'autres modifications climatiques.

Les résultats des simulations des modèles utilisés sont réduits pour présenter des détails régionaux pour Canada. Ces résultats régionaux sont alors rajustés afin de reproduire le plus exactement possible les données des stations d'observation météorologique au Canada. Ceci aide à veiller à ce que le changement climatique régional prévu soit fondé sur des données climatiques historiques réelles.

Cette analyse dépend de la confiance que l'on peut avoir dans la fiabilité des prévisions tirées de ces modèles (dans l'ensemble). Les essais et les examens auxquels sont régulièrement soumis les modèles favorisent cette confiance (p. ex. Flato et coll., 2013; Hausfather et coll., 2019), quoiqu'une importante incertitude demeure au sujet des prévisions climatiques.

B.1 Scénarios du GIEC

Aux fins de ses analyses, le GIEC combine deux volets séparant effectivement les prévisions comportementales des émissions de GES. Les trajectoires communes d'évolution socioéconomique (SSP) produisent des scénarios montrant l'évolution potentielle des économies et des sociétés jusqu'en 2100 (comportementaux). En tout, cinq des scénarios qui ont été créés partent d'une faible incidence environnementale avec durabilité à l'échelle mondiale

(SSP1) et vont jusqu'à une forte incidence environnementale (SSP5) dans un scénario où rien n'est fait pour réduire les émissions de GES. Dans ce dernier cas, les combustibles fossiles sont encore la source d'énergie dominante dans une économie mondiale beaucoup plus grande en 2100. Les degrés d'inégalité et de rivalité régionale varient entre le SSP1 et le SSP5 (tableau B-1).

Pour ce qui est des émissions, le GIEC a également créé une série de profils représentatifs d'évolution de concentration (RCP) portant sur l'incidence sur le système climatique. Ces profils sont en grande partie indépendants des SSP. La mesure fondamentale de chaque RCP est l'augmentation du forçage radiatif, lequel mesure l'énergie accrue du soleil retenue à la surface de la terre en watts par mètre carré (W/m^2). À titre d'information, les évaluations estiment à $3,2 W/m^2$ le forçage radiatif d'origine humaine accru entre 1750 et 2020 (Butler et Montzka, 2022).

Le changement de température moyen entre 2011-2020 par rapport à 1850-1900 est estimé à environ $1,1 ^\circ C$. Les gaz à effet de serre pourraient avoir contribué à un réchauffement d'environ $1,5^\circ$, compensé par l'effet refroidissant des aérosols d'environ $0,4^\circ$ (figure SPM.2, graphique (b), GIEC 2021).

Le premier rapport du GIEC à intégrer les RCP, le cinquième Rapport d'évaluation (AR5), intégrait quatre RCP (tableau B-1). Dans la tranche inférieure se trouvait le RCP2,6, où le changement du forçage radiatif atteint $2,6 W/m^2$ à son plus haut niveau, avant de décliner. Deux scénarios intermédiaires ont aussi été choisis, RCP4,5 et RCP6,0, où les changements du forçage radiatif se stabilisent après 2100 dans les deux cas. Le dernier scénario, RCP8,5, est dans la tranche d'émissions supérieure, où le forçage radiatif continue à augmenter après 2100. D'autres scénarios RCP ont subséquemment été créés pour se concentrer sur les conséquences dans la tranche d'émissions inférieure. Ces derniers scénarios donnent suite aux débats publics et, dans certains cas, aux politiques annoncées afin d'atteindre la carboneutralité d'ici le milieu du siècle.

Tableau B-1

Profils socioéconomiques partagés et profils représentatifs d'évolution de concentration du GIEC

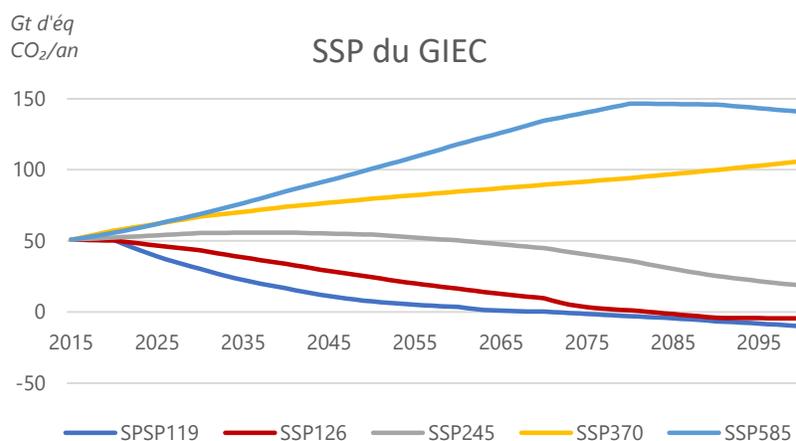
	Profils socioéconomiques	Profils représentatifs d'évolution de concentration
	<u>SSP1 : Durabilité</u>	<u>2,6 W/m²</u>
	<u>SSP2 : Inégalité</u>	<u>4,5 W/m²</u>
	<u>SSP3 : Intermédiaire</u>	<u>6,0 W/m²</u>
	<u>SSP4 : Rivalité</u>	<u>8,5 W/m²</u>
	<u>SSP5 : Combustibles fossiles</u>	

Source : GIEC.

Note : La tendance vers l'augmentation des émissions lorsque l'on passe du SSP1 au SSP5 n'est pas solide. Un chevauchement peut se produire selon l'évolution technologique entre les scénarios. En outre, le PIB n'a pas tendance à augmenter plus lentement ou moins lentement lorsque l'on passe d'un scénario SSP à l'autre.

La combinaison des scénarios socioéconomiques communs (SSP) et des scénarios d'émissions (RCP) a produit un grand nombre de scénarios de facteurs socioéconomiques accompagnés de leurs conséquences climatiques potentielles. Avec l'ajout d'autres scénarios dans la tranche inférieure, les émissions de GES vont d'un niveau très élevé à un niveau où des mesures ambitieuses sont prises sur toute la période jusqu'en 2100 (figure B-1).

Figure B-1 Profil d'émissions représentatif du GIEC pour les scénarios SSP individuels



Source : GIEC (2021), encadré SPM.1.

Note : Les SSP119 et SSP126 affichent des émissions négatives dans leurs prévisions, ce qui implique que le carbone est retiré de l'atmosphère.

Pour le Canada, ces prévisions signifient que, dans la tranche supérieure (SSP585), l'augmentation de la température moyenne à l'échelle du pays pourrait dépasser les 6 °C d'ici 2100 (Zhang et coll., 2019) par rapport à la période 1986-2005. Cela entraînerait une augmentation disproportionnée des températures hivernales (moins de jours de froid extrême dans le nord).

B.2 Scénarios de l'AIE

Dans son document Energy Outlook 2021, l'Agence internationale de l'énergie (AIE) présente une série de prévisions à long terme jusqu'en 2050. Ces scénarios se fondent sur les tendances technologiques ainsi que sur les politiques annoncées par chaque pays au cours des dernières années.

- 1) STEPS – politiques annoncées
- 2) APS – engagements annoncés
- 3) SDS – développement durable
- 4) NZE – carboneutralité d'ici la mi-siècle

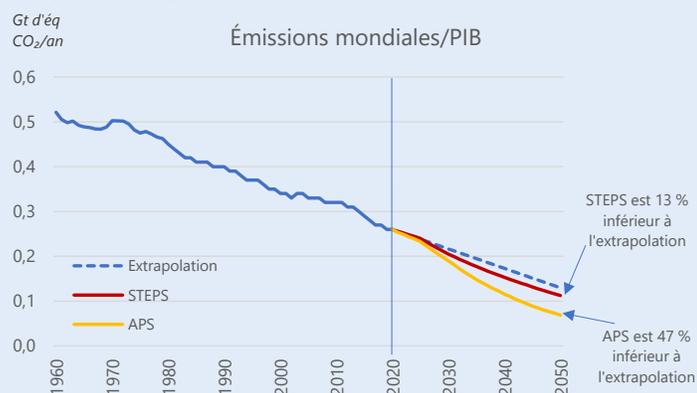
Les scénarios APS et STEPS ont été mis à jour et étendus à 2100 chez Meinhausen et coll. (2022). Ces scénarios de l'AIE ne sont pas en conflit avec les SSP. Ils représentent des résultats potentiels fondés sur des avis d'experts relatifs aux politiques. En effet, les SSP ne reposent pas sur les déterminants des politiques, mais plutôt sur une évolution plus vague des conditions produisant les émissions. À cet égard, les scénarios de l'AIE et les scénarios SSP sont complémentaires.

Une comparaison des tendances historiques et des prévisions peut donner une certaine idée du rôle prévu des politiques dans la réduction des émissions (encadré B2-1)²⁷.

Encadré B2-1 – Intensité des émissions mondiales du PIB

Les politiques, la technologie et le développement économique sont étroitement liés dans leur influence sur les émissions de GES. Néanmoins, étant donné que les politiques sur les émissions se sont faites plutôt rares dans le contexte mondial, les émissions ont été essentiellement indépendantes des politiques. En ce qui concerne le développement économique et la technologie, leur influence aurait respectivement développé les secteurs de l'économie où les combustibles fossiles ne sont pas utilisés et amélioré l'efficacité des secteurs qui utilisent des combustibles fossiles.

Une tendance historique à la baisse de l'intensité des émissions mondiales du PIB met en évidence ces influences.



Source : AIE (2022) prolongé jusqu'en 1960 en utilisant Bolt et van Zanden (2020)..

Note : À titre d'information, les émissions fondées sur une prévision de référence SSP585 impliqueraient que, après 2020, l'intensité des émissions du PIB cesserait de décliner et resterait essentiellement inchangée jusqu'en 2050. En \$PPA de 2015. Les émissions de GES comprennent des sources provenant de l'énergie et de l'industrie.

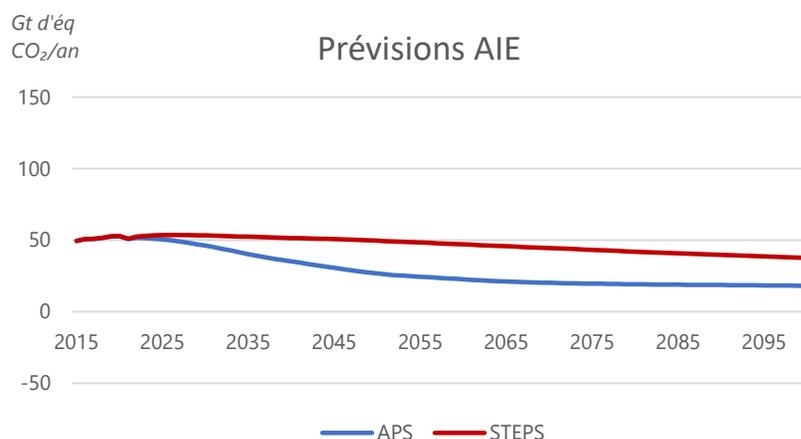
Considérer que les émissions passées (au moins après 1960) ne sont généralement pas assujetties à l'influence des politiques signifie qu'une extrapolation linéaire de la tendance de l'intensité des émissions de 1960-2020 jusqu'en 2050 pourrait aussi être considérée comme largement indépendante des politiques (ligne indiquée par un tireté dans la figure de l'encadré). En l'occurrence, les politiques récemment adoptées (à savoir celles d'avant 2020 : le scénario STEPS) réduiraient l'intensité des émissions mondiales du PIB de 13 % d'ici 2050 par rapport aux facteurs non liés aux politiques pris seuls. Les engagements compris dans le scénario APS réduiraient l'intensité des émissions de 47 %.

L'extrapolation linéaire de 2020 à 2050 illustrée ci-dessus serait difficile à poursuivre après 2050 puisque son indépendance implicite par rapport aux politiques supposerait la disponibilité de technologies à grande échelle qui seraient moins chères que les combustibles fossiles facilement accessibles. Sans politiques pour les favoriser, ces technologies seraient peu probables.

L'accent mis sur les politiques crée cependant une limite d'émissions supérieure étant donné les mesures annoncées et celles déjà mises en œuvre

(figure B-2; pour faciliter la comparaison, l'axe vertical est identique à celui de la figure B-1).

Figure B-2 Prévisions des émissions de gaz à effet de serre de l'AIE



Sources : Données de l'AIE tirées de documents supplémentaires dans Meinhausen et coll. (2022)

Le scénario STEPS est légèrement supérieur au profil SSP245; néanmoins, une légère baisse des émissions annuelles est prévue uniquement en fonction des politiques et des technologies mises en œuvre avant 2020. Le SSP245 étant centré sur un réchauffement supplémentaire de quelque 2 °C (ou 3° au-dessus des températures préindustrielles), il comporte quand même d'importantes implications pour le climat de la terre.

Le lien entre les émissions de GES et les changements de la température mondiale moyenne en surface est résumé dans Canadell et coll. (2021). En examinant les analyses des modèles climatiques, les auteurs ont pu conclure qu'un réchauffement climatique supplémentaire de 0,45 °C se produirait avec des émissions de 1 000 gigatonnes de dioxyde de carbone (GtCO₂). Ceci est clairement illustré dans le GIEC (2021, figure SPM.10). Bien que ce lien ne soit pas précis (un tel réchauffement pourrait se produire avec des émissions 70 % supérieures ou inférieures à 1 000 GtCO₂, il représente une estimation moyenne utile aux fins de notre analyse.

De plus, nous avons utilisé le modèle climatique mondial MAGICC (Meinhausen et coll., 2011) pour confirmer cette relation entre les émissions cumulées mondiales et le changement de température mondiale dans le scénario APS.

Les résultats pour le Canada et ses régions ont été établis de la même façon par ECCC pour les scénarios du DPB fondés sur les données de l'AIE (figure B-2). Le calcul est fondé sur des simulations nombreuses de 26 modèles climatiques participant à la CMIP6. Pour obtenir un large échantillon de

résultats à partir desquels calculer la relation entre les émissions et la température (et d'autres indices climatiques), les simulations de SSP126, SSP245 et SSP585 ont été intégrées.

Ces simulations de modèles devant correspondre aux observations de températures régionales du Canada pour une période de référence, ils sont statistiquement réduits. Ce processus est décrit dans Cannon et coll. (2015), et Werner et Cannon (2016). Cette réduction permet ensuite d'estimer ce que signifierait une modification des émissions mondiales pour les températures moyennes en surface dans chaque région du Canada.

B.3 Prévisions des scénarios – incidences régionales et saisonnières

Le tableau B-2 offre un résumé des modifications de divers indices climatiques entre les scénarios d'émissions de l'AIE.

Tableau B-2 Modifications des indices climatiques pour le Canada (par rapport à 2021)

	Scénario des nouveaux engagements annoncés (APS)		Scénario des politiques annoncées (STEPS)	
	2050	2100	2050	2100
Température moyenne de l'air en surface (°C)	0,7	1,3	1,0	2,3
Précipitations totales (%)	2,3	3,9	2,9	6,5
Température quotidienne max, supérieure à 30 °C (jours)	1	3	2	5
Degrés-jours de chauffage	-246	-441	-326	-779
Degrés-jours de refroidissement	16	30	21	60
Saison de végétation (jours)				
Cultures d'hiver	5	9	7	17
Cultures de saison fraîche	2	3	3	6
Cultures de saison chaude	5	9	7	16

Sources : Bureau du directeur parlementaire du budget et Environnement et Changement climatique Canada.

Note : Les degrés-jours représentent le nombre de degrés Celsius inférieurs ou supérieurs à 18 °C pour une journée donnée. Dans le présent rapport, le scénario APS est considéré comme le scénario de référence des émissions. Les résultats sont présentés en tant qu'estimations ponctuelles à titre d'illustration. L'incertitude considérable qui y est associée implique que même ces scénarios d'émissions relativement faibles comportent un risque de répercussions graves.

Pour le Canada, un résultat pour l'ensemble du pays pourrait ne pas être aussi informatif qu'il le serait pour d'autres pays. On prévoit que le climat

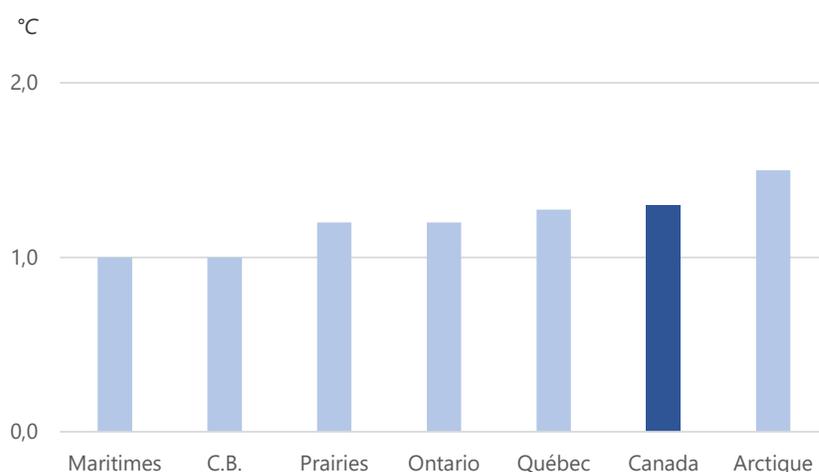
(température) au Canada changera deux fois plus rapidement que dans le reste du monde (Zhang et coll., 2019), et même à l'intérieur du Canada, il existe une distinction entre les régions des latitudes supérieures et des latitudes inférieures; le réchauffement est plus important dans les latitudes supérieures que dans les régions plus au sud.

Il s'agit d'un résultat observé dans les données historiques. Pour la période de 1985 à 2015, un changement de la température moyenne en surface sur 5 ans représente 1,7 °C pour le Canada, mais seulement 0,8 °C pour l'ensemble du monde²⁸.

L'Arctique constituant environ 40 % de la superficie terrestre du Canada, le changement plus important dans le nord biaise les résultats nationaux. Cela apparaît clairement dans la réduction d'échelle des résultats des modèles mondiaux (figure B-3).

Figure B-3

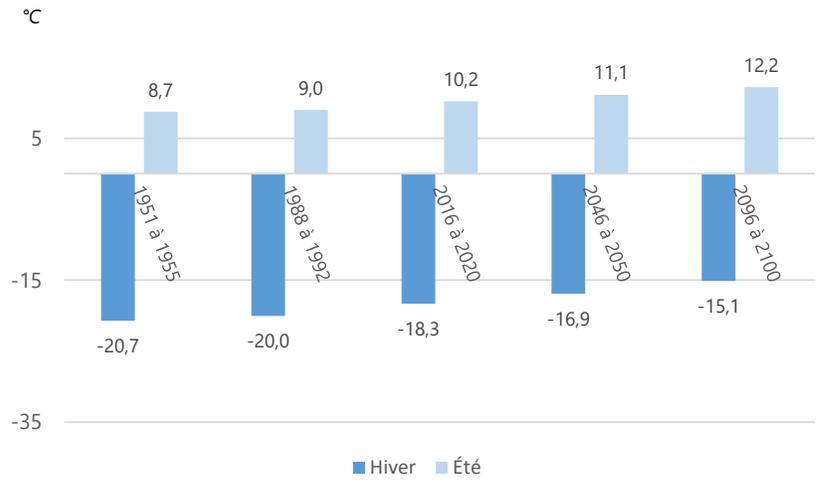
Changement de la température régionale moyenne en surface au Canada selon le scénario APS (2100 par rapport à 2021)



Sources : Bureau du directeur parlementaire du budget et Environnement et Changement climatique Canada.

La prédominance du changement de température au cours des mois d'hiver est liée aux écarts dans les incidences régionales (figure B-4). La distinction est importante pour le Canada étant donné ses hivers froids; de là découle essentiellement le prolongement des saisons de végétation pour l'agriculture.

Figure B-4 Température saisonnière moyenne en surface au Canada selon le scénario APS (1951 à 2100)



Source : Données et scénarios climatiques Canada, www.climate-scenarios.canada.ca.

Note : L'hiver est défini comme étant la période de décembre à février et l'été la période de juin à août.

Références

Bagnoli, P. et T. Scholz. *Au-delà de Paris : Réduire les émissions de gaz à effet de serre du Canada d'ici 2030*, Bureau du directeur parlementaire du budget, juin 2021. <https://www.pbo-dpb.ca/fr/publications/RP-2122-009-S--beyond-paris-reducing-canada-ghg-emissions-2030--dela-paris-reduire-emissions-gaz-effet-serre-canada-ici-2030>.

Bastien-Olvera, B.A., F. Granella et F.C. Moore. « Persistent effect of temperature on GDP identified from lower frequency temperature variability », *Environmental Research Letters*, vol. 17, n° 8, 2022.

Bolt, J., et J. van Zanden (2020), « Maddison style estimates of the evolution of the world economy. A new 2020 update », Maddison Project Working paper 15.

Boyd, R. et A. Markandya. « Coûts et avantages liés aux impacts des changements climatiques et aux mesures d'adaptation », chapitre 6 dans *Le Canada dans un climat en changement : Rapport sur les enjeux nationaux*, F.J. Warren et N. Lulham (dir.), gouvernement du Canada, Ottawa (Ontario), 2021.
<https://geoscan.nrcan.gc.ca/starweb/geoscan/servlet.starweb?path=geoscan/fullf.web&search1=R=328384>.

Butler, J., et S. Montzka. The NOAA annual greenhouse gas index (AGGI). National Oceanic and Atmospheric Administration, 2022.

Canadell, J.G., P.M.S. Monteiro, M.H. Costa, L. Cotrim da Cunha, P.M. Cox, A.V. Eliseev, S. Henson, M. Ishii, S. Jaccard, C. Koven, A. Lohila, P.K. Patra, S. Piao, J. Rogelj, S. Syampungani, S. Zaehle et K. Zickfeld. « Global Carbon and other Biogeochemical Cycles and Feedbacks », *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*, contribution du Groupe de travail I au sixième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu et B. Zhou (dir.)], 2021, Cambridge University Press, Royaume-Uni et New York (NY), É. U., p. 673 à 816.

Cannon, A.J., S. R. Sobie, et T. Q. Murdock (2015), « Bias Correction of GCM Precipitation by Quantile Mapping: How Well do Methods Preserve Changes in Quantiles and Extremes? », *Journal of Climate*, vol. 28, no. 17, pp. 6938-59.

Colacito, R., B. Hoffman et T. Phan. *Temperature and Growth: A Panel Analysis of the United States*, 2019.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jmcb.12574>.

Environment et Changement climatique Canada (ECCC) (2020), *Un environnement sain et une économie saine*, Ottawa.

Dell, M., B.F. Jones et B.A. Olken. Temperature Shocks and Economic Growth: Evidence from the Last Half Century, 2012.

https://scholar.harvard.edu/files/dell/files/aej_temperature.pdf.

Flato, G., J. Marotzke, B. Abiodun, P. Braconnot, S.C. Chou, W. Collins, P. Cox, F. Driouech, S. Emori, V. Eyring, C. Forest, P. Gleckler, E. Guilyardi, C. Jakob, V. Kattsov, C. Reason et M. Rummukainen. « Evaluation of Climate Models », Climate Change 2013: The Physical Science Basis, contribution du Groupe de travail I au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex et P.M. Midgley (dir.)], Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York (NY), É. U., 2013.

GHD. Aquanomics: The economics of water risk and future resiliency, 2022.

<https://aquanomics.ghd.com>.

GIEC. « Summary for Policymakers », Climate Change 2021: The Physical Science Basis, contribution du Groupe de travail I au sixième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu et B. Zhou (dir.)], 2021. Sous presse.

GIEC, « Summary for Policymakers », Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability, . contribution du Groupe de travail II au sixième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösckke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. 2022. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 3–33, doi:10.1017/9781009325844.001.

Gutoskie, J. et R. MacDonald. Croissance du revenu par habitant dans les provinces depuis 1950. Statistique Canada, Aperçus économiques, n° 11-626-X au catalogue — 2019009 - n° 095, mai 2019.

<https://www150.statcan.gc.ca/n1/fr/pub/11-626-x/11-626-x2019009-fra.pdf?st=oMWt2WRR>.

Hausfather, Z., H.F. Drake, T. Abbott et G.A. Schmidt. « Evaluating the performance of past climate model projections », *Geophys. Res. Lett.*, 47, n° 1, 2020. e2019GL085378, doi:10.1029/2019GL085378.

Herrnstadt, E. et T. Dinan. CBO's Projection of the Effect of Climate Change on U.S. Economic Output, septembre 2020.

<https://www.cbo.gov/system/files/2020-09/56505-Climate-Change.pdf>.

AIE (2021), *World Energy Outlook 2021*, IEA, Paris

<https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2021>

IEA (2021b), *World Energy Outlook 2021: Technical note on the emissions and temperature implications of COP26 pledges*, IEA, Paris.

AIE (2021c), *Net Zero by 2050*, IEA, Paris, IEA, Paris.

<https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>

AIE (2022), *Global Energy Review: CO2 Emissions in 2021*, IEA, Paris

<https://www.iea.org/reports/global-energy-review-co2-emissions-in-2021-2>

Kahn, M. E., K. Mohaddes, R.N.C. Ng, M.H. Pesaran, M. Raissi et J-C Yang. Long-term Macroeconomic Effects of Climate Change: A Cross-Country Analysis, octobre 2019.

<https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/2019/10/11/Long-Term-Macroeconomic-Effects-of-Climate-Change-A-Cross-Country-Analysis-48691>.

Kalkuhl, M. et L. Wenz. *The impact of climate conditions on economic production. Evidence from a global panel of regions*. 2020. Retrieved from:

https://econpapers.repec.org/article/eeejeeman/v_3a103_3ay_3a2020_3ai_3ac_3as0095069620300838.htm.

Kopp, R. E., R. Shwom, G. Wagner et J. Yuan. « Tipping elements and climate-economic shocks: Pathways toward integrated assessment », *Earth's Future*, vol. 4, 346-372, 2016.

Martinich, J. et A. Crimmins. « Climate damages and adaptation potential across diverse sectors of the United States », *Nature Climate Change*, vol. 9, 2019, p. 397-404. <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0444-6>.

Meinshausen, M., J. Lewis, C. McGlade, J. Gütschow, Z. Nicholls, R. Burdon, L. Cozzi et B. Hackmann (2022), « Realization of Paris Agreement pledges may limit warming just below 2 °C ». *Nature*, 604, pp. 304–309.

<https://doi.org/10.1038/s41586-022-04553-z>

Nordhaus, W.D. (2017), « Evolution of Assessments of the Economics of Global Warming: Changes in the DICE model, 1992–2017 ». *Climatic Change*, 148, 4, Pp. 623-640

Pielke, R., Jr, Burgess, M.G. et J. Ritchie. « Plausible 2005–2050 emissions scenarios project between 2 °C and 3 °C of warming by 2100 », *Environmental Resource Letters*, vol. 17, 2022.

Roson, R. et M. Sartori. « Estimation of Climate Change Damage Functions for 140 Regions in the GTAP9 Database », Policy Research Working Paper, n° 7728, Banque mondiale, Washington, 2016.

<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/24643>.

Seneviratne, S.I., X. Zhang, M. Adnan, W. Badi, C. Dereczynski, A. Di Luca, S. Ghosh, I. Iskandar, J. Kossin, S. Lewis, F. Otto, I. Pinto, M. Satoh, S.M. Vicente-Serrano, M. Wehner et B. Zhou. « Weather and Climate Extreme Events in a Changing Climate », *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*, contribution du Groupe de travail I au sixième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R.

Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu et B. Zhou (dir.), 2021, Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York (NY), É. U., p. 1513 à 1766.

Stan, K., G.A. Watt et A. Sanchez-Azofeifa. Financial Stability in response to climate change in a northern temperature economy, décembre 2021. <https://www.nature.com/articles/s41467-021-27490-3>.

Werner, A.T., and A. J. Cannon (2016), « Hydrologic extremes – an intercomparison of multiple gridded statistical downscaling methods. » *Hydrology and Earth System Sciences* vol. 20, pp. 1483-1508. doi:10.5194/hess-20-1483-2016.

Zhang, X., G. Flato, M. Kirchmeier-Young, L. Vincent, H. Wan, X. Wang, R. Rong, J. Fyfe, G. Li, G. et V.V. Kharin. « Les changements de température et de précipitations au Canada », chapitre 4 dans Bush, E. et D.S. Lemmen (dir.) Rapport sur le climat changeant du Canada, gouvernement du Canada, Ottawa (Ontario), 2019, p. 112 à 193.

Notes

- ¹ Voir : <https://www.pbo-dpb.ca/fr/publications/RP-2122-009-S--beyond-paris-reducing-canada-ghg-emissions-2030--dela-paris-reduire-emissions-gaz-effet-serre-canada-ici-2030>.
- ² Voir : https://iea.blob.core.windows.net/assets/232b2424-4034-4516-be9a-3c6a2586824a/WEO2021_ES_French.pdf [RÉSUMÉ].
- ³ En novembre 2021, l'AIE a mis à jour son scénario APS (publié dans son Perspectives énergétiques mondiales d'octobre 2021) pour intégrer les nouveaux engagements climatiques pris par certains pays à l'approche de la 26e Conférence des Parties (COP26). L'AIE a prévu que le scénario APS mis à jour limiterait le réchauffement climatique à 1,8 degrés Celsius en 2100. L'estimation du réchauffement climatique de l'AIE correspond à notre estimation de 1,8 degrés Celsius, qui est basée sur une relation généralisée émissions-température récemment décrite par le GIEC.

En octobre 2022, l'AIE a publié ses Perspectives énergétiques mondiales 2022, qui, selon le scénario APS le plus récent, prévoyait une augmentation du réchauffement climatique de 1,7 degrés Celsius en 2100. Selon l'AIE, le scénario APS 2022 « se rapproche » de la limitation de réchauffement bien en dessous de 2 degrés Celsius. Les Perspectives énergétiques mondiales 2022 de l'AIE (publiées le 27 octobre) ont été publiées à l'issue de notre analyse. Les travaux futurs examineront les scénarios d'émissions mondiales mis à jour.
- ⁴ Quoiqu'elle utilise un modèle réduit appelé MAGICC (modèle probabiliste de complexité réduite avec résolution hémisphérique).
- ⁵ Bien que les changements de température utilisés dans les projections de ce rapport soient calculés directement à partir des résultats du modèle de l'exercice de la phase 6 du projet de comparaison de modèles couplés (CMIP6), les résultats pour le Canada ne doivent pas être attribués au sixième rapport d'évaluation du GIEC.
- ⁶ Par exemple, GHD (2022) prévoit une réduction de 5,5 % du PIB due aux événements météorologiques si les températures mondiales augmentent de 2 °C d'ici 2050. Ce changement des températures serait plus important que le changement mondial prévu au scénario APS présenté ici pour 2050.
- ⁷ Le chapitre 6 du rapport *Le Canada dans un climat en changement : Rapport sur les enjeux nationaux* offre un aperçu détaillé des coûts économiques du changement climatique. Voir : https://ftp.maps.canada.ca/pub/nrcan_rncan/publications/STPublications_PublicationsST/328/328385/gid_328385.pdf.
- ⁸ Voir : <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/indicateurs-environnementaux/changements-temperature.html>.
- ⁹ L'incidence sur le secteur agricole canadien est particulièrement complexe et pourrait entraîner des effets nets positifs ou négatifs à long terme. Agriculture et Agroalimentaire Canada offre un aperçu des défis et possibilités. Voir : <https://agriculture.canada.ca/fr/agriculture-environnement/changements-climatiques-qualite-lair/scenarios-climatiques-lagriculture>.

- ¹⁰ À savoir que l'augmentation des températures mondiales augmentera les recettes touristiques nettes dans les pays plus froids.
- ¹¹ Voir : <https://institutclimatique.ca/reports/limiter-les-degats/>.
- ¹² Le CBO regroupe les estimations de la relation entre les variables météorologiques et le PIB américain de quatre études économétriques descendantes récentes et utilise une méta-analyse à effets aléatoires pour synthétiser la littérature dans une estimation centrale de la semi-élasticité, qu'il applique ensuite à son scénario de référence des émissions pour obtenir une perturbation aléatoire du PIB américain. Le CBO conclut que le changement climatique lié aux températures, aux précipitations et aux ouragans réduira la croissance annuelle du PIB réel des É.-U. de 0,03 point de pourcentage, en moyenne, d'ici 2050. Il importe de noter que le CBO vérifie la mesure dans laquelle les changements climatiques antérieurs sont déjà pris en compte dans ses prévisions économiques par extrapolation des tendances historiques à la productivité totale des facteurs.
- À l'instar du CBO, nous avons besoin d'une estimation centrale pour rajuster les prévisions économiques à long terme, ce qui pose des difficultés étant donné la gamme des scénarios d'émissions futures et les incertitudes de modélisation sous-jacentes.
- ¹³ Notre examen portait sur des études qui donnaient des estimations empiriques de l'incidence des changements météorologiques sur la croissance du PIB réel du Canada. Stan, Watt et Sanchez-Azofeifa (2021) utilisent un ensemble général de variables climatiques – y compris les températures et les précipitations – pour quantifier l'incidence du climat sur le PIB du Canada. Les auteurs estiment que le scénario d'émissions élevées du GIEC (RCP8.5) ferait augmenter la croissance du PIB réel du Canada de 0,03 point de pourcentage annuellement de 2025 à 2090 par rapport au taux de croissance moyen du PIB de 2,6 % au cours des deux dernières décennies. Cependant, lorsque seuls les changements de température sont pris en compte, les auteurs concluent que la croissance annuelle du PIB réel diminuerait de 0,04 point de pourcentage. Kahn et coll. (2019) estiment que la croissance annuelle du PIB du Canada pourrait diminuer de 0,02 à 0,12 point de pourcentage d'ici 2050 dans un scénario d'émissions faibles et un scénario d'émissions élevées, respectivement. Kalkuhl et Wenz (2020) estiment que le PIB réel des régions du Canada serait inférieur de 0 à 10 % d'ici 2100 selon le scénario d'émissions élevées du GIEC (RCP8.5).
- À des fins de comparaison, nous avons aussi pris en compte les conclusions américaines présentées dans Colacito, Hoffman et Phan (2019) et Herrnstadt et Dinan (2020).
- ¹⁴ Comparativement à d'autres études, nos résultats économétriques indiquent une incidence négative un peu plus importante sur le PIB réel du Canada, mais les coefficients sont moins statistiquement significatifs au fil du temps.
- ¹⁵ Les variables climatiques s'écartant de leurs niveaux de référence de 1961-1990 en vertu de notre scénario d'émissions, l'incidence sur la croissance du PIB réel du Canada est proportionnée. Notre valeur de référence pour les variables climatiques est la moyenne sur la période de 1961 à 1990. Cela cadre avec l'analyse d'ECCC sur les changements météorologiques au fil du temps. Voir : <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/indicateurs-environnementaux/changements-temperature.html>.

- ¹⁶ La projection à long terme actuelle du DPB intègre l'impact sur la croissance de la productivité des changements moyens des conditions météorologiques de 1981 à 2021, c'est-à-dire une augmentation de 0,9 degré Celsius de la température moyenne de surface et une augmentation de 2,5 % des précipitations. Les changements météorologiques au-delà de ces seuils s'ajoutent à la projection à long terme du DPB.
- Voir le *Rapport sur la viabilité financière de 2022* du DPB pour obtenir notre dernière prévision économique à long terme : <https://www.pbo-dpb.ca/fr/publications/RP-2223-012-S--fiscal-sustainability-report-2022--rapport-viabilite-financiere-2022>.
- ¹⁷ Voir les rapports d'intérêt sous le lien suivant : <https://www.rncan.gc.ca/changements-climatiques/le-canada-dans-un-climat-en-changement-faire-progresser-nos-connaissances-pour-agir/19919>.
- ¹⁸ Dans notre rapport de juin 2021, nous avons estimé que les politiques de réduction des émissions de GES auxquelles le Canada s'est engagé entraîneraient une réduction de 1,4 % du niveau du PIB réel d'ici 2030. Cette incidence était supérieure à celle qui se produisait déjà avec les politiques qui avaient été mises en œuvre jusqu'en 2019 (p. ex. la taxe fédérale sur le carbone de 50 \$ augmentant graduellement).
- ¹⁹ Voir le tableau 3 dans Kahn et coll. (2019) et le tableau 1 dans Colacito, Hoffman et Phan (2019).
- ²⁰ ECCC a produit les variables suivantes : température moyenne en surface (niveaux et écarts), températures maximales et minimales en surface (écarts), précipitations totales (écarts) ainsi que degrés-jours de chauffage et de refroidissement (niveaux et écarts).
- ²¹ Cette approche donne plus d'importance aux régions où la densité des stations et de la population est plus élevée.
- ²² Par exemple, la température en surface pour une région donnée dans une année donnée est la moyenne des valeurs pour les mois de janvier, février et mars (Colacito, Hoffman et Phan, 2019).
- ²³ Voir le tableau 36-10-0222-01 de Statistique Canada pour le PIB réel et tableau 17-10-0009-01 pour les données démographiques.
- ²⁴ Voir : <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/11-626-x/11-626-x2019009-fra.htm>.
- ²⁵ Par exemple, nous intégrons des poids de probabilité aux variables explicatives selon la part provinciale du PIB conformément à Colacito, Hoffman et Phan (2019). Nous intégrons également des retards additionnels, des périodes de référence climatique ainsi que des températures automnales et printanières. Certains rajustements comme la pondération réduisent la taille et l'importance statistiques des coefficients. Cependant, les résultats à la figure A-2 montrent systématiquement que les chocs de températures saisonniers combinés ont une faible incidence négative sur la croissance du PIB réel par habitant dans un échantillon rotatif sur la période 1975-1995. Les précipitations n'ont été statistiquement significatives pour aucune spécification.
- ²⁶ Kahn et coll. (2019) n'ont pas conclu eux non plus à des effets statistiquement importants des précipitations à l'échelle mondiale.
- ²⁷ Le PIB mondial historique est calculé à l'aide des taux de conversion des parités de pouvoir d'achat (PPA). Aux fins de l'extrapolation, la croissance

du PIB jusqu'en 2030 est calculée à l'aide de son taux de croissance moyen sur 10 ans. La croissance jusqu'en 2050 est calculée à l'aide d'un taux de croissance moyen sur 30 ans.

²⁸ À l'aide des données et scénarios climatiques canadiens, <https://scenarios-climatiques.canada.ca/index.php?page=main>.