

Document de recherche

Les changements climatiques et la viabilité des ressources

Aperçu à l'intention des actuaires

Commission sur les changements climatiques et la viabilité

Janvier 2016

Document 215068

This document is available in English

© 2016 Institut canadien des actuaires

Les documents de recherche ne représentent pas nécessairement l'opinion de l'Institut canadien des actuaires. Les membres doivent connaître les documents de recherche. Les documents de recherche ne constituent pas des normes de pratique et sont donc de caractère non exécutoire. Il n'est pas obligatoire que les documents de recherche soient conformes aux normes. Le mode d'application de normes dans un contexte particulier demeure la responsabilité des membres.

Table des matières

Avant-propos	5
Résumé	5
Partie 1 – Introduction	7
1.1 Objectif.....	7
1.2 Reconnaissance des risques.....	8
Partie 2 – Changements climatiques : processus, causes et répercussions futures.....	9
2.1 Définition des changements climatiques.....	9
2.2 Processus du réchauffement de la planète	9
2.3 Causes du réchauffement de la planète	11
2.4 Données historiques sur les émissions	13
2.5 Futures voies d'émission.....	14
2.6 Répercussions environnementales et sociales des changements climatiques.....	15
2.7 Répercussions économiques des changements climatiques.....	19
2.8 Perspective mondiale des répercussions des changements climatiques	20
Partie 3 – Travaux intergouvernementaux sur les changements climatiques.....	22
3.1 Perspective historique	22
3.2 Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques	23
3.3 Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC).....	23
3.4 Mesures d'adaptation et d'atténuation.....	24
3.5 Opinions contraires aux conclusions des rapports du GIEC.....	25
Partie 4 – Viabilité des ressources mondiales limitées.....	25
4.1 Perspective historique de la raréfaction des ressources	25
4.2 La menace de la raréfaction des ressources.....	26
4.3 Surexploitation des ressources de notre seule planète.....	28
4.4 Limites planétaires	29
4.5 Adoption d'une économie circulaire.....	30
4.6 Répercussions financières de la limitation de l'utilisation des ressources.....	30
Partie 5 – Mesures d'atténuation et d'adaptation pour les changements climatiques	32
5.1 Maintien du réchauffement de la planète sous la barre des 2 °C	32

5.2 Mesures d'atténuation visant à réduire les émissions de carbone	32
5.3 Tarification du carbone	33
5.4 Incidence d'une économie faible en carbone sur les investissements – Actifs inutilisables	37
5.5 Défis liés à la mise en œuvre de mesures d'atténuation	37
5.6 Adaptation aux changements climatiques.....	38
Partie 6 – Rôle de la profession actuarielle	41
6.1 Contribution de la profession actuarielle	41
6.2 Rétroaction sur les scénarios en matière de changements climatiques	41
6.3 Surveillance des changements climatiques	42
6.4 Analyse de l'incidence des changements climatiques sur le secteur de l'assurance	42
6.5 Évaluation des stratégies d'atténuation et d'adaptation	43
6.6 Création de nouvelles branches d'assurance	43
6.7 Analyse des répercussions sur les investissements et la société.....	43
6.8 Indice actuariel climatique.....	44
6.9 Indice actuariel des risques climatiques	47
Partie 7 – Travaux internationaux réalisés par des associations actuarielles et d'autres organismes.....	47
7.1 Rôles des associations actuarielles et d'autres organismes internationaux	47
7.2 Projet conjoint des organismes actuariels nord-américains.....	47
7.3 Association actuarielle internationale	48
7.4 Institute and Faculty of Actuaries (Royaume-Uni).....	48
7.5 Institute of Actuaries of Australia	49
7.6 Actuarial Association of South Africa.....	49
7.7 Institut des actuaires (France)	49
7.8 Association internationale de la sécurité sociale.....	49
7.9 Principes pour l'investissement responsable de l'Initiative financière du Programme des Nations Unies pour l'environnement.....	49
7.10 Association de Genève.....	50
7.11 Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE)	50
7.12 Organisation internationale du travail (OIT).....	51
7.13 Banque mondiale	51
7.14 Vatican	52
Partie 8 – Scepticisme à l'égard de la science des changements climatiques.....	52

8.1 Scepticisme et dénégation	52
8.2 Le climat de la Terre a déjà subi des changements auparavant	52
8.3 Le réchauffement de la planète est causé par le Soleil	53
8.4 Le réchauffement a ralenti	54
8.5 Il n’y a pas de consensus quant aux changements climatiques.....	57
8.6 Les données historiques sur la température ne sont pas fiables	61
Partie 9 – Conclusions.....	63

Avant-propos

Le réchauffement de la planète et les changements climatiques sont des sujets abondamment traités dans tous les médias. Il ne se passe pas un jour sans qu'on en parle. Les discussions portent aussi sur des sujets connexes : gaz à effet de serre, émissions de dioxyde de carbone produites par les combustibles fossiles, réduction des émissions, production d'énergie renouvelable, viabilité des ressources limitées de la planète, et ainsi de suite. Les enjeux sont complexes. Même si la très grande majorité des intervenants du milieu des sciences du climat s'entendent sur les causes des changements climatiques, les points de vue divergent sur les façons d'en atténuer les effets indésirables.

Les changements climatiques influenceront sans doute sur le travail des actuaires. Le présent document vise à fournir des renseignements généraux sur la science et les répercussions des changements climatiques, les façons clés d'atténuer ces répercussions, ainsi que l'aide que peut apporter la profession actuarielle à la gestion des risques.

Les membres suivants de la Commission sur les changements climatiques et la viabilité de l'ICA ont préparé le présent rapport à l'intention des membres de l'ICA.

Bill Brath (bbrath@equitable.ca)

Todd Friesen (friesentodd@hotmail.com)

Yves Guérard (yvesguerard@icloud.com)

Catherine Jacques-Brissette (catherine.jacques-brissette@bell.ca)

Caterina Lindman (caterina.lindman@gmail.com)

Karen Lockridge (karen.lockridge@mercer.com)

Shriram Mulgund (mulgund@sympatico.ca)

Betty-Jo Walke (bwalke@hotmail.com)

Il est souhaitable que le document de recherche stimule des discussions sur les questions relatives aux changements climatiques et à la viabilité des ressources et encourage les membres de l'ICA à présenter d'autres documents sur ces questions.

Nous tenons à remercier sincèrement Kenneth Donaldson, président du Groupe de travail sur l'environnement et les ressources (GTER) de l'Association actuarielle internationale (AAI), et Alain Bourque, directeur général d'Ouranos – Consortium sur les changements climatiques, pour leur examen approfondi du rapport. Leurs commentaires nous ont été très utiles.

Les auteurs assument l'entière responsabilité à l'égard de l'information et des points de vue présentés dans le présent rapport.

Résumé

Les actuaires deviennent de plus en plus au fait des effets conjugués des changements climatiques et des limites des ressources – deux enjeux distincts et très importants – qui mettent en péril la viabilité des systèmes socioéconomiques qui soutiennent notre mode de vie courant. Les actuaires ne possèdent pas d'expertise professionnelle en matière

d'environnement, mais ils peuvent se reporter à la masse croissante de connaissances provenant de sources scientifiques fiables. Comme les actuaires sont particulièrement qualifiés pour modéliser les conséquences financières du risque et de l'incertitude, il incombe à la profession actuarielle de former et d'informer ses membres en matière de changements climatiques et de viabilité afin que ces derniers aient les connaissances nécessaires pour contribuer au bien-être de la société dans son ensemble. En procédant à cet exercice, la profession actuarielle doit être consciente du fait que même dans le milieu scientifique, les points de vue sur la nature et l'amplitude des risques diffèrent et la profession doit être au courant de ces différences.

Les changements climatiques ne se manifestent pas que par le réchauffement de la planète. La hausse de la température moyenne ne constitue qu'un des indicateurs de changements de plus grande envergure se traduisant également par des températures extrêmes, des sécheresses, des inondations, des tempêtes, l'élévation du niveau de la mer et d'autres effets sur la production alimentaire et les maladies infectieuses. Bien que le milieu scientifique connaisse depuis longtemps le lien entre les gaz à effet de serre (GES) et les changements climatiques, les chefs de file mondiaux ont tardé à réagir et à prendre des mesures pour en atténuer les risques.

Les rapports successifs du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), mis sur pied par les Nations Unies et l'Organisation météorologique mondiale en 1988, regroupent les principales sources d'information sur les changements climatiques. Le point de vue prédominant est que l'activité anthropique, notamment les émissions produites par les combustibles fossiles et la déforestation, contribue fortement à l'augmentation du CO₂ et d'autres GES dans l'atmosphère. Si de nouvelles politiques ne sont pas mises en œuvre, le réchauffement de la planète dépassera le seuil des 2°C visé par les membres de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, dont le Canada est un signataire.

Dans les années 1970, le Club de Rome soulignait dans un rapport que les ressources limitées de la planète ne peuvent pas soutenir une croissance exponentielle illimitée. Même les ressources renouvelables s'épuiseront si on ne peut pas les renouveler assez rapidement. Selon certaines estimations, nous utilisons à l'heure actuelle 50 % plus de ressources que le niveau jugé durable. La population de huit milliards d'habitants projetée d'ici 2030 représente le double des quatre milliards que la planète devait nourrir il y a seulement 41 ans, en 1974. La poursuite de la croissance économique se compose avec la croissance de la demande. Le réchauffement de la planète exacerbe le défi que représente la viabilité, parce qu'il pourrait réduire la production agricole et entraîner d'autres dommages matériels attribuables à des événements météorologiques extrêmes, à l'élévation du niveau de la mer, etc.

Pour atténuer la raréfaction des ressources, il faut adopter de nouvelles approches, par exemple celle qu'on appelle l'« économie circulaire ». Il s'agit d'une économie industrielle conservatrice par définition, qui favorise le recours à des énergies renouvelables, le recyclage, la réduction et le suivi visant idéalement à éliminer l'utilisation de produits toxiques et à éradiquer les déchets grâce à une conception mieux réfléchie. La stratégie

d'atténuation peut être orientée par un nouveau paradigme définissant un cadre des limites planétaires aux fins d'analyser sur base scientifique le risque que la surexploitation des ressources par l'humanité déstabilise le système planétaire à grande échelle.

L'incidence potentielle sur les méthodes et les hypothèses actuarielles, particulièrement en ce qui concerne les attentes relatives à la croissance future, est omniprésente dans le travail des actuaires et touche les secteurs traditionnels de l'assurance-vie et de l'assurance multirisques, de la santé, des régimes de retraite et des pratiques d'investissement, ainsi que les nouveaux secteurs comme la gestion du risque d'entreprise. La profession actuarielle a mis sur pied des groupes d'intérêt nationaux et internationaux afin d'améliorer la compréhension des aspects quantitatifs de la viabilité. Elle est en mesure de recueillir des commentaires et de réaliser des examens critiques des modèles de risques actuariels, d'établir des normes de pratique et de promouvoir l'adoption de pratiques exemplaires. Les associations actuarielles nord-américaines se sont regroupées pour créer des indices actuariels portant sur le climat et le risque afin de surveiller les changements futurs et de permettre la comparaison des données de référence aux données publiées par les climatologues.

Les actuaires peuvent examiner les différents scénarios sur les changements climatiques et l'exploitation des ressources pour quantifier les risques et prodiguer des conseils fondés sur des analyses de coûts et bénéfiques. Vu la nature multidisciplinaire de ces enjeux, les actuaires peuvent bénéficier des points de vue d'entités non actuarielles et collaborer avec d'autres professionnels pour optimiser les options stratégiques dans l'intérêt du public.

Partie 1 – Introduction

1.1 Objectif

Partout dans le monde et dans toutes les plateformes médiatiques ont lieu des échanges approfondis sur les questions du réchauffement de la planète et les changements climatiques. Ces discussions sont axées sur les risques que pose le réchauffement de la planète à l'échelle mondiale. Elles portent aussi sur la question connexe des limites des ressources, compte tenu de la façon dont les humains exploitent les ressources limitées de la planète.

Le présent rapport vise à fournir de l'information aux membres de l'ICA. On y présente des renseignements généraux sur ces questions, sur les risques actuels et futurs dont il est question, les incidences financières et autres répercussions possibles de ces risques, et les initiatives mises en œuvre partout dans le monde pour atténuer ces risques. Forts d'un accès élargi à ces connaissances, les actuaires peuvent mettre à profit leur expertise pour quantifier les risques et prodiguer des conseils aux différents publics desservis par l'ICA et ainsi améliorer le bien-être de la société dans son ensemble. Si la profession actuarielle néglige de formuler des conseils à propos de ces risques, sa crédibilité pourrait en souffrir.

Les différents secteurs de l'économie se sont penchés sur ces risques. En formulant ses commentaires en temps opportun, la profession actuarielle améliorerait sa visibilité et créerait de nouveaux débouchés.

1.2 Reconnaissance des risques

En raison de la nature du sujet, les principaux interlocuteurs dans les discussions internationales sur les changements climatiques sont des climatologues de partout dans le monde. Quelques membres de l'ICA ont probablement une bonne compréhension des enjeux, mais ce n'est pas le cas de la majorité des actuaires. En conséquence, les actuaires doivent se fier au travail réalisé par la communauté scientifique spécialisée en climatologie. Même dans les milieux scientifiques en matière de changements climatiques, les points de vue sur la nature et l'amplitude des risques diffèrent; les actuaires devraient connaître ces différents points de vue. Toutefois, comme la très grande majorité des climatologues sont d'avis que les risques que posent les changements climatiques sont graves et que les conséquences pourraient être désastreuses si on ne prend pas immédiatement des mesures, les actuaires doivent considérer les risques comme des possibilités réelles. Le fait que la science du climat soit toujours en évolution ou que les scientifiques aient des points de vue divergents ne sont pas des raisons valables pour que la profession actuarielle choisisse de ne pas agir.

Comme semblent l'indiquer les travaux effectués par les climatologues, l'éventail des répercussions des changements climatiques est très vaste – conditions météorologiques extrêmes, accroissement des sinistres attribuables aux inondations et aux tempêtes, élévation du niveau des océans, pénuries alimentaires, pénuries d'eau potable, hausse de la mortalité et de la maladie, d'évaluation des biens, contraintes relatives à l'utilisation de l'énergie, etc. Les milieux actuariels doivent acquérir une bonne compréhension des enjeux. Si l'on ne fait rien, la réputation de la profession risque d'en souffrir gravement.

De nombreuses professions reconnaissent le problème que posent les changements climatiques. Il peut être bénéfique pour les actuaires de connaître les points de vue de différentes professions sur la façon dont les changements climatiques influenceront sur leur travail.

La réponse de la profession actuarielle au risque que posait le sida au début des années 1980 constitue un bon exemple de mesure proactive. Dès qu'ils ont pris conscience du risque associé au sida, différents organismes actuariels ont mis au point divers scénarios d'infection qui ont permis au secteur de l'assurance-vie de constituer des réserves suffisantes pour l'accroissement de la mortalité. Une approche proactive similaire peut être adoptée à l'égard des risques que posent les changements climatiques. Les méthodes et les solutions ne seront pas les mêmes, mais les premières étapes consistent aussi en la reconnaissance et en la quantification des risques selon différents scénarios.

Partie 2 – Changements climatiques : processus, causes et répercussions futures

2.1 Définition des changements climatiques

Les changements climatiques s'entendent de l'évolution des conditions météorologiques au fil des décennies ou de périodes plus longues. Ils sont attribuables à la fois à des causes naturelles et à l'influence de l'activité humaine. Depuis la révolution industrielle (vers 1750), l'activité humaine a contribué aux changements climatiques par l'émission de gaz à effet de serre, par l'utilisation d'aérosols et par l'instauration de changement dans l'occupation des sols, qui ont entraîné une hausse des températures à l'échelle planétaire¹. Une telle augmentation des températures peut avoir différents impacts, depuis un accroissement des tempêtes, des inondations et des sécheresses, jusqu'à l'élévation du niveau des océans due à la fonte des calottes glaciaires, des glaciers et des banquises.

2.2 Processus du réchauffement de la planète

La Terre reçoit de l'énergie émise par les rayonnements du soleil. Les gaz à effet de serre jouent un rôle important dans la rétention de la chaleur, ce qui maintient la température à la surface de la Terre à un niveau où la vie est possible. Ce phénomène, que l'on appelle « l'effet de serre », est naturel et essentiel à la vie sur la Terre. Sans l'effet de serre, la température à la surface de la Terre serait inférieure d'environ 33 °C à ce qu'elle est aujourd'hui². Ces derniers siècles, l'intensification de l'activité humaine, notamment l'utilisation des combustibles fossiles et la déforestation, ont contribué à augmenter les gaz à effet de serre dans l'atmosphère. L'accroissement des gaz à effet de serre est la principale cause du réchauffement de la planète depuis un siècle.

On se sert principalement de trois ensembles de données pour mesurer les températures globales à la surface de la Terre depuis 1850³. Ces ensembles de données montrent un réchauffement allant de +0,8 °C à +1,0 °C depuis 1900⁴. Depuis 1950, les mesures des températures continentales seulement indiquent une tendance au réchauffement allant de +1,1 °C à +1,3 °C, les températures au-dessus des continents répondant généralement plus rapidement aux changements climatiques de la Terre que les températures au-dessus des océans. La figure 2.1 illustre la tendance de la température globale à la surface de la Terre de 1880 à 2014.

Remarque de la traduction : tous les graphiques qui suivent sont disponibles en anglais uniquement.

¹ http://www.wmo.int/pages/themes/climate/causes_of_climate_change.php (en anglais seulement)

² http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_fr.pdf

³ i) [Hadley Centre for Climate Prediction and Research](#) (HadCrut), ii) [Goddard Institute for Space Studies](#) (GISS de la NASA) et iii) [National Climate Data Center](#) (NCDC de la NOAA) (tous trois en anglais seulement)

⁴ Les lignes des tendances générées par la régression des moindres carrés sont calculées au moyen de l'outil suivant : <http://www.skepticalscience.com/trend.php> (en anglais seulement)

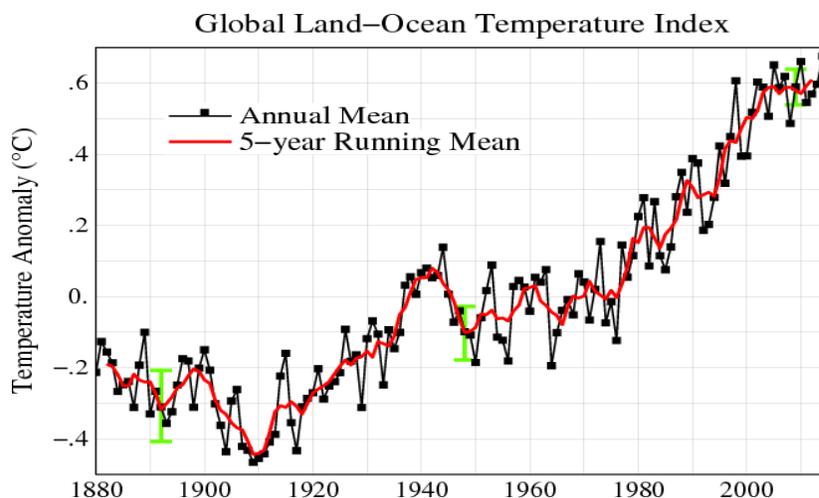


Figure 2.1 : Mesures instrumentales de la température, 1880-2014.

Source : Goddard Institute for Space Studies (GISS) de la NASA⁵

Le réchauffement de la planète est généralement mesuré sur une période de plusieurs décennies (30 ans et plus); la définition de tendances sur des périodes inférieures à 30 ans se révèle délicate, en raison de l'influence de la variabilité naturelle. La variabilité naturelle est définie comme étant la variation du climat attribuable aux interactions internes entre l'atmosphère, les océans, la surface des terres et les glaces marines. Ces variations surviennent qu'il y ait changements climatiques ou non et sont souvent décrites comme un « bruit » ou des variations normales autour d'une valeur « normale ». Le cycle d'oscillation australe El Niño (ENSO) est considéré comme la source la plus importante de variabilité interne naturelle, à cause de l'échange de chaleur entre les océans et la surface qui se produit dans l'océan Pacifique équatorial. En raison de cette nature et variabilité internes, le réchauffement de la planète ne se produit pas nécessairement de façon linéaire en réponse à l'augmentation des concentrations des gaz à effet de serre, et diverses périodes d'accélération et de ralentissement du réchauffement constituent des sources naturelles de variabilité. La figure 2.2 illustre deux de ces périodes dans le contexte d'un réchauffement de la planète à plus long terme et illustre également la variabilité naturelle se produisant annuellement.

⁵ http://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs_v3/ (en anglais seulement)

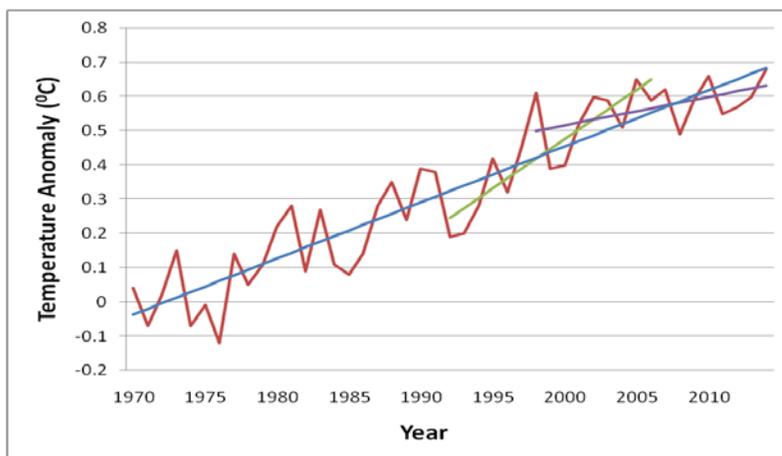


Figure 2.2 : Températures moyennes planétaires selon le GISS de la NASA. La tendance sur 45 ans est illustrée en bleu. Le « ralentissement du réchauffement » (ligne de tendance mauve, 1998-2014) a été précédé d'une période d'accélération du réchauffement (ligne de tendance verte, 1992-2006)⁶.

2.3 Causes du réchauffement de la planète

Un certain nombre de facteurs influencent le climat de la Terre, notamment la production d'énergie par le soleil (effet de réchauffement), les éruptions volcaniques (effet de refroidissement), la concentration des gaz à effet de serre dans l'atmosphère (effet de réchauffement) et les aérosols (effet de refroidissement).

Depuis la révolution industrielle (vers 1750), le principal élément contribuant au réchauffement de la planète est le **dioxyde de carbone** (CO₂), suivi du **méthane** (CH₄). Les concentrations de CO₂ sont passées de 278 parties par million (ppm) en 1960 à 401 ppm en 2015, soit une hausse de 44 % (figure 2.3).

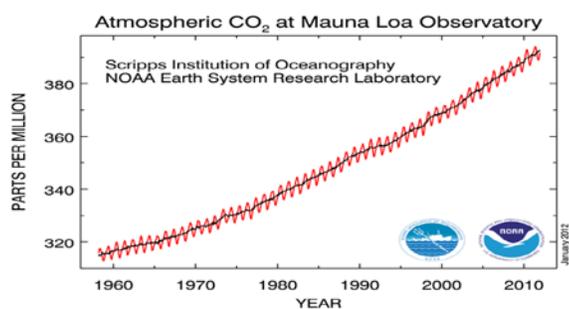


Figure 2.3 : Croissance des concentrations en CO₂ mesurées à l'observatoire de M'auna Loa depuis 1960⁷.

⁶ Issu du GISS de la NASA : http://data.giss.nasa.gov/gistemp/tabledata_v3/GLB.Ts+dSST.txt

⁷ <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/>

Depuis 1951, approximativement 100 % du réchauffement est attribué aux forçages anthropiques, alors que plus de 100 % est attribuable aux gaz à effet de serre en raison des compensations dans les aérosols anthropiques (voir la figure 2.4). Les forçages naturels et la variabilité interne sont considérés négligeables durant cette période de temps.

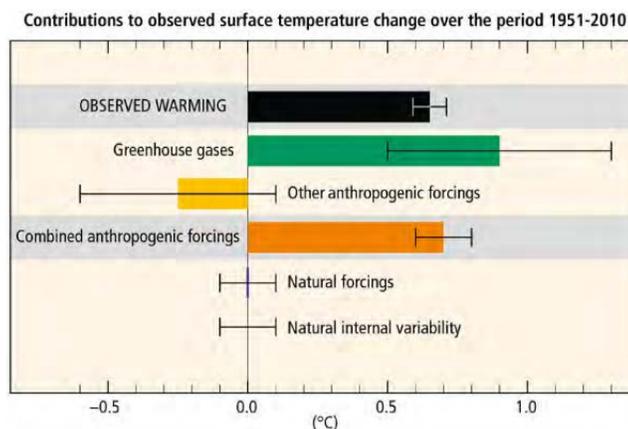


Figure 2.4 : Croissance des concentrations en CO₂ mesurées à l'observatoire de M'auna Loa depuis 1960⁸.

La vapeur d'eau a un effet indirect important sur les augmentations de la température découlant des concentrations accrues de gaz à effet de serre. La hausse de la température globale résultant des gaz à effet de serre augmente la capacité de l'atmosphère à retenir la vapeur d'eau, ce qui entraîne une rétroaction positive car la vapeur d'eau produit aussi un effet de serre. Une augmentation de 1 °C de la température à l'échelle planétaire entraîne une hausse d'environ 7 % de la vapeur d'eau dans l'atmosphère. « En conséquence, même si le CO₂ est le principal bouton de réglage anthropique du climat, la vapeur d'eau représente une rétroaction puissante et rapide qui amplifie tout forçage initial d'un facteur typique situé entre deux et trois. La vapeur d'eau n'est pas un forçage initial important, mais elle constitue néanmoins un agent fondamental des changements climatiques »⁹ [traduction].

Les émissions industrielles n'entraînent pas toutes un biais vers le réchauffement. Les **aérosols** contenus dans les émissions industrielles ont compensé environ 26 % du réchauffement attribuable à l'effet de serre en empêchant les rayonnements du soleil d'atteindre la surface de la Terre. Toutefois, on ne connaît pas bien l'importance de l'effet des aérosols sur le climat, principalement à cause des interactions des particules avec les nuages¹⁰.

⁸ http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5_SYR_FINAL_SPM.pdf (p. 6)

⁹ http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_Chapter08_FINAL.pdf (pp. 666-667, en anglais seulement)

¹⁰ http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_SPM_FINAL.pdf (pp. 13-14, en anglais seulement)

Les gaz à effet de serre (particulièrement le CO₂) ont un **temps de séjour** plus long dans l'atmosphère (environ 100 ans) que les aérosols (10 jours seulement). En conséquence, l'effet à court terme de la pollution industrielle peut se manifester d'abord par un refroidissement, puis par un réchauffement à long terme. Dans la plupart des scénarios futurs, on s'attend à ce que les aérosols compensent une proportion inférieure du réchauffement attribuable à l'effet de serre à cause de leur temps de séjour; il est donc possible que l'on constate une accélération du réchauffement dans l'avenir sans qu'il n'y ait accélération de l'accumulation de gaz à effet de serre¹¹.

L'**effet de serre** se produit lorsque l'énergie du soleil qui atteint la surface de la Terre est réfléchiée dans l'atmosphère sous forme de **rayonnement thermique infrarouge**. La longueur d'onde de ce rayonnement est inférieure à celle de l'énergie solaire elle-même. Les molécules de GES absorbent ce rayonnement thermique de basse fréquence, ce qui les fait vibrer. Les molécules ainsi stimulées émettent de l'énergie sous forme de photons infrarouges, dont beaucoup sont renvoyés à la surface de la planète. Les gaz sans effet de serre comme l'oxygène et l'azote n'absorbent pas le rayonnement thermique¹².

L'effet de serre se mesure en termes de **forçage radiatif (FR)**, qui s'exprime en watts par mètre carré (W/m²). Depuis la révolution industrielle, on estime que le FR total a augmenté d'environ 2,3 W/m² (1,1 W/m² – 3,3 W/m²; intervalle de confiance de 90 %), principalement à cause de l'effet net de l'augmentation de l'effet de GES et des concentrations d'aérosols dans l'atmosphère¹³.

On appelle **sensibilité du climat** la réponse du climat au changement de l'énergie de la Terre. La **sensibilité climatique d'équilibre (SCE)** sert à évaluer la réponse à long terme (c.-à-d. sur 100 ans ou plus) à un doublement des concentrations de CO₂ dans l'atmosphère. Les estimations du GIEC vont de 1,5 °C à 4,5 °C, ce qui correspond à une augmentation du FR de +3,7 W/m² (+3,0 W/m² à +4,4 W/m²). On utilise aussi la **réponse climatique transitoire (RCT)** pour évaluer les répercussions à plus court terme (c.-à-d. sur 20 ans) d'un doublement des concentrations de CO₂ dans l'atmosphère; les estimations vont de 1,0 °C à 2,5 °C. Les estimations à court terme sont inférieures parce que les océans mettent du temps à se réchauffer¹⁴.

2.4 Données historiques sur les émissions

La figure 2.5 montre les émissions anthropiques historiques de GES, par type de GES (exprimées en équivalent CO₂/année). Les émissions de CO₂ représentaient 76 % des émissions de GES. L'expression « CO₂ FOLU » désigne les émissions nettes de CO₂ résultant des activités de déforestation et des autres occupations des sols.

¹¹ <http://www.realclimate.org/index.php/archives/2007/02/aerosols-the-last-frontier> (en anglais seulement)

¹² <http://scied.ucar.edu/carbon-dioxide-absorbs-and-re-emits-infrared-radiation> (en anglais seulement)

¹³ http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_SPM_FINAL.pdf (p. 14; fig. SPM-05; en anglais seulement)

¹⁴ http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_TS_FINAL.pdf (pp. 67-68; 82-85) (en anglais seulement)

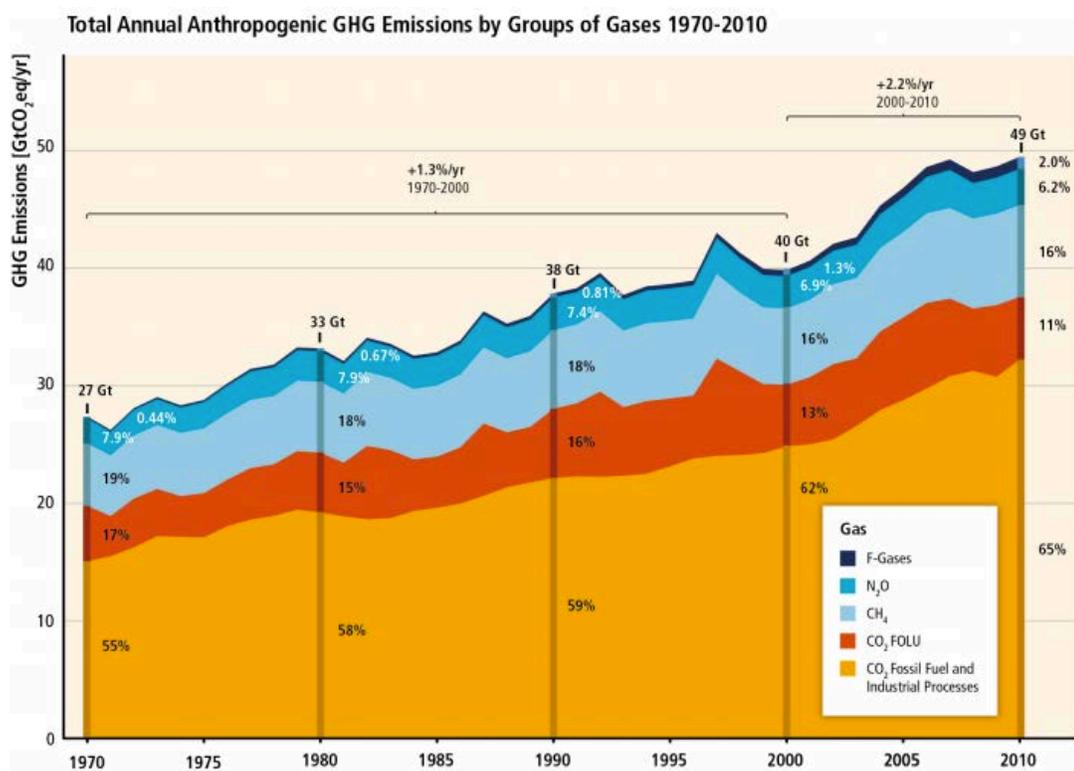


Figure 2.5 : Données historiques sur les émissions annuelles anthropiques de GES, 1970-2010 (Gt éd. CO₂/année)¹⁵.

2.5 Futures voies d'émission

De nombreux facteurs peuvent influencer les futures émissions de GES. Le rapport 2013 du GIEC fait appel à des profils représentatifs d'évolution des concentrations (scénarios RCP, de l'anglais *Representative Concentration Pathways*) pour illustrer divers scénarios d'émissions plausibles, depuis un plan d'action ambitieux pour atténuer le réchauffement attribuable à l'effet de serre (RCP 2,6) à un scénario d'utilisation intensive des combustibles fossiles (RCP 8,5), en vertu duquel les émissions annuelles de carbone continuent d'augmenter. Les projections des modèles climatiques à l'aide du RCP 2,6 à RCP 8,5 sur une période d'un siècle (entre 1995 et 2090) vont d'une hausse de +1,0 °C [0,3 °C, +1,7 °C] à +3,7 °C [2,6 °C, 4,8 °C] (estimations moyennes des scénarios d'émissions faibles et élevées de carbone avec intervalles de confiance de 90 %). Soulignons que ces estimations ne tiennent pas compte du réchauffement antérieur à 1995 (environ +0,6 °C). Le GIEC ne formule aucune opinion quant à la vraisemblance des scénarios essentiellement parce qu'il ne s'agit pas d'une question de « science » mais plutôt une question « sociale », à savoir la portée des réductions auxquelles les sociétés sont prêtes à s'astreindre au cours de la prochaine décennie¹⁶.

¹⁵ http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/ipcc_wg3_ar5_summary-for-policymakers.pdf (p. 7, en anglais seulement)

¹⁶ http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_TS_FINAL.pdf (p. 90, en anglais seulement)

La figure 2.6 illustre les futures voies d'émission de GES possibles en vertu de trois des scénarios RCP du GIEC. Le maintien du réchauffement en-dessous de 2 °C à l'échelle planétaire (par rapport à 1750) est généralement considéré comme un objectif important pour réduire le risque d'un réchauffement néfaste, mais difficilement atteignable sans une réduction considérable des émissions de GES¹⁷.

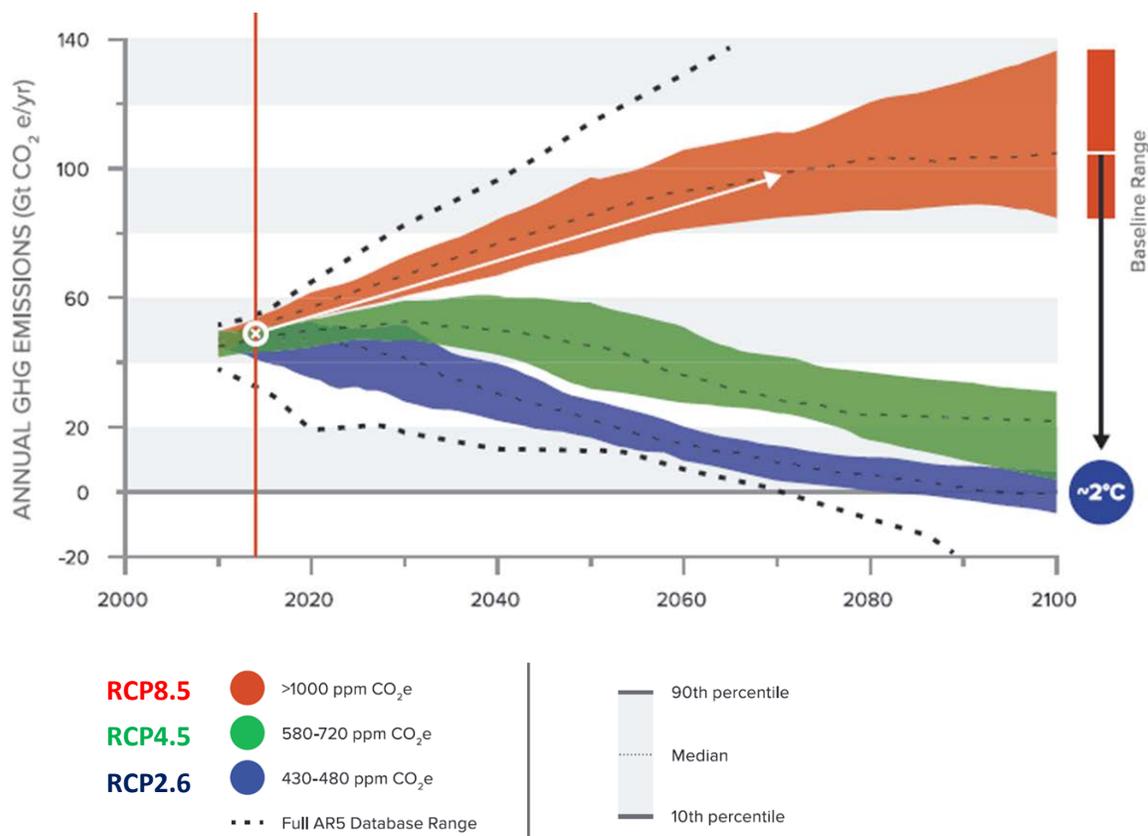


Figure 2.6 Futures voies d'émissions de GES, 2010-2100 (Gt d'éq. CO₂/année).

2.6 Répercussions environnementales et sociales des changements climatiques

Les changements climatiques pourraient avoir diverses répercussions potentielles environnementales, sociales et économiques. Dans la plupart des scénarios, ces répercussions sont défavorables; elles ne sont avantageuses qu'à de rares égards (p. ex. rendement accru des cultures). La gravité des répercussions défavorables s'accroîtra à mesure que la température moyenne à l'échelle planétaire augmente. Même si le réchauffement de la planète est limité à moins de 2 °C par rapport aux niveaux préindustriels, les répercussions défavorables se feront sentir et le monde entier devra prendre des mesures appropriées pour s'adapter aux nouvelles conditions climatiques. Si, malgré les efforts déployés dans le monde, l'augmentation de température dépasse le seuil

¹⁷ http://newclimateeconomy.report/wp-content/uploads/2014/08/NCE_GlobalReport.pdf (en anglais seulement)

des 2 °C, il a été évalué que les conséquences deviendraient de plus en plus graves, étendues et irréversibles.

Au Canada, la température a déjà augmenté de 1,5 °C en moyenne entre 1950 et 2010¹⁸. Au Canada, les changements climatiques devraient accroître la fréquence et la gravité des phénomènes météorologiques extrêmes comme les vagues de chaleur, les pluies torrentielles, les inondations, les tempêtes, les sécheresses et les feux de forêt. Les effets indésirables qui se produiront dans le monde sont décrits ci-dessous.

*Inondations et sécheresses*¹⁹

On s'attend à ce que les inondations surviennent plus fréquemment sur plus de la moitié de la surface de la Terre. Dans certaines régions, elles pourraient diminuer. Durant l'hiver, les chutes de neige devraient diminuer aux latitudes moyennes, ce qui réduira les inondations graves à la fonte des neiges au printemps. Au Canada, l'on prévoit des précipitations accrues dans tout le pays.

En revanche, les sécheresses météorologiques (précipitations moindres) et les sécheresses agricoles (sols plus secs) devraient être plus longues ou plus fréquentes dans certaines régions et durant certaines saisons, surtout en vertu du scénario RCP 8,5, à cause de précipitations moindres et de l'évaporation accrue; ce serait notamment le cas en Colombie-Britannique et dans les Prairies. Des sécheresses plus graves exerceront des pressions accrues sur les mécanismes d'approvisionnement en eau des régions plus arides, mais pourraient être gérables dans les régions plus humides, en supposant que des mesures appropriées soient prises.

*Réduction des ressources hydriques*¹⁹

Les sources renouvelables d'approvisionnement en eau devraient diminuer dans certaines régions et augmenter dans d'autres. Dans les régions où l'on prévoit des gains, des déficits temporaires des ressources hydriques demeurent possibles en raison des fluctuations accrues de l'écoulement fluvial (causées par une plus grande volatilité des précipitations et une évaporation accrue durant les quatre saisons) et des réductions saisonnières de l'apport (à cause d'une faible accumulation de neige et de glace). Les réserves d'eau potable pourraient aussi diminuer en raison d'un environnement plus chaud entraînant une qualité inférieure de l'eau. Par exemple, les algues produisant des toxines pourraient réduire la qualité de sources comme les lacs. Un tel déclin global des réserves renouvelables d'eau intensifiera la concurrence pour l'eau entre l'agriculture, les écosystèmes, les établissements humains, le secteur industriel et la production d'énergie, ce qui aura des répercussions régionales sur l'approvisionnement en eau, l'énergie et la sécurité alimentaire.

¹⁸ http://www.rncan.gc.ca/sites/www.rncan.gc.ca/files/earthsciences/pdf/assess/2014/pdf/Rapport-complet_Fra.pdf

¹⁹ http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/WGIIAR5-Chap3_FINAL.pdf (en anglais seulement)

Élévation du niveau des océans

Dans certaines régions, par exemple sur la côte est des États-Unis, les marées montent jusqu'à un mètre de plus qu'il y a 50 ans²⁰. L'élévation du niveau des océans aura des répercussions de plus en plus dommageables près des côtes — inondations, érosion des côtes et submersion des terres basses — ce qui mettra en danger les populations, les infrastructures, la faune et la végétation côtières. Les terres basses (par exemple, le Bangladesh) et les îles (comme les Maldives et le Kiribati) risquent même d'être totalement oblitérées à court terme sous l'effet de l'élévation du niveau des océans, des inondations et de l'intensification des tempêtes.

Dans le monde, 15 des 20 régions urbaines les plus importantes (dont 14 en Asie) sont situées près d'une côte et près de 200 millions de personnes habitent à moins de 48 kilomètres d'un océan. Selon une analyse réalisée par Reuter, la valeur des biens immobiliers à risque s'élève à plus de 1,4 mille milliards de dollars sur les côtes des États-Unis seulement. « Une proportion croissante de la population et de l'actif économique des États-Unis — y compris des villes et des centres financiers américains importants comme Miami, le Lower Manhattan, la Nouvelle-Orléans et Washington D.C. — sont situés sur la côte ou à proximité, et sont menacés par l'élévation du niveau des océans » [*traduction*]²¹.

*Changements dans les écosystèmes*²²

Au cours des derniers millions d'années, des changements climatiques naturels se sont produits à un rythme plus lent, ce qui a permis aux écosystèmes de s'adapter. Toutefois, au XX^e siècle, nombreux sont ceux qui articulent que nous sommes dorénavant dans l'anthropocène²³. Le taux d'extinction des espèces a été jusqu'à 100 fois plus élevé que le rythme « normal » (c.-à-d. sans l'effet anthropique). Nous sommes confrontés à une crise majeure en termes de biodiversité; nous pourrions même être sur le point de vivre une sixième « extinction massive »²⁴. Au XXI^e siècle et au-delà, le risque d'extinction auquel sont exposées les espèces terrestres et aquatiques est plus élevé dans tous les scénarios RCP. Selon les prévisions, les changements rapides qui se produisent actuellement mettront en péril les écosystèmes terrestres et océaniques dès 2050, particulièrement en vertu des scénarios RCP 6,0 et RCP 8,5. Il convient de noter que les changements dans les écosystèmes impliquent beaucoup plus que les changements climatiques. L'extinction massive est causée par de nombreux facteurs dont l'urbanisation, l'accroissement de la population mondiale, etc. Bien entendu, les changements climatiques ont leur part de contribution, laquelle augmentera avec le temps.

Même en vertu des scénarios RCP projetant un réchauffement modeste de la planète (RCP 2,6 à RCP 6,0), la majorité des écosystèmes demeureront vulnérables aux changements climatiques. L'augmentation des températures moyennes poussera un grand

²⁰ <http://reut.rs/1MbnkBi> (en anglais seulement)

²¹ http://biospherology.com/PDF/MAB_2014.pdf (p. 27)

²² http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/WGIIAR5-FrontMatterA_FINAL.pdf (chapitres 4 à 6, en anglais seulement)

²³ Crutzen, P. J., and E. F. Stoermer (2000). « The "Anthropocene" ». *Global Change Newsletter* 41: 17–18.

²⁴ <http://advances.sciencemag.org/content/1/5/e1400253> (en anglais seulement)

nombre d'espèces terrestres et aquatiques à migrer vers des climats plus adéquats, mais beaucoup ne pourront pas le faire assez rapidement au XXI^e siècle en vertu des scénarios RCP 4,5 à RCP 8,5, ce qui mettra en péril la biodiversité. On observe déjà cette tendance migratoire chez les espèces végétales et animales au Canada²⁵.

Production et sécurité alimentaires

On peut déjà constater des effets évidents des changements climatiques sur la production alimentaire terrestre dans certaines régions du monde. Au cours des dernières années, des conditions climatiques extrêmes, par exemple des sécheresses, se sont produites dans la majorité des régions productrices, ce qui a débouché sur de nombreux épisodes d'augmentation des prix des aliments et des céréales. Bien que ces effets soient bénéfiques dans certaines régions, les conséquences sont plus souvent défavorables qu'avantageuses, surtout parce que les régions principales de production (par exemple, la Californie) sont situées dans des secteurs historiquement favorables qui deviendront défavorables. Les incidences des changements climatiques toucheront de plus en plus la sécurité alimentaire, particulièrement dans les régions de basse latitude, et seront exacerbées par l'accroissement de la demande alimentaire²⁶. L'élévation prévue du niveau des océans menacera des régions cruciales pour la production alimentaire le long des côtes, notamment en Inde et au Bangladesh, grands producteurs de riz.

Les changements climatiques représentent aussi un enjeu clé sur le plan politique, et leurs conséquences comme l'insécurité alimentaire sont déjà à l'origine de conflits dans les régions vulnérables de la planète. Par exemple, en Afrique du Nord, il y a de plus en plus de preuves à savoir que même si les impacts des changements climatiques tels que l'insécurité alimentaire ne constituent pas la « cause » du Printemps arabe de 2011, ils auraient pu en avoir précipité la survenance. Les répercussions prévues des changements climatiques – températures extrêmes, inondations, sécheresses, élévation du niveau des océans et acidification des océans – non seulement exacerberont les tensions existantes mais constitueront aussi un défi de taille pour la sécurité intérieure²⁷.

*Santé humaine*²⁸

Si les changements climatiques se poursuivent selon les prévisions des scénarios RCP, ils influenceront sur la santé humaine de trois façons différentes :

- Les conditions météorologiques extrêmes auront des incidences directes, par exemple des risques accrus de décès et d'incapacité.
- Les changements qui se produisent dans l'environnement et les écosystèmes influencent indirectement la santé humaine, par exemple en augmentant la prévalence des maladies hydriques à cause des températures plus élevées, ou encore les taux de décès et d'incapacité attribuables à des épisodes de canicule. Les

²⁵ http://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/earthsciences/pdf/assess/2014/pdf/Rapport-complet_Fra.pdf

²⁶ http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/WGIIAR5-Chap7_FINAL.pdf (en anglais seulement)

²⁷ http://biospherology.com/PDF/MAB_2014.pdf (en anglais seulement)

²⁸ http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/WGIIAR5-Chap11_FINAL.pdf (en anglais seulement)

changements climatiques exacerberont les pressions exercées par la maladie, particulièrement dans les régions où les régimes de soins de santé sont fragiles et où la capacité d'adaptation est moindre. Les habitants des régions défavorisées – particulièrement les enfants – sont probablement les plus vulnérables aux risques pour la santé associés aux changements climatiques.

- D'autres conséquences indirectes relatives aux systèmes sociaux se produiront, par exemple la dénutrition et les troubles mentaux découlant du stress exercé sur les mécanismes de production alimentaire, l'accroissement de l'insécurité alimentaire et la relocalisation découlant des extrêmes climatiques.

2.7 Répercussions économiques des changements climatiques²⁹

Selon toute vraisemblance, les répercussions environnementales et sociales des changements climatiques dont il est question plus haut auront des conséquences financières dans de nombreux secteurs de l'économie. D'après le rapport Stern sur l'économie des changements climatiques, l'inaction à propos des changements climatiques pourrait entraîner des pertes équivalent à une diminution annuelle de 5 % du PIB mondial et ce, indéfiniment. Si l'on tient compte d'un plus grand éventail d'effets et d'éventualités dans l'analyse, les coûts estimatifs pourraient atteindre 20 % du PIB ou plus. En comparaison, le coût des mesures qu'il faudrait prendre pour stabiliser les gaz à effet de serre dans l'atmosphère dans une fourchette de 500 à 550 ppm d'équivalent CO₂ sont estimés à 1 % du PIB mondial annuellement, en supposant que l'on commence à mettre en œuvre des mesures rigoureuses d'atténuation dès maintenant. Cette analyse coûts-avantages représente donc clairement un incitatif économique en faveur de la prise de mesures non négligeables le plus tôt possible³⁰.

Une transformation fondamentale à l'échelle mondiale telle que l'abandon des combustibles fossiles pour les remplacer par des énergies renouvelables envisagé en vertu du scénario RCP 2,6 aura des conséquences à l'échelle locale et mondiale dans tous les secteurs sur le plan économique et présente à la fois des opportunités et des risques. Par exemple, la croissance de la demande énergétique est traditionnellement fortement corrélée à la croissance du PIB par habitant, particulièrement dans les économies à revenu faible et intermédiaire³¹. L'abandon des combustibles fossiles comporte le risque de créer des « actifs inutilisables », mais la prise de mesures pour atténuer les changements climatiques générera d'importants débouchés commerciaux et stimulera la création de nouveaux marchés comme ceux des technologies énergétiques et d'autres biens et services à faible émission de carbone. « Ces marchés pourraient atteindre des centaines de milliards de dollars chaque année, et l'emploi dans les secteurs concernés croîtra en conséquence. Le monde n'a pas besoin de choisir entre conjurer les changements climatiques et promouvoir la croissance et le développement. »³² [traduction]

²⁹ http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/WGIIAR5-Chap10_FINAL.pdf (en anglais seulement)

³⁰ http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/destaques/sternreview_report_complete.pdf

³¹ <https://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2011/01/pdf/text.pdf>

³² http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/destaques/sternreview_report_complete.pdf (p. viii)

Ainsi, les incidences matérielles des changements climatiques et les mesures d'adaptation auront des conséquences dans pratiquement tous les secteurs de l'économie. En voici quelques-unes :

- L'accroissement de la fréquence et de l'ampleur des événements météorologiques extrêmes aura des répercussions sur le secteur de l'assurance; les dommages seront plus importants et la volatilité des sinistres augmentera dans les branches de l'assurance multirisques, de l'assurance-vie et de l'assurance-maladie. Il pourrait être plus difficile pour les régimes d'assurance d'offrir une protection à un coût raisonnable et d'accroître le capital de risque.
- Les incidences sur la santé humaine augmenteront les besoins en soins de santé et exerceront des pressions sur les systèmes de soins de santé actuels.
- Le secteur des services financiers pourrait aussi subir des conséquences à différents niveaux, selon la vulnérabilité aux changements climatiques des portefeuilles d'actifs et de prêts.
- Les secteurs tributaires des conditions météorologiques comme l'agriculture, la foresterie, les pêches, le tourisme, la production d'hydroélectricité, le transport et l'exploitation minière seront inévitablement touchés.
- Le développement économique et la productivité pourraient reculer.
- Les conditions climatiques et les événements météorologiques extrêmes pourraient mettre en péril le bon fonctionnement des pipelines, des réseaux d'électricité et des infrastructures de transport.
- Les besoins en chauffage diminueront et les besoins en climatisation augmenteront, aussi bien pour les particuliers que pour les entreprises.

Les estimations et les projections des coûts économiques sont complexes et fondées sur une multitude d'hypothèses difficiles à cerner. Elles varient considérablement selon les pays. « Il faudra approfondir les recherches, recueillir et consulter des données économiques plus détaillées et perfectionner les méthodes et les outils d'analyse pour mieux évaluer les incidences possibles du climat sur les principaux systèmes et secteurs économiques. »³³ [traduction]

2.8 Perspective mondiale des répercussions des changements climatiques

Les répercussions des changements climatiques mentionnées plus haut entraîneront une exposition accrue au risque à mesure que les températures moyennes de la planète augmenteront. La figure 2.7 ci-dessous illustre les tendances observées et projetées en matière de réchauffement de la planète pour deux scénarios RCP, ainsi que le degré de risque additionnel associé aux différents niveaux possibles de réchauffement de la planète.

³³ https://ipcc-wg2.gov/AR5/images/uploads/WGIAR5-Chap10_FINAL.pdf

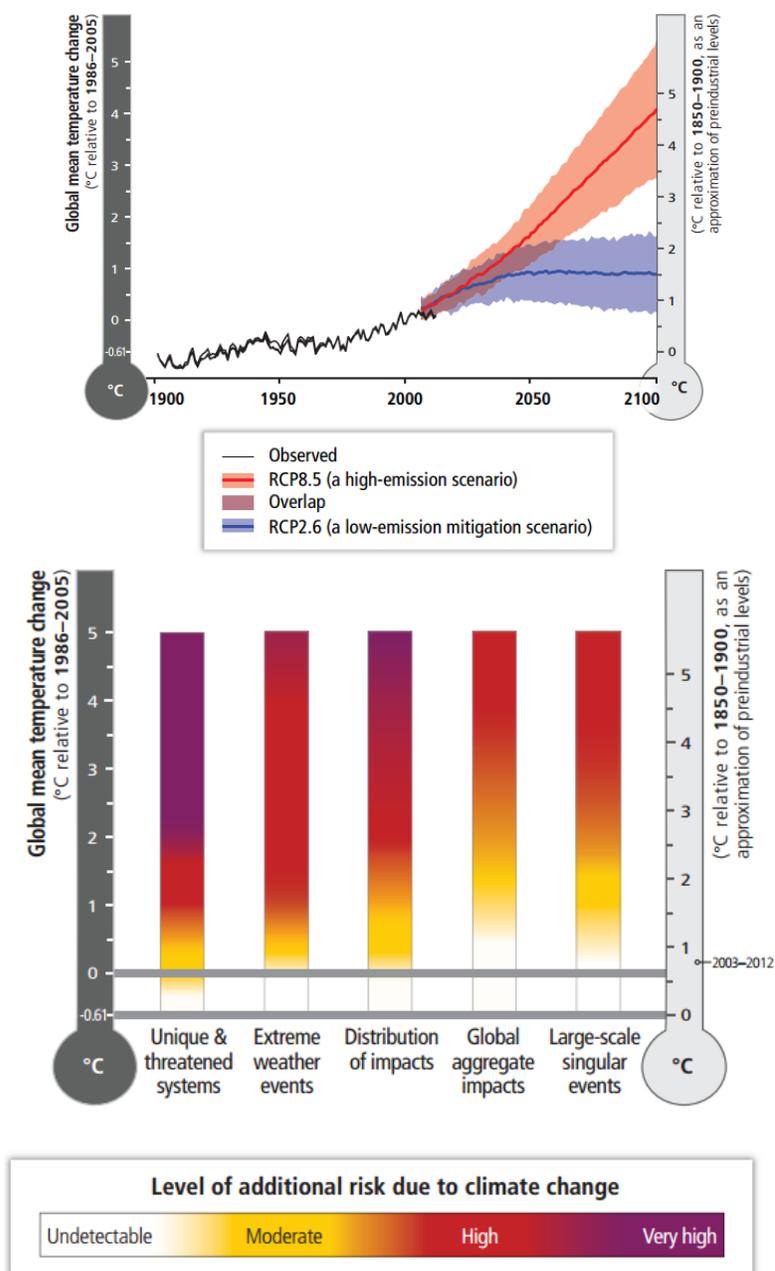


Figure 2.7 : Perspective mondiale des risques liés au climat³⁴

Les projections relatives au réchauffement de la planète montrent que les répercussions des changements climatiques varieront considérablement d’une région à l’autre et se manifesteront à différents moments. Toutefois, il importe de garder à l’esprit qu’il existe une myriade d’interdépendances entre les communautés de partout dans le monde. Les effets des changements climatiques se produisant dans une région particulière peuvent avoir des effets d’entraînement ailleurs sur la planète par le truchement de systèmes reliés internationalement, comme l’économie. Par exemple, des conditions météorologiques extrêmes interférant avec les récoltes agricoles ou le réchauffement des océans entraînant

³⁴ http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/ar5_wgII_spm_fr.pdf (p. 13)

une diminution des pêches dans une région donnée peuvent influencer sur les prix et l'approvisionnement partout dans le monde. En outre, les changements climatiques pourraient modifier les mouvements migratoires des humains, d'autres organismes vivants et des matières, ce qui risque d'avoir des conséquences ailleurs, même dans les régions éloignées. « Les mouvements migratoires peuvent influencer sur de nombreux aspects des régions quittées, mais aussi des régions d'accueil, y compris les niveaux des revenus, l'occupation des sols et la disponibilité des ressources naturelles, ainsi que la santé et la sécurité des populations touchées – ces effets peuvent être aussi bien positifs que négatifs. »³⁵ [traduction]

De plus, l'on prévoit que dès 2030, la Terre comptera huit milliards d'habitants. Dans son rapport intitulé *Global Trends 2030: Alternative Worlds*, le National Intelligence Council constate « qu'en raison de l'augmentation de la population mondiale et des habitudes de consommation de la classe moyenne en expansion dans le monde, dans moins de deux décennies la demande alimentaire aura augmenté de 35 %, la demande en eau douce, de 40 % et la demande en énergie, de 50 %. »³⁶ [traduction]. Il est de plus en plus évident que l'eau, l'alimentation et l'énergie sont étroitement liées. En conséquence, les solutions durables pour remédier à la réduction des ressources hydriques, aux problèmes de sécurité alimentaire et aux défis en matière d'énergie doivent tenir compte de cette relation afin d'éviter les effets indésirables dans d'autres secteurs.

Pour ces raisons, afin de servir l'intérêt public et de prodiguer des conseils judicieux à nos clients, nous devons garder à l'esprit le bien-être à l'échelle planétaire, plutôt que de nous concentrer sur une région ou un secteur en particulier.

Partie 3 – Travaux intergouvernementaux sur les changements climatiques

3.1 Perspective historique

La climatologie est une discipline scientifique qui existe depuis près de 200 ans; de fait, Joseph Fourier a décrit en 1824 ce que nous appelons aujourd'hui l'effet de serre. Le physico-chimiste suédois Svante Arrhenius mérite également d'être mentionné, lui qui en 1896 a été le premier à étudier la façon dont la fluctuation de la teneur en CO₂ dans l'atmosphère influe sur le climat. Dès la deuxième moitié du XX^e siècle, en se fondant sur de nombreuses études et sur les modèles plus complets rendus possibles grâce à la croissance exponentielle de la capacité des ordinateurs modernes, de nombreux scientifiques ont conclu que les concentrations accrues de CO₂ dans l'atmosphère sont responsables du réchauffement de la planète, alors qu'au début du XX^e siècle partout dans l'hémisphère nord, les températures atteignaient des sommets. Ils ont exprimé des préoccupations à propos de l'élévation du niveau des océans, de la disparition d'habitats et du déplacement des zones agricoles³⁷.

Les scientifiques réunis à la Conférence mondiale sur le climat de 1979 ont reconnu que les changements climatiques constituaient un problème et évalué des plans visant à établir un

³⁵ http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/WGIIAR5-Chap19_FINAL.pdf (p. 1062)

³⁶ http://biospherology.com/PDF/MAB_2014.pdf (p. 16)

³⁷ <http://www.colby.edu/sts/controversy/pages/9historical.pdf> (en anglais seulement)

Programme climatologique mondial relevant conjointement de l'Organisation météorologique mondiale (OMM), du Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) et du Conseil international des unions scientifiques (CIUS)³⁸.

En 1988, l'OMM et le PNUE ont mis sur pied le GIEC. En 1990, le GIEC a publié un premier rapport d'évaluation dans lequel il soulignait que « [l]es émissions dues aux activités humaines accroissent sensiblement la concentration dans l'atmosphère des gaz à effet de serre »; ce rapport a mené à la conclusion d'un traité mondial sur le climat. Le GIEC est présenté plus en détail à la section 3.3.

3.2 Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques

C'est en 1992 que le libellé de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) a été adopté par 196 parties et pays. Cette convention stipule un objectif ultime qui est de « stabiliser [...] les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique »³⁹.

Les parties se réunissent chaque année à la Conférence des Parties pour négocier les réponses multilatérales aux changements climatiques. En 1997, le Protocole de Kyoto, le premier traité du monde sur la réduction des émissions de gaz à effet de serre fondé sur le principe de « responsabilités communes, mais différenciées », a été adopté à l'occasion de la troisième Conférence des Parties. Ce protocole est entré en vigueur à la fin de 2004 et expirait en 2012. Le Canada a été la première partie à se retirer du protocole en 2007. En 2009, à l'occasion de la 15^e Conférence des Parties, les parties ont reconnu officiellement pour la première fois dans l'Accord de Copenhague⁴⁰ que la hausse de la température à l'échelle planétaire devrait être maintenue en-dessous de 2 °C.

3.3 Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

Le GIEC est un organe scientifique qui a pour mission d'examiner et d'évaluer la littérature scientifique, technique et socioéconomique la plus récente publiée dans le monde et utile à la compréhension des changements climatiques. Des milliers de scientifiques de partout dans le monde contribuent bénévolement aux travaux du GIEC à titre d'auteurs, de collaborateurs et d'examineurs. Le GIEC a pour objectif d'examiner un éventail de points de vue et d'expertises afin de fournir aux décideurs de l'information scientifique rigoureuse et équilibrée. Les travaux de l'organisme sont pertinents, impartiaux et non prescriptifs.

À l'heure actuelle, le GIEC est composé de trois groupes de travail et d'une équipe spéciale, chacun chargé de différents aspects des changements climatiques :

Groupe de travail I – Les éléments scientifiques;

Groupe de travail II – Conséquences, adaptation, et vulnérabilité;

Groupe de travail III – L'atténuation du changement climatique;

³⁸ http://www.wmo.int/pages/themes/climate/international_wcc.php (en anglais seulement)

³⁹ <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convfr.pdf>

⁴⁰ <http://unfccc.int/resource/docs/2009/cop15/fr/107f.pdf>

Équipe spéciale – Mise au point d'une méthode de calcul et de déclaration des émissions et puits de gaz à effet de serre à l'échelle nationale.

Le GIEC produit différents rapports (des rapports d'évaluation (AR), des rapports spéciaux et des rapports méthodologiques). Le dernier rapport d'évaluation (AR5) a été achevé en novembre 2014. En voici les faits saillants :

- Le réchauffement climatique est sans équivoque (Rapport de synthèse – Résumé à l'intention des décideurs⁴¹ – page 1);
- L'océan a absorbé une partie des émissions de dioxyde de carbone, ce qui a entraîné une acidification de ses eaux (Groupe de travail I – Résumé à l'intention des décideurs – page 11);
- Le niveau moyen des mers à l'échelle du globe s'est élevé et continuera à s'élever (Groupe de travail – Résumé à l'intention des décideurs – pages 11 et 25);
- Les coûts économiques de l'atténuation entraîneraient une réduction de la croissance de la consommation de 0,04 à 0,14 point de pourcentage par année, selon l'importance du réchauffement (Rapport de synthèse – Résumé à l'intention des décideurs – page 24);
- Pour limiter le réchauffement anthropique total à moins de 2 °C selon une probabilité supérieure à 66 %, il faudrait que les émissions cumulatives de CO₂ demeurent sous la barre des 2 900 Gt de CO₂ (selon le scénario RCP 2,6) (Rapport de synthèse – Résumé à l'intention des décideurs – page 10).

3.4 Mesures d'adaptation et d'atténuation

Les rapports du GIEC décrivent les conséquences d'un réchauffement non contrôlé de la planète. « Si elles se poursuivent, les émissions de gaz à effet de serre provoqueront un réchauffement supplémentaire et une modification durable de toutes les composantes du système climatique, ce qui augmentera la probabilité de conséquences graves, généralisées et irréversibles pour les populations et les écosystèmes. Pour limiter l'ampleur des changements climatiques, il faudrait réduire fortement et durablement les émissions de gaz à effet de serre, ce qui, avec l'adaptation, est susceptible de limiter les risques liés à ces changements. »⁴² [traduction]

Les mesures doivent comprendre le perfectionnement de la technologie, une réduction de l'utilisation de l'énergie, le recours à des énergies sans carbone, une réduction des émissions nettes et une amélioration des puits de carbone dans les secteurs rattachés aux ressources naturelles. Cette question est abordée plus en détail dans la partie 5 du présent document.

⁴¹http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5_SYR_FINAL_SPM.pdf (en anglais seulement)

⁴²http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5_SYR_FINAL_SPM.pdf *Ibid.*

3.5 Opinions contraires aux conclusions des rapports du GIEC⁴³

Une petite partie du milieu des climatologues a exprimé son désaccord avec certaines conclusions formulées dans les rapports du GIEC. Certains scientifiques non spécialisés dans le domaine du climat et des intervenants socioéconomiques ont également exprimé des doutes relativement aux conclusions du GIEC. Certains des scientifiques en désaccord croient que le consensus du GIEC surestime la sensibilité du climat au CO₂ et sous-estime l'effet de la variabilité naturelle. Parallèlement, certains scientifiques croient que le GIEC sous-estime la gravité des changements climatiques⁴⁴. En règle générale, les points de vue opposés sont plus souvent exprimés dans les journaux et d'autres médias, plutôt que dans des publications scientifiques.

Partie 4 – Viabilité des ressources mondiales limitées

4.1 Perspective historique de la raréfaction des ressources

Bien qu'il paraisse aller de soi que les ressources de notre planète sont limitées et ne soutiendraient pas pendant une durée indéterminée une croissance exponentielle de leur consommation, ce problème ne semble pas avoir suscité suffisamment d'attention. Même le rapport publié en 1972 par le Club de Rome, intitulé *Halte à la croissance? Rapport sur les limites de la croissance*, s'est heurté à la résistance et n'a pas réussi à mobiliser l'opinion publique à l'époque. Les auteurs du rapport estimaient que les limites à la croissance commenceraient à se faire davantage ressentir au XXI^e siècle. Ils soulignaient aussi que des changements aux politiques pourraient mettre fin à la croissance de manière ordonnée et offrir à l'humanité de longues périodes de conditions de vie somme toute élevées. Le rapport a suscité la controverse et ses conclusions ont généralement été rejetées – particulièrement celles concernant la nécessité de réviser les politiques pour garantir la viabilité de notre mode de vie.

Malheureusement, les scénarios mis de l'avant dans le rapport semblent correspondre « de manière inquiétante » aux projections actuelles, comme il est souligné dans un récent rapport produit à la demande de la profession actuarielle du Royaume-Uni et publié en janvier 2013⁴⁵. Tandis que la croissance de la population et la croissance économique s'accéléraient à un rythme exponentiel, un sentiment d'urgence accru a déclenché des appels pour une riposte à cette menace à notre mode de vie. Le besoin d'agir a été amplifié par la prise de conscience du fait que la croissance de l'utilisation des ressources exacerbait les répercussions sur les changements climatiques et que de façon réciproque, les changements climatiques avaient eux aussi des répercussions – le plus souvent défavorables – sur la disponibilité des ressources.

⁴³ <http://www.commdiginews.com/health-science/climate-change-where-theorists-and-skeptics-agree-and-disagree-18567/> (en anglais seulement)

⁴⁴ <http://www.washingtonpost.com/blogs/wonkblog/wp/2014/10/30/climate-scientists-arent-too-alarmist-theyre-too-conservative/> (en anglais seulement)

⁴⁵ <http://www.actuaries.org.uk/research-and-resources/documents/research-report-resource-constraints-sharing-finite-world-implicati> (en anglais seulement)

En dépit des préoccupations croissantes à propos de la viabilité, il n'existe pas encore de consensus quant à la définition du terme, que l'on confond souvent avec la viabilité financière. Le rapport Brundtland publié en 1987 formulait l'une des premières définitions du développement durable : « répondre aux besoins du présent sans compromettre la possibilité pour les générations à venir de satisfaire les leurs ». Plus récemment, on s'est attardé à une vision plus intégrale de la viabilité, dans laquelle on tient compte de composantes sociales, environnementales et économiques. On en est arrivé à une proposition d'évaluation de la viabilité en vertu d'un cadre de « triple résultat », mais la méthodologie pour ce faire est toujours en cours d'élaboration.

Vu que nous partageons tous les ressources d'une seule et même planète, l'atteinte de la viabilité exige une coordination internationale. Comme pour les changements climatiques, la résolution du problème des ressources limitées a été retardée par la controverse, les divergences d'opinion quant à l'ampleur ou l'urgence de la situation et la difficulté de concilier des intérêts locaux contradictoires touchés de manières différentes ou à différents degrés.

Si les limites aux ressources restreignent le potentiel de croissance économique, il faut s'attendre à ce qu'elles aient un effet profond sur les hypothèses actuarielles relatives aux résultats financiers, économiques et démographiques. En conséquence, les actuaires doivent s'efforcer de mieux comprendre la nature de ces limites et leur incidence sur diverses hypothèses actuarielles.

4.2 La menace de la raréfaction des ressources

Les limites et la raréfaction sont des concepts relatifs qui s'appliquent différemment à différentes catégories de ressources. Il va de soi que les réserves d'or, de cuivre, de fer, de magnésium, de terres rares et d'autres éléments sont restreintes, mais ces substances ne sont pas détruites lorsqu'elles sont utilisées. La disponibilité, les coûts et la facilité d'accès peuvent toutefois varier. La figure 4.1 illustre les limites de certaines ressources sur 50, 100 et 150 ans.

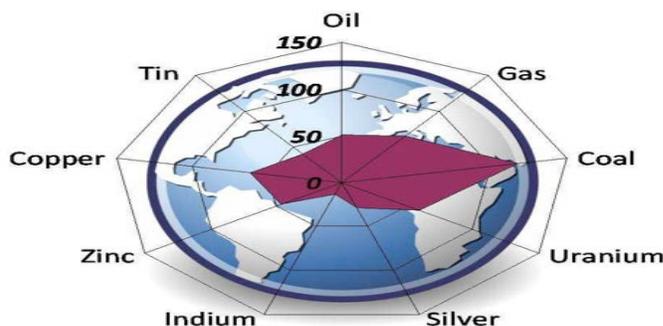


Figure 4.1 : Limites de certaines ressources sur 50, 100 et 150 ans⁴⁶

⁴⁶ <http://www.actuaries.org.uk/research-and-resources/documents/research-report-resource-constraints-sharing-finite-world-implicati> (page 12)

Par exemple, au rythme actuel de consommation, le pétrole durera encore environ 50 ans, le gaz naturel un peu plus longtemps, et le charbon, plus de 100 ans. La façon dont nous utilisons et recyclons ces ressources pourrait donc tôt ou tard devenir une option stratégique importante, selon les réserves et la facilité de recyclage. Dans certaines industries, on emploie déjà des méthodes pour faciliter le recyclage des métaux comme le cuivre et l'aluminium. D'autres ressources sont consommées lorsqu'on les utilise, par exemple les combustibles fossiles et les combustibles nucléaires. Les réserves de ces ressources sont donc limitées et leur disponibilité effective peut varier selon ce qu'il en coûte pour y accéder et les transformer. À court terme, leur raréfaction pourrait en premier lieu influencer sur leur coût, mais à plus long terme, le principal problème pourrait devenir leur disponibilité.

En dépit du nom qu'on leur donne, les ressources renouvelables sont aussi en quantités limitées, parce que la vitesse à laquelle elles peuvent être renouvelées est limitée. Ainsi, la production alimentaire dépend de la disponibilité des terres et de l'eau. Les méthodes de production peuvent influencer sur le volume qui peut être produit ou sur la vitesse à laquelle la ressource peut être renouvelée. Il faut aussi tenir compte de la concurrence entre les différentes utilisations des sols et de l'eau à d'autres fins que la production alimentaire; il s'agit donc là d'un enjeu complexe.

Pour ajouter à la complexité, les études sur le climat montrent que le réchauffement de la planète pourrait avoir un effet global négatif sur la production alimentaire ainsi que sur le niveau des océans, qui pourraient s'étendre dans des zones densément peuplées et réduire la disponibilité des terres agricoles. Il est donc primordial de mettre en place des mesures qui amélioreront la viabilité en optimisant la façon dont l'humanité exploite les ressources.

Comme la Terre reçoit chaque jour plus d'énergie solaire qu'elle n'en utilise, cette source d'énergie pourrait sembler illimitée compte tenu de l'espérance de vie du soleil. Toutefois, l'accessibilité et les coûts des diverses sources d'énergie constituent des variables importantes. Durant plus de 200 ans, la croissance économique a reposé sur les combustibles fossiles représentant une énorme réserve d'énergie exploitable à un coût qui semblait faible par rapport au revenu généré. Ils jouent un rôle crucial dans la structure des coûts de l'agriculture, du secteur de l'extraction pétrolière et du transport. Dans le contexte de la croissance accélérée des dernières années, malgré l'abondance du charbon, des préoccupations ont été soulevées quant au taux de découverte de nouvelles sources de combustibles fossiles, en particulier de pétrole, inférieur au taux d'extraction. Cette situation intensifie les pressions pour trouver un moyen de les remplacer par d'autres sources d'énergie, comme le vent ou le soleil, en dépit du coût supérieur de leur exploitation dans l'état actuel des technologies.

Le recours aux combustibles fossiles pour répondre à la demande croissante en énergie comporte une autre dimension : l'incidence sur les changements climatiques de l'utilisation de ces combustibles, dont la combustion libère du carbone dans l'atmosphère. Même s'il existe des technologies de capture et de stockage du carbone, elles coûtent trop cher; l'humanité doit accepter de limiter l'utilisation des combustibles fossiles pour éviter que le réchauffement de la planète dépasse les 2 °C, soit la cible internationale convenue.

L'application de cette limitation a donné lieu au concept d'« actifs inutilisables »⁴⁷. Selon Mark Carney, un Canadien nommé à la présidence de la Banque d'Angleterre, la « grande majorité des réserves ne peuvent pas être brûlées » et n'ont donc que peu ou pas de valeur économique dans un contexte où il faut contrôler le réchauffement climatique.

Le carbone se trouve donc à l'intersection des changements climatiques et des limites des ressources. La transition d'une économie à fortes émissions de carbone à une économie à faibles émissions de carbone obtient de plus en plus d'appuis depuis quelques années. Cette transition est une condition nécessaire mais insuffisante pour assurer la viabilité, puisqu'elle ne répond pas à la pression qu'exerce la croissance exponentielle sur les ressources limitées. Pour en arriver à un monde qui ne souhaite plus poursuivre la croissance à tout prix, il faudrait vaincre la dépendance à la croissance et résoudre des questions complexes. Dans un rapport publié en novembre 2014⁴⁸, la Commission de l'écofiscalité du Canada propose de mettre en place de meilleures politiques en matière de fiscalité et d'établissement des prix pour corriger le signal des prix du marché, pour nous assurer « de léguer aux générations qui nous suivront un patrimoine naturel prospère et non une dette écologique ». Les changements fiscaux doivent être considérés comme des moyens d'atteindre un objectif plus ambitieux, formulé dans la conclusion du rapport : « la Commission de l'écofiscalité du Canada [se penchera], dans le cadre de recherches futures, sur les mesures stratégiques concrètes qui nous mèneront vers une économie innovatrice, essentielle pour prospérer dans l'économie du 21^e siècle ».

4.3 Surexploitation des ressources de notre seule planète

Un article intitulé « The Day the Earth Ran Out »⁴⁹ publié dans la revue *Foreign Affairs* propose une façon intéressante de voir les ressources renouvelables. L'auteur examine l'empreinte écologique du monde, c.-à-d. la superficie des terres et des eaux nécessaires pour répondre à la demande humaine en matière de ressources et pour absorber les déchets, les effluents et les polluants que l'humanité produit. Le Jour du dépassement de la capacité de la Terre correspond à la date à laquelle la demande de l'humanité en ressources et en services écologiques au cours d'une année dépasse la capacité de régénération de la Terre au cours de la même année. En 2014, la date estimative était fixée au 19 août. Selon ce calcul, l'humanité a consommé cette année-là les ressources d'une planète en moins de huit mois. Pire encore, chaque année cette journée arrive toujours quelques jours plus tôt que l'année précédente. Même en tenant compte d'un degré d'incertitude dans les estimations, il apparaît évident que nous consommons les ressources de notre planète d'une manière non viable.

Seulement 14 % de la population mondiale vit dans un pays qui ne dépasse pas son budget; le Canada fait partie du petit nombre des chanceux, mais cela ne compense pas le fait qu'il se classe au 9^e rang en termes de production d'émissions de CO₂, malgré sa faible population. Les marges des quelques pays affichant un solde positif sont de toute évidence

⁴⁷ <http://www.smithschool.ox.ac.uk/research-programmes/stranded-assets/background.php>

⁴⁸ <http://ecofiscal.ca/reports/une-vision-pertinente-concrete-et-realiste-des-choix-canadiens-pour-une-plus-grande-prosperite-economique-et-environnementale/>

⁴⁹ <https://www.foreignaffairs.com/articles/global-commons/2013-08-20/day-earth-ran-out> (en anglais seulement)

insuffisantes pour contrebalancer le déficit accumulé par l'autre 86 %. Globalement, nous consommons environ 1,5 fois les ressources de la Terre chaque année. Pour survivre, il nous faut apprendre à vivre selon nos moyens.

4.4 Limites planétaires

En 2009, Johan Rockstrom et coll. ont publié un article intitulé « Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity ». L'article a été révisé en 2015 et intitulé « Planetary Boundaries: Guiding Human Development on a Changing Planet »⁵⁰. Le dépassement des limites planétaires comporte des risques dont les coûts sont difficiles à quantifier, puisque le fonctionnement de notre société repose sur un système planétaire soumis aux paramètres types de l'Holocène, la période géologique qui a commencé il y a 10 000 ans alors que l'agriculture et les sociétés humaines ont commencé à prospérer. Le monde devra prendre des mesures immédiates pour atténuer les risques associés au dépassement des limites. Les mesures d'atténuation citées dans les différentes catégories sont interreliées.

Selon cette étude, quatre limites planétaires sont déjà dépassées :

Phosphore et azote

Les flux biogéochimiques (phosphore et azote) proviennent principalement des engrais chimiques. Les quelque 22 millions de tonnes de phosphore utilisées chaque année représentent le double de la limite planétaire de 11 millions de tonnes par année. Quant à l'azote, on en utilise environ 150 millions de tonnes par année, soit environ 2,4 fois plus que la limite planétaire de 62 millions de tonnes par année.

Diversité génétique

La limite relative à la perte de diversité génétique est fixée à moins de 10 extinctions par million d'espèces par an, alors que le taux actuel se situe entre 100 et 1 000 extinctions par million d'espèces par an.

Occupation des sols

La limite relative à l'occupation des sols est fixée à 75 % des terres forestières, comparativement à la couverture forestière initiale. À l'heure actuelle, la couverture forestière correspond à 62 % de la couverture initiale.

Changements climatiques

La limite relative aux changements climatiques est fixée à une concentration de 350 ppm de CO₂ dans l'atmosphère, alors qu'au moment de l'étude, nous avons déjà atteint 395 ppm (et plus de 400 ppm en 2015). Cette question est abordée plus en détail dans la partie 5.

Les deux premières limites sont dépassées au-delà de la zone d'incertitude, et constituent un risque élevé. Les deux dernières se trouvent dans la zone d'incertitude, et représentent

⁵⁰ <http://www.stockholmresilience.org/21/research/research-news/1-15-2015-planetary-boundaries-2.0---new-and-improved.html>

un risque croissant. La zone d'incertitude estimative relative à l'occupation des sols va de 54 % à 75 % de terres forestières comparativement à la couverture initiale.

4.5 Adoption d'une économie circulaire

L'adoption d'une nouvelle approche d'« économie circulaire » pourrait également contribuer à atténuer la raréfaction des ressources. Il s'agit d'une économie industrielle conservatrice par définition, qui favorise le recours à des énergies renouvelables, le recyclage, la réduction et le suivi en vue, idéalement, d'éliminer l'utilisation de produits chimiques toxiques et d'éradiquer les déchets grâce à une conception réfléchie.

La productivité de l'occupation des sols déterminera si la planète peut nourrir une population qui, selon les projections, atteindra huit milliards de personnes d'ici 2030, tout en préservant les environnements naturels. C'est deux fois les quatre milliards de personnes que la Terre devait nourrir il y a un peu plus de 40 ans seulement, en 1974. On peut accroître la production alimentaire et protéger les forêts en augmentant la productivité de l'agriculture et de l'élevage, en utilisant de nouvelles technologies et en appliquant des approches globales pour la gestion des sols et des eaux. En outre, une superficie de terrain donnée peut nourrir plus de personnes si celles-ci ont un régime végétalien plutôt que végétarien ou omnivore. Les résultats des études sur l'efficacité relative des régimes végétaliens varient. Pour les fèves de soja, la quantité de protéines assimilables est de 29 g/m², alors que pour la viande elle est de 4 g/m² ⁽⁵¹⁾. Cela signifie que l'on peut obtenir 7,25 fois plus de protéines assimilables par mètre carré de sol si on cultive des fèves de soja destinées à l'alimentation humaine, plutôt qu'à la production de viande. Au moins 50 % de toutes les céréales cultivées servent à nourrir les animaux⁵²; on peut donc nourrir beaucoup plus de personnes si l'on élève moins d'animaux.

La réduction du gaspillage des aliments constitue un autre domaine mûr pour l'innovation. Selon le Natural Resources Defense Council, jusqu'à 40 % des aliments sont gaspillés, et ce gaspillage a augmenté de 50 % depuis les années 1970⁵³. Il est donc possible de réduire le gaspillage d'aliments, ce qui permettrait d'économiser de l'argent, des sols et de l'énergie.

4.6 Répercussions financières de la limitation de l'utilisation des ressources

Pour limiter l'utilisation des ressources, il faut restreindre la croissance ou modifier la façon d'atteindre la croissance voulue. Les répercussions de la limitation de l'utilisation des ressources sur l'économie sont complexes et incertaines, et dépendent d'un certain nombre de facteurs. Les résultats pour l'économie mondiale dépendent beaucoup de la réponse de la société et des gouvernements aux problèmes causés. Les réponses des politiciens et des marchés auront des conséquences d'une grande portée, qu'il faut mieux comprendre et mieux modéliser. Dans une certaine mesure, les répercussions peuvent être gérées sinon influencées.

⁵¹ https://en.wikipedia.org/wiki/Edible_protein_per_unit_area_of_land#cite_note-NSRL-1 (en anglais seulement)

⁵² <http://www.fao.org/docrep/v8180t/v8180t07.htm> (en anglais seulement)

⁵³ <http://www.nrdc.org/food/files/wasted-food-ip.pdf> (en anglais seulement)

Pour en arriver à un monde qui ne souhaite plus poursuivre la croissance à tout prix, il faudrait vaincre la dépendance à la croissance et confronter des questions complexes. Les preuves à l'appui des limites des ressources sont très claires, mais beaucoup des intervenants dans l'économie mondiale n'en tiennent pas compte dans leurs processus décisionnels. La « tragédie de l'horizon » constitue une difficulté omniprésente; de fait, les nouveaux défis que posent la prospérité à long terme et la résilience économique demeurent au-delà de l'horizon défini par la portée conventionnelle de l'analyse du risque, de la vision des marchés boursiers et de la perspective de la réglementation. Les répercussions des chocs environnementaux futurs doivent être prises en compte dès aujourd'hui dans la valeur des actifs et dans les décisions en matière d'allocation du capital afin que le système financier puisse adopter une vision allant au-delà de cet horizon.

Vu leurs compétences et leur expérience en matière de modélisation des résultats à long terme des activités d'une entité dans le domaine de l'économie, les actuaires sont beaucoup mieux placés que bien d'autres professionnels pour mesurer la viabilité et modéliser les effets de la non-viabilité sur nos hypothèses et pour modéliser et évaluer les passifs futurs ou éventuels.

Les questions de viabilité peuvent avoir une influence considérable sur les hypothèses actuarielles et les passifs futurs, ainsi que sur les conseils prodigués aux clients. Les limites de la croissance sont importantes pour la profession actuarielle. Les hypothèses implicites de croissance exponentielle sur une période indéterminée doivent être révisées. Si la croissance économique est restreinte par les limites des ressources, on peut raisonnablement s'attendre à ce que les effets sur les futurs résultats financiers et démographiques soient considérables. Si les résultats futurs sont effectivement touchés, les hypothèses formulées par les actuaires devraient tenir compte de ces développements futurs.

Les actuaires sont particulièrement bien placés pour conseiller les gouvernements et les autres agents économiques, grâce à leur compréhension de la gestion du risque et de la modélisation à long terme. Pour proposer des solutions qui intègrent les enjeux relatifs à la viabilité dans les décisions d'investissement, il faut mesurer la viabilité des entités dans lesquelles nos clients investissent, la viabilité des activités de nos clients ainsi que l'effet de la viabilité sur le rendement économique. L'élaboration de méthodologies appropriées exige des investissements importants dans des ressources qui peuvent être partagées mondialement. Nous devons respecter la nature éclectique de notre discipline et reconnaître que pour mettre au point des mesures axées sur les résultats pour atteindre la viabilité, il nous faudra collaborer avec des spécialistes d'autres disciplines et tirer profit de leurs connaissances. Heureusement, le bassin de ressources comprend des entités non actuarielles qui contribuent de différentes manières à améliorer la compréhension des contraintes en matière de viabilité.

Partie 5 – Mesures d’atténuation et d’adaptation pour les changements climatiques

5.1 Maintien du réchauffement de la planète sous la barre des 2 °C

Une convention internationale a été conclue à Copenhague visant à maintenir le réchauffement de la planète à moins de 2 °C. Cet écart correspond au scénario RCP 2,6 (illustré à la figure 2.6 ci-dessus). Ce scénario est équivalent à une concentration de CO₂ de 450 ppm (c.-à-d. dans une fourchette allant de 430 à 480 ppm). Selon ce scénario, les émissions atteignent un sommet d’ici 2020 et sont sensiblement réduites par la suite, pour arriver à des émissions de carbone nulles d’ici 2100. Le résumé à l’intention des décideurs préparé par le GIEC stipule ce qui suit :

On estime que le report de mesures d’atténuation allant au-delà de celles qui sont déjà en place jusqu’en 2030 rendra considérablement plus difficile la transition vers des niveaux d’émissions plus faibles à long terme et réduira l’éventail des options permettant de maintenir le changement de la température à moins de 2 °C de ce qu’il était avant l’ère industrielle (avec un haut niveau de confiance). [*traduction*]

En 2010, les émissions d’équivalent CO₂ atteignaient 49 Gt. Il faudra les réduire à 22 Gt d’ici 2050. Afin de réduire les émissions à zéro d’ici 2100, les émissions totales jusqu’en 2050 devront être limitées à 825 Gt, et à 125 Gt entre 2050 et 2100. Pour respecter ces « budgets de carbone » d’ici la fin du siècle, les mesures d’atténuation devront être axées sur la production d’électricité à faibles émissions de carbone, la réduction de l’utilisation de l’énergie, l’amélioration de l’efficacité énergétique et l’adoption de nouveaux carburants. Les incidences de ces mesures sont présentées ci-dessous.

5.2 Mesures d’atténuation visant à réduire les émissions de carbone

La nécessité de réduire les émissions d’équivalent CO₂ touchera de nombreux secteurs de l’économie : la production d’énergie, le transport, les bâtiments, le secteur industriel, l’agriculture, les établissements humains, etc. Ces questions sont abordées ci-dessous.

Production d’énergie

La disponibilité d’une réserve d’énergie suffisante est fondamentale au mode de vie d’aujourd’hui. À l’heure actuelle, la majeure partie de l’énergie est produite à partir de combustibles fossiles – charbon, pétrole et gaz naturel (en ordre décroissant d’émissions de CO₂). Ces combustibles devront être remplacés par d’autres sources d’énergie produisant des émissions de carbone faibles ou nulles – comme l’énergie éolienne, solaire ou nucléaire. Il est vrai que la production d’électricité dans des centrales nucléaires comporte certains risques. Toutefois, afin d’accroître l’offre d’énergie à émissions de carbone faibles ou nulles, il faudra améliorer les mesures de protection. Il faudra aussi insister davantage sur la mise au point de technologies de production d’énergie à partir de ressources renouvelables. À cet égard, la technologie pour la capture et le stockage du carbone (CSC) jouera un rôle important. Cette technologie permet de recueillir le CO₂ produit par les combustibles fossiles et de les stocker en permanence dans le sol. Des avancées technologiques devront aussi être réalisées dans le domaine du stockage de l’électricité produite à partir de ressources renouvelables, puisque l’approvisionnement en énergie est intermittent.

Transport

Des avancées devront être réalisées en matière d'efficacité énergétique, d'amélioration du rendement des véhicules, d'utilisation des véhicules électriques, d'aménagement urbain intégré, de mise au point de liaisons ferroviaires à grande vitesse, d'amélioration des réseaux de transport en commun, etc.

Bâtiments

Il faudra prendre des mesures pour l'adoption de codes pour la construction de bâtiments à basse consommation, l'utilisation d'appareils efficaces sur le plan énergétique, l'utilisation réduite de l'électricité non renouvelable, etc.

Secteur industriel

Le secteur industriel est un grand consommateur d'énergie. Il faudra mettre à niveau ou remplacer les technologies ou déployer des technologies nouvelles à grande échelle et veiller à l'efficacité de l'utilisation, du recyclage et de la réutilisation des matériaux et des produits.

Agriculture, foresterie et autres occupations des sols

Les initiatives dans ce domaine devront être axées sur la gestion des terres cultivées et des pâturages, la reforestation, le rétablissement des sols organiques, etc. Une option complémentaire pour atténuer le changement est de réduire l'ampleur de l'élevage. L'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) estime que 18 % des émissions sont causées par l'élevage. Le bétail est responsable de 65 % des émissions d'oxyde de diazote, un gaz à effet de serre 296 fois plus puissant que le dioxyde de carbone⁵⁴. Le méthane émis par le bétail est aussi un puissant gaz à effet de serre.

Établissements humains, infrastructures et aménagement de l'espace

Il faudra mettre au point de nouveaux concepts d'aménagement urbain (afin de réduire les besoins en transport d'une population croissante). L'amélioration des réseaux de transport en commun jouera aussi un rôle important.

5.3 Tarification du carbone

L'établissement d'une tarification du carbone constituera une mesure largement discutée qui pourrait faciliter la transition vers l'ère d'émissions de carbone nulles ou faibles.

À l'heure actuelle, les combustibles fossiles représentent une très grande proportion de l'offre d'énergie. Pour maintenir le réchauffement planétaire en deçà de la limite de 2 °C, le monde entier doit adopter des modes de production d'énergie reposant sur des sources renouvelables. Alors que les industries des combustibles fossiles sont bien établies, celles qui produisent de l'énergie renouvelable sont encore en développement. Cette situation crée un déséquilibre en faveur de la production d'énergie à partir de combustibles fossiles. D'une part, l'énergie provenant des combustibles fossiles est relativement moins chère, mais entraîne des émissions générant des coûts associés au réchauffement de la planète.

⁵⁴ <http://www.fao.org/docrep/012/a0701f/a0701f00.htm>

D'autre part, l'énergie provenant de sources renouvelables pourrait coûter relativement plus cher, mais n'entraîne pas de coûts associés au réchauffement de la planète. Il est possible d'établir des conditions équitables en éliminant les subventions à l'exploitation des combustibles fossiles et en établissant une tarification du carbone. Cela mettrait en place un signal économique qui ferait en sorte que les coûts associés aux combustibles fossiles reflètent les coûts externalisés correspondant à la pollution climatique et rendrait les énergies à faibles émissions de carbone plus attrayantes. De telles mesures favoriseraient la recherche sur les technologies en développement dans des domaines comme la production d'énergie renouvelable et le stockage d'énergie, en plus d'inciter l'industrie des combustibles fossiles à mettre au point des technologies de CSC – en réduisant les émissions de carbone, les coûts associés au carbone diminueront.

Les deux principales méthodes de tarification du carbone sont le plafonnement et échange et la taxe sur le carbone.

Plafonnement et échange

Le système de plafonnement et échange est un mécanisme de tarification du carbone en vertu duquel le gouvernement fixe un plafond à la quantité des émissions de gaz à effet de serre; les entreprises peuvent contribuer au respect de ce plafond en réduisant leurs émissions, ou en achetant les émissions inutilisées d'une autre entité. L'échange des quotas d'émission permet de réduire les émissions à un coût moindre que si on exigeait de chaque entreprise qu'elle réduise ses propres émissions. Si l'entreprise A peut réduire ses émissions à un coût moindre que ce qu'il en coûte à l'entreprise B, l'entreprise A aura avantage à réduire ses émissions plus qu'il ne faut pour pouvoir vendre ses émissions excédentaires à l'entreprise B (à un prix moindre que celui que cette dernière paie pour réduire ses propres émissions). L'entreprise B y trouve son compte, parce qu'elle peut ainsi participer aux objectifs de réduction des émissions à moindre coût.

Taxe sur le carbone

Il s'agit d'une taxe sur les émissions carboniques, fondée sur la teneur en carbone des combustibles. Cette méthode, par exemple, fait augmenter davantage le prix du charbon que celui de l'essence, à cause de la teneur en carbone plus élevée du charbon. Une taxe sur le carbone fait augmenter le prix des combustibles à intensité carbonique, ce qui rend les combustibles à faible teneur en carbone plus attrayants. On stimule ainsi l'innovation dans le domaine des technologies propres, car les entreprises auraient avantage à offrir des solutions moins coûteuses pour remplacer les produits à intensité carbonique.

Si une taxe sur le carbone est mise en place, le gouvernement devra décider ce qu'il fera des recettes. Une partie des recettes pourrait être investie dans l'infrastructure de transport, dans la recherche sur les technologies propres ou dans un programme de remboursement à l'intention des consommateurs qui doivent payer plus cher à cause de la taxe sur le carbone. Une taxe sur le carbone sans incidence sur les recettes permettrait de remettre tout l'argent aux contribuables par l'entremise d'un dividende ou d'une translation de l'impôt, ou d'un programme jumelant des paiements ciblés et des réductions d'impôt.

Effectuer un choix entre deux mécanismes

Le tableau 5.1 ci-dessous présente les avantages et les inconvénients des deux mécanismes.

	Avantages	Inconvénients
Plafonnement et échange	<ul style="list-style-type: none"> • Accent sur les réductions des émissions fixées par le gouvernement. Les prix sont déterminés par le marché. • Les émissions sont réduites à coût moindre grâce au mécanisme d'échange. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mise en œuvre plus longue (quatre ans au Québec). • Administration plus difficile. • Ensemble complexe de règlements. • Le mécanisme d'échange peut être manipulé et entraîner des fraudes et de la spéculation. • Un tel mécanisme s'applique généralement aux grands émetteurs. • À cause des fortes sommes en jeu, il est plus tentant d'essayer de contourner le mécanisme. • Possibilité de mise en place de politiques industrielles inefficaces conçues pour soutenir les secteurs bénéficiant d'un soutien politique.
Taxe sur le carbone	<ul style="list-style-type: none"> • Mise en œuvre plus rapide (quatre mois en Colombie-Britannique). • Administration plus facile. • Application à un segment élargi de l'économie plus facile. • Beaucoup moins de possibilités d'évitement pour les utilisateurs finaux. 	<ul style="list-style-type: none"> • Les prix sont fixés par le gouvernement. Les réductions des émissions obtenues seront déterminées par le marché. Aucune garantie que le niveau de réduction des émissions souhaité puisse être atteint.

Tableau 5.1 – Avantages et inconvénients du mécanisme de plafonnement et échange et d'une taxe sur le carbone

Dans les deux cas, les entreprises pourraient éviter de payer en déménageant la production dans une juridiction sans tarification du carbone. On parle alors de « fuite ». L'une des façons d'éviter ce phénomène est d'instaurer une tarification sur le carbone universelle, ou dans de nombreuses juridictions. Le gouvernement pourrait aussi allouer des permis sans

frais ou à faible coût dans le cas du mécanisme de plafonnement et échange, ou mettre en place des exonérations fiscales dans le cas de la taxe sur le carbone. Une autre façon de résoudre le problème de fuite serait d'instaurer un rajustement de la taxe à la frontière en y ajoutant une taxe sur le carbone; ce rajustement correspondrait à un tarif douanier à payer en fonction de la teneur en carbone des biens importés, afin d'établir des règles du jeu équitables dans les juridictions imposant une taxe sur le carbone. De tels rajustements de la taxe à la frontière pourraient être instaurés par des juridictions nationales, mais pas par des juridictions infranationales.

Les deux mécanismes peuvent être soumis à des influences politiques, les entreprises pouvant demander des permis d'émission sans frais ou à faible coût dans le cas du mécanisme de plafonnement et échange, ou des exemptions dans le cas de la taxe sur le carbone.

Dans les faits, le mécanisme qui semble le mieux fonctionner est celui d'une taxe sur le carbone. Le mécanisme de plafonnement et échange n'a pas bien fonctionné dans l'Union européenne, où les réductions des émissions constatées sont peut-être attribuables à la récession plutôt qu'au mécanisme de plafonnement et échange. Les prix des quotas de carbone ont chuté, et le marché n'a pas bien fonctionné. La figure 5.2 montre les pays et régions qui ont adopté ou prévoient adopter l'un des deux mécanismes. Depuis la création de la carte en 2014, l'Ontario a annoncé qu'elle mettrait en place un mécanisme d'échange de droits d'émission.

About 40 national and over 20 sub-national jurisdictions are putting a price on carbon

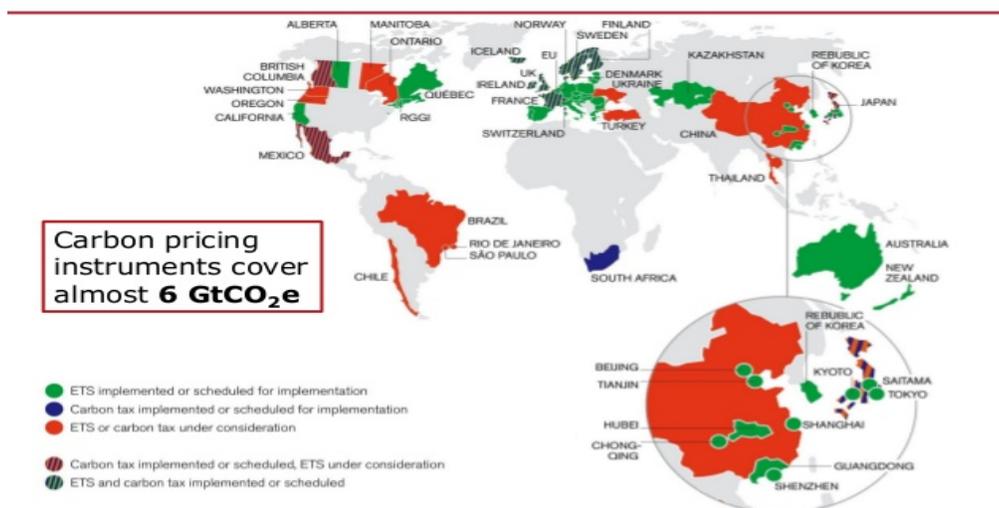


Figure 5.2 – Carte illustrant les gouvernements nationaux et régionaux ayant établi une tarification du carbone⁵⁵

⁵⁵ <http://www.slideshare.net/Ecofys/state-and-trends-of-carbon-pricing-2014-37901397> (en anglais seulement)

5.4 Incidence d'une économie faible en carbone sur les investissements – Actifs inutilisables

En théorie, on peut réduire les émissions de CO₂ même en continuant d'utiliser les combustibles fossiles, grâce à la technologie de CSC. Toutefois, en raison des difficultés techniques qu'elle comporte, il semble peu probable que cette technologie soit adoptée à grande échelle. En conséquence, il faut réduire le recours aux combustibles fossiles de façon radicale pour diminuer les émissions. Les réserves actuelles de combustibles fossiles sont d'environ 2 795 Gt d'équivalent CO₂. Si l'on veut atteindre l'objectif d'émissions de carbone nulles d'ici 2100, l'humanité ne pourra utiliser qu'entre 23 % et 42 % de ces réserves. Cela signifie que la majorité des combustibles fossiles ne pourront pas être exploités et qu'il y a un risque de créer des « actifs inutilisables », ce qui aura des répercussions sur l'évaluation de ces actifs.

5.5 Défis liés à la mise en œuvre de mesures d'atténuation

L'augmentation de la concentration des gaz à effet de serre (comme le CO₂ ou le méthane) due aux émissions accrues ne reste pas localisée très longtemps; elle se répartit uniformément partout autour de la planète en environ 30 jours. Le monde devient plus petit, interconnecté et interdépendant. Cela signifie qu'aucun pays ne peut se permettre de ne pas participer aux initiatives mondiales visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre. Sans l'entière coopération de tous les pays, il sera très difficile de réaliser des progrès significatifs. L'atteinte de l'objectif d'un monde où les émissions de carbone sont nulles ou faibles présente plusieurs défis; certains sont présentés ci-dessous.

Idéologie politique

Quelques pays ont encore une idéologie politique qui ne reconnaît pas les changements climatiques comme étant une réalité et, en conséquence, ne font que des efforts plutôt tièdes. Il pourrait exister une peur intrinsèque que l'abandon des combustibles fossiles, relativement peu coûteux, ait une incidence grave sur la croissance du PIB.

Grands écarts des niveaux d'émission d'un pays à l'autre

Les émissions de GES d'un pays correspondent au produit de la population du pays et du taux d'émissions par habitant. À l'heure actuelle, le taux mondial d'émissions par habitant s'établit à environ cinq tonnes par année. On constate le taux le plus élevé au Qatar, où il atteint 40,3 tonnes; les États-Unis arrivent en 10^e place avec 17,6 tonnes et le Canada, en 15^e place avec 14,7 tonnes. En comparaison, le taux d'émissions par habitant est de 6,2 tonnes en Chine, de 1,7 tonne en Inde et de 0,2 tonne en Zambie⁵⁶. Les pays qui se trouvent en bas de l'échelle auront beaucoup de mal à réduire leurs émissions à cause des sources de combustibles actuellement utilisées pour produire de l'énergie, et l'exiger d'eux pourrait compromettre leur capacité d'augmenter leur PIB.

⁵⁶ http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_carbon_dioxide_emissions (version la plus à jour en anglais seulement)

Coûts économiques de l'abandon des combustibles fossiles

La mise au point de sources d'énergie à émissions de carbone faibles ou nulles exigera énormément de recherches et de dépenses d'investissement. Les points de vue divergent considérablement quant à la façon de partager ces coûts.

La situation actuelle a été causée par les émissions antérieures de régions ayant des taux d'émissions par habitant élevés. Les pays les plus touchés par les répercussions des changements climatiques seront ceux qui n'ont pas participé à la création du problème. Si l'on ne veut pas ralentir la croissance du PIB des économies en émergence, il faudra trouver des moyens pour leur permettre de produire de l'énergie à faibles émissions de carbone.

Effet inégal des changements climatiques

On estime que l'effet des changements climatiques variera d'une région à l'autre. Alors que de nombreuses régions seront gravement touchées, certaines pourraient en bénéficier (p. ex. par une augmentation du rendement des cultures) – à tout le moins au début. Il faut convaincre ces régions de participer aux efforts visant à résoudre le problème mondial des changements climatiques. Dans un monde interconnecté, aucun pays ne peut demeurer à l'abri bien longtemps.

5.6 Adaptation aux changements climatiques

Les données sur la température dans le monde révèlent que la Terre s'est réchauffée d'environ 1 °C depuis 1900. Des initiatives internationales visent à limiter la hausse à 2° C. Les effets du réchauffement de la planète se font déjà sentir dans différentes régions, où l'on constate une hausse des inondations, des températures extrêmes, des sécheresses, des ouragans, etc. Plus la température augmente, plus il faut s'attendre à des changements défavorables. Il faudra tenir compte de ces changements partout dans le monde au cours des années à venir.

Les secteurs public et privé et les communautés peuvent s'adapter aux effets du réchauffement de la planète de différentes manières : gestion du risque de catastrophe, mesures de santé publique, diversification des moyens de subsistance, gestion des côtes et des eaux, protection de l'environnement, aménagement des terres, planification en vue de l'élévation des niveaux des océans, etc. Des mesures d'adaptation devront être intégrées aux différents processus de planification. La description qui suit, tirée du tableau RID.1 du rapport du GIEC intitulé *Changements climatiques 2014 : Incidences, adaptation et vulnérabilité – Résumé à l'intention des décideurs*⁵⁷ illustre diverses approches pour l'adaptation et fournit des exemples pour chaque catégorie.

Développement humain

- Meilleur accès à l'éducation, à la nourriture, aux établissements de santé, à l'énergie, au logement sécuritaire, à des structures collectives sûres et au soutien social; réduction de l'inégalité des sexes et des autres formes de marginalisation.

⁵⁷ http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5_SYR_FINAL_SPM.pdf

Lutte contre la pauvreté

- Meilleur accès aux ressources locales et contrôle amélioré de ces ressources; accès à la propriété; réduction des risques de catastrophe; filets de sécurité et de protection sociale; régimes d'assurance.

Sécurité des moyens de subsistance

- Diversification des revenus, des actifs et des moyens de subsistance; amélioration des infrastructures; accès à la technologie et aux tribunes de prise de décisions; accroissement du pouvoir de décision; modification des pratiques de culture, d'élevage et d'aquaculture; recours aux réseaux sociaux.

Gestion des risques de catastrophe

- Systèmes d'alerte précoce; cartographie des risques et de la vulnérabilité; diversification des ressources hydriques; amélioration du drainage; abris contre les cyclones et les inondations; codes et pratiques du bâtiment; gestion des eaux pluviales et des eaux usées; amélioration des transports et des infrastructures routières.

Gestion des écosystèmes

- Préservation des milieux humides et des espaces verts urbains; boisement du littoral; gestion des réservoirs et des bassins hydrographiques; réduction des autres facteurs de stress sur les écosystèmes et de la fragmentation de l'habitat; maintien de la diversité génétique; modification des régimes de perturbation; gestion collective des ressources naturelles.

Aménagement de l'espace ou planification de l'utilisation des terres

- Mise à disposition de logements, d'infrastructures et de services adéquats; gestion du développement dans les zones exposées aux inondations et à d'autres risques; programmes de modernisation et de planification urbaines; lois de zonage des sols; servitudes; zones protégées.

Structurelles/physiques

- *Options pour les environnements artificiels et bâtis* : Dignes et structures de protection des côtes; digues de protection contre les crues; réservoirs d'eau; drainage amélioré; abris contre les cyclones et les inondations; codes et pratiques du bâtiment; gestion des eaux pluviales et des eaux usées; amélioration des transports et des infrastructures routières; maisons flottantes; adaptation des centrales et des réseaux électriques.
- *Options technologiques* : Nouvelles variétés de cultures et races d'animaux d'élevage; savoir, technologies et méthodes autochtones, traditionnels et locaux; irrigation efficace; technologies avares en eau; désalinisation; agriculture de conservation; installations d'entreposage et de conservation de la nourriture; cartographie des risques et de la vulnérabilité; systèmes d'alerte précoce; isolation

des bâtiments; refroidissement mécanique et passif; développement, transfert et diffusion de la technologie.

- *Options basées sur les écosystèmes* : Restauration; conservation des sols; boisement et reboisement; protection et plantation des mangroves; infrastructures vertes (arbres d'ombrage, toits verts, etc.); lutte contre la surpêche; cogestion des pêches; migration et dispersion assistées des espèces; corridors écologiques; banques de semences et de gènes et autres méthodes de conservation ex situ; gestion collective des ressources naturelles.
- *Services* : Filets de sécurité et de protection sociale; banques alimentaires et distribution des excédents; services municipaux, y compris l'eau et l'assainissement; programmes de vaccination; services de santé publique essentiels; services médicaux d'urgence améliorés.

Institutionnel

- *Options économiques* : Incitations financières; assurance; obligations de catastrophe; paiement des écoservices; tarification de l'eau afin d'encourager les économies et l'usage parcimonieux; microcrédit; fonds de prévoyance en cas de catastrophe, transferts de fonds; partenariats public-privé.
- *Lois et réglementations* : Lois de zonage des terres; normes et pratique du bâtiment; servitudes, accords et règlements concernant l'eau; lois à l'appui de la réduction des risques de catastrophe; lois encourageant la souscription d'assurance; droits de propriété bien définis et sécurité foncière; zones protégées; quotas de pêche; communautés de brevets et transferts de technologies.
- *Politiques et programmes nationaux et gouvernementaux* : Plans nationaux et régionaux d'adaptation portant notamment sur l'intégration; plans d'adaptation infranationaux et locaux; diversification économique; programmes de modernisation urbaine; programmes municipaux de gestion de l'eau; planification et préparation à l'égard des catastrophes; gestion intégrée des ressources hydriques; gestion intégrée des zones côtières; gestion basée sur les écosystèmes; adaptation au niveau des communautés.

Sociales

- *Options éducatives* : Sensibilisation et intégration à l'éducation; promotion de l'égalité des sexes dans le domaine de l'éducation; services de vulgarisation; partage des connaissances autochtones, traditionnelles et locales; recherche participative et apprentissage social; partage des connaissances et plateformes d'apprentissage.
- *Options informationnelles* : Cartographie des risques et de la vulnérabilité; systèmes d'alerte et d'intervention précoces; suivi systématique et télédétection; services climatologiques; utilisation des observations du climat recueillies par les autochtones; élaboration participative de scénarios; évaluations intégrées.

- *Options comportementales* : Préparation des ménages et planification de l'évacuation; migration; conservation des sols et de l'eau; évacuation des eaux pluviales; diversification des moyens de subsistance; changements des pratiques de culture, d'élevage et d'aquaculture; recours aux réseaux sociaux.

Domaines d'intervention

- *Pratiques* : Innovations sociales et techniques; modifications des comportements ou changements institutionnels et d'encadrement conduisant à des changements sensibles des résultats.
- *Politiques* : Décisions et mesures politiques, sociales, culturelles et écologiques conformes aux besoins de réduction de la vulnérabilité et des risques et d'appui à l'adaptation, à l'atténuation et au développement durable.
- *Personnels* : Théories, croyances, valeurs et visions du monde individuelles et collectives influant sur les réactions face aux changements climatiques.

Pour réagir aux risques liés au climat, il faut prendre des décisions dans le contexte d'un monde changeant où la gravité des effets des changements climatiques et le moment où ils surviennent demeurent incertains et où l'efficacité des mesures d'adaptation est limitée. Ces décisions peuvent porter sur la nature des stratégies (p. ex. emplacement d'une nouvelle infrastructure à long terme) ou sur des aspects opérationnels (p. ex. gestion des niveaux d'eau grâce à des barrages).

Partie 6 – Rôle de la profession actuarielle

6.1 Contribution de la profession actuarielle

Les actuaires ne sont pas des spécialistes du climat, et ne sont donc pas en mesure de formuler une opinion sur les changements climatiques et ses futures répercussions. Pour pouvoir le faire, ils devront s'en remettre au point de vue majoritaire au sein du milieu des climatologues. Les travaux du GIEC fournissent une indication des futures répercussions possibles selon différents scénarios. La profession actuarielle devrait reconnaître les changements climatiques et ses répercussions comme étant des possibilités distinctes et mettre à profit son savoir-faire pour quantifier ces risques. Elle peut apporter une précieuse contribution aux initiatives actuelles en matière de changements climatiques en mettant au point des indices adéquats qui permettent de surveiller les événements futurs afin d'accroître le niveau de confiance des estimations des coûts futurs.

Les sections qui suivent décrivent les domaines dans lesquels la profession actuarielle peut offrir une contribution.

6.2 Rétroaction sur les scénarios en matière de changements climatiques

Les modèles utilisés dans la recherche sur les changements climatiques sont complexes et font appel à des projections à long terme. Les actuaires sont des spécialistes de l'utilisation de modèles. Leur contribution pourrait prendre les formes suivantes :

- Examen des différents paramètres utilisés et de leur pertinence aux fins des projections;
- Examen des données utilisées comme intrants des modèles;
- Examen de l'analyse des résultats produits par les modèles.

Les travaux réalisés par la firme Mercer pour modéliser le rendement des placements jusqu'en 2050 en vertu de différents scénarios constitue un exemple de contribution⁵⁸.

6.3 Surveillance des changements climatiques

La profession actuarielle est en mesure de créer des indices de surveillance de la relation entre les variables primaires des changements climatiques, comme la concentration de gaz à effet de serre dans l'atmosphère, la température planétaire moyenne et la fréquence et la gravité des événements météorologiques extrêmes. L'Indice actuariel des changements climatiques mis au point par le Groupe de travail sur l'index du climat, parrainé par l'ICA, la SOA, la CAS et l'AAA, en est un bon exemple. Cet indice est présenté plus en détail à la section 6.8 ci-dessous.

6.4 Analyse de l'incidence des changements climatiques sur le secteur de l'assurance

Comme il en est question à la section 2.6, l'on s'attend à ce que les changements climatiques provoquent ou exacerbent des sécheresses, des tempêtes et des inondations, des conditions météorologiques extrêmes, des pénuries d'aliments et d'eau potable et des effets sur la santé humaine de maladies comme la malaria, etc. Les actuaires peuvent effectuer une analyse statistique des tendances et des correspondances entre les sinistres et les changements climatiques en se fondant sur les travaux de Francis Zwiers et d'autres statisticiens du domaine des événements météorologiques extrêmes et des changements climatiques. De plus, si tous les pays sont tenus de respecter certaines voies afin de maintenir l'augmentation de la température planétaire en deçà de la limite de 2 °C, d'importantes réserves de combustibles fossiles demeureront inutilisables, ce qui aura une incidence sur les valeurs des actifs et donc, sur le rendement futur.

Les facteurs ci-dessus accroîtront l'exposition aux sinistres ainsi que la volatilité dans de nombreuses branches d'assurance, par exemple les biens, les inondations, les récoltes, l'automobile, la responsabilité civile, la vie et la santé. Les « litiges environnementaux » pourraient avoir des répercussions sur la responsabilité à l'égard des produits et de l'environnement et sur la responsabilité des dirigeants et des administrateurs. Ces risques sont connus des actuaires depuis de nombreuses années (Australian Institute of Actuaries, 2003). En outre, un comité de la General Insurance Research Organisation (GIRO) a enquêté sur le risque accru de sinistres causés par des inondations en raison des changements climatiques. Le milieu de la réassurance a été particulièrement actif par le passé. Il pourrait y avoir des répercussions sur les coûts et sur la concurrence.

⁵⁸ <http://www.mercer.com/content/mercer/global/all/en/insights/focus/invest-in-climate-change-study-2015.html> (en anglais seulement)

6.5 Évaluation des stratégies d'atténuation et d'adaptation

Les actuaires peuvent évaluer les différentes options d'atténuation et d'adaptation au moyen d'une analyse coûts-avantages ajustée en fonction du risque. À cette fin, les actuaires peuvent adapter les données provenant de sources d'autres secteurs que l'assurance. L'analyse pourrait être faite à l'aide de modèles stochastiques ou de simulations de crise. Grâce à des modèles de changements climatiques et à d'autres données des modèles de risque actuariels, les actuaires sont en mesure d'établir des normes de pratique et des pratiques exemplaires qui pourraient être utiles aux fins de l'élaboration de politiques publiques, notamment en matière d'atténuation, de résilience et d'aménagement des terres (y compris la surconstruction, la surpopulation et l'évacuation), par exemple la résolution⁵⁹ prise par le bureau des Nations Unies pour la réduction des risques de catastrophes (UNISDR) à Sendai en 2015 concernant la modélisation des catastrophes pour toutes les décisions de placements, afin de tenir compte de la résilience dans la réflexion sur le commerce mondial. Ces travaux fourniraient des données importantes aux fins d'élaboration des politiques publiques à différents paliers de gouvernement.

6.6 Création de nouvelles branches d'assurance

Les changements climatiques présentent certaines occasions pour le secteur de l'assurance. Par exemple, pour les particuliers, des polices d'assurance de biens offrant une reconstruction à l'aide de matériaux plus durables et écologiques, un remboursement pour l'utilisation d'une source d'énergie renouvelable, des remises pour la mise en place de dispositifs d'atténuation des sinistres, des primes à l'utilisation du véhicule ou des remises pour faible kilométrage, et des remises à l'achat d'un véhicule hybride. Pour les entreprises, des produits comme le remplacement du parc par des véhicules écologiques, des produits d'assurance pour les projets et les biens de production d'énergie renouvelable, pour la construction écologique, pour l'économie d'énergie, pour la capture et le stockage du carbone, pour les projets de réduction des émissions, pour la publicité négative, pour les aliments périssables, pour les conditions météorologiques mondiales et pour le risque politique associé à l'échange de droits d'émission de carbone. La tarification des branches spéciales pourrait inclure des produits d'assurance concernant la pollution et l'environnement, la responsabilité des dirigeants et des administrateurs, la responsabilité professionnelle des architectes et des ingénieurs pour la mise en service de bâtiments, et la responsabilité professionnelle des spécialistes de l'analyse de l'utilisation de l'énergie dans les résidences.

6.7 Analyse des répercussions sur les investissements et la société

Les changements climatiques pourraient avoir des répercussions sur les investissements. Les nouveaux projets pourraient être touchés. En outre, la mise en place de mesures comme le mécanisme de plafonnement et échange ou la taxe sur le carbone peut avoir des

⁵⁹ http://www.wcdrr.org/uploads/Sendai_Framework_for_Disaster_Risk_Reduction_2015-2030.pdf (en anglais seulement)

répercussions sur les activités existantes, p. ex. la production d'électricité ou l'exportation de gaz de pétrole liquéfiés (GPL).

Les actuaires peuvent intégrer des limites de croissance aux modèles utilisés. Les modèles de limites de croissance présentent un intérêt particulier dans le domaine des régimes de retraite et des placements, y compris ceux des assureurs.

Les actuaires peuvent aussi approfondir l'étude des aspects quantitatifs de la viabilité. Il existe de nombreuses mesures quantitatives de la viabilité, par exemple les rapports sur la viabilité, la comptabilité fondée sur le triple résultat, l'indice de performance environnementale (pour les pays) et les « cercles de la viabilité » (pour les villes).

Les actuaires peuvent aussi participer aux activités de rapport et de divulgation comme celles qui sont énoncées dans le rapport *Ceres Insurer Responses to Climate Change*⁶⁰ ou le *Carbon Disclosure Project*⁶¹.

6.8 Indice actuariel climatique

Quatre organisations actuarielles nord-américaines – l'ICA, la SOA, la CAS et l'AAA – ont mis au point l'Indice actuariel climatique (IAC)⁶². Cet indice est destiné au public, pour l'informer et le sensibiliser aux changements climatiques grâce à des renseignements faciles d'accès et scientifiquement exacts. L'objectif est de créer un indice, mis à jour tous les trimestres, qui soit robuste sur le plan statistique et facile à comprendre. L'indice sera lancé en même temps aux États-Unis et au Canada sur un site Web. Le public pourra suivre l'évolution saisonnière de l'IAC et de ses composantes individuelles, pour l'ensemble du Canada et des États-Unis ainsi que pour un certain nombre de sous-régions continentales.

Fondements de l'IAC

L'IAC a six composantes, fondées sur les données mesurées aux stations météorologiques d'un vaste réseau aux États-Unis et au Canada. Autant que possible, les composantes mesurent des valeurs extrêmes, plutôt que des moyennes. Les valeurs extrêmes sont plus intéressantes dans le contexte actuel, parce que ce sont celles qui ont les plus grandes répercussions sur les personnes et les biens. L'IAC vise à mesurer l'augmentation de la fréquence de l'occurrence de conditions météorologiques extrêmes. Il repose sur les données d'une période de référence de 30 ans, soit de 1961 à 1990. Chaque variable des composantes qui entrent dans le calcul de l'IAC est normalisée par rapport à la période de référence, en calculant la fluctuation de la variable depuis la période de référence et en divisant la valeur obtenue par l'écart-type de ce nombre durant la période de référence. Les résultats inusités sont ceux qui se situent à plus d'un écart-type de la moyenne, en plus ou en moins. Les étapes du calcul de l'IAC pour les températures élevées sont illustrées ci-dessous pour expliquer l'approche globale inhérente au processus.

⁶⁰ <http://www.ceres.org/resources/reports/insurer-climate-risk-disclosure-survey-report-scorecard-2014-findings-recommendations/view> (en anglais seulement)

⁶¹ <https://www.cdp.net/en-US/Pages/HomePage.aspx> (en anglais seulement)

⁶² <https://www.soa.org/Research/Research-Projects/Risk-Management/research-2012-climate-change-reports.aspx> (en anglais seulement)

Étapes du calcul de l'IAC pour les températures élevées

Supposons que l'on doive calculer l'indice pour les températures élevées de juin 2015. Les étapes du calcul sont les suivantes :

1. Les calculs sont effectués pour chacun des jours de juin 2015 (du 1^{er} au 30).
2. Deux valeurs sont calculées – l'une pour la température maximale de jour (les jours chauds) et l'autre pour la température minimale la plus élevée (les nuits chaudes). Pour chaque valeur, la valeur du 90^e percentile (selon la période de référence) des distributions de fréquences respectives est utilisée. Ces deux valeurs sont appelées TX90 (maximum haut) et TN90 (minimum haut). La valeur de l'indice T90 est égale à la moyenne des valeurs TX90 et TN90.
3. 1^{er} juin. On détermine la température maximale de jour.
4. Les données historiques sur la température maximale de jour pour le 1^{er} juin des années 1961 à 1990 sont extraites. Pour lisser les calculs, les données des deux jours précédant et des deux jours suivant le 1^{er} juin de chaque année sont aussi extraites. À l'aide des 150 valeurs obtenues, on détermine la valeur au 90^e percentile pour la température maximale de jour.
5. Si la température maximale de jour pour le 1^{er} juin 2015 est supérieure à la limite du 90^e percentile, la valeur correspondant au 1^{er} juin 2015 est consignée en conséquence.
6. Des calculs similaires sont effectués pour tous les autres jours, du 2 au 30 juin 2015.
7. Le nombre de jours en juin 2015 où la température maximale était inférieure à la limite du 90^e percentile est déterminé. Appelons ce nombre N.
8. Comme il y a 30 jours en juin, il devrait y avoir trois jours dans le 90^e percentile.
9. La valeur de l'indice est calculée comme suit : $(N-3)/\sigma$, où σ est l'écart-type pour la distribution de fréquence des données historiques sur la température maximale de jour durant la période de référence de 30 ans. Cette variable est TX90.
10. On reprend les étapes 3 à 9 pour le 90^e percentile de la température minimale de nuit pour obtenir la variable TN90.
11. T90 correspond à la moyenne de TX90 et de TN90.
12. Enfin, la valeur de l'indice T90 pour juin 2015 correspond à la moyenne des valeurs pour la période de cinq ans qui précède juin 2015. Cette moyenne de cinq ans a été soigneusement choisie comme étant la période la plus raisonnable pour réduire le bruit des données de la série chronologique et permettre aux utilisateurs de constater un signal climatique clair.

Le calcul est fait à partir d'un ensemble de données de température réparties dans une grille (dont les cellules ont 2,5 °C sur 2,5 °C) de 275 km sur 275 km à l'équateur et dont la moyenne est calculée pour une ou plusieurs régions. Ce calcul sera effectué tous les trimestres pour chaque saison météorologique.

Composantes de l'IAC

L'IAC est une moyenne des six composantes climatiques suivantes, chacune calculée comme une anomalie normalisée :

1. Fréquence des températures supérieures au 90^e percentile (jours et nuits les plus chauds);
2. Fréquence des températures inférieures au 10^e percentile (jours et nuits les plus frais);
3. Précipitations des cinq jours du mois où il y a eu le plus de précipitations (quantité de pluie);
4. Nombre de jours consécutifs sans précipitations;
5. Fréquence des puissances éoliennes supérieures au 90^e percentile (la puissance éolienne correspond à la vitesse du vent au cube, car il a été déterminé que les dommages causés sont proportionnels à la puissance éolienne);
6. Niveau des océans.

Graphique des composantes de l'IAC

La figure 6.1 montre les résultats préliminaires des six composantes de l'IAC et l'IAC composite pour la période débutant en 1961.

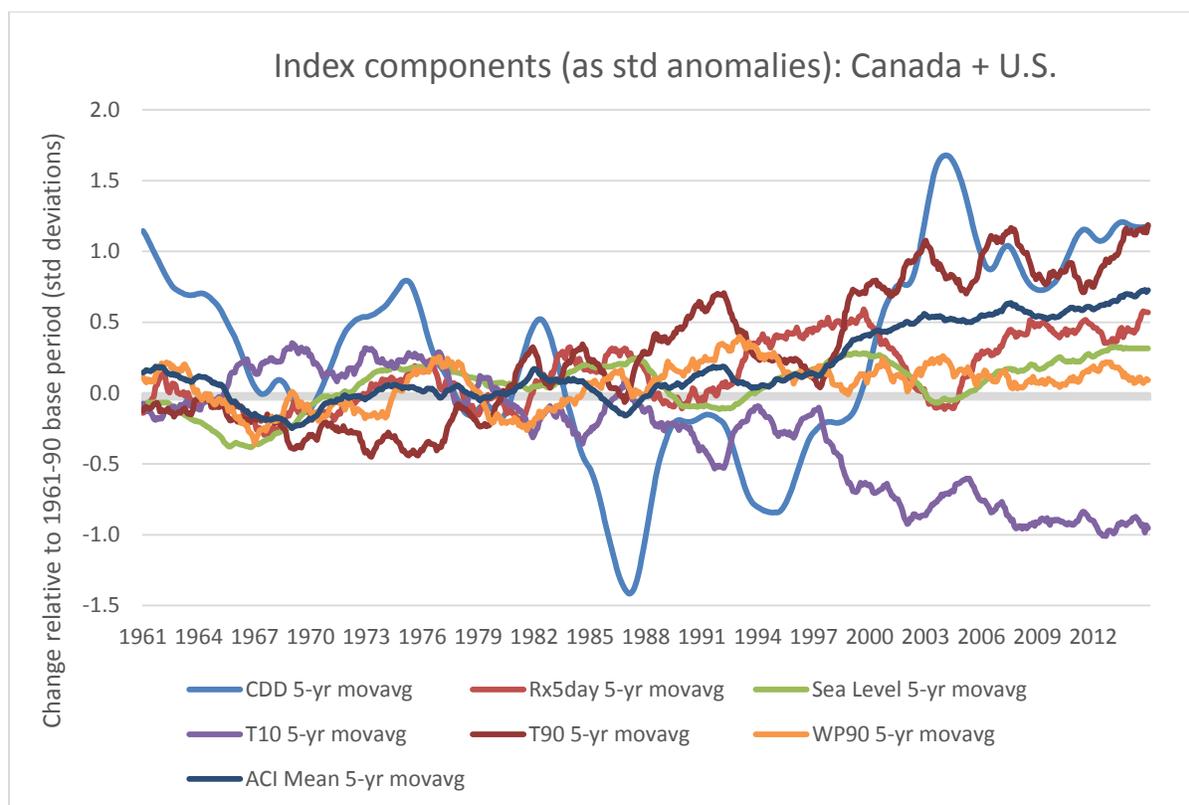


Figure 6.1 Série chronologique des anomalies normalisées utilisées pour calculer l'IAC (Groupe de travail sur l'index du climat – résultats préliminaires, non encore publiés à la date de publication de ce document)

La moyenne mobile pour les cinq dernières années pour l'IAC (calculée à partir des données allant jusqu'à la fin de décembre 2014) est à 0,7 écart-type au-dessus de la moyenne pour la période 1961-1990. Les trois composantes qui montrent ou s'approchent de résultats inusités pour l'ensemble du Canada et des États-Unis sont le nombre de jours consécutifs sans précipitations (CDD; anormalement importants), l'incidence des températures élevées (T90; anormalement importante) et l'incidence des températures basses (T10; anormalement faible).

6.9 Indice actuariel des risques climatiques

Un autre indice, l'Indice actuariel des risques climatiques (IARC), sera également mis au point. Cet indice est issu d'une analyse de régression entre les expositions (données démographiques et valeurs de l'IAC) et les dommages. Une relation est ensuite déterminée, à l'échelle régionale, par danger, pour donner une mesure du risque fondée sur les valeurs de l'IAC.

Partie 7 – Travaux réalisés par des associations actuarielles et d'autres organismes à travers le monde

7.1 Rôles des associations actuarielles et d'autres organismes internationaux

Les risques que posent les changements climatiques ont retenu l'attention à l'échelle internationale. Les actuaires étant des « spécialistes du risque », il n'est pas étonnant de constater que de nombreuses associations actuarielles dans le monde se sont intéressées à la question. D'autres organismes professionnels et associations sectorielles se sont penchés sur l'analyse des risques et de leurs répercussions dans différents secteurs de l'activité économique. Les sections qui suivent présentent ces initiatives.

7.2 Projet conjoint des organismes actuariels nord-américains

Depuis quelques années, l'ICA collabore avec trois autres organismes actuariels nord-américains (l'AAA, la CAS et la SOA) pour offrir des points de vue actuariels à propos des enjeux liés aux changements climatiques. Des recherches sont effectuées en collaboration avec Solterra Solutions, un cabinet-conseil en environnement de Victoria (Colombie-Britannique). En 2012, les organismes ont publié le rapport de la phase I, intitulé *Déterminer les répercussions du changement climatique sur le risque d'assurance et la communauté mondiale*.

Dans le cadre de la phase II, les organismes publient deux indices distincts : l'Indice actuariel des changements climatiques et l'Indice actuariel des risques climatiques. Ces deux indices sont décrits aux sections 6.8 et 6.9 ci-dessus. L'IAC est un outil de sensibilisation conçu pour informer les intervenants du secteur de l'assurance et le grand public des changements dans la fréquence des événements météorologiques extrêmes au cours des dernières décennies. Il examine la fréquence des températures anormalement élevées et anormalement basses, des vents violents, des précipitations extrêmes et des journées consécutives sans précipitations. Le niveau des océans fait aussi partie des composantes de l'indice, puisque l'élévation du niveau des océans est l'une des principales mesures de l'effet des changements climatiques.

L'indice est calculé à partir de certaines sources de données publiques, notamment la National Oceanic and Atmospheric Administration, Environnement Canada et le Permanent Service for Mean Sea Level. L'IAC devrait être lancé au troisième trimestre de 2015, alors que l'IARC le sera à une date ultérieure. Les indices seront présentés dans un nouveau site Web et mis à jour tous les trois mois.

7.3 Association actuarielle internationale⁶³

L'ICA, en sa qualité de membre titulaire de l'Association actuarielle internationale (AAI), participe aux activités du Groupe de travail sur l'environnement et les ressources (GTER) mis sur pied par l'AAI en septembre 2011. Les membres du GTER se réunissent régulièrement à l'occasion des réunions semestrielles statutaires du Conseil de l'AAI et de ses comités, et organisent des réunions par téléconférence au besoin. Le GTER rend compte de ses activités dans le site Web de l'AAI et tient à jour une bibliothèque distincte. Le GTER compte 70 membres appartenant à 20 associations actuarielles locales différentes à travers le monde; l'AAI regroupe 67 associations membres titulaires.

7.4 Institute and Faculty of Actuaries (Royaume-Uni)⁶⁴

En janvier 2014, l'Institute and Faculty of Actuaries, l'un des pionniers en matière de ressources et d'environnement, a mis sur pied un conseil distinct des ressources et des affaires environnementales chargé de conseiller les autres conseils afin d'améliorer la reconnaissance des enjeux liés à l'environnement.

Ce conseil des ressources et de l'environnement dispose maintenant d'un comité de recherche, qui a notamment pour mission d'établir un réseau avec les universitaires. Il a aussi mis en place un groupe de travail sur les changements climatiques, qui devrait produire avant la réunion des Nations Unies à Paris un rapport sur l'effet des changements climatiques sur le passif et sur la communication de l'incertitude.

Une rétrospective à jour de la littérature sur la viabilité et le système financier a été publiée en mai 2015⁶⁵. Cette rétrospective constate un pessimisme omniprésent à propos du rôle que l'économie conventionnelle joue dans la promotion des comportements qui contribuent à l'épuisement des ressources, ainsi que l'incapacité du système actuel de réformer ces comportements. Trois principaux thèmes pour lesquels il conviendrait d'effectuer des recherches plus approfondies afin de comprendre les répercussions pour quiconque travaille auprès d'institutions financières à long terme ont été recensés :

- Le but stratégique consistant à poursuivre des objectifs de croissance illimités dans un écosystème limité.
- La possibilité de remplacer le PIB comme principale mesure de l'activité économique et de la réussite. Le PIB fait l'objet de beaucoup de critiques. Sur le plan environnemental, il ne tient pas compte de l'épuisement du capital naturel ou humain et en favorise donc l'érosion.

⁶³ http://www.actuaries.org/index.cfm?lang=FR&DSP=CTTEES_ENVIRO&ACT=INDEX

⁶⁴ <http://www.actuaries.org.uk/>

⁶⁵ <http://bit.ly/1BYfg6l>

- Il faut améliorer la compréhension des limites des taux d'actualisation sur lesquels sont fondées les décisions financières, car elles pourraient avoir des répercussions imprévues sur la viabilité. En vertu de l'approche actuelle, l'avenir éloigné peut sembler inutile (c.-à-d., avoir une valeur en capital négligeable).

7.5 Institute of Actuaries of Australia⁶⁶

L'Institute of Actuaries of Australia a mis sur pied un comité sur l'énergie et l'environnement il y a déjà de nombreuses années, et est particulièrement actif dans le domaine de l'empreinte carbone et de l'échange de droits d'émission.

7.6 Actuarial Association of South Africa⁶⁷

L'Actuarial Association of South Africa a créé une liste de distribution par courriel pour les questions liées à l'environnement, à travers laquelle elle partage des articles d'intérêt. Des appels conférences peuvent être organisés entre parties intéressées.

7.7 Institut des actuaires (France)⁶⁸

À la dernière réunion du GTER de l'AAI à Zurich en avril 2015, l'association actuarielle française a exprimé des préoccupations quant aux risques financiers associés aux ressources et à l'environnement.

7.8 Association internationale de la sécurité sociale⁶⁹

L'Association internationale de la sécurité sociale (AISS) a récemment publié dans son site Web un document de recherche sur les changements climatiques. L'AISS mène aussi des recherches sur les mégatendances et leurs incidences sur les programmes de sécurité sociale. Elle s'intéresse à la modélisation en matière de changements climatiques. L'AISS prépare un document sur le rendement des investissements à long terme et l'effet de l'environnement sur les taux d'intérêt, qui devrait être présenté à la réunion de l'AISS à Budapest en septembre 2015. L'AISS s'intéresse en outre à l'infrastructure publique et aux interdépendances entre l'environnement et les réfugiés.

7.9 Principes pour l'investissement responsable de l'Initiative financière du Programme des Nations Unies pour l'environnement⁷⁰

Le GTER de l'AAI entend appuyer les efforts du programme en formulant une demande de participation à titre d'institution partenaire, ainsi qu'à l'enquête pour la conception d'un système financier viable. L'un des projets récents consistait en l'étude de la réduction des catastrophes. L'AAI souhaitera peut-être participer à ce projet, ainsi qu'à un autre projet éventuel sur les changements climatiques.

⁶⁶ <http://www.actuaries.asn.au/>

⁶⁷ <http://www.actuarialsociety.org.za/>

⁶⁸ <http://www.institutdesactuaires.com>

⁶⁹ <https://www.issa.int/>

⁷⁰ <http://www.unepfi.org/psi/signatory-companies/>

7.10 Association de Genève⁷¹

Fondée en 1973, l'Association de Genève, dont l'appellation officielle est *Association internationale pour l'étude de l'économie de l'assurance*, est le principal groupe de réflexion international dans le secteur de l'assurance. Sise à Genève, en Suisse, l'Association est un organisme sans but lucratif financé par ses membres. Elle s'intéresse notamment aux risques associés aux événements météorologiques extrêmes et aux changements climatiques.

En mai 2008, dans la foulée du mandat qui lui a été confié à l'assemblée générale, l'Association de Genève a entrepris un projet de recherche sur les changements climatiques et l'assurance (CC+I), en réponse à l'un des défis les plus complexes auxquels le secteur de l'assurance a été confronté depuis sa création. L'Association a tenu plusieurs conférences internationales sur le sujet et publie des documents de recherche dans son site Web.

À l'occasion de la 41^e assemblée générale qui s'est déroulée à Toronto en mai 2014, 67 premiers dirigeants de grandes sociétés d'assurance du monde entier ont confirmé leur engagement à l'égard de la déclaration de l'Association de Genève⁷² sur le risque climatique, un ensemble de principes directeurs sur le rôle important des assureurs dans le cadre des initiatives mondiales visant à réduire les risques liés au climat. Cette déclaration énonce les fondements de l'orientation des futures initiatives de l'Association de Genève relatives au climat.

7.11 Organisation de coopération et de développement économiques⁷³

La Direction de l'Environnement de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) comprend un Groupe d'experts sur le changement climatique (CCXG) chargé de promouvoir le dialogue et d'améliorer la compréhension des questions techniques dans le cadre des négociations internationales en matière de changements climatiques. Chaque année, le groupe tient deux séminaires réunissant des représentants des gouvernements, du secteur privé et de la société civile afin de partager de l'information sur les politiques et les enjeux liés au climat. Le groupe CCXG rédige aussi des documents en consultation avec les représentants d'un grand éventail de pays. Il travaille actuellement sur les questions techniques abordées dans le cadre des négociations internationales en vue de conclure une entente sur les changements climatiques en 2015.

Le Comité des politiques d'environnement de l'OCDE (EPOC) met en œuvre le programme de l'OCDE sur l'environnement. Le comité EPOC, avec l'aide de sept groupes de travail, supervise les travaux sur les examens par pays, les indicateurs et perspectives, les changements climatiques, la gestion des ressources naturelles, les outils et l'évaluation des politiques, l'environnement et le développement, ainsi que la productivité des ressources et les déchets.

⁷¹ <https://www.genevaassociation.org/research/topics/climate-risk>

⁷² <https://www.genevaassociation.org/media/878689/pr14-06-climate-risk-statement.pdf> (en anglais seulement)

⁷³ <http://www.oecd.org/fr/env/>

Une publication récente intitulée *Travaux de l'OCDE sur l'environnement 2015-2016* est spécialement axée sur le projet *Aligner les politiques pour une économie bas carbone*. Le document présente un aperçu de travaux qui seront réalisés au cours des deux prochaines années et constitue LA référence pour connaître les éléments clés des travaux de l'OCDE en matière d'environnement.

7.12 Organisation internationale du travail⁷⁴

L'Organisation internationale du travail (OIT) s'intéresse surtout à l'optimisation de la relation avec la création d'emploi : des emplois verts sont au cœur du développement durable et apportent une réponse aux enjeux mondiaux de la protection de l'environnement, du développement économique et de l'inclusion sociale. En mobilisant les gouvernements, les travailleurs et les employeurs à être des agents actifs du changement, l'OIT fait la promotion de l'écologisation des entreprises, des méthodes en milieu de travail et du marché du travail dans son ensemble. Ces efforts contribuent à créer des emplois décents, à améliorer l'efficacité des ressources et à construire des sociétés durables faibles en carbone.

Un événement récemment organisé par l'OIT en collaboration avec le secrétariat du Réseau environnement de Genève, intitulé *Dialogue on Climate Change and Jobs: Shaping the COP21 Agenda of Solutions*, a servi de plateforme pour l'échange de points de vue sur les façons dont les programmes relatifs aux changements climatiques et les programmes d'emplois décents peuvent se soutenir mutuellement, en prévision de la conférence COP21 à Paris.

Ce dialogue devait servir de point de départ pour l'approche à adopter à l'occasion de la 104^e session de la Conférence internationale du Travail, à laquelle le Sommet sur le monde du travail (en juin 2015)⁷⁵ avait pour thème « Le changement climatique et le monde du travail ».

7.13 Banque mondiale⁷⁶

La Banque mondiale a consacré beaucoup de ressources à la recherche et aux programmes relatifs aux changements climatiques et à l'environnement. Le Fonds pour l'environnement mondial (FEM) lancé en 1991 est l'un des programmes fiduciaires les plus importants et les plus anciens de l'organisme.

Les subventions du FEM soutiennent directement des mesures de lutte contre des enjeux environnementaux importants, y compris les changements climatiques et la stimulation d'une croissance verte.

L'engagement du Groupe de la Banque mondiale auprès du FEM a mobilisé la plus grande part des financements supplémentaires pour les enjeux environnementaux mondiaux, soit 33 milliards de dollars, grâce à la capacité de l'organisme à rassembler de multiples sources

⁷⁴ <http://www.ilo.org/global/topics/green-jobs/lang--fr/index.htm>

⁷⁵ http://www.ilo.org/global/about-the-ilo/multimedia/video/video-news-releases/WCMS_375222/lang--fr/index.htm

⁷⁶ <http://www.worldbank.org/en/topic/climatechange/brief/gef>

de financement dans un cadre d'investissement commun.

Les subventions du FEM gérées par le Groupe de la Banque mondiale soutiennent le développement à faible émission de carbone et résilient dans les pays bénéficiaires pour les aider à s'adapter aux changements climatiques en investissant dans des approches résilientes sur le plan climatique. Les subventions soutiennent la conservation durable et la gestion des zones protégées, l'intégration de la protection de la biodiversité dans les milieux de production et la conception de produits de financement durables pour encourager la conservation de la biodiversité à long terme par l'entremise, par exemple, de fonds fiduciaires de conservation pour assurer le financement permanent des initiatives de gestion et les paiements pour services environnementaux.

Les initiatives sont aussi axées sur la prévention de la perte de carbone par les forêts, l'érosion des sols et la salinisation, le rétablissement des terres peu productives et l'introduction de produits d'assurance contre le risque climatique grâce à des stratégies d'adaptation pour encourager la gestion durable des terres et des eaux, ainsi que pour améliorer la coopération et la gestion transfrontalières des ressources hydriques communes afin d'atténuer la pollution de l'eau et de renforcer les capacités et la coopération à l'échelle des bassins fluviaux, des aquifères et des mers et océans.

7.14 Vatican

Le Vatican étudie les changements climatiques, l'économie et la pauvreté par l'entremise de l'Académie pontificale des sciences et de l'Académie pontificale des sciences sociales. En juin 2015, le pape François a présenté une encyclique très attendue, intitulée *Sur la sauvegarde de la maison commune*, qui résume les enseignements du Saint-Père à propos des questions touchant les changements climatiques et le bien commun⁷⁷.

Partie 8 – Scepticisme à l'égard de la science des changements climatiques

8.1 Scepticisme et dénégation

Le scepticisme s'entend de la pratique consistant à douter et à remettre en question certaines déclarations. Dans le cas de questions complexes et à caractère scientifique comme les changements climatiques, il importe de s'assurer que les affirmations sont étayées par des recherches empiriques dont les résultats peuvent être reproduits. Il s'agit là d'un scepticisme scientifique sain. Les arguments qui réfutent une théorie scientifique ne relèvent pas nécessairement du scepticisme s'ils ne satisfont pas à ces critères. Cinq sujets de préoccupation concernant la fiabilité de la science des changements climatiques sont abordés ci-dessous.

8.2 Le climat de la Terre a déjà subi des changements auparavant

L'un des arguments avancés est que le climat a déjà changé dans le passé, et qu'il n'est donc pas déraisonnable de penser qu'il y aura d'autres variations naturelles dans le climat de la Terre. La planète est là depuis longtemps et a connu de nombreux climats différents. Au

⁷⁷ http://w2.vatican.va/content/francesco/fr/encyclicals/documents/papa-francesco_20150524_enciclica-laudato-si.html

cours des deux derniers millions d'années, elle est passée par des périodes glaciaires d'une durée d'environ 100 000 ans, à cause de changements dans l'excentricité de son orbite autour du Soleil et de changements dans l'inclinaison de son axe (que l'on appelle les cycles de Milankovitch). Ces cycles sont associés à une hausse des concentrations de CO₂ dans l'atmosphère, attribuable au réchauffement des océans – de fait, l'eau en se réchauffant libère du CO₂, car l'eau chaude ne peut pas contenir autant de CO₂ que l'eau froide. Les concentrations en vapeur d'eau augmentent aussi en réaction au réchauffement des températures atmosphériques.

Bon nombre des périodes de changements climatiques que la Terre a connues se sont déroulées lentement sur des millions d'années; d'autres changements ont été plus soudains et ont parfois mené à des extinctions massives. Le maximum thermique du passage Paléocène-Eocène (PETM) s'est produit il y a environ 55 millions d'années; il a entraîné une hausse de 7° C de la température planétaire sur une période de 20 000 ans. Cette période de réchauffement a provoqué un pic aigu dans les graphiques de températures du climat au Paléocène et des taux d'extinction élevés. Certains pensent que la très grande activité volcanique le long de la plaque indienne, qui a fait augmenter anormalement les niveaux de CO₂ dans l'atmosphère, pourrait en être la cause. Aujourd'hui, il est possible que le réchauffement rapide se produise sur une période beaucoup plus courte (c.-à-d., moins de 100 ans), ce qui compromettrait la capacité des organismes vivants à s'adapter. Il y a d'autres exemples d'extinction massive, y compris à la fin du Permien il y a 250 millions d'années, où 90 % des espèces se sont éteintes à cause du changement climatique rapide⁷⁸.

Bien que les épisodes antérieurs de changements climatiques rapides soient attribuables à des causes naturelles, de telles circonstances inhabituelles n'existent pas dans le climat naturel d'aujourd'hui. Le principal catalyseur du changement climatique global est la concentration de gaz à effet de serre causés par l'activité humaine.

8.3 Le réchauffement de la planète est causé par le Soleil

L'un des arguments les plus intuitifs est que c'est le Soleil qui détermine les hauts et les bas du climat de la Terre, puisqu'il est le principal catalyseur de l'énergie thermique de la planète. Les estimations de la fluctuation du forçage radiatif attribuable au Soleil varient. Dans son cinquième rapport d'évaluation (AR5), le GIEC donnait une fourchette estimative de variation allant de 0,0 W/m² à +0,1 W/m² entre 1750 et 2011, alors que le forçage anthropique s'établissait à 2,3 W/m² durant la même période. Depuis le début de l'ère des satellites en 1979, le rayonnement solaire est à la baisse. Le forçage solaire est considéré comme ayant été quelque peu plus élevé durant la première moitié du XX^e siècle, contribuant au réchauffement pour 0,1 °C à 0,2 °C durant cette période, puis pour presque rien depuis 1950⁷⁹ et ⁸⁰. La figure 8.1 montre que bien qu'il y ait une corrélation positive entre l'activité solaire et la température à la surface de la Terre avant 1940, les deux

⁷⁸ <http://www.skepticalscience.com/climate-change-little-ice-age-medieval-warm-period-intermediate.htm> (en anglais seulement)

⁷⁹ <http://www.skepticalscience.com/solar-activity-sunspots-global-warming-advanced.htm> (en anglais seulement)

⁸⁰ http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_SPM_FINAL.pdf (p. 14, en anglais seulement)

divergent par la suite. Ainsi, le Soleil ne permet pas d'expliquer le réchauffement de la planète que l'on a connu depuis.

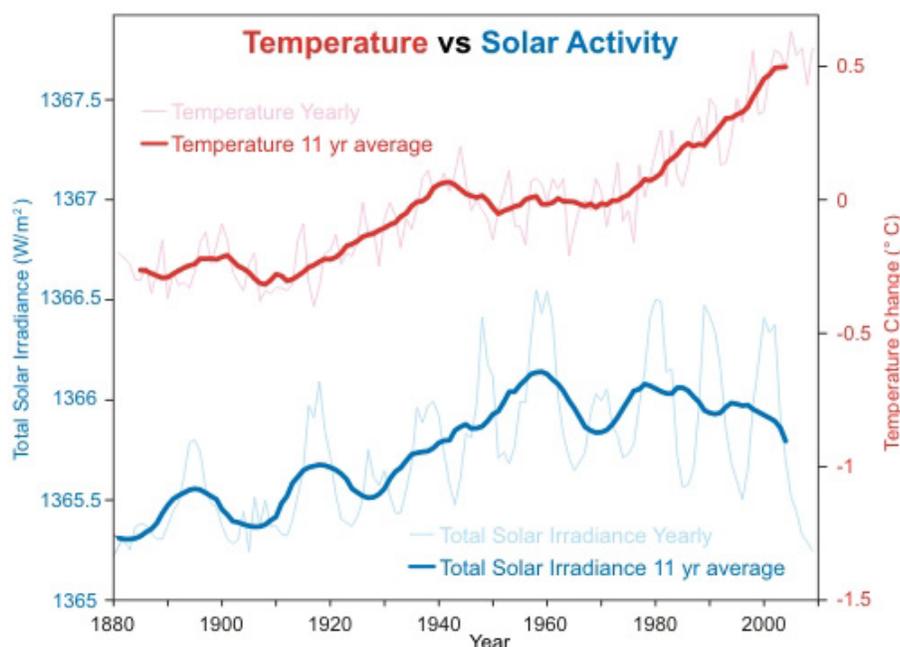


Figure 8.1. La divergence entre l'activité solaire (en bleu) et la température à la surface de la planète (en rouge) est apparente après 1940⁸¹.

8.4 Le réchauffement a ralenti

Le soi-disant « hiatus climatique », en vertu duquel il semble y avoir un ralentissement du réchauffement depuis 15 ou 20 ans, est un argument qui a suscité beaucoup d'attention ces dernières années⁸². Les tendances que l'on calcule à partir de 1998, par exemple, sont souvent inférieures à celles ayant d'autres points de départ, à cause de la force particulière d'El Niño en 1997-1998. L'oscillation décennale du Pacifique (ODP) joue aussi un rôle dans l'échange de chaleur entre la surface et les océans, ce qui entraîne un plus grand transport net de chaleur vers les profondeurs océaniques ces dernières années (voir la figure 8.2). La production solaire constitue une troisième source de variabilité naturelle; cette production est récemment passée par un faible cycle solaire de 11 ans⁸³. Bien que les concentrations de CO₂ continuent d'augmenter de façon constante, les émissions d'autres gaz à effet de serre comme le méthane et les chlorurofluorocarbones ont atteint un plateau au cours des dernières décennies (bien que les émissions de méthane aient recommencé à augmenter)⁸⁴. On ne sait pas grand-chose non plus du réchauffement dans l'Arctique, à cause de la couverture limitée des stations météorologiques. Les tentatives de rajustement pour tenir

⁸¹ <http://www.skepticalscience.com/solar-activity-sunspots-global-warming-advanced.htm> (en anglais seulement)

⁸² Le Résumé technique du GIEC présente un sommaire plus détaillé des causes expliquant le hiatus climatique.

Voir http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_SummaryVolume_FINAL_FRENCH.pdf, pp. 61-63

⁸³ <http://www.pmodwrc.ch/pmod.php?topic=tsi/composite/SolarConstant> (en anglais seulement)

⁸⁴ <http://data.giss.nasa.gov/modelforce/ghgases/> (en anglais seulement)

compte de la couverture médiocre dans l'Arctique à l'aide d'observations par satellite (Cowtan et Way) montrent que le réchauffement depuis 1998 a été sous-estimé à cause des fortes tendances régionales au réchauffement qui se produisent dans des régions où il y a peu de mesures⁸⁵.

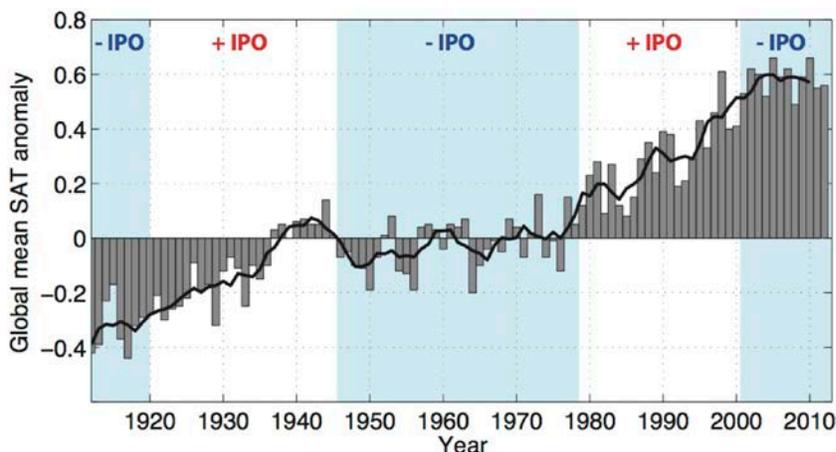


Figure 8.2 : Influence de l'ODP sur le taux de réchauffement de la planète à différentes périodes. Le dernier ralentissement du réchauffement a été constaté durant une phase négative de l'ODP⁸⁶.

La National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), qui produit l'un des quatre principaux registres des températures à la surface de la planète, a récemment mis à jour son analyse globale; les résultats montrent que la tendance des températures à la surface de la Terre n'a pas ralenti (voir la figure 8.3). Cette mise à jour comprenait une amélioration de la façon dont les données recueillies à la surface des océans à l'aide de bouées océaniques et sur les navires sont consignées. Bien que ces changements n'aient pas une grande incidence sur l'évolution des températures à long terme, ils ont un certain effet sur la tendance au cours des dernières décennies. De petits changements des points de départ et de fin peuvent avoir de grandes répercussions sur le calcul des tendances.

⁸⁵ <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/qj.2297/abstract> (en anglais seulement)

⁸⁶ <http://www.skepticalscience.com/climate-hiatus-doesnt-take-heat-off-global-warming.html> (en anglais seulement)

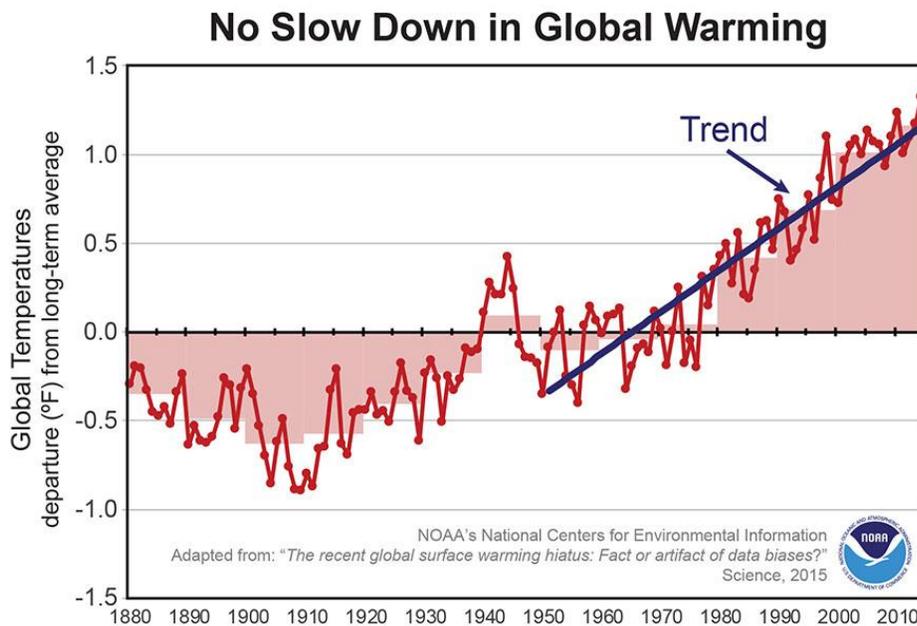


Figure 8.3 : L'analyse mise à jour de la température à la surface globale de la Terre de la NOAA, qui ne démontre pas de ralentissement au plan du réchauffement global au cours des dernières décennies⁸⁷.

Il importe d'examiner les ralentissements du réchauffement à court terme dans le contexte du réchauffement à long terme (voir la figure 8.4). En raison de la grande variabilité interne du climat sur des périodes décennales, les tendances à court terme (c.-à-d., moins de 30 ans) ne sont pas considérées comme étant robustes. Les calculs des tendances sont très sensibles aux biais causés par la variabilité naturelle durant les premières et les dernières années de la période étudiée.

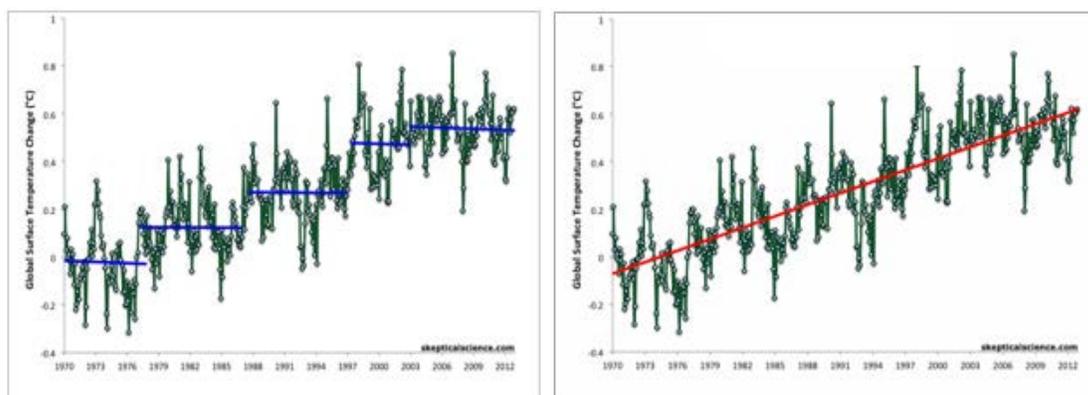


Figure 8.4. Les lignes bleues du premier graphique montrent qu'il y a eu plusieurs tendances au refroidissement à court terme, mais dans le contexte d'un réchauffement à long terme (en rouge dans le second graphique).⁸⁸

⁸⁷ <https://www.ncdc.noaa.gov/news/recent-global-surface-warming-hiatus>

Il importe également d'examiner le contexte élargi de l'enthalpie globale de la Terre, qui continue de croître alors que la progression des températures à la surface a ralenti (voir la figure 8.5).

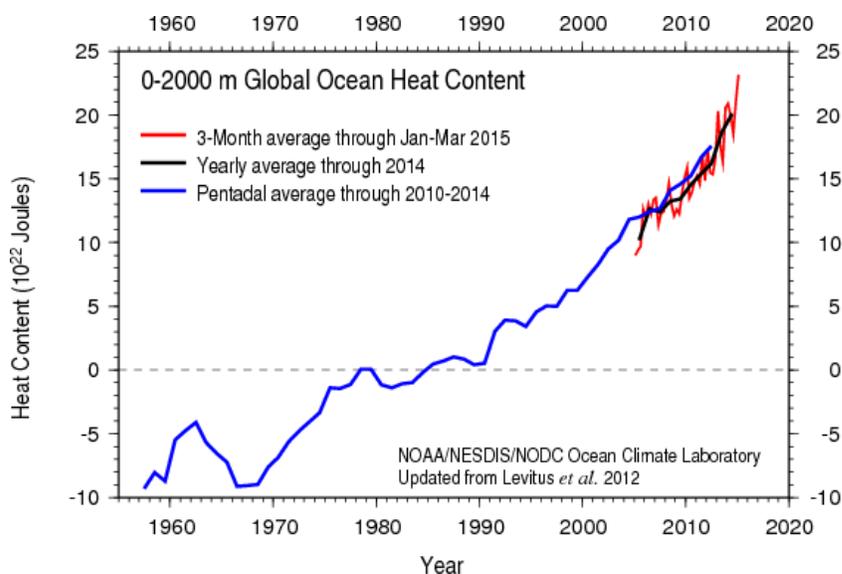


Figure 8.5. Les océans de la Terre (qui représentent 93 % de l'enthalpie additionnelle de la planète) ont continué de se réchauffer durant les périodes de ralentissement du réchauffement⁸⁹.

8.5 Il n'y a pas de consensus quant aux changements climatiques

On entend souvent que les climatologues ne sont pas d'accord sur les causes des changements climatiques et sur leurs répercussions futures. Divers sondages montrent qu'il y a un écart entre les opinions du public et celles de scientifiques en ce qui concerne la réalité des changements climatiques anthropiques. Les études réalisées en vue d'évaluer le degré de consensus peuvent être regroupées dans deux catégories : les sondages d'opinion et les examens des publications. La plupart des sondages indiquent un fort consensus au sein des scientifiques en ce qui concerne l'influence de l'activité humaine sur les changements climatiques. Beaucoup d'études révèlent que l'ampleur du consensus à l'égard des changements climatiques augmente avec le nombre de publications, et avec les connaissances spécialisées en climatologie. Les examens des publications révèlent généralement l'appui le plus élevé, car les scientifiques qui souscrivent au consensus ont en moyenne un plus grand nombre de publications à leur actif que ceux qui n'y souscrivent pas. L'opinion est généralement plus faible au sein du grand public, qui est globalement peu au fait du consensus élevé parmi les scientifiques.

⁸⁸ <http://www.skepticalscience.com/graphics.php?g=47> (en anglais seulement)

⁸⁹ <http://www.realclimate.org/index.php/archives/2013/09/what-ocean-heating-reveals-about-global-warming/> (en anglais seulement)

Voici une brève description des différentes études :

*Oreskes (2004)*⁹⁰

Examen des études réalisées entre 1994 et 2004 et contenant les mots-clés « global climate change » (changements climatiques planétaires).

- 928 résumés d'articles publiés dans des revues scientifiques avec comité de lecture ont été examinés.
- 75 % confirment les changements climatiques anthropiques.
- 25 % portaient sur la méthodologie ou sur le climat au Paléocène (hors cadre).
- Aucun article ne rejetait explicitement les changements climatiques anthropiques.

*Doran (2009)*⁹¹

- L'auteur a mené un sondage de deux questions auprès de 3 146 chercheurs du domaine des sciences de la Terre pour connaître leurs points de vue sur les changements climatiques.
- À la première question « Les températures planétaires moyennes ont-elles augmenté par rapport à celles de l'époque pré-industrielle? », 76 chercheurs sur 79 ont répondu oui (96,2 %).
- À la deuxième question « Croyez-vous que l'activité humaine est un facteur ayant contribué de façon significative à l'évolution des températures planétaires moyennes? » :
 - 82 % de tous les chercheurs du domaine des sciences de la Terre ont répondu oui (comparativement à 58 % des répondants à un sondage Gallop auprès du grand public).
 - Le consensus augmente avec l'expertise en climatologie, et est plus élevé chez les chercheurs qui publient activement.
 - Le consensus parmi les climatologues qui publient activement s'établit à 97,4 % (75/77).

⁹⁰ <http://www.sciencemag.org/content/306/5702/1686.full> (en anglais seulement)

⁹¹ http://tiger.uic.edu/~pdoran/012009_Doran_final.pdf (en anglais seulement)

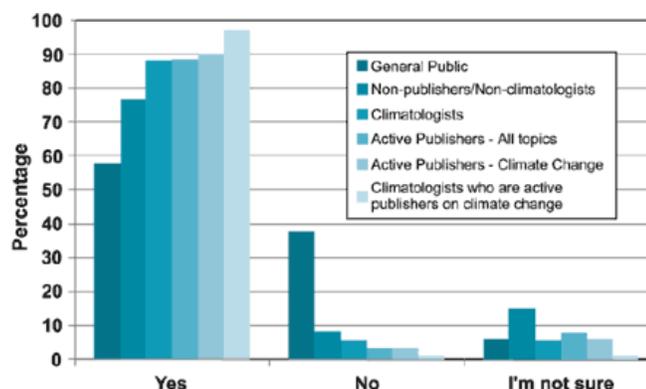


Figure 8.6. Le consensus scientifique à propos des changements climatiques anthropiques est plus élevé chez les chercheurs qui publient activement et chez les climatologues.

*Anderegg (2010)*⁹²

- L'auteur a examiné les publications de 1 372 climatologues; 97 % à 98 % d'entre eux soutiennent les principes posés par le GIEC à propos des changements climatiques.
- Les chercheurs ont été choisis en fonction de leur participation à la rédaction de rapports d'évaluation scientifique et à des déclarations collectives à propos des changements climatiques anthropiques. Les chercheurs ont été séparés en deux groupes : ceux qui exprimaient une incertitude quant aux preuves (IP), et ceux qui exprimaient une certitude quant aux preuves (CP).
- 97,5 % des 200 chercheurs les plus éminents appartenaient au groupe CP.
- Les chercheurs du groupe IP avaient en moyenne 60 publications à leur actif, contre 119 pour ceux du groupe CP (un minimum de 20 publications était nécessaire pour être admissible à l'un des groupes).
- 80 % des chercheurs du groupe IP avaient moins de 20 publications à leur actif, contre 10 % de ceux du groupe CP.

*Cook (2013)*⁹³

- L'auteur a examiné un total de 11 944 résumés d'articles publiés entre 1991 et 2011.
- Parmi les résumés exprimant une opinion quant aux réchauffements climatiques anthropiques, 97,1 % étaient d'accord avec la position consensuelle que l'activité humaine contribue au réchauffement de la planète.
- Les scientifiques ont été invités à autoévaluer leurs articles; 97,2 % étaient d'accord avec la position consensuelle.

⁹² <http://www.pnas.org/content/107/27/12107.full> (en anglais seulement)

⁹³ <http://iopscience.iop.org/1748-9326/8/2/024024/article> (en anglais seulement)

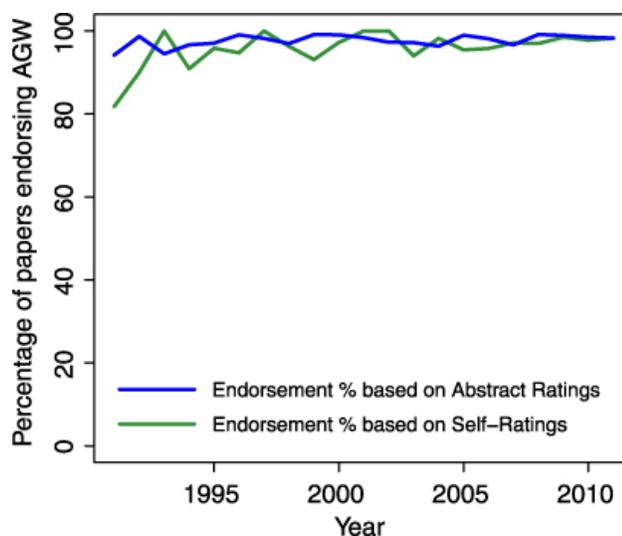


Figure 8.7. Consensus scientifique soutenant le réchauffement anthropique de la planète entre 1991 et 2011.

Verheggen (2014)^{94 et 95}

- L'auteur a mené une enquête auprès de 1 868 scientifiques pour connaître leur opinion à propos de la science des changements climatiques. Plus de 6 000 scientifiques ayant publié des articles sur des sujets touchant les changements climatiques planétaires ont été invités à répondre au questionnaire.
- Le sondage comportait 35 questions, ce qui en fait une enquête unique sur le plan du détail.
- 90 % des scientifiques ayant au moins 10 publications à leur actif ont affirmé que plus de la moitié du réchauffement de la planète depuis 1950 est attribuable à l'activité humaine.
- Les scientifiques qui avaient le plus grand nombre de publications à leur actif étaient plus susceptibles de déclarer que les gaz à effet de serre jouent un rôle important dans le réchauffement.

⁹⁴ <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es501998e> (en anglais seulement)

⁹⁵ http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2015-climat-science-survey-questions-and-responses_01731.pdf (en anglais seulement)

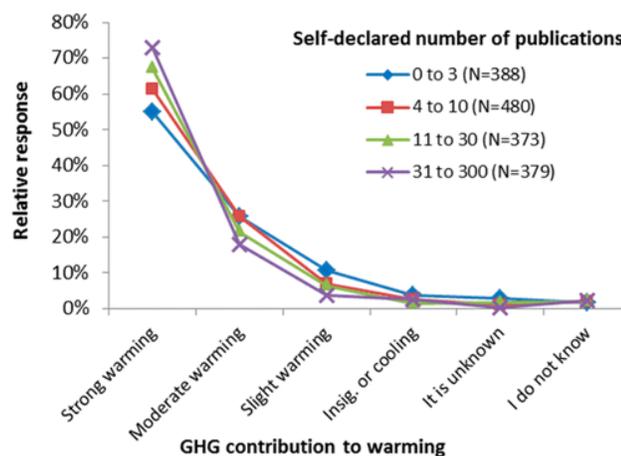


Figure 8.8. Les climatologues ayant le plus de publications à leur actif sont ceux qui estiment le plus fortement que les gaz à effet de serre contribuent au réchauffement climatique depuis 1750.

Consensus au sein des académies nationales des sciences

Les membres des académies nationales des sciences de 80 pays souscrivent au consensus à propos des changements climatiques. Cela comprend la National Academy of Science (États-Unis), la Royal Society (Royaume-Uni) et la Société royale du Canada.

8.6 Les données historiques sur la température ne sont pas fiables

Il y a de nombreuses questions en ce qui concerne la nature et l'exactitude des mesures du réchauffement. Y a-t-il des incertitudes quant à l'ampleur du réchauffement? Pourquoi les images obtenues par satellite ne correspondent-elles pas toujours aux températures mesurées à la surface? Les données sont-elles contaminées par les résultats de stations météorologiques mal situées ou influencées par les îlots de chaleur urbains?

Mesures océaniques

Les températures à la surface peuvent se rapporter à des températures mesurées au-dessus des continents seulement ou au-dessus des continents et des océans, ce dernier cas étant toutefois le plus courant. Environ 93 % de la teneur en énergie additionnelle de la Terre (c.-à-d. l'incidence du réchauffement attribuable à l'effet de serre) se trouve dans les océans, alors que les 7 % qui restent sont contenus dans les sols, dans l'atmosphère et dans les amas de glace en train de fondre (voir la figure 8.9). Cette information est importante à connaître dans le contexte du « hiatus » climatique.

Where is global warming going?

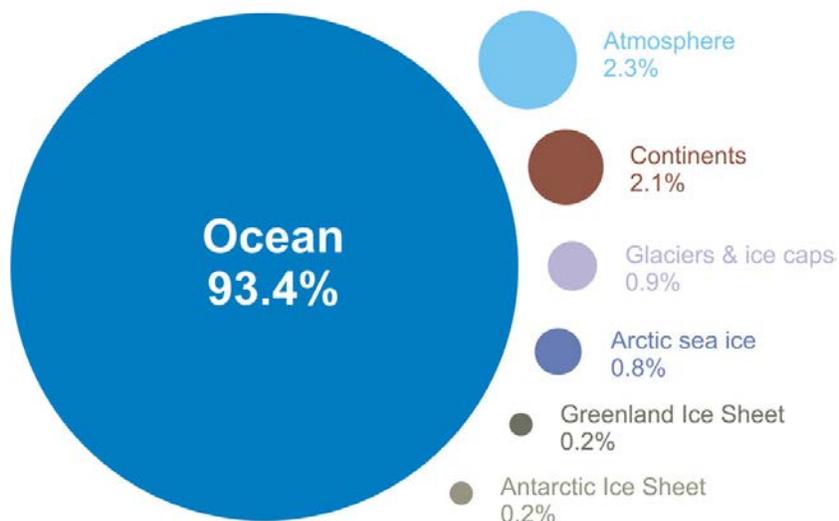


Figure 8.9. L'enthalpie additionnelle de la Terre est contenue à 93 % dans les océans⁹⁶.

Le « hiatus » climatique (ou plus précisément, le ralentissement du réchauffement) observé ne concerne que les températures à la surface. Il ne correspond pas à ce qu'on observe pour l'ensemble de la planète. L'augmentation constante de la chaleur contenue dans les océans montre l'incidence uniforme de l'accroissement des émissions de gaz à effet de serre (voir la figure 8.5).

Données sur les mesures instrumentales de la température

Diverses questions ont été soulevées quant à la fiabilité des données sur les mesures instrumentales de la température. Les stations de surface mal situées influent-elles sur les données sur la température? En termes absolus, on constate que oui, mais en termes de mesure des tendances au réchauffement ou au refroidissement, elles sont neutres. Menne (2010)⁹⁷ montre qu'aux États-Unis, les données recueillies à des stations de mesure de la température en surface mal situées donnaient les mêmes tendances globales que celles qui étaient très bien situées.

En ce qui concerne les îlots de chaleur urbains (c.-à-d. que les stations météorologiques situées dans des villes ont tendance à mesurer des températures quelque peu plus élevées que les stations rurales environnantes), les stations de surface peuvent être divisées en cohortes rurales et urbaines afin de déterminer si les tendances sont les mêmes (Jones 2008)⁹⁸. Des ajustements sont apportés aux tendances en milieu urbain pour

⁹⁶ <http://climatestate.com/2013/09/02/world-ocean-heat-content-and-thermosteric-sea-level-change-0-2000-m-1955-2010/> (en anglais seulement)

⁹⁷ <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2009JD013094/full> (en anglais seulement)

⁹⁸ <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/wea.432/pdf> (en anglais seulement)

s'assurer que les tendances urbaines et rurales sont cohérentes (Hansen 2001)⁹⁹. Il est intéressant de constater que les tendances relatives au réchauffement les plus significatives sont généralement survenues au-dessus des régions vers le pôle, ce qui indique que l'urbanisation n'aurait pas pu créer de signal associé aux changements climatiques observés à l'heure actuelle.

Il existe d'autres types de biais d'observation qui doivent être corrigés (notamment aux États-Unis). Lorsque ces biais sont éliminés, la tendance au réchauffement aux États-Unis est à la hausse. Le problème réside dans la façon dont le moment des observations des températures minimales et maximales a changé au fil du temps. Pour valider la correction, on peut employer une technique dite d'« homogénéisation par paire », qui élimine directement la nécessité de corriger pour le biais du moment d'observation. Les deux méthodes donnent des résultats pratiquement identiques (Williams 2012)¹⁰⁰.

Données sur les mesures satellitaires de la température

Les satellites mesurent les températures troposphériques depuis 1979. Ils ne mesurent pas la température directement, mais utilisent une méthode d'approximation en mesurant les variances de différentes bandes de longueur d'onde. Les mesures par satellite ont présenté plusieurs défis au fil du temps, et les calculs des tendances de la température ont parfois dû faire l'objet de corrections importantes. Il a notamment fallu corriger pour le déclin de l'orbite, ce qui a entraîné un ajustement des tendances de +0,10° C par décennie (Wents 1998)¹⁰¹.

Les modèles prédisent que les températures mesurées par satellite devraient montrer des tendances au réchauffement plus importantes dans la troposphère inférieure par rapport à la surface, ce qui concorde avec la théorie des points chauds en vertu de laquelle l'augmentation de la vapeur d'eau dans la troposphère inférieure devrait accroître les températures en condensant et en libérant la chaleur latente (Bengtsson 2009)¹⁰². À l'heure actuelle, les tendances au réchauffement sont similaires, qu'elles soient mesurées en surface ou par satellite.

Partie 9 – Conclusions

Le présent document avait pour but de présenter les points de vue largement acceptés dans le monde à propos des changements climatiques et de la viabilité des ressources. Par définition, quelle que soit la question litigieuse, il n'est pas possible d'arriver à une acceptation totale. Il va de soi que les points de vue sur ces deux questions divergent. Chaque point de vue doit être examiné individuellement. D'autre part, de nombreux acteurs doivent traduire cette information afin d'évaluer les risques passés, actuels et futurs.

La Terre connaît une tendance au réchauffement rapide, principalement à cause de la concentration accrue des gaz à effet de serre – particulièrement le dioxyde de carbone. Il est

⁹⁹ http://pubs.giss.nasa.gov/docs/2001/2001_Hansen_etal_1.pdf (en anglais seulement)

¹⁰⁰ <ftp://ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data/usnc/papers/williams-etal2012.pdf> (en anglais seulement)

¹⁰¹ <http://www.nature.com/nature/journal/v394/n6694/full/394661a0.html> (en anglais seulement)

¹⁰² http://www.researchgate.net/publication/225724174_On_the_Evaluation_of_Temperature_Trends_in_the_Tropical_Troposphere (en anglais seulement)

mondialement reconnu que les facteurs contribuant le plus à l'augmentation de la concentration de CO₂ sont l'utilisation des combustibles fossiles et la déforestation. Ces deux activités influent sur le climat d'une manière qui aura des répercussions majeures sur la vie sur Terre : fréquence accrue de conditions météorologiques extrêmes, inondations, ouragans, tempêtes, sécheresse, élévation du niveau des océans, etc. Si aucune mesure immédiate n'est prise et que l'on continue de laisser la concentration en gaz à effet de serre augmenter, les conséquences pourraient être néfastes et pourraient atteindre un point de non-retour pour l'humanité.

La communauté mondiale a reconnu qu'il fallait limiter l'augmentation de la température à 2 °C et prendre les mesures qui s'imposent pour atteindre cet objectif. L'humanité doit abandonner les combustibles fossiles en vue d'atteindre des émissions de carbone nulles. Pour ce faire, il lui faudra changer radicalement son mode de vie.

En raison du momentum du climat et des délais qu'implique la transition vers un nouveau portefeuille d'énergie, la communauté mondiale devra également se soumettre à un régime de vie climatique qui est largement différent des siècles précédents.

Les ressources de la Terre sont limitées. De plus, le caractère renouvelable de certaines de ses ressources renouvelables est aussi limité. L'humanité consomme les ressources à un rythme plus rapide que celui de la capacité de renouvellement de la Terre. Pour atteindre un meilleur équilibre, nous devons tous changer notre mode de vie.

Afin de relever les défis que posent ces deux enjeux, le monde doit agir à l'unisson, ce qui exigera la coopération de tous les pays du monde. Un certain nombre de disparités devront être résolues. Les émissions par habitant varient considérablement d'un pays à l'autre – en règle générale, les pays développés ont un taux plus élevé d'émissions par habitant. Les économies émergentes estiment en outre que le monde en est arrivé là à cause des émissions antérieures des grands émetteurs, et que ces derniers devraient participer davantage aux coûts nécessaires à la transition vers une économie à faibles émissions de carbone. Par ailleurs, les différentes régions seront touchées de manière diverses – certaines pourraient ne pas ressentir les conséquences du réchauffement, du moins à court terme. Ces pays pourraient ne pas vouloir participer véritablement aux efforts mondiaux. Le plus gros défi qu'il faudra relever au cours des prochaines années sera de rallier tous les pays à s'aligner sur une même voie.

Les nouveaux risques sont reconnus par les professionnels et autres organismes de partout dans le monde – y compris les organismes actuariels. La profession actuarielle a les compétences requises pour comprendre et analyser les risques, et doit contribuer aux efforts. Ne rien faire n'est pas une option.