



LES CAHIERS  
DE RECHERCHE



NOVEMBRE 2015

# GUIDE PRATIQUE SUR L'ÉCONOMIE DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

## LA CONFÉRENCE DE PARIS ET SES SUITES

Par Youri Chassin et Guillaume Tremblay

**IEDM**

Des idées  
pour une société  
plus prospère

910, rue Peel, bureau 600  
Montréal (Quebec)  
H3C 2H8, Canada

Téléphone: 514-273-0969  
Télécopieur: 514-273-2581  
Site Web: [www.iedm.org](http://www.iedm.org)

L'Institut économique de Montréal (IEDM) est un organisme de recherche et d'éducation indépendant, non partisan et sans but lucratif. Par ses études et ses conférences, l'IEDM alimente les débats sur les politiques publiques au Québec et partout au Canada en proposant des réformes créatrices de richesse et fondées sur des mécanismes de marché. Il n'accepte aucun financement gouvernemental.

Les opinions émises dans cette publication ne représentent pas nécessairement celles de l'IEDM ou des membres de son conseil d'administration. La présente publication n'implique aucunement que l'IEDM ou des membres de son conseil d'administration souhaitent l'adoption ou le rejet d'un projet de loi, quel qu'il soit.

Reproduction autorisée à des fins éducatives et non commerciales à condition de mentionner la source.

©2015 Institut économique de Montréal  
ISBN 978-2-922687-62-0

Dépôt légal : 4<sup>e</sup> trimestre 2015  
Bibliothèque et Archives nationales du Québec  
Bibliothèque et Archives Canada  
Imprimé au Canada

**Youri Chassin  
Guillaume Tremblay**

# **Guide pratique sur l'économie des changements climatiques**

## **La Conférence de Paris et ses suites**

Institut économique de Montréal

•  
Novembre 2015



**I EDM**

Des idées  
pour une société  
plus prospère



# TABLE DES MATIÈRES

|                                                                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| POINTS SAILLANTS .....                                                                                                     | 5  |
| INTRODUCTION - COMPRENDRE LES ASPECTS ÉCONOMIQUES DE LA LUTTE AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES .....                            | 7  |
| CHAPITRE 1 - LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES EN 20 QUESTIONS ET RÉPONSES .....                                                 | 9  |
| CHAPITRE 2 - LES MESURES GOUVERNEMENTALES ET LEUR EFFICACITÉ .....                                                         | 29 |
| A. LE MARCHÉ DU CARBONE .....                                                                                              | 29 |
| B. LA TAXE SUR LE CARBONE .....                                                                                            | 34 |
| C. LES TAXES SUR L'ESSENCE AU CANADA .....                                                                                 | 37 |
| D. LES SUBVENTIONS ET LA R&D DANS LE DOMAINE DES ÉNERGIES VERTES .....                                                     | 39 |
| E. LA RÉGLEMENTATION .....                                                                                                 | 43 |
| F. L'IMPACT SUR L'ÉCONOMIE DES MESURES GOUVERNEMENTALES .....                                                              | 44 |
| G. TROIS PRINCIPES POUR DE BONNES POLITIQUES PUBLIQUES .....                                                               | 46 |
| CHAPITRE 3 - LES INNOVATIONS QUI RÉVOLUTIONNENT NOTRE CONSOMMATION D'ÉNERGIE .....                                         | 53 |
| CHAPITRE 4 - L'ADAPTATION AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES .....                                                                | 73 |
| CONCLUSION - POUR UNE APPROCHE ÉQUILIBRÉE ET PRAGMATIQUE AU PROBLÈME DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES .....                     | 81 |
| ANNEXE TECHNIQUE - L'INCERTITUDE DANS LA DÉTERMINATION DES POLITIQUES PUBLIQUES DE LUTTE AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES ..... | 83 |
| À PROPOS DES AUTEURS .....                                                                                                 | 93 |



## POINTS SAILLANTS

La Conférence de Paris qui s'ouvrira le 30 novembre 2015 génère beaucoup d'attention sur la question de la lutte aux changements climatiques, un enjeu qui mêle la rhétorique politique, la logique économique et la science du climat. L'objectif de ce *Cahier de recherche* est de vulgariser les grandes notions relatives aux changements climatiques, comprendre les mécanismes discutés dans le contexte canadien et fonder les choix de politiques publiques sur les faits les plus pertinents. Voici en rafale les principaux constats qui sont développés dans chacun des quatre chapitres :

### Chapitre 1 : Les changements climatiques en 20 questions et réponses

- La Chine est le pays émettant le plus de GES, suivie des États-Unis, de l'Union européenne et de l'Inde.
- Depuis la première rencontre de l'ONU sur le climat, qui a eu lieu à Genève en 1979, les émissions provenant des combustibles fossiles ont connu une augmentation de 84 %.
- Les pays membres du Protocole de Kyoto ont réduit leurs émissions de 22,6 % par rapport à 1990, ce qui n'a toutefois pas empêché les émissions mondiales provenant des combustibles fossiles d'augmenter de 53 % durant cette même période.
- Les émissions de GES canadiennes ont progressé de 26 % entre 1990 et 2012, mais leur croissance a stagné depuis 2003.
- Le Canada génère 1,59 % des émissions mondiales de GES, mais émet plus de GES par habitant que les autres pays, sauf l'Australie.
- Plusieurs obstacles doivent être surmontés afin de conclure un accord à Paris, dont les réticences de plusieurs gouvernements aux cibles contraignantes et les compensations aux pays en développement.
- Plusieurs obstacles compliquent toutefois le bon fonctionnement de ces outils, dont la difficulté de bien mesurer les émissions, l'exclusion de secteurs ou d'industries, l'impact sur la compétitivité des entreprises et les fuites de carbone.
- Les taxes sur les carburants sont déjà très élevées au Canada, générant des recettes fiscales de près de 22 milliards de dollars.
- Les taxes fixes sur les carburants dans les provinces canadiennes correspondent à une taxe sur le carbone variant entre 83 \$ la tonne de GES en Alberta et 128 \$ la tonne de GES au Québec.
- Les subventions aux énergies renouvelables et aux véhicules électriques, de même que l'ajout d'éthanol à l'essence, sont peu efficaces dans l'atteinte d'un objectif donné de réduction des émissions de GES.
- Les contraintes imposées par les gouvernements ont toutes des impacts économiques négatifs à court terme.
- Les changements climatiques comportent des effets négatifs et des effets positifs. Un réchauffement global de moins de 2°C, tel qu'on le connaîtra d'ici la fin du siècle, aurait des effets nets positifs en raison notamment de meilleurs rendements agricoles.
- Les trois principes indissociables qui peuvent guider les bonnes politiques publiques de lutte aux changements climatiques sont l'efficacité, la neutralité fiscale et la minimisation de l'impact économique.

### Chapitre 2 : Les mesures gouvernementales et leur efficacité

- Le marché du carbone et la taxe sur le carbone sont deux outils gouvernementaux qui octroient un prix au carbone.
- Ces outils permettent de décentraliser les décisions, ce qui favorise l'atteinte des cibles de réductions au meilleur coût possible.



### Chapitre 3 : Les innovations qui révolutionnent notre consommation d'énergie

- L'intensité énergétique, soit la quantité d'énergie utilisée par unité de mesure de production, a diminué à un rythme annuel de 1,25 % entre 1990 et 2013. L'évolution de la Chine a été spectaculaire, avec une diminution de moitié de l'intensité énergétique en 20 ans.
- Les nouvelles technologies des quarante dernières années ont permis des gains d'efficacité énergétique correspondant, dans 11 pays, à 1337 millions de tonnes de pétrole.
- Lorsqu'on économise de l'énergie par davantage d'efficacité, il se produit un effet rebond par lequel l'énergie épargnée est utilisée à d'autres fins. Ainsi, les gains d'efficacité des automobiles ont été compensés par davantage d'automobiles vendues et la présence de véhicules plus gros.
- Par rapport aux États-Unis, l'efficacité énergétique des automobiles est 26 % plus grande en Europe, où les prix de l'essence sont plus élevés de 137 % en moyenne.
- La consommation d'énergie des pays développés a été relativement stable au cours de 15 dernières années et, selon l'Agence internationale de l'énergie, ces pays ne consommeront pas plus de pétrole en 2020 qu'aujourd'hui.
- L'intensité en carbone, soit le ratio des émissions de dioxyde de carbone par unité d'énergie utilisée, atteint des niveaux plus élevés dans les pays émergents que dans les pays développés.
- Aux États-Unis, la révolution du gaz de schiste découlant de la fracturation hydraulique et du forage horizontal a permis de réduire l'utilisation du charbon, plus polluant.
- Les énergies renouvelables ont connu une croissance fulgurante entre 2004 et 2014. La capacité mondiale installée a augmenté de 671 % pour l'énergie solaire et de 1147 % pour l'énergie éolienne.
- À la fin de 2014, treize projets de capture et de séquestration du carbone à grande échelle étaient en activité à travers le monde, avec une capacité de 26 mégatonnes de CO<sub>2</sub> par année.

### Chapitre 4 : L'adaptation aux changements climatiques

- Les changements climatiques affectent plus durement les pays pauvres, en termes de taux de mortalité et de pertes économiques en proportion du PIB.
- Entre 1970 et 2008, par exemple, plus de 95 % des décès dus aux désastres naturels sont survenus dans les pays en développement.
- Le taux mondial de mortalité en raison d'événements météorologiques extrêmes a décliné de 98 % depuis les années 1920, illustrant que la vulnérabilité humaine au climat est avant tout due aux conditions économiques.
- La malnutrition, la diarrhée et la malaria rendues plus fréquentes en raison des changements climatiques sont des risques associés principalement à la pauvreté.
- La lutte aux changements climatiques ne doit pas faire oublier d'autres problèmes de santé comme le fait que 3 milliards de personnes sont exposées à la fumée provenant des combustibles solides pour le chauffage ou la cuisine, selon l'OMS.
- L'accès à l'électricité bon marché est donc un moyen important d'améliorer les conditions sanitaires courantes, même si cette électricité provient d'énergies fossiles.
- D'ici 2085, seulement 13 % des décès dus à la famine, à la malaria et aux événements météorologiques extrêmes seront une conséquence des changements climatiques.
- La conscientisation environnementale est liée à la richesse, comme le montre un sondage de l'ONU qui révèle que, sur 16 priorités, les changements climatiques se classent bon dernier, surtout dans les pays pauvres.



## INTRODUCTION

### Comprendre les aspects économiques de la lutte aux changements climatiques

Du 30 novembre au 11 décembre aura lieu à Paris la 21<sup>e</sup> conférence des Nations Unies sur le climat où se négociera un éventuel accord applicable à tous les pays pour limiter le réchauffement mondial. Après des conférences considérées largement comme des échecs et l'absence d'accord contraignant faisant suite au Protocole de Kyoto, la rencontre de Paris est perçue comme un point tournant. Y aura-t-il ou non un accord? Que dire des négociations Nord-Sud? Les pays du BRIC parapheront-ils l'entente? Des cibles contraignantes seront-elles fixées?

Toutes les négociations internationales posent des défis. Celle-ci ne fait pas exception, notamment parce que la lutte aux changements climatiques mêle la rhétorique politique, la logique économique et la science du climat. Étant économistes, et non climatologues, nous n'entrons pas dans les débats scientifiques concernant les changements climatiques en cours. Notre prémisse est celle de la grande majorité des scientifiques qui sont d'avis que le réchauffement climatique depuis l'ère pré-industrielle est majoritairement causé par l'activité humaine. Nous nous contentons de présenter un survol des notions utilisées par les climatologues dans les volets qui concerne davantage l'économie des changements climatiques.

Notre contribution la plus pertinente se concentre sur l'analyse des politiques publiques, de la dynamique des marchés et des choix qui se présentent à nous pour faire face à la réalité des changements climatiques. L'objectif de ce *Cahier de recherche* est triple. Il vise à :

- vulgariser, dans un langage accessible au lecteur intéressé, les grandes notions entourant les débats politiques et les négociations sur la question des changements climatiques;
- comprendre les mécanismes discutés, les politiques publiques existantes et les tendances à l'œuvre, notamment ce qui touchent de plus près la réalité canadienne;
- s'éloigner des discours émotifs ou moralisateurs pour comprendre et fonder les choix de politiques publiques sur les faits les plus pertinents.

Nous avons voulu nous éloigner des déclarations et des bonnes intentions pour nous en tenir aux résultats. À travers le monde, certains hommes et femmes politiques s'expriment d'une voix forte, mais les gestes qu'ils posent ne sont pas toujours à l'avenant. Des leaders d'opinion discoursent passionnément de notre responsabilité morale, mais oublient certains enjeux pourtant cruciaux. Des militants vantent les mérites de certaines solutions, mais en taisent les coûts. Un regard économique sur la question des changements climatiques s'attarde au contraire aux résultats concrets, aux diverses facettes de la question et tient compte des avantages comme des coûts.

Quatre chapitres permettent de comprendre l'enjeu des changements climatiques sur la base d'une grande variété de sources documentaires, et de 43 graphiques et tableaux. Une bibliographie permettra au lecteur curieux de poursuivre ses recherches par lui-même.

« Toutes les négociations internationales posent des défis. Celle-ci ne fait pas exception, notamment parce que la lutte aux changements climatiques mêle la rhétorique politique, la logique économique et la science du climat. »

Ayant l'ambition de vulgariser la question pour le plus large public possible, il nous apparaissait incontournable de commencer par les faits. Un diagnostic sans fard est nécessaire, notamment quant au niveau global des émissions de gaz à effet de serre qui ne cesse d'augmenter, malgré toutes les rencontres internationales depuis 1979. C'est l'objet du premier chapitre, organisé sous la forme de vingt questions-réponses concernant les négociations internationales qui aboutiront à la Conférence de Paris.

Même si la conférence se soldait par un échec, c'est-à-dire si les pays du monde ne parvenaient pas à s'entendre et à respecter un accord universel, contraignant et suffisant pour limiter les probabilités d'un réchauffement de plus de 2 °C, cela n'empêcherait pas plusieurs gouvernements d'adopter des politiques de lutte aux changements climatiques. Le second chapitre montre que, s'il n'est pas aisé de traduire en politiques publiques les résultats les plus incertains de la science climatique, les outils à la disposition des gouvernements sont nombreux et plusieurs sont déjà mis à contribution.

C'est le cas en particulier du marché du carbone du Québec et de la taxe sur le carbone de la Colombie-Britannique. Les taxes sur l'essence aussi, comme on le verra, sont déjà largement utilisées.

Outre les gouvernements, les populations et les entreprises aussi s'engagent dans des développements intéressants et porteurs d'espoir dans bien des cas. Le troisième chapitre illustre les tendances mondiales qui permettent de croire que la transition énergétique est déjà en train de prendre racine, même si son effet est encore marginal. Les émissions globales sont toujours en hausse, mais l'intensité des émissions diminue et certaines technologies prometteuses pourraient se généraliser.

Enfin, la question de l'adaptation est abordée au quatrième chapitre puisqu'elle a été depuis toujours la réponse des êtres humains aux variations du climat. Même avec un réchauffement limité à 2 °C, il y aura des transformations qui affecteront, négativement et positivement, différentes populations. Les facteurs comme le développement économique et la disponibilité des technologies seront déterminants pour une adaptation réussie.

# CHAPITRE 1

## Les changements climatiques en 20 questions et réponses

La Conférence de Paris sur les changements climatiques, qui aura lieu du 30 novembre au 11 décembre 2015, fait couler beaucoup d'encre depuis déjà quelques années. Les résultats des négociations à cette conférence auront un impact considérable sur le portrait énergétique mondial pour les décennies à venir. Ce chapitre se veut un guide dans un format questions/réponses permettant de comprendre les différents aspects du processus et les enjeux majeurs qui seront à l'avant-plan lors de la conférence.

### 1. Qu'est-ce que la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques?

La Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) est un traité qui « met en place un cadre global de l'effort intergouvernemental pour faire face au défi posé par les changements climatiques »<sup>1</sup>. Selon la Convention-cadre, les gouvernements doivent rassembler et diffuser des informations sur les gaz à effet de serre (GES) et sur les meilleures politiques à adopter dans le but de coopérer pour faciliter l'adaptation aux changements climatiques.

La Convention-cadre a été adoptée en 1992 au Sommet de la Terre de Rio de Janeiro et est entrée en vigueur en 1994. Le progrès de sa mise en œuvre est mesuré à une Conférence des parties (COP) où tous les États membres se rencontrent annuellement depuis 1995. Il y a aujourd'hui 195 États ainsi que l'Union européenne qui sont parties à la Convention-cadre.

La Conférence de Paris est la 21<sup>e</sup> COP de la CCNUCC et la 11<sup>e</sup> conférence des parties participant au Protocole de Kyoto (CMP<sup>2</sup>), d'où l'abréviation COP21/CMP11<sup>3</sup>.

### 2. Qu'est-ce que le Protocole de Kyoto?

Le Protocole de Kyoto est le premier accord international d'envergure sur les changements climatiques. Il a été adopté en 1997 à la COP3 de Kyoto et est entré en vigueur en 2005.

Le Protocole de Kyoto a mis en œuvre l'objectif de lutte aux changements climatiques de la Convention-cadre des Nations Unies en contraignant légalement 37 pays développés et en transition à réduire collectivement leurs émissions moyennes de GES sur la période 2008-2012 de 5,2 % par rapport à leurs niveaux de 1990<sup>4</sup>.

Le protocole respecte le principe de « responsabilités communes, mais différenciées ». Ce principe reconnaît que tous les pays ont un rôle à jouer dans la réduction des GES, mais que les efforts doivent tenir compte des capacités économiques et technologiques de chaque pays. Les cibles de réductions ont été fixées uniquement pour les pays développés et en transition tandis que les pays plus pauvres n'avaient qu'à rapporter leurs émissions<sup>5</sup>.

**« Tous les pays ont un rôle à jouer dans la réduction des GES, mais les efforts doivent tenir compte des capacités économiques et technologiques de chaque pays. »**

La cible collective était de 5,2 %, mais elle différait selon les pays. Par exemple, les États de l'Union européenne avaient une cible de réduction de GES de 8 % par rapport aux niveaux de 1990, tandis que l'Islande pouvait augmenter ses émissions de GES de 10 % par rapport à la même année de référence<sup>6</sup>.

Depuis, les négociations internationales ont échoué à produire un autre accord contraignant et beaucoup d'espoir repose sur la conclusion d'un tel accord à la Conférence de Paris.

1. Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC), La Convention, 2015.

2. L'acronyme CMP réfère à *Conférence of the parties serving as the meeting of the parties to the Kyoto Protocol*.

3. Paris 2015, Qu'est-ce que la COP21/CMP11?, 2015.

4. *Ibid.*, Protocole de Kyoto, 2015.

5. Nations Unies, *Protocole de Kyoto à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques*, article 10, 1998.

6. *Ibid.*, Annexe B.

### 3. Qu'entend-on par « changements climatiques »?

Selon le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), un organisme mis sur pied en 1988 pour analyser les questions liées aux changements climatiques, ceux-ci constituent « tout changement du climat dans le temps, qu'il soit dû à la variabilité naturelle ou à l'activité humaine »<sup>7</sup>.

La définition de la CCNUCC est plus stricte et inclut uniquement les changements directement ou indirectement liés à l'activité humaine, excluant donc les changements naturels du climat<sup>8</sup>.

Qu'on inclut ou non la variabilité naturelle du climat, les changements climatiques se mesurent par la variation à long terme de la température moyenne terrestre et par la variation des tendances des précipitations et des vents.

Bien que les médias utilisent les termes « changements climatiques » et « réchauffement climatique » de façon interchangeable, il y a une différence puisque le réchauffement climatique fait uniquement référence à l'augmentation de la température moyenne à long terme de la surface de la Terre. On utilise la révolution industrielle comme période de référence pour mesurer le réchauffement anthropogénique (c'est-à-dire causé par l'être humain).

Le terme « changements climatiques », quant à lui, inclut la variabilité à long terme de la température de la Terre, ainsi que celle des précipitations et des vents. Le concept est donc plus vaste et généralement préféré par la communauté scientifique<sup>9</sup>.

### 4. Quels facteurs sont responsables des changements climatiques?

Les changements climatiques sont en partie d'origine naturelle, entre autres influencés par l'énergie provenant du soleil, les éruptions volcaniques, les changements dans l'orbite de la Terre et les changements océanographiques.

Les humains sont aussi responsables des changements climatiques par l'entremise d'activités comme la combustion de carburants fossiles, l'agriculture et la foresterie, qui émettent des GES. Une plus grande concentration de GES dans l'atmosphère, en laissant pénétrer les rayons du soleil, mais aussi en absorbant une certaine partie du rayonnement infrarouge qui rebondit de la Terre, contribue à l'augmentation de la température à la surface de la Terre. L'accumulation de GES et la hausse de température correspondante sont ensuite associées à des changements climatiques, comme des précipitations plus fortes à certains endroits.

« La NASA estime que la température moyenne à la surface de la Terre a augmenté de 0,8 °C depuis 1889 et que l'impact de l'humain sur le climat a surpassé les changements naturels du climat. »

Selon le GIEC, l'influence de l'humain sur le climat depuis 1750 est claire et contribue à son réchauffement<sup>10</sup>. La NASA estime que la température moyenne à la surface de la Terre a augmenté de 0,8 °C depuis 1889 et que l'impact de l'humain sur le climat a surpassé les changements naturels du climat. Ces derniers ont fait varier la température, selon la NASA, d'un intervalle de -0,2 à 0,2 °C. L'activité humaine, pour sa part, a contribué à une augmentation de 0,8 °C<sup>11</sup>.

### 5. Quelles sont les émissions de GES causées par l'activité humaine et de quels secteurs proviennent-elles?

La Figure 1-1 illustre la proportion des émissions anthropogéniques de GES au Canada en 2013 selon le type de gaz. On remarque que 78 % du total consiste en émissions de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>). Ces dernières proviennent en majeure partie de la combustion de combustibles fossiles. Le méthane, deuxième GES anthropogénique en importance (15 %), vient essentiellement des systèmes de traitement du pétrole et du gaz

7. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), Rapport du Groupe de travail II – Conséquences, adaptation et vulnérabilité, D. Connaissances actuelles sur les réponses au changement climatique.

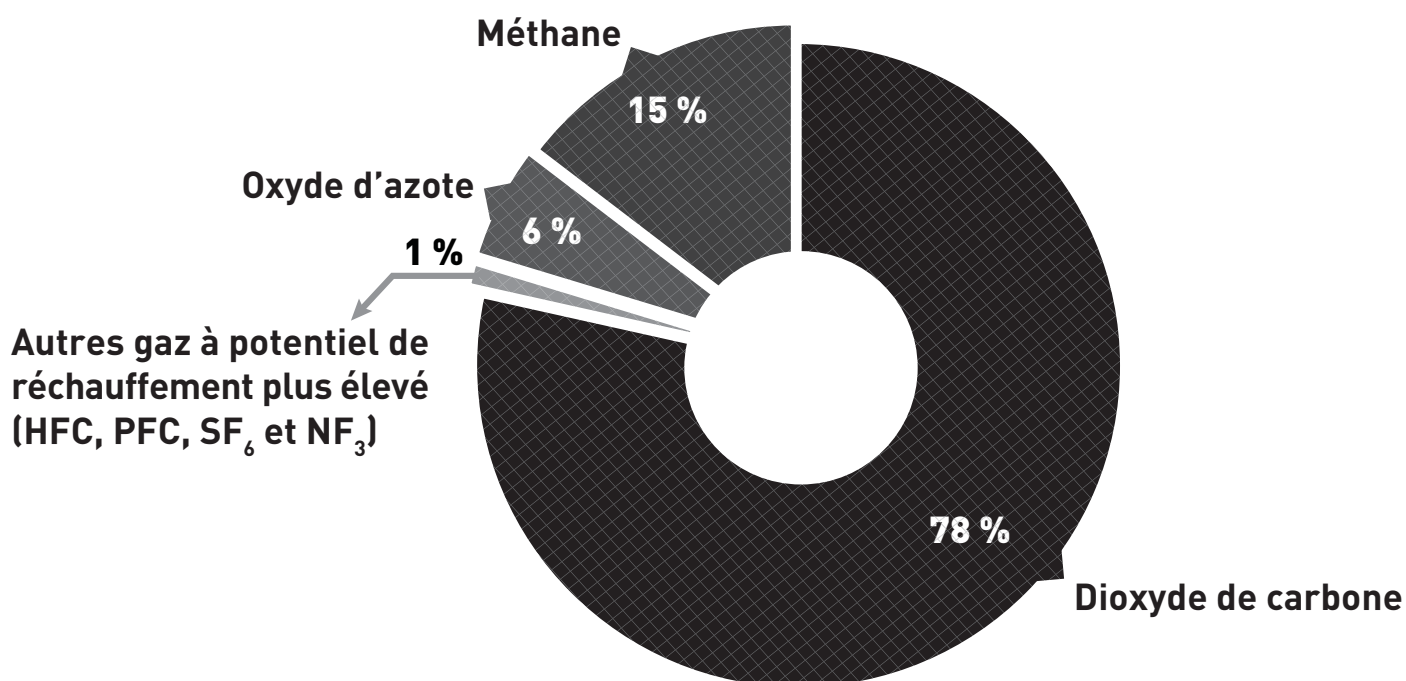
8. Nations Unies, *Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques*, Article premier, 1992.

9. Anthony Leiserowitz et al., *What's in a Name? Global Warming Versus Climate Change*, Yale Project on Climate Change Communication et George Mason University Center for Climate Change Communication, mai 2014, p. 6; NASA, *What Are Climate and Climate Change?*, 26 octobre 2011.

10. Richard B. Alley et al., « Summary for Policymakers », dans S. Solomon et al. (dir.), *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, GIEC, 2007, p. 3.

11. NASA Earth observatory, *Is Current Warming Natural?*

Figure 1-1

**Émissions de GES au Canada par type de gaz, 2013**

**Source :** Environnement Canada, *Rapport d'inventaire national 1990-2013 : Sources et puits de gaz à effet de serre au Canada – Sommaire*, La proposition canadienne concernant la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, 2015, p. 2.

naturel, de l'élevage de bétail et des sites d'enfouissement<sup>12</sup>. Les proportions à l'échelle mondiale sont similaires<sup>13</sup>.

En 2013, 726 millions de tonnes d'équivalent dioxyde de carbone (TéCO<sub>2</sub>) ont été émises au Canada. La Figure 1-2 illustre la proportion des émissions de GES attribuées à chaque secteur économique selon la classification du GIEC.

« Bien que le Canada ne soit pas un grand émetteur comparativement à la Chine et aux États-Unis, il se retrouve parmi les pays ayant les émissions les plus élevées par habitant. »

## 6. Qu'est-ce que l'empreinte carbone?

L'empreinte carbone est une mesure estimant la contribution totale d'une unité (que ce soit une activité, une entreprise, un pays) au réchauffement climatique. L'empreinte carbone n'inclut pas seulement l'impact du carbone sur le climat, mais aussi l'impact de tous les autres GES. Il est question d'empreinte carbone parce qu'on convertit l'effet de chaque GES en équivalent de dioxyde de carbone, le principal GES émis.

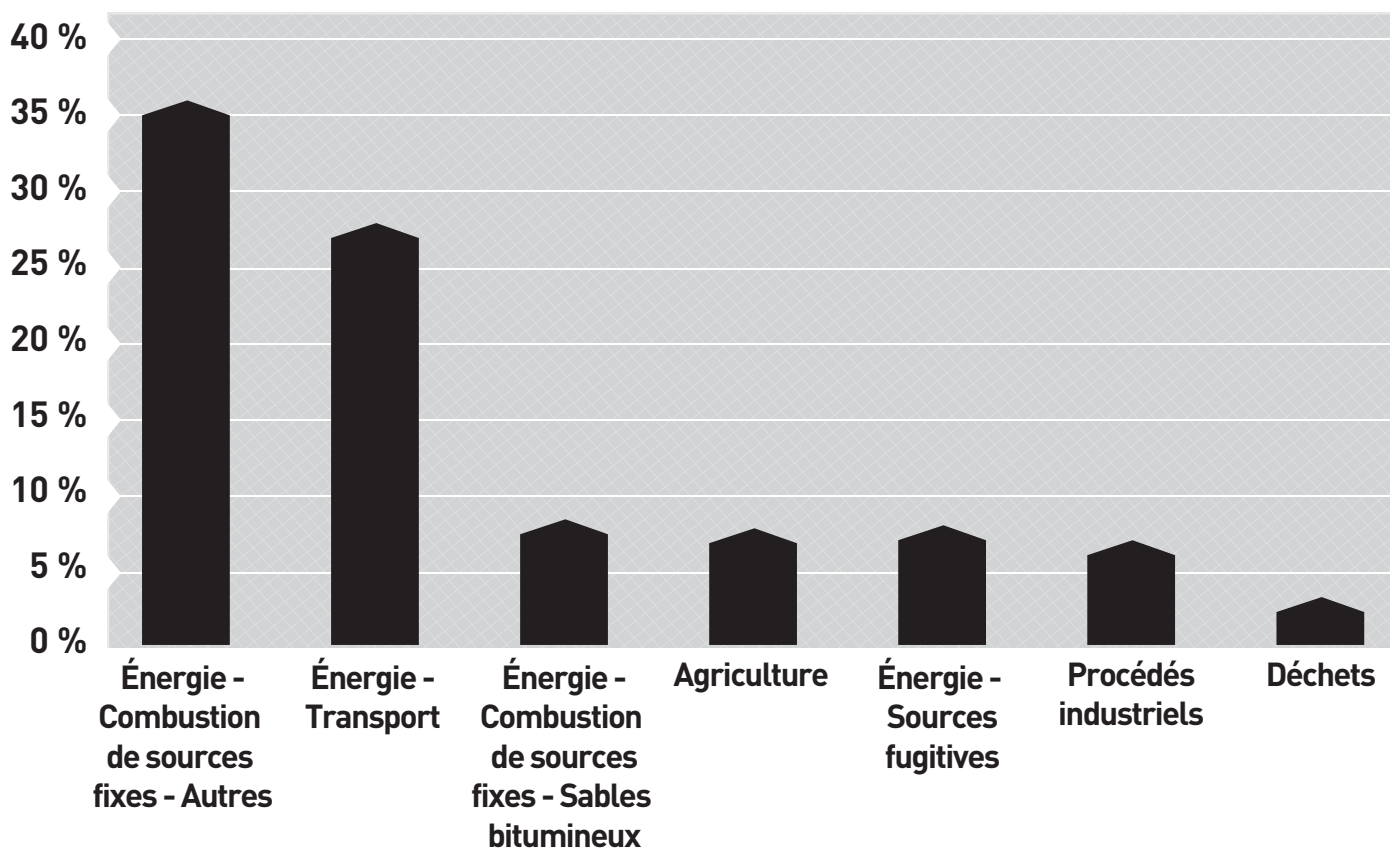
Les différents gaz à effet de serre ont chacun un potentiel de réchauffement planétaire (PRP) différent calculé par rapport au réchauffement provoqué par le CO<sub>2</sub> sur une certaine période de temps, habituellement 100 ans. Deux facteurs influencent le potentiel de réchauffement planétaire d'un GES, soit sa capacité d'absorption d'énergie et la durée pendant laquelle il reste dans l'atmosphère. À titre d'exemple, le méthane (CH<sub>4</sub>) a un PRP de 25. Cela signifie que chaque tonne de CH<sub>4</sub> équivaut à 25 tonne de CO<sub>2</sub> (voir Tableau 1-1).

12. Environnement Canada, *Rapport d'inventaire national 1990-2013 : Sources et puits de gaz à effet de serre au Canada – Sommaire*, La proposition canadienne concernant la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, 2015, p. 3.

13. United States Environmental Protection Agency, *Climate Change Indicators in the United States*, Global Greenhouse Gas Emissions, mai 2014.

Figure 1-2

### Pourcentage des émissions de GES par secteur économique au Canada, 2013



**Sources :** Environnement Canada, « Sables bitumineux : Une ressource stratégique pour le Canada, l'Amérique du Nord et le marché mondial – Émissions de GES », 2015, p. 1; Environnement Canada, *Rapport d'inventaire national 1990-2013 : Sources et puits de gaz à effet de serre au Canada – Sommaire*, La proposition canadienne concernant la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, 2015, p. 5.

Tableau 1-1

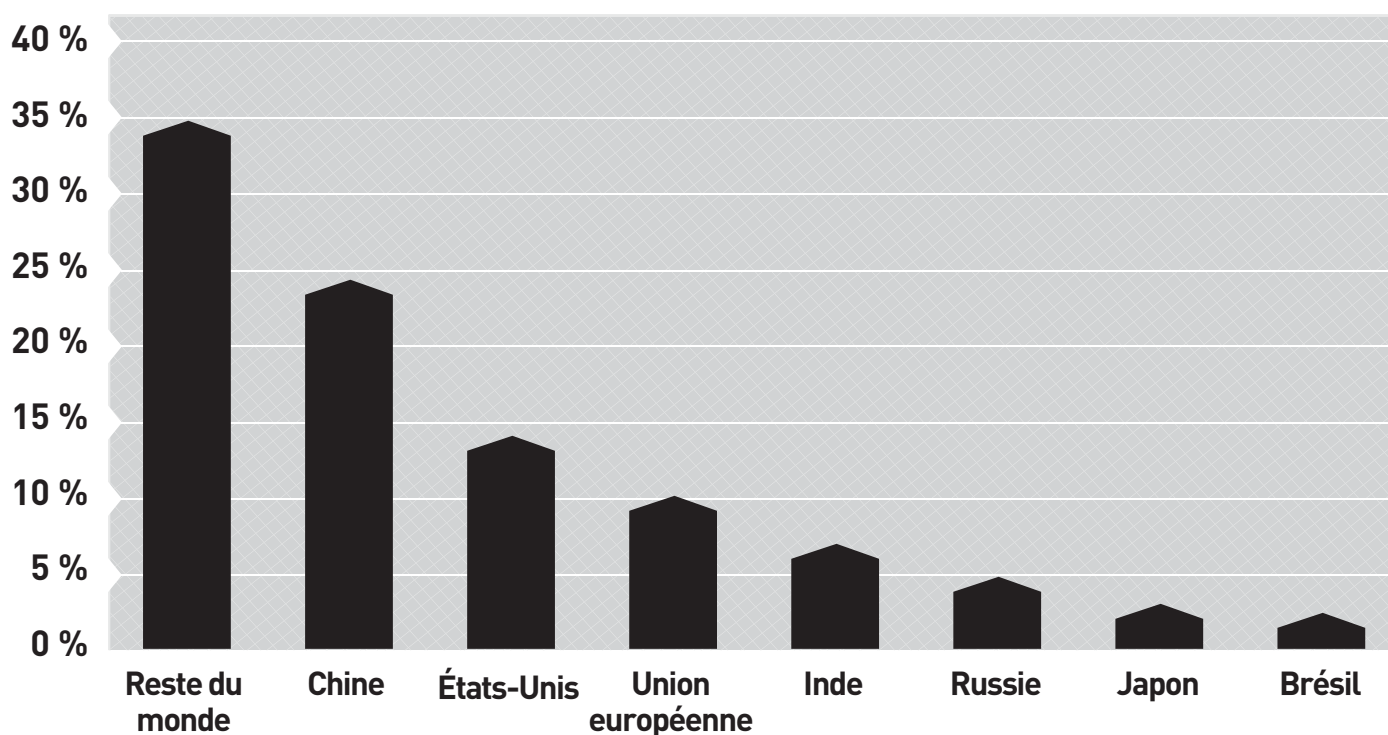
### Potentiel de réchauffement planétaire des principaux GES provenant de l'activité humaine

| GAZ                                       | PRP              |
|-------------------------------------------|------------------|
| Dioxyde de carbone (CO <sub>2</sub> )     | 1                |
| Méthane (CH <sub>4</sub> )                | 25               |
| Oxyde de diazote (N <sub>2</sub> O)       | 298              |
| Hexafluorure de soufre (SF <sub>6</sub> ) | 22 800           |
| Trifluorure d'azote (NF <sub>3</sub> )    | 17 200           |
| Hydrofluorocarbures (HFC)                 | De 12 à 14 800   |
| Perfluorocarbures (PFC)                   | De 7390 à 17 340 |

**Source :** Environnement Canada, Potentiels de réchauffement planétaire, 17 avril 2015.



Figure 1-3

**Pourcentage des émissions mondiales de GES, 2012**

Source : World Resources Institute, CAIT – Historical Emissions Data (Countries, U.S. States, UNFCCC), Total GHG Emissions Excluding Land-Use Change and Forestry, 22 juin 2015.

## 7. Comment comptabilise-t-on les GES pour un pays?

Selon le GIEC, « Les inventaires nationaux comprennent les émissions et les absorptions de gaz à effet de serre qui ont lieu sur le territoire national et dans les zones au large des côtes qui sont du ressort du pays »<sup>14</sup>. Pour des raisons pratiques, le GIEC ne comptabilise que les émissions provenant de la production<sup>15</sup>.

Cette méthode a d'ailleurs été utilisée pour le Protocole de Kyoto. Il existe aussi une approche basée sur la consommation, qui inclut les émissions provenant de la consommation de biens importés.

La méthode utilisée a des répercussions considérables sur les émissions comptabilisées. Par exemple, l'utilisation de la méthode basée sur la production permet aux pays développés d'améliorer leur bilan d'émissions en relocalisant la production dans des pays émergents, et ce, sans diminuer leur consommation. Ces « fuites de carbone » diminuent l'efficacité des politiques locales de réduction de GES<sup>16</sup>.

## 8. Comment se répartissent les émissions mondiales de GES?

Les États-Unis, l'Union européenne, le Japon et les pays du BRIC (Brésil, Russie, Inde et Chine) sont les principaux émetteurs de GES. La Figure 1-3 illustre la provenance des émissions de GES par pays ou région contribuant à plus de 2 % des émissions mondiales. Le Canada, avec seulement 1,59 % des émissions mondiales, est inclus dans la catégorie Reste du monde.

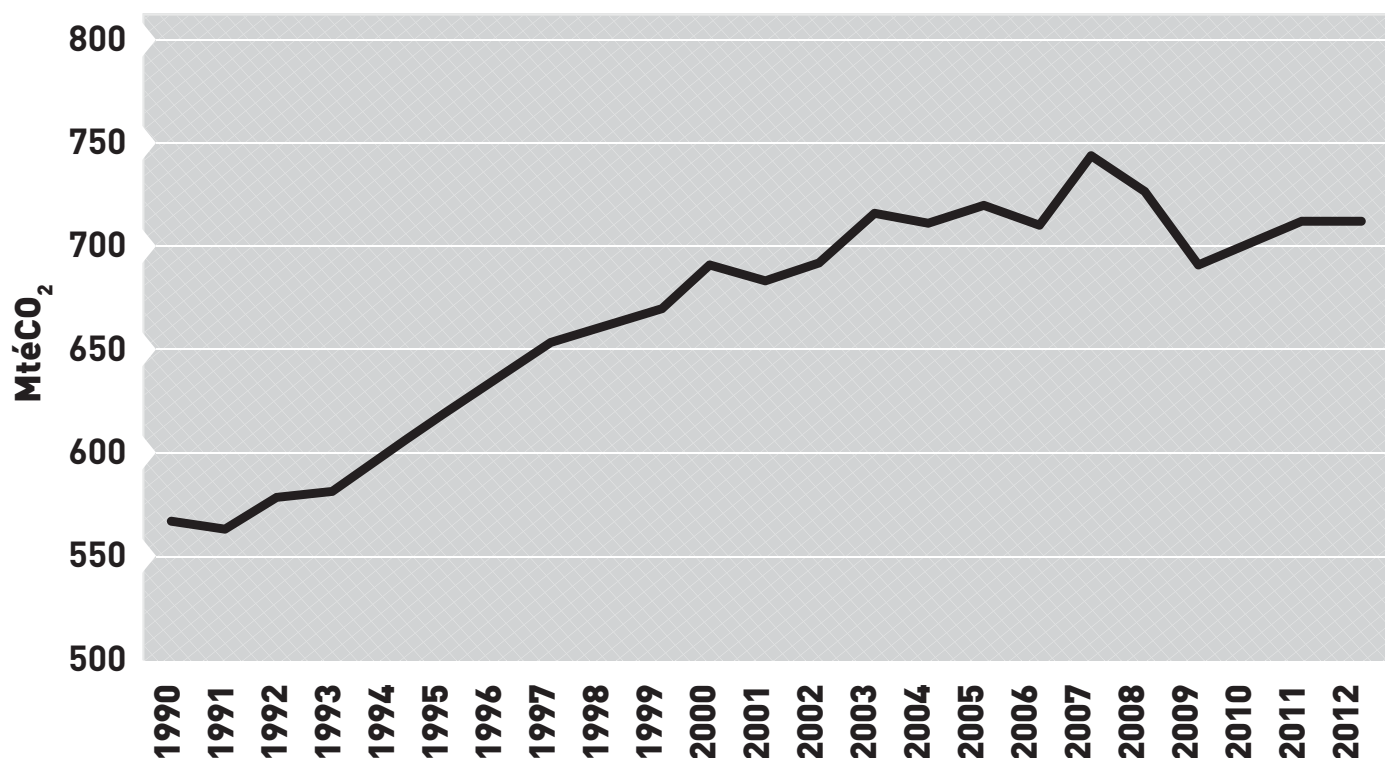
14. Pour le transport routier, les émissions sont comptabilisées là où le carburant est vendu. GIEC, *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre – Volume 1 : Orientations générales et établissement des rapports*, 2006, p. 1.4.

15. Baptiste Boitier, « CO2 emissions production-based accounting vs consumption: Insights from the WIOD databases », Final WIOD Conference: Causes and Consequences of Globalization Groningen, avril 2012, p. 2.

16. Glen P. Peters et al., « Growth in emission transfers via international trade from 1990 to 2008 », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 108, no 21, 24 mai 2011, p. 8903–8908.

Figure 1-4

## Émissions de GES au Canada en millions de tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub>, 1990-2012



Source : World Resources Institute, CAIT – Historical Emissions Data (Countries, U.S. States, UNFCCC), Total GHG Emissions Excluding Land-Use Change and Forestry, 22 juin 2015.

### 9. Comment le Canada se compare-t-il avec d'autres pays en termes d'émissions de GES?

Les émissions de GES canadiennes ont progressé de 26 % entre 1990 et 2012. Toutefois, comme le démontre la Figure 1-4, la croissance a stagné depuis 2003.

Les Figures 1-5 et 1-6 permettent de constater que bien que le Canada ne soit pas un grand émetteur comparativement à la Chine et aux États-Unis, il se retrouve parmi les pays ayant les émissions les plus élevées par habitant, devant notamment les États-Unis et l'Union européenne.

### 10. Quelle est la performance des provinces canadiennes en termes d'émissions de GES par habitant?

Pour l'année 2013, les provinces émettant le plus de GES par habitant sont la Saskatchewan et l'Alberta, avec respectivement 68 et 67 tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub>. Ces résultats élevés sont essentiellement causés par la forte

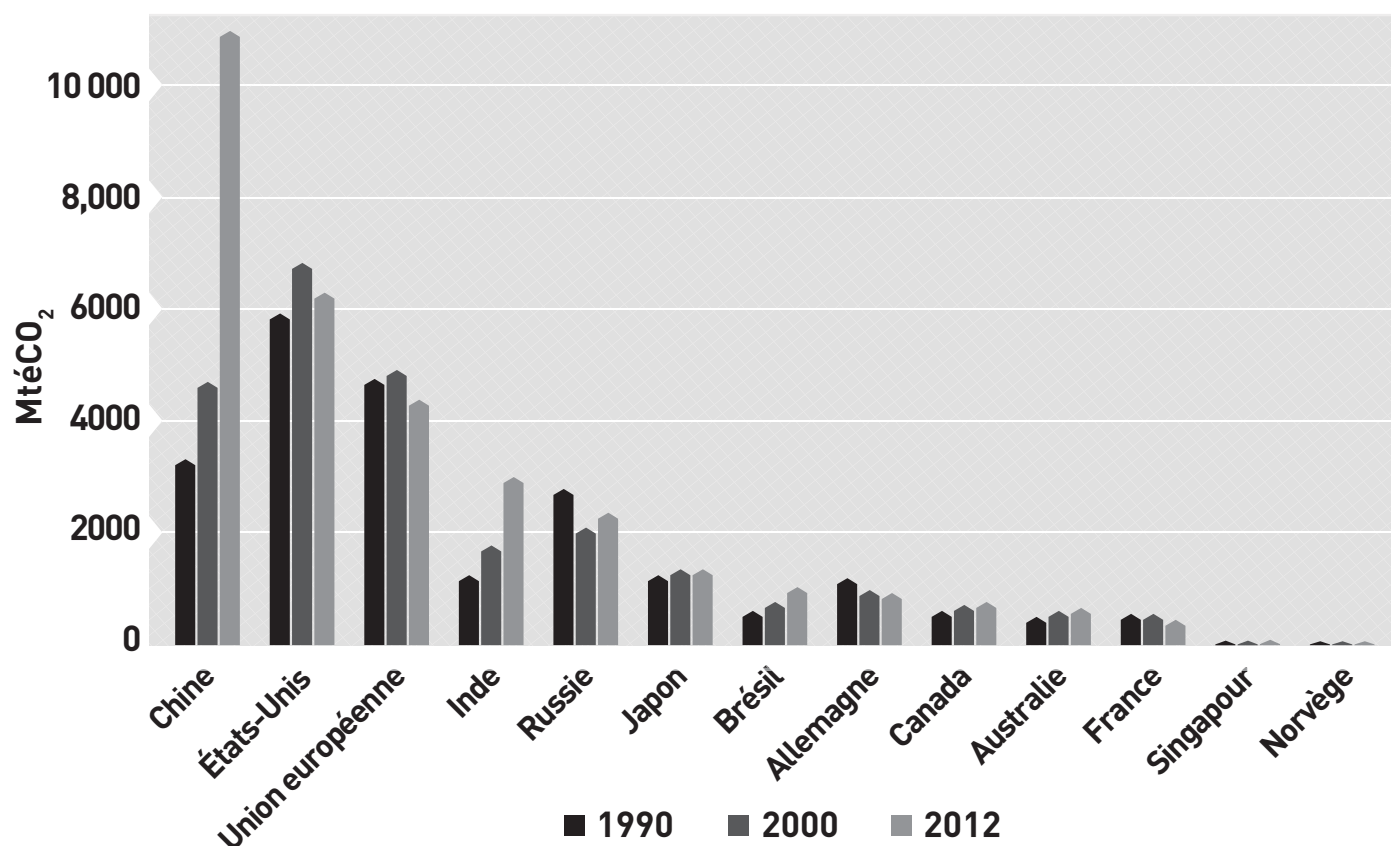
production de pétrole dans les deux provinces. En effet, 76 % de la production canadienne de pétrole provient de l'Alberta tandis que la Saskatchewan, qui représente environ 3 % de la population canadienne, produit 15 % du pétrole brut canadien<sup>17</sup>. Le Québec, grâce à son importante production hydroélectrique, est la province émettant le moins de GES par habitant, soit 10 tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub> (voir Figure 1-7).

« Le Québec, grâce à son importante production hydroélectrique, est la province émettant le moins de GES par habitant. »

17. Statistique Canada, Tableau CANSIM 051-0001 : Estimations de la population, selon le groupe d'âge et le sexe au 1<sup>er</sup> juillet, Canada, provinces et territoires, 2012; Statistique Canada, Tableau CANSIM 126-0001 : Approvisionnement et utilisation du pétrole brut et équivalent, annuel (mètres cubes), 2012.



Figure 1-5

**Émissions de GES par pays, en millions de tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub>**

Source : World Resources Institute, CAIT – Historical Emissions Data (Countries, U.S. States, UNFCCC), Total GHG Emissions Excluding Land-Use Change and Forestry, 22 juin 2015.

## 11. Pourquoi est-il nécessaire de lutter contre les changements climatiques?

Des températures plus élevées risquent d'entraîner à long terme des conséquences négatives pour l'environnement et par le fait même pour les êtres humains. Un réchauffement global pourrait entre autres causer des événements climatiques extrêmes, des sécheresses plus sévères, des inondations et une augmentation du niveau des mers. De tels changements pourraient à leur tour engendrer des conséquences négatives sur la production de nourriture, l'approvisionnement en eau et la santé humaine.

Les impacts négatifs des changements climatiques se feront surtout sentir dans les pays en voie de développement, puisque leur capacité d'adaptation, en raison de leur moins grande richesse, est beaucoup plus faible.

De plus, une plus grande proportion de leur activité économique est concentrée dans des secteurs plus sensibles au climat, comme l'agriculture.

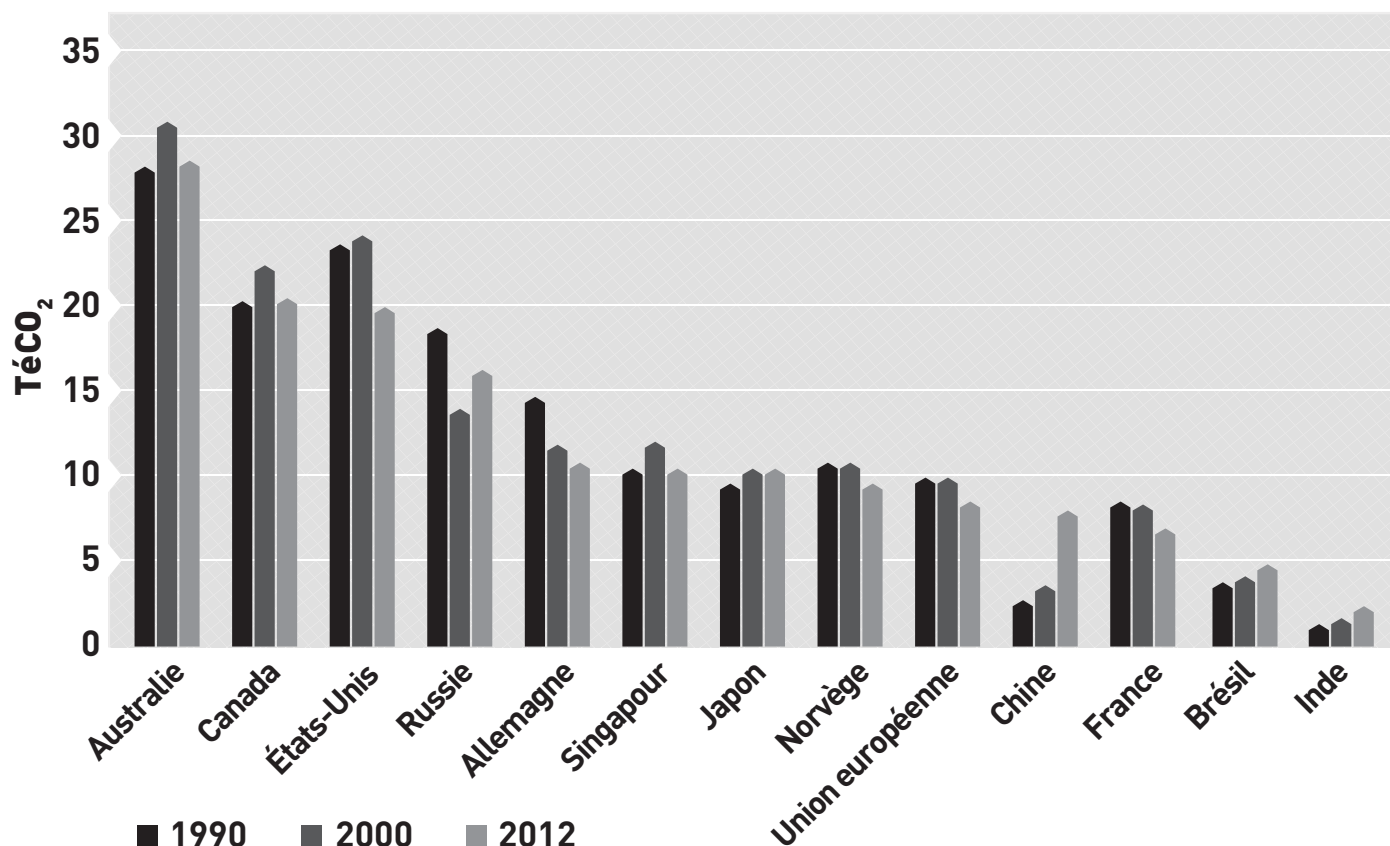
Les changements climatiques n'ont pas que des effets négatifs. Une augmentation du niveau de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère réduit les besoins en eau des plantes, permettant ainsi une croissance plus rapide et une augmentation du rendement des cultures. Un autre exemple bénéfique est la diminution des coûts de chauffage et des problèmes de santé reliés au froid qui entraînent 17 fois plus de morts que ceux reliés à la chaleur<sup>18</sup>.

Certaines analyses coûts-bénéfices estiment qu'un réchauffement climatique de l'ordre de 1 à 2 °C serait bénéfique pour l'humanité. À long terme, les effets

18. Antonio Gasparini et al., « Mortality risk attributable to high and low ambient temperature: a multicountry observational study », *The Lancet*, vol. 386, no 9991, 2015, p. 369-375.

Figure 1-6

## Émissions de GES par habitant, en tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub>



Sources : World Resources Institute, CAIT – Historical Emissions Data (Countries, U.S. States, UNFCCC), Total GHG Emissions Excluding Land-Use Change and Forestry, 22 juin 2015; Banque mondiale, Données, Population totale, 24 septembre 2015.

négatifs d'un réchauffement supérieur à cet intervalle surpasseraient cependant les bienfaits qui y sont associés<sup>19</sup>.

« Les impacts négatifs des changements climatiques se feront surtout sentir dans les pays en voie de développement, puisque leur capacité d'adaptation, en raison de leur moins grande richesse, est beaucoup plus faible. »

Afin d'éviter les effets négatifs potentiels à long terme des changements climatiques, les parties membres de la CCNUCC ont déterminé que le réchauffement climatique devait être limité à 2 °C<sup>20</sup>.

## 12. Quel est l'objectif de la Conférence de Paris?

La Conférence de Paris a pour but « d'aboutir à un nouvel accord international sur le climat, applicable à tous les pays, dans l'objectif de maintenir le réchauffement mondial en deçà de 2 °C »<sup>21</sup>.

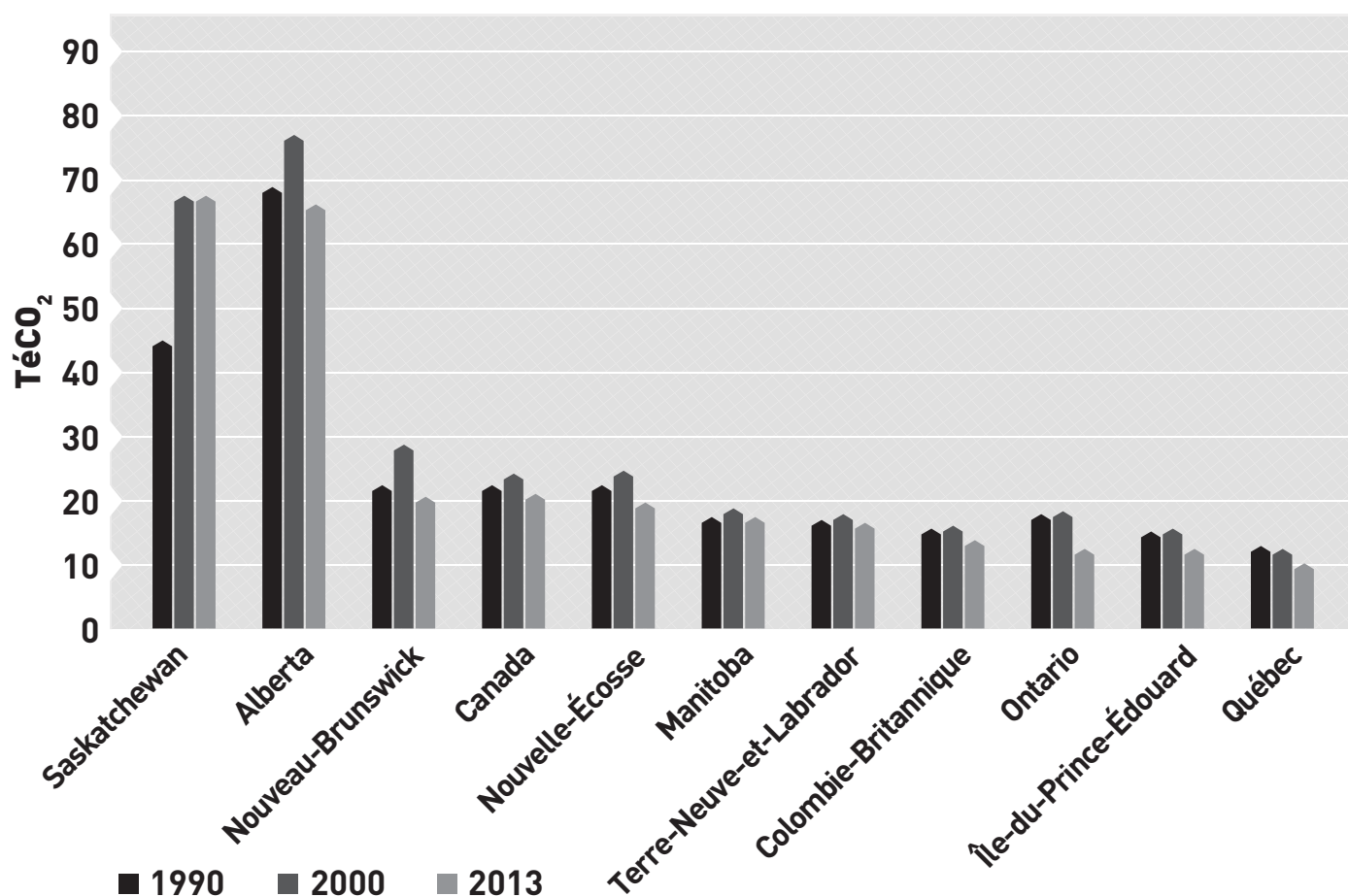
L'atteinte de cet objectif est, selon les modèles climatiques existants, dépendante d'une modification importante dans la composition de l'énergie utilisée globalement. L'Agence Internationale de l'Énergie es-

19. Richard S. J. Tol, « The Economic Effects of Climate Change », *Journal of Economic Perspectives*, vol. 23, no 2, 2009, p. 35; Richard S. J. Tol, *Economic impacts of climate change*, Département d'économie, Université de Sussex, Working Paper Series, no 75-2015, 2015.

20. Paris 2015, op. cit., note 3.

21. Idem.

Figure 1-7

**Émissions de GES par habitant, provinces canadiennes, en tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub>**

**Sources :** Gouvernement du Canada, Tableaux des émissions de gaz à effet de serre pour le Canada et par province / territoire, 1990-2013, 24 août 2015; Statistique Canada, Tableau CANSIM 051-0001 : Estimations de la population, selon le groupe d'âge et le sexe au 1<sup>er</sup> juillet, Canada, provinces et territoires, 1990-2013.

time que le pétrole, le charbon et le gaz naturel représentaient en 2012 près de 82 % de la production d'énergie primaire<sup>22</sup>. L'économie mondiale devrait cependant avoir un solde négatif en carbone d'ici 2100 si l'on veut atteindre l'objectif de 2 °C, c'est-à-dire qu'il devrait y avoir davantage de CO<sub>2</sub> absorbé par des puits de carbone (tels que les océans) ou retiré de l'atmosphère par différentes technologies que de CO<sub>2</sub> émis.

Selon le GIEC, la concentration de GES dans l'atmosphère devra se stabiliser entre 430 et 480 parties par million d'équivalent CO<sub>2</sub> d'ici 2100<sup>23</sup>. En excluant les autres GES, il s'agit d'environ 400 parties par million de

CO<sub>2</sub><sup>24</sup>. En août 2015, la concentration atmosphérique mondiale de CO<sub>2</sub> était tout près de cette limite, se situant à 396,86 parties par million<sup>25</sup>. La Figure 1-8 illustre la progression de la concentration atmosphérique mondiale de CO<sub>2</sub> depuis 1980, telle que compilée par le Earth System Research Laboratory.

**« Certaines analyses coûts-bénéfices estiment qu'un réchauffement climatique de l'ordre de 1 à 2 °C serait bénéfique pour l'humanité. »**

22. Agence internationale de l'énergie, *Key World Statistics 2014*, 2014, p. 6.

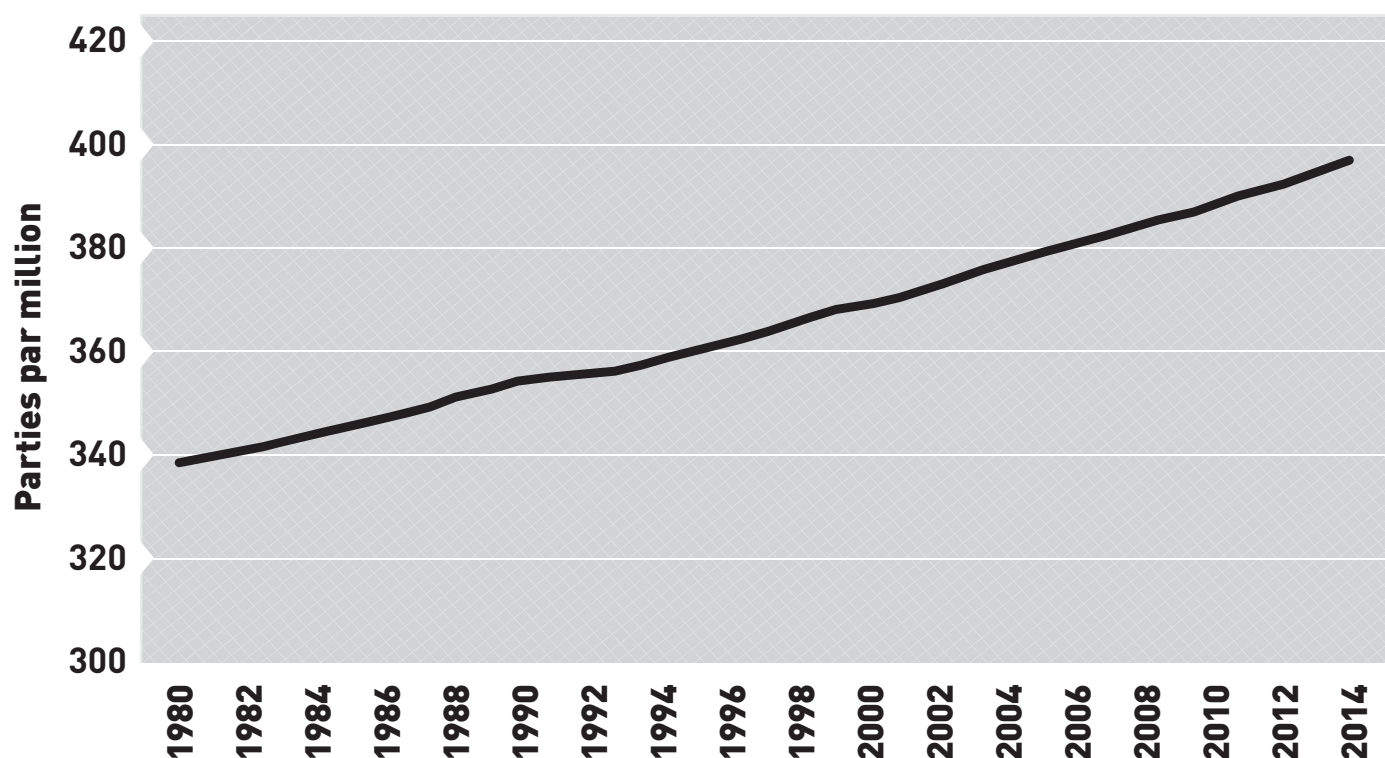
23. Ottmar Edenhofer et al., « Summary for Policymakers », dans Ottmar Edenhofer et al. (dir.), *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change*, Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, GIEC, 2014, p. 13.

24. Oceans at MIT, News, 400 ppm CO<sub>2</sub>? Add Other GHGs, and it's Equivalent to 478 ppm, 6 juin 2013.

25. Earth System Research Laboratory, Trends in Atmospheric Carbon Dioxide, Recent Global CO<sub>2</sub>, 9 octobre 2015.

Figure 1-8

### Concentration atmosphérique mondiale de CO<sub>2</sub>, 1980-2014



Source : Earth System Research Laboratory, Trends in Atmospheric Carbon Dioxide, Globally averaged marine surface annual mean data, 5 octobre 2015.

### 13. Quelle réduction d'émissions devra-t-on atteindre si l'on veut respecter la cible de 2 °C?

En raison de la longue durée de vie atmosphérique du CO<sub>2</sub>, le niveau des émissions de CO<sub>2</sub> déjà accumulées dans l'atmosphère joue un rôle important dans la détermination de la température moyenne sur la surface terrestre pour les décennies à venir.

Le « budget carbone », ou « budget d'émissions », représente le seuil d'émissions de CO<sub>2</sub> accumulées depuis la période préindustrielle à ne pas dépasser d'ici 2100 pour respecter une cible de température donnée. Parmi les différents modèles utilisés par le GIEC, la majorité estiment que le budget carbone permettant de respecter la limite de 2 °C est de 2900 milliards de tonnes de CO<sub>2</sub>. En 2011, les émissions avaient comblé environ les deux tiers du budget carbone<sup>26</sup>.

Ces modèles estiment que les émissions cumulatives de CO<sub>2</sub> restantes pour le respect du budget lors de la période 2012-2100 doivent être contenues entre 630 et 1180 milliards de tonnes de CO<sub>2</sub><sup>27</sup>. Compte tenu du rythme actuel de réduction des émissions de GES selon les politiques existantes, le budget carbone pourrait être épuisé vers 2034<sup>28</sup>.

Il est toutefois possible d'atteindre l'objectif du 2 °C même en dépassant temporairement le budget carbone à court terme. Ce dépassement doit cependant être ultérieurement compensé (vers 2065) par un solde mondial négatif en carbone. Un tel scénario est réalisable si les émissions anthropogéniques de GES à un certain moment sont plus que compensées par l'absorption de carbone liée à la reforestation et par le captage et le stockage de CO<sub>2</sub>.

26. Programme des Nations Unies pour l'environnement, *The Emissions Gap Report 2014: A UNEP Synthesis Report*, novembre 2014, p. 2.

27. *Idem*.

28. Price Waterhouse Cooper, « Le budget carbone du GIEC provisionné pour 2100 en passe d'être épuisé d'ici 2034 », Communiqué de presse, 14 novembre 2013.

Tableau 1-2

### Émissions nettes requises pour respecter la limite de 2 °C avec une probabilité supérieure à 66 %, en gigatonnes de CO<sub>2</sub>

| PÉRIODE                            | 2015-2025 | 2025-2050 | 2050-2075 | 2075-2100 |
|------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Émissions nettes de chaque période | 370       | 506       | 48        | -299      |

**Source :** Il s'agit d'une médiane basée sur 19 scénarios différents. Programme des Nations Unies pour l'environnement, *The Emissions Gap Report 2014: A UNEP Synthesis Report*, novembre 2014, p. 15.

Tableau 1-3

### Émissions annuelles mondiales maximales et changements par rapport aux émissions de 1990 et 2010 pour respecter la limite de 2 °C avec une probabilité supérieure à 66 %, en gigatonnes d'équivalent CO<sub>2</sub>

| ANNÉE                                      | 1990 | 2010 | 2020  | 2025  | 2030  | 2050  | 2100   |
|--------------------------------------------|------|------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Niveau (Gt <sub>eq</sub> CO <sub>2</sub> ) | 37   | 49   | 52    | 47    | 42    | 22    | -3     |
| Changement par rapport à 1990              |      |      | +41 % | +27 % | +14 % | -40 % | -108 % |
| Changement par rapport à 2010              |      |      | +6 %  | -4 %  | -14 % | -55 % | -106 % |

**Source :** Il s'agit d'une médiane basé sur 18 scénarios différents. Calculs des auteurs. Programme des Nations Unies pour l'environnement, *The Emissions Gap Report 2014: A UNEP Synthesis Report*, novembre 2014, p. xvi et 16.

Le Tableau 1-2 illustre l'évolution des émissions nettes jusqu'à la fin du 21<sup>e</sup> siècle qui est requise par le budget carbone afin d'avoir plus de 66 % de probabilité de respecter la limite de 2 °C.

Une autre façon utilisée par le GIEC pour illustrer le même objectif met l'accent sur l'atteinte d'une cible de concentration atmosphérique de 430 à 480 parties par million d'équivalent CO<sub>2</sub> en 2100. Les différents scénarios où il n'y a pas d'efforts supplémentaires de la part des gouvernements pour réduire les émissions de GES arrivent à une concentration atmosphérique de 450 parties par million d'équivalent CO<sub>2</sub> en 2030 et à des concentrations variant entre 750 et 1300 parties par million d'équivalent CO<sub>2</sub> en 2100<sup>29</sup>.

Une stabilisation du réchauffement à 2 °C implique une réduction substantielle des émissions de GES anthropogéniques d'ici 2050. À cette date, en plus de gains d'efficacité énergétique importants, il devra y avoir de trois

à quatre fois plus d'énergie provenant des sources renouvelables, de l'énergie nucléaire et de la bioénergie ou de carburants fossiles jumelés au captage et stockage du carbone. Entre 2040 et 2070, les émissions du secteur énergétique devront être réduites de 90 % par rapport au niveau de 2010<sup>30</sup>.

Le Tableau 1-3 illustre les réductions de GES nécessaires au cours du 21<sup>e</sup> siècle afin de respecter l'objectif de 2 °C.

## 14. Comment ont évolué les émissions de GES depuis la tenue des premières conférences sur la question du réchauffement climatique?

Même si la première conférence mondiale sur le climat s'est tenue il y a plus de 35 ans, les émissions de CO<sub>2</sub> provenant de la consommation de combustibles fossiles n'ont cessé d'augmenter depuis. Elles ont progressé de

29. Ottmar Edenhofer et al., *op. cit.*, note 22, p. 8.

30. *Ibid.*, p. 12 et 18.

Tableau 1-4

**Émissions de CO<sub>2</sub> provenant de la consommation de combustibles fossiles**

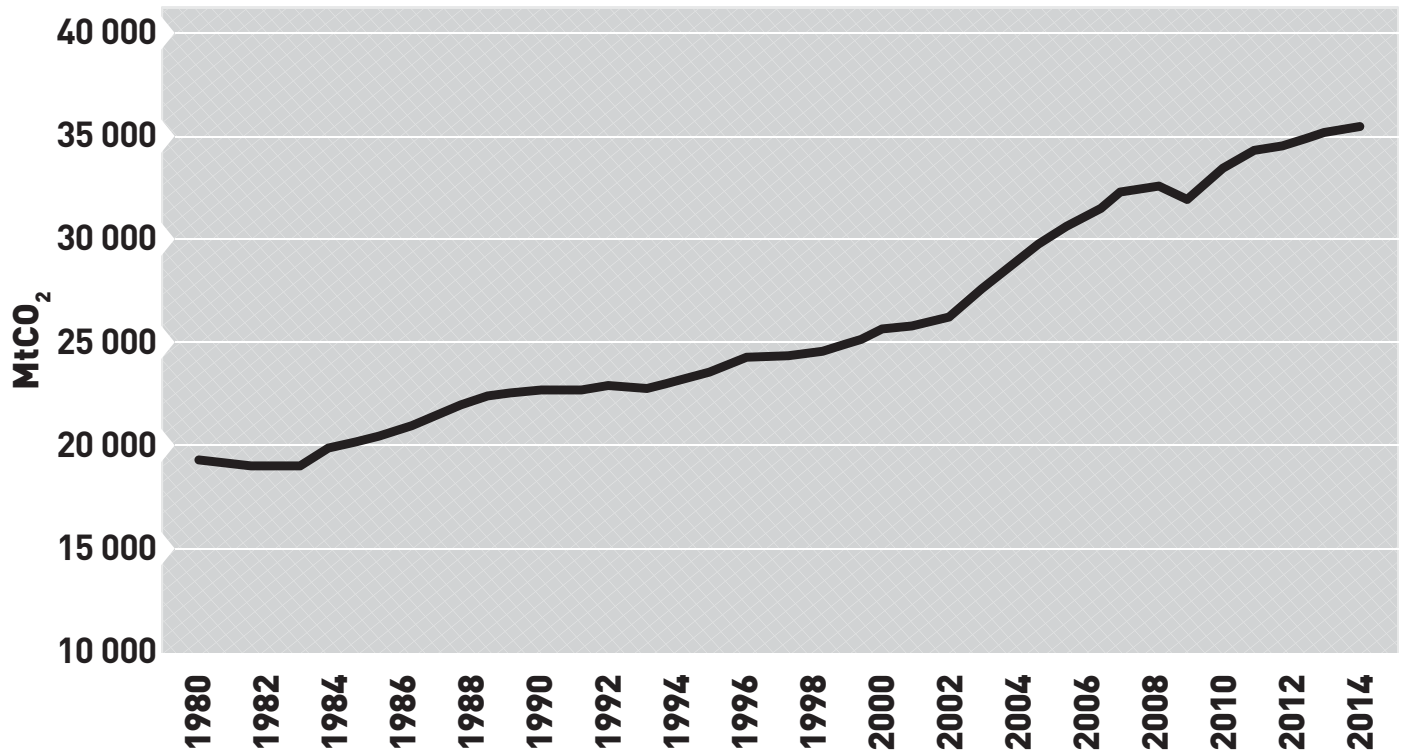
| ANNÉE | CCNUCC            | AUTRES CONFÉRENCES<br>ET ÉVÉNEMENTS IMPORTANTS                                                           | ÉMISSIONS DE CO <sub>2</sub> PROVENANT<br>DE LA CONSOMMATION DE<br>COMBUSTIBLES FOSSILES (MtCO <sub>2</sub> ) |
|-------|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1979  |                   | 1 <sup>e</sup> conférence mondiale sur le climat à Genève                                                | 19 517                                                                                                        |
| 1988  |                   | Création du GIEC                                                                                         | 22 154                                                                                                        |
| 1989  |                   | 2 <sup>e</sup> conférence mondiale sur le climat à La Haye                                               | 22 564                                                                                                        |
| 1990  |                   | 1 <sup>e</sup> rapport du GIEC                                                                           | 22 699                                                                                                        |
| 1992  |                   | Sommet de la Terre de Rio de Janeiro                                                                     | 22 863                                                                                                        |
| 1995  | Berlin            | 2 <sup>e</sup> rapport du GIEC                                                                           | 23 564                                                                                                        |
| 1996  | Genève            |                                                                                                          | 24 185                                                                                                        |
| 1997  | Kyoto             | 2 <sup>e</sup> Sommet de la Terre à New York : Sommet planète Terre +5                                   | 24 423                                                                                                        |
| 1998  | Buenos Aires      |                                                                                                          | 24 510                                                                                                        |
| 1999  | Bonn              |                                                                                                          | 24 853                                                                                                        |
| 2000  | La Haye           |                                                                                                          | 25 501                                                                                                        |
| 2001  | Bonn et Marrakech | 3 <sup>e</sup> rapport du GIEC                                                                           | 25 825                                                                                                        |
| 2002  | New Delhi         |                                                                                                          | 26 436                                                                                                        |
| 2003  | Milan             |                                                                                                          | 27 718                                                                                                        |
| 2004  | Buenos Aires      |                                                                                                          | 29 144                                                                                                        |
| 2005  | Montréal          | Entrée en vigueur du Protocole de Kyoto                                                                  | 30 279                                                                                                        |
| 2006  | Nairobi           | 1 <sup>ère</sup> réunion du Partenariat Asie-Pacifique sur le développement propre et le climat à Sydney | 31 187                                                                                                        |
| 2007  | Bali              | 4 <sup>e</sup> rapport du GIEC                                                                           | 32 307                                                                                                        |
| 2008  | Poznan            | Adoption du « paquet climat-énergie » par le Conseil européen                                            | 32 597                                                                                                        |
| 2009  | Copenhague        |                                                                                                          | 32 004                                                                                                        |
| 2010  | Cancun            |                                                                                                          | 33 471                                                                                                        |
| 2011  | Durban            |                                                                                                          | 34 413                                                                                                        |
| 2012  | Doha              | Conférence de Rio sur le développement durable ou Rio+20                                                 | 34 819                                                                                                        |
| 2013  | Varsovie          |                                                                                                          | 35 312                                                                                                        |
| 2014  | Lima (COP20)      | New York : Sommet 2014 sur le climat – Accélérer l'action<br>5 <sup>e</sup> rapport du GIEC              | 35 499                                                                                                        |

**Sources :** BP, Data workbook – Statistical Review 2015, Carbon Dioxide Emissions (from 1965), juin 2015; Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, Meetings; Nations Unies, Sommet 2014 sur le climat : Accélérer l'action, Foires aux questions; Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Le cinquième Rapport d'évaluation.



Figure 1-9

### Émissions mondiales de CO<sub>2</sub> provenant de la consommation de combustibles fossiles, 1980-2014, en millions de tonnes de CO<sub>2</sub>



Source : BP, Data workbook – Statistical Review 2015, Carbon Dioxide Emissions (from 1965), juin 2015.

84 % de 1980 à 2014. Pour la période 2000-2010, elles ont progressé à un rythme deux fois plus élevé que n'importe quelle autre décennie depuis 1970<sup>31</sup>.

Le Tableau 1-4 et la Figure 1-9 illustrent la progression des émissions de CO<sub>2</sub> provenant de la consommation de combustibles fossiles.

### 15. Les cibles du Protocole de Kyoto ont-elles été respectées?

Selon les chiffres préliminaires, les émissions de gaz à effets de serre des pays participant au Protocole de Kyoto ont été réduites de 22,6 % par rapport à l'année de référence, 1990<sup>32</sup>. La cible globale a été largement

dépassée, mais ce n'est pas le cas pour chacun des pays participants. La Figure 1-10 illustre l'écart en pourcentage des émissions de GES par rapport à la cible initiale.

Au Canada, aucune des provinces n'a respecté la cible canadienne de réduction des émissions de GES, qui était de 6 % en dessous du niveau de 1990 pour la période 2008-2012. Le Québec n'a cependant excédé la cible que de 1 % tandis que la Saskatchewan l'a dépassée de 66 % (voir Figure 1-11).

« Même si la première conférence mondiale sur le climat s'est tenue il y a plus de 35 ans, les émissions de CO<sub>2</sub> provenant de la consommation de combustibles fossiles n'ont cessé d'augmenter depuis. »

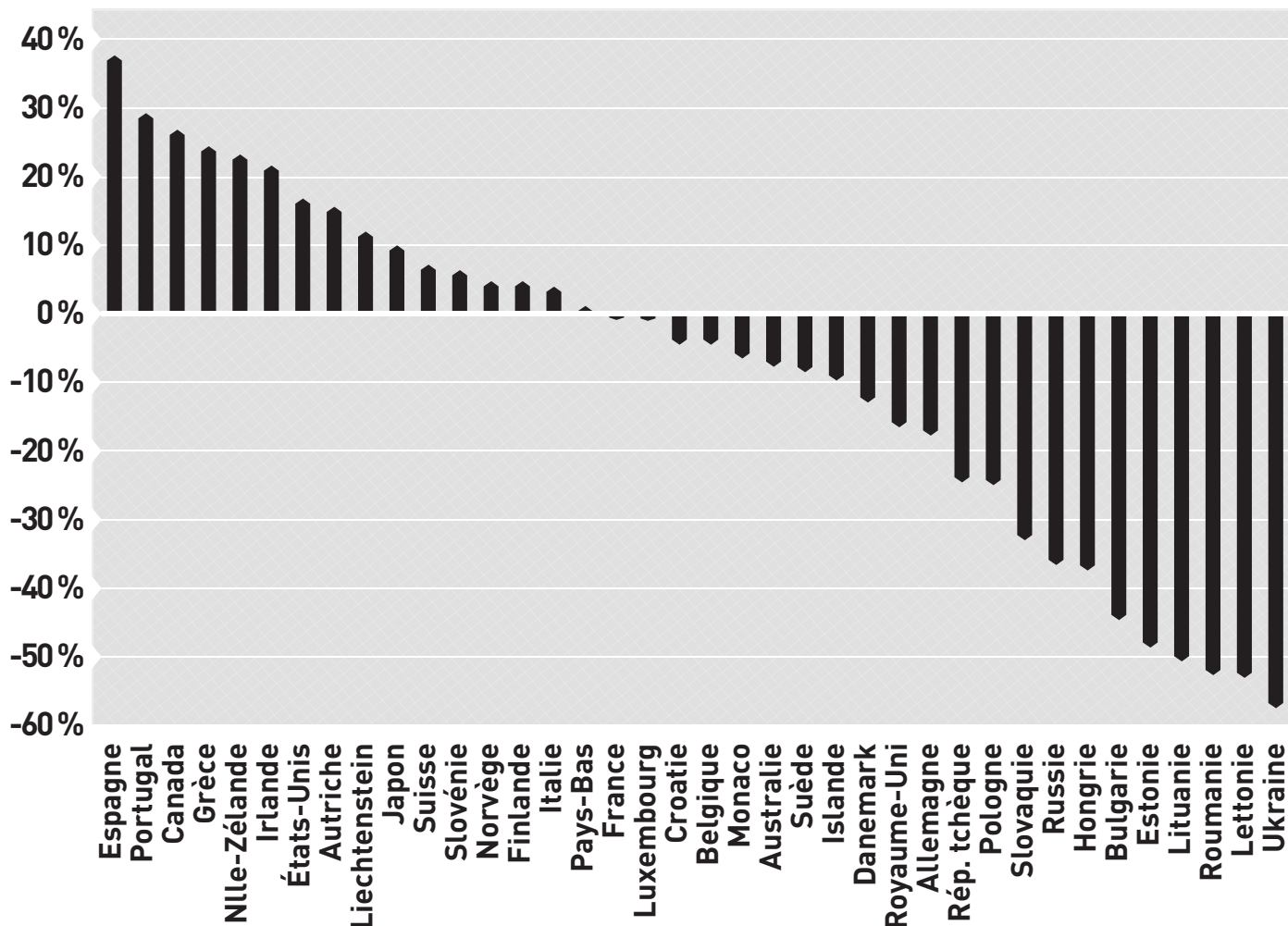
31. BP, Data workbook – Statistical Review 2015, Carbon Dioxide Emissions (from 1965), juin 2015.

32. Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, « The Kyoto Protocol – A Critical Step Forward: Emissions of Countries with Targets Fell Faster than Expected », 13 février 2015, p. 1.



Figure 1-10

## Écart entre les émissions réelles et les objectifs de réduction de GES dans le Protocole de Kyoto



**Note :** Les États-Unis ne font pas partie du Protocole de Kyoto, alors que le Canada n'en fait plus partie depuis 2012. Nous les avons ajoutés à titre informatif.

**Sources :** Calculs des auteurs. Nations Unies, *Protocole de Kyoto à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques*, article 3, 1998; Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, *Kyoto Protocol Reference Manual on Accounting of Emissions and Assigned Amount*, 2008, p. 55; Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, *Time series – Annex I, Data for greenhouse gas (GHG) total*.

## 16. Le Protocole de Kyoto a-t-il été un succès ou un échec?

Le fait qu'une entente impliquant un grand nombre de parties aux intérêts divergents ait été conclue représente un succès en soi, d'autant plus que la cible globale de réductions fixée a été respectée<sup>33</sup>.

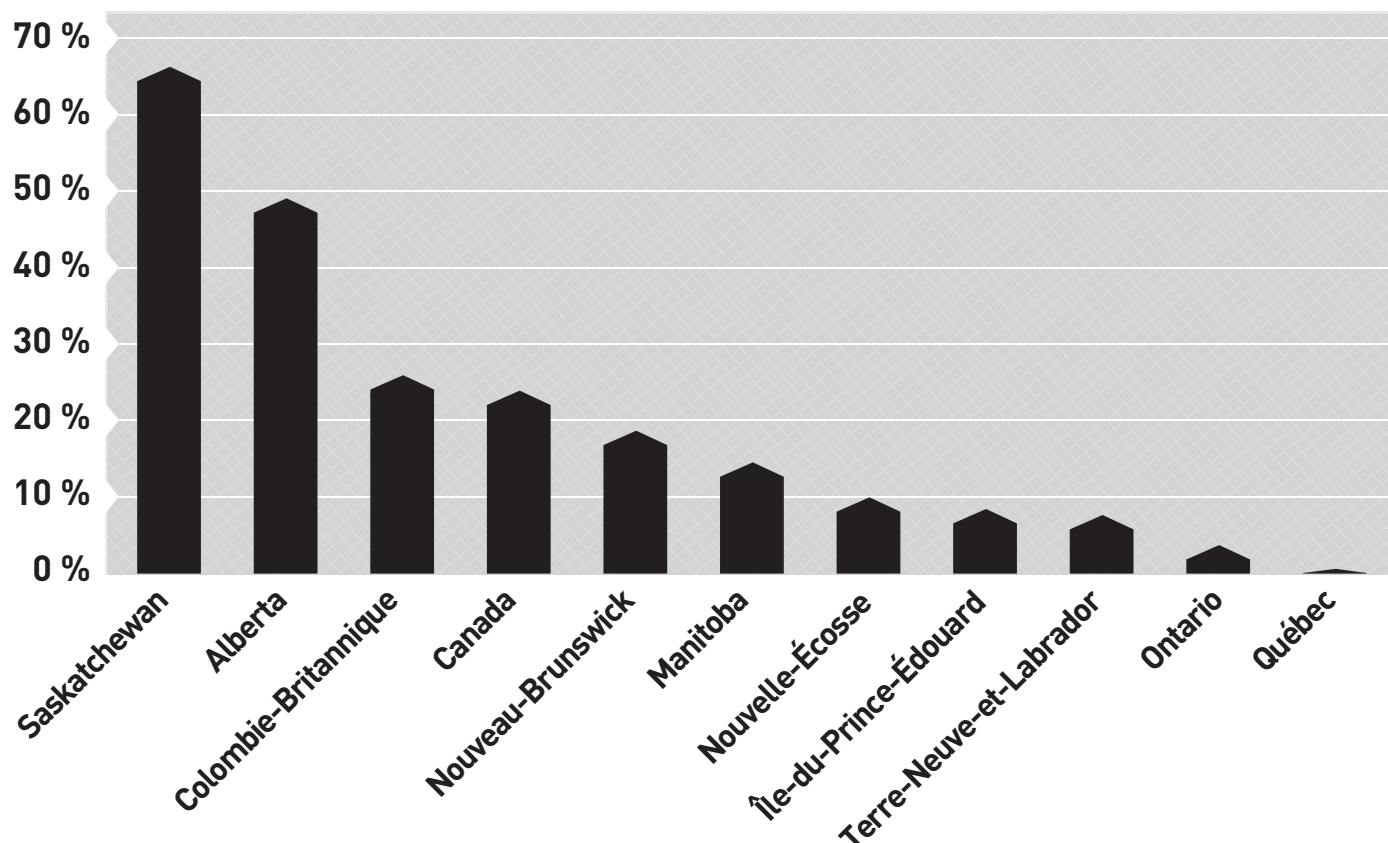
Cependant, l'impact sur les émissions globales et la température, qui en constituait l'objectif ultime, a été marginal. Les émissions mondiales de CO<sub>2</sub> provenant de la consommation des combustibles fossiles étaient supérieures de 53 % en 2012 à ce qu'elles étaient en 1990<sup>34</sup>. Dans l'hypothèse où tous les pays avaient adop-

33. Pour évaluer concrètement l'efficacité du Protocole de Kyoto, il faudrait être en mesure de déterminer s'il a permis d'atteindre les cibles ou si elles auraient tout de même été atteintes sans entente. Il faudrait tenir compte, entre autres, de l'impact de la crise économique de 2008-2009 et de la chute du bloc de l'Est.

34. BP, *Data workbook – Statistical Review 2015*, Carbon Dioxide Emissions (from 1965), juin 2015.

Figure 1-11

### Écart entre les émissions réelles et les objectifs de réduction de GES pour le Canada dans le Protocole de Kyoto



**Sources :** Gouvernement du Canada, Tableaux des émissions de gaz à effet de serre pour le Canada et par province / territoire, 1990–2013, 24 août 2015; Nations Unies, *Protocole de Kyoto à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques*, Annexe B, 1998.

té le Protocole de Kyoto, on estime que l'augmentation de la température atmosphérique aurait été réduite de seulement 0,004 °C vers la fin du 21<sup>e</sup> siècle<sup>35</sup>.

Le Protocole de Kyoto exigeait des efforts de la part des pays développés seulement, bien que les pays émergents et en développement soient responsables d'une part croissante des émissions. Les pays non-membres de l'OCDE n'étaient responsables que de 46 % des émissions en 1990, comparativement à une projection de près de 70 % en 2040 (voir Figure 1-12).

De plus, les États-Unis, plus grand émetteur jusqu'au milieu des années 2000, n'ont pas ratifié le Protocole. Pour sa part, le Canada s'est officiellement retiré du Protocole en 2012<sup>36</sup>.

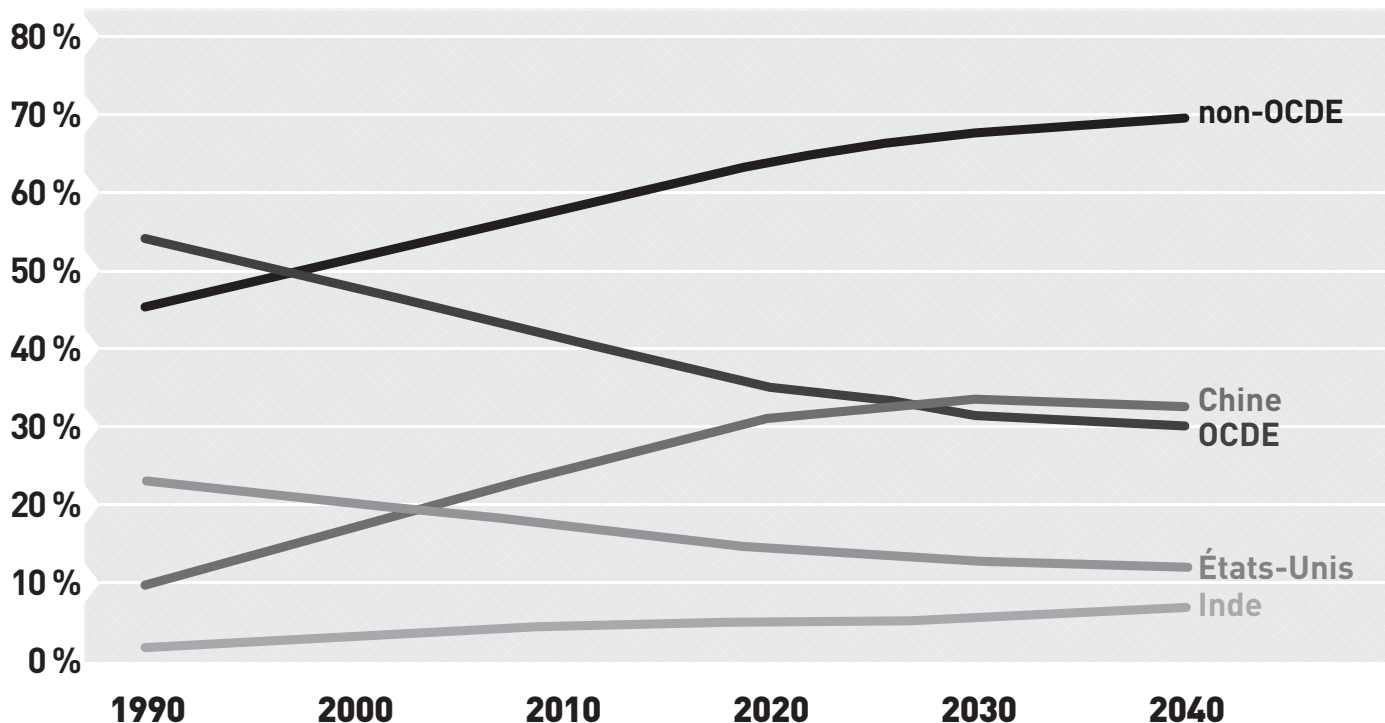
« Les pays non-membres de l'OCDE n'étaient responsables que de 46 % des émissions en 1990, comparativement à une projection de près de 70 % en 2040. »

35. Bjørn Lomborg, « Examining the Threats Posed by Climate Change: The Effects of Unchecked Climate Change on Communities and the Economy », The Senate EPW Committee, Subcommittee on Clean Air and Nuclear Safety, 29 juillet 2014, p. 15.

36. Nations Unies, « C.N.796.2011.TREATIES-1 (Notification dépositaire), Canada : Retrait », 16 décembre 2011.

Figure 1-12

### Proportion des émissions pour les pays de l'OCDE, les pays non-membres de l'OCDE, les États-Unis, la Chine et l'Inde, 1990-2040



**Note :** En l'absence de données compatibles pour l'année 2000, nous avons effectué une tendance linéaire pour compléter la série.

**Source :** U.S. Energy Information Administration, *International Energy Outlook 2013: With Projections to 2040*, juillet 2013, p. 162.

Compte tenu que le Protocole de Kyoto avait pour objectif une réduction des émissions globales, ces facteurs viennent grandement atténuer ses mérites.

### 17. Quelles ont été les avancées depuis le Protocole de Kyoto?

Depuis la ratification du protocole de Kyoto, il y a eu quelques avancées mineures dans les négociations internationales, dont voici les principales :

- **Accord de Copenhague (2009)**

Tout comme la Conférence de Paris de 2015 paraît cruciale pour l'atteinte d'un accord visant à réduire les émissions après 2020, la Conférence de Copenhague de 2009 représentait une date butoir pour la poursuite du Protocole de Kyoto après son expiration en 2012.

Les négociations n'ont pas abouti aux résultats escomptés puisque l'accord de Copenhague, approuvé par 141 parties, est non contraignant<sup>37</sup>. Les participants se sont engagés de façon volontaire à réduire ou limiter les émissions jusqu'en 2020.

La conférence a tout de même donné naissance à deux idées qui sont toujours cruciales dans le cadre des négociations menant à la COP21 de 2015. La première est la définition précise de l'objectif à atteindre, soit la limitation du réchauffement planétaire à long terme à 2 °C. La seconde est l'importance d'inclure les pays en développement dans les efforts de réduction et l'engagement financier des pays développés par l'entremise du Fonds vert pour le climat, pour faciliter cette transition<sup>38</sup>.

37. Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, Copenhague Accord; Nations Unies, L'ONU et le changement climatique, Vers un accord sur le climat.

38. Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, « Draft decision -/CP.15 », Conference of the Parties: Fifteenth Session, 18 décembre 2009.

### • La Conférence de Durban (2011)

L'importance qu'on accorde à la Conférence de Paris provient d'une décision prise lors de la Conférence de Durban de 2011 de tenir des négociations internationales afin d'arriver à un accord contraignant pour l'année 2015<sup>39</sup>.

### • La Conférence de Doha (2012)

Les négociations à la Conférence de Doha ont abouti à l'engagement de 38 parties à une deuxième ronde du Protocole de Kyoto, pour la période 2013 à 2020<sup>40</sup>, en attendant qu'un nouvel accord contraignant, qui serait signé à Paris en 2015, entre en vigueur. Les émissions des parties signataires ne représentent que 14 % des émissions mondiales<sup>41</sup>.

### • La Conférence de Lima (2014)

Les pays se sont entendus pour que chacun dépose une « contribution prévue déterminée au niveau national » (INDC) en 2015, avant la Conférence de Paris. Les INDC sont les plans d'action proposés pour chaque pays détaillant les efforts de réduction d'émissions pour la période suivant 2020<sup>42</sup>.

## 18. Quels sont les principaux engagements nationaux et accords internationaux qui serviront de base aux négociations à la Conférence de Paris?

À la fin de 2014, la Chine et les États-Unis, les deux plus grands émetteurs de carbone de la planète avec 40 % des émissions totales, ont conclu un accord sur le climat. Les États-Unis se sont engagés à réduire les émissions de GES de 26 à 28 % par rapport au niveau de 2005, et ce, d'ici 2025. La Chine, quant à elle, s'engage à ce que le sommet de ses émissions de GES soit atteint en 2030 et que la part de son énergie ne provenant pas des carburants fossiles grimpe à 20 %<sup>43</sup>.

À une rencontre du G7 en juin 2015, les États-Unis, l'Allemagne, le Japon, la France, le Canada, l'Italie et le Royaume-Uni se sont engagés à transformer leur secteur

énergétique d'ici 2050 afin de contribuer à réduire de 40 à 70 % les émissions mondiales de GES par rapport à 2010 et pour atteindre la neutralité carbone en 2100<sup>44</sup>.

Le 3 août 2015, le président des États-Unis a dévoilé le « Clean Power Plan », soit un plan d'action détaillé qui permettra au pays d'atteindre ses objectifs de réduction de GES. Le plan repose essentiellement sur l'imposition de standards de pollution aux centrales électriques. De nouveaux objectifs ont aussi été annoncés : en 2030, les émissions de GES devront être réduites de 32 % par rapport aux niveaux de 2005<sup>45</sup>.

L'Union européenne avait conclu un accord en 2014 qui visait à réduire les émissions de 40 % par rapport au niveau de 1990 dès 2030<sup>46</sup>. En septembre 2015, les 28 ministres de l'Environnement de l'Union européenne ont confirmé leur engagement en ciblant l'année 2020 comme sommet de leurs émissions et 2050 pour une réduction de 50 % par rapport au niveau de 1990<sup>47</sup>.

« En l'absence de réduction d'émissions de GES plus ambitieuses, la température s'élèverait de 2,6 °C en 2100 et de 3,5 °C à plus long terme. »

Bien que ces accords semblent encourageants, ils ne représentent que les contributions déjà proposées, qui sont insuffisantes pour respecter la limite du 2 °C, comme nous le verrons à la Question 19. De plus, il se peut très bien que les accords représentent des tendances que les dirigeants des différents pays pensent pouvoir atteindre sans efforts majeurs. Par exemple, une étude de l'Académie chinoise des sciences sociales estime que le ralentissement du rythme d'urbanisation en Chine fait en sorte que les émissions devraient naturellement atteindre un sommet vers 2025-2030<sup>48</sup>.

39. Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, Ad Hoc Working Group on the Durban Platform for Enhanced Action (ADP).

40. Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, Kyoto Protocol.

41. Commission Européenne, Doha Climate Change Conference (COP18/CMP8), décembre 2012.

42. Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, « Lima Call for Climate Action Puts World on Track to Paris 2015 », Communiqué de presse, 14 décembre 2014.

43. The White House Office of the Press Secretary, « FACT SHEET: U.S.-China Joint Announcement on Climate Change and Clean Energy Cooperation », Communiqué de presse, 11 novembre 2014.

44. « Why the G7 is talking about decarbonisation », *The Economist*, 10 juin 2015.

45. The White House, Climate Change and President Obama's Action Plan.

46. C'est d'ailleurs ces cibles qui ont été soumises au CCNUCC pour l'INDC. Voir Latvian Presidency of the Council of the European Union, « Submission by Latvia and the European Commission on Behalf of the European Union and its Member States », 6 mars 2015, p. 1; Arthur Neslen, « EU leaders agree to cut greenhouse gas emissions by 40% by 2030 », *The Guardian*, 24 octobre 2014.

47. Barbara Lewis, « EU ministers unite on climate mandate ahead of Paris summit », Reuters, 18 septembre 2015.

48. David Stanway, « UPDATE 3-China, US agree limits on emissions, but experts see little new », Reuters, 12 novembre 2014.

## 19. Les contributions prévues déterminées au niveau national (INDC) proposées seront-elles suffisantes?

Climate Action Tracker, une équipe formée de plusieurs organisations scientifiques indépendantes, a analysé les INDC soumises en date du 1<sup>er</sup> octobre 2015. Les pays couverts par l'analyse représentaient 71 % des émissions globales. Selon le groupe, il faudrait que les émissions de GES prévues pour 2030 soient réduites de 30 % pour qu'on ait une probabilité de 66 % de respecter la limite du 2 °C, sans quoi la température globale aura augmenté de 2,7 °C en 2100<sup>49</sup>.

La conclusion est similaire pour l'Agence internationale de l'énergie qui se sert des INDC remis en date du 14 mai 2015 pour évaluer l'impact sur le climat des efforts proposés. En l'absence de réduction d'émissions de GES plus ambitieuses, la température s'élèverait de 2,6 °C en 2100 et de 3,5 °C à plus long terme. Pour atteindre la cible de 2 °C, l'Agence estime que les émissions de CO<sub>2</sub> devraient décliner dès 2020, alors qu'elle projette qu'elles seront toujours croissantes en 2030 selon les INDC proposées<sup>50</sup>.

Les Nations Unies évaluent aussi que les INDC proposées en date du 1<sup>er</sup> octobre seront insuffisantes pour pespecter la cible du deux degrés avec une probabilité de 66 %. Ils estiment que les émissions globales seraient de 19 % supérieures en 2020 et de 35 % trop élevées en 2030 si les INDC étaient respectées à la lettre<sup>51</sup>.

## 20. Pourquoi est-il si difficile d'atteindre un accord global?

Les externalités négatives des activités émettrices de GES ne sont pas uniquement supportées par les citoyens du pays émetteur puisqu'elles sont exportées à leurs voisins et au reste de la planète. Par le fait même, les bénéfices de la réduction de GES ne sont pas uniquement captés par le pays mettant en place des politiques de mitigation, mais par tous les pays. Les gouvernements ont donc une incitation à se comporter en passager clandestin, c'est-à-dire à bénéficier des ré-

ductions de GES des autres sans contribuer eux-mêmes aux efforts de réduction qui imposeraient des coûts à leurs citoyens.

Afin d'éliminer cette incitation et de s'assurer que tous les pays respectent leur engagement, il est logique de tenter d'établir un accord international contraignant qui imposeraient des pénalités pour le non-respect des cibles. La nécessité d'imposer un accord contraignant vient cependant diminuer les chances de signature d'un tel accord, les pays préférant des cibles de réduction volontaires et non contraignantes.

Les contextes économiques divergents des différents pays rendent aussi la signature d'un accord contraignant très difficile. Le principe des « responsabilités communes, mais différenciées », qui reconnaît que tous les pays ont un rôle à jouer mais qui tient compte des particularités de chacun, illustre bien les divergences d'intérêts entre les pays développés et en développement.

« Les gouvernements ont une incitation à se comporter en passager clandestin, à bénéficier des réductions de GES des autres sans contribuer eux-mêmes aux efforts de réduction. »

Les pays développés, qui sont responsables de la majorité des émissions de GES à ce jour, auront un impact moindre dans le futur puisque la proportion des émissions en provenance des pays moins développés est croissante. De plus, les impacts des changements climatiques qui ont jusqu'à maintenant été causés par les émissions des pays développés seront davantage ressentis chez les pays en développement. Leur plus faible capacité d'adaptation, qui est proportionnelle au niveau de richesse, les rend plus vulnérables.

Les pays développés ne signeront pas d'accord contraignant sans une contribution non négligeable de ceux dont le taux de croissance sera élevé au cours des prochaines années. De leur côté, les pays moins riches exigent des cibles adaptées à leur situation et un appui financier à leur transition énergétique, puisque leur niveau de richesse actuel ne leur permet pas de se priver de l'énergie bon marché fournie par les combustibles fossiles.

La « finance climatique » est la solution préconisée. Elle permet le transfert de ressources financières des pays développés vers les pays en développement pour l'atténuation et l'adaptation aux changements climatiques.

49. Johannes Gütschow et al., « INDCs lower projected warming to 2.7°C: significant progress but still above 2°C », Climate Action Tracker, 1 octobre 2015, p. 1 et 5.

50. Agence internationale de l'énergie, *World Energy Outlook Special Report 2015: Energy and Climate Change*, 2015, p. 12 et 13.

51. Nations Unies, *Synthesis report on the aggregate effect of the intended nationally determined contributions*, Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, Report of the Ad Hoc Working Group on the Durban Platform for Enhanced Action, 30 octobre 2015.



Certains mécanismes, comme le Fonds d'adaptation et le Mécanisme de développement propre, créés pour les parties du Protocole de Kyoto, ainsi que le Fonds pour l'environnement mondial, permettent déjà le financement de projets liés aux changements climatiques dans les pays en transition.

Dans le cadre des négociations de Paris 2015, le Fonds vert pour le climat, mis sur pied pour aider à atteindre les objectifs de la CCNUCC, aura une influence déterminante sur la signature d'un accord contraignant incluant les pays en voie de développement. Les pays développés ont promis en 2009 et en 2010, dans le cadre des négociations de Copenhague et de Cancun, de mobiliser 30 milliards de dollars pour la période 2010-2012 et 100 milliards de dollars par année à partir de 2020 pour la transition énergétique des pays en développement<sup>52</sup>. Cependant, en date du 5 octobre 2015, seulement 10,2 milliards de dollars ont été promis pour la capitalisation initiale du fonds<sup>53</sup>.

## Bibliographie

AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE, *Key World Statistics 2014*, 2014.

AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE, *World Energy Outlook Special Report 2015: Energy and Climate Change*, 2015.

ALLEY Richard B. et al., « Summary for Policymakers », dans S. Solomon et al. (dir.), *Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, GIEC, 2007.

BANQUE MONDIALE, Données, Population totale, 24 septembre 2015.

BOITIER Baptiste, « CO2 emissions production-based accounting vs consumption: Insights from the WIOD databases », Final WIOD Conference: Causes and Consequences of Globalization Groningen, avril 2012.

BP, Data workbook - Statistical Review 2015, Carbon Dioxide Emissions (from 1965), juin 2015.

CARTER Neil, *The Politics of the Environment: Ideas-Activism-Policy*, second edition, Cambridge University Press, 2007.

COMMISSION EUROPÉENNE, Doha Climate Change Conference (COP18/CMP8), décembre 2012.

CONVENTION-CADRE DES NATIONS UNIES SUR LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES, Ad Hoc Working Group on the Durban Platform for Enhanced Action (ADP).

CONVENTION-CADRE DES NATIONS UNIES SUR LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES, Copenhagen Accord.

CONVENTION-CADRE DES NATIONS UNIES SUR LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES, « Draft decision -/CP.15 », Conference of the Parties: Fifteenth Session, 18 décembre 2009.

CONVENTION-CADRE DES NATIONS UNIES SUR LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES, Kyoto Protocol.

CONVENTION-CADRE DES NATIONS UNIES SUR LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES, *Kyoto Protocol Reference Manual on Accounting of Emissions and Assigned Amount*, 2008.

CONVENTION-CADRE DES NATIONS UNIES SUR LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (CCNUCC), La Convention, 2015.

CONVENTION-CADRE DES NATIONS UNIES SUR LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES, « Lima Call for Climate Action Puts World on Track to Paris 2015 », Communiqué de presse, 14 décembre 2014.

CONVENTION-CADRE DES NATIONS UNIES SUR LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES, Meetings; Nations Unies, Sommet 2014 sur le climat : Accélérer l'action, Foires aux questions.

CONVENTION-CADRE DES NATIONS UNIES SUR LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES, Time series - Annex I, Data for greenhouse gas (GHG) total.

EARTH SYSTEM RESEARCH LABORATORY, Trends in Atmospheric Carbon Dioxide, Globally averaged marine surface annual mean data, 5 octobre 2015.

EARTH SYSTEM RESEARCH LABORATORY, Trends in Atmospheric Carbon Dioxide, Recent Global CO<sub>2</sub>, 9 octobre 2015.

EDENHOFER Ottmar et al., « Summary for Policymakers », dans Ottmar Edenhofer et al. (dir.), *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change, Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, GIEC, 2014.

ENVIRONNEMENT CANADA, Potentiels de réchauffement planétaire, 17 avril 2015.

ENVIRONNEMENT CANADA, *Rapport d'inventaire national 1990-2013 : Sources et puits de gaz à effet de serre au Canada – Sommaire*, La proposition canadienne concernant la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, 2015.

ENVIRONNEMENT CANADA, « Sables bitumineux : Une ressource stratégique pour le Canada, l'Amérique du Nord et le marché mondial – Émissions de GES », 2015.

FRIEDLINGSTEIN Pierre et al., « Persistent Growth of CO<sub>2</sub> Emissions and Implications for Reaching Climate Target », *Nature Geoscience*, vol. 7, 21 septembre 2014.

GOVERNEMENT DU CANADA, Tableaux des émissions de gaz à effet de serre pour le Canada et par province / territoire, 1990-2013, 24 août 2015.

GREEN CLIMATE FUND, « Status of Pledges and Contributions Made to the Green Climate Fund », 5 octobre 2015.

52. Richard K. Lattanzio, « International Climate Change Financing: The Green Climate Fund (GCF) », Congressional Research Service, 17 novembre 2014, p. 4.

53. Green Climate Fund, « Status of Pledges and Contributions Made to the Green Climate Fund », 5 octobre 2015.



GROUPE D'EXPERTS INTERGOUVERNEMENTAL SUR L'ÉVOLUTION DU CLIMAT, Le cinquième Rapport d'évaluation.

GROUPE D'EXPERTS INTERGOUVERNEMENTAL SUR L'ÉVOLUTION DU CLIMAT, *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre – Volume 1 : Orientations générales et établissement des rapports*, 2006.

GROUPE D'EXPERTS INTERGOUVERNEMENTAL SUR L'ÉVOLUTION DU CLIMAT (GIEC), Rapport du Groupe de travail II - Conséquences, adaptation et vulnérabilité, D. Connaissances actuelles sur les réponses au changement climatique.

GÜTSCHOW Johannes et al., « INDCs lower projected warming to 2.7°C: significant progress but still above 2°C », *Climate Action Tracker*, 1 octobre 2015.

LATTANZIO Richard K., « International Climate Change Financing: The Green Climate Fund (GCF) », *Congressional Research Service*, 17 novembre 2014.

LATVIAN PRESIDENCY OF THE COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION, « Submission by Latvia and the European Commission on Behalf of the European Union and its Member States », 6 mars 2015.

LEISEROWITZ Anthony et al., *What's in a Name? Global Warming Versus Climate Change*, Yale Project on Climate Change Communication et George Mason University Center for Climate Change Communication, mai 2014.

LEWIS Barbara, « EU ministers unite on climate mandate ahead of Paris summit », *Reuters*, 18 septembre 2015.

LOMBORG Bjørn, « Examining the Threats Posed by Climate Change: The Effects of Unchecked Climate Change on Communities and the Economy », The Senate EPW Committee, Subcommittee on Clean Air and Nuclear Safety, 29 juillet 2014.

NASA EARTH OBSERVATORY, *Is Current Warming Natural?*

NATIONS UNIES, « C.N.796.2011.TREATIES-1 (Notification dépositaire), Canada : Retrait », 16 décembre 2011.

NATIONS UNIES, *Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques*, Article premier, 1992.

NATIONS UNIES, L'ONU et le changement climatique, Vers un accord sur le climat.

NATIONS UNIES, *Protocole de Kyoto à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques*, 1998.

NESLEN Arthur, « EU leaders agree to cut greenhouse gas emissions by 40% by 2030 », *The Guardian*, 24 octobre 2014.

OCEANS AT MIT, News, 400 ppm CO<sub>2</sub>? Add Other GHGs, and it's Equivalent to 478 ppm, 6 juin 2013.

PARIS 2015, Qu'est-ce que la COP21/CMP11?, 2015.

PETERS Glen P. et al., « Growth in emission transfers via international trade from 1990 to 2008 », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 108, no 21, 24 mai 2011.

PRICE WATERHOUSE COOPER, « Le budget carbone du GIEC provisionné pour 2100 en passe d'être épuisé d'ici 2034 », Communiqué de presse, 14 novembre 2013.

PROGRAMME DES NATIONS UNIES POUR L'ENVIRONNEMENT, *The Emissions Gap Report 2014: A UNEP Synthesis Report*, novembre 2014,

SHLEIFER Andrei et TREISMAN Daniel, « Normal Countries: The East 25 Years After Communism », *Foreign Affairs*, 2014.

STANWAY David, « UPDATE 3-China, US agree limits on emissions, but experts see little new », *Reuters*, 12 novembre 2014.

STATISTIQUE CANADA, Tableau CANSIM 051-0001 : Estimations de la population, selon le groupe d'âge et le sexe au 1<sup>er</sup> juillet, Canada, provinces et territoires, 1990-2013.

STATISTIQUE CANADA, Tableau CANSIM 126-0001 : Approvisionnement et utilisation du pétrole brut et équivalent, annuel (mètres cubes), 2012.

THE ECONOMIST, « Why the G7 is talking about decarbonisation », 10 juin 2015.

THE WHITE HOUSE, *Climate Change and President Obama's Action Plan*.

THE WHITE HOUSE OFFICE OF THE PRESS SECRETARY, « FACT SHEET: U.S.-China Joint Announcement on Climate Change and Clean Energy Cooperation », Communiqué de presse, 11 novembre 2014.

TOL Richard S. J., *Economic impacts of climate change*, Département d'économie, Université de Sussex, Working Paper Series, no 75-2015, 2015.

TOL Richard S. J., « The Economic Effects of Climate Change », *Journal of Economic Perspectives*, vol. 23, no 2, 2009.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, *Climate Change Indicators in the United States, Global Greenhouse Gas Emissions*, mai 2014.

U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION, *International Energy Outlook 2013: With Projections to 2040*, juillet 2013.

WORLD RESOURCES INSTITUTE, CAIT - Historical Emissions Data (Countries, U.S. States, UNFCCC), Total GHG Emissions Excluding Land-Use Change and Forestry – 2012, 22 juin 2015.

## CHAPITRE 2

### Les mesures gouvernementales et leur efficacité

Les nations du monde, avec ou sans protocole global, agissent déjà pour mesurer, limiter et réduire leurs émissions de gaz à effet de serre. Certes, un accord global représente un outil idéal pour garantir que les concentrations de GES demeurent dans les limites prescrites afin de réduire les probabilités d'événements catastrophiques. En agissant de concert, tous les pays obtiennent l'assurance que leurs efforts seront complétés par des efforts similaires dans les autres pays et qu'ils ne seront pas seuls à subir les conséquences économiques des contraintes imposées.

À défaut d'une convention globale, bien des gouvernements des pays développés souhaiteront tout de même convaincre leur population qu'ils agissent pour limiter ou diminuer les émissions de GES parce qu'il existe une demande politique pour de telles mesures. Au Canada, l'adoption de mesures contre les changements climatiques est un facteur important pour près d'un électeur sur deux<sup>54</sup>. Bien qu'il se situe après les préoccupations économiques, la santé, l'emploi et la sécurité, cet enjeu demeure parmi les plus importants.

Il faut cependant distinguer les gesticulations politiques des actions réelles. Bien des politiciens parlent des changements climatiques et font des annonces en s'engageant à limiter ou réduire les émissions nationales dans un futur plus ou moins lointain, sachant qu'un autre gouvernement les aura remplacés lors de l'échéance.

Au-delà des discours, les mesures adoptées doivent être jugées selon leurs résultats. Certaines mesures sont plus efficaces que d'autres au chapitre de la réduction d'émissions engendrées. Leurs impacts économiques ou sociaux varient également.

#### A. Le marché du carbone

La plupart des experts et scientifiques s'entendent pour affirmer que l'imposition d'une taxe sur le carbone ou la création d'un marché du carbone représentent deux

mécanismes parmi les plus efficaces pour limiter les émissions de GES et pour réduire la probabilité de catastrophes climatiques. Ces deux mécanismes, similaires en plusieurs points, visent à établir un prix du carbone, permettant ainsi aux émetteurs d'internaliser le coût social du carbone<sup>55</sup>.

#### Comment fonctionne un marché du carbone?

Un marché du carbone, aussi connu sous le nom plus technique de système de plafonnement et d'échange de droits d'émission de gaz à effet de serre, est simple dans son principe. Il s'agit de limiter les émissions globales d'un ensemble d'États en fixant un plafond d'émissions et de créer des droits d'émission correspondant à ce plafond. Un droit d'émission devient alors indispensable pour émettre une tonne de carbone dans l'atmosphère en se conformant à la loi. Les gouvernements sont chargés de fixer le plafond et de gérer les premières ventes de droits d'émission, que ce soit par une distribution gratuite ou par des ventes aux enchères. C'est la partie « plafonnement ».

« Bien des politiciens parlent des changements climatiques et font des annonces sachant qu'un autre gouvernement les aura remplacés lors de l'échéance. »

Les commerces, les institutions et les industries doivent donc se procurer ces droits en les obtenant gratuitement du gouvernement ou en les achetant sur le marché du carbone (ou bourse du carbone). Elles peuvent aussi, si elles possèdent des droits d'émission inutilisés, les vendre sur le même marché du carbone. C'est la partie « échange ».

L'efficacité relative d'un mécanisme comme le marché du carbone repose sur la décentralisation des décisions en matière de réductions des émissions. Le gouverne-

54. IPSOS, « Canadian Voters Say Managing Economy in Tough Times (76%), Fixing Healthcare (73%) and Creating Jobs (73%) Are Absolutely Crucial Policy Planks for Parties to Address to Win Their Vote », Communiqué de presse, 13 août 2015.

55. Voir par exemple Catherine Potvin et al., *Agir sur les changements climatiques : Solutions d'universitaires canadiens et canadiennes*, Chaire UNESCO-McGill Dialogues pour un avenir durable, mars 2015. Cette initiative réunit 60 experts recommandant soit une taxe sur le carbone, soit un marché du carbone. Voir aussi OCDE, *Effective Carbon Prices*, novembre 2013, p. 12. « The highest costs by far per tonne of CO<sub>2</sub> abated are associated with various capital subsidies and feed-in tariff systems [...]. The lowest costs per tonne abated were for trading systems, in line with classical economic theory – a fact which confirms “textbook suggestions” that trading systems (and broad-based carbon taxes) are the most economically efficient policy tools to mitigate climate change. »

ment détermine le plafond des émissions permises, mais il ne décide pas qui émettra quoi. Ce sont les entreprises et les institutions soumises au marché du carbone qui décideront s'il est plus avantageux de réduire leurs émissions ou de se procurer davantage de droits d'émission.

Cette décentralisation des décisions permet normalement de mettre en œuvre les réductions les plus optimales. En théorie, les entreprises sont les mieux placées pour évaluer le coût de réduction des émissions et décider d'aller de l'avant ou d'acheter des droits compensatoires. Le mécanisme du marché du carbone permet de communiquer les résultats des millions d'évaluations individuelles à travers le prix d'échange des droits d'émission. Ainsi, seules les réductions les plus efficaces et celles qui sont moins coûteuses que le prix d'un droit d'émission seront réalisées. Le prix des droits d'émission s'ajustera en conséquence des opportunités et contraintes de chacun.

L'impact économique d'un marché du carbone est en tous points identique à l'impact d'une taxe sur le carbone, à une exception près. Comme nous le verrons, le montant de la taxe sur le carbone est connu. Le prix d'un droit d'émission ne l'est pas puisqu'il est fixé par le marché. Cependant, dans les deux cas, la conséquence immédiate est d'augmenter le coût relatif des produits à forte intensité carbonique comme le carburant, ce qui favorise la réduction de leur consommation et la substitution vers d'autres produits à plus faible intensité carbonique.

Afin de contrôler les émissions et de réguler le marché du carbone, les gouvernements transigent directement avec les sources d'émissions que sont les entreprises et les institutions. Bien que le prix des émissions soit intégré en amont des consommateurs, ce sont ces derniers qui en supportent le véritable impact économique<sup>56</sup>.

## Les défis de la mise en place d'un marché du carbone

Dans la pratique, la mise en place d'un marché du carbone exige que de nombreux éléments soient déterminés. Il faut mesurer les émissions d'entités économiques nécessairement définies de façon arbitraire (une industrie, une compagnie spécifique ou chaque usine?) et disposer de données fiables sur les émissions effectivement relâchées. De plus, il devient nécessaire de contrôler la disponibilité des droits équivalant à ces émissions et d'imposer des punitions aux institutions et entreprises délinquantes.

«L'efficacité relative d'un mécanisme comme le marché du carbone repose sur la décentralisation des décisions en matière de réductions des émissions.»

Le plafond doit être établi puis abaissé progressivement. Cette tâche est plus complexe qu'il n'y paraît. Des entreprises peuvent se trouver en perte de compétitivité et demanderont alors au gouvernement de l'aide sous une forme ou une autre. Par exemple, les gouvernements peuvent octroyer des droits d'émission gratuitement à certaines entreprises pour éviter que leurs concurrents, qui ne sont pas soumis aux mêmes règles environnementales, ne bénéficient d'un avantage concurrentiel indu. D'autres industries voudront être exemptées entièrement de l'application du marché du carbone. Tout favoritisme envers certains ne fait qu'augmenter le coût supporté par les autres industries ou entreprises. Tout plafond trop ambitieux risque de produire, dans les secteurs à forte intensité carbonique, des déplacements d'activités vers d'autres régions, ce qu'on désigne sous l'expression « fuites de carbone ».

Une autre source de difficulté provient des revenus des droits. Ceux-ci peuvent être utilisés à plusieurs fins, ou profiter à plusieurs clientèles politiques, puisque les gouvernements sont incités à utiliser les ressources à leur disposition pour favoriser leur réélection. Par exemple :

1. Le gouvernement peut utiliser ces fonds pour favoriser des projets environnementaux avec l'intention de diminuer davantage les émissions de GES au-delà du marché du carbone. À cette fin, on subventionnera les énergies renouvelables ou la recherche et le développement de certaines technologies dites vertes.

56. La demande d'essence présente en effet une élasticité-prix très faible. La U.S. Energy Information Administration utilise une élasticité-prix à court terme de 0,02 dans ses modèles. Voir U.S. Energy Information Administration, *Gasoline prices tend to have little effect on demand for car travel*, 15 décembre 2014; Martijn R.E. Brons et al., « A Meta-Analysis of the Price Elasticity of Gasoline Demand. A System of Equations Approach », Leibniz Information Centre for Economics, Tinbergen Institute Discussion Paper, no 06-106/3, 2006; Molly Espey, « Gasoline Demand Revisited: An International Meta-Analysis of Elasticities », *Energy Economics*, vol. 20, 1998, p. 277; Phil Goodwin et al., « Elasticities of Road Traffic and Fuel Consumption with Respect to Price and Income: A Review », *Transport Reviews*, vol. 24, no 3, mai 2004, p. 278.

2. Le gouvernement peut aussi choisir de compenser certaines industries ou certaines entreprises en leur versant des fonds sous forme d'aide à la transition. Les fonds seront versés à la condition qu'elles adoptent des plans de réductions de GES, des technologies de pointe plus propres ou d'autres programmes du même genre. Dans le cas des compensations aux entreprises comme dans celui des subventions aux projets environnementaux, l'utilisation des fonds se révèle souvent plus ou moins bien contrôlée. Les sommes sont attribuées sans objectif clair, sans sélection ou appel d'offres, sans gestion par résultats. L'information entourant les projets financés n'est pas toujours disponible, ce qui soulève des doutes sur la pertinence ou la réalisation de ces projets<sup>57</sup>.
3. Enfin, le gouvernement peut décider de compenser les contribuables en redistribuant les sommes prélevées au moyen d'une réduction de taxes ou d'impôts. Ce qui est prélevé comme revenu sur les droits d'émission revient ainsi aux consommateurs par des baisses d'impôt. On parle du principe de « neutralité fiscale » lorsque les sommes prélevées sont exactement compensées par des réductions<sup>58</sup>.

Bien que le principe du marché du carbone soit simple, son application soulève d'épineuses questions d'équité et de contrôle. Le passage de la théorie économique à l'application pratique est très complexe.

### Un marché du carbone existant : le Québec, la Californie... et l'Ontario

La Western Climate Initiative (WCI) est un marché du carbone liant le Québec et la Californie. Bien que 11 États et provinces aient participé à sa création<sup>59</sup>, seules ces deux gouvernements l'ont mis en œuvre. Récemment, le gouvernement de l'Ontario a annoncé son intention de mettre en place un marché du carbone et de se joindre au WCI<sup>60</sup>.

La Western Climate Initiative vise la réduction des émissions totales des régions participantes tout en atténuant ses impacts économiques sur les consommateurs, le revenu et l'emploi<sup>61</sup>. Cette initiative laisse une grande latitude aux participants pour déterminer les modalités de la mise en œuvre du marché. Un organisme central a cependant été mis sur pied pour superviser les enchères des droits d'émission et pour surveiller les échanges<sup>62</sup>.

L'accord intervenu entre les participants exclut les industries de l'agriculture, de la foresterie et de la gestion des déchets pour protéger ces industries<sup>63</sup>. Comme toutes les autres organisations qui ne sont pas soumises au marché du carbone, les entreprises de ces secteurs peuvent toutefois mettre en place des projets de réduction de leurs émissions et obtenir des crédits compensatoires pouvant être vendus<sup>64</sup>.

« Tout plafond trop ambitieux risque de produire des déplacements d'activités vers d'autres régions, ce qu'on désigne sous l'expression "fuites de carbone". »

L'agriculture représente 8,3 % des émissions québécoises et 8 % des émissions californiennes (voir Figure 2-1). À titre de comparaison, c'est presque autant que l'ensemble des émissions des secteurs résidentiel, commercial et institutionnel, qui s'élèvent à 9,7 % du total des émissions au Québec, et davantage que les émissions du secteur résidentiel en Californie (7 %). Comme le secteur de l'agriculture génère moins de 1,6 % du PIB du Québec<sup>65</sup>, il s'agit d'une industrie à forte intensité de GES.

La gestion des déchets est aussi un secteur surreprésenté dans les émissions puisque cette seule activité économique est responsable de 5,5 % des émissions totales au Québec. La forte intensité en GES, tant dans le secteur de l'agriculture que dans celui de la gestion des déchets, s'explique notamment par le fait que ces deux secteurs produisent des émissions de GES plus puissantes que le CO<sub>2</sub>, tel le méthane (CH<sub>4</sub>)<sup>66</sup>. Les émissions

57. Vérificateur général du Québec, *Fonds vert : gestion et aide financière, chapitre 4 du Rapport du vérificateur général du Québec 2014-2015*, printemps 2014, p. 3.

58. La neutralité fiscale est un principe qui peut s'appliquer à une grande variété de politiques publiques comportant des recettes pour l'État. Elle peut s'appliquer à un marché du carbone, mais aussi à une taxe sur le carbone, comme c'est le cas avec la taxe sur le carbone en vigueur en Colombie-Britannique.

59. Western Climate Initiative, « Modèle recommandé pour le programme régional de plafonds-échanges de la Western Climate Initiative (WCI) », 23 septembre 2008. Il s'agissait de l'Arizona, de la Californie, de la Colombie-Britannique, du Manitoba, du Montana, du Nouveau Mexique, de l'Ontario, de l'Oregon, du Québec, de l'Utah et de l'État de Washington.

60. Gouvernement de l'Ontario, « Cap and Trade System to Limit Greenhouse Gas Pollution in Ontario », Communiqué de presse, 13 avril 2015.

61. Western Climate Initiative, *op. cit.*, note 59, p. 6.

62. Western Climate Initiative, *Accueil*.

63. Western Climate Initiative, *op. cit.*, note 59, p. 17.

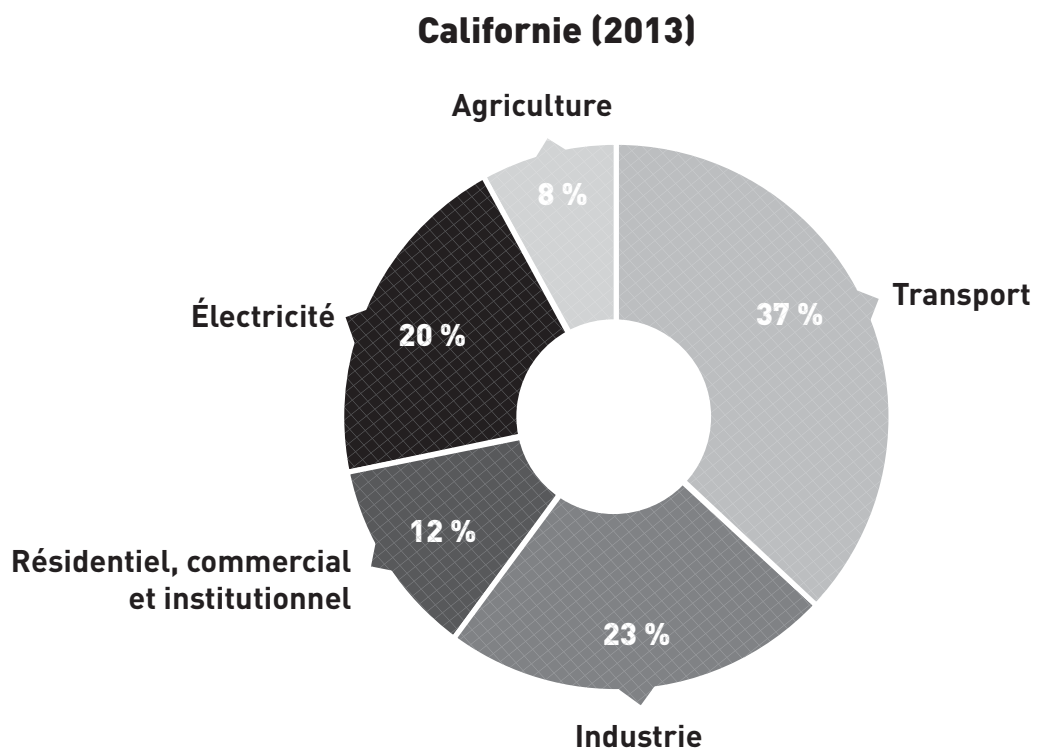
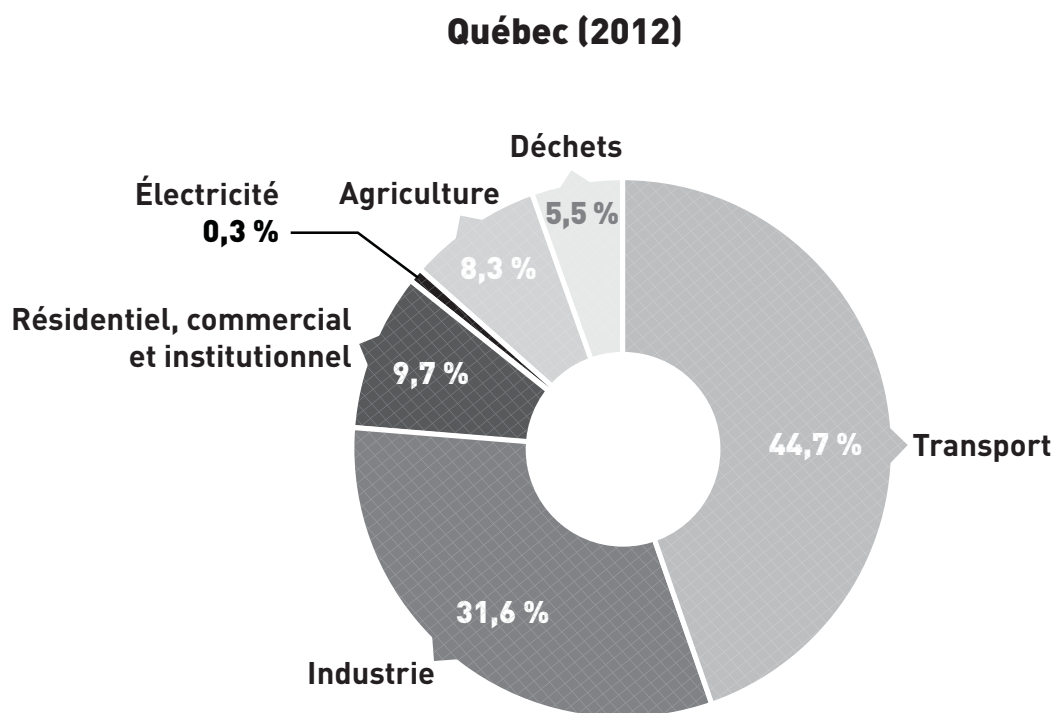
64. Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et de la Lutte aux changements climatiques, *Marché du carbone, Crédits Compensatoires*.

65. Les industries de l'agriculture, de la foresterie, de la pêche et de la chasse (code SCIAN 11) représentaient ensemble 1,6 % du PIB du Québec en 2014. Institut de la statistique du Québec, *Produit intérieur brut par industrie au Québec*, mai 2015, p. 12 et 14.

66. Nature Québec, « La part du secteur agricole dans les émissions de gaz à effet de serre », mai 2011, p. 1; Environnement Canada, *Gaz à effet de serre et des déchets solides municipaux (sic)*, 25 juillet 2014.

Figure 2-1

## Émissions de GES au Québec et en Californie selon le secteur d'activité



**Source :** Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et de la Lutte aux changements climatiques, « Inventaire québécois des émissions de gaz à effet de serre en 2012 et leur évolution depuis 1990 », 2015, p. 8; California Environmental Protection Agency, Air Resources Board, « California Greenhouse Gas Emission Inventory – 2015 Edition », 30 Juin 2015.



dans le secteur de la gestion des déchets ont toutefois diminué de 41 % au Québec entre 1990 et 2012, alors que celles du secteur agricole ont augmenté de 3,9 % durant la même période<sup>67</sup>.

L'exclusion des secteurs de l'agriculture, de la foresterie et de la gestion des déchets du champ d'application du marché du carbone laisse donc de côté d'importantes sources d'émissions.

Les gouvernements participants disposent d'une marge de manœuvre appréciable pour octroyer des droits d'émission gratuits à certaines industries. Ils peuvent aussi utiliser les fonds provenant des ventes aux enchères à diverses fins, que ce soit pour encourager l'efficacité énergétique, offrir des « emplois verts », encourager les énergies renouvelables, ou encore pour réduire les impacts sur les consommateurs et les industries<sup>68</sup>.

Depuis janvier 2015, les entreprises vendant des carburants sont soumises au marché du carbone. Elles doivent se procurer des droits correspondant aux émissions des produits vendus, ce qui signifie qu'elles doivent compenser les émissions de GES de leurs clients. Bien entendu, ce coût se trouve inclus dans le prix des carburants consommés, comme s'il s'agissait d'une taxe sur le carbone<sup>69</sup>. Bien que les données soient encore partielles, on estime que le coût du marché du carbone a fait augmenter le prix de chaque litre d'essence d'environ 4 ¢ au Québec<sup>70</sup>. À plus long terme, le coût pour les consommateurs dépendra du prix des droits d'émission échangés sur le marché du carbone et de l'adaptation des consommateurs et des entreprises.

67. Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et de la Lutte aux changements climatiques, « Inventaire québécois des émissions de gaz à effet de serre en 2012 et leur évolution depuis 1990 », 2015, p. 11.

68. Western Climate Initiative, *op. cit.*, note 59, p. 13.

69. Le fait que les consommateurs supportent la majeure partie des coûts associés à un marché du carbone ou à une taxe sur le carbone reflète leur élasticité-prix moindre que celle des producteurs faisant face à une contrainte commune à l'ensemble de leur industrie, voire à l'ensemble de l'économie. La réduction de la demande agrégée suite à l'augmentation du prix entraîne, elle, une perte pour les producteurs. Parmi tant d'autres, on peut consulter le travail de Robert N. Stavins, de l'Université Harvard, qui a tenté de mesurer différents impacts qu'aurait un marché du carbone aux États-Unis. Robert N. Stavins, « Addressing Climate Change with a Comprehensive US Cap-and-Trade System », *Oxford Review of Economic Policy*, vol. 24, no 2, 2008, p. 298-321.

70. Sachant qu'un litre d'essence émet environ 2299 g de CO<sub>2</sub>e selon Environnement Canada, on peut estimer qu'un prix de 10 \$ la tonne de GES équivaut à une taxe de 2,3 ¢ par litre d'essence. Le prix moyen de 17,98 \$ obtenu lors de l'enchère d'août 2015 correspond à 4,13 ¢ par litre. Ministère du Développement durable, de l'Environnement, et de la Lutte contre les changements climatiques, « Ventes aux enchères no 4 d'août 2015 : Rapport sommaire des résultats », 25 août 2015; Environnement Canada, Combustion des combustibles, Combustion mobile, 21 juin 2013.

## Comment le prix d'une tonne d'émission est-il fixé dans la Western Climate Initiative?

Le prix est fixé par le marché, c'est-à-dire par l'achat et la vente de droits d'émission, notamment lors des enchères que tiennent les gouvernements participants. Les gouvernements fixent toutefois un prix de réserve pour chaque enchère, en deçà duquel ils ne vendent pas les droits d'émission. Ce prix de réserve augmente chaque année de 5 % plus le taux d'inflation. La Figure 2-2 montre les prix des droits d'émission lors des enchères tenues depuis décembre 2013.

Ce que les autorités réglementaires du marché du carbone déterminent, pour leur part, est la quantité de droits d'émission qui sont octroyés gratuitement ou mis aux enchères. La quantité de droits elle-même est déterminée conjointement par l'organisation WCI inc.<sup>71</sup>, selon le bilan des deux États ainsi que leurs objectifs de réduction à l'horizon 2020.

«On estime que le coût du marché du carbone a fait augmenter le prix de chaque litre d'essence d'environ 4 ¢ au Québec.»

Le gouvernement du Québec a décidé de diminuer les émissions de la province de 20 % d'ici 2020 par rapport à son niveau de 1990<sup>72</sup>. La Californie, quant à elle, a adopté l'objectif nettement moins ambitieux de revenir d'ici 2020 à son niveau d'émission de 1990<sup>73</sup>. La Figure 2-3 montre l'évolution des émissions de GES ces dernières années et les tendances prévues à suivre pour atteindre les cibles fixées pour 2020.

Comme les droits d'émission sont pleinement reconnus dans les deux régions, les réductions de GES prévues par la Californie et le Québec peuvent avoir lieu autant dans l'une que dans l'autre. Il est donc possible par exemple que les émissions du Québec ne diminuent pas autant que prévu mais que celles de la Californie baissent davantage pour compenser, ou l'inverse. Les objectifs du Québec étant plus ambitieux, on pourrait

71. Western Climate Initiative, *op. cit.* note 62.

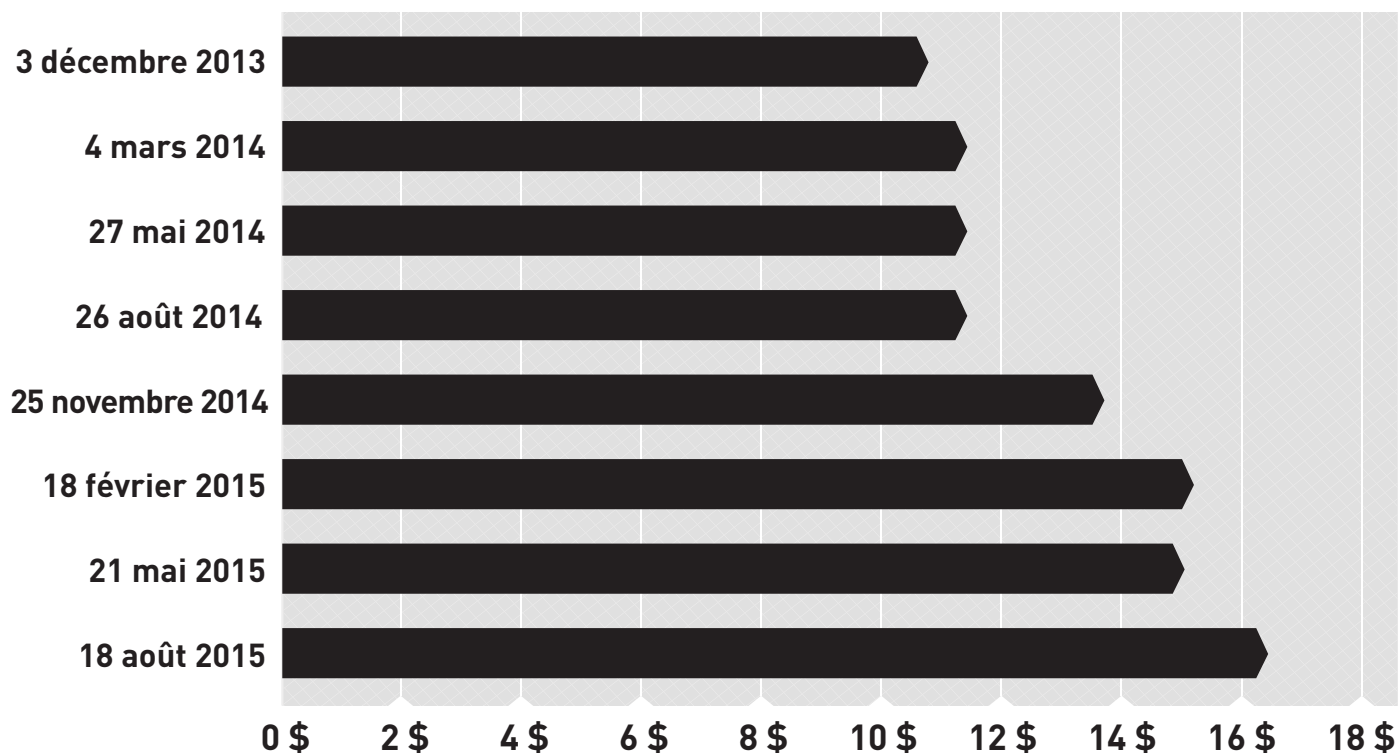
72. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte aux changements climatiques, *Le Québec en action vert 2020 : Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques—Phase 1*, 2012, p. 5.

73. California Environmental Protection Agency, Air Resources Board, California 1990 Greenhouse Gas Emissions Level and 2020 Limit, 6 mai 2015. La limite des émissions en 2020 est donc fixée à 431 millions de tonnes de CO<sub>2</sub>e.



Figure 2-2

### Prix des droits d'émission échangés sur le marché du carbone du WCI



**Source :** Rapports sommaires des résultats des ventes aux enchères publiés par le ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte aux changements climatiques ainsi que par le California Air Resources Board (à partir de novembre 2014 les deux organismes publient conjointement les rapports).

croire que ce sont les émetteurs de cette province qui achèteront davantage de droits pour éviter des réductions draconiennes.

« Les objectifs du Québec étant plus ambitieux, on pourrait croire que ce sont les émetteurs de cette province qui achèteront davantage de droits pour éviter des réductions draconiennes. »

carbone par un nombre grandissant d'économistes et autres spécialistes de la question, principalement en raison de sa simplicité et de sa prévisibilité<sup>74</sup>.

### Comment fonctionne une taxe sur le carbone?

L'imposition d'une taxe sur le carbone représente un mécanisme similaire au marché du carbone en ce sens qu'il permet de limiter les émissions de GES sans imposer des limites arbitraires à chaque émetteur. Il s'agit d'imposer une taxe sur les intrants économiques qui

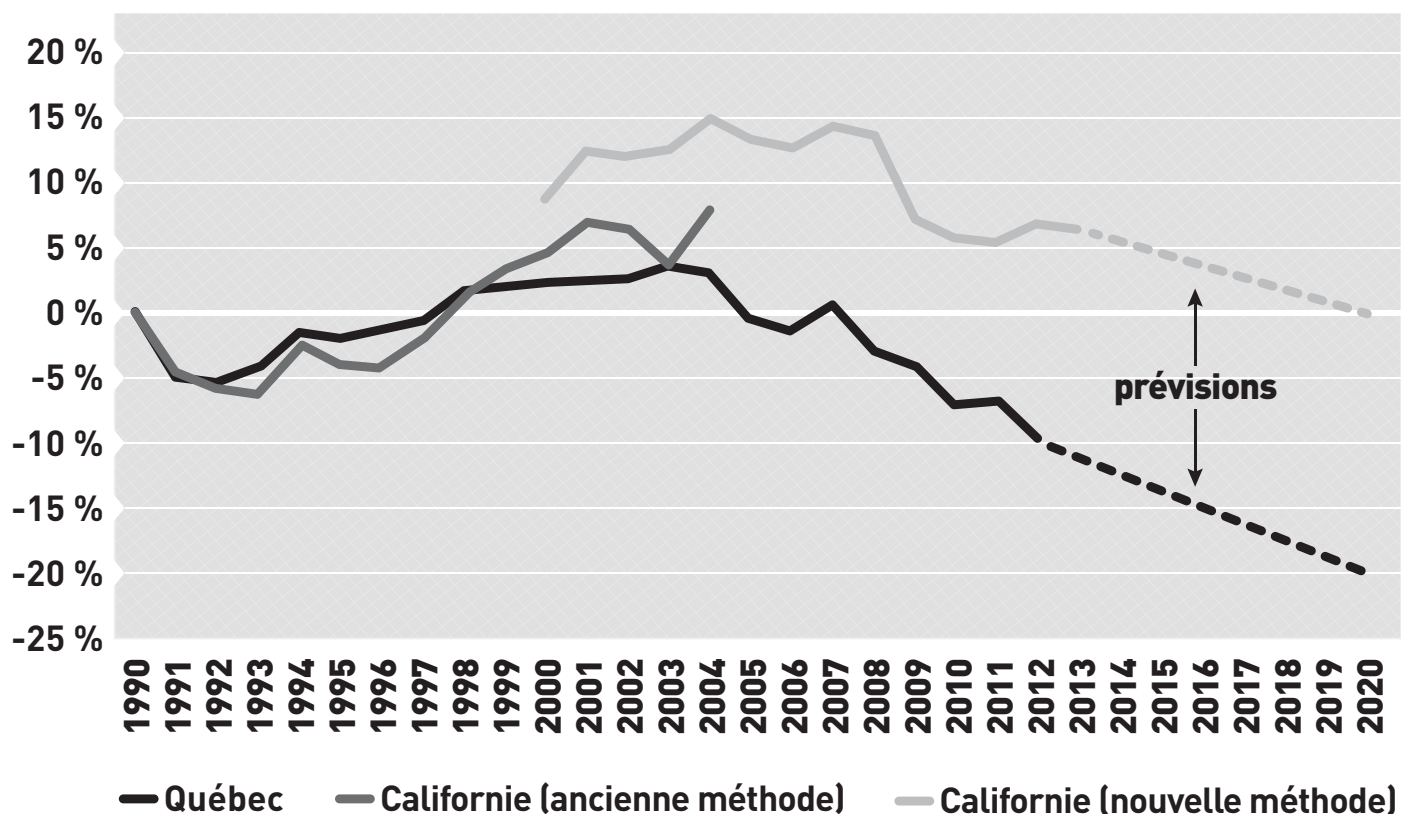
## B. La taxe sur le carbone

Le second mécanisme incitant à la réduction des émissions de GES est l'imposition d'une taxe sur le carbone. Ce mécanisme est privilégié par rapport au marché du

74. Reuven S. Avi-Yonah et David M. Uhlmann, « Combating Global Climate Change: Why a Carbon Tax Is a Better Response to Global Warming Than Cap and Trade », *Stanford Environmental Law Journal*, vol. 28, no 3, 2009; Lawrence H. Goulder et Andrew R. Schein, « Carbon Taxes Versus Cap and Trade: A Critical Review », *Climate Change Economics*, vol. 4, no 3, 2013 : « [Exogenous pricing helps] prevent price volatility, [reduces] expected policy errors in the face of uncertainties, helps avoid problematic interactions with other climate policies and helps avoid large wealth transfers to oil exporting countries. »; William D. Nordhaus, « Life After Kyoto: Alternative Approaches to Global Warming Policies », NBER Working Paper no 11889, 2005; N. Gregory Mankiw, « One Answer to Global Warming: A New Tax », *The New York Times*, 16 septembre 2007.

Figure 2-3

## Variation des émissions de GES des participants au WCI et leur cible pour 2020



**Source :** California Environmental Protection Agency, Air Resources Board, « California Greenhouse Gas Inventory for 2000-2013— by Sector and Activity », 24 avril 2015, p. 2; California Environmental Protection Agency, Air Resources Board, « 2020 Statewide Greenhouse Gas Emissions and the 2020 Target », 27 mai 2014, p. 1; California Environmental Protection Agency, Air Resources Board, « California Greenhouse Gas Inventory (millions of metric tonnes of CO<sub>2</sub> equivalent)—By IPCC Category », 19 novembre 2007, p. 22-23; Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte aux changements climatiques, *Inventaire québécois des émissions de gaz à effet de serre*, éditions diverses.

**Note :** Les données avant 1990-2004 en Californie ne sont pas comparables à celles de 2000-2013. La donnée la plus récente concerne l'année 2012 pour le Québec et 2013 pour la Californie.

produiront des émissions de gaz à effet de serre, comme les combustibles fossiles : charbon, gaz et produits dérivés du pétrole. Ce coût supplémentaire permet en principe aux émetteurs d'internaliser le coût social du carbone.

Comme dans le cas du marché du carbone, la taxe sur le carbone constitue un mécanisme qui permet de décentraliser les décisions en matière de réduction des émissions. Le gouvernement détermine le taux de la taxe, puis il laisse les entreprises et les individus prendre leurs propres décisions. Face à des coûts plus élevés pour les biens à forte intensité carbonique, on aura tendance à en consommer moins et à y substituer d'autres biens émettant moins de GES.

Le gouvernement ne décide donc pas qui émettra quoi. Contrairement au marché du carbone, il ne fixe même pas les émissions globales permises. Le seul levier sur lequel il peut agir est le taux de la taxe, qui peut être relevé ou abaissé afin d'atteindre un objectif d'émissions.

### Les défis de la mise en place d'une taxe sur le carbone

Le principal défi à la mise en place d'une taxe sur le carbone est politique, parce qu'il s'agit justement d'un mécanisme qui porte le nom de « taxe », contrairement au marché du carbone. Même si les deux concepts se ressemblent sur le plan de l'impact économique, la taxe sur le carbone est davantage perçue comme un levier fiscal. Les élections fédérales de 2008, où le Parti libéral du

Canada a proposé une taxe sur le carbone compensée par des baisses d'impôt, a offert une illustration probante de l'impopularité d'une telle proposition<sup>75</sup>.

L'obstacle majeur en ce qui a trait à l'efficacité d'une taxe sur le carbone réside dans le risque de « fuites » de carbone. Si un gouvernement met en place une telle taxe mais que ses voisins ne le font pas, une partie des émissions vont vraisemblablement se déplacer de cette région vers les autres, ce qui réduira son bilan d'émissions sans réduire pour autant les émissions globales, notamment les émissions associées aux biens importés. Le phénomène s'illustre par les automobilistes résidant près de la frontière qui seront tentés de la traverser pour aller faire le plein<sup>76</sup>.

Puisque ce sont les émissions de GES globales qui influencent le climat, le déplacement de certaines émissions neutralise en partie l'efficacité de la taxe sur le carbone. Dans un scénario idéal, tous les pays du monde imposeraient en même temps la même taxe, à un taux relativement bas. L'improbabilité de ce scénario conduit rapidement à des déséquilibres entre pays, à des taux plus élevés dans les pays qui adoptent la taxe et à une efficacité moindre dans la réduction des émissions. William Nordhaus de l'Université Yale a calculé qu'advenant la participation de seulement 50 % des pays, les coûts économiques associés à la taxe seraient 250 % plus élevés par rapport à une taxe optimale<sup>77</sup>.

Enfin, d'autres défis techniques de mise en application peuvent surgir, à l'instar de ceux du marché du carbone, si le gouvernement tente d'exempter certains secteurs économiques ou des entreprises particulières.

## Un exemple de taxe sur le carbone : la Colombie-Britannique

La Colombie-Britannique a introduit une taxe sur le carbone en 2008<sup>78</sup>. De 10 \$ par tonne d'émissions de GES à l'époque, cette taxe est passée à 30 \$ en 2012 suite à quatre augmentations annuelles de 5 \$. Au taux courant, cela correspond à 6,67 ¢ le litre d'essence et 7,67 ¢ le litre de diesel<sup>79</sup>. La taxe génère des revenus totaux de 1,2 milliard de dollars pour le gouvernement<sup>80</sup>.

La particularité de cette taxe sur le carbone est qu'elle est neutre sur le plan fiscal. Autrement dit, le ministère des Finances de la Colombie-Britannique a pour mandat de réduire d'autres impôts d'un montant équivalant aux revenus de la taxe. Cet objectif est principalement atteint par des réductions des taux d'impôt sur le revenu des particuliers et des entreprises. Un crédit d'impôt pour les familles à faible revenu a aussi été introduit pour compenser ces ménages. L'effet sur l'économie de la province semble aussi avoir été de faible ampleur, voire globalement positif, grâce aux réductions d'impôts consenties en contrepartie de l'imposition de la taxe<sup>81</sup>.

« L'obstacle majeur en ce qui a trait à l'efficacité d'une taxe sur le carbone réside dans le risque de "fuites" de carbone. »

Entre 2007, soit avant l'entrée en vigueur de la taxe sur le carbone, et 2012, la consommation de carburants a connu une réduction de 17,4 % en Colombie-Britannique. Durant la même période, on constate une augmentation de 1,5 % dans le reste du Canada. Les émissions de GES par habitant ont été réduites de 10 % en Colombie-Britannique contre une réduction de 1,1 % dans le reste du Canada<sup>82</sup>. Mais ces résultats sont-ils vraiment une conséquence de la taxe sur le carbone?

Les économistes reconnaissent généralement que l'élasticité-prix de la demande d'essence, qui mesure la réaction des consommateurs à une variation du prix, est très faible<sup>83</sup>. Une taxe de 6,67 ¢ le litre, qui représente moins de 6 % d'augmentation, n'entraînera qu'une diminution largement inférieure à 6 %. Un gouvernement souhaitant diminuer de manière appréciable ses émissions de GES liées au transport devrait augmenter considérablement le prix de l'essence pour entraîner une modification importante des comportements<sup>84</sup>.

75. Bernard Simon, « Canada's Dion to step down as Liberal leader », *Financial Times*, 21 octobre 2008.

76. Philip Cross, « The carbon tax illogic », *Financial Post*, 13 janvier 2015.

77. William D. Nordhaus, *A Question of Balance: Weighing the Options on Global Warming Policies*, Yale University Press, 2008, p. 19.

78. Gouvernement de la Colombie-Britannique, *Carbon Tax Act*, Chapitre 40, 21 octobre 2015.

79. Ministère des Finances de la Colombie-Britannique, *How the Carbon Tax Works*.

80. Ministère des Finances de la Colombie-Britannique, *Budget and Fiscal Plan 2015/16 to 2017/18*, 17 février 2015, p. 60.

81. Stewart Elgie et Jessica McClay, « BC's Carbon Tax Shift after Five Years: Results—An Environmental (and Economic) Success Story », *Sustainable Prosperity*, 2013, p. 7.

82. *Ibid.*, p. 2 et 4.

83. *Op. cit.*, note 56.

84. Cette relation est vraie, à moins qu'une taxe sur le carbone n'ait un effet différent d'une hausse de prix régulière. Certains prétendent toutefois que la « salience » d'une taxe sur le carbone, soit son impact sur le comportement, est plus grande que celle d'une taxe régulière sur l'essence. Ce concept de « salience », difficile à mesurer et critiqué, est l'explication retenue par deux chercheurs de l'Université d'Ottawa. Nicholas Rivers et Brandon Schaufele, *Carbon Tax Salience and Gasoline Demand*, Cahier de recherche no 1211E, Département de science économique de l'Université d'Ottawa, août 2012.

D'autres considérations doivent donc être prises en compte pour comprendre la diminution de la consommation d'essence en Colombie-Britannique. On peut penser au recul considérable de l'industrie forestière, un secteur économique majeur, après la crise de l'immobilier de 2008. L'explication d'une diminution temporaire de la consommation d'essence due à d'autres facteurs apparaît d'autant plus justifiée que, depuis 2012, les données montrent une hausse rapide de la consomma-

« Le ministère des Finances de la Colombie-Britannique a pour mandat de réduire d'autres impôts d'un montant équivalant aux revenus de la taxe. »

tion d'essence. En effet, les données récentes indiquent que la Colombie-Britannique en consomme davantage qu'avant la taxe sur le carbone, autant en niveau total que par habitant, comme l'a démontré l'ancien économiste en chef de Statistique Canada, Philip Cross<sup>85</sup>.

D'autres critiques se sont fait entendre pour souligner la possibilité de fuites de carbone, notamment en raison des camionneurs et des automobilistes faisant le plein d'essence hors des frontières de la province<sup>86</sup>. Ce phénomène semble avoir doublé depuis l'introduction de la taxe sur le carbone, alors que ce n'est pas le cas en Ontario ni au Québec. La taxe sur le carbone continuera d'alimenter les débats, mais son effet apparaît maintenant marginal dans l'explication des tendances à long terme.

### Comment le taux de la taxe sur le carbone est-il déterminé?

Le taux de la taxe sur le carbone est déterminé par le gouvernement. Par exemple, le gouvernement de la Colombie-Britannique a fixé le taux de sa taxe à 30 \$ par tonne d'émission de GES. Ce qui est incertain, c'est le niveau des émissions et la probabilité des fuites de carbone. Le gouvernement qui met en place une telle taxe doit donc déterminer un taux qui conduira à une réduction effective des émissions répondant à ses cibles sans entraîner un déplacement trop important des activités économiques ayant de lourdes émissions.

85. Philip Cross, *op. cit.*, note 76; Terence Corcoran, « No B.C. carbon tax miracle on 120th St. », *Financial Post*, 13 janvier 2015.

86. Jock Finlayson, « B.C.'s carbon tax hurting businesses », *The Vancouver Sun*, 1<sup>er</sup> août 2013; Robert P. Murphy, « British Columbia's Carbon Tax and "Leakage" Into the U.S. », *Institute for Energy Research*, 6 juillet 2015.

## C. Les taxes sur l'essence au Canada

La taxe sur le carbone en Colombie-Britannique et les frais additionnels liés au marché du carbone au Québec n'apparaissent pas explicitement comme des taxes sur les coupons de caisse. Par contre, ils augmentent les coûts des producteurs et haussent ainsi le prix au détail. Ce sont donc les consommateurs qui en supportent le coût économique en payant plus cher le litre d'essence, comme s'il s'agissait d'une taxe régulière. Or, l'essence est déjà lourdement taxée au Canada.

Le prix de base de l'essence est déterminé par le marché, c'est-à-dire par le prix du pétrole brut et les marges bénéficiaires des intermédiaires (raffinage, transport, vente au détail). À ce prix de base s'ajoutent les taxes imposées par les divers paliers de gouvernement<sup>87</sup>. La taxe d'accise de 10 ¢ le litre imposée par le gouvernement fédéral depuis 1995 est fixe. Toutes les provinces imposent aussi des taxes fixes sur les carburants<sup>88</sup>. À cela s'ajoutent les taxes municipales imposées par Vancouver (11 ¢ le litre), Victoria (3,5 ¢) et Montréal (3 ¢) (voir Figure 2-4). Les taxes de vente fédérales et provinciales s'additionnent en proportion à ce total et s'appliquent donc aussi sur les taxes d'accise des trois paliers de gouvernement<sup>89</sup>.

Comme certaines taxes sont fixes et d'autres sont proportionnelles au prix, le montant de taxes payées sur chaque litre d'essence et la proportion de ces taxes varient constamment. Les recettes qu'en tirent les gouvernements aussi. Le gouvernement fédéral a enregistré en 2014-2015 des recettes de 5,528 milliards de dollars en provenance des taxes sur l'énergie<sup>90</sup>, principalement la taxe d'accise sur l'essence et sur le diesel.

87. Le prix de l'essence fait l'objet de nombreuses analyses. Ressources naturelles Canada publie aux deux semaines un bulletin Info-Carburant sur l'essence contenant une foule d'informations pertinentes. Disponible au : <http://www.rncan.gc.ca/energie/prix-carburant/4594>.

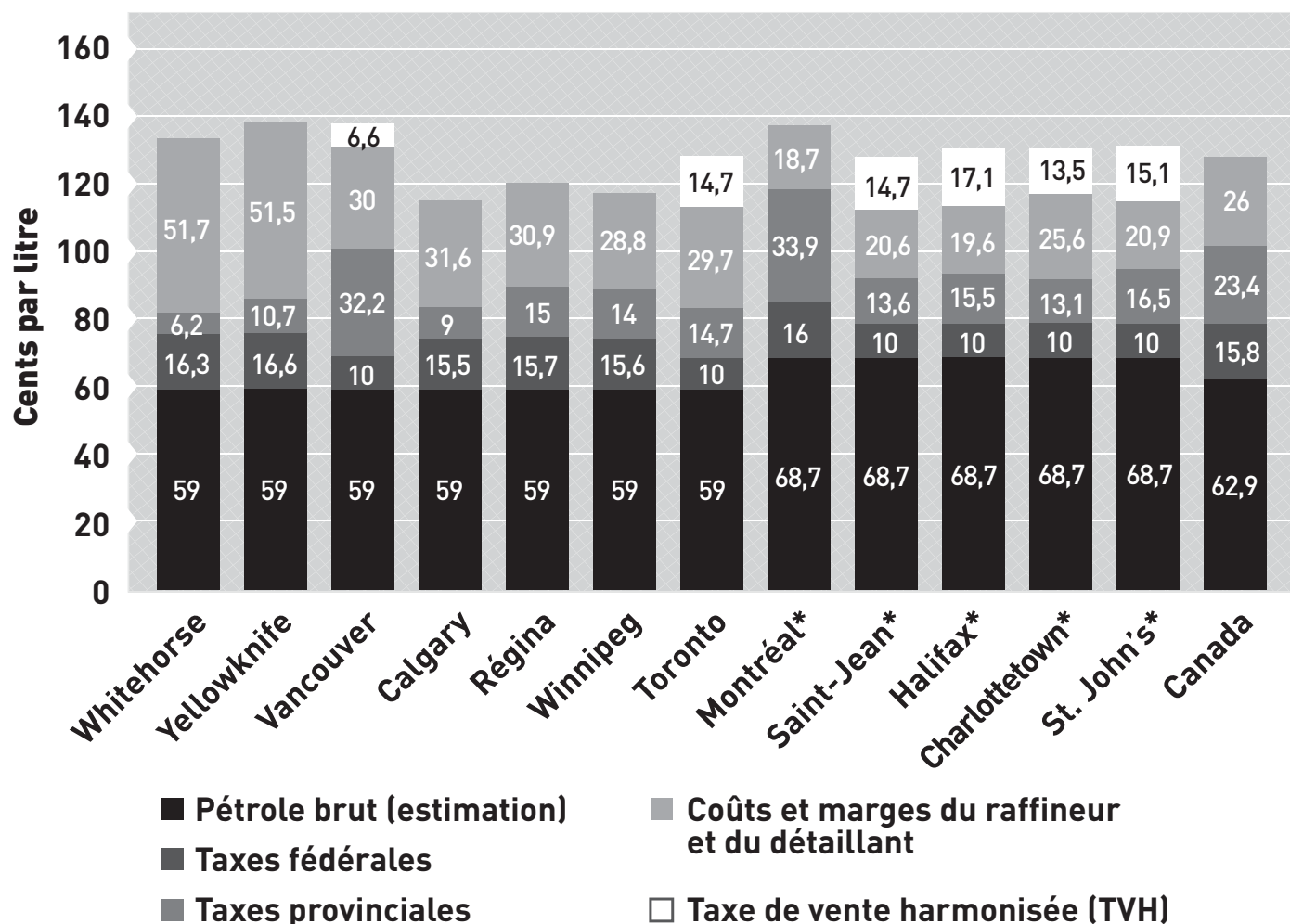
88. Les taxes d'accise provinciales sont fixes par rapport au prix de l'essence et se calculent en cents par litre. Cependant, leur application varie et certaines régions voient leurs taxes majorées ou réduites. Au Québec par exemple, un taux réduit s'applique aux régions frontalières comme Gaspésie-Iles-de-la-Madeleine et l'Outaouais. Pour compliquer davantage le prélèvement de la taxe d'accise provinciale, les régions contiguës à un État américain ou situées en bordure d'une région périphérique voient la taxe varier pour les stations-service selon la distance. Revenu Québec, « Tableau des taux de taxe applicables dans les différentes régions du Québec en vigueur à partir du 1<sup>er</sup> avril 2015 », avril 2015.

89. Ressources naturelles Canada, Taxes gouvernementales sur l'essence, 15 septembre 2014; CAA Québec, Composantes du prix de l'essence; Marc-André Pigeon, Les taxes fédérales sur l'essence et les énergies de chauffage, Bibliothèque du Parlement du Canada, 16 septembre 2005.

90. Ministère des Finances du Canada, *Rapport financier annuel du gouvernement du Canada—Exercice 2014-2015*, 2015, p. 19.

Figure 2-4

## Composition du prix de l'essence au détail dans plusieurs villes canadiennes, 2014



\* Marchés en régie; les calculs sont basés sur le prix moyen pour l'année 2014.

Source : Ressources naturelles Canada, *Info-Carburant : Comprendre les différents aspects du marché de l'essence au Canada et les facteurs économiques qui influencent les prix*—Revue Annuelle 2014, 23 janvier 2015, p. 2.

Comme le montre le Tableau 2-1, les taxes fédérales, provinciales et municipales spécifiquement sur l'essence représentaient des recettes de 11 milliards de dollars pour les gouvernements en 2014. Si l'on ajoute les taxes de ventes, les recettes s'élèvent à 16,3 milliards de dollars. Les taxes sur le diesel, quant à elles, ont rapporté 3,2 milliards de dollars aux gouvernements en 2014. En incluant les taxes de vente sur ce carburant, les recettes totales se chiffrent à 5,3 milliards de dollars. En tout, ce sont près de 22 milliards de dollars que les gouvernements perçoivent en diverses taxes sur les carburants.

Les taxes agissent comme n'importe quel mécanisme visant à internaliser le coût des émissions de GES pour les consommateurs de carburants, même si ce n'est pas

l'intention qui a présidé à leur adoption. Elles ont été imposées pour générer des recettes aux gouvernements ou financer l'entretien du réseau routier, certes, mais elles entraînent aussi une diminution de la consommation de carburant. En se basant sur les émissions d'un litre d'essence, on peut ainsi déduire que la taxe d'accise fédérale et les taxes fixes provinciales sur les carburants correspondent à une taxe sur le carbone entre 83 \$ et 128 \$ la tonne de GES<sup>91</sup>, comme l'illustre la

91. La conversion entre les cents par litre et les dollars par tonne de GES se base sur les émissions d'un litre d'essence de véhicules à essence légers (light-duty gasoline vehicles) tel qu'indiqué par Environnement Canada. Environnement Canada, *op. cit.*, note 70. La U.S. Energy Information Administration présente aussi des équivalences. U.S. Energy Information Administration, *Frequently Asked Questions, How much carbon dioxide is produced by burning gasoline and diesel fuel?*, 7 juillet 2015.



Tableau 2-1

### Les recettes des gouvernements tirées des taxes d'accise et des taxes de vente sur les carburants, 2014

| RECETTES (MILLIONS DE DOLLARS)       | TAXES SUR L'ESSENCE | TAXES SUR LE DIESEL |
|--------------------------------------|---------------------|---------------------|
| Gouvernement fédéral                 | 4263,8              | 646,8               |
| Terre-Neuve-et-Labrador              | 161,3               | 85,1                |
| Île-du-Prince-Édouard                | 26,2                | 16,0                |
| Nouvelle-Écosse                      | 152,5               | 75,3                |
| Nouveau-Brunswick                    | 110,6               | 109,8               |
| Québec                               | 1646,9              | 833,9               |
| Ontario                              | 2325,0              | 596,7               |
| Manitoba                             | 229,4               | 54,9                |
| Saskatchewan                         | 316,5               | 108,6               |
| Alberta                              | 605,8               | 298,8               |
| Colombie-Britannique                 | 1009,1              | 366,8               |
| Territoires                          | 2,6                 | 14,0                |
| Municipalités                        | 281,8               | 18,6                |
| Total des taxes sur les carburants   | 11 131,7            | 3225,3              |
| Total des taxes de vente             | 5189,8              | 2045,8              |
| Total des recettes des gouvernements | 16 321,6            | 5271,1              |
| <b>Recettes totales</b>              |                     | <b>21 592,6</b>     |

Source : Kent Marketing Services et Association canadienne des carburants, données fournies à la demande des auteurs.

Figure 2-5. Dans les villes de Montréal et Vancouver, on atteint des niveaux équivalant à une taxe sur le carbone de 141 \$ et 155 \$ respectivement.

L'imposition d'un mécanisme ayant pour objectif d'associer un prix aux émissions de GES, comme une taxe sur le carbone ou un marché du carbone, ne peut donc se faire sans tenir compte des taxes déjà en vigueur.

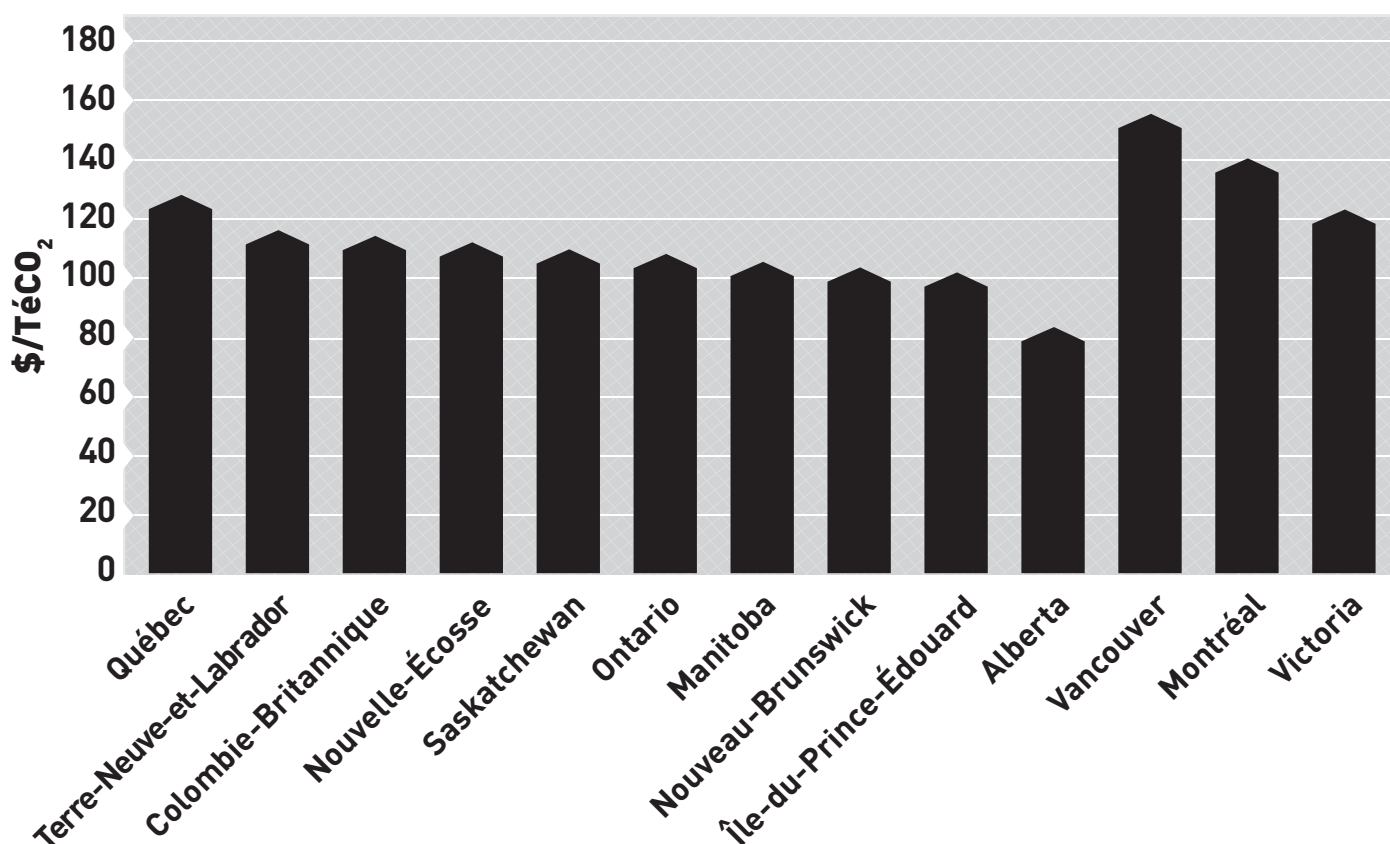
## D. Les subventions et la R&D dans le domaine des énergies vertes

Les gouvernements agissent aussi en subventionnant diverses initiatives en lien avec la lutte aux changements climatiques, comme des activités de recherche et de développement, la production ou l'utilisation des énergies renouvelables, l'achat de véhicules électriques ou encore les mesures d'efficacité énergétique. Au Canada, de nombreux exemples peuvent être mentionnés. Le



Figure 2-5

## Taxes sur le carbone implicites dans les taxes d'accise



Source : Environnement Canada, Combustion des combustibles, Combustion mobile, 21 juin 2013 et calculs des auteurs.

gouvernement fédéral répertorie 224 programmes de subventions et d'incitations financières en matière d'efficacité énergétique gérés par Ressources naturelles Canada<sup>92</sup>. De plus, les gouvernements des provinces sont aussi actifs dans plusieurs domaines.

« Les économistes reconnaissent généralement que l'élasticité-prix de la demande d'essence, qui mesure la réaction des consommateurs à une variation du prix, est très faible. »

## La R&D

La recherche et le développement de solutions réduisant les émissions de GES s'effectuent parfois dans les entreprises privées, parfois dans les entreprises publiques comme Hydro-Québec ou l'Ontario Power Generation, parfois dans les centres de recherche universitaires.

Divers centres de recherche et entreprises soutenus par les gouvernements se concentrent sur les questions des énergies propres<sup>93</sup>, comme la Chaire de recherche industrielle CRSNG/Hydro-Québec en efficacité énergétique dans les machines électriques pour systèmes de production d'énergie renouvelable à petite échelle à l'Université Concordia<sup>94</sup>. Des initiatives collégiales font

92. Ressources naturelles Canada, Subventions et incitatifs financiers, 1<sup>er</sup> avril 2014.

93. Premier ministre du Canada, Le PM annonce des projets d'innovation dans le secteur de l'énergie à l'échelle du Canada, 3 mai 2013.

94. Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada, Profil du titulaire de la chaire Pragasen Pillay.

aussi l'objet de soutien, comme la Chaire de recherche industrielle dans les collèges du CRSNG en technologies des énergies renouvelables et du rendement énergétique<sup>95</sup>.

Le gouvernement fédéral avait par ailleurs mis sur pied le Fonds pour l'énergie propre, qui a reçu 205 millions de dollars pour divers projets de R&D, dont des projets de captage et de stockage du CO<sub>2</sub>. Les sommes allouées ont été complètement épuisées le 31 mars 2012<sup>96</sup>.

D'autres programmes de subventions existent, par exemple :

- Le Programme de recherche et de développement énergétiques (PRDE) dont le mandat est précisément d'apporter une aide financière à la recherche et au développement « conçue pour assurer un avenir énergétique durable au Canada »<sup>97</sup>.
- L'initiative écoÉNERGIE sur l'innovation, dont l'objectif « est d'appuyer l'innovation en matière de technologie de l'énergie afin de produire et de consommer l'énergie d'une manière plus écologique et plus efficace ». Cette initiative constitue, selon le gouvernement fédéral, « le principal élément des mesures prises par le gouvernement du Canada en vue de réaliser de réelles réductions dans les émissions »<sup>98</sup>.

Les résultats des projets de R&D soutenus sont difficiles à évaluer. Toutefois, ils participent à un processus d'innovation constant permettant d'améliorer l'intensité énergétique et l'intensité en carbone de l'économie, concepts dont il sera davantage question au chapitre suivant. Le Copenhagen Consensus Center a d'ailleurs mandaté plusieurs économistes de renom pour évaluer quels objectifs sociaux à l'échelle mondiale devraient être prioritaires et est arrivé à la conclusion que, dans le cas des changements climatiques, la R&D représente la façon la plus efficiente d'allouer les fonds<sup>99</sup>.

## La production et l'utilisation d'énergies renouvelables

Les émissions de GES associées à la production d'électricité varient selon la source d'énergie primaire qui est transformée en électricité. Les installations hydroélectriques et les centrales nucléaires présentent des empreintes carbone négligeables alors que les centrales au charbon engendrent d'importantes émissions.

D'autres sources d'énergie moins traditionnelles, comme l'énergie solaire et l'énergie éolienne, suscitent l'intérêt de certains gouvernements parce qu'elles pourraient permettre des réductions d'émissions<sup>100</sup>. C'est pourquoi la production d'électricité à partir des énergies dites renouvelables est largement subventionnée.

**« En tout, ce sont près de 22 milliards de dollars que les gouvernements perçoivent en diverses taxes sur les carburants. »**

C'est le cas du gouvernement fédéral avec le programme écoÉNERGIE pour l'électricité renouvelable, lancé en avril 2007. Ce programme accorde des subventions à la production d'électricité d'un cent par kilowattheure (kWh). Les projets, qui sont subventionnés durant dix ans, peuvent utiliser « le vent, l'hydroélectricité à faible impact, la biomasse, le photovoltaïque et l'énergie géothermique ». En tout, les 104 projets qualifiés recevront 1,4 milliard de dollars d'ici 2021 et ils représentent 4500 mégawatts de puissance installée<sup>101</sup>.

Ce sont toutefois les programmes provinciaux qui engagent les plus importantes sommes. Le programme de tarifs de rachat garantis du gouvernement de l'Ontario pour la production d'énergie renouvelable a entraîné une perte de près de 4,9 milliards de dollars en 2014<sup>102</sup>. Ce programme contribuera à ce qu'il y ait une puissance installée en énergies renouvelables de 10 700

95. Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada, Profil du titulaire de la chaire Martin Bourbonnais.

96. Ressources naturelles Canada, Programme du Fonds pour l'énergie propre, 11 juin 2014.

97. Ressources naturelles Canada, Programme de recherche et de développement énergétiques, 5 juillet 2013.

98. Ressources naturelles Canada, Initiative écoÉNERGIE sur l'innovation, 17 octobre 2014.

99. Isabel Galiana, « Benefits and Costs of the Climate Change Targets for the Post-2015 Development Agenda », Copenhagen Consensus Center, 2014.

100. L'électricité générée par les énergies solaires et éoliennes est aussi émettrice de GES, quand on tient compte de l'ensemble du cycle de vie des technologies. Daniel Nugent et Benjamin K. Sovacool, « Assessing the Lifecycle Greenhouse Gas Emissions from Solar PV and Wind Energy: A Critical Meta-Survey », *Energy Policy*, vol. 65, 2014, p. 229-244.

101. Ressources naturelles Canada, écoÉNERGIE pour l'électricité renouvelable, 29 juin 2015.

102. Independent Electricity System Operator, Global Adjustment – Archive, Global Adjustment Values – 2005-2014. Cette donnée est approximative parce que le véritable coût du programme n'est pas fourni par le gouvernement de l'Ontario, ce qui a d'ailleurs été reproché par le vérificateur général dans son rapport de 2013. Voir Vérificateur général de l'Ontario, *2013 Annual Report of the Office of the Auditor General of Ontario*, 2013, p. 309.

Tableau 2-2

**Coût de la réduction d'une tonne d'émissions de GES selon différentes approches**

|                                                           | NORVÈGE                                   | QUÉBEC                                   |
|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------|
| Électrification des transports<br>(Coût par tonne évitée) | 6925,00 \$                                | 1560,00 \$                               |
| Marché du carbone<br>(Coût par tonne évitée)              | 10,39 \$<br>(marché du carbone européen*) | 17,98 \$<br>(Western Climate Initiative) |
| Nombre de tonnes évitées<br>pour le même montant          | 666,4                                     | 86,8                                     |

\* Le prix moyen des échanges pour le droit d'émission d'une tonne de CO<sub>2</sub> pour 2015 au moment d'écrire ces lignes était de 7,40 euros par tonne, et le taux de change moyen de janvier à septembre 2015 de la Banque du Canada était de 1,4043 dollar canadien par euro.

**Sources :** Youri Chassin et Guillaume Tremblay, « Doit-on subventionner l'achat de voitures électriques? », Note économique, Institut économique de Montréal, novembre 2014; Ministère du Développement durable, de l'Environnement, et de la Lutte contre les changements climatiques et California Environmental Protection Agency, « Système de plafonnement et d'échange de droits d'émission de gaz à effet de serre du Québec et programme de plafonnement et d'échange de la Californie – Vente aux enchères no 4 d'août 2015 : Rapport sommaire des résultats », 25 août 2015; Banque du Canada, Moyennes mensuelles des taux de change – dix dernières années; EEX, Results EUA Primary Auction Spot – Download, Emission Spot Primary Market Auction Report 2015.

mégawatts d'ici 2018. Cette énorme dépense est toute-fois supportée par les consommateurs ontariens qui voient leur facture d'électricité augmenter. Ce coût est bien concret, alors que les résultats en termes de réduction de GES ne sont pas clairement évalués<sup>103</sup>.

Le Québec encourage quant à lui les énergies renouvelables au moyen de contrats accordés par Hydro-Québec. Le coût de ces programmes peu transparents n'est pas rigoureusement évalué, mais il s'élève à approximativement 695 millions de dollars annuellement, selon nos calculs<sup>104</sup>. Encore là, ce sont les consommateurs résidentiels et les entreprises qui en assument la facture. Bien entendu, comme la production d'hydroélectricité compte pour 97 % de la production québécoise totale<sup>105</sup>, les filières des autres énergies renouvelables n'ont pratiquement pas d'impact sur les émissions de GES de la province.

Ces subventions sont l'un des moyens les plus chers, et donc les moins efficaces, de réduire les émissions de GES<sup>106</sup>. Surtout, elles entraînent des conséquences économiques et sociales importantes. En haussant les coûts de l'électricité pour les consommateurs qui les financent, ces subventions engendrent une pauvreté énergétique chez les ménages les plus vulnérables. Elles nuisent aussi à la compétitivité des entreprises qui

voient leur tarif augmenter. L'expérience européenne est probante. Plusieurs pays ont été dans l'obligation de réviser à la baisse les programmes de subventions qu'ils accordent aux producteurs d'énergies renouvelables<sup>107</sup>.

Enfin, en matière d'utilisation d'énergies renouvelables, des subventions existent pour changer les systèmes de chauffage au mazout par des systèmes de chauffage à l'électricité<sup>108</sup> ou pour encourager les entreprises à se

**« Ces subventions sont l'un des moyens les plus chers, et donc les moins efficaces, de réduire les émissions de GES. »**

détourner des combustibles fossiles<sup>109</sup>. Des programmes d'efficacité énergétique sont aussi mis sur pied par diverses instances ou entreprises d'État. À titre d'exemple, le programme Rénoclimat vise le secteur résidentiel et offre un appui financier à la rénovation<sup>110</sup>.

103. Vérificateur général de l'Ontario, 2011 *Annual Report of the Office of the Auditor General of Ontario*, 2011, p. 89, 94 et 119.

104. Youri Chassin et Guillaume Tremblay, « Les coûts croissants de la production d'électricité au Québec », Note économique, Institut économique de Montréal, juin 2013.

105. Institut économique de Montréal, *Un portrait de l'énergie au Canada en 40 questions*, Question 27, 2014.

106. OCDE, *op. cit.*, note 55.

107. Brady Yauch, « Governments rip up renewable contracts », *Financial Post*, 18 mars 2014. Le vérificateur général allemand s'est intéressé à la politique de l'Energiewende (la révolution énergétique) et en conclut qu'elle est mal planifiée : Von Stefan Maas, « Energiewende – schlecht geplant? », *Deutschlandfunk*, 20 août 2014.

108. Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles du Québec, *Chauffez Vert*.

109. Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles du Québec, *Programme d'aide financière pour des projets d'efficacité énergétique et de conversion*.

110. Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles du Québec, *Rénoclimat*.

## Les subventions aux véhicules électriques

L'électrification des transports apparaît comme une avenue permettant de réduire les émissions importantes et croissantes du secteur du transport des personnes. Cependant, là aussi, le bilan des programmes existants est controversé. Par exemple, lorsqu'il est question de l'électrification des transports en commun, on parle de réduction d'émissions pour des moyens de transport qui sont déjà responsable de moins d'émissions par passager, avec peu de latitude pour s'améliorer.

Dans le cas des subventions à l'achat de véhicules personnels électriques, les réductions effectives sont très faibles. Sur son cycle de vie, un véhicule électrique n'émet aucun GES durant son utilisation, mais sa fabrication cause des émissions deux fois plus élevées que la fabrication d'une automobile traditionnelle<sup>111</sup>.

« On peut constater à quel point les politiques d'électrification des transports sont inefficaces dans la lutte aux changements climatiques en comparant le coût par tonne de GES évitée au prix d'un droit d'émission sur le marché du carbone. »

La Norvège est perçue comme le pays le plus avant-gardiste en matière d'électrification des transports, avec environ 75 000 voitures électriques sur les routes en septembre 2015<sup>112</sup>. Les nombreux programmes appuyant financièrement les propriétaires de voitures électriques incluent le soutien financier à l'achat, une exemption de taxe de vente, l'exemption des péages et des stationnements gratuits. Cependant, chaque tonne de GES évitée a coûté 6925 \$ en subventions diverses à l'utilisation, sans inclure les GES émis lors de la fabrication de la batterie<sup>113</sup>. Si le Québec imitait la Norvège, comme il semble avoir l'intention de le faire<sup>114</sup>, le gouvernement verserait l'équivalent de 1560 \$ en subven-

tion pour chaque tonne de GES évitée<sup>115</sup>. En incluant les GES émis lors de la fabrication de la batterie, les résultats s'élèvent à plus de 100 000 \$ par tonne de GES évitée en Norvège<sup>116</sup> contre 1910 \$ pour le Québec.

On peut constater à quel point les politiques d'électrification des transports sont inefficaces dans la lutte aux changements climatiques en comparant le coût par tonne de GES évitée au prix d'un droit d'émission sur le marché du carbone. Le Tableau 2-2 résume ces comparaisons et montre qu'on peut utiliser les sommes associées à l'électrification des transports pour réduire les émissions beaucoup plus efficacement.

## E. La réglementation

Les gouvernements adoptent aussi des lois et règlements concernant les émissions de GES et les carburants. Par exemple, le gouvernement du Canada a adopté une loi sur les normes de consommation de carburant des véhicules automobiles<sup>117</sup>. La réglementation impose aux constructeurs automobiles une moyenne de consommation de carburant pour les véhicules qu'ils fabriquent<sup>118</sup>. Les économies de carburants sont aussi une préoccupation des automobilistes, surtout lorsque le prix de l'essence est élevé. Les constructeurs automobiles sont donc fortement incités à produire des véhicules toujours plus efficaces sur ce plan, comme on le verra au Chapitre 3.

La composition de l'essence est aussi réglementée, notamment quant à l'addition d'au moins 5 % d'éthanol dans l'essence ordinaire en vertu d'une réglementation fédérale<sup>119</sup>. Ce carburant renouvelable provient principalement de maïs et de blé au Canada, mais il peut provenir d'autres matières agricoles ou de déchets forestiers<sup>120</sup>. Il s'agit d'un carburant renouvelable dont la combustion émet moins de GES.

111. Troy R. Hawkins et al., « Comparative Environmental Life Cycle Assessment of Conventional and Electric Vehicles », *Journal of Industrial Ecology*, vol. 17, no 1, 2013, p. 53-64.

112. Gronnbil, EVs in Norge, septembre 2015.

113. En raison de la batterie, la fabrication d'une voiture électrique produit deux fois plus d'émissions que la fabrication d'une voiture à essence. Troy R. Hawkins et al., op. cit., note 111.

114. Gouvernement du Québec, Propulser le Québec par l'électricité, Un plan d'action mobilisateur, structurant et responsable.

115. Youri Chassin et Guillaume Tremblay, « Doit-on subventionner l'achat de voitures électriques? », Note économique, Institut économique de Montréal, novembre 2014.

116. Cela est en raison du faible kilométrage annuel parcouru par les propriétaires de voitures électriques en Norvège.

117. Gouvernement du Canada, *Loi sur les normes de consommation de carburant des véhicules automobiles*, 1985.

118. Martin Croteau, « Ottawa impose de nouvelles normes sur la consommation de carburant », *La Presse*, 27 novembre 2012.

119. Environnement Canada, Règlement sur les carburants renouvelables, 14 juillet 2015; Petro-Canada, Vous cherchez une essence qui convient à vos besoins?

120. Ressources naturelles Canada, Qu'est-ce que l'éthanol?, 19 novembre 2014.

Cependant, on sait maintenant que la production de biocarburants comme l'éthanol produit à partir de céréales est très nocif sur les plans économique et environnemental. Lorsqu'on prend en compte sa production, sa densité énergétique plus faible et la performance qu'il permet, l'éthanol n'offre pas d'avantage notable sur le plan de la réduction des émissions de GES<sup>121</sup>. Qui plus est, parce qu'il provient en bonne partie de céréales cultivées, l'éthanol utilisé provoque des hausses de prix des biens alimentaires de base sur les marchés mondiaux et entraîne des conséquences financières et humaines négatives pour les populations les plus pauvres, en plus d'accroître l'utilisation des terres pour l'agriculture<sup>122</sup>. Le gouvernement du Canada reconnaît d'ailleurs que les avantages de cette réglementation sont inférieurs aux coûts<sup>123</sup>. L'augmentation appréciable de sa production au cours des dernières décennies s'accompagne donc d'impacts négatifs nombreux.

**« La production de biocarburants comme l'éthanol produit à partir de céréales est très nocif sur les plans économique et environnemental. »**

Une réglementation originale adoptée en 2007 en Alberta cherche à diminuer l'intensité des émissions de GES. Le Specified Gas Emitters Regulation (SGER) vise les installations émettant 100 000 tonnes ou plus de GES et les obligent à réduire de 12 % leurs émissions par unité de production par rapport à leur niveau moyen pour la période de 2003 à 2005. Cette cible sera de 15 % l'an prochain et de 20 % en 2017. Si ces objectifs ne sont pas atteints, une installation doit compenser ses émissions par des crédits ou encore en contribuant au Fonds pour la gestion des changements climatiques et

des émissions au coût de 15 \$ la tonne de GES. Le prix courant sera progressivement augmenté pour atteindre 30 \$ en 2017<sup>124</sup>.

Ce type de réglementation n'est pas identique au marché du carbone dans ses effets. Parce qu'il ne limite pas le niveau des émissions, mais uniquement leur intensité, le SGER ne peut pas garantir de diminution absolue. Par contre, comme d'autres types de réglementation, il incite les entreprises privées à mesurer leurs émissions et les encourage à adopter des procédés industriels plus sobres en carbone.

## F. L'impact sur l'économie des mesures gouvernementales

Les mesures gouvernementales pour lutter contre les changements climatiques engendrent nécessairement un impact économique négatif. La théorie économique indique en effet que, puisque les émissions de GES dans l'atmosphère constituent une externalité, l'activité économique ne les prend pas en compte sans réglementation à cet effet. Imposer des limites aux émissions ou leur associer un prix signifie nécessairement imposer une contrainte économique qui n'existerait pas autrement. Sous cette contrainte, les entreprises et les individus devront faire des choix différents de ceux qu'ils jugent optimaux et qu'ils auraient faits en l'absence d'une telle réglementation.

L'Institut économique de Montréal a déjà publié un *Cahier de recherche* portant spécifiquement sur le coût d'une transition énergétique accélérée, telle que préconisée par les organismes écologiques Équiterre et Vivre en ville<sup>125</sup>. Le coût annuel de 6,4 milliards de dollars pour l'économie québécoise représente 1875 \$ par ménage. Dans un sondage mené avant la parution de cette publication, seulement 12 % des Canadiens étaient disposés à payer plus de 1500 \$ par année afin de réduire la consommation de pétrole du Canada<sup>126</sup>.

Plusieurs groupes militants ont constaté la difficulté de convaincre les populations de consentir à des sacrifices économiques importants pour lutter contre les change-

121. Erica Gies, « As Ethanol Booms, Critics Warn of Environmental Effect », *New York Times*, 24 juin 2010; Xiaoyu Yan et al., « Effects of Ethanol on Vehicle Energy Efficiency and Implications on Ethanol Life-Cycle Greenhouse Gas Analysis », *Environment Science Technology*, vol. 47, no 11, 2013, p. 5535-5544; OCDE, *op. cit.*, note 55: « The estimated carbon prices in the road transport sector also show considerable variation. The costs per tonne of CO<sub>2</sub>eq abated are very high in certain cases; exceeding EUR 1000 per tonne for some policies related to the promotion of biofuels ».

122. Rafael E. De Hoyos et Denis Medvedev, « Poverty Effects of Higher Food Prices: A Global Perspective », Banque mondiale, Policy Research Working Paper 4887, 2009, p. 23; Indur M. Goklany, « Could Biofuel Policies Increase Death and Disease in Developing Countries? », *Journal of American Physicians and Surgeons*, vol. 16, no 1, 2011, p. 9-13.

123. L'analyse avantages-coûts du gouvernement fédéral indique que la valeur actualisée des avantages estimés s'élèverait à 1,1 milliard de dollars en se basant sur des réductions d'émissions de GES. La valeur actualisée des coûts sont estimés quant à eux à 4,8 milliards de dollars. Environnement Canada, Règlement fédéral sur les carburants renouvelables : Un aperçu, 21 avril 2015.

124. Alberta Environment and Parks, Industrial Emissions Management, 13 octobre 2015.

125. Youri Chassin et Germain Belzile, *Peut-on se débarrasser du pétrole ? Les coûts d'une transition énergétique accélérée*, Cahier de recherche, Institut économique de Montréal, décembre 2014.

126. Léger, « Étude auprès des Canadiens sur l'appui aux mesures de réduction de consommation du pétrole », sondage réalisé pour le compte de l'Institut économique de Montréal, novembre 2014.



ments climatiques. Cela explique qu'ils préfèrent maintenant affirmer que la lutte aux changements climatiques ne nuirait pas à l'économie, mais serait même positive pour la croissance économique<sup>127</sup>. Malheureusement, leur raisonnement est incomplet et illogique<sup>128</sup>. Ce type d'analyse insiste généralement sur la création d'emplois subventionnés, sans toutefois prendre en compte les emplois détruits par les taxes et impôts qui servent à financer ces subventions. Parfois, on insiste sur la réduction des importations de pétrole, mais sans mentionner ni que ces importations servent à nous transporter, ni le coût économique de l'alternative, nécessairement plus élevé.

Cependant, des institutions reconnues adoptent un discours contraire pour convaincre les gouvernements d'intervenir davantage. En somme, elles font état d'un coût important associé aux efforts de mitigation futurs en l'absence d'actions immédiates. Cet argument est révélateur en ce qui a trait aux coûts économiques immanquablement associés à la réduction contraignante des émissions de GES. Dans un rapport produit dans le cadre de l'initiative de la Banque mondiale sur les changements climatiques, on mentionne par exemple que :

L'Agence internationale de l'énergie (AIE) a émis des mises en garde, confirmées par de nombreux exercices de modélisation des filières énergétiques, selon lesquelles si des actions urgentes ne sont pas prises très rapidement, il sera extrêmement coûteux de réduire les émissions assez rapidement pour maintenir le réchauffement sous la barre des 2 °C<sup>129</sup>.

Il est donc malhonnête d'affirmer que les contraintes économiques imposées pour lutter contre les changements climatiques ne nuiraient pas immédiatement à l'économie. Les nouvelles activités économiques qui se développeront en réponse aux subventions, à la réglementation ou aux leviers fiscaux seront certes des additions à la croissance. Elles ne compenseront toutefois pas entièrement les activités économiques perdues en raison de ces mêmes mesures, ailleurs dans l'économie.

En d'autres termes, s'il est possible d'atteindre une vigueur économique plus grande qu'actuellement sous une nouvelle contrainte, il est nécessairement possible de l'atteindre sans cette contrainte et les agents économiques le feront de toute manière.

« Ce type d'analyse insiste généralement sur la création d'emplois subventionnés, sans toutefois prendre en compte les emplois détruits par les taxes et impôts qui servent à financer ces subventions. »

Certaines actions ayant des effets économiques bénéfiques, même à court terme, ont aussi pour effet de réduire les émissions de GES. Lorsqu'on économise une énergie chère par l'efficacité énergétique, l'investissement peut se révéler rentable<sup>130</sup>. Réduire les émissions de GES d'une source peut aussi réduire d'autres émissions polluantes et ainsi améliorer la qualité de l'air<sup>131</sup>. Dans de tels cas, les avantages potentiels justifient en eux-mêmes les coûts des investissements requis, sans qu'une contrainte n'ait à être imposée. La réduction des émissions de GES associée à ces mesures constitue alors un bénéfice additionnel de décisions économiques ou environnementales profitables en elles-mêmes. Un effet secondaire, en quelque sorte.

Si à court terme le coût ne fait aucun doute en présence de contraintes gouvernementales, il peut toutefois être économiquement avantageux d'en imposer pour réduire les émissions de GES sur le long terme<sup>132</sup>. Les mesures gouvernementales peuvent donc être jugées utiles ou nécessaires si le bénéfice de réduire les émissions en termes de bien-être général et de prospérité économique future est supérieur à l'impact économique négatif de telles mesures.

Il s'agit là d'une analyse avantages-coûts classique, mais qui comporte dans ce cas un degré d'incertitude appréciable. Les connaissances scientifiques actuelles se fondent sur plusieurs hypothèses et des modèles pour établir des estimations qui sont les meilleures lignes di-

127. Philippe Bourke, « Remettre les changements climatiques à l'ordre du jour », *La Presse* +, 11 septembre 2015; Greenpeace, *Green Is Gold: How Renewable Energy Can Save Us Money and Generate Jobs*, 2013; Pembina Institute et David Suzuki Foundation, *Climate Leadership, Economic Prosperity: Final Report on an Economic Study of Greenhouse Gas Targets and Policies for Canada*, 2009.

128. La rhétorique de la croissance verte et des faibles coûts de mitigation est critiquée au sein de la communauté scientifique. Voir par exemple Kevin Anderson, « Duality in Climate Science », *Nature Geoscience*, 12 octobre 2015.

129. Banque mondiale, *Turn Down the Heat: Confronting the New Climate Normal*, 2014, p. xviii. Le GIEC reconnaît aussi explicitement cette réalité. Voir R. K. Pachauri et al., *Climate Change 2014: Synthesis Report, Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, GIEC, 2014, p. v.

130. Banque mondiale et ClimateWorks Foundation, *Climate-Smart Development: Adding Up the Benefits of Actions That Help Build Prosperity, End Poverty and Combat Climate Change*, 2014, p. 1 et 8.

131. Johannes Bollen et al., *Co-Benefits of Climate Change Mitigation Policies: Literature Review and New Results*, OCDE, Economics Department Working Papers no 693, avril 2009, p. 6.

132. Cela peut être le cas en raison de la myopie temporelle des acteurs ou encore parce que les émissions de GES sont une externalité négative. Voir William D. Nordhaus, *The Climate Casino: Risk, Uncertainty, and Economics for a Warming World*, Yale University Press, 2015.



rectrices pour l'adoption de politiques publiques. Des variables techniques – mais cruciales – incluses dans les modèles sont constamment étudiées pour préciser les estimations qu'en donnent les scientifiques et les économistes : tendances démographiques et économiques, intensité en carbone, absorption des océans, forçage radiatif anthropique, sensibilité du climat à l'équilibre, etc. L'Annexe à ce *Cahier de recherche* fournit au lecteur intéressé un portrait d'ensemble de l'incertitude associée aux démarches du GIEC et des travaux d'économistes ainsi que l'impact de cette incertitude sur les évaluations avantages-coûts.

« Afin de s'assurer de l'efficacité des politiques, il est crucial d'évaluer les programmes et les moyens d'action découlant des politiques. »

L'incertitude ne constitue toutefois pas une justification à l'inaction puisqu'on estime que la probabilité de catastrophes majeures en cas d'un réchauffement élevé n'est pas nulle. L'approche prudente, dans un tel cas, est de recourir à l'assurance, comme on s'assure contre des désastres, improbables certes, mais aux conséquences terribles<sup>133</sup>.

Malheureusement, très peu d'études quantifient les dommages socioéconomiques associés à des hausses de plus de 3 °C pour déterminer les coûts du réchauffement planétaire, comme le montrent les recensions du GIEC<sup>134</sup>. Et les estimations dont on dispose sont parfois controversées. L'économiste britannique Nicholas Stern a tenté de déterminer les coûts des changements climatiques et concluait qu'il serait plus coûteux de ne pas agir. Son rapport éponyme<sup>135</sup> a toutefois été fortement critiqué<sup>136</sup>. Parmi ces critiques, on compte William D. Nordhaus de l'Université Yale. Celui-ci démontre que les conclusions du Rapport Stern dépendent fortement de certaines hypothèses peu réalistes, dont le taux d'actualisation et une fonction d'utili-

té spécifique<sup>137</sup>. Au-delà de ce jargon économique, la conclusion de Nordhaus est que le Rapport Stern se montre trop alarmiste.

L'argument de Nordhaus se base sur la recension de Richard Tol tentant de mesurer les avantages et les coûts des changements climatiques à long terme. Sa conclusion, consensuelle parmi les études récentes traitant de cette question, est qu'un réchauffement de l'ordre de 1 à 2 °C engendrera probablement des effets globalement positifs<sup>138</sup>. Il prend ainsi en compte les nombreuses études tendant à démontrer qu'un réchauffement planétaire modeste, tel qu'on le connaîtra d'ici la fin du siècle, entraînerait entre autres une augmentation de la productivité agricole<sup>139</sup>. Par contre, il affirme aussi que le bilan total des changements climatiques sera négatif à plus long terme, lorsque le seuil de 2 °C sera dépassé<sup>140</sup>. Cette estimation contredit la rhétorique omniprésente, où tous les événements négatifs sont perçus comme des symptômes des changements climatiques, et démontre l'importance d'apporter certaines nuances.

Compte tenu de l'incertitude entourant cette question, il est probable que les débats demeureront vigoureux en ce qui a trait à l'évaluation des conséquences des changements climatiques.

## G. Trois principes pour de bonnes politiques publiques

Les circonstances de chaque pays influencent le débat politique et les solutions adoptées. Même sans proposer des solutions d'un seul et même format pour tous, il est possible de voir dans les expériences connues quelques leçons qui peuvent inspirer les gouvernements du monde. Au moins trois principes en découlent, indissociables les uns des autres : l'efficacité, la neutralité fiscale et le fardeau économique minimal.

133. Martin Weitzman, « Some Basic Economics of Climate Change », dans Jean-Philippe Touffut, *Changing Climate, Changing Economy*, Edward Elgar, 2009; Robert S. Pindyck, « Climate Change Policy: What Do The Models Tell Us? », *Journal of Economic Literature*, vol. 51, no 3, 2013, p. 860-872.  
134. Douglas J. Arent et al., « Key Economic Sectors and Services », dans Christopher B. Field et al. (dir.), *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Part A: Global and Sectoral Aspects, Working Group II Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, GIEC, 2014, p. 690.  
135. Nicholas Stern, *The Economics of Climate Change: The Stern Review*, Cambridge University Press, 2007.  
136. Martin Weitzman, « A Review of The Stern Review on the Economics of Climate Change », *Journal of Economic Literature*, vol. 45, no 3, 2007, p. 730-724.

137. « An examination of the Review's radical revision of the economics of climate change finds, however, that it depends decisively on the assumption of a near-zero time discount rate combined with a specific utility function. The Review's unambiguous conclusions about the need for extreme immediate action will not survive the substitution of assumptions that are consistent with today's marketplace real interest rates and savings rates ». William D. Nordhaus, « A Review of the "Stern Review on the Economics of Climate Change" », *Journal of Economic Literature*, vol. 45, no 3, 2007, p. 686-702.  
138. Richard S. J. Tol, « The Economics Effects of Climate Change », *Journal of Economic Perspectives*, vol. 23, no 2, 2009; Richard S. J. Tol, *Economic Impacts of Climate Change*, Département d'économie, Université de Sussex, Working Paper Series, no 75-2015, 2015.  
139. *Idem*; William D. Nordhaus, *op. cit.*, note 132, p. 83.  
140. *Op. cit.*, note 138; William D. Nordhaus, *op. cit.*, note 132, p. 141.

## L'efficacité des politiques de réduction des GES

Parmi la variété des politiques dites « vertes » de développement durable ou de lutte aux changements climatiques, on retrouve nombre d'initiatives qui ont parfois un lien ténu avec l'objectif de réduction des émissions de GES. Une bonne politique publique devrait pourtant toujours être efficace et, dans le cadre des changements climatiques, l'efficacité signifie une réduction des émissions de GES.

Le corollaire du principe d'efficacité est que la réduction devrait être obtenue au meilleur coût possible. S'il est possible de faire mieux au même coût, la politique mise en œuvre n'est forcément pas aussi efficiente qu'elle aurait pu l'être.

« La neutralité fiscale est un moyen d'atténuer les impacts économiques négatifs de ces taxes, en particulier pour les moins nantis, les taxes sur l'énergie étant bien souvent régressives. »

Afin de s'assurer de l'efficacité des politiques, il est crucial d'évaluer les programmes et les moyens d'action découlant des politiques. Sans une telle évaluation, on ne peut distinguer convenablement les bons des mauvais coups. L'amélioration continue des politiques apparaît pourtant importante dans un contexte incertain où l'on doit maximiser les résultats de chaque action.

Pour les politiciens, de telles évaluations peuvent cependant constituer un dur test. Entre les discours et les actions des gouvernements, il y a parfois un écart considérable. Faire miroiter des objectifs ambitieux ne coûte pas grand-chose, mais les respecter peut parfois être plus ardu si cela exige de renoncer à d'autres promesses ou de mécontenter certains acteurs sociaux. L'environnement et la lutte aux changements climatiques sont deux thèmes sur lesquels on a entendu beaucoup de rhétorique politique. Des évaluations sérieuses mettraient en lumière que les résultats ne sont pas à la hauteur des promesses.

## La neutralité fiscale des mesures ayant un impact financier

Les gouvernements qui mettent en place des taxes sur le carbone ou des marchés du carbone pour limiter les émissions de GES devraient éviter de considérer les revenus ainsi générés comme de nouvelles sommes disponibles pour financer de nouveaux programmes. Même si les nouvelles dépenses sont en lien avec la lutte aux changements climatiques, les recettes associées au prix du carbone ont pour conséquence d'appauvrir les ménages et de nuire à la compétitivité des entreprises.

À l'instar de la taxe sur le carbone de la Colombie-Britannique, tout instrument financier devrait être fiscalement neutre. Une diminution des impôts sur le revenu des particuliers et des sociétés, une réduction des cotisations sociales, voire l'augmentation des crédits d'impôt remboursables pour les ménages à plus faibles revenus, sont des moyens d'éviter une diminution du pouvoir d'achat des citoyens. Ce faisant, la neutralité fiscale est un moyen d'atténuer les impacts économiques négatifs de ces taxes, en particulier pour les moins nantis, les taxes sur l'énergie étant bien souvent régressives<sup>141</sup>.

Quand les gouvernements souhaitent conserver ces revenus, on prend le risque que ces nouvelles sommes servent à financer des projets peu efficaces, dédommagent des entreprises ou des secteurs industriels ayant plus de poids auprès du gouvernement, ou soient détournées de leurs fins. Lorsque les nouveaux fonds remplacent d'autres dépenses dans des projets qui auraient existé de toute façon, c'est que les nouveaux fonds sont indirectement détournés de leurs objectifs.

## Limiter au minimum l'impact économique

Réduire la croissance économique serait contreproductif dans la lutte aux changements climatiques. Au contraire, il est nécessaire de disposer des ressources suffisantes pour soutenir les innovations nécessaires à la réduction des émissions. Une activité économique déprimée par trop de règles et de taxes ne générerait pas les recettes fiscales attendues par les États ni les revenus de vente des entreprises à partir desquels se finance la R&D.

141. Congressional Budget Office, « Trade-Offs in Allocating Allowances for CO2 Emissions », Economic and budget issue brief, 2007; John Hills, *Getting the Measure of Fuel Poverty: Final Report of the Fuel Poverty Review*, CASE report 72, 2012, p. 8.

Comme nous le verrons au Chapitre 4, la prospérité économique est aussi un facteur crucial dans l'incontournable adaptation aux changements climatiques.

Outre la neutralité fiscale, d'autres caractéristiques des politiques devraient être modulées dans le but de limiter l'impact économique négatif des réductions contraignantes des émissions. La simplicité de la réglementation, par exemple, permet de s'y conformer plus simplement et donne aux entreprises des règles plus claires. Les règles compliquées se retrouvent souvent contestées devant les tribunaux ou sont appliquées de manières plus arbitraires, ce qui crée un contexte incertain et défavorable à la prospérité économique.

«Une activité économique déprimée par trop de règles et de taxes ne générerait pas les recettes fiscales attendues par les États ni les revenus de vente des entreprises à partir desquels se finance la R&D.»

Dans le jargon de la science économique, les leviers fiscaux créent des « distorsions économiques », c'est-à-dire qu'ils changent les décisions des acteurs. Dans le cadre d'un prix sur le carbone, le but est justement de créer une distorsion, mais sur un seul plan, celui des émissions de GES. Il faut donc limiter le potentiel de distorsions non désirées. Par exemple, les différents secteurs économiques devraient être traités le plus également possible. Ce principe central se confronte toutefois à la réalité de certaines industries plus exposées à la concurrence internationale, notamment de la part d'entreprises qui ne sont pas soumises à une telle réglementation, et que les gouvernements ne souhaitent pas voir disparaître.

D'autres contraintes doivent impérativement être considérées, tant pour respecter le principe de l'efficacité que celui d'un impact économique limité. Tout d'abord, comme on l'a vu, le prix de l'essence est déjà composé largement de taxes. Les politiques en vigueur dans les autres États doivent aussi être considérées. Sinon, une politique trop exigeante entraînera des fuites de carbone par un déplacement de l'activité industrielle à forte intensité en carbone. Ces fuites peuvent améliorer artificiellement le bilan d'émissions d'un État sans toutefois diminuer les émissions au niveau mondial.

Compte tenu de la nécessité de limiter les distorsions, et en raison des contraintes, les gouvernements peuvent difficilement imposer un prix du carbone très élevé. Généralement, la force de la taxe sur le carbone ou du marché du carbone est précisément de limiter les distorsions autres que celle recherchée. Ce sont les réductions d'émissions les plus simples et les moins coûteuses qui sont sélectionnées par les interactions du marché. Les cibles de réductions n'ont pas à se traduire par des plans d'action détaillant les moyens qui doivent être adoptés dans chaque établissement et chaque entreprise.

C'est pourquoi ces mécanismes de marché sont très puissants : leur efficacité est maximisée et leur impact économique est minimisé (bien qu'il puisse être élevé dans l'absolu si le prix du carbone est élevé). Lorsque le montant de la taxe est connu pour les années à venir, par exemple en annonçant à l'avance les augmentations annuelles prévues, cela incite les différents secteurs économiques à innover, à investir en R&D et à trouver des solutions. Cela ne veut pas dire que les entreprises ne le font pas déjà. Les gouvernements ne sont pas les seuls à agir pour répondre à la demande politique qui émane de leurs électeurs. Les entreprises aussi tentent de répondre à la demande de leurs consommateurs, comme nous le verrons au prochain chapitre.

---

## Bibliographie

ALBERTA ENVIRONMENT AND PARKS, Industrial Emissions Management.

AGENCE DU REVENU DU CANADA, *Rapport annuel de l'Agence du Revenu du Canada au Parlement 2013-2014*.

ANDERSON Kevin, « Duality in Climate Science », *Nature Geoscience*, 12 octobre 2015.

ARENT Douglas J. et al., dir., *Key economic sectors and services*, dans *Climate change 2014 : Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Part A : Global and Sectoral Aspects*, Working Group II contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, GIEC, 2014.

AVI-YONAH Reuven S. et UHLMANN David M., « Combating Global Climate Change: Why a Carbon Tax is a Better Response to Global Warming than Cap and Trade », *Stanford Environmental Law Journal*, vol. 28, no 3, 2009.

BANQUE DU CANADA, Moyennes mensuelles des taux de change—dix dernières années.

BANQUE MONDIALE, *4° Turn Down the Heat: Confronting the New Climate Normal*, 4<sup>e</sup> rapport, 2014.

BANQUE MONDIALE et CLIMATEWORKS FOUNDATION, *Climate-Smart Development: Adding up the Benefits of actions that help build prosperity, end poverty and combat climate change*, 2014.

- BOLLEN Johannes *et al.*, *Co-Benefits Of Climate Change Mitigation Policies: Literature Review And New Results*, Organisation de Coopération et de Développement Économiques, Economics department working papers no 693, 2009.
- BOURKE Philippe, « Remettre les changements climatiques à l'ordre du jour », *La Presse+*, 11 septembre 2015.
- BRONS Martijn R.E. *et al.*, « A Meta-Analysis of the Price Elasticity of Gasoline Demand. A System of Equations Approach », Leibniz Information Centre for Economics, Tinbergen Institute Discussion Paper, no 06-106/3, 2006.
- CAA QUEBEC, Composantes du prix de l'essence.
- CALIFORNIA ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, Air Resources Board, « 2020 Statewide Greenhouse Gas Emissions and the 2020 Target.
- CALIFORNIA ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, Air Resources Board, California 1990 Greenhouse Gas Emissions Level and 2020 Limit.
- CALIFORNIA ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, Air Resources Board, « California Greenhouse Gas Inventory for 2000-2013– by Sector and Activity », 24 avril 2015.
- CALIFORNIA ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, Air Resources Board, « California Greenhouse Gas Inventory (millions of metric tonnes of CO<sub>2</sub> equivalent)—By IPCC Category », 19 novembre 2007.
- CHARRON Isabelle, *Guide sur les scénarios climatiques : Utilisation de l'information climatique pour guider la recherche et la prise de décision en matière d'adaptation*, Ouranos, 2014, 86 pages.
- CHASSIN Youri et BELZILE Germain, *Peut-on se débarrasser du pétrole ? Les coûts d'une transition énergétique accélérée*, Cahier de recherche, Institut économique de Montréal, 2014.
- CHASSIN Youri et TREMBLAY Guillaume, « Les coûts croissants de la production d'électricité au Québec », IEDM, juin 2013.
- CHASSIN Youri et TREMBLAY Guillaume, « Doit-on subventionner l'achat de voitures électriques? », Note économique, Institut économique de Montréal, 2014.
- CONGRESSIONAL BUDGET OFFICE, « Trade-Offs in Allocating Allowances for CO<sub>2</sub> Emissions », Economic and budget issue brief, 2007.
- CONSEIL DE RECHERCHES EN SCIENCES NATURELLES ET EN GÉNIE DU CANADA, Profil du titulaire de la chaire Martin Bourbonnais.
- CONSEIL DE RECHERCHES EN SCIENCES NATURELLES ET EN GÉNIE DU CANADA, Profil du titulaire de la chaire Pragasen Pillay.
- CORCORAN Terence, « No B.C. carbon tax miracle on 120<sup>th</sup> St. », *Financial Post*, 13 janvier 2014.
- CROSS Philip, « The carbon tax illogic », *Financial Post*, 13 janvier 2015.
- CROTEAU Martin, « Ottawa impose de nouvelles normes sur la consommation de carburant », *La Presse*, 27 novembre 2012.
- EEX, Results EUA Primary Auction Spot—Download, Emission Spot Primary Market Auction Report 2015.
- ELGIE Stewart et MCCLAY Jessica, « BC's Carbon Tax Shift After Five Years: Results—An Environmental (and Economic) Success Story », *Sustainable Prosperity*, 2013.
- ENVIRONNEMENT CANADA, Fuel Combustion, Mobile Combustion, 21 juin 2013.
- ENVIRONNEMENT CANADA, « Règlement sur les carburants renouvelables », juillet 2015.
- ENVIRONNEMENT CANADA, Règlement fédéral sur les carburants renouvelables : un aperçu, 21 avril 2015.
- ESPEY Molly, « Gasoline Demand Revisited: An International Meta-Analysis of Elasticities », *Energy Economics*, vol. 20, 1998.
- FINLAYSON Jock, « B.C.'s carbon tax hurting businesses », *The Vancouver Sun*, 1<sup>er</sup> août 2013.
- GIES Erica, « As Ethanol Booms, Critics Warn of Environmental Effect », *New York Times*, 24 juin 2010.
- GALIANA Isabel, « Benefits and Costs of the Climate Change Targets for the Post-2015 Development Agenda », Copenhagen Consensus Center, 2014.
- GOKLANY Indur M., « Could Biofuel Policies Increase Death and Disease in Developing Countries? » *Journal of American Physicians and Surgeons*, vol. 16, no 1, 2011, p. 9-13.
- GOODWIN Phil *et al.*, « Elasticities of Road Traffic and Fuel Consumption with Respect to Price and Income: A Review », *Transport Reviews*, vol. 24, no 3, mai 2004.
- GOVERNEMENT DE LA COLOMBIE-BRITANNIQUE, *Carbon Tax Act*, chapitre 40.
- GOVERNEMENT DE L'ONTARIO, « Cap and Trade System to Limit Greenhouse Gas Pollution in Ontario », Communiqué de presse, 13 avril 2015.
- GOVERNEMENT DU QUÉBEC, Propulser le Québec par l'électricité, Un plan d'action mobilisateur, structurant et responsable.
- GOVERNEMENT DU CANADA, *Loi sur les normes de consommation de carburant des véhicules automobiles*, 1985.
- GREENPEACE, *Green is Gold: How Renewable Energy can save us money and generate jobs*, 2013.
- GRONNBIL, EVs in Norge, septembre 2015.
- HANLY Mark *et al.*, « Review of Income Elasticities and the Demand for Road Traffic », *Center for Transport Studies*, 2002.
- HAWKINS Troy R. *et al.*, « Comparative Environmental Life Cycle Assessment of Conventional and Electric Vehicles », *Journal of Industrial Ecology*, vol. 17, no 1, 2013, p. 53-64.
- HILLS John, *Getting the measure of fuel poverty: Final Report of the Fuel Poverty Review*, CASE report 72, 2012.
- DE HOYOS Rafael E. et MEDVEDEV Denis, « Poverty Effects of Higher Food Prices: A Global Perspective », World Bank, Policy Research Working Paper 4887, 2009.
- HUGUES Jonathan E. *et al.*, « Evidence of a Shift in the Short-Run Price Elasticity of Gasoline Demand », NBER Working Papers no 12530, septembre 2006.
- IEDM, *Un portrait de l'énergie au Canada en 40 questions*, Question 27, 2014.



INDEPENDENT ELECTRICITY SYSTEM OPERATOR, FIT Program.

INDEPENDENT ELECTRICITY SYSTEM OPERATOR, Global Adjustment – Archive, Global Adjustment Values – 2005-2014.

INSTITUT DE LA STATISTIQUE DU QUÉBEC, *Produit intérieur brut par industrie au Québec*, mai 2015.

IPSOS, « Canadian Voters say Managing Economy in Tough Times (76%), Fixing Healthcare (73%) and Creating Jobs (73%) are Absolutely Crucial Policy Planks for Parties to Address to Win their Vote », Communiqué de presse, 13 août 2015.

LEGER, « Étude auprès des Canadiens sur l'appui aux mesures de réduction de consommation du pétrole », sondage réalisé pour le compte de l'Institut économique de Montréal, novembre 2014.

MANKIW N. Gregory, « One Answer to Global Warming: A New Tax », *The New York Times*, 16 septembre 2007.

MAAS Stefan, « Energiewende – schlecht geplant? », *Deutschlandfunk*, 20 août 2014.

MILLER John, « Is Ethanol a Cost Effective Solution to Climate Change? », *The Energy Collective*, 17 janvier 2013.

MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE ET DES RESSOURCES NATURELLES DU QUÉBEC, *Chauffez Vert*, 29 octobre 2013.

MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE ET DES RESSOURCES NATURELLES DU QUÉBEC, *Programme d'aide financière pour des projets d'efficacité énergétique et de conversion*.

MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE ET DES RESSOURCES NATURELLES DU QUÉBEC, *Rénoclimat*.

MINISTÈRE DES FINANCES DE LA COLOMBIE-BRITANNIQUE, *Budget and Fiscal Plan 2015/16 to 2017/18*.

MINISTÈRE DES FINANCES DE LA COLOMBIE-BRITANNIQUE, *How the Carbon Tax works*.

MINISTÈRE DES FINANCES DU CANADA, *Rapport financier annuel du gouvernement du Canada—Exercice 2014-2015*, 2015.

MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES, *Marché du carbone, Crédits Compensatoires*.

MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES, *Le Québec en action vert 2020 : Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques—Phase 1*, 2012.

MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES, *Inventaire québécois des émissions de gaz à effet de serre en 2012 et leur évolution depuis 1990*.

MURPHY Robert P., « British Columbia's Carbon Tax and "Leakage" Into the U.S. », *Institute for Energy Research*, 6 juillet 2015.

NATURE QUÉBEC, « La part du secteur agricole dans les émissions de gaz à effet de serre », mai 2011.

NORDHAUS William D., *A Question of Balance—Weighing the Options on Global Warming Policies*, Yale University Press, 2008.

NORDHAUS William D., « Life After Kyoto: Alternative Approaches to Global Warming Policies », NBER Working Paper no 11889, 2005.

NORDHAUS William D., « A Review of the "Stern Review on the Economics of Climate Change" », *Journal of Economic Literature*, vol. 45, no 3, 2007, p. 686-702.

NORDHAUS William D., *The Climate Casino: Risk, Uncertainty, and Economics for a Warming World*, Yale University Press, 2015, 392 pages.

NUGENT Daniel et SOVACOOOL Benjamin K., « Assessing the lifecycle greenhouse gas emissions from solar PV and wind energy: a critical meta-survey », *Energy Policy*, vol. 65, 2014, p. 229-244.

OCDE, *Climate Change Mitigation: Policies and Progress*, 2015, 113 pages.

OCDE, *Effective Carbon Prices*, novembre 2013.

PEMBINA INSTITUTE et DAVID SUZUKI FOUNDATION, *Climate Leadership, Economic Prosperity: Final report on an economic study of greenhouse gas targets and policies for Canada*, 2009.

PETRO-CANADA, *Vous cherchez une essence qui convient à vos besoins?*

PIGEON Marc-André, « Les taxes fédérales sur l'essence et les énergies de chauffage », *Bibliothèque du Parlement du Canada*, 16 septembre 2005.

PINDYCK Robert S., « Climate Change Policy: What Do The Models Tell Us? » *Journal of Economic Literature*, vol. 51, no 3, 2013, p. 860-872.

POTVIN Catherine et al., *Agir sur les changements climatiques: Solutions d'universitaires canadiens et canadiennes*, Chaire UNESCO-McGill Dialogues pour un avenir durable, mars 2015.

PREMIER MINISTRE DU CANADA, *Le PM annonce des projets d'innovation dans le secteur de l'énergie à l'échelle du Canada*, 3 mai 2013.

RESSOURCES NATURELLES CANADA, *écoÉNERGIE pour l'électricité renouvelable*, 29 juin 2015.

RESSOURCES NATURELLES CANADA, *Initiative écoÉNERGIE sur l'innovation*, 17 octobre 2014.

RESSOURCES NATURELLES CANADA, *Info-Carburant : Comprendre les différents aspects du marché de l'essence au Canada et les facteurs économiques qui influencent les prix—Revue Annuelle 2014*, 23 janvier 2015.

RESSOURCES NATURELLES CANADA, *Programme de recherche et de développement énergétiques*, 5 juillet 2013.

RESSOURCES NATURELLES CANADA, *Programme du Fonds pour l'énergie propre*, 11 juin 2014.

RESSOURCES NATURELLES CANADA, « Qu'est-ce que l'éthanol? », novembre 2014.

RESSOURCES NATURELLES CANADA, *Subventions et incitatifs financiers*, 1<sup>er</sup> avril 2014.

RESSOURCES NATURELLES CANADA, *Taxes gouvernementales sur l'essence*, 15 septembre 2014.

REVENU QUÉBEC, « Tableau des taux de taxe applicables dans les différentes régions du Québec en vigueur à partir du 1<sup>er</sup> avril 2015 », avril 2015.

RIVERS Nicholas et SCHAUFLE Brandon, *Carbon Tax Salience and Gasoline Demand*, Cahier de recherche no 1211E, Département de science économique de l'Université d'Ottawa, 2012.

SIMON Bernard, « Canada's Dion to step down as Liberal leader », *Financial Times*, 21 octobre 2008.

STAVINS Robert N., « Addressing climate change with a comprehensive US cap-and-trade system », *Oxford Review of Economic Policy*, vol. 24, no 2, 2008, p. 298-321.

STERN Nicholas, *The Economics of Climate Change: The Stern Review*, Cambridge University Press, 2007, 712 pages.

TOL Richard S. J., *Economic impacts of climate change*, Département d'économie, Université de Sussex, Working Paper Series, no 75-2015, 2015.

TOL Richard S. J., « The Economics Effects of Climate Change », *Journal of Economic Perspectives*, vol. 23, no 2, 2009.

U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION, Frequently asked questions, How much carbon dioxide is produced by burning gasoline and diesel fuel, 7 juillet 2015.

U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION, Gasoline prices tend to have little effect on demand for car travel, 15 décembre 2014.

VÉRIFICATEUR GÉNÉRAL DE L'ONTARIO, *2011 Annual Report of the Office of the Auditor General of Ontario*, 2011.

VÉRIFICATEUR GÉNÉRAL DE L'ONTARIO, *2013 Annual Report of the Office of the Auditor General of Ontario*, 2013.

VÉRIFICATEUR GÉNÉRAL DU QUÉBEC, *Fonds vert : gestion et aide financière, chapitre 4 du Rapport du vérificateur général du Québec 2014-2015*, Printemps 2014.

WEITZMAN Martin, « A review of The Stern Review on the Economics of Climate Change », *Journal of Economic Literature*, vol. 45 no 3, 2007, p. 730-724.

WEITZMAN Martin, « Some Basic Economics of Climate Change », dans Jean-Philippe Touffut, *Changing Climate, Changing Economy*, Edward Elgar, 2009.

WESTERN CLIMATE INITIATIVE, « Modèle recommandé pour le programme régional de plafonds-échanges de la Western Climate Initiative (WCI) », 23 septembre 2008, 22 pages.

YAN Xiaoyu et al., « Effects of Ethanol on Vehicle Energy Efficiency and Implications on Ethanol Life-Cycle Greenhouse Gas Analysis », *Environment Science Technology*, vol. 47, no 11, 2013, p. 5535-5544.

YAUCH Brady, « Governments rip up renewable contracts », *Financial Post*, 18 mars 2014.





## CHAPITRE 3

### Les innovations qui révolutionnent notre consommation d'énergie

Dans le cadre des négociations internationales sur les changements climatiques comme celle de la Conférence de Paris, l'approche privilégiée est centralisée, ou « top-down » en anglais. De même, lorsque les gouvernements imposent une réglementation ou allouent des subventions, les décisions sont centralisées. Nous avons cependant vu au chapitre précédent que les politiques qui utilisent les mécanismes de marché sont plus efficaces parce qu'elles permettent justement de décentraliser les décisions.

Une tendance encourageante, et trop peu considérée, se dessine dans les entreprises et les institutions : celle d'innover constamment pour répondre au désir des populations de limiter les émissions de GES. Ce chapitre porte donc sur des réalités nouvelles qui pourraient bien changer le portrait des émissions de GES dans les prochaines années et les prochaines décennies<sup>142</sup>. Bien qu'il soit parfois difficile d'en mesurer la portée parce qu'elles ne sont pas déterminées par les gouvernements, les solutions émergentes et décentralisées peuvent être particulièrement efficaces.

Cette tendance s'illustre mieux lorsqu'on considère non pas le niveau des émissions globales, mais les facteurs qui déterminent ce niveau, comme l'intensité énergétique et l'intensité en carbone. Les émissions de GES par habitant des différents pays du monde peuvent se comprendre comme le résultat d'une combinaison de trois facteurs : le niveau de vie des habitants, l'intensité énergétique et l'intensité en carbone. C'est ce que présente l'identité de Kaya, une relation utilisée par le GIEC pour ses scénarios d'émissions de GES, que l'on peut représenter schématiquement ainsi :

On comprend de cette relation que la croissance des émissions de GES est dépendante de la variation de chacun de ces facteurs. Les politiques gouvernementales d'atténuation de GES adoptées et proposées pour limiter les changements climatiques imposent directement un prix sur le carbone, au moyen d'une taxe ou d'un marché d'échange de droits d'émissions, par exemple. Les règlements et normes environnementales imposés par les gouvernements affectent un facteur d'émissions de GES, soit l'intensité en carbone, tout comme les subventions aux énergies renouvelables.

Les mécanismes de marché, quant à eux, affectent les émissions de GES en permettant de créer de la richesse, c'est-à-dire en améliorant le niveau de vie, mais aussi en influençant l'intensité énergétique et l'intensité en carbone.

#### La réduction de l'intensité énergétique dans le monde

Les différents marchés, à l'aide des incitations fournies par les mécanismes de prix, permettent aux ressources – notamment l'énergie – d'être allouées de manière optimale selon les besoins des membres de la société. Pour répondre à la demande de leurs consommateurs, les entreprises cherchent naturellement à minimiser leurs coûts et donc à utiliser le moins de ressources et d'énergie par unité produite. Notre capacité à en faire plus avec moins d'énergie, ou la capacité d'effectuer le même travail avec une quantité moindre d'énergie, est ce que l'Agence internationale de l'énergie (AIE) appelle « l'efficacité énergétique »<sup>143</sup>.

L'intensité énergétique, qui mesure la quantité d'énergie primaire utilisée par unité de PIB, est une bonne estimation de l'efficacité énergétique. Plus une économie est efficiente, moins elle utilise d'énergie par dollar de

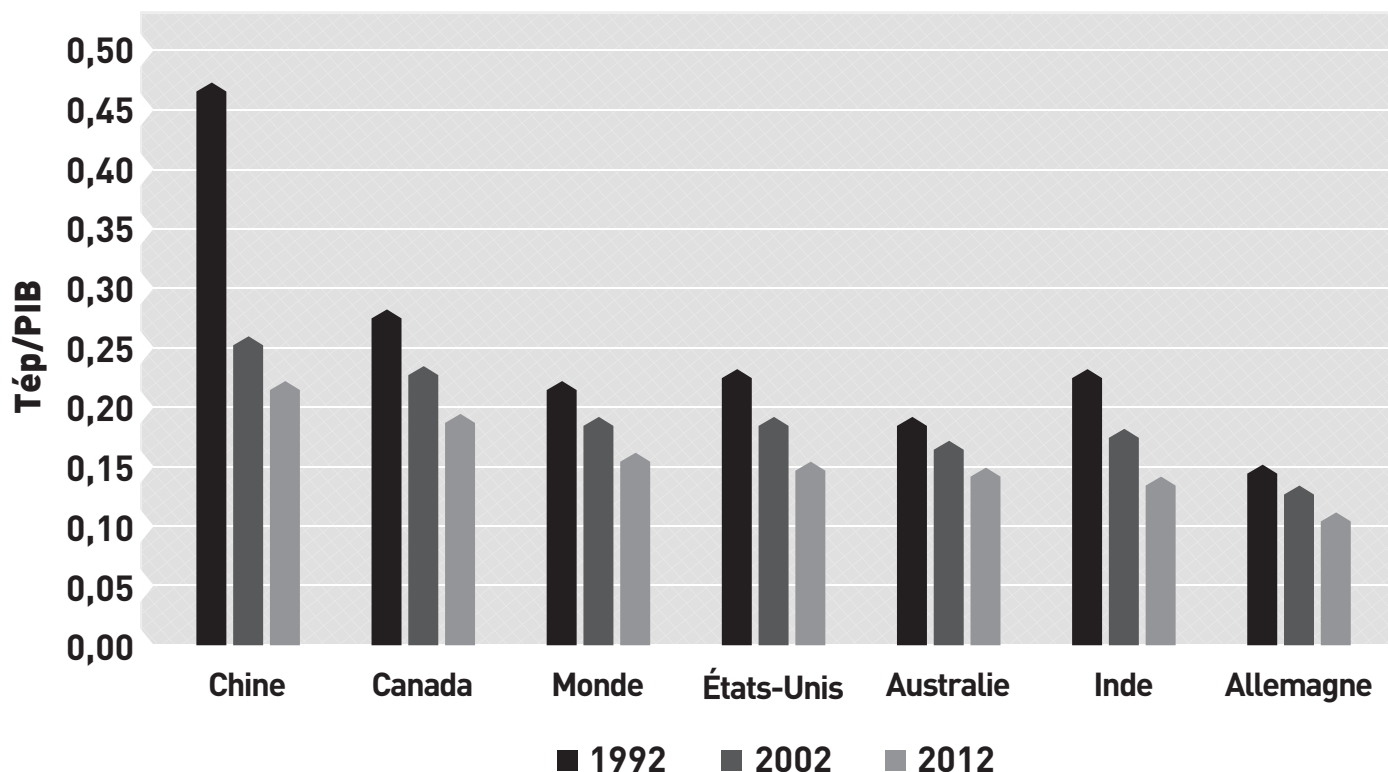
$$\text{GES/habitant} = \boxed{\text{Niveau de vie (PIB/Population)}} \times \boxed{\text{Intensité énergétique (Énergie/PIB)}} \times \boxed{\text{Intensité en carbone (Émissions/Énergie)}}$$

142. Agence France-Presse, « Dix poids lourds du pétrole et du gaz s'unissent pour le climat », *La Presse*, 16 octobre 2015.

143. Agence internationale de l'énergie, *Energy efficiency*.

Figure 3-1

### Intensité énergétique en tonnes d'équivalent pétrole par millier de dollars US, 1992-2012



**Note :** Il s'agit de dollars US de 2005, ajustés pour la parité du pouvoir d'achat.

**Sources :** Agence internationale de l'énergie, Statistics, Report; Agence internationale de l'énergie, *Energy Efficiency Market Report 2014: Market Trends and Medium-Term Prospects*, 2014, p. 210.

PIB. La Figure 3-1 montre ainsi que l'intensité énergétique diminue avec le développement économique, tant chez les pays riches que chez les pays émergents. L'évolution de la Chine à cet égard a été spectaculaire, l'intensité énergétique y ayant diminué de moitié en 20 ans. À l'échelle mondiale, l'intensité énergétique a diminué à un rythme annuel de 1,25 % entre 1990 et 2013<sup>144</sup>.

L'intensité énergétique n'est pas une mesure parfaite de l'efficacité énergétique puisqu'elle ne tient pas compte de la structure et de la taille de l'économie ainsi que du climat de la région. À titre d'exemple, une économie basée sur les services dans un climat doux aura une intensité énergétique plus faible qu'une économie basée sur le secteur manufacturier dans un climat froid, même s'il est possible qu'elle utilise son énergie de façon moins efficiente<sup>145</sup>.

L'AIE tente d'ailleurs depuis quelques années de calculer plus précisément l'efficacité énergétique. Elle estime ainsi quelle aurait été la consommation d'énergie si la richesse et la population avaient crû au même rythme, mais sans les avancées technologiques améliorant la consommation de l'énergie dans les bâtiments, les machines, les véhicules et même les ampoules électriques<sup>146</sup>.

L'énergie ainsi économisée grâce aux gains d'efficacité énergétique des nouvelles façons de faire est substantielle. L'AIE estime qu'en 2011, pour un échantillon de 11 pays, l'ensemble de la consommation d'énergie évitée grâce aux améliorations technologiques depuis 1973 s'élevait à 1337 millions de tonnes d'équivalent pétrole. Comme l'indique la Figure 3-2, cette économie est plus grande que la consommation finale de n'importe quelle forme d'énergie.

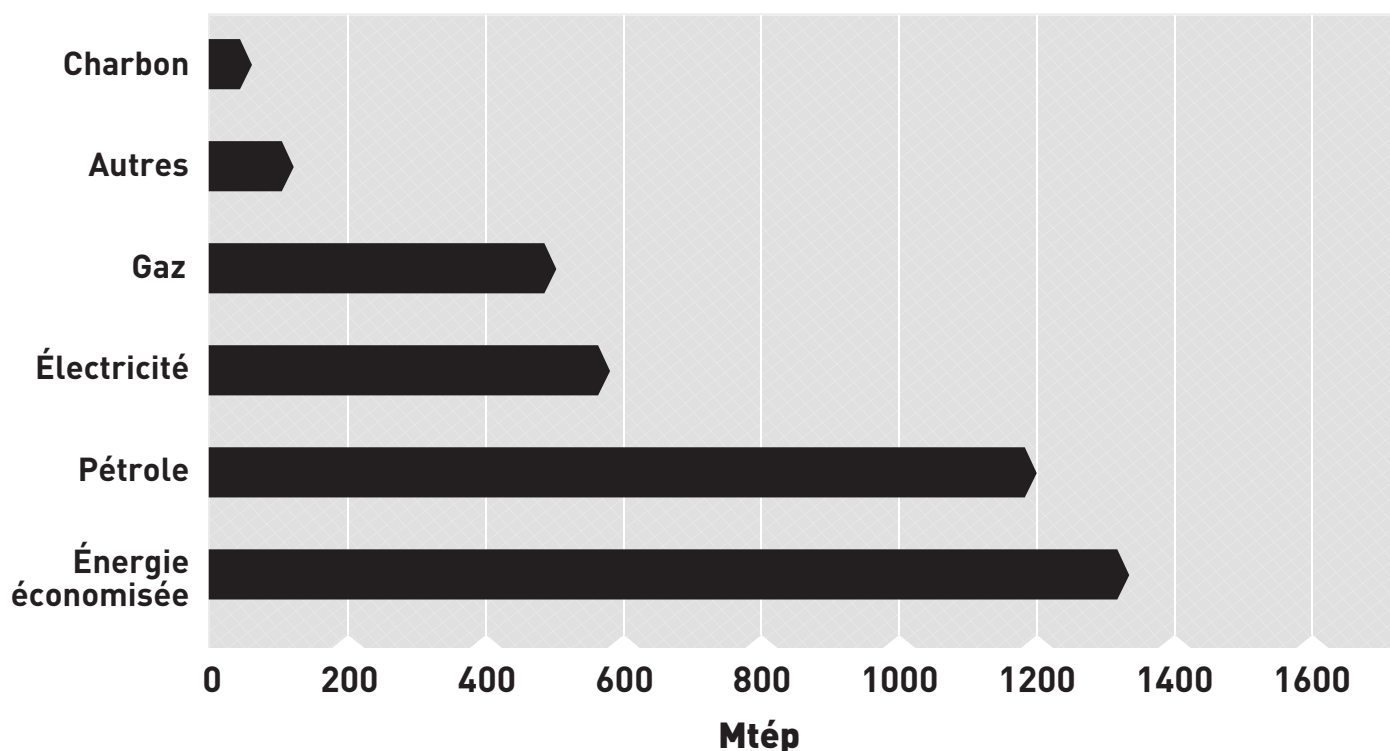
144. Ren21, *Renewables 2015 Global Status Report*, 2015, p. 114.

145. Agence internationale de l'énergie, *Energy Efficiency Indicators: Fundamentals on Statistics*, p. 19.

146. Agence internationale de l'énergie, *Energy Efficiency Market Report 2014 Market Trends and Medium-Term Prospects*, 2014, p. 26.

Figure 3-2

### Énergie économisée en raison des gains d'efficacité en comparaison de la consommation de diverses formes d'énergie, en millions de tonnes d'équivalent pétrole, 2011



**Note :** Les onze pays évalués sont l'Australie, le Danemark, la Finlande, la France, l'Allemagne, l'Italie, le Japon, les Pays-Bas, la Suède, le Royaume-Uni et les États-Unis.  
**Source :** Agence internationale de l'énergie, *Energy Efficiency Market Report 2014: Market Trends and Medium-Term Prospects*, 2014, p. 26-27.

Ces gains d'efficacité ont deux effets contradictoires sur les émissions de GES. Premièrement, une moins grande quantité d'énergie par unité de production se traduit évidemment, toutes choses étant égales par ailleurs, par une réduction des émissions.

Par contre, utiliser moins d'énergie par unité de production ne signifie pas nécessairement qu'on utilisera moins d'énergie. L'énergie libérée permet aussi de produire davantage avec la même quantité de ressources. Cette production accrue peut donc venir annuler en partie ou en totalité l'effet des gains d'efficacité. L'énergie épargnée et utilisée à d'autres fins est un phénomène que les économistes appellent « l'effet rebond ». Les différents rapports de l'AIE estiment que cet effet rebond serait de l'ordre de 9 à 30 %<sup>147</sup>, mais il pourrait être plus élevé<sup>148</sup>.

Il est aussi possible qu'on utilise davantage d'énergie puisque les gains d'efficacité la rendent plus abondante et diminuent son coût marginal d'utilisation. L'effet total sur les émissions de GES dans l'atmosphère est donc incertain.

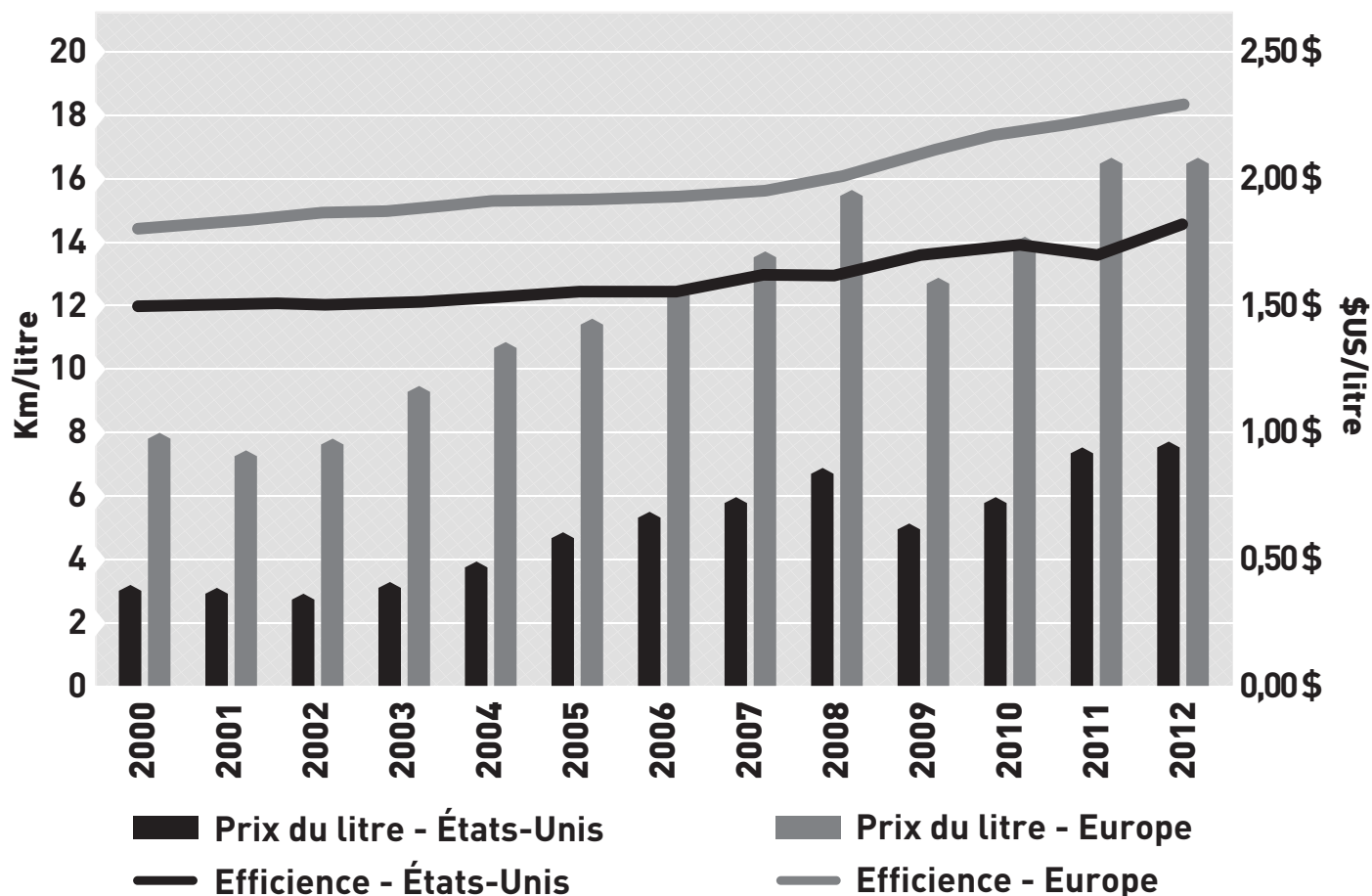
**« Une tendance encourageante, et trop peu considérée, se dessine dans les entreprises et les institutions : celle d'innover constamment pour répondre au désir des populations de limiter les émissions de GES. »**

L'intensité énergétique des automobiles donne une illustration concrète d'un effet rebond élevé, qui peut même dépasser 100 %. Les avancées technologiques des dernières décennies, notamment dans le choix des matériaux utilisés, ont considérablement réduit la quan-

147. *Ibid.*, p. 27.

148. Harry D. Saunders, « Recent Evidence for Large Rebound: Elucidating the Drivers and Their Implications for Climate Change Models », *The Energy Journal*, vol. 36, no 1, 2015, p. 23-48.

Figure 3-3

**Prix de l'essence et efficacité moyenne des véhicules en Europe et aux États-Unis**

**Sources :** The International Council on Clean Transportation, Global Transportation Roadmap Model, Data Tables, August 2015; European Environment Agency, Nominal and real fuel prices, July 2015; U.S. Energy Information Administration, Petroleum and Other Liquids, Data, U.S. All Grades All Formulations Retail Gasoline Prices, 2015; CanadianForex, Yearly Average Exchange Rates for Currencies.

tité d'énergie nécessaire pour parcourir un kilométrage donné. Cependant, aux États-Unis, les économies d'énergie associées à ce gain d'efficacité ont été plus que compensées par l'achat de véhicules dont la masse et la puissance ont augmenté et par un kilométrage annuel parcouru plus élevé. Les véhicules américains consommaient ainsi 35 % plus d'énergie en 2000 qu'en 1980 malgré le gain d'efficacité<sup>149</sup>.

Les gains d'efficacité sur le marché de l'automobile représentent une tendance qui se vérifie partout à travers le monde<sup>150</sup>. Il est cependant difficile de déterminer avec précision quel facteur prédomine entre les normes

imposées par le gouvernement et la demande des consommateurs pour des véhicules plus efficaces, qui est influencée par l'augmentation générale du prix de l'essence.

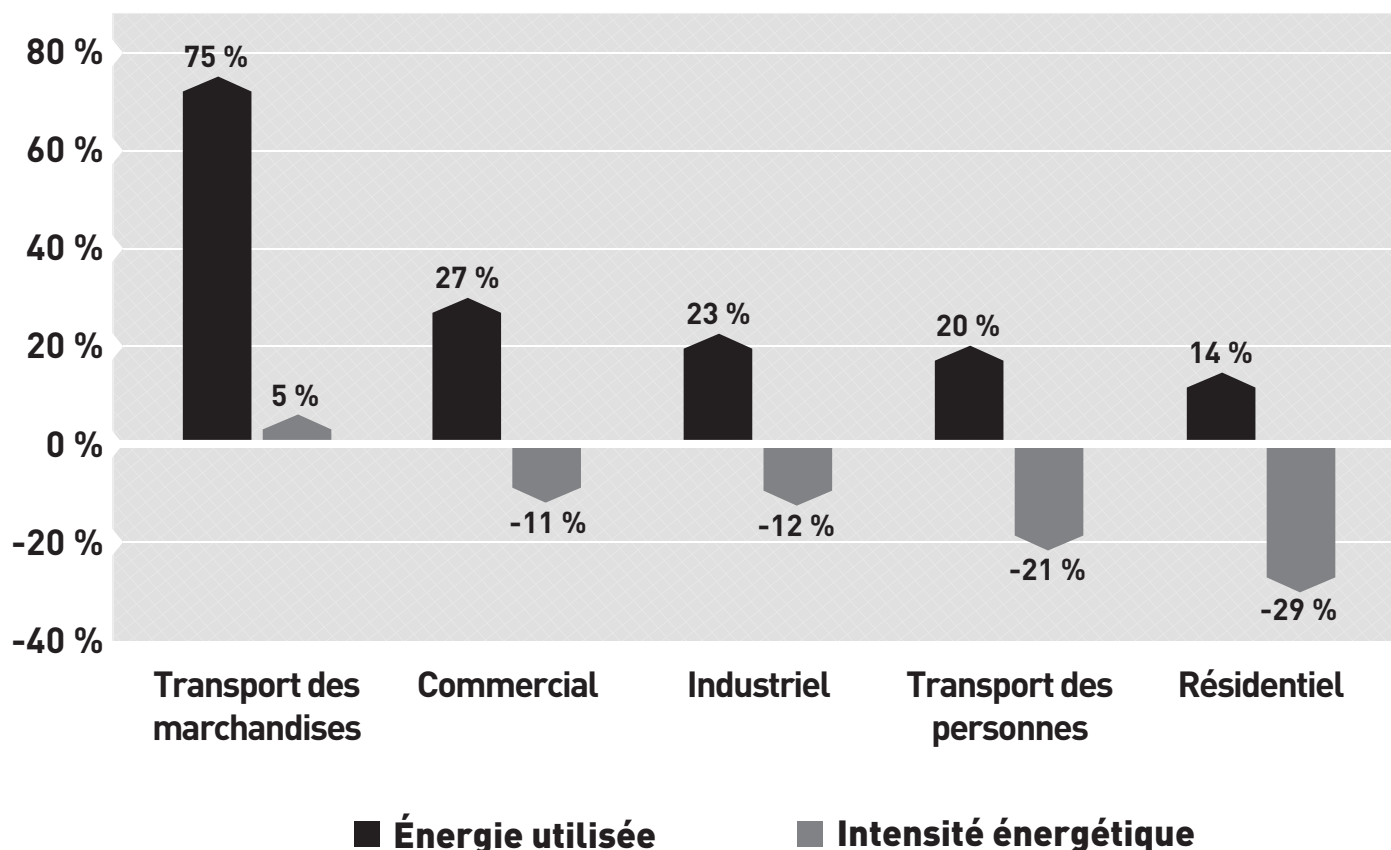
La Figure 3-3 illustre l'évolution des prix de l'essence en Europe et aux États-Unis ainsi que l'efficacité énergétique moyenne des véhicules, mesurée en kilométrage parcouru par litre d'essence. Il n'est pas étonnant que les voitures achetées en Europe parcourent en moyenne un kilométrage par litre 26 % supérieur à celui des voitures achetées aux États-Unis, étant donné que le prix de l'essence y a été en moyenne 137 % plus élevé de 2000 à 2012.

149. Vaclav Smil, *Energy at the Crossroads: Global Perspectives and Uncertainties*, The MIT Press, février 2005, p. 333.

150. Agence internationale de l'énergie, *op. cit.*, note 146, p. 72.



Figure 3-4

**Variation de l'énergie utilisée et de l'intensité énergétique par secteur au Canada, 1990-2011**

Source : Ressources naturelles Canada, *Cahier d'information : les marchés de l'énergie—2014-2015*, p. 88.

La tendance vers une plus grande efficacité s'applique à plusieurs secteurs au Canada. La Figure 3-4 illustre la relation entre l'énergie utilisée et l'intensité énergétique au Canada pour les secteurs industriel (foresterie, mines, manufacture, construction), résidentiel, commercial et du transport personnel et commercial. On constate que plus l'intensité énergétique diminue (à cause de gains d'efficacité), plus la croissance de l'énergie totale utilisée est faible. Cette tendance nous démontre l'importance d'être plus efficace sur le plan énergétique, quel que soit l'ampleur de l'effet rebond.

Malgré ces gains d'efficacité, l'augmentation de la richesse et de la population, et dans une moindre mesure l'effet rebond, permettent d'expliquer pourquoi la consommation d'énergie mondiale a considérablement augmenté au cours des 40 dernières années.

La comparaison de l'évolution de la consommation d'énergie primaire entre les pays développés et émergents nous permet de comprendre pourquoi un accord

international sur le climat devra nécessairement inclure ces derniers. La Chine et l'Inde ont vu leur consommation primaire d'énergie augmenter de 957 % et 736 % respectivement depuis 1974, tandis que l'augmentation a été beaucoup plus modeste dans les pays développés. En Allemagne, il y a même eu une baisse de la consommation de 6 % sur la même période (voir Figure 3-5).

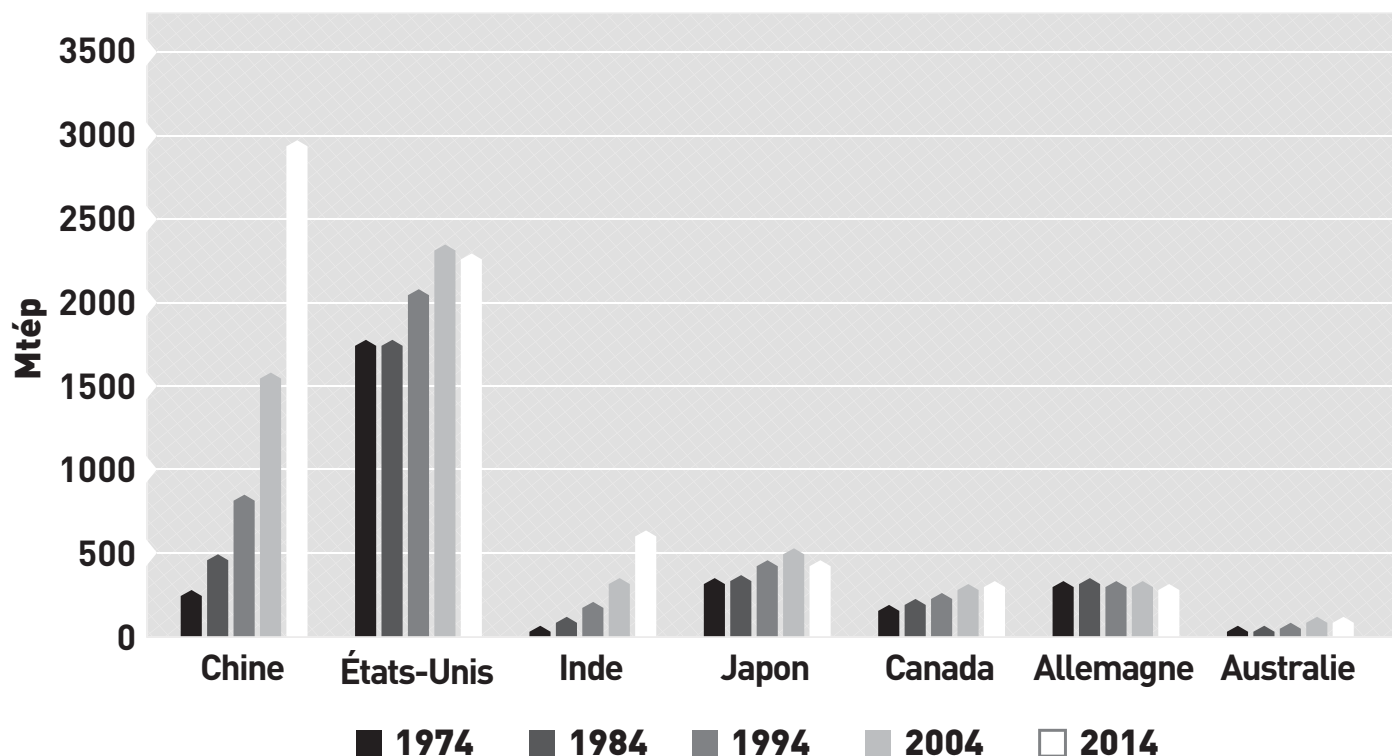
En Occident, la consommation d'énergie primaire a été relativement stable au cours des 15 dernières années (voir Figure 3-6). D'ailleurs, cette tendance devrait se poursuivre selon l'AIE, qui prévoit par exemple que « les pays développés ne consommeront pas plus de pétrole en 2020 qu'aujourd'hui »<sup>151</sup>.

Dans le même ordre d'idée, la consommation d'énergie primaire par habitant dans les pays développés stagne, voire même décline, depuis le début des années 1970

151. André Pratte, « Le monde change... lentement », *La Presse*, 10 février 2015.

Figure 3-5

### Évolution de la consommation primaire d'énergie en millions de tonnes d'équivalent pétrole, 1974-2014



Source : BP, Data Workbook – Statistical Review 2015, Primary Energy: Consumption – Mtoe (from 1965), juin 2015.

(voir Figure 3-7). Comme le souligne l'AIE dans un constat d'un rare optimisme, « le contexte technologique et économique a changé, et cela change tout »<sup>152</sup>. Les normes environnementales exigeantes, l'effet d'Internet sur le commerce de détail et le vieillissement de la population – les personnes âgées utilisant moins les automobiles – sont trois facteurs identifiés comme des tendances lourdes et positives<sup>153</sup>.

« Les gains d'efficience sur le marché de l'automobile représentent une tendance qui se vérifie partout à travers le monde. »

Il est donc encourageant de constater que les manières plus efficaces d'utiliser l'énergie font en sorte que l'énergie utilisée par habitant tend à se stabiliser avec la

prospérité. De plus, à partir d'un certain niveau de richesse, la taille moyenne des ménages diminue, ce qui a pour effet de freiner la croissance de la population<sup>154</sup> et donc des émissions.

La diminution de l'intensité énergétique et l'impact positif sur les émissions que cela représente ne donnent cependant pas l'ensemble du portrait. Il faut aussi mesurer les émissions produites par rapport à l'énergie utilisée.

### L'intensité en carbone dépend des énergies utilisées

L'intensité en carbone se définit comme le ratio des émissions de dioxyde de carbone par unité d'énergie utilisée. L'évolution technologique et le prix des ressources énergétiques jouent un rôle prépondérant dans

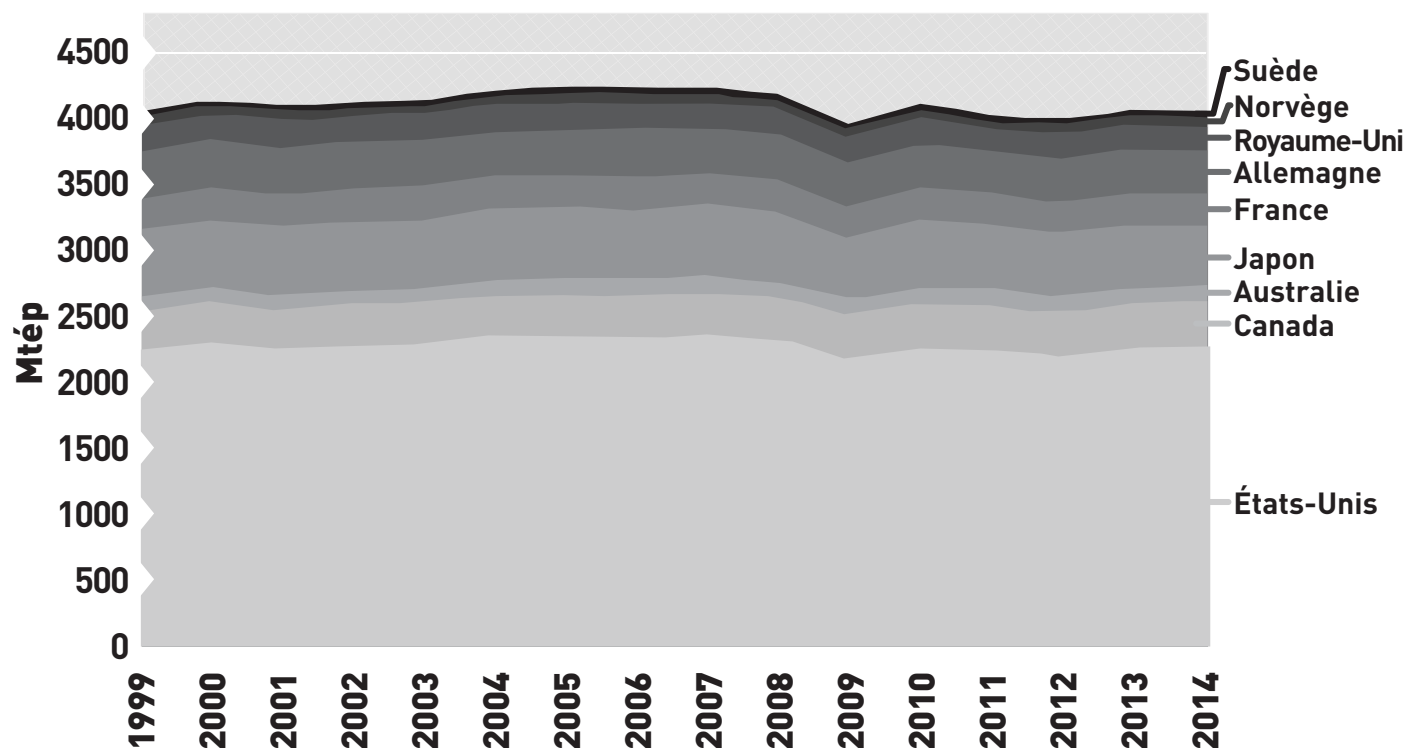
152. Idem.

153. Idem.

154. Indur M. Goklany, *The Improving State of the World: Why We're Living Longer, Healthier, More Comfortable Lives on a Cleaner Planet*, Cato Institute, 2007.

Figure 3-6

### Évolution de la consommation primaire d'énergie des pays développés en millions de tonnes d'équivalent pétrole, 1999-2014



Source : BP, Data Workbook – Statistical Review 2015, Primary Energy: Consumption – Mtoe (from 1965), juin 2015.

le choix de l'énergie utilisée et donc dans l'intensité en carbone. Toute chose étant égale par ailleurs, on utilisera les ressources qui nous donnent une quantité donnée d'énergie à un moindre coût. Les ressources naturelles qui sont les plus avantageuses à exploiter déterminent donc le niveau d'émissions de GES lié à la consommation d'énergie.

On a commencé à utiliser le charbon à grande échelle vers le milieu du 19<sup>e</sup> siècle, ce qui a marqué le début de l'ère actuelle où les combustibles fossiles ont presque totalement remplacé les énergies renouvelables. En effet, avant l'utilisation massive des combustibles fossiles, la plupart des sociétés dépendaient de la combustion de biomasse (brindilles de bois, résidus de récolte ou fumier), des énergies éolienne (bateaux à voile et moulins à vent) et hydraulique (moulins à eau) pour compléter le travail musculaire humain et animal<sup>155</sup>.

La croissance économique associée à la révolution du charbon s'est accompagnée d'une augmentation proportionnelle des émissions de GES<sup>156</sup>.

Le fait que le charbon demeure toujours la source d'électricité la moins coûteuse n'est pas étranger à la croissance faramineuse de la consommation de charbon au cours des dernières décennies. Le charbon a été partiellement remplacé par le pétrole et le gaz naturel au début du 20<sup>e</sup> siècle, mais depuis plusieurs décennies, sa consommation augmente plus vite que celle des autres carburants fossiles<sup>157</sup>. Depuis 2004, les émissions de CO<sub>2</sub> provenant de la combustion de charbon ont d'ailleurs surpassé celles provenant du pétrole (voir Figure 3-8).

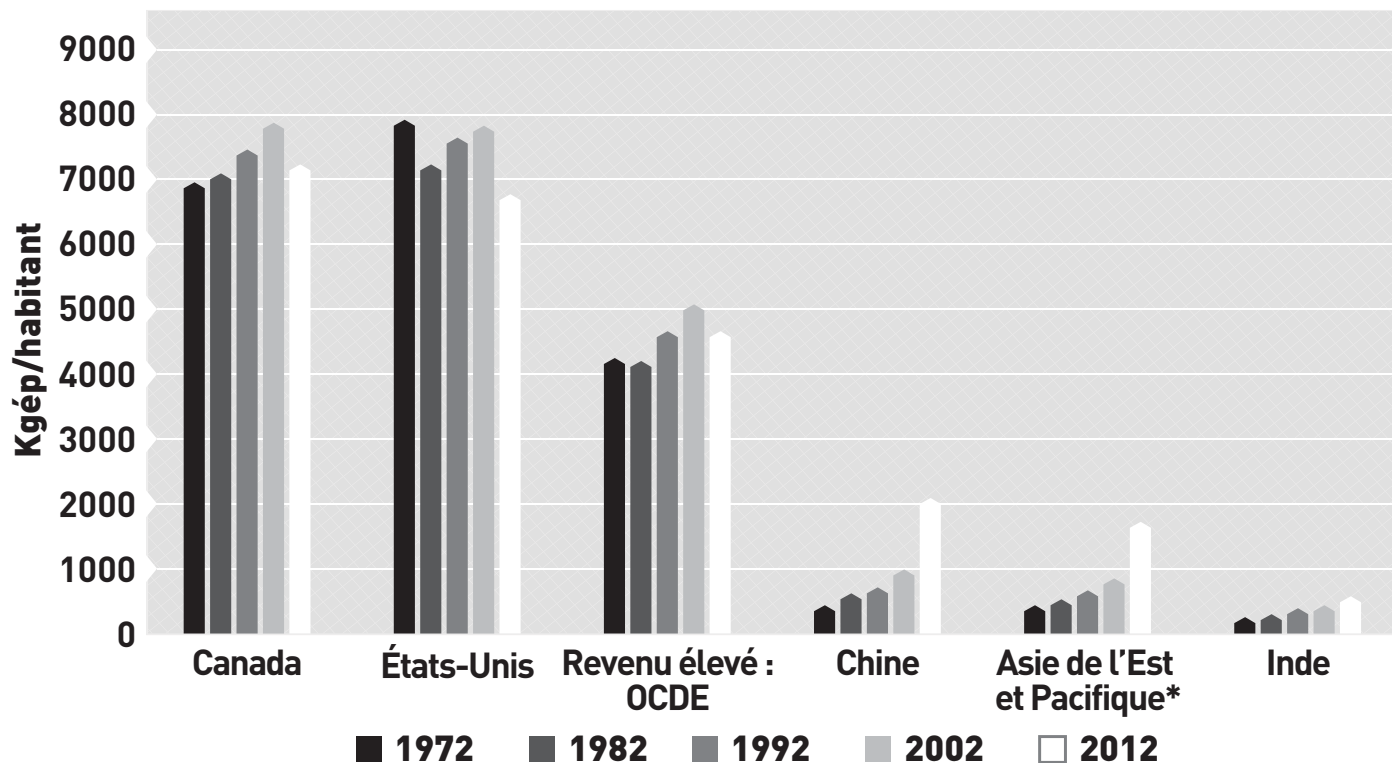
155. Pierre Desrochers et Hiroko Shimizu, *Comment l'innovation rend les sables bitumineux de l'Alberta plus verts*, Cahier de recherche, Institut économique de Montréal, octobre 2012, p. 9.

156. Indur M. Goklany, « Humanity Unbound: How Fossil Fuels Saved Humanity from Nature and Nature from Humanity », Policy Analysis no 715, Cato Institute, décembre 2012, p. 3.

157. BP, Statistical Review—Data Workbook, juin 2015.

Figure 3-7

### Évolution de la consommation primaire d'énergie en kilogrammes d'équivalent pétrole par habitant, 1972-2012



\* Ne comprend que les pays en développement.

Source : Banque mondiale, Indicateurs, Utilisation d'énergie (kg d'équivalent pétrole par habitant), octobre 2015.

Il n'est donc pas étonnant que les économies des pays émergents, dont la croissance dépend toujours du charbon, présentent une intensité en carbone croissante. Comme le montre la Figure 3-9, la Chine<sup>158</sup> et l'Inde émettent davantage de CO<sub>2</sub> par unité d'énergie utilisée qu'au début des années 1970, contrairement aux pays développés qui en émettent moins.

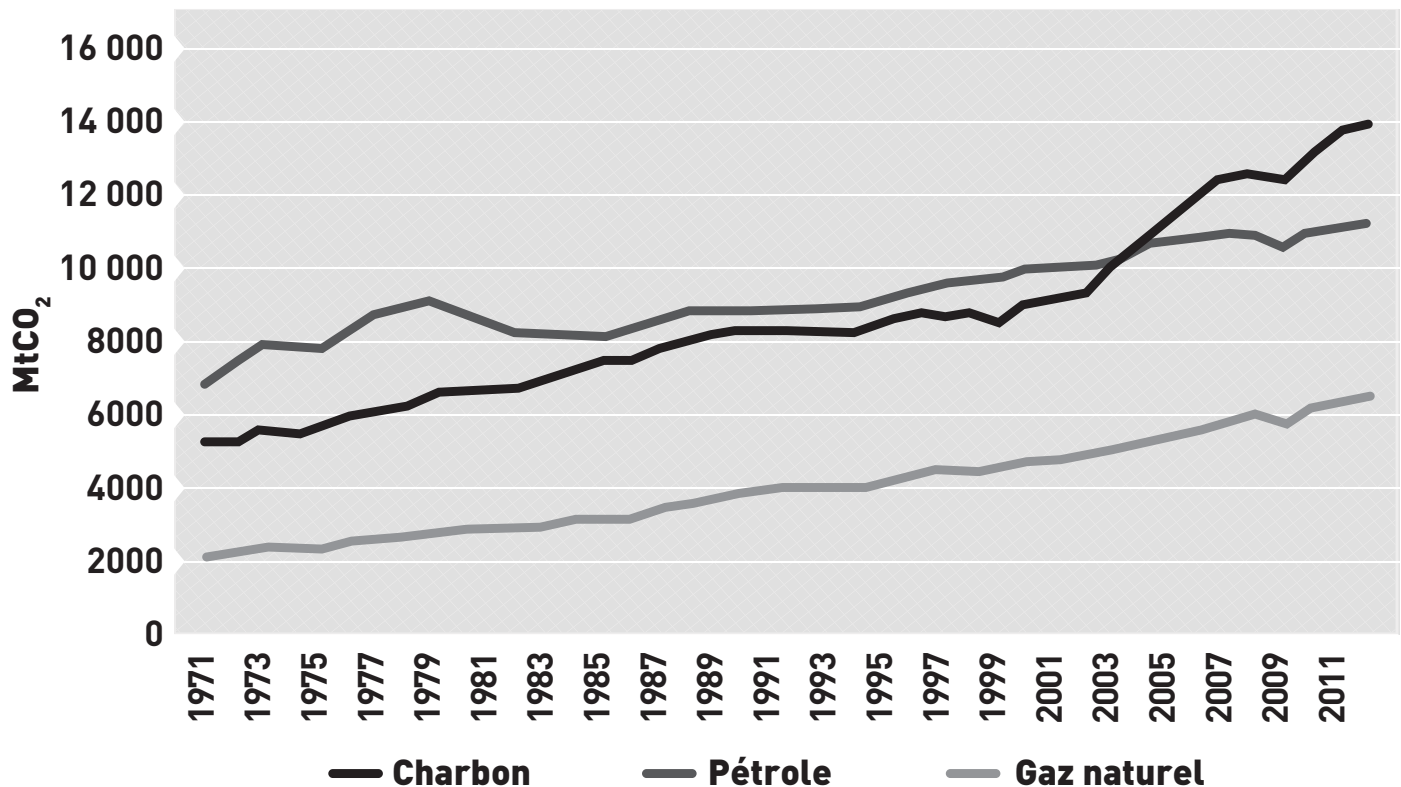
**«Une véritable révolution énergétique est en cours et elle pourrait s'accélérer advenant une utilisation accrue d'énergies et de technologies neutres en carbone.»**

Les cinq pays ayant la plus forte croissance des émissions de CO<sub>2</sub> par kg d'équivalent pétrole pour la période 1971-2011 sont le Cameroun, l'Angola, le Bénin, le Vietnam et le Népal, tous des pays en développement (voir Figure 3-10). Ces cinq pays ont vu leur intensité énergétique augmenter en moyenne de 188 %, tandis que la zone euro, le Canada et les États-Unis l'ont réduite de 15 %, 6 % et 3 % respectivement, durant la même période.

L'évolution technologique et les nouvelles façons de faire peuvent aussi avoir un impact positif sur les émissions de GES. Aux États-Unis, au cours des dix dernières années, la fracturation hydraulique et le forage horizontal ont permis l'exploitation de gisements de gaz de schiste qui n'étaient pas rentables économiquement auparavant. Ces avancées technologiques ont eu un impact remarquable sur les prix du gaz naturel en Amérique du Nord. En effet, l'écart entre le prix du gaz

158. Cependant, la consommation et la production de charbon en Chine ont diminué respectivement de 2,9 % et de 2,5 % en 2014. Voir Timothy Puko et Chuin-Wei Yap, « Falling Chinese Coal Consumption and Output Undermine Global Market », *The Wall Street Journal*, 26 février 2015.

Figure 3-8

Évolution des émissions mondiales en millions de tonnes de CO<sub>2</sub>, 1971-2012

Source : Agence internationale de l'énergie, CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion Highlights 2014, Excel tables.

naturel aux États-Unis et les prix qui prévalent en Europe et au Japon s'est considérablement creusé depuis 2008 (voir Figure 3-11).

L'utilisation du gaz naturel émet moins de CO<sub>2</sub> que l'utilisation du charbon pour une même quantité d'énergie<sup>159</sup>. Comme ce fut le cas au début du 20<sup>e</sup> siècle lorsque des énergies fossiles moins polluantes ont été substituées au charbon, l'abondance de gaz naturel permet une moins grande utilisation du charbon et donc une moins grande quantité d'émissions de GES et une intensité en carbone plus faible (voir Figure 3-12)<sup>160</sup>. La révolution du gaz de schiste, bien qu'il s'agisse d'un combustible fossile, a donc permis une diminution des émissions de GES dans le secteur de la production d'électricité. Par ailleurs, cette réduction des émissions a été un effet secondaire de la croissance économique associée à l'éner-

gie bon marché : il est estimé que la fracturation hydraulique augmente le PIB américain de 283 milliards de dollars par année<sup>161</sup>.

Il y a fort à parier que la révolution du gaz de schiste se poursuivra, grâce à la « refracturation », soit la fracturation d'un puits pour une deuxième fois avec des technologies d'extraction plus efficaces. Cette innovation est maintenant considérée par les compagnies gazières pour les puits horizontaux. Une deuxième fracturation, qui est environ quatre fois moins dispendieuse que la construction d'un nouveau puits, permettrait au niveau de production de se rapprocher des niveaux initiaux, qui peuvent chuter de 70 % un an après la fracturation initiale<sup>162</sup>. Une production accrue de gaz naturel à moindre coût permettra de maintenir le prix de ce combustible

159. Kristin Suleng, « Using fossil fuels buys us time to develop alternative energies that will shape our future », *Open Mind*, 14 octobre 2014.

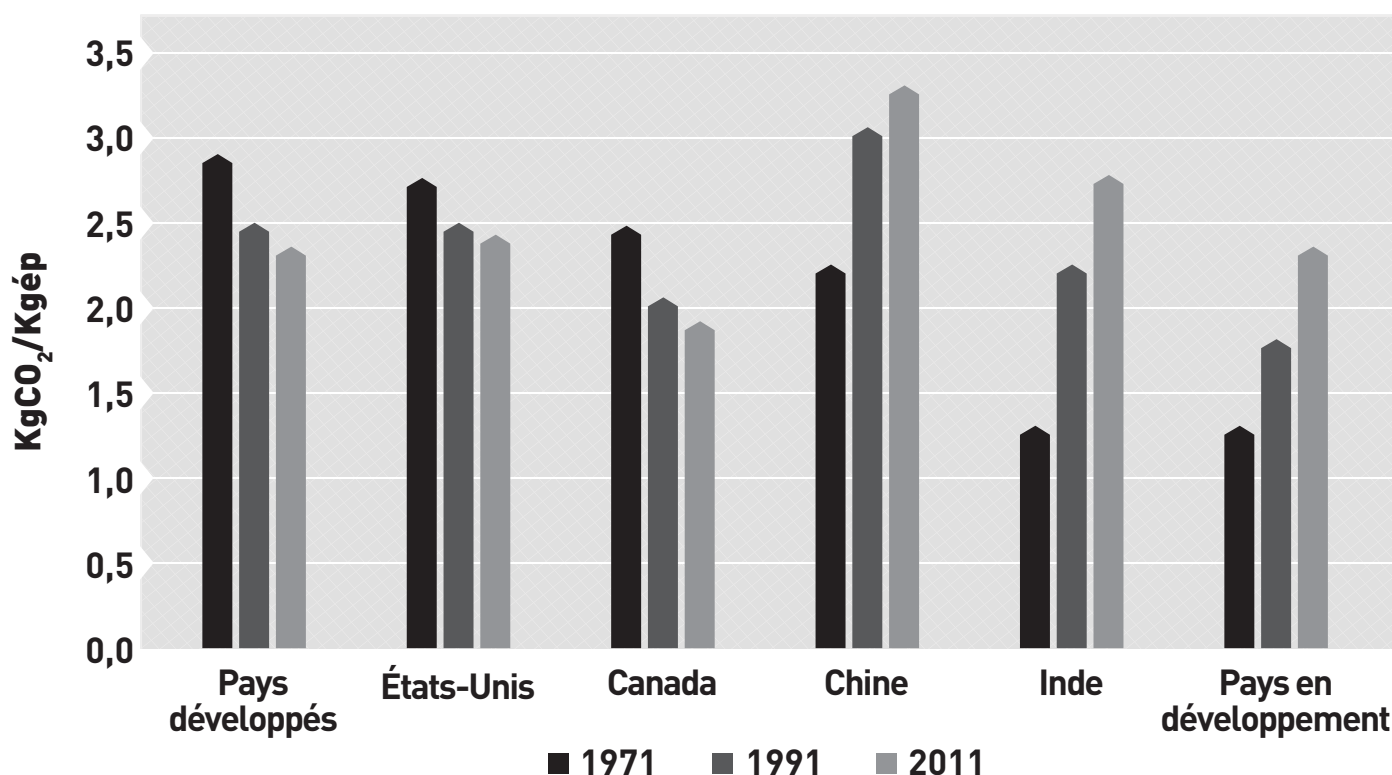
160. David G. Victor et al., « Introductory Chapter », dans Ottmar Edenhofer et al. (dir.), *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change, Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, GIEC, 2014, p. 119.

161. Bjørn Lomborg, « Examining the Threats Posed by Climate Change: The Effects of Unchecked Climate Change on Communities and the Economy », The Senate EPW Committee, Subcommittee on Clean Air and Nuclear Safety, 29 juillet 2014, p. 21.

162. Trefis Team, « Oilfield Services Companies Are Betting On Re-Fracking. Will It Catch On? », *Forbes*, 23 juin 2015; Dan Murtaugh et al., « Refracking Is the New Fracking », *Bloomberg Business*, 7 juillet 2015.

Figure 3-9

### Intensité en carbone, 1971-2011



**Note :** Il s'agit des émissions de CO<sub>2</sub> en kilogramme qui sont émises pour chaque kilogramme d'équivalent pétrole consommé.

**Source :** Banque mondiale, Indicateurs, Intensité en CO<sub>2</sub> (kg par kg d'utilisation d'énergie en équivalent pétrole), octobre 2015.

relativement bas par rapport à d'autres ressources énergétiques et favorisera probablement la production d'électricité de centrales au gaz naturel.

**« Bien que les émissions globales continuent de croître en raison de l'augmentation de la production, le portrait s'améliore par la combinaison de l'efficacité énergétique et de la diminution de l'intensité en carbone. »**

L'innovation permet aussi aux centrales au charbon d'avoir une plus faible intensité en carbone. Leur capacité à transformer l'énergie thermique en énergie mécanique (efficacité thermique) est inversement proportionnelle à leurs émissions de GES. Autrement dit, en plus de permettre la génération d'une plus grande quantité d'électricité par gramme de charbon brûlé, les innovations technologiques ont aussi l'avan-

tage de permettre l'émission de moins de CO<sub>2</sub> par kilowattheure produit. Le Tableau 3-1 illustre ce phénomène à l'aide de l'efficacité thermique de plusieurs technologies utilisées par les centrales au charbon.

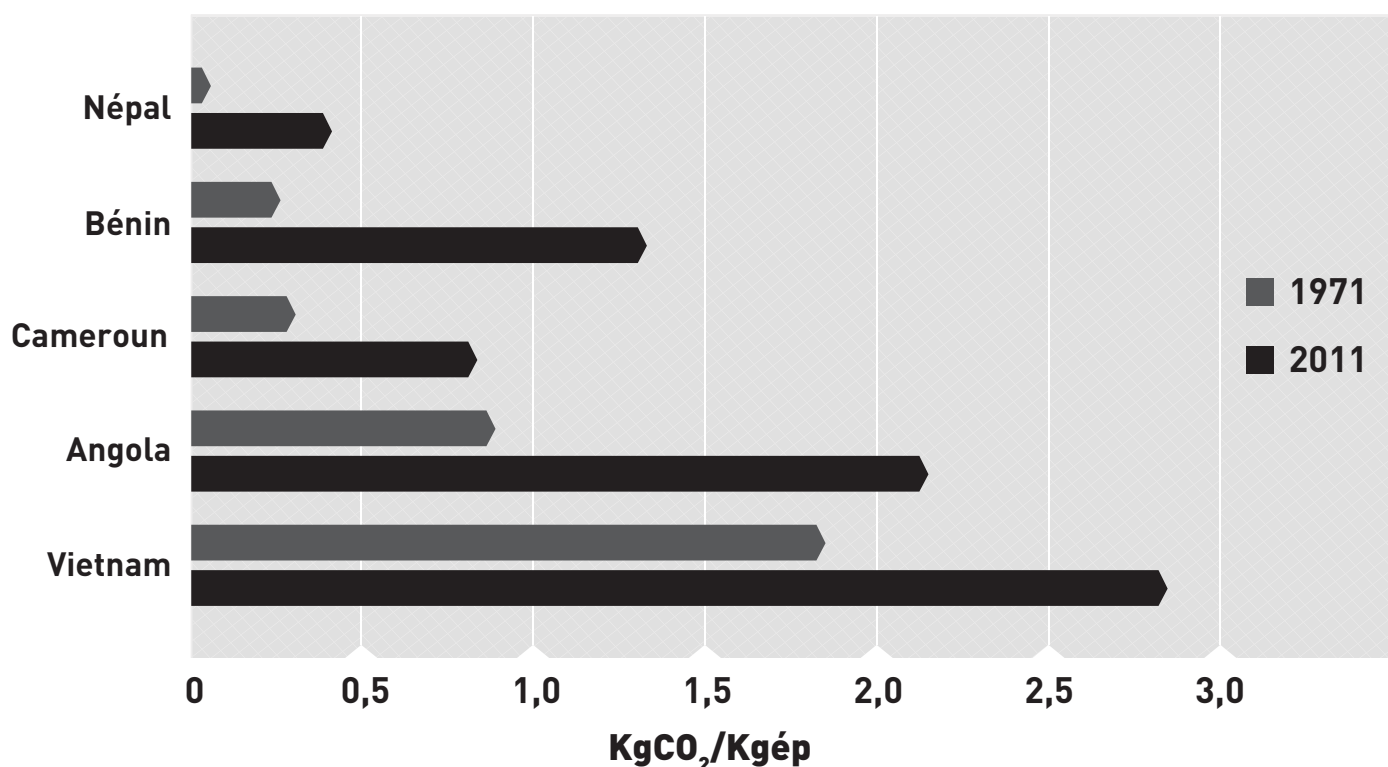
Toutes ces tendances en matière d'intensité d'émissions augurent bien. Aux États-Unis, deuxième plus grand émetteur mondial, le gaz naturel se substitue partiellement au charbon. Bien que l'utilisation mondiale du charbon soit en croissance, son exploitation peut se faire de façon plus efficace tout en diminuant son impact environnemental. C'est aussi le cas pour l'exploitation du pétrole synthétique, comme le démontre le cas des sables bitumineux en Alberta, où l'intensité énergétique a diminué de 29 % entre 1990 et 2009<sup>163</sup>. Une véritable révolution énergétique est donc en cours et elle pourrait s'accélérer advenant une utilisation accrue d'énergies et de technologies neutres en carbone.

163. Pierre Desrochers et Hiroko Shimizu, *op. cit.*, note 155, p. 28.



Figure 3-10

### Les cinq pays ayant la croissance de l'intensité en carbone la plus élevée, 1971-2011



**Note :** Il s'agit des émissions de CO<sub>2</sub> en kilogramme qui sont émises pour chaque kilogramme d'équivalent pétrole consommé.

**Source :** Banque mondiale, Indicateurs, Intensité en CO<sub>2</sub> (kg par kg d'utilisation d'énergie en équivalent pétrole), octobre 2015.

### Vers une économie neutre en carbone grâce à l'innovation

La décomposition de l'identité de Kaya est très pertinente, car elle illustre que la consommation d'énergie n'est pas un problème en soi. Il serait possible que la consommation d'énergie augmente à un rythme soutenu sans pour autant que l'impact environnemental – mesuré en termes d'émissions de CO<sub>2</sub> – soit important. En effet, l'impact environnemental pourrait être quasi nul si un des trois éléments suivants prenait de l'importance : les énergies renouvelables, les technologies de capture et de séquestration du carbone à grande échelle, et les applications commerciales du carbone.

#### 1. Les énergies renouvelables

La rentabilité économique de l'utilisation des énergies renouvelables a le potentiel d'accélérer la transition vers une économie neutre ou négative en carbone.

La croissance des investissements dans les énergies renouvelables peut représenter un bon indicateur de leur rentabilité future<sup>164</sup>. Ces investissements ont progressé de façon fulgurante au cours des 10 dernières années. Entre 2004 et 2014, les investissements dans les industries solaire et éolienne ont bondi de 1147 % et 456 % respectivement<sup>165</sup>.

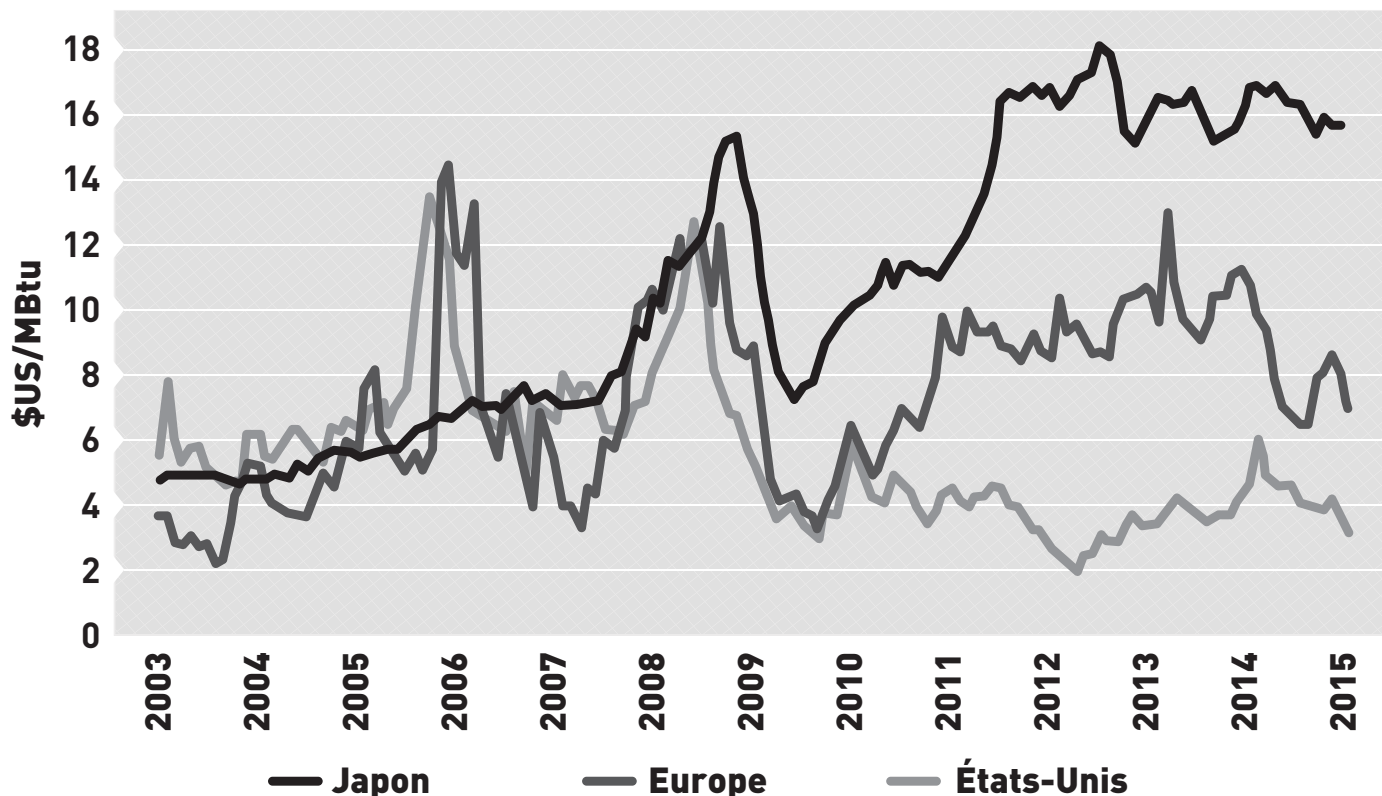
Pendant la même période, la capacité mondiale du solaire et de l'éolien a progressé de 4684 % et 671 % respectivement. La capacité mondiale de l'énergie éolienne atteignait 370 gigawatts en 2014 comparativement à 177 gigawatts pour l'énergie solaire (voir Figure 3-13).

164. Les subventions peuvent toutefois altérer le calcul économique et rendre attrayant un projet qui ne serait pas rentable sans incitation financière, comme le témoigne l'expérience de certains pays où les industries des énergies renouvelables sont en difficulté suite à l'abandon des subventions. Voir Brady Yauch, « Governments rip up renewable contracts », *Financial Post*, 18 mars 2014.

165. Sur cette période, plus de 82 % des investissements en énergie renouvelables ont été effectués dans les industries solaire et éolienne. Ren21, *op. cit.*, note 144, p. 136.

Figure 3-11

### Prix du gaz naturel en Europe, au Japon et aux États-Unis, en dollars US par million de BTU, 2003-2015



Source : Agence internationale de l'énergie, Tracking Clean Energy Progress 2015, Power Generation.

Les investissements massifs ont aussi contribué à la chute du prix des panneaux solaires photovoltaïques à modules cristallins de 66 % en moyenne depuis cinq ans en Allemagne, en Chine et au Japon, les trois pays ayant la plus grande capacité solaire installée (voir Tableau 3-2)<sup>166</sup>.

Cette baisse de prix se reflète dans le « levelized cost of electricity » (LCOE), une mesure largement utilisée pour évaluer la compétitivité des différentes sources d'énergie dans la génération de l'électricité. Cette mesure calcule le coût par mégawattheure d'une usine électrique sur sa durée de vie, en incluant les investissements et les coûts d'opération et de maintenance<sup>167</sup>.

Selon Bloomberg New Energy Finance, le LCOE moyen mondial de l'énergie éolienne est resté relativement stable au cours des cinq dernières années, tandis que celui des panneaux solaires photovoltaïques en silicium cristallin a chuté de 48 %<sup>168</sup>. Même constat du côté de l'AIE qui évalue que le LCOE dans une vingtaine de pays est resté relativement stable pour l'énergie éolienne tandis qu'il a été réduit considérablement pour les projets solaires<sup>169</sup>. Dans certains pays, des appels d'offres sur l'énergie solaire ont même été faits à des prix compétitifs par rapport à ceux des carburants fossiles<sup>170</sup>.

166. Ren21, *op. cit.*, note 144, p. 20; pvXchange, Price index.

167. U.S. Energy Information Administration, « Levelized Cost and Levelized Avoided Cost of New Generation Resources in the Annual Energy Outlook 2015 », juin 2015.

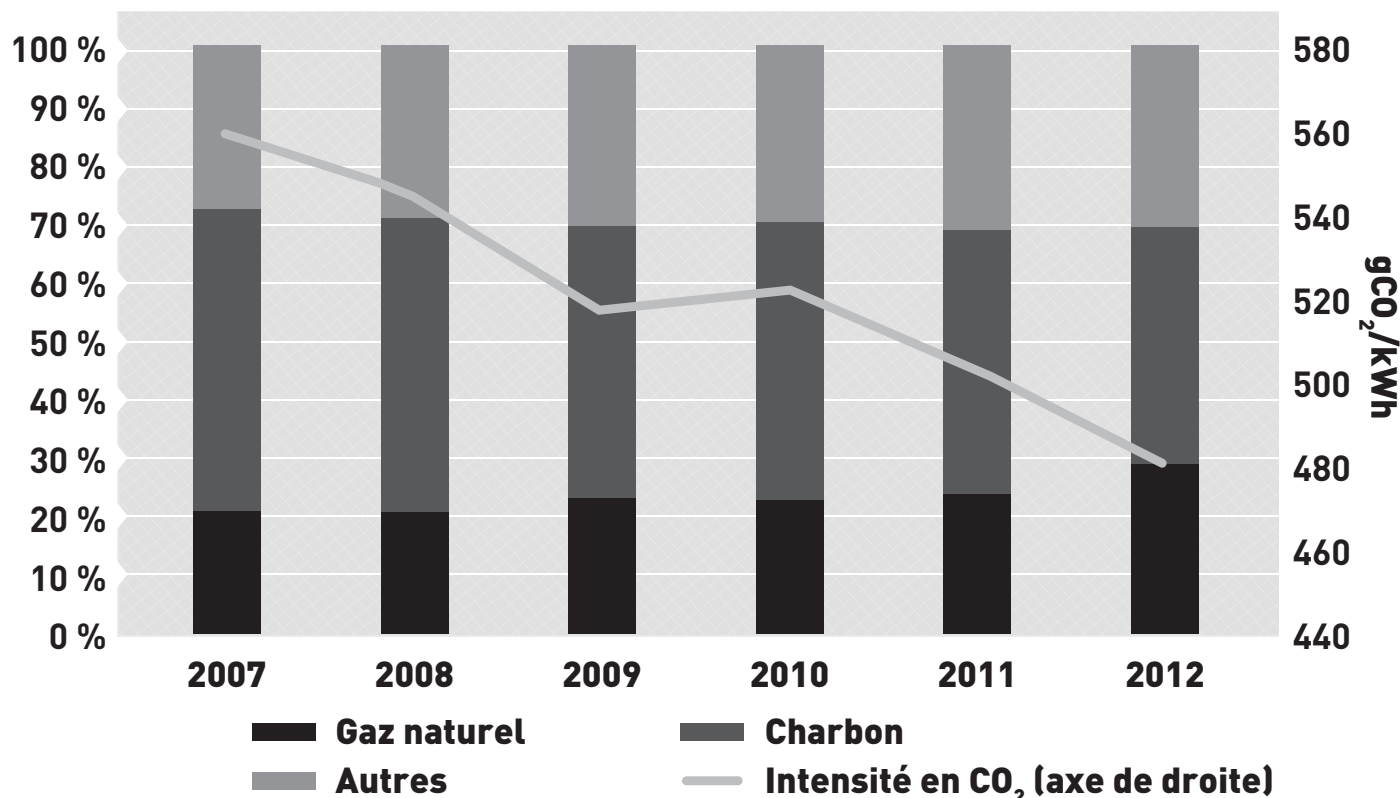
168. Frankfurt School, *Global Trends in Renewable Energy Investment 2015* (Datapack), mars 2015.

169. Agence internationale de l'énergie, *Projected Cost of Generating Electricity—2010 Edition*, 2010, p. 62; Agence internationale de l'énergie, « Executive Summary: Projected Cost of Generating Electricity—2015 Edition », 2015, p. 6.

170. Ren21, *op. cit.*, note 144, p. 62.

Figure 3-12

**Proportion de gaz naturel utilisé dans la production d'électricité et intensité en carbone aux États-Unis, en grammes de CO<sub>2</sub> par kilowattheure, 2007-2012**



Source : Agence internationale de l'énergie, Tracking Clean Energy Progress 2015, Power Generation.

Le LCOE de l'électricité produite à partir de l'énergie éolienne et solaire n'est cependant pas comparable avec le LCOE de l'énergie produite par le gaz, le charbon et le nucléaire<sup>171</sup>. En effet, le fait que le vent et le soleil ne soient pas disponibles sur demande et que leur énergie soit intermittente fait en sorte que la valeur économique de l'électricité produite par ces sources n'est pas la même que celle produite par une source disponible en tout temps. En d'autres termes, même si les coûts de l'électricité produite à partir du solaire et de l'éolien se rapprochent des coûts de l'énergie produite par des sources traditionnelles, ces énergies renouvelables ne peuvent pas remplacer complètement les combustibles fossiles et l'uranium. Tant qu'il n'y aura pas de solution économiquement envisageable pour emmagasiner l'électricité à grande échelle, l'énergie de base sera fournie par les combustibles fossiles et le nucléaire.

Pour assurer la fiabilité du réseau, le solaire et l'éolien complèteront les sources traditionnelles lors des périodes de pointe.

Les subventions aux énergies renouvelables ont donc un potentiel limité. En 2012, les énergies renouvelables ne généraient d'ailleurs que 5 % de l'électricité mondiale, ou 21 % en incluant l'hydro (voir Figure 3-14).

## **2. Les technologies de capture et de séquestration du carbone à grande échelle**

La capture et la séquestration du carbone (CSC) est une technologie qui sera nécessaire selon le GIEC si l'on veut avoir de bonnes probabilités de respecter la limite du 2 °C<sup>172</sup>. Pour le respect de la limite, l'AIE estime de

171. U.S. Energy Information Administration, *op. cit.*, note 167, p. 3.

172. Ottmar Edenhofer et al., « Summary for Policymakers », dans Ottmar Edenhofer et al. (dir.), *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change, Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, GIEC, 2014, p. 12.

Tableau 3-1

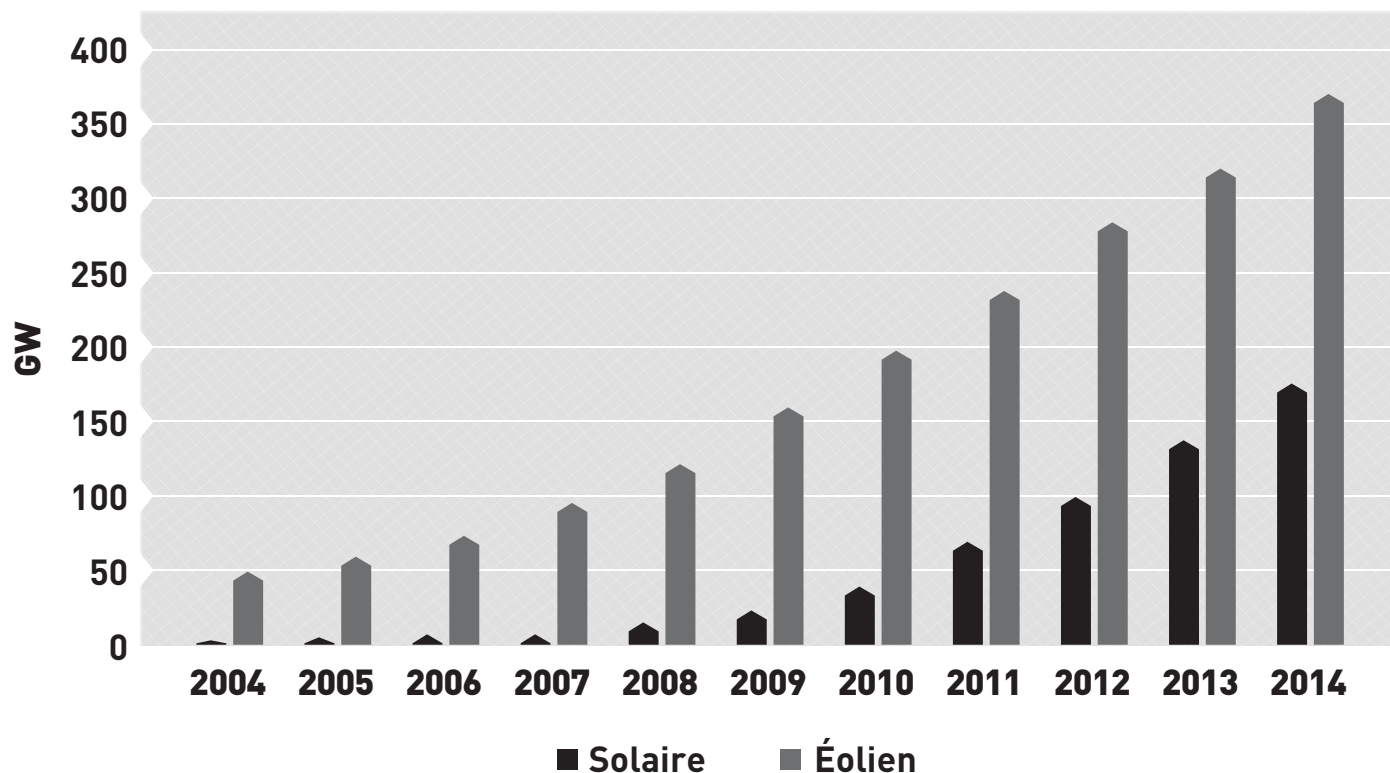
**Efficacité thermique et intensité en carbone des différentes technologies pour les centrales au charbon**

| TECHNOLOGIE                 | EFFICACITÉ THERMIQUE MAXIMALE | CHARBON CONSOMMÉ PAR KWH (GRAMMES) | ÉMISSIONS DE CO <sub>2</sub> PAR KWH (GRAMMES) |
|-----------------------------|-------------------------------|------------------------------------|------------------------------------------------|
| Sous-critique               | 38 %                          | 379                                | 881                                            |
| Supercritique               | 42 %                          | 343                                | 798                                            |
| Ultra-supercritique         | 45 %                          | 320                                | 743                                            |
| Ultra-supercritique avancée | 50 %                          | 288                                | 669                                            |

Source : Shoichi Itoh, « A New Era of Coal: The "Black Diamond" Revisited », 2014 Pacific Energy Forum Working Papers, avril 2014, p. 6.

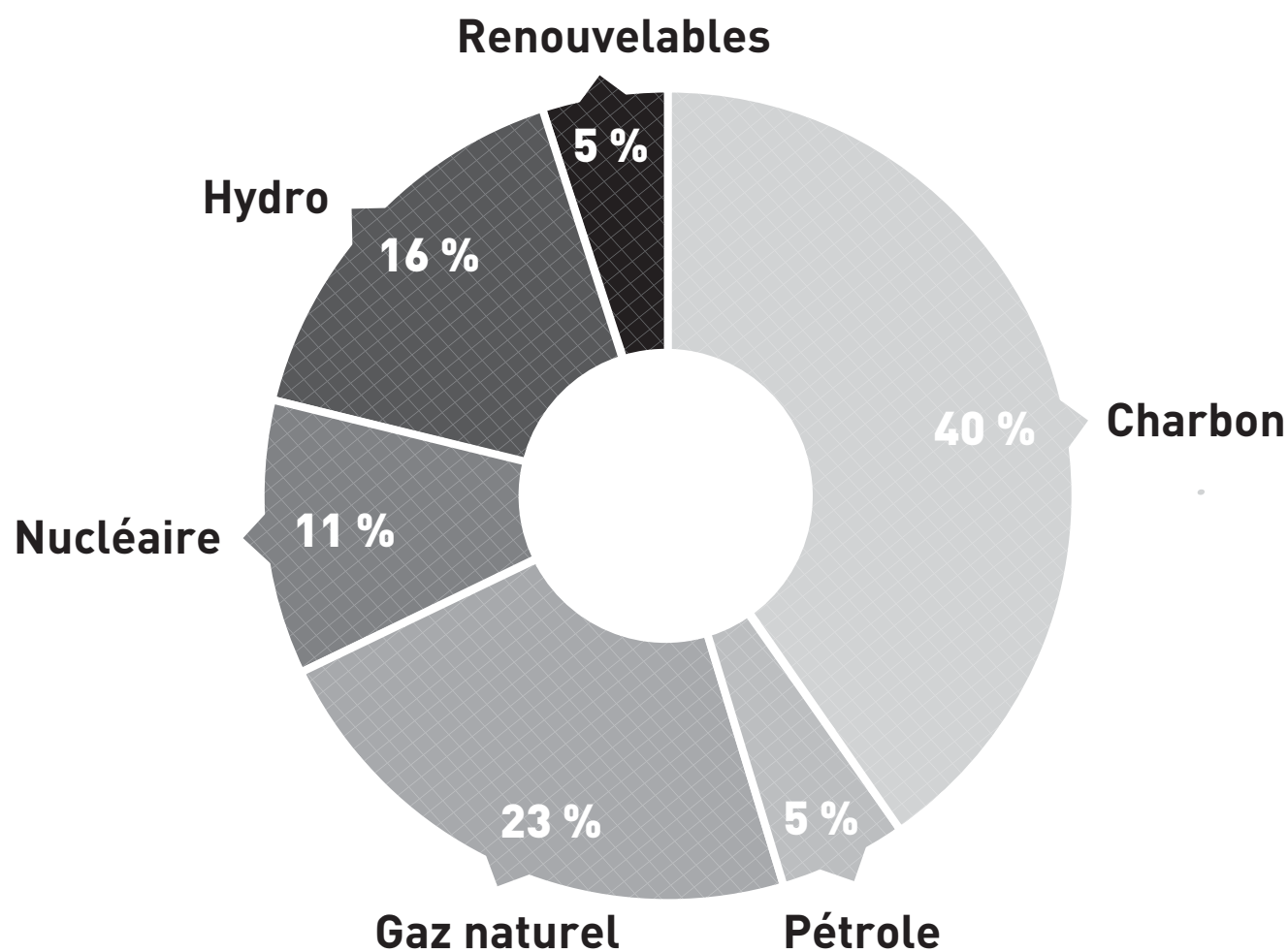
Figure 3-13

**Capacité mondiale installée en énergies solaire et éolienne en gigawatt, 2004-2014**



Source : Ren21, *Renewables 2015 Global Status Report*, 2015, p. 59 et 71.

Figure 3-14

**Génération d'électricité par carburant, 2012**

Source : Agence internationale de l'énergie, *Key World Energy Statistics 2014*, 2014, p. 24.

Tableau 3-2

**Évolution du prix des panneaux solaires photovoltaïques  
à modules cristallins (euros par watt-crête\*)**

|           | AOÛT 2010 | AOÛT 2015 | VARIATION |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Allemagne | 1,87      | 0,57      | -70 %     |
| Chine     | 1,61      | 0,57      | -65 %     |
| Japon     | 1,82      | 0,65      | -64 %     |

Source : pvXchange, Price index.

\* Le watt-crête est une unité de mesure représentant la puissance maximale d'un dispositif.

son côté que la CSC devra augmenter de façon considérable par rapport aux niveaux actuels et qu'elle devra représenter 14 % des réductions d'émissions en 2050<sup>173</sup>.

La CSC consiste à séparer sélectivement le CO<sub>2</sub> des effluents gazeux d'une centrale électrique ou de toute autre source industrielle d'émissions et à stocker le CO<sub>2</sub> profondément sous terre de façon permanente<sup>174</sup>. Le stockage se fait dans des gisements épuisés de pétrole et de gaz ou dans des formations salines profondes. À la fin de 2014, seulement 13 projets de CSC à grande échelle étaient en opération, avec une capacité totale de capture de 26 mégatonnes de CO<sub>2</sub> par année<sup>175</sup>. Ce petit nombre de projets est dû au fait que la CSC est très coûteuse à mettre en place. À titre d'exemple, le coût d'une cimenterie avec CSC serait le double de celui d'une cimenterie conventionnelle<sup>176</sup>. Le coût de cette technologie restera donc prohibitif, à moins que le prix mondial du carbone soit beaucoup plus élevé ou que l'on développe des applications commerciales pour le carbone.

### 3. Les applications commerciales du carbone

Un élément ayant le potentiel d'améliorer de façon considérable les impacts environnementaux du système énergétique actuel est l'utilisation du carbone à des fins commerciales. En effet, s'il était économiquement rentable d'utiliser le carbone comme intrant pour différents procédés industriels, sa valeur ferait en sorte qu'il serait capturé au lieu d'être rejeté dans l'atmosphère. La recherche dans ce domaine abonde et à ce jour, plusieurs entreprises ont déjà développé des technologies prometteuses.

Carbon Recycling International est une compagnie islandaise qui utilise le carbone rejeté par une centrale électrique géothermique pour en faire du méthanol. Le méthanol peut être utilisé comme carburant pour le transport et comme matière première pour plusieurs matériaux<sup>177</sup>. Au Danemark, une station d'essence offre déjà la possibilité aux voitures électriques avec une pile à combustible au méthanol de faire le plein. Le méthane

est transformé en électricité lors de la conduite, ce qui évite au conducteur d'attendre plusieurs heures que la batterie se recharge<sup>178</sup>.

Les nano fibres de carbone sont utilisées dans plusieurs industries en raison de leur conductivité, leur flexibilité et leur résistance. Il est cependant très dispendieux de les fabriquer parce que cela requiert de 30 à 100 fois plus d'énergie que la production d'aluminium<sup>179</sup>. Des chercheurs de l'Université George Washington ont développé une méthode pour convertir le dioxyde de carbone en oxygène et en nano fibres de carbone à l'aide d'un procédé électrochimique qui serait moins dispendieux que les autres méthodes existantes. Si les conditions économiques sont favorables, ces chercheurs estiment que leur méthode pourrait enlever suffisamment de carbone de l'atmosphère pour retourner à la concentration atmosphérique de CO<sub>2</sub> de l'ère préindustrielle. Cet exploit serait réalisé en dix ans et à l'aide d'une superficie représentant 10 % du désert du Sahara<sup>180</sup>.

«Chaque dollar de croissance économique tend à être généré de façon de plus en plus propre.»

Il est aussi possible d'utiliser les technologies de capture de carbone pour capturer le méthane, un GES avec un potentiel de réchauffement climatique 25 fois supérieur à celui du CO<sub>2</sub>. New Light Technologies est une compagnie capable de décomposer le carbone (C) et l'hydrogène (H) du méthane (CH<sub>4</sub>) préalablement capturé. Le carbone et l'hydrogène sont ensuite assemblés avec de l'oxygène pour former un polymère à chaîne longue nommé AirCarbon<sup>181</sup>. Ce type de plastique est utilisé pour la confection d'objets au bilan carbone négatif. La compagnie Dell l'utilise comme matériel pour des sacs à ordinateurs portables tandis que l'entreprise de meubles KI l'utilise pour la fabrication de chaises. Sa production à grande échelle aura potentiellement un impact environnemental substantiel. En plus de diminuer la quantité de méthane dans l'atmosphère, elle

173. Agence internationale de l'énergie, About carbon capture and storage; Agence internationale de l'énergie, *Tracking Clean Energy Progress 2015*, 2015, p. 33.

174. CO<sub>2</sub> Solutions, Capture et séquestration du carbone (CSC).

175. Agence internationale de l'énergie, *Tracking Clean Energy Progress 2015*, 2015, p. 32.

176. The Energy and Climate Change Committee, *Carbon Capture and Storage Ninth Report of Session 2013–14*, Document d'information préparé à la demande de la Chambre des communes du Royaume-Uni, 21 mai 2014, p. 25.

177. Carbon Recycling International, Methanol.

178. Carbon Recycling International, First renewable methanol fuel station in the world for electric cars, 31 août 2015.

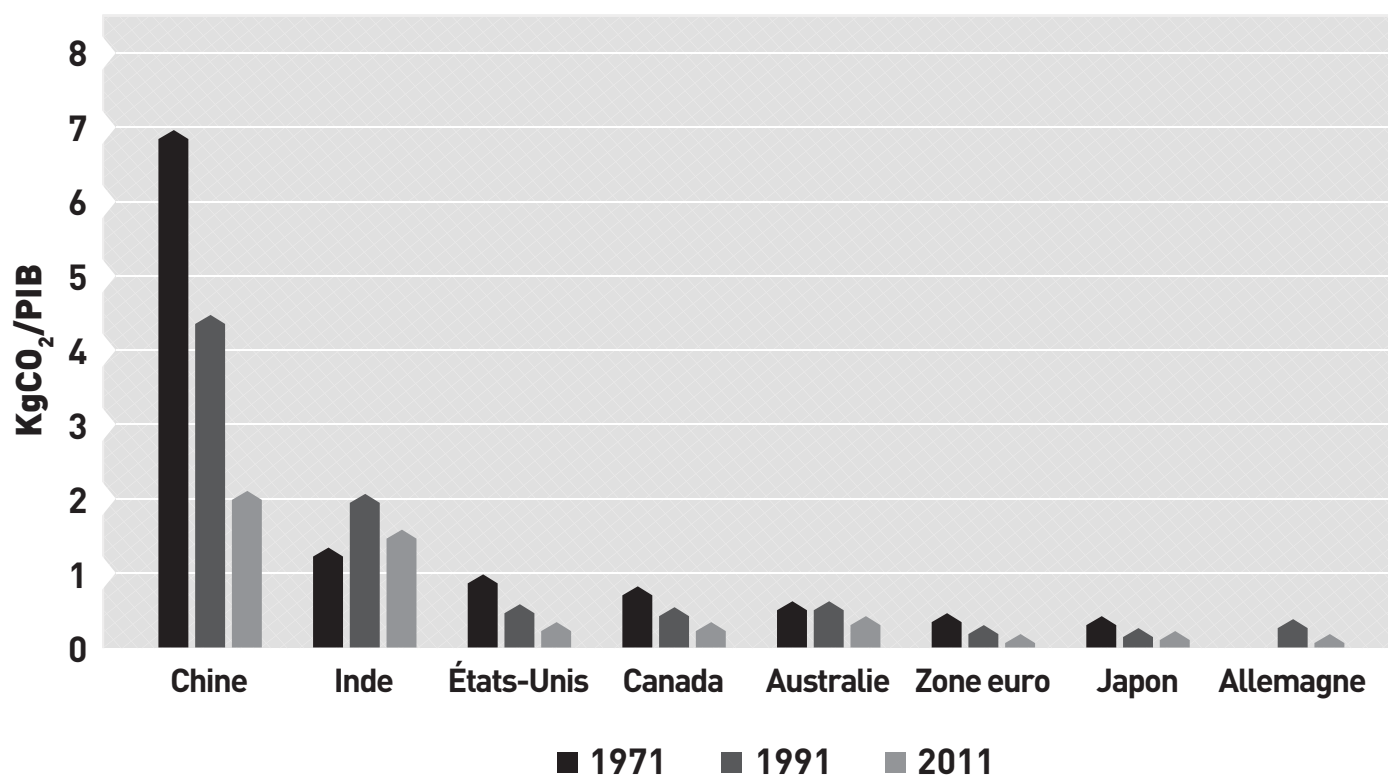
179. Jiawen Ren et al., « One-Pot Synthesis of Carbon Nanofibers from CO<sub>2</sub> », *Nano Letters*, no 15, 2015, p. 6142.

180. Mike Orcutt, « Researcher Demonstrates How to Suck Carbon from the Air, Make Stuff from It », *MIT Technology Review*, 19 août 2015.

181. New Light Technologies, Our Technology: Greenhouse Gas to Plastic.



Figure 3-15

Kilogrammes d'émissions de CO<sub>2</sub> par unités de PIB, 1971-2011

Source : Banque mondiale, Indicateurs, Émissions de CO<sub>2</sub> (kg par \$US de 2005 de PIB), octobre 2015.

pourrait remplacer le pétrole pour la fabrication du plastique puisque le matériau est similaire au plastique à base de pétrole<sup>182</sup>.

Les carburants à base d'algues sont aussi prometteurs pour la réduction des GES. Les algues se nourrissent de CO<sub>2</sub> et de la lumière du soleil lors de leur culture. L'huile accumulée lors de leur croissance est ensuite extraite et raffinée pour fabriquer des algocarburants. La capture du CO<sub>2</sub> dans le procédé fait en sorte que les émissions de CO<sub>2</sub> peuvent être réduites de 50 à 70 % par rapport aux carburants à base de pétrole<sup>183</sup>.

En plus d'absorber du CO<sub>2</sub>, leur culture confère d'autres avantages environnementaux puisqu'elle peut se faire sur des terres infertiles, des bassins d'eaux usées ou salines, qui n'ont pas une valeur économique importante. Elle ne nécessite donc pas l'utilisation de ressources

rares<sup>184</sup>. Selon un rapport préparé pour l'AIE, les biocarburants dérivés des algues ont le potentiel de remplacer une partie significative du diesel utilisé aujourd'hui, tout en laissant une empreinte environnementale réduite<sup>185</sup>.

### La richesse, facteur non négligeable

L'identité de Kaya nous permet de comprendre quels facteurs influencent la croissance des émissions de GES. Ainsi, bien que les émissions globales continuent de croître en raison de l'augmentation de la production, le portrait s'améliore par la combinaison de l'efficacité énergétique et de la diminution de l'intensité en carbone. Ces tendances positives font en sorte que les émissions de GES par unité de PIB déclinent à travers le monde et que chaque dollar généré à travers la planète est de plus en plus vert.

182. Nate Berg, « AIRCARBON : Et si le plastique était la solution au réchauffement climatique? », *El Watan*, 20 septembre 2014.

183. Xiaowei Liu et al., « Pilot-Scale Data Provide Enhanced Estimates of the Life Cycle Energy and Emissions Profile of Algae Biofuels Produced Via Hydrothermal Liquefaction », *Bioresource Technology*, vol. 148, 2013, p. 163-171.

184. Al Darzins, Philip Pienkos et Les Edye, *Current Status and Potential for Algal Biofuels Production*, Document information préparé à la demande de l'IEA Bioenergy Task 39, Report T39-T2, 6 août 2010, p. ii.

185. *Ibid.*, p. vi.

Cette tendance est d'autant plus impressionnante qu'elle se vérifie aussi chez certains pays émergents comme la Chine et l'Inde, deux pays utilisant le charbon de façon croissante pour générer l'électricité. La Chine émettait 52 % moins de dioxyde de carbone par unité de PIB en 2011 qu'en 1991, tandis que l'Inde a réussi à être 25 % plus propre sur la même période (voir Figure 3-15).

Comme le remarque l'AIE, les émissions globales de CO<sub>2</sub> du secteur de l'énergie n'ont pas progressé en 2014 malgré une croissance économique mondiale de 3 %. Il s'agit de la première fois en 40 ans où une stagnation des émissions n'est pas associée à un recul économique. Ce « découplage » des émissions et de la croissance est une première très encourageante selon Fatih Birol, directeur exécutif de l'AIE <sup>186</sup>.

«Ce tournant de plus en plus vert que semble prendre l'économie mondiale s'est effectué sans traité international sur le climat et sans prix global sur le carbone.»

Avec l'augmentation de la richesse, on observe une diminution de l'intensité énergétique et de la quantité d'énergie utilisée par habitant <sup>187</sup>. De plus, chaque dollar de croissance économique tend à être généré de façon de plus en plus propre. Une croissance économique soutenue permet aussi d'effectuer les investissements nécessaires pour que des technologies neutres en carbone (CSC, stockage de l'électricité) puissent être déployées à grande échelle.

L'histoire démontre que la richesse, l'énergie utilisée et l'évolution technologique sont des éléments interdépendants d'un cercle vertueux générant davantage de richesses et d'innovations technologiques <sup>188</sup>. La richesse matérielle permet non seulement de susciter des innovations technologiques qui sont nécessaires à l'amélioration des conditions environnementales, elle permet aussi aux populations les plus vulnérables de mieux s'adapter aux changements climatiques.

Ce tournant de plus en plus vert que semble prendre l'économie mondiale s'est effectué sans traité international sur le climat et sans prix global sur le carbone <sup>189</sup>. Ce n'est pas très surprenant puisque, historiquement, le choix des énergies utilisées a majoritairement été influencé par des questions d'ordre local, tels le développement économique, la sécurité nationale et la qualité de l'air <sup>190</sup>.

---

## Bibliographie

AGENCE FRANCE-PRESSE, « Dix poids lourds du pétrole et du gaz s'unissent pour le climat », *La Presse*, 16 octobre 2015.

AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE, About carbon capture and storage.

AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE, CO<sub>2</sub> Emissions From Fuel Combustion Highlights 2014, Excel tables.

AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE, Energy efficiency.

AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE, *Energy Efficiency Indicators: Fundamentals on Statistics*, 2014.

AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE, *Energy Efficiency Market Report 2014: Market Trends and Medium-Term Prospects*, 2014.

AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE, « Executive Summary: Projected Cost of Generating Electricity—2015 Edition », 2015.

AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE, « Global energy-related emissions of carbon dioxide stalled in 2014 », Communiqué de presse, 13 mars 2015.

AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE, *Key World Energy Statistics 2014*, 2014.

AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE, *Projected Cost of Generating Electricity—2010 Edition*, 2010.

AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE, Statistics, Report.

AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE, *Tracking Clean Energy Progress 2015*, 2015.

AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE, *Tracking Clean Energy Progress 2015, Power Generation*.

BANQUE MONDIALE, Indicateurs, Émissions de CO<sub>2</sub> (kg par \$US de 2005 de PIB), octobre 2015.

BANQUE MONDIALE, Indicateurs, Intensité en CO<sub>2</sub> (kg par kg d'utilisation d'énergie en équivalent pétrole), octobre 2015.

BANQUE MONDIALE, Indicateurs, Utilisation d'énergie (kg d'équivalent pétrole par habitant), octobre 2015.

BP, Data workbook - Statistical Review 2015, Primary Energy: Consumption - Mtoe (from 1965), juin 2015.

---

186. Agence internationale de l'énergie, « Global energy-related emissions of carbon dioxide stalled in 2014 », Communiqué de presse, 13 mars 2015.

187. Jason Channell et al., *Energy Darwinism II: Why a Low Carbon Future Doesn't Have to Cost the Earth*, Citi GPS, août 2015, p. 25.

188. Pierre Desrochers et Hiroko Shimizu, *op. cit.*, note 155.

189. « Flatlining », *The Economist*, 21 mars 2015.

190. Gary Dirks et al., *High Energy Innovation: A Climate Pragmatism Project*, Consortium for Science, Policy & Outcomes et Breakthrough Institute, décembre 2014, p. 5.

BP, Statistical Review—Data Workbook, juin 2015.

BERG Nate, « AIRCARBON : Et si le plastique était la solution au réchauffement climatique? », *El Watan*, 20 septembre 2014.

CANADIANFOREX, Yearly Average Exchange Rates for Currencies.

CARBON RECYCLING INTERNATIONAL, First renewable methanol fuel station in the world for electric cars, 31 août 2015.

CARBON RECYCLING INTERNATIONAL, Methanol.

CHANNELL Jason et al., *Energy Darwinism II: Why a Low Carbon Future Doesn't Have to Cost the Earth*, Citi GPS, août 2015.

CO<sub>2</sub> SOLUTIONS, Capture et séquestration du carbone (CSC).

Darzens Al, Philip Pienkos et Les Edye, *Current Status and Potential for Algal Biofuels Production*, Document information préparé à la demande de l'IEA Bioenergy Task 39, Report T39-T2, 6 août 2010.

DESROCHERS Pierre et SHIMIZU Hiroko, *Comment l'innovation rend les sables bitumineux de l'Alberta plus verts*, Cahier de recherche, Institut économique de Montréal, octobre 2012, p. 9.

DIRKS Gary et al., *High Energy Innovation, a Climate Pragmatism Project*, Consortium for Science, Policy & Outcomes et Breakthrough Institute, décembre 2014.

EDENHOFER Ottmar et al., « Summary for Policymakers », dans Ottmar Edenhofer et al. (dir.), *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change, Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, GIEC, 2014.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY, Nominal and real fuel prices, juillet 2015.

FRANKFURT SCHOOL, Global Trends in Renewable Energy Investment 2015 (Datapack), mars 2015.

GOKLANY Indur M., « Humanity Unbound: How Fossil Fuels Saved Humanity from Nature and Nature from Humanity », Policy analysis no 715, Cato Institute, décembre 2012.

GOKLANY Indur M., *The Improving State of the World: Why We're Living Longer, Healthier, More Comfortable Lives on a Cleaner Planet*, Cato Institute, 2007.

ITOHO Shoichi, « A New Era of Coal: The "Black Diamond" Revisited », 2014 Pacific Energy Forum Working Papers, avril 2014.

LIU Xiaowei et al., « Pilot-scale data provide enhanced estimates of the life cycle energy and emissions profile of algae biofuels produced via hydrothermal liquefaction », *Bioresource Technology*, vol. 148, 2013, p. 163-171.

LOMBORG Bjørn, « Examining the Threats Posed by Climate Change: The Effects of Unchecked Climate Change on Communities and the Economy », The Senate EPW Committee, Subcommittee on Clean Air and Nuclear Safety, 29 juillet 2014.

MURTAUGH Dan, Lynn Doan et OLSON Bradley, « Refracking Is the New Fracking », *Bloomberg Business*, 7 juillet 2015.

NEW LIGHT TECHNOLOGIES, Our Technology: Greenhouse Gas to Plastic.

ORCUTT Mike, « Researcher Demonstrates How to Suck Carbon from the Air, Make Stuff from It », *MIT Technology Review*, 19 août 2015.

PRATTE André, « Le monde change... lentement », *La Presse*, 10 février 2015.

PVXCHANGE, Price index.

PUKO Timothy et YAP Chuin-Wei, « Falling Chinese Coal Consumption and Output Undermine Global Market », *The Wall Street Journal*, 26 février 2015.

REN21, *Renewables 2015 Global Status Report*, 2015.

RESSOURCES NATURELLES CANADA, *Cahier d'information : les marchés de l'énergie—2014-2015*.

REN Jiawen et al., « One-Pot Synthesis of Carbon Nanofibers from CO<sub>2</sub> », *Nano Letters*, no 15, 2015, p. 6142.

SAUNDERS Harry D., « Recent Evidence for Large Rebound: Elucidating the Drivers and their Implications for Climate Change Models », *The Energy Journal (in press)*, 2013.

SMIL Vaclav, *Energy at the Crossroads: Global Perspectives and Uncertainties*, The MIT Press, février 2005.

SULENG Kristin, « Using fossil fuels buys us time to develop alternative energies that will shape our future », *Open Mind*, 14 octobre 2014.

THE ECONOMIST, « Flatlining », 21 mars 2015.

THE ENERGY AND CLIMATE CHANGE COMMITTEE, Carbon capture and Storage Ninth Report of Session 2013-14, Document d'information préparé à la demande de la Chambre des communes du Royaume-Uni, 21 mai 2014.

THE INTERNATIONAL COUNCIL ON CLEAN TRANSPORTATION, Global Transportation Roadmap Model, Data Tables, août 2015.

TREFIS TEAM, « Oilfield Services Companies Are Betting On Re-Fracking. Will It Catch On? », *Forbes*, 23 juin 2015.

U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION, « Levelized Cost and Levelized Avoided Cost of New Generation Resources in the Annual Energy Outlook 2015 », juin 2015.

U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION, Petroleum and other liquids, data, U.S. All Grades All Formulations Retail Gasoline Prices, 2015.

VICTOR David G. et al., « Introductory Chapter », dans Ottmar Edenhofer et al. (dir.), *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change, Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, GIEC, 2014.



## CHAPITRE 4

### L'adaptation aux changements climatiques

En raison des émissions de GES depuis la révolution industrielle, les conditions climatiques se modifieront inéluctablement. Peu importe le scénario qui se produira, la température moyenne de la planète continuera d'augmenter d'ici la fin du XXI<sup>e</sup> siècle. Les nations du monde devront s'adapter à ces changements progressifs. Aussi est-il important de comprendre les conditions qui permettront de s'y adapter le mieux possible.

#### Les changements affectent plus durement les pays pauvres

Les changements climatiques entraîneront plusieurs modifications de l'environnement dont l'augmentation du niveau de la mer, des vagues de chaleur plus fréquentes, et des variations dans les conditions d'agriculture et de pêche<sup>191</sup>. Parmi les nombreuses conséquences des changements climatiques, les plus inquiétantes sont naturellement les événements météorologiques extrêmes pouvant entraîner des pertes de vies humaines. Selon le GIEC, le réchauffement global de l'atmosphère rendra ces événements plus fréquents et leur intensité augmentera, comme l'illustre le Tableau 4-1.

Il ne faut cependant pas croire que tous les phénomènes météorologiques découlent directement des changements climatiques. Par exemple, les études portant sur les vents extrêmes des ouragans aux États-Unis et dans les Caraïbes, sur les tornades aux États-Unis et sur les vents des tempêtes en Europe ne sont pas parvenues à établir un lien avec les changements climatiques d'origine humaine<sup>192</sup>. On peut faire le même constat avec les sécheresses, qui ont peu évolué au cours des 60 dernières années<sup>193</sup>.

La fréquence et l'intensité des événements météorologiques extrêmes ne sont pas les seuls facteurs déterminant la gravité de leurs impacts. Le 5<sup>e</sup> Rapport d'évaluation du GIEC précise qu'on doit aussi tenir

compte de l'exposition et de la vulnérabilité des biens matériels. Ces deux facteurs sont quant à eux directement liés au niveau de développement économique<sup>194</sup>. Cela explique pourquoi les populations les plus pauvres sont démesurément affectées par ces bouleversements, comme le signale un rapport produit pour le compte de la Banque mondiale<sup>195</sup>.

Cela ne signifie pas que les pays développés seront épargnés. En effet, le GIEC précise que la valeur absolue des pertes économiques associées à la météo et aux événements climatiques sera plus élevée dans les pays développés. La valeur du patrimoine bâti y est en effet plus importante. Les assurances contre de tels dommages y sont heureusement plus répandues. Par contre, le même rapport souligne ceci par rapport aux pays en développement :

Les taux de mortalité et les pertes économiques en proportion du PIB sont plus élevés dans les pays en développement (confiance élevée). Les morts dues aux désastres naturels surviennent davantage dans les pays en développement. Entre 1970 et 2008, par exemple, plus de 95 % des morts dues aux désastres naturels ont eu lieu dans les pays en développement<sup>196</sup>.

« Le développement économique représente le meilleur moyen de réduire les impacts négatifs des changements climatiques en termes relatifs et de réduire le bilan en vies humaines perdues. »

Autrement dit, le développement économique représente le meilleur moyen de réduire les impacts négatifs des changements climatiques en termes relatifs et de réduire le bilan en vies humaines perdues. Un exemple concret est la comparaison de deux événements tragiques, l'ouragan Katrina qui a frappé les États-Unis en

191. W. Neil Adger et al., « Adaptation to Climate Change in the Developing World », *Progress in Development Studies*, vol. 3, no 3, juillet 2003, p. 179-195.

192. Wolfgang Cramer et al., « Detection and Attribution of Observed Impacts », dans Christopher B. Field et al. (dir.), *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Part A : Global and Sectoral Aspects, Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, GIEC, 2014, p. 998.

193. Justin Sheffield, Eric F. Wood et Michael L. Roderick, « Little Change in Global Drought over the Past 60 Years », *Nature*, vol. 491, no 7424, 15 novembre 2012, p. 435-438.

194. « The impacts of extreme weather events depend on the frequency and intensity of the events, as well as exposure and vulnerability of society and assets. » Wolfgang Cramer et al., op. cit., note 192.

195. Postdam Institute for Climate Impact Research et Climate Analytics, *Turn Down the Heat: Why a 4°C Warmer World Must Be Avoided*, Rapport produit pour la Banque mondiale, novembre 2012, p. 56.

196. Virginia R. Burkett et al., « Point of Departure », dans Christopher B. Field et al. (dir.), *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Part A : Global and Sectoral Aspects, Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, GIEC, 2014, p. 187. Traduction des auteurs.

Tableau 4-1

**Probabilité d'événements météorologiques et climatiques extrêmes**

| PHÉNOMÈNE ET ÉVOLUTION ANTICIPÉE                                                                  | PROBABILITÉ DE SURVENANCE DES CHANGEMENTS (DEPUIS 1950) | CONTRIBUTION HUMAINE AUX CHANGEMENTS OBSERVÉS | PROBABILITÉ D'AUTRES CHANGEMENTS – DÉBUT DU XXI <sup>E</sup> SIÈCLE | PROBABILITÉ D'AUTRES CHANGEMENTS – FIN DU XXI <sup>E</sup> SIÈCLE |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Journées et nuits froides moins froides et/ou moins nombreuses sur la plupart des terres émergées | Très probable                                           | Très probable                                 | Probable                                                            | Quasiment certain                                                 |
| Journées et nuits chaudes plus chaudes et/ou plus nombreuses sur la plupart des terres émergées   | Très probable                                           | Très probable                                 | Probable                                                            | Quasiment certain                                                 |
| Périodes/vagues de chaleur plus fréquentes et/ou plus longues sur la plupart des terres émergées  | Degré de confiance moyen                                | Probable                                      | Pas d'évaluation formelle                                           | Très probable                                                     |
| Épisodes de précipitations abondantes (plus fréquents, plus intenses, plus nombreux)              | Probable                                                | Degré de confiance moyen                      | Probable                                                            | Très probable                                                     |
| Augmentation de l'intensité et/ou de la durée des sécheresses                                     | Degré de confiance faible*                              | Degré de confiance faible                     | Degré de confiance faible                                           | Probable                                                          |
| Augmentation de l'activité des cyclones tropicaux                                                 | Degré de confiance faible**                             | Degré de confiance faible                     | Degré de confiance faible                                           | Plus probable qu'improbable                                       |
| Incidence ou amplitude accrue d'une très haute élévation du niveau des mers                       | (depuis 1970)<br>Probable                               | Probable                                      | Probable                                                            | Très probable                                                     |

\* Degré de confiance faible à l'échelle mondiale.

\*\* Degré de confiance faible concernant les changements climatiques à long terme (à l'échelle des siècles). Quasiment certain en Atlantique Nord depuis 1970.

**Source :** Lisa V. Alexander et al., « Résumé à l'intention des décideurs », dans T. F. Stocker et al. (dir.), *Changements climatiques 2013 : Les éléments scientifiques*, Contribution du Groupe de travail I au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, GIEC, 2013, p. 5.

**Note :** En termes de probabilités, les expressions utilisées s'interprètent comme suit :

| TERMINOLOGIE                | DEGRÉ DE CONFIANCE            |
|-----------------------------|-------------------------------|
| Degré de confiance moyen    | Environ 5 chances sur 10      |
| Degré de confiance faible   | Environ 2 chances sur 10      |
| Quasiment certain           | Probabilité supérieure à 99 % |
| Très probable               | Probabilité supérieure à 90 % |
| Probable                    | Probabilité supérieure à 66 % |
| Plus probable qu'improbable | Probabilité supérieure à 50 % |

**Source :** GIEC, *Climate Change 2007: Working Group I: The Physical Science Basis*, 1.6 The IPCC Assessments of Climate Change and Uncertainties, 2007.



2005 et le cyclone tropical qui a frappé le Golfe du Bengale en 1970. Ces deux tempêtes de catégorie 3 ont menacé des populations de taille comparable, mais on estime qu'il y a eu 150 fois moins de morts aux États-Unis, où le niveau de richesse permet de supporter des technologies, des infrastructures et des institutions qui réduisent la vulnérabilité aux changements climatiques<sup>197</sup>.

**« Le niveau technologique est aussi une condition importante facilitant l'adaptation et détermine en partie la résilience des sociétés et des économies face aux conséquences des changements climatiques. »**

La technologie est étroitement liée au niveau de développement économique. D'une part, c'est la prospérité qui permet d'utiliser les outils les plus avancés rendus disponibles par l'évolution scientifique et technique. D'autre part, les découvertes technologiques elles-mêmes doivent beaucoup à la croissance économique dont le processus dynamique récompense l'innovation<sup>198</sup>. Or, le niveau technologique est aussi une condition importante facilitant l'adaptation et détermine en partie la résilience des sociétés et des économies face aux conséquences des changements climatiques. Ainsi, les connaissances en matière de génétique ont une forte influence sur la manière dont les changements climatiques affecteront l'agriculture et les récoltes<sup>199</sup>.

197. Keith H. Lockitch, « Climate Vulnerability and the Indispensable Value of Industrial Capitalism », *Energy and Environment*, vol. 20, no 5, 2009, p. 737.

198. Indur M. Goklany, « Humanity Unbound: How Fossil Fuels Saved Humanity from Nature and Nature from Humanity », Policy Analysis no 715, Cato Institute, 20 décembre 2012. On peut constater cette relation dans différents secteurs parmi lesquels la recherche pharmaceutique. Voir Yanick Labrie, « Comment l'innovation pharmaceutique a révolutionné le domaine de la santé », Note économique, Institut économique de Montréal, juin 2014.

199. Rebecca Clements et al., *Technologies for Climate Change Adaptation: Agriculture Sector*, UNEP Risø Centre on Energy, Climate and Sustainable Development, août 2011, p. 110-116. Le facteur technologique et son impact sur les capacités d'adaptation font d'ailleurs l'objet d'une critique de Goklany contre les études sur les impacts des changements climatiques. Plusieurs de ces études semblent ne pas tenir compte des développements récents, notamment en génétique. « Generally, the adaptation technologies available in these studies are from the early 1990s or earlier vintages. Thus the food and hunger study doesn't include consideration of adaptations that may be possible through genetically modified crops ». Parry et al., « Effects of Climate Change », p. 57, cite dans Indur M. Goklany, « What to Do about Climate Change », Policy Analysis no 609, Cato Institute, 5 février 2008, p. 25.

## L'adaptation aux changements climatiques et le niveau de vie

Les conditions de vie des êtres humains se sont rapidement transformées au cours du dernier siècle.

L'espérance de vie s'est considérablement allongée. Alors qu'elle était de 31 ans en 1900 pour l'ensemble de l'humanité, et moins de 50 ans même dans les pays les plus développés<sup>200</sup>, elle atteint aujourd'hui 68,7 ans<sup>201</sup>. En effet, l'état de santé général de la population humaine s'est amélioré, de nombreuses maladies autrefois mortelles sont mieux soignées ou ont été éradiquées et la mortalité infantile a fortement diminué. Ces changements notables reflètent une réduction de la faim, de la malnutrition et de la pauvreté grâce à une amélioration généralisée des conditions de vie économiques<sup>202</sup>.

L'auteur réputé Indur M. Goklany, qui a travaillé au sein du GIEC et a participé notamment au premier Rapport d'évaluation, montre que ces formidables développements sont étroitement associés au niveau de vie permis par l'utilisation des combustibles fossiles et l'évolution technologique impressionnante du dernier siècle<sup>203</sup>. En d'autres mots, il ne faudrait pas que les nations du monde, en tentant d'éviter des catastrophes associées à un réchauffement trop important de la planète, engendrent des catastrophes humaines résultant d'une diminution du niveau de vie.

La croissance économique améliorant ce niveau de vie est d'autant plus importante qu'elle permet une meilleure adaptation aux changements climatiques. Depuis les années 1920, le taux mondial de mortalité en raison d'événements météorologiques extrêmes a décliné de 98 %<sup>204</sup>. Cette statistique suggère que la vulnérabilité humaine n'est pas tant due au climat qu'aux conditions économiques<sup>205</sup>.

Bien que très présent dans les médias, l'enjeu des changements climatiques demeure essentiellement un risque futur. Comme on l'a vu au Chapitre 2, Richar Tol a calculé que l'impact du réchauffement a été globalement positif jusqu'à présent. Un article paru dans la revue *Nature*

200. Thomson Prentice, « Health, History and Hard Choices: Funding Dilemmas in a Fast-Changing World », présentation dans le cadre de la conférence Health and Philanthropy: Leveraging Change, University of Indiana, août 2006, p. 7.

201. Central Intelligence Agency, *The World Factbook*, People and Society, Life expectancy at birth.

202. Indur M. Goklany, *op. cit.*, note 198.

203. *Idem*.

204. Indur M. Goklany, « Wealth and Safety: The Amazing Decline in Deaths from Extreme Weather in an Era of Global Warming, 1900-2010 », Policy Study 393, Reason Foundation, septembre 2011, p. 6.

205. Keith H. Lockitch, *op. cit.*, note 197, p. 733.

attribuait aux changements climatiques plus de 150 000 morts durant l'année 2000<sup>206</sup>. L'étude, par ailleurs critiquée<sup>207</sup>, répartissait ces morts de la façon suivante :

- 77 000 des 250 000 morts dues à la malnutrition en protéines;
- 47 000 des 2 millions de morts dues à la diarrhée;
- 27 000 parmi plus d'un million de morts dues à la malaria;
- 2000 morts dues aux inondations<sup>208</sup>.

Comme on peut le constater, les trois problèmes de santé constituant l'essentiel des morts qui ont été attribués jusqu'à un certain point aux changements climatiques ne concernent aucun pays développé, ni même bien des pays en développement. La principale cause de mortalité dans ces trois cas, et peut-être aussi dans le quatrième, relève davantage de la pauvreté qui place des populations entières à risque.

L'exercice de l'Organisation mondiale de la santé était malhabile. En cherchant à montrer que sa mission s'intégrait aussi dans le cadre de la lutte aux changements climatiques, possiblement pour bénéficier de budgets supplémentaires, l'OMS se trouve à amenuiser l'importance des changements climatiques. En effet, selon sa propre analyse, si des efforts considérables avaient été entrepris par les pays et les populations du monde pour réduire les émissions de GES, cela aurait eu pour effet de sauver ces 150 000 victimes. *A contrario*, un développement économique normal pourra enrayer les causes de ces 150 000 décès et non seulement prévenir ceux-ci, mais aussi les 3,3 millions de morts dont il est véritablement question dans cette liste et parmi lesquels les victimes des changements climatiques ne comptent que pour 5 %.

L'évaluation que fait le GIEC des conséquences actuelles des changements climatiques est beaucoup plus nuancée, comme on l'a vu au Tableau 4-1. Les conséquences sur la santé humaine sont relativement petites et sont surtout mal quantifiées. Avec un niveau de confiance moyen, les experts affirment qu'il y a eu une augmentation des décès reliés à la chaleur et une dimi-

nution des décès reliés au froid<sup>209</sup>. Sachant qu'il y a près de 17 fois plus de décès reliés au froid qu'à la chaleur<sup>210</sup>, il est bien possible que le bilan soit globalement positif.

Puisque la capacité d'adaptation des sociétés humaines est directement liée à leur prospérité<sup>211</sup>, les politiques publiques et les ententes internationales doivent éviter d'opposer l'atténuation du réchauffement global avec l'objectif tout aussi important de l'adaptation aux changements climatiques incontournables. Avec des ressources économiques limitées, les choix dans la lutte aux changements climatiques doivent se faire intelligemment et sur une base rationnelle<sup>212</sup>.

« Il ne faudrait pas que les nations du monde, en tentant d'éviter des catastrophes associées à un réchauffement trop important de la planète, engendrent des catastrophes humaines résultant d'une diminution du niveau de vie. »

## L'importance pondérée de la lutte aux changements climatiques

L'objectif de ce *Cahier de recherche* n'est pas de déterminer les politiques publiques à adopter. Il dresse plutôt un bilan des informations disponibles et utiles au débat concernant ces choix politiques. La possibilité d'adaptation grâce à la prospérité économique est d'une importance capitale. Un autre volet qu'on ne peut manquer de mentionner est que la lutte aux changements climatiques demeure l'un des nombreux objectifs politiques et sociaux poursuivis par les pays du monde. L'impératif

209. Christopher B. Field et al., « Résumé à l'intention des décideurs », dans Christopher B. Field et al. (dir.), *Changements climatiques 2014 : Incidences, adaptation et vulnérabilité, Contribution du Groupe de travail II au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*, GIEC, 2014, p. 6. Extrait: « À l'heure actuelle, le fardeau des maladies humaines provoquées à l'échelle mondiale par le changement climatique est relativement faible comparativement aux effets d'autres facteurs de stress et reste mal quantifié. On a cependant observé une hausse du nombre de décès dus à la chaleur et une baisse des décès dus au froid dans certaines régions du fait du réchauffement planétaire (degré de confiance moyen) ».

210. Antonio Gasparrini et al., « Mortality Risk Attributable to High and Low Ambient Temperature: A Multicountry Observational Study », *The Lancet*, vol. 386, no 9991, juillet 2015, p. 372.

211. Gary W. Yohe, « Mitigative Capacity: The Mirror Image of Adaptive Capacity on the Emissions Side », *Climatic Change*, vol. 49, no 3, mai 2001, p. 247-262.

212. Voir Post-2015 Consensus, Expert Panel; Bjørn Lomborg, *The Nobel Laureates Guide to the Smartest Targets for the World 2016-2030*, Copenhagen Consensus Center, 2015.

206. Jonathan A. Patz et al., « Impact of Regional Climate Change on Human Health », *Nature*, vol. 438, no 7066, novembre 2005, p. 312.

207. Indur M. Goklany, *op. cit.*, note 204, p. 13.

208. Jonathan A. Patz et al., *op. cit.*, note 206.

moral est d'améliorer globalement le sort des êtres humains en prenant en compte l'ensemble des défis à relever, dont les conséquences des changements climatiques, mais pas uniquement ceux-ci<sup>213</sup>.

À l'approche de la Conférence de Paris sur le climat, l'importance et l'énormité de la tâche associée à la lutte aux changements climatiques ne doivent pas occulter d'autres problèmes plus immédiats qui méritent aussi qu'on s'y attaque. Certains enjeux peuvent aller de pair avec une réduction des émissions de GES, mais d'autres montrent les limites d'une action uniquement articulée autour des réductions de telles émissions. Trois problématiques peuvent servir d'illustration à ce propos : les maladies infectieuses (santé), la qualité de l'air (environnement) et l'accès à l'électricité (énergie).

#### **a) Les maladies infectieuses : le cas de la malaria**

L'une des conséquences négatives des changements climatiques pourrait être une diffusion plus grande de maladies infectieuses comme la malaria, aussi appelée paludisme. Cette maladie potentiellement mortelle est transmise par les piqûres de moustiques, principalement en Afrique, mais elle peut être soignée assez simplement.

« L'impératif moral est d'améliorer globalement le sort des êtres humains en prenant en compte l'ensemble des défis à relever, dont les conséquences des changements climatiques, mais pas uniquement ceux-ci. »

Les dernières données de l'Organisation mondiale de la santé indiquent qu'il y a eu 214 millions de cas de malaria en 2015 et 438 000 décès ont été attribués à cette maladie. Ce bilan, bien que dramatique, représente toutefois une amélioration impressionnante. Le taux de mortalité de la malaria a ainsi diminué de 60 % depuis 2000 et de 65 % chez les enfants<sup>214</sup>.

Avec les changements climatiques, les conditions favorisant la prolifération des moustiques pourraient s'étendre. Combattre les changements climatiques efficacement pourrait donc ralentir la propagation de la maladie. Par contre, les sommes consacrées à la réduction

des émissions pourraient aussi être dirigées vers la recherche d'un vaccin qui, lui, éradiquerait complètement la maladie et sauverait davantage de vies.

L'aide internationale aux pays pauvres est de plus en plus orientée vers des projets en lien avec les changements climatiques<sup>215</sup>. Or, la malaria est fonctionnellement éradiquée dans les sociétés dont le PIB par habitant atteint 3100 \$, en raison des meilleures conditions sanitaires et des meilleurs logements que permet ce niveau de vie<sup>216</sup>. Le problème de la malaria pourrait bien être réglé au cours des prochaines décennies de toute manière et, dans ce cas, les conditions climatiques de la fin du XXI<sup>e</sup> siècle n'auraient aucune influence. Avec l'efficacité grandissante des efforts de prévention de la malaria, qui réduit rapidement le taux d'infection, les conséquences des changements climatiques se trouvent aussi amenuisées d'autant.

#### **b) La qualité de l'air**

Bien des pays souhaitent réduire leur niveau de pollution, d'abord et avant tout pour le mieux-être direct de leur population. Urbains ou ruraux, les citoyens ont davantage intérêt à vivre dans un environnement sain et exercent davantage de pressions politiques au fur et à mesure qu'ils s'enrichissent. On peut comprendre, en effet, que la population dans une région rurale très pauvre ne se formalise pas de l'ouverture d'une usine polluante offrant de bons emplois. La nécessité de survivre et d'améliorer un tant soit peu son sort prime sur la qualité de l'environnement. Par contre, là où la classe moyenne se renforce et où les familles s'inquiètent des conséquences de la qualité de l'environnement sur leur santé ou sur la valeur de leur propriété, les pratiques environnementales des industries et des institutions sont scrutées de plus près.

Comme pour l'éradication de la malaria, il existe un lien bien documenté entre le niveau de vie et des indicateurs de la qualité de l'environnement<sup>217</sup>. Ici même au Canada, on peut constater que durant les dernières décennies, avec le progrès économique et technologique,

213. Bjørn Lomborg, « On climate change, Pope Francis isn't listening to the world's poor », *New York Post*, 23 septembre 2015.

214. Organisation mondiale de la santé, Paludisme, Aide-mémoire no 94, octobre 2015.

215. Axel Michaelowa et Katharina Michaelowa, « Climate or Development: Is ODA Diverted from Its Original Purpose? », *Climatic Change*, vol. 84, no 1, septembre 2007, p. 5-21.

216. Richard S. J. Tol, et Hadi Dowlatabadi, « Vector Borne Diseases, Development & Climate Change », *Integrated Assessment*, vol. 2, no 4, octobre 2001, p. 177.

217. Thomas M. Selden et Daqing Song, « Environmental Quality and Development: Is There a Kuznets Curve for Air Pollution Emissions? », *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 27, no 2, septembre 1994, p. 147-162; Nemat Shafik, « Economic Development and Environmental Quality: An Econometric Analysis », *Oxford Economic Papers*, New Series, vol. 46, Special Issue on Environmental Economics, octobre 1994, p. 757-773.

la qualité de l'air s'est notablement améliorée. La concentration de plusieurs polluants atmosphériques a fortement décru dans l'ensemble du pays<sup>218</sup>.

Cette tendance est d'autant plus importante que l'amélioration de la qualité de l'air justifie souvent une action concrète des gouvernements dans la lutte aux changements climatiques. Les sources d'émissions de GES sont souvent les mêmes qui rejettent des polluants dans l'air. En Chine, en Inde ainsi que dans plusieurs pays en développement, la lutte au smog encourage les gouvernements à adopter des cibles en matière de réduction des émissions de GES<sup>219</sup>.

D'un point de vue de santé publique, cette combinaison de deux objectifs est heureuse parce qu'ils ne s'opposent pas. Autrement, la priorité serait sans doute attribuée à la réduction des polluants atmosphériques plutôt qu'aux émissions de GES. Parmi différents facteurs pouvant affecter la durée et la qualité de vie des populations, la pollution de l'air en milieu urbain surpasse de loin les effets des changements climatiques. Dans les régions rurales, la fumée provenant des combustibles solides pour se chauffer ou cuisiner est aussi un problème plus important<sup>220</sup>.

### c) L'accès à l'électricité

Qualifiée de plus grande menace environnementale<sup>221</sup>, la fumée provenant des combustibles solides est souvent liée à un accès limité à l'électricité. Lorsqu'on a accès à des sources d'électricité bon marché, les appareils de cuisson et de chauffage électriques deviennent souvent plus intéressants, même pour des ménages à faibles revenus. Cependant, la pauvreté énergétique est encore un phénomène répandu. L'Organisation mondiale de la santé estime que 3 milliards de personnes à travers le monde cuisinent ou chauffent leurs maisons à l'aide de feux de foyers ou de four traditionnels, brûlant du bois, des déchets agricoles, du charbon ou du fumier. La pollution de l'air intérieur entraîne environ 4,3 millions de décès chaque année, principalement des femmes et des enfants, en provoquant des pneumonies, des AVC, des maladies cardiaques ou pulmonaires, voire des cancers du poumon<sup>222</sup>.

L'accès à l'électricité bon marché représente un moyen important pour sortir d'une pauvreté accablante et améliorer les conditions sanitaires courantes<sup>223</sup>. À l'échelle mondiale, plus de 1,2 milliard de personnes n'y ont pas accès<sup>224</sup>. Le problème touche surtout les ménages ruraux. Géographiquement, on retrouve la majorité des personnes sans accès à l'électricité en Afrique subsaharienne et en Asie du Sud-Est<sup>225</sup>.

Ce problème demande des solutions concrètes. Or, l'électricité bon marché provient encore en très grande partie des combustibles fossiles. Les énergies renouvelables comme l'éolien et le solaire sont presque invariablement beaucoup plus onéreuses. Même si les combustibles fossiles émettent des GES, cela justifie-t-il qu'on prive les plus pauvres de la planète d'un accès aussi essentiel à des conditions de vie qui favorisent leur santé et de meilleures perspectives économiques?

« La lutte aux changements climatiques ne devrait pas être une raison pour maintenir inutilement plus d'un milliard de personnes dans des conditions d'existence pénibles. »

Dans le monde développé, les politiques faisant la promotion des énergies renouvelables ont permis, dans certains pays, qu'une plus grande proportion de l'électricité soit générée à partir des énergies solaire et éolienne<sup>226</sup>. Cette transition ne s'est pas nécessairement traduite par un succès environnemental, comme le démontre le cas de l'Allemagne où elle est allée de pair avec une augmentation de la production des centrales au charbon.

Succès environnemental ou pas, la transition s'est faite à fort prix. On estime qu'en 2014, la révolution énergétique allemande a entraîné une augmentation des factures d'électricité de 323 \$ par ménage, soit une subvention de 34 milliards de dollars aux producteurs d'énergies renouvelables<sup>227</sup>. Même constat en

218. Environnement Canada, National Air Pollution Surveillance Program (NAPS), 9 juillet 2013.

219. Center for Clean Air Policy, *Greenhouse Gas Mitigation in Brazil, China and India: Scenarios and Opportunities through 2025*, novembre 2006, p. 1.

220. Indur M. Goklany, *op. cit.*, note 204, p. 14.

221. Marianne Lavelle, « Cookstove Smoke Is "Largest Environmental Threat," Global Health Study Finds », *National Geographic*, 13 décembre 2012.

222. Organisation mondiale de la santé, Pollution de l'air à l'intérieur des habitations et la santé, Aide-mémoire no 292, mars 2014.

223. Marianne Lavelle, « The Solvable Problem of Energy Poverty », *National Geographic*, 23 septembre 2010.

224. Marianne Lavelle, « Five Surprising Facts about Energy Poverty », *National Geographic*, 30 mai 2013.

225. Ren21, *Renewables 2015: Global Status Report*, 2015, p. 103.

226. U.S. Energy Information Administration, European Nations Are Increasing Electricity Generation Using No-Carbon Sources, 22 septembre 2014.

227. « Green Revolution? German Brown Coal Power Output Hits New High », *Spiegel International*, 7 janvier 2014; Banque du Canada, « Département des marchés financiers : Moyenne annuelle des taux de change », 2014.



Angleterre, où les énergies renouvelables ont augmenté la facture d'électricité des Anglais de 15 % au cours de la dernière décennie<sup>228</sup>.

En Espagne, la transition énergétique s'est faite en accordant des tarifs préférentiels aux producteurs d'énergies renouvelables. Depuis 2000, le montant de ces subventions implicites s'élève à plus de 40 milliards de dollars<sup>229</sup>. N'ayant pas la volonté politique de hausser la facture des consommateurs, le gouvernement s'est endetté sur les marchés financiers en créant le Fonds d'amortissement du déficit d'électricité (FADE). Les milliards d'euros ainsi récoltés devront être remboursés ultérieurement par les contribuables espagnols.

« D'ici 2085, seulement 13 % des décès dus à la famine, à la malaria et aux événements météorologiques extrêmes seront une conséquence des changements climatiques. »

Les énergies renouvelables peuvent s'avérer une solution intéressante dans certains cas, par exemple pour des communautés éloignées qu'on peut difficilement relier à un réseau national. En règle générale, la lutte aux changements climatiques ne devrait cependant pas être une raison pour maintenir inutilement plus d'un milliard de personnes dans des conditions d'existence pénibles<sup>230</sup>. On peut et on doit lutter contre les changements climatiques en ayant une idée claire de l'importance relative de cette lutte parmi une grande diversité d'enjeux.

## Combattre la pauvreté et les changements climatiques

On le constate, la pauvreté est un fléau qu'on ne peut négliger, surtout pas sous prétexte de lutter contre les changements climatiques. Pire, certaines politiques de lutte aux changements climatiques entraînent des conséquences négatives pour les plus pauvres, comme la production de biocarburants à partir de cultures<sup>231</sup>. Les populations pauvres sont plus susceptibles de subir

les conséquences négatives des changements climatiques précisément en raison de leur pauvreté. Un accroissement de la prospérité et du développement grâce à une croissance économique forte et soutenue permettrait d'atténuer grandement les risques associés au climat.

Cette réflexion trouve écho dans la population en général. Un sondage de l'ONU révèle que, sur 16 priorités, les changements climatiques se classent bon dernier, ce qui reflète le fait que les changements climatiques futurs ne sont pas du tout la priorité des gens pauvres<sup>232</sup>. Autrement dit, on se préoccupe davantage de l'environnement lorsqu'on ne souffre pas de la faim, qu'on ne meure pas de maladies aisément curables, qu'on parvient à travailler et à envoyer ses enfants à l'école.

D'ici 2085, seulement 13 % des décès dus à la famine, à la malaria et aux événements météorologiques extrêmes seront une conséquence des changements climatiques. D'ici là, les impacts positifs des changements climatiques continueront vraisemblablement de l'emporter sur leurs impacts négatifs<sup>233</sup>. Ces constats font tirer à l'auteur Indur Goklany la conclusion suivante :

Le monde le plus chaud, étant plus riche, devrait aussi être doté d'une plus grande capacité de régler quelque problème que ce soit, incluant le réchauffement. Il en découle que d'autres problèmes, et particulièrement le sous-développement économique, constituent des menaces plus importantes pour l'humanité que le réchauffement climatique<sup>234</sup>.

Cette conclusion de Goklany est aussi une excellente raison pour être optimiste envers l'avenir et pour lutter contre les multiples problèmes de notre monde, dont font partie les changements climatiques, avec volonté, intelligence et rationalité.

## Bibliographie

ADGER W. Neil et al., « Adaptation to Climate Change in the Developing World », *Progress in Development Studies*, vol. 3, no 3, juillet 2003.

BANQUE DU CANADA, « Département des marchés financiers : Moyenne annuelle des taux de change », 2014.

228. Stanley Reed, « Britain plans to cut subsidy to renewable energy », *The New York Times*, 22 juillet 2015.

229. Brady Yauch, « Governments rip up renewable contracts », *Financial Post*, 18 mars 2014.

230. Michael Jakob et Jan Christoph Steckel, « How Climate Change Mitigation Could Harm Development in Poor Countries », *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, vol. 5, no 2, mars/avril 2014, p. 161-168.

231. Robert Mendick, « Biofuels do more harm than good, UN warns », *The Telegraph*, 23 mars 2014.

232. Sondage des Nations Unies disponible à l'adresse suivante :

<http://data.myworld2015.org/>.

233. Indur M. Goklany, « Is Climate Change the Number One Threat to Humanity? », *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, vol. 3, no 6, novembre/décembre 2012, p. 489-508.

234. *Idem*.

BURKETT Virginia R. et al., « Point of Departure », dans Christopher B. Field et al. (dir.), *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Part A : Global and Sectoral Aspects, Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, GIEC, 2014.

CENTER FOR CLEAN AIR POLICY, *Greenhouse Gas Mitigation in Brazil, China and India: Scenarios and Opportunities through 2025*, novembre 2006.

CENTRAL INTELLIGENCE AGENCY, *The World Factbook*, People and Society, Life expectancy at birth.

CLEMENTS Rebecca et al., *Technologies for Climate Change Adaptation: Agriculture Sector*, UNEP Risø Centre on Energy, Climate and Sustainable Development, août 2011.

CRAMER Wolfgang et al., « Detection and Attribution of Observed Impacts », dans Christopher B. Field et al. (dir.), *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Part A : Global and Sectoral Aspects, Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, GIEC, 2014, p. 998.

ENVIRONNEMENT CANADA, National Air Pollution Surveillance Program (NAPS), 9 juillet 2013.

FIELD Christopher B. et al., « Résumé à l'intention des décideurs », dans Christopher B. Field et al. (dir.), *Changements climatiques 2014 : Incidences, adaptation et vulnérabilité, Contribution du Groupe de travail II au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*, GIEC, 2014.

GASPARRINI Antonio et al., « Mortality Risk Attributable to High and Low Ambient Temperature: A Multicountry Observational Study », *The Lancet*, vol. 386, no 9991, juillet 2015.

GOKLANY Indur M., « Humanity Unbound: How Fossil Fuels Saved Humanity from Nature and Nature from Humanity », Policy Analysis no 715, Cato Institute, 20 décembre 2012.

GOKLANY Indur M., « Is Climate Change the Number One Threat to Humanity? », *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, vol. 3, no 6, novembre/décembre 2012.

GOKLANY Indur M., « What to Do about Climate Change », Policy Analysis no 609, Cato Institute, 5 février 2008.

GOKLANY Indur M., « Wealth and Safety: The Amazing Decline in Deaths from Extreme Weather in an Era of Global Warming, 1900-2010 », Policy Study 393, Reason Foundation, septembre 2011.

GROUPE D'EXPERTS INTERGOUVERNEMENTAL SUR LE CLIMAT, *Climate Change 2007: Working Group I: The Physical Science Basis*, 1.6 The IPCC Assessments of Climate Change and Uncertainties, 2007.

JAKOB Michael et STECKEL Jan Christoph, « How Climate Change Mitigation Could Harm Development in Poor Countries », *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, vol. 5, no 2, mars/avril 2014.

LABRIE Yanick, « Comment l'innovation pharmaceutique a révolutionné le domaine de la santé », Note économique, Institut économique de Montréal, juin 2014.

LAVELLE Marianne, « Cookstove Smoke Is "Largest Environmental Threat," Global Health Study Finds », *National Geographic*, 13 décembre 2012.

LOCKITCH Keith H., « Climate Vulnerability and the Indispensable Value of Industrial Capitalism », *Energy and Environment*, vol. 20, no 5, 2009.

LOMBORG Bjørn, « On climate change, Pope Francis isn't listening to the world's poor », *New York Post*, 23 septembre 2015.

LOMBORG Bjørn, *The Nobel Laureates Guide to the Smartest Targets for the World 2016-2030*, Copenhagen Consensus Center, 2015.

MENDICK Robert, « Biofuels do more harm than good, UN warns », *The Telegraph*, 23 mars 2014.

MICHAELOWA Axel et MICHAELOWA Katharina, « Climate or Development: Is ODA Diverted from Its Original Purpose? », *Climatic Change*, vol. 84, no 1, septembre 2007.

ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ, Paludisme, Aide-mémoire no 94, octobre 2015.

PATZ Jonathan A. et al., « Impact of Regional Climate Change on Human Health », *Nature*, vol. 438, no 7066, novembre 2005.

POST-2015 CONSENSUS, Expert Panel.

POSTDAM INSTITUTE FOR CLIMATE IMPACT RESEARCH et CLIMATE ANALYTICS, *Turn Down the Heat: Why a 4°C Warmer World Must Be Avoided*, Rapport produit pour la Banque mondiale, novembre 2012.

PRENTICE Thomson, « Health, History and Hard Choices: Funding Dilemmas in a Fast-Changing World », présentation dans le cadre de la conférence Health and Philanthropy: Leveraging Change, University of Indiana, août 2006.

REED Stanley, « Britain plans to cut subsidy to renewable energy », *The New York Times*, 22 juillet 2015.

REN21, *Renewables 2015: Global Status Report*, 2015.

SELDEN Thomas M. et SONG Daqing, « Environmental Quality and Development: Is There a Kuznets Curve for Air Pollution Emissions? », *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 27, no 2, septembre 1994.

SHAFIK Nemat, « Economic Development and Environmental Quality: An Econometric Analysis », *Oxford Economic Papers*, New Series, vol. 46, Special Issue on Environmental Economics, octobre 1994.

SHEFFIELD Justin, Eric F. Wood et Michael L. Roderick, « Little Change in Global Drought over the Past 60 Years », *Nature*, vol. 491, no 7424, 15 novembre 2012.

SPIEGEL INTERNATIONAL « Green Revolution? German Brown Coal Power Output Hits New High », 7 janvier 2014.

TOL Richard S. J. et DOWLATABADI Hadi, « Vector Borne Diseases, Development & Climate Change », *Integrated Assessment*, vol. 2, no 4, octobre 2001.

U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION, *European Nations Are Increasing Electricity Generation Using No-Carbon Sources*, 22 septembre 2014.

YAUCH Brady, « Governments rip up renewable contracts », *Financial Post*, 18 mars 2014.

YOHE Gary W., « Mitigative Capacity: The Mirror Image of Adaptive Capacity on the Emissions Side », *Climatic Change*, vol. 49, no 3, mai 2001.



## CONCLUSION

### Pour une approche équilibrée et pragmatique au problème des changements climatiques

La Conférence de Paris constitue un point tournant dans la lutte aux changements climatiques. Parvenir à un accord contraignant, applicable à tous les pays et qui permette effectivement de respecter la cible de 2 °C est sans contredit l'objectif le plus ambitieux depuis les débuts de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques. Si cet objectif est atteint, la mise en œuvre des mesures pour respecter les cibles fixées alimentera les discussions des durant années à venir. Même dans le cas contraire, le débat persistera dans l'arène politique canadienne.

Quel que soit le résultat le 11 décembre, la conversation publique se poursuivra donc et l'on peut souhaiter qu'elle repose sur une bonne compréhension des faits et des données disponibles. L'importance de la lutte aux changements climatiques ne fait pas de doute, et la nier pour éviter la discussion n'est plus possible. Par ailleurs, l'attitude catastrophiste servant à justifier des solutions draconiennes sans égard aux impacts économiques nuit aussi à un dialogue serein. Les Canadiens sont disposés à faire un effort, mais pas à renoncer à leur qualité de vie.

« L'adoption de mesures contraignantes pour lutter contre les changements climatiques s'accompagne inévitablement d'un coût économique à court et moyen terme. »

Cette approche équilibrée est aussi souhaitable dans les politiques publiques adoptées. Bien des moyens sont envisageables pour réduire l'empreinte carbone du Canada. Nous avons analysé les avantages et les inconvénients d'une grande variété d'outils : le marché du carbone, la taxe sur le carbone, les taxes sur l'essence, la réglementation, les subventions... L'apport essentiel de la science économique à la discussion, simple dans son principe, consiste à se baser sur l'analyse avantages-coûts, à prêter une attention particulière aux effets non désirés des politiques publiques et à les évaluer régulièrement.

L'objectif de ce *Cahier de recherche* n'était pas de proposer un plan d'action ou des solutions spécifiques, mais de faire état des approches existantes. Néanmoins, il convient de rappeler ici trois principes indissociables pouvant guider nos choix collectifs :

1. **EFFICACITÉ ENVIRONNEMENTALE** : Les mesures adoptées doivent engendrer de véritables réductions des émissions globales de GES au meilleur prix possible ou, dit autrement, les plus grandes réductions pour un montant donné. Les mécanismes de marché favorisant les décisions décentralisées présentent ainsi un avantage non négligeable.
2. **NEUTRALITÉ FISCALE POUR LES CITOYENS** : Les mesures adoptées doivent inciter les consommateurs et les entreprises à faire des choix qui présentent une moins forte intensité en carbone sans les appauvrir. Cela implique que les mesures qui génèrent des recettes pour les gouvernements devraient s'accompagner d'une diminution équivalente d'autres leviers fiscaux, comme l'impôt sur le revenu des particuliers et l'impôt sur le revenu des sociétés.
3. **IMPACT ÉCONOMIQUE MINIMAL** : Les mesures adoptées doivent limiter les distorsions économiques non désirées, minimiser les fuites de carbone et tenir compte de la compétitivité des entreprises.

Ces trois principes sont directement inspirés de l'approche équilibrée dont il est question ici. Ils permettent de respecter la capacité de payer des citoyens tout en contribuant à la santé de notre planète.

L'adoption de mesures contraignantes pour lutter contre les changements climatiques s'accompagne inévitablement d'un coût économique à court et moyen terme. Penser le contraire n'est pas compatible avec une bonne compréhension du fonctionnement de l'économie. Or, la prospérité économique ne doit pas être négligée pour trois raisons.

Premièrement, ce sont les économies les plus vigoureuses qui peuvent soutenir un important effort de recherche et de développement de solutions technologiques. Qu'elles soient menées au sein des centres de recherche gouvernementaux, des universités ou des entreprises, les recherches actuelles sont porteuses de beaucoup d'espoirs. Dans les décennies à venir, leur potentiel sera mieux apprécié, mais on sait

déjà qu'elles permettront d'atténuer notre impact sur l'environnement sans complètement sacrifier notre confort et notre niveau de vie.

Deuxièmement, la prospérité joue un rôle déterminant dans l'adaptation nécessaire aux changements climatiques inéluctables. Ce sont les pays pauvres qui sont les plus menacés par les conséquences des intempéries et des catastrophes environnementales, principalement en raison de leur pauvreté. Les pays qui s'enrichissent voient notamment le nombre de décès dus aux changements climatiques diminuer de manière très considérable. Sans compter que la prospérité économique s'accompagne d'immenses bénéfices sur le plan de la santé, de l'éducation et des autres indicateurs du développement humain.

Troisièmement, ce sont les populations les plus aisées qui se préoccupent d'environnement et, conséquemment, de lutter contre les changements climatiques. Cette sensibilité populaire n'est pas à négliger puisqu'elle est la principale motivation de bien des politiciens et de nombreuses entreprises.

Pour toutes ces raisons, l'environnement et la prospérité ne sont pas des objectifs contradictoires, si tant est que les choix politiques sont raisonnables. C'est pourquoi il nous apparaît possible et essentiel de lutter contre les changements climatiques avec détermination, mais aussi avec intelligence et rationalité.

## ANNEXE TECHNIQUE

### L'incertitude dans la détermination des politiques publiques de lutte aux changements climatiques

Afin de déterminer les meilleures politiques publiques à adopter sur les changements climatiques, il est nécessaire de bien comprendre les conclusions scientifiques des experts. L'acquisition de connaissances scientifiques étant un processus long, rigoureux et en constante évolution, ces conclusions sont toujours teintées de marges d'erreur et d'incertitude. Cela ne signifie pas que les conclusions des scientifiques sont fausses, mais plutôt qu'elles sont perfectibles et qu'elles deviendront plus précises au fil des découvertes.

D'un point de vue économique, il est primordial d'évaluer les impacts des changements climatiques. Une fois ces impacts quantifiés, il est alors possible de comparer les coûts économiques et sociaux des politiques proposées aux bénéfices résultant des changements climatiques évités. Selon la théorie économique, la politique d'atténuation de GES idéale est celle qui minimise la somme de la valeur actuelle des coûts nets d'atténuation et des dommages résultant des changements climatiques futurs<sup>235</sup>.

#### Les six étapes des projections scientifiques

Ce calcul n'est cependant pas simple à effectuer. Pour y parvenir, scientifiques et économistes se servent de modèles d'évaluation intégrée, qui intègrent les modèles climatologiques aux modèles socioéconomiques. Ceux-ci nous permettent de calculer les dommages totaux causés par les changements climatiques, le coût des politiques d'atténuation et le coût social du carbone. Les plupart des modèles comportent des hypothèses sur les six étapes suivantes, comme l'illustre le Tableau A-1<sup>236</sup>.

### Étape 1. Projections des émissions de GES

En premier lieu, il est nécessaire d'élaborer différents scénarios d'émissions de GES. L'élaboration de ces scénarios requiert des hypothèses sur les différents facteurs affectant les émissions de GES, mis en relation par l'identité de Kaya, expliquée au Chapitre 3. Outre ceux

influençant la croissance du produit intérieur brut comme les tendances démographiques, il est aussi nécessaire d'émettre des hypothèses sur l'intensité en carbone (quantité de GES émise par unité d'énergie produite) et l'intensité énergétique (énergie primaire utilisée par unité de PIB). L'évolution des technologies vertes peut aussi jouer sur ces facteurs. Les prédictions obtenues doivent s'étendre sur plusieurs décennies, voire quelques siècles<sup>237</sup>. Sachant que les projections socioéconomiques sont rarement réalistes sur des périodes de plus de 10 ans, de telles projections à long terme comportent toujours une grande marge d'erreur<sup>238</sup>.

### Étape 2. Taux de concentration atmosphérique de GES selon les différents scénarios

Une fois les scénarios d'émissions établies, il faut ensuite déterminer le taux de concentration atmosphérique qui en résulte. Il est difficile de modéliser ce taux puisque des « puits de carbone » tels que les océans, la végétation et les sols absorbent une partie des émissions<sup>239</sup>. Une de ces difficultés provient du fait que les taux d'absorption passés des océans ne nous permettent pas de déterminer les taux pour les prochaines années puisque les océans sont des puits ayant une limite, c'est-à-dire qu'ils seront saturés à un certain moment<sup>240</sup>.

Dans son dernier rapport, le GIEC établit quatre « scénarios RCP » (Representative concentration pathways) qui sont représentatifs des simulations basées sur deux éléments : l'évolution des émissions de GES et les taux de concentration atmosphérique de CO<sub>2</sub> qui y sont associés au cours du 21<sup>e</sup> siècle.

235. William D. Nordhaus, « An optimal transition path for controlling greenhouse gases », *Science*, vol. 258, no 5086, novembre 1998, p. 1315-1319.

236. Les éléments 2 et 3 sont estimés à partir de modèles climatologiques, tandis que les éléments 1, 4, 5 et 6 le sont à partir de modèles socioéconomiques. Voir Robert S. Pindyck, « Climate change policy: what do the models tell us », *Journal of Economic Literature*, vol. 5, no 3, septembre 2013, p. 860-872.

237. À titre d'exemple, l'horizon temporel pour le *Stern Review of the economics of climate change* est de 200 ans. Voir Nicholas Stern, *The Economics of Climate Change: The Stern Review*, Cambridge University Press, 2007, p. 202.

238. Irene Lorenzoni et W. Neil Adger, « Critique of Treatments of Adaptation Costs in PAGE and FUND Models », dans Rachel Warren et al. (dir.), *Spotlighting Impacts Functions in Integrated Assessment Models: Research Report Prepared for the Stern Review on the Economics of Climate Change*, Tyndall Centre for Climate Change Research, Working Paper 91, 2006, p. 74; Frans Berkhout et Julia Hertin, « Socio-economic scenarios for climate impact assessment », *Global Environmental Change*, vol. 10, no 3, octobre 2000, p. 165-168.

239. Philippe Ciais et al., « Carbon and Other Biogeochemical Cycles », dans Thomas F. Stocker et al. (dir.), *Climate Change 2013: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, GIEC, 2013, p. 468.

240. William D. Nordhaus et Joseph Boyer, *Roll the Dice Again: Economic Models of Global Warming*, MIT Press, 1999.

Tableau A-1

## Étapes pour déterminer les coûts des politiques proposées et les bénéfices résultant des changements climatiques évités

| ÉTAPES LOGIQUES                                                                                                    | HYPOTHÈSES À POSER                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | FACTEURS D'INCERTITUDE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1<br>Projections des émissions de GES                                                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quelle sera la croissance économique?</li> <li>• Quelle sera la croissance démographique?</li> <li>• Quelle sera l'évolution de l'intensité énergétique de l'activité économique?</li> <li>• Quelle sera l'évolution de l'intensité en carbone?</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Projection de l'économie mondiale à très long terme</li> <li>• Possibles changements dans les tendances démographiques</li> <li>• Multiplicité des facteurs de l'intensité en carbone, de l'intensité énergétique</li> <li>• Évolution difficile à prévoir des énergies vertes</li> </ul>                                                                                                                                                                                   |
| 2<br>Taux de concentration atmosphérique de GES selon les scénarios                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quel est le taux d'absorption des puits de carbone (végétation, océans, sols)?</li> <li>• La saturation relative des océans ralentit-elle leur absorption de GES?</li> <li>• Quel sera le niveau des efforts mondiaux de réduction des émissions (en lien avec la première étape)?</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les hypothèses précédentes</li> <li>• Saturation des puits de carbone limités (océans)</li> <li>• Capacité d'absorption des autres puits de carbone (végétation, sols)</li> <li>• Scénarios RCP du GIEC</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 3<br>Changements de température résultant d'une augmentation de la concentration atmosphérique de CO <sub>2</sub>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quelle est la sensibilité du climat à l'équilibre, soit sa réaction aux GES, dont le doublement du CO<sub>2</sub>?</li> <li>• Quels sont les effets de rétroaction? Sont-ils globalement positifs (renforce le réchauffement)?</li> <li>• Quelle est l'ampleur de chacun de ces effets?</li> <li>• Comment le réchauffement global se traduira-t-il dans chaque région?</li> </ul>                                                                                                                                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les hypothèses précédentes</li> <li>• Sensibilité entre 1,5 et 4,5</li> <li>• Incertitude accrue depuis le 4<sup>e</sup> rapport d'évaluation</li> <li>• Incohérences entre les données empiriques et les modèles climatologiques</li> <li>• Effet de la vapeur d'eau, des nuages, effet albédo des glaces et autres surfaces, etc.</li> <li>• Effets régionaux, courants marins, etc.</li> </ul>                                                                           |
| 4<br>Les dommages socioéconomiques associés à la hausse de température                                             | <p>Méthode énumérative :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quels effets inclure?</li> <li>• Quels estimés de chaque effet?</li> <li>• L'adaptation change-t-elle les résultats?</li> </ul> <p>Méthode statistique :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les effets du climat sont-ils bien reflétés par le niveau de bien-être (revenus et consommation)?</li> <li>• L'adaptation est-elle bien intégrée?</li> <li>• Quelle valeur accorder à la biodiversité et à d'autres effets difficiles à quantifier?</li> <li>• Probabilité des catastrophes extrêmes?</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les hypothèses précédentes</li> <li>• Élévation du niveau des mers</li> <li>• Fonte des glaces</li> <li>• Effets nets sur l'agriculture (variation de climat et effet fertilisant du CO<sub>2</sub>)</li> <li>• Effets sur les autres industries</li> <li>• La capacité d'adaptation des sociétés</li> <li>• Les technologies futures</li> <li>• Présence d'effets difficiles à quantifier</li> <li>• Probabilité non nulle de catastrophes climatiques extrêmes</li> </ul> |
| 5<br>Les coûts économiques résultant des politiques de réduction des GES                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quelles options de remplacement choisiront les entreprises et les individus?</li> <li>• Quels progrès technologiques émergeront en réponse aux politiques de réduction?</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les hypothèses précédentes</li> <li>• Réactions des agents économiques</li> <li>• Nouvelles technologies (énergies renouvelables)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 6<br>Taux d'actualisation utilisé pour comparer les dommages évités aux coûts des politiques d'atténuation des GES | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quel taux d'actualisation choisir (et quel taux de préférence intertemporelle)?</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les hypothèses précédentes</li> <li>• Choix du taux d'actualisation (dont le taux de préférence intertemporelle)</li> <li>• Sensibilité des modèles au choix du taux d'actualisation</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                             |

**Note :** Ce tableau résume cette annexe. Voir les sources correspondantes à chacune des étapes.

Tableau A-2

**Caractéristiques des différents RCP**

| NOM DU RCP | EFFORTS DE RÉDUCTION DE GES | CONCENTRATION ATMOSPHÉRIQUE DE CO <sub>2</sub> EN 2100 (PARTIES PAR MILLION) | CONCENTRATION ATMOSPHÉRIQUE DE CO <sub>2</sub> E EN 2100 (PARTIES PAR MILLION) |
|------------|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| RCP2.6     | Rigoureux                   | 421                                                                          | 475                                                                            |
| RCP4.5     | Intermédiaires              | 538                                                                          | 630                                                                            |
| RCP6.0     | Intermédiaires              | 670                                                                          | 800                                                                            |
| RCP8.5     | Aucun                       | 936                                                                          | 1313                                                                           |

**Source :** Lisa V. Alexander et al., « Résumé à l'intention des décideurs », dans Stocker T.F et al. (dir.), *Changements climatiques 2013 : Les éléments scientifiques, Contribution du Groupe de travail I au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*, GIEC, 2013, p. 29.

Les quatre RCP représentent des scénarios d'émissions de GES qui varient en fonction d'une modélisation des niveaux d'efforts mondiaux consacrés à l'atténuation des émissions de GES. Les taux de concentration atmosphérique de CO<sub>2</sub> et de CO<sub>2</sub>e associés aux différents RCP à la fin du 21<sup>e</sup> siècle varient selon l'intensité des politiques d'atténuation, comme le montre le Tableau A-2.

### Étape 3. Changements de température résultant d'une augmentation de la concentration atmosphérique de CO<sub>2</sub>

L'augmentation de la température de l'atmosphère terrestre suite à une augmentation du taux de concentration atmosphérique de CO<sub>2</sub> est estimée par la sensibilité du climat à l'équilibre. Celle-ci est « un indicateur de la réponse du système climatique à un forçage radiatif constant » et représente « le réchauffement moyen à l'équilibre à la surface du globe sous l'effet d'un doublement de la concentration de CO<sub>2</sub> »<sup>241</sup>. La sensibilité du climat à l'équilibre est donc un élément central en ce qui a trait à l'élaboration de politiques publiques concernant les changements climatiques puisque les variations de températures déterminent les dommages futurs sur l'humain et la biodiversité.

Le niveau de la sensibilité est une variable dont la valeur exacte demeure toujours inconnue et dont le niveau d'incertitude a grimpé lors de la dernière décennie. L'incertitude quant au niveau de sensibilité à utiliser est

illustrée par les différences entre les deux derniers rapports du GIEC de 2007 et de 2013. Le quatrième rapport du GIEC, paru en 2007, évaluait que la sensibilité se trouvait entre 2 et 4,5 °C, avec une estimation plus probable de 3 °C (c'est-à-dire qu'une concentration atmosphérique de CO<sub>2</sub> deux fois plus élevée entraîne une augmentation de la température de 3 °C)<sup>242</sup>. Le cinquième rapport du GIEC, paru en 2013, propose un intervalle plus large, soit de 1,5 à 4,5 °C, mais sans estimation la plus probable<sup>243</sup>.

Le GIEC n'est pas en mesure de fournir l'estimation la plus probable en raison du « manque de cohérence parmi les valeurs provenant de divers éléments évalués et diverses études »<sup>244</sup>. Ce manque de cohérence s'explique par la divergence entre les estimations des données empiriques et celles provenant des modèles climatologiques. Ces derniers ont d'ailleurs surestimé la hausse des températures pendant les vingt dernières années, marquées par une pause du réchauffement global. Pour la période 1998-2012, la moyenne d'un échantillon de 117 simulations provenant de 37 modèles a surestimé de plus de quatre fois la hausse de température observée.<sup>245</sup> Selon le GIEC, 111 des 114 modèles

242. *Ibid.*

243. Mark C. Freeman et al., « Climate Sensitivity Uncertainty: When is Good News Bad? », National Bureau of Economic Research Working Paper 20900, janvier 2015.

244. Lisa V. Alexander et al., « Résumé à l'intention des décideurs », dans Thomas F. Stocker et al. (dir.), *Changements climatiques 2013 : Les éléments scientifiques, Contribution du Groupe de travail I au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*, GIEC, 2013, p. 14.

245. John C. Fyfe et al., « Overestimated global warming over the past 20 years », *Nature Climate Change*, vol. 3, no 9, septembre 2013.

241. GIEC, *IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007*, 2.3 Sensibilité du climat et rétroactions.



disponibles ont surévalué la température tendancielle sur la même période<sup>246</sup>. Cela ne signifie pas que la température moyenne ne suit pas une tendance à la hausse, mais peut constituer un indice de surévaluation de la sensibilité du climat à l'équilibre par les modèles, ce qui reste encore à confirmer.

La difficulté à établir une estimation de la sensibilité provient des effets de rétroaction. Il est reconnu que le doublement de la concentration atmosphérique de CO<sub>2</sub> entraîne une hausse directe de la température d'environ 1,2 °C<sup>247</sup>. Or, les estimations de la sensibilité se trouvent dans un intervalle plus élevé que 1,2 °C (de 1,5 à 4,5 °C). Les scientifiques estiment donc qu'à la suite d'une augmentation de la concentration atmosphérique de CO<sub>2</sub>, des effets amplifieront le réchauffement direct initial. C'est ce qu'on nomme un effet de rétroaction positif.

Les changements dans la quantité de vapeur d'eau découlant des concentrations de CO<sub>2</sub> plus élevées représentent la rétroaction positive la plus connue, tandis que l'effet de rétroaction des nuages représente la plus grande source d'incertitude<sup>248</sup>. Cette incertitude est bien illustrée par une étude présentée dans le cadre du quatrième rapport du GIEC, qui fait varier la sensibilité du climat à l'équilibre de 1,9 à 5,4 °C, et ce, seulement en altérant les propriétés radiatives des nuages<sup>249</sup>.

#### Étape 4. Les dommages socioéconomiques associés à la hausse de température<sup>250</sup>

Une fois la sensibilité du climat à l'équilibre déterminée, il est possible d'estimer le réchauffement découlant des différents scénarios de concentration de GES dans l'atmosphère. La prochaine étape consiste à estimer les dommages socioéconomiques correspondant. Ces derniers se mesurent en perte de PIB ou de consommation pour les générations futures.

Deux méthodes sont généralement utilisées pour quantifier ces dommages, soit la méthode énumérative et la méthode statistique. La méthode énumérative se base sur les estimés des recherches dans les différents domaines des sciences naturelles mesurant les impacts des variations de température sur l'environnement. On attribuera ensuite une valeur économique à l'impact environnemental en question. Par exemple, l'augmentation du niveau des mers entraînera des pertes de terres habitables et cultivables et nécessitera la construction de digues supplémentaires, qui sont des variables possédant une valeur marchande. La valeur des ressources utilisées pour la protection des côtes et des terres perdues par l'augmentation du niveau des mers sera additionnée aux impacts sur les autres secteurs économiques affectés, tels l'énergie, l'agriculture, la foresterie, le tourisme, etc. On doit ensuite assigner une valeur à certains effets qui n'ont pas de valeur marchande, comme la santé humaine ou la disparition d'espèces animales et végétales.

La méthode statistique quantifie les dommages socioéconomiques, mais sans faire référence à la littérature des sciences naturelles. Pour cette méthode, on se base uniquement sur la relation observée entre les variations de climat et le bien-être, ce qui présuppose que l'évolution du climat est entièrement reflétée dans l'évolution des revenus et de la consommation.

Aucune de ces deux méthodes n'est parfaite. Une variable de l'évaluation des dommages causés par les changements climatiques, mais qui n'est pas totalement intégré dans les modèles d'évaluation intégrée est la capacité d'adaptation des populations aux variations climatiques, qui varie de façon positive avec le développement économique et technologique. Les modèles se basant sur la méthode énumérative négligent le fait que les différents agents économiques vont réagir et s'adapter aux changements physiques causés par les variations du climat, et ainsi atténuer l'ampleur des dommages potentiels. Au contraire, ceux se basant sur la méthode statistique prennent implicitement en compte la capacité d'adaptation. Cependant, l'adaptation prise en compte est souvent conditionnée par les technologies existantes aujourd'hui, ce qui vient considérablement surestimer les dommages socioéconomiques causés par les changements climatiques<sup>251</sup>.

À l'inverse, les modèles ne prennent pas en compte certains impacts difficilement quantifiables, mais qui demeurent relativement petits par rapport aux dommages

246. GIEC, « Observed Changes and their Causes », dans Rajendra K. Pachauri et al. (dir.), *Climate Change 2014: Synthesis Report, Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 2014, p. 43.

247. David A. Randall et al., « Climate Models and Their Evaluation », dans Susan Solomon et al. (dir.), *Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, GIEC, 2007, p. 631.

248. GIEC, op. cit., note 241.

249. Hervé Le Treut et al., « Historical Overview of Climate Change », dans Susan Solomon et al. (dir.), *Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, GIEC, 2007, p. 114.

250. Les idées de cette section proviennent majoritairement de Richard S. J. Tol, « The Economic Effects of Climate Change », *Journal of Economic Perspectives*, vol. 23, no 2, 2009.

251. Indur M. Goklany, « What to Do about Climate Change », *Policy Analysis* no 609, Cato Institute, 5 février 2008, p. 6.

totaux. Selon la majorité des experts, ces omissions sous-estiment quelque peu les dommages totaux des modèles<sup>252</sup>.

De plus, la majorité des modèles ne tiennent pas compte d'une probabilité non nulle d'une perte de bien-être globale substantielle suite à des catastrophes climatiques extrêmes. Ici, on sous-estime encore une fois les dommages causés par les changements climatiques. Les quelques modèles tenant compte de tels risques accordent probablement une probabilité trop faible à leur réalisation<sup>253</sup>.

## Étape 5. Les coûts économiques résultant des politiques de réductions de GES

Les politiques de réduction de GES entraîneront inévitablement des coûts économiques. Les entreprises devront recourir à des solutions de rechange plus coûteuses afin de limiter leurs émissions de GES. La diminution de l'activité économique et les prix plus élevés qui en découleront auront un impact sur le PIB et la consommation. Le progrès technologique permet toutefois de diminuer le coût de transition vers des énergies moins intensive en carbone, comme l'illustre la diminution du coût des énergies renouvelables au cours de la dernière décennie<sup>254</sup>.

Les hypothèses sur l'évolution technologique ont un impact non seulement sur les scénarios d'émissions, et donc sur les taux de concentration atmosphérique des GES, mais aussi sur les coûts économiques d'une transition accélérée vers une économie sans carbone.

On le voit, cette étape du calcul comporte moins d'incertitude que les autres.

## Étape 6. Taux d'actualisation utilisé pour comparer les dommages évités aux coûts des politiques d'atténuation de GES

Pour être en mesure d'adopter les politiques publiques les plus appropriées pour limiter les dommages causés par les changements climatiques, il est primordial de comparer le coût des politiques d'atténuation avec les

bénéfices tirés de la réduction des émissions de GES, afin de s'assurer que les coûts ne surpassent pas les bénéfices. Idéalement, on devrait adopter des politiques d'atténuation jusqu'au point où le coût marginal de réduction d'une tonne de GES est égal au bénéfice marginal de la tonne de GES évitée.

La difficulté de cet exercice tient au fait que les bénéfices associés à la réduction de GES seront récoltés par des citoyens des générations futures tandis que le coût des politiques d'atténuation sera supporté par les présentes générations. En tenant compte du fait que la consommation présente est toujours plus valorisée que la consommation future, on utilise un taux d'escompte positif. Cependant, le fait de comparer la consommation des générations présentes à celle de générations qui ne sont pas encore nées soulève des considérations éthiques, qui sont largement utilisées pour justifier un taux d'escompte plus faible que pour des horizons relativement plus courts. L'économiste Martin Weitzman de l'université Harvard caractérise d'ailleurs l'actualisation du futur lointain comme le problème le plus critique de la science économique<sup>255</sup>.

L'importance du taux d'escompte utilisé s'illustre bien avec le calcul du coût social du carbone qui représente l'impact marginal des émissions de GES. La connaissance de ce coût rend possible l'adoption de politiques qui permettent l'internalisation des externalités négatives liées aux activités émettrices de carbone.

Les différentes estimations du coût social du carbone sont extrêmement divergentes et reposent essentiellement sur le taux d'escompte utilisé, un problème controversé auquel on n'a toujours pas trouvé de solution selon William Nordhaus, économiste de l'Université Yale<sup>256</sup>. Afin de déterminer quelle réglementation environnementale a des effets positifs, le gouvernement américain a mandaté un groupe de travail composé de plusieurs experts pour calculer ce coût. En 2007, en utilisant un taux d'actualisation de 3 %, ils sont arrivés à un résultat de 24 \$ par tonne de CO<sub>2</sub> pour l'année 2015. Lors de la mise à jour de l'étude, ce coût a été révisé à la hausse à 37 \$. Cette mise à jour illustre d'ailleurs l'influence du taux d'escompte utilisé. En calculant le coût

252. Douglas J. Arent et al., « Key Economic Sectors and Services », dans Christopher B. Field et al. (dir.), *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, GIEC, 2014, p. 690.

253. Martin Weitzman, « Some Basic Economics of Climate Change », dans Jean-Philippe Touffut (dir.), *Changing Climate, Changing Economy*, Edward Elgar, 2009.

254. Agence internationale de l'énergie, *Tracking Clean Energy Progress 2015*, 2015, p. 20.

255. Moritz Drupp et al., *Discounting disentangled: an expert survey on the determinants of the long-term social discount rate*, Centre for Climate Change Economics and Policy, Working Paper no 195, juin 2015.

256. William Nordhaus, *Estimates of the Social Cost of Carbon: Background and Results from the Rice-2011 Model*, Cowles Foundation for Research in Economics, Discussion Paper no 1826, Yale University, octobre 2011.

social du carbone pour l'année 2050, les auteurs obtiennent un estimé de 26 \$ avec un taux d'escompte de 5 %, mais de 97 \$ avec un taux d'escompte de 2,5 %<sup>257</sup>.

Le degré de sensibilité du coût social du carbone au taux d'escompte utilisé est aussi bien illustré par une revue de littérature recensant 311 estimations. Le coût moyen est de 5 \$ par tonne de CO<sub>2</sub> pour un taux de préférence intertemporelle<sup>258</sup> de 3 % comparativement à 75 \$ pour un taux de 0 %<sup>259</sup>. Il est donc très difficile de déterminer parmi toutes ces estimations laquelle est la plus appropriée.

### Une forte dose d'incertitude

On le voit, les démarches des économistes du climat pour déterminer le coût social du carbone sont caractérisées par une forte dose d'incertitude. Cela est d'autant plus vrai que les marges d'erreur à chaque étape du calcul démultiplient l'incertitude associée à toutes les autres étapes. Par exemple, dans le calcul des dommages causés par les changements climatiques, l'écart-type de l'impact économique en termes de perte de PIB n'inclut pas toute l'incertitude associée aux étapes précédentes<sup>260</sup>.

L'économiste Robert Pindyck de l'université MIT se montre d'ailleurs très critique envers les modèles d'évaluation intégrée. Il affirme que ces derniers donnent une « impression de précision et de connaissance qui est illusoire », que les hypothèses associant les changements climatiques aux pertes économiques sont arbitraires. Ainsi, les modèles sont presque sans valeur pour déterminer le coût social du carbone et les politiques publiques à adopter, selon lui<sup>261</sup>. Martin Weitzman affirme pour sa part que l'incertitude associée aux changements climatiques fait en sorte que les analyses coûts-bénéfices dérivées des modèles sont loin d'atteindre le degré de précision des analyses coûts-bénéfices traditionnelles<sup>262</sup>.

### Résultats des analyses coûts-bénéfices

Bien que les effets associés aux changements climatiques dérivés des modèles d'évaluation intégrée soient hautement incertains, ils représentent les meilleures estimations disponibles et devraient, à tout le moins, servir de ligne directrice pour l'adoption de politiques publiques.

Le dernier rapport du GIEC compile les résultats des modèles d'évaluation intégrée de différentes études ayant quantifié les dommages socioéconomiques associés aux changements climatiques. Malheureusement, très peu d'études quantifient les dommages associés à des hausses supérieures à 3 °C par rapport à aujourd'hui. La majorité des études mesurent l'impact d'une hausse de température de 2,2 à 3 °C. Par exemple, pour les études estimant un réchauffement de 2,5 °C, la moyenne des estimations des dommages causés est de 1,1 % en termes de perte de PIB<sup>263</sup>. Bien qu'il n'y ait pas d'horizon temporel associé à ces hausses de température, il est généralement accepté que ces études mesurent les impacts économiques d'ici la fin du 21<sup>e</sup> siècle<sup>264</sup>. Pour sa part, l'OCDE estime que le PIB serait diminué de 0,7 à 2,5 % en 2060 et de 1,5 à 4,8 % à la fin du siècle<sup>265</sup>.

Le coût économique associé à une stabilisation des concentrations atmosphérique de GES à 430-480 parties par million de CO<sub>2</sub>e – stabilisation nécessaire pour avoir plus de 66 % de chance de respecter la limite de 2 °C – équivaut à une perte de consommation de 4,8 % en 2100 selon le GIEC<sup>266</sup>.

Sur la base de ces chiffres, nous pourrions être tentés de conclure que le coût économique des politiques d'atténuation sera aussi élevé que les bénéfices qu'on pense tirer d'une température globale moins élevée. Cependant, les estimations des coûts des politiques d'atténuation du GIEC sont basées sur le scénario le moins coûteux, soit celui d'un prix unique sur le carbone imposé à l'échelle mondiale. Étant donnée les difficultés de réconcilier les intérêts des pays riches et ceux des pays en développement (voir Chapitre 1), il est peu probable que ce soit le cas. William Nordhaus a d'ailleurs

257. En dollars US de 2007. Interagency Working Group on Social Cost of Carbon, *Technical Support Document: Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis*, Executive Order 12866, février 2010, p. 1; Interagency Working Group on Social Cost of Carbon, *Technical Update of the Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis*, Executive Order 12866, mai 2013, p. 3.

258. Le taux de préférence intertemporelle est une composante du taux d'escompte.

259. Richard S. J. Tol, « The social cost of carbon », *The Annual Review of Resource Economics*, vol. 3, octobre 2011, p. 432. Les valeurs trouvées par l'auteur sont de 19 \$ et de 276 \$ par tonne de carbone. On obtient l'équivalent en tonne de CO<sub>2</sub> en multipliant ces nombres par 0,2727.

260. *Ibid.*, p. 425.

261. Robert S. Pindyck, « The Use and Misuse of Models for Climate Policy », NBER Working Paper no 20900, avril 2015.

262. Martin Weitzman, *op. cit.*, note 253.

263. Richard S. J. Tol et al., « Key Economic Sectors and Services: Supplementary Material », dans Field, C.B. et al. (dir.), *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Part A: Global and Sectoral Aspects, Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, GIEC, 2013, p. SM10-4.

264. Richard S. J. Tol, *op. cit.*, note 250, p. 44.

265. Rob Dellink et al., « Consequences of Climate Change Damages for Economic Growth: A Dynamic Quantitative Assessment », OECD Economics Department Working Papers no 1135, 2014, p. 3.

266. Ottmar Edenhofer et al., « Summary for Policymakers », dans Ottmar Edenhofer et al. (dir.), *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change, Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, GIEC, 2014, p. 15.

calculé qu'advenant la participation de seulement 50 % des pays, les coûts économiques associés à la taxe seraient 250 % plus élevés par rapport à une taxe optimale<sup>267</sup>. De plus, le GIEC base son estimation sur des hypothèses très fortes sur la disponibilité à grande échelle de certaines technologies, comme la capture et la séquestration du carbone. Le GIEC reconnaît d'ailleurs qu'en l'absence de cette technologie, le coût de l'atténuation des GES pourrait augmenter de 138 %<sup>268</sup>.

Ces fortes hypothèses, combinées à la forte capacité d'adaptation des êtres humains, portent à croire que les efforts de réduction de GES pour limiter l'augmentation de la température à 2 °C seront fort probablement plus coûteux que les bénéfices. Néanmoins, cela ne constitue pas une raison pour ne pas agir. Le manque d'études mesurant les impacts d'une hausse supérieure à 3 °C – ce qui sous-estime assurément le poids accordé aux possibilités de catastrophes irréversibles – peut justifier l'adoption de politiques d'atténuation.

Dans cette perspective, il est approprié de supporter le coût des politiques de mitigation au même titre qu'il est logique de s'assurer dans la vie courante contre des événements dont la probabilité de réalisation est faible, mais dont l'occurrence entraînerait des dommages considérables, tel un incendie du domicile familial<sup>269</sup>. On entre toutefois là dans une toute autre discussion.

Il serait cependant très judicieux que le discours politique prenne en considération l'ensemble des bénéfices et des coûts liés aux changements climatiques et intègre les derniers développements de la science économique. Le *Stern Review*, fortement critiqué pour sa surévaluation des dommages causés par les changements climatiques et son choix d'un taux d'actualisation de zéro (voir Chapitre 2), arrive à la conclusion qu'on doit stabiliser la concentration atmosphérique de GES à 500-550 parties par million de CO<sub>2</sub>e<sup>270</sup>. Depuis, les estimations des dommages dus aux changements climatiques ont été réduits au fur et à mesure que la recherche économique sur cette question s'améliorait<sup>271</sup>.

En somme, le niveau de concentration atmosphérique de GES optimal – toujours basé sur une taxe sur le carbone imposé à l'échelle planétaire – serait d'environ 550 parties par million de CO<sub>2</sub>e pour un taux de préférence

intertemporelle de 1 % et de 625 pour un taux de préférence intertemporelle de 3 %<sup>272</sup>. La Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, lors de la Conférence des parties de Copenhague en 2009, a plutôt retenu la cible du 2 °C et une concentration atmosphérique d'environ 450 parties par million de CO<sub>2</sub>e.

## Bibliographie

ALEXANDER Lisa V. et al., « Résumé à l'intention des décideurs », dans Stocker T.F et al. (dir.), *Changements climatiques 2013 : Les éléments scientifiques, Contribution du Groupe de travail I au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*, GIEC, 2013.

AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE, *Tracking Clean Energy Progress 2015*, 2015.

ARENT Douglas J. et al., « Key Economic Sectors and Services », dans Christopher B. Field et al. (dir.), *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, GIEC, 2014.

BERKHOUT Frans et HERTIN Julia, « Socio-economic scenarios for climate impact assessment », *Global Environmental Change*, vol. 10, no 3, octobre 2000.

CIAIS Philippe et al., « Carbon and Other Biogeochemical Cycles », dans Thomas F. Stocker et al. (dir.), *Climate Change 2013: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, GIEC, 2013.

DELLINK Rob et al., « Consequences of Climate Change Damages for Economic Growth: A Dynamic Quantitative Assessment », OECD Economics Department Working Papers no 1135, 2014.

DRUPP Moritz et al., *Discounting disentangled: an expert survey on the determinants of the long-term social discount rate*, Centre for Climate Change Economics and Policy, Working Paper no 195, juin 2015.

EDENHOFER Ottmar et al., « Summary for Policymakers », dans Ottmar Edenhofer et al. (dir.), *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change, Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, GIEC, 2014.

FREEMAN Mark C. et al., « Climate Sensitivity Uncertainty: When is Good News Bad? », National Bureau of Economic Research Working Paper 20900, janvier 2015.

FYFE John C. et al., « Overestimated global warming over the past 20 years », *Nature Climate Change*, vol. 3, no 9, septembre 2013.

GOKLANY Indur M., « What to Do about Climate Change », Policy Analysis no 609, Cato Institute, 5 février 2008.

267. William D. Nordhaus, *A Question of Balance: Weighing the Options on Global Warming Policies*, Yale University Press, 2008, p. 19.

268. Ottmar Edenhofer, *op. cit.*, note 266.

269. Martin Weitzman, *op. cit.*, note 253; Robert S. Pindyck, *op. cit.*, note 236, p. 16.

270. Nicholas Stern, *op. cit.*, note 237, « Summary of conclusions ».

271. Robert Mendelsohn, « Climate Change and Economic Growth », Commission on Growth and Development, Working Paper no 60, 2009, p. 10-11.

272. Richard S. J. Tol, « Targets for global policy: An overview », *Journal of Economic Dynamic and Control*, vol. 37, no 5, 2013, p. 918.



GIEC, *IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007*, 2.3 Sensibilité du climat et rétroactions.

GIEC, « Observed Changes and their Causes », dans Rajendra K. Pachauri et al. (dir.), *Climate Change 2014: Synthesis Report, Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 2014.

INTERAGENCY WORKING GROUP ON SOCIAL COST OF CARBON, *Technical Support Document: Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis*, Executive Order 12866, février 2010.

INTERAGENCY WORKING GROUP ON SOCIAL COST OF CARBON, *Technical Update of the Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis*, Executive Order 12866, mai 2013.

LE TREUT Hervé et al., « Historical Overview of Climate Change », dans Susan Solomon et al. (dir.), *Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, GIEC, 2007.

LORENZONI Irene et ADGER W. Neil, « Critique of Treatments of Adaptation Costs in PAGE and FUND Models », dans Rachel Warren et al. (dir.), *Spotlighting Impacts Functions in Integrated Assessment Models: Research Report Prepared for the Stern Review on the Economics of Climate Change*, Tyndall Centre for Climate Change Research, Working Paper 91, 2006.

MENDELSON Robert, « Climate Change and Economic Growth », Commission on Growth and Development, Working Paper no 60, 2009.

NORDHAUS William D., « An optimal transition path for controlling greenhouse gases », *Science*, vol. 258, no 5086, novembre 1998.

NORDHAUS William D., *A Question of Balance: Weighing the Options on Global Warming Policies*, Yale University Press, 2008.

NORDHAUS William D., *Estimates of the Social Cost of Carbon: Background and Results from the Rice-2011 Model*, Cowles Foundation for Research in Economics, Discussion Paper no 1826, Yale University, octobre 2011.

NORDHAUS William D. et BOYER Joseph, *Roll the Dice Again: Economic Models of Global Warming*, MIT Press, 1999.

PINDYCK Robert S., « Climate change policy: what do the models tell us », *Journal of Economic Literature*, vol. 5, no 3, septembre 2013.

PINDYCK Robert S., « The Use and Misuse of Models for Climate Policy », NBER Working Paper no 20900, avril 2015.

RANDALL David A. et al., « Climate Models and Their Evaluation », dans Susan Solomon et al. (dir.), *Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, GIEC, 2007.

STERN Nicholas, *The Economics of Climate Change: The Stern Review*, Cambridge University Press, 2007.

TOL Richard S. J., « Targets for Global Policy: An Overview », *Journal of Economic Dynamic and Control*, vol. 37, no 5, 2013.

TOL Richard S. J., « The Economic Effects of Climate Change », *Journal of Economic Perspectives*, vol. 23, no 2, 2009.

TOL Richard S. J., « The Social Cost of Carbon », *The Annual Review of Resource Economics*, vol. 3, octobre 2011.

TOL Richard S. J. et al., « Key Economic Sectors and Services: Supplementary Material », dans Field, C.B. et al. (dir.), *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Part A: Global and Sectoral Aspects, Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, GIEC, 2013.

WEITZMAN Martin, « Some Basic Economics of Climate Change », dans Jean-Philippe Touffut (dir.), *Changing Climate, Changing Economy*, Edward Elgar, 2009.







# À PROPOS DES AUTEURS



## **YOURI CHASSIN**

Youri Chassin est économiste et directeur de la recherche à l'Institut économique de Montréal. Il est titulaire d'une maîtrise en sciences économiques de l'Université de Montréal. Auparavant, il a été analyste économique au Conseil du patronat du Québec (CPQ) et économiste au Centre interuniversitaire de recherche en analyse des organisations (CIRANO). Son intérêt pour les politiques publiques remonte à son passage à l'université pendant lequel il a œuvré à la Fédération étudiante universitaire du Québec (FEUQ), au Conseil permanent de la jeunesse et à Force Jeunesse. Dans ses fonctions actuelles, il a signé de nombreuses publications sur les finances publiques, les politiques énergétiques, la fiscalité et le marché du travail. Il s'est joint à l'équipe de l'IEDM en novembre 2010.



## **GUILLAUME TREMBLAY**

Guillaume Tremblay est économiste à l'Institut économique de Montréal. Il est titulaire d'une maîtrise en économie appliquée ainsi que d'un baccalauréat en gestion des affaires de HEC Montréal. Il a travaillé comme trader sur le marché des changes pendant près de quatre ans développant ainsi une expertise pour la modélisation du prix des actifs financiers. Il s'est joint à l'équipe de l'IEDM en janvier 2013.



Institut économique de Montréal

910, rue Peel, bureau 600, Montréal QC H3C 2H8  
T 514.273.0969 F 514.273.2581 **iedm.org**

ISBN 978-2-922687-62-0