



**Mise à jour technique des estimations
du coût social des gaz à effet de serre
réalisées par Environnement et
Changement climatique Canada**

Mars 2016

ISBN : 978-0-660-22915-7

N^o de cat. : En14-202/2016F-PDF

À moins d'avis contraire, il est interdit de reproduire le contenu de cette publication, en totalité ou en partie, à des fins de diffusion commerciale sans avoir obtenu au préalable la permission écrite de l'administrateur du droit d'auteur d'Environnement et Changement climatique Canada. Si vous souhaitez obtenir du gouvernement du Canada les droits de reproduction du contenu à des fins commerciales, veuillez demander l'affranchissement du droit d'auteur de la Couronne en communiquant avec :

Environnement et Changement climatique Canada
Centre de renseignements à la population
7^e étage, édifice Fontaine
200, boulevard Sacré-Cœur
Gatineau (Québec) K1A 0H3
Téléphone : 819-997-2800
Ligne sans frais : 1-800-668-6767 (au Canada seulement)
Courriel : ec.enviroinfo.ec@canada.ca

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, représentée par la ministre de l'Environnement et du Changement climatique, 2016

Also available in English

Résumé

Le gouvernement du Canada exige que les ministères et les organismes gouvernementaux effectuent une analyse coûts-avantages des propositions de réglementation dans le cadre de leurs résumés de l'étude d'impact de la réglementation (REIR). Lors de l'examen de règlements qui auraient un impact sur les émissions de gaz à effet de serre, il est nécessaire de définir une valeur monétaire appropriée des avantages (ou des coûts) des conséquences de la réduction (ou de l'augmentation) des émissions de gaz à effet de serre (GES) au chapitre de la modification de l'impact sur les changements climatiques.

Les changements climatiques sont un problème mondial. C'est le cas autant sur le plan des causes des changements climatiques que de leur impact. Par conséquent, un point de vue mondial est essentiel pour évaluer convenablement les avantages de la réduction des émissions de gaz à effet de serre.

En 2010 et en 2011, Environnement et Changement climatique Canada a dirigé un examen interministériel des approches utilisées pour évaluer les émissions de GES. Celui-ci a recommandé l'adoption des valeurs du coût social du carbone (CSC) fondées sur la recherche et l'analyse menées par le groupe de travail interdépartemental des États-Unis sur le coût social du carbone en 2010. Le CSC est une mesure monétaire des dommages prévus causés à l'échelle planétaire par les changements climatiques découlant de l'émission d'une tonne supplémentaire de dioxyde de carbone (CO₂) dans l'atmosphère lors d'une année donnée.

Le CSC est une mesure des dommages incrémentaux qui sont attendus d'une légère augmentation des émissions de CO₂ (ou inversement, les dommages évités par une réduction des émissions de CO₂). Les estimations du CSC fournissent donc une façon d'évaluer les changements d'émissions de CO₂ dans le cadre d'analyse coûts-avantages, où le but est de fournir une analyse informée aux décideurs publics qui quantifie les bénéfices incrémentaux de la réduction de GES associées avec une action publique, et compare ces réductions aux coûts que cela implique. Cependant, il ne serait pas nécessairement approprié d'utiliser ces estimations dans un autre contexte ou d'inférer que le CSC tel qu'il est développé ici devrait être considéré comme un prix sur le carbone potentiel pour le Canada.

Le milieu universitaire a élaboré des modèles complexes, qui s'appuient sur des connaissances économiques et scientifiques, pour estimer le CSC. Toutefois, étant donné que les modèles prévoient des résultats tant sur le milieu naturel que sur l'économie des siècles dans le futur, les estimations comportent inévitablement un degré d'incertitude et la recherche fait état d'une large plage de valeurs du CSC. Nous préférons l'approche du CSC à celle du prix virtuel (fictif) du carbone adopté par le Royaume-Uni parce qu'elle convient bien au contexte réglementaire d'Environnement et Changement climatique Canada et correspond à la conception de l'analyse coûts-avantages adoptée par le gouvernement du Canada. Elle s'harmonise avec l'objectif du

groupe de travail interministériel, qui consiste à utiliser des valeurs solides et crédibles.

Le groupe de travail interdépartemental des États-Unis s'est appuyé sur trois modèles d'évaluation intégrée évalués par des pairs, élaborés par des chercheurs universitaires réputés, afin d'obtenir des estimations du CSC dans une année donnée. Le groupe de travail des États-Unis a choisi d'élaborer quatre ensembles de valeurs distincts pour tenir compte de l'incertitude concernant le taux d'actualisation, qui détermine comment les coûts dans l'avenir sont évalués maintenant, et le risque de catastrophes graves dans des scénarios à faible probabilité. Les valeurs du CSC augmentent au fil du temps au fur et à mesure que les émissions s'accumulent dans l'atmosphère et que le coût rattaché à l'émission d'une tonne supplémentaire de CO₂ augmente.

Le groupe de travail interministériel du Canada a recommandé l'adoption des valeurs américaines en 2011 en apportant quelques modifications mineures. Au lieu de quatre valeurs distinctes, le groupe a recommandé deux estimations qui utilisent le même taux d'actualisation. Le taux d'actualisation de 3 % qui a été sélectionné est le taux central utilisé aux États-Unis et il correspond au taux d'actualisation social de 3 % recommandé par le Guide d'analyse du Secrétariat du Conseil du Trésor du Canada. La première estimation est l'estimation de la tendance centrale moyenne des trois modèles pris en compte dans l'estimation américaine du CSC (FUND, PAGE et DICE). La deuxième estimation correspond à l'impact des changements climatiques à faible probabilité, mais à coût élevé : elle est désignée comme le 95^e centile de la distribution des probabilités du CSC. En ce qui concerne la deuxième estimation, le groupe de travail interministériel a recommandé l'exclusion de l'un des modèles dans le calcul, étant donné qu'il n'intègre pas l'impact à faible probabilité et à coût élevé. En outre, toutes les estimations ont été transformées de leur valeur en dollars américains de 2007 à leur valeur en dollars américains de 2009 en utilisant le déflateur du PIB des États-Unis et en les convertissant ensuite en dollars canadiens de 2009. L'utilisation des estimations au Canada a également été appliquée à l'ensemble des GES (en multipliant le CSC par l'équivalent en CO₂ des autres GES¹) parce qu'il a été déterminé qu'il s'agirait d'une inexactitude plus grande de n'attribuer aucune valeur aux émissions qui ne sont pas du CO₂ que d'utiliser le CSC comme estimation prudente (moins élevée) alors que des approches de modélisation directe des impacts pour un GES donné ne sont pas disponibles.

Le groupe de travail interdépartemental des États-Unis a reconnu les limites de l'analyse portant sur le calcul des estimations du CSC, compte tenu de l'état actuel des connaissances scientifiques, des capacités de modélisation et des débats en cours concernant les taux d'actualisation appropriés. Il s'est engagé à mettre régulièrement à jour les estimations du CSC pour tenir compte de la mise à jour des modèles et des progrès dans les connaissances économiques ou scientifiques.

En mai 2013, le groupe de travail interdépartemental des États-Unis a publié une mise à jour

¹ Basé sur l'utilisation du potentiel de réchauffement global (100 ans) des GES provenant du quatrième Rapport d'évaluation du GIEC.

technique qui contient de nouvelles estimations du CSC. Les estimations révisées ne tiennent compte que des mises à jour des modèles pour saisir de nouvelles observations en provenance de la recherche scientifique et économique. Aucune des hypothèses originelles concernant le taux d'actualisation, les scénarios sur les émissions ou la sensibilité du climat n'a été révisée. Parmi les nombreuses autres modifications, le modèle DICE contient maintenant une représentation explicite de la dynamique du niveau de la mer qui est davantage conforme aux variations réelles du niveau de la mer. Le modèle FUND contient maintenant des renseignements plus détaillés sur les possibilités de pertes en terres causées par l'élévation du niveau de la mer et le modèle PAGE contient des fonctions de dommage qui sont restreintes par le PIB, ce qui le rend plus réaliste. Alors que certaines modifications en soi réduiraient les estimations du CSC, l'effet global de l'ensemble des modifications prises en considération est d'augmenter les estimations. En novembre 2013 et juillet 2015, le groupe de travail interdépartemental des États-Unis a fait paraître des versions révisées de son document de mise à jour technique avec des corrections, afin de régler deux erreurs mineures dans la modélisation. Les détails sur ces corrections sont présentés à l'annexe 2.

À la suite des publications des estimations mises à jour des États-Unis en mai 2013, ainsi que les corrections techniques de novembre 2013 et juillet 2015, Environnement et Changement climatique Canada a réuni son groupe de travail interministériel pour examiner et évaluer les changements. Le groupe a conclu que les mises à jour étaient de nature technique et fournit une meilleure réflexion de l'exercice de modélisation qui a été entrepris.

Le tableau ci-dessous montre les estimations centrales et du 95^e centile précédentes et mises à jour du CSC calculées par le gouvernement du Canada pendant la période s'étendant de 2010 à 2050. La mise à jour, qui incorpore les mêmes rajustements aux valeurs américaines décrits précédemment, parvient à une valeur centrale du CSC de 41 \$ la tonne de CO₂ en 2016 (en \$CAN de 2012), soit une augmentation de 30 % par rapport à la valeur antérieure de 31 \$ la tonne de CO₂ (en \$CAN de 2012), et une valeur de la limite supérieure (95^e centile) de 167 \$ la tonne de CO₂ (en \$CAN de 2012) pour l'analyse de la sensibilité, ce qui représente une augmentation de 34 % par rapport à la valeur antérieure de 125 \$ la tonne de CO₂.

Estimations précédentes et mises à jour du CSC effectuées par le Canada pour la période allant de 2010 à 2050 (en \$CAN de 2012², actualisées à 3 %)³

Année	Centrale précédente	Centrale mise à jour	95 ^e centile précédente	95 ^e centile mis à jour
2010	27,6	34,1	108,6	131,5
2013	29,4	37,4	116,5	149,3
2015	30,7	39,6	121,8	161,1
2016	31,3	40,7	124,5	167,0
2020	33,9	45,1	135,1	190,7
2025	38,1	49,8	151,2	213,3
2030	42,2	54,5	167,4	235,8
2035	46,4	59,6	183,6	258,9
2040	50,5	64,7	199,6	281,9
2045	54,2	69,7	213,9	300,9
2050	57,8	74,8	228,0	319,8

En août 2015, la U.S. Environmental Protection Agency (USEPA) a publié deux règlements, qui intégraient tous deux des estimations publiées récemment et révisées par les pairs du coût social du méthane (CSCH₄) dans l'analyse centrale des analyses coûts-avantages associées à ces règlements. La USEPA a également utilisé le CSCH₄ (et les estimations analogues pour le coût social du protoxyde d'azote (CSN₂O)) en analyse de sensibilité de règlements proposés en juillet 2015. Les détails sur les estimations sont disponibles à l'annexe 3. Les estimations du CSCH₄ et du CSN₂O de la USEPA ont été adaptées au contexte canadien par le même processus qui a été utilisé pour le CSC. Les tableaux ci-dessous montrent les estimations canadiennes qui ont été établies pour le CSCH₄ et le CSN₂O. Ces estimations continueront d'être améliorées et mises à jour selon les nouveaux développements dans les connaissances scientifiques et économiques.

² Le déflateur de PIB des États-Unis a été utilisé pour amener les estimations de \$US 2007 à \$US 2012, et ont ensuite été converties en \$CAN 2012.

³ Les estimations ont été modélisées pour les années 2010, 2020, 2030, 2040 et 2050. Pour obtenir les estimations entre ces années, il faut faire une interpolation linéaire basée sur les estimations au-dessus et sous l'estimation désirée.

Estimations canadiennes du CSCH₄ pour la période de 2010-2050 (en \$CAN de 2012, actualisé à 3 %)

Année	Centrale	95e centile
2010	946	2 857
2015	1 129	3 394
2016	1 165	3 501
2020	1 312	3 931
2025	1 519	4 735
2030	1 726	5 539
2035	1 971	6 480
2040	2 215	7 421
2045	2 462	8 233
2050	2 709	9 046

Estimations canadiennes du CSN₂O pour la période de 2010-2050 (en \$CAN de 2012, actualisé à 3 %)

Année	Centrale	95e centile
2010	12 847	42 476
2015	14 551	48 483
2016	14 892	49 684
2020	16 255	54 490
2025	18 185	61 839
2030	20 115	69 188
2035	22 287	77 356
2040	24 460	85 525
2045	26 798	94 118
2050	29 135	102 711

Table des matières

Résumé	i
1. Introduction	1
2. Approche du groupe de travail interdépartemental des États-Unis à l'égard du CSC	4
2.1 Modèles d'évaluation intégrée	6
2.2 Hypothèses de modélisation.....	7
2.2.1 Sensibilité du climat à l'équilibre	7
2.2.2 Évolution des conditions socioéconomiques et des émissions.....	8
2.2.3 Taux d'actualisation	9
3. Estimations du CSC effectuées par les États-Unis	11
4. Approche adoptée par le Canada pour élaborer des valeurs pour les émissions de GES.....	14
5. Adaptation par le Canada des estimations du CSC réalisées par les États-Unis.....	15
6. Limites et critiques des modèles dans la recherche	19
7. Mise à jour technique du CSC	25
7.1 PAGE.....	25
7.2 FUND	26
7.3 DICE.....	27
7.4 Valeurs mises à jour	28
8. Valeurs du CSC révisées par le Canada	32
9. Références	R-1
10. Annexe 1	A-1
10. Annexe 2	A-2
10. Annexe 3	A-3

1. Introduction

Le gouvernement du Canada exige que les ministères et les organismes gouvernementaux effectuent une analyse coûts-avantages des propositions de réglementation dans le cadre de leurs résumés de l'étude d'impact de la réglementation (REIR). L'analyse coûts-avantages permet d'éclairer les décideurs, les intervenants et le grand public sur l'impact favorable et défavorable possible des règlements sur la santé, la sécurité, l'environnement et l'économie.

L'analyse coûts-avantages est une méthode d'analyse dans laquelle l'impact est mesuré et chiffré de façon quantitative. L'impact favorable (avantages) se voit attribuer une valeur positive et l'impact défavorable (coûts) se voit attribuer une valeur négative. Les avantages accumulés et les coûts engagés au fil du temps en tant que conséquence de l'initiative de réglementation proposée sont convertis en valeurs actuelles en dollars.

La méthode utilisée pour chiffrer ces valeurs varie selon le type d'impact. Bien que les coûts financiers d'un règlement pour le milieu des affaires soient déjà calculés en termes monétaires, d'autres avantages ou coûts doivent être convertis en valeur monétaire. Lorsque l'on entreprend une analyse coûts-avantages liée à la réglementation des émissions de gaz à effet de serre (GES), il est nécessaire de définir la réduction des émissions de GES et de lui attribuer une valeur monétaire.

En 2010 et en 2011, Environnement et Changement climatique Canada a mené le groupe de travail interministériel (groupe canadien) dans son analyse des approches utilisées pour évaluer les émissions de GES. Celui-ci a recommandé l'adoption des valeurs fondées sur la recherche et l'analyse menées par le groupe de travail interdépartemental des États-Unis sur le coût social du carbone (le groupe des États-Unis) en 2010⁴. Le groupe des États-Unis a élaboré un ensemble de valeurs fondées sur ce que l'on appelle le « coût social du carbone ». Les précisions sur l'approche adoptée par le groupe des États-Unis ont été énoncées dans un document d'appui technique rédigé en 2010⁵. Le groupe des États-Unis a publié une mise à jour de cet ouvrage en mai 2013 et recommandé de nouvelles valeurs (et a publié deux corrections techniques mineures depuis – en novembre 2013 et en juillet 2015)⁶. Les faits saillants de ces documents sont présentés plus loin dans le présent document.

Le coût social du carbone (CSC) est un terme utilisé pour décrire une estimation de la valeur monétaire au cours d'une année donnée des dommages qui se produiront à l'échelle planétaire pendant les décennies et les siècles à venir, à la suite de l'émission d'une tonne supplémentaire

⁴ Environnement et Changement climatique Canada, Direction de l'analyse économique, *Selecting a Value for CO2 Emissions in Government of Canada Regulatory Impact Analysis Statements*, 2011.

⁵ [Technical Support Document: Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis Under Executive Order 12866](#)

⁶ [Technical Support Document: Technical Update of the Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis Under Executive Order 12866](#)

de CO₂ dans l'atmosphère. Plus précisément, le CSC représente le dommage marginal causé par une tonne supplémentaire de CO₂ émise dans l'atmosphère au cours d'une année donnée, exprimé en dollars et fondé sur une voie hypothétique des émissions mondiales de CO₂.

Pour calculer le CSC, il est nécessaire de projeter l'impact de la voie hypothétique des émissions mondiales de CO₂ sur le climat (p. ex., température, précipitations et événements météorologiques). Il est ensuite nécessaire de déterminer les conséquences physiques rattachées à cet impact sur le climat (p. ex., niveau de la mer, agriculture, forêts, disponibilité en eau, organismes nuisibles). Il faut donc attribuer une valeur économique aux conséquences physiques afin de créer une valeur monétaire pour l'émission.

Après que les valeurs du CSC sont créées, on multiplie la valeur du CSC au cours d'une année donnée par le total de la réduction (ou de l'augmentation) prévue des émissions de CO₂ pour cette même année pour arriver à la valeur actualisée pour la période étudiée par l'analyse, ce qui permet à ces avantages (ou à ces coûts) pour les GES d'être pris en compte dans l'analyse coûts-avantages.

On obtient les valeurs du CSC en utilisant un sous-ensemble particulier de modèles d'évaluation intégrée élaborés par le milieu universitaire. Étant donné que l'exercice fait appel à la prévision des effets tant sur le milieu naturel que sur l'économie pour les 50 à 300 prochaines années, il est de par sa nature incertain. L'approche américaine tient compte de cette incertitude et essaie de déterminer une gamme de possibilités en recourant à diverses hypothèses.

Depuis l'examen interministériel de 2011, Environnement et Changement climatique Canada a utilisé le CSC dans tous les REIR qui touchent les émissions de GES. Ressources naturelles Canada et Transports Canada ont également utilisé les valeurs dans leurs analyses coûts-avantages. Le groupe canadien a récemment révisé les valeurs du CSC qu'il recommande pour le gouvernement du Canada en se fondant sur la mise à jour du printemps 2013 des États-Unis (ainsi que les deux corrections techniques mineures ayant été publiées depuis).

Le présent document a pour objectif de présenter les estimations révisées et de décrire l'approche adoptée par Environnement et Changement climatique Canada en matière de valeurs du CSC et le bien-fondé de suivre l'exemple des États-Unis dans l'adoption de sa mise à jour récente. Le présent document est structuré de la façon suivante :

- La section 2 discute de l'approche du groupe des États-Unis à l'égard du CSC;
- La section 3 présente les estimations du groupe des États-Unis sur le CSC;
- La section 4 expose les grandes lignes de l'approche utilisée par Environnement et Changement climatique Canada pour élaborer des valeurs pour les émissions de GES;
- La section 5 présente l'adaptation réalisée par Environnement et Changement climatique Canada des estimations du CSC des États-Unis;

- La section 6 fournit un aperçu des limites et des critiques reconnues du modèle;
- La section 7 présente la mise à jour technique des valeurs du CSC;
- La section 8 expose les grandes lignes des valeurs révisées du CSC recommandées par Environnement et Changement climatique Canada et conclut par une discussion de l'incertitude, de l'utilité du CSC et des prochaines étapes.
- L'annexe 1 montre les estimations des É.-U. du CSC, exprimées en dollars canadiens.
- L'annexe 2 aborde les corrections techniques au CSC au cours des dernières années.
- L'annexe 3 présente les faits nouveaux quant à l'utilisation des estimations pour les émissions de GES autres que le CO₂.

2. Approche du groupe de travail interdépartemental des États-Unis à l'égard du CSC⁷

Afin de décrire comment Environnement et Changement climatique Canada est arrivé aux valeurs du CSC qu'il recommande, il est d'abord nécessaire de décrire brièvement l'approche adoptée par le groupe des États-Unis, en se fondant sur son document d'appui technique de 2010.

L'estimation du CSC est rendue possible par l'utilisation d'un sous-ensemble particulier de modèles d'évaluation intégrée élaborés par le milieu universitaire, qui réunissent diverses pistes de recherche, telles que :

- La prévision des émissions de GES, en tenant compte de variables démographiques, économiques et politiques;
- L'étude scientifique des changements climatiques (c.-à-d. l'étude des cycles biogéochimiques et des processus atmosphériques qui déterminent le sort des émissions de GES et les changements du climat qui en découlent);
- L'effet des changements du climat sur la productivité agricole, la santé, les dégâts matériels causés par l'augmentation du risque d'inondation, ainsi que la valeur des écoservices;
- La détermination des impacts, fondée sur ces changements et l'évaluation ou la monétisation de ces impacts.

Les trois modèles d'évaluation intégrée sélectionnés par le groupe des États-Unis sont les trois modèles d'évaluation intégrée évalués par des pairs les plus souvent utilisés pour estimer le CSC : PAGE, FUND et DICE. Ces modèles sont habituellement divisés en trois parties : 1) les émissions; 2) la composition de l'atmosphère et les changements climatiques; 3) les dommages causés par les changements climatiques.

Le groupe des États-Unis calcule les estimations du CSC pour chaque année en exécutant les trois modèles d'évaluation intégrée 10000 fois avec des sélections aléatoires de la distribution de probabilités du paramètre de la sensibilité du climat à l'équilibre (et d'autres paramètres incertains qui sont spécifiques au modèle utilisé), pour chacun des cinq ensembles de trajectoires du produit intérieur brut (PIB), de la population et des émissions au cours d'une période allant du jour présent à 2300, pour chacun des trois taux d'actualisation. Les résultats prennent la forme d'une distribution de fréquence du CSC (\$ par tonne de CO₂) conditionnelle à chaque taux d'actualisation pour une année donnée. Les modèles sont exécutés pendant chaque année de l'horizon temporel jugé pertinent pour l'analyse des politiques ou de la réglementation.

⁷ La présente section s'inspire du contenu du document d'appui technique du Groupe de travail interinstitutions des États-Unis, *Interagency Working Group Technical Support Document: Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis Under Executive Order 12866*. Veuillez consulter ce document (p.24) pour obtenir une description plus précise et plus détaillée ([Technical Support Document: Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis Under Executive Order 12866](#)).

Pour chacun des modèles d'évaluation intégrée, les étapes de calcul de base (en termes généraux) pour calculer le CSC au cours d'une année particulière, t , sont les suivantes :

1. Sélectionner et saisir la trajectoire des émissions, du PIB et de la population à partir des points et des scénarios de référence sélectionnés (obtenus au moyen d'un exercice de modélisation distinct);
2. Calculer les effets de la température et les dommages ou les avantages au cours de chaque année, qui découlent de la voie d'émissions de référence;
3. Créer un nouveau scénario en ajoutant une tonne supplémentaire d'émissions de CO₂ au cours de l'année t ;
4. Recalculer les effets de la température et les dommages ou les avantages dans l'ensemble de l'économie prévus pour toutes les années après t attribuables à ce rajustement de la voie d'émissions;
5. Soustraire les dommages calculés à l'étape 2 de ceux de l'étape 4 pour chaque année;
6. Actualiser la voie des dommages marginaux qui en découle pour l'année des émissions en utilisant le taux d'actualisation fixe qui a été convenu;
7. Calculer le CSC en tant que valeur nette actuelle de la voie actualisée des dommages calculée à l'étape 6, divisée par l'unité de carbone ou les émissions de CO₂ utilisées pour faire subir un choc aux modèles à l'étape 3.

Pour établir une gamme d'estimations plausibles à utiliser en analyse réglementaire, la moyenne des estimations du CSC a été calculée à travers tous les modèles et scénarios (chacun ayant un poids égal), définissant implicitement une distribution du CSC conditionnelle au taux d'actualisation. Cette approche permet de saisir une partie des incertitudes clés rattachées à la prévision des scénarios socio-économiques et d'émissions, ainsi que la réaction du système climatique à une augmentation des concentrations atmosphériques de GES, et atteint un équilibre entre les forces et les faiblesses des divers modèles d'évaluation intégrée.

Le groupe des États-Unis a décidé de sélectionner quatre distributions de valeurs du CSC pour tenir compte des deux principaux éléments d'incertitude. Le premier est le taux d'actualisation, qui détermine comment les coûts futurs sont évalués aujourd'hui. Un taux d'actualisation plus faible accorde une valeur plus grande aux coûts futurs, ce qui mène à des valeurs du CSC plus élevées. Le groupe des États-Unis a sélectionné la valeur moyenne du CSC pour chacun des trois taux d'actualisation choisis pour représenter un éventail d'opinions dans la recherche scientifique (2,5 %, 3 % et 5 %).

La deuxième incertitude concerne les dommages à faible probabilité et à coût élevé. Les estimations visent à tenir compte du risque de dommages plus élevés qu'il est anticipé dû au changement de température, dans le cadre de scénarios à faible probabilité. Le groupe des États-Unis était d'avis que ce risque justifiait l'attribution d'un poids accru à la queue de la distribution et a donc sélectionné le 95^e centile de la distribution du CSC assorti d'un taux d'actualisation de 3 % en tant que quatrième valeur à utiliser dans les analyses réglementaires.

2.1 Modèles d'évaluation intégrée

Comme il a été mentionné précédemment, trois modèles d'évaluation intégrée ont été utilisés dans l'élaboration des estimations du CSC : PAGE, FUND et DICE. Ces modèles sont couramment utilisés dans la recherche scientifique pour élaborer des estimations du CSC. Chaque modèle se voit attribuer le même poids dans le calcul des estimations centrales du CSC, ce qui permet d'équilibrer leurs forces et leurs faiblesses respectives.

Chaque modèle adopte une méthode différente pour estimer les dommages économiques qui découlent des modifications aux émissions de CO₂. À titre d'exemple, PAGE mesure les dommages en tant que pourcentage du PIB, en se fondant sur la différence de température entre la période donnée et la moyenne préindustrielle pour la région dans laquelle les dommages seront mesurés. Dans FUND, la fonction de dommage tient également compte de la rapidité à laquelle la température a augmenté, de la période précédente à aujourd'hui. Dans DICE, la température influe sur les niveaux de consommation et d'investissement.

Le modèle PAGE, élaboré par Chris Hope (Université de Cambridge), présente une croissance exogène du PIB, ainsi que le classement des dommages dans des catégories économiques, non économiques et catastrophiques, qui sont tous calculés séparément pour huit régions distinctes. Le modèle examine les dommages catastrophiques dans une fonction de dommage distincte, en attribuant une probabilité plus forte lorsque les niveaux de température augmentent⁸.

Le modèle FUND, élaboré par David Anthoff (Université de la Californie à Berkeley) et Richard Tol (Université du Sussex), présente aussi une croissance exogène du PIB, ainsi que des fonctions de dommage étalonnées séparément pour huit secteurs marchands et non marchands, qui ont des formes fonctionnelles distinctes afin de calculer les dommages dans 16 régions. Le modèle ne tient pas compte de la possibilité d'événements catastrophiques. L'adaptation est incorporée au modèle à la fois de façon implicite et explicite, selon le secteur⁹.

Le modèle DICE, élaboré par William Nordhaus (Yale), est un modèle de production à croissance

⁸ HOPE, Chris, *The Marginal Impact of CO₂ from PAGE2002: An Integrated Assessment Model Incorporating the IPCC's Five Reasons for Concern*, Integrated Assessment 6, no. 1, 2006. [The Marginal Impact of CO₂ from PAGE2002: An Integrated Assessment Model Incorporating the IPCC's Five Reasons for Concern](#)

⁹ ANTHOFF, David, TOL, Richard, *The Climate Framework for Uncertainty, Negotiation and Distribution (FUND), Technical Description, Version 3.5*, 2010. [The Climate Framework for Uncertainty, Negotiation and Distribution \(FUND\), Technical Description](#)

optimale fondé sur une fonction de production mondiale dans laquelle les concentrations atmosphériques du CO₂ sont incorporées en tant que variable supplémentaire. Ce modèle perçoit les réductions d'émissions de GES comme un investissement dans le capital naturel, ce qui laisse entendre que l'investissement réalisé à l'heure actuelle (consommation plus faible) permettra une consommation plus élevée dans l'avenir. Le modèle représente le progrès technologique par une diminution de l'intensité en carbone de la production au fil du temps. L'adaptation n'est pas intégrée explicitement au modèle, bien qu'elle soit implicitement intégrée au moyen de la fonction de dommage. DICE se démarque des autres modèles par les éléments suivants : 1) le PIB est endogène et 2) les dommages pendant une période donnée réduiront l'investissement à ce moment, ce qui provoquera une augmentation des dommages dans l'avenir¹⁰.

2.2 Hypothèses de modélisation

Les principales hypothèses de modélisation harmonisées entre les modèles dans l'approche des États-Unis sont la sensibilité du climat, l'évolution des conditions socioéconomiques et des émissions, et le taux d'actualisation.

2.2.1 Sensibilité du climat à l'équilibre

La sensibilité du climat à l'équilibre (ou sensibilité climatique) est un paramètre utilisé pour décrire comment la température répond à l'augmentation de la concentration de GES dans l'atmosphère. Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) définit la sensibilité climatique comme le changement de la température moyenne annuelle mondiale de l'air en surface que subit le système climatique après avoir atteint un nouvel équilibre en réponse à un doublement de la concentration atmosphérique du CO₂ par rapport aux niveaux préindustriels (ou une stabilisation à une concentration d'environ 550 parties par million (ppm))¹¹. Le groupe des États-Unis utilise le quatrième Rapport d'évaluation du GIEC comme fondement pour les hypothèses sur la sensibilité du climat¹². Il présume une augmentation *probable* de la température (probabilité supérieure à 66 %) à la suite d'un doublement des concentrations de CO₂ qui se situe entre 2°C et 4,5°C, la meilleure estimation étant d'environ 3°C. En outre, il présume qu'il est *très probable* (probabilité supérieure à 90 %) que la sensibilité du climat à l'équilibre est supérieure à 1,5°C.

Cette évaluation est concrétisée en deux contraintes de modélisation autour des distributions

¹⁰ NORDHAUS, William, *The Challenge of Global Warming: Economic Models and Environmental Policy*, Vol. 4. New Haven: Yale University, 2007. [The Challenge of Global Warming: Economic Models and Environmental Policy](#)

¹¹ Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, *Résumé à l'intention des décideurs dans : 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*, p.19, 2013. [Climate Change 2013: The Physical Science Basis](#)

¹² Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, *Changements climatiques 2007 : Rapport de synthèse*. [Climate Change 2007: Synthesis Report](#)

utilisées pour la sensibilité du climat :

1. une médiane égale à 3°C, pour correspondre à l'opinion selon laquelle la valeur la plus probable est de 3°C;
2. une probabilité de 66 % que la sensibilité du climat à l'équilibre se situe entre 2° et 4,5°C.

Quatre distributions des probabilités qui correspondent à ces contraintes ont été prises en compte; la distribution de Roe et Baker¹³ a été sélectionnée parce qu'il s'agit de la seule distribution qui est fondée sur une compréhension théorique de la réponse du système climatique aux concentrations accrues de GES. Le groupe des États-Unis était également d'avis qu'elle correspondait le mieux à l'opinion du GIEC selon laquelle les valeurs supérieures à 4,5°C ne peuvent être exclues¹⁴.

Le rapport d'évaluation le plus récent du GIEC (cinquième Rapport d'évaluation, groupe de travail I) met à jour les conclusions concernant la sensibilité du climat à l'équilibre, en affirmant que la plage *probable* (probabilité supérieure à 66 %) se situe entre 1,5°C et 4,5°C et qu'il est *extrêmement improbable* (probabilité inférieure à 5 %) qu'elle soit inférieure à 1°C et *très improbable* (probabilité inférieure à 10 %) qu'elle soit supérieure à 6°C. En outre, le résumé à l'intention des décideurs affirme : « Il n'est pas possible de fournir d'estimation la plus probable en raison d'un manque de cohérence parmi les valeurs provenant de divers éléments évalués et diverses études. » Bien qu'une sensibilité du climat à l'équilibre médiane (qui représente l'estimé le plus probable suggéré par le GIEC) de 3°C en provenance du quatrième Rapport d'évaluation ait été utilisée comme contrainte dans le rapport du groupe des États-Unis, une médiane nettement différente serait incompatible avec la constatation du cinquième Rapport d'évaluation selon laquelle il est *très improbable* que la sensibilité du climat à l'équilibre soit supérieure à 6°C et *extrêmement improbable* qu'elle soit inférieure à 1°C. Pour cette raison, aucun changement n'a été apporté au paramètre de sensibilité climatique dans cette mise à jour.

2.2.2 Évolution des conditions socioéconomiques et des émissions

Pour estimer et monétiser les dommages attribuables aux changements climatiques à venir, il est nécessaire d'établir des prévisions de la population mondiale et du PIB, ainsi que des émissions de CO₂ et du forçage radiatif non attribuable au CO₂. L'augmentation de la population et de la richesse a habituellement tendance à mener à des émissions plus élevées de GES, ainsi qu'à un consentement à payer plus important pour éviter les impacts liés aux changements climatiques.

Le groupe des États-Unis a tenté de déterminer un ensemble fiable et cohérent de scénarios stratégiques pour les émissions mondiales à venir, en sélectionnant cinq scénarios en provenance

¹³ ROE, G., and BAKER, M., *Why is climate sensitivity so unpredictable?*, Science 318:629-632, 2007.

¹⁴ Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, *Résumé à l'intention des décideurs dans : 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*, p.19, 2013. [Climate Change 2013: The Physical Science Basis](#)

d'un exercice du Forum de modélisation de l'énergie (*Energy Modelling Forum* ou EMF) de l'Université Stanford intitulé EMF-22¹⁵. L'EMF, une tribune internationale d'échange et de discussion entre spécialistes sur la politique énergétique et les enjeux du climat mondial, a entrepris l'exercice de l'EMF-22 pour élaborer des scénarios de contrôle des changements climatiques qui tiennent compte de l'évolution récente de la technologie dans leur évaluation des coûts de la stabilisation des concentrations atmosphériques du CO₂, menant à divers scénarios de voies d'émissions à venir. Les scénarios de l'EMF-22 ont été choisis parce qu'ils étaient récents (2009), évalués par des pairs et publiés.

Dans son choix de scénarios, le groupe des États-Unis visait à inclure des scénarios qui représentaient un éventail de résultats plausibles. Parmi les dix modèles d'évaluation intégrée¹⁶ utilisés pour l'EMF-22, quatre (MiniCAM, MESSAGE, IMAGE et MERGE) ont été sélectionnés et leurs trajectoires ont été utilisées comme scénarios de statu quo, menant à un éventail de concentrations atmosphériques du CO₂ qui s'échelonnait entre 612 ppm et 889 ppm en 2100. Ces scénarios sont considérés comme représentatifs d'un vaste éventail de résultats en l'absence de mesures de réduction de GES importantes à l'échelle mondiale. Le cinquième scénario¹⁷ représentait la stabilisation à 550 ppm de l'équivalent de dioxyde de carbone (CO₂e) (425-484 ppm de CO₂ seulement) en 2100, laissant entendre l'existence d'un niveau accru de mesures prises à l'échelle mondiale pour réduire les émissions de GES. Les scénarios qui arrivaient à des concentrations plus faibles de GES n'ont pas été pris en considération.

Les distributions des probabilités des valeurs du CSC ont été calculées dans les trois modèles d'évaluation intégrée, selon les cinq scénarios différents de l'EMF. Les valeurs définitives ont été déterminées en utilisant la moyenne des modèles et des scénarios.

2.2.3 Taux d'actualisation

Les effets des changements climatiques se produisent sur un horizon temporel à très long terme et il est donc nécessaire d'examiner comment évaluer maintenant les coûts à venir. Un taux d'actualisation positif accorde un poids plus faible aux coûts ultérieurs. Un taux d'actualisation de zéro leur accorderait un poids égal. Le taux d'actualisation est un paramètre servant à refléter à la fois un taux de préférence temporelle et une aversion relative pour le risque. La sélection d'un taux d'actualisation est souvent controversée, particulièrement dans le contexte intergénérationnel, et bien qu'on admette que le choix d'un taux d'actualisation exerce une influence importante sur les estimations du CSC qui en découlent, il n'existe pas de consensus

¹⁵ Pour de plus amples renseignements sur les scénarios de l'EMF-22 et leur utilisation dans les calculs du CSC par le groupe des États-Unis, veuillez consulter le document d'appui technique sur le CSC : [Technical Support Document: Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis Under Executive Order 12866](#)

¹⁶ Les modèles d'évaluation intégrée utilisés pour les scénarios de l'EMF-22 diffèrent de ceux qui sont utilisés pour évaluer le CSC. Les autres mentions des modèles d'évaluation intégrée dans le présent document font référence aux modèles utilisés dans l'estimation du CSC.

¹⁷ Pour le scénario de 550 ppm de CO₂e, le groupe des États-Unis a fait une moyenne du PIB, de la population et de la trajectoire des émissions suggérée par les mêmes quatre modèles utilisés dans les scénarios de statu quo.

dans la documentation scientifique sur le taux d'actualisation « correct » qu'il faut utiliser. Certains préconisent des taux d'actualisation fondés sur les taux de rendement du marché observés. D'autres affirment qu'il serait contraire à l'éthique d'évaluer des coûts pour les générations futures qui sont inférieurs à ceux que payent les générations actuelles.

Le groupe des États-Unis a sélectionné trois taux d'actualisation distincts pour tenir compte des opinions divergentes dans les ouvrages économiques (2,5 %, 3 % et 5 %). L'Office of Management and Budget des États-Unis recommande le taux central de 3 % lorsqu'un règlement touche principalement la consommation privée. Le groupe des États-Unis a élaboré des valeurs du CSC pour chacun des trois taux d'actualisation.

3. Estimations initiales du CSC effectuées par les États-Unis

Le groupe des États-Unis a élaboré quatre ensembles de valeurs annuelles pour la période allant de 2010 à 2050. Les trois premiers ensembles prennent la forme de moyennes des extrants des trois modèles d'évaluation pour chacun des trois taux d'actualisation : 2,5 %, 3 % et 5 %. Le quatrième ensemble de valeurs représente une moyenne des résultats au 95^e centile de la distribution des probabilités, accompagné d'un taux d'actualisation de 3 %. La valeur au 95^e centile vise à représenter les impacts à faible probabilité et à coût élevé des changements climatiques. Dans les analyses coûts-avantages américaines présentées dans les études d'impact de la réglementation, chacune des quatre valeurs du CSC obtenues est prise en compte. Cela signifie que quatre ensembles de résultats sont élaborés pour chaque année afin de tenir compte des divers effets possibles, selon la valeur du CSC retenue. Les tableaux 1, 2 et 3 ci-dessous contiennent les ensembles de valeurs élaborés en 2010 par le groupe des États-Unis, le taux de croissance annuel moyen de chaque ensemble de valeurs pour chaque décennie, ainsi que la distribution des valeurs estimées par les modèles pour chaque taux d'actualisation pris en considération. Les valeurs du CSC augmentent au fil du temps, tant que la croissance des émissions cumulative est prévue. Les estimations augmentent au fil du temps, car il est prévu que les émissions futures causeront des dommages incrémentaux plus grands au fur et à mesure que la croissance économique se poursuivra, alors que les systèmes physiques et économiques seront soumis à davantage de pression en raison d'un changement climatique plus prononcé.

Tableau 1 : Estimations américaines du CSC de 2010 pour la période allant de 2010 à 2050 telles que publiées en 2010 (en dollars américains de 2007/tonne de CO₂)

Taux d'actualisation	5 %	3 %	2,5 %	3 %
Année	Moyenne	Moyenne	Moyenne	95 ^e centile
2010	4,7	21,4	35,1	64,9
2015	5,7	23,8	38,4	72,8
2016	6,0	24,3	39,1	74,4
2020	6,8	26,3	41,7	80,7
2025	8,2	29,6	45,9	90,4
2030	9,7	32,8	50,0	100,0
2035	11,2	36,0	54,2	109,7
2040	12,7	39,2	58,4	119,3
2045	14,2	42,1	61,7	127,8
2050	15,7	44,9	65,0	136,2

Source : Gouvernement des États-Unis¹⁸

¹⁸ Gouvernement des États-Unis, *Technical Support Document: Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis under Executive Order 12866*, February 2010. [Technical Support Document: Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis Under Executive Order 12866](#)

Tableau 2 : Taux de croissance annuel moyen réel des estimations américaines du CSC pour la période allant de 2010 à 2050*

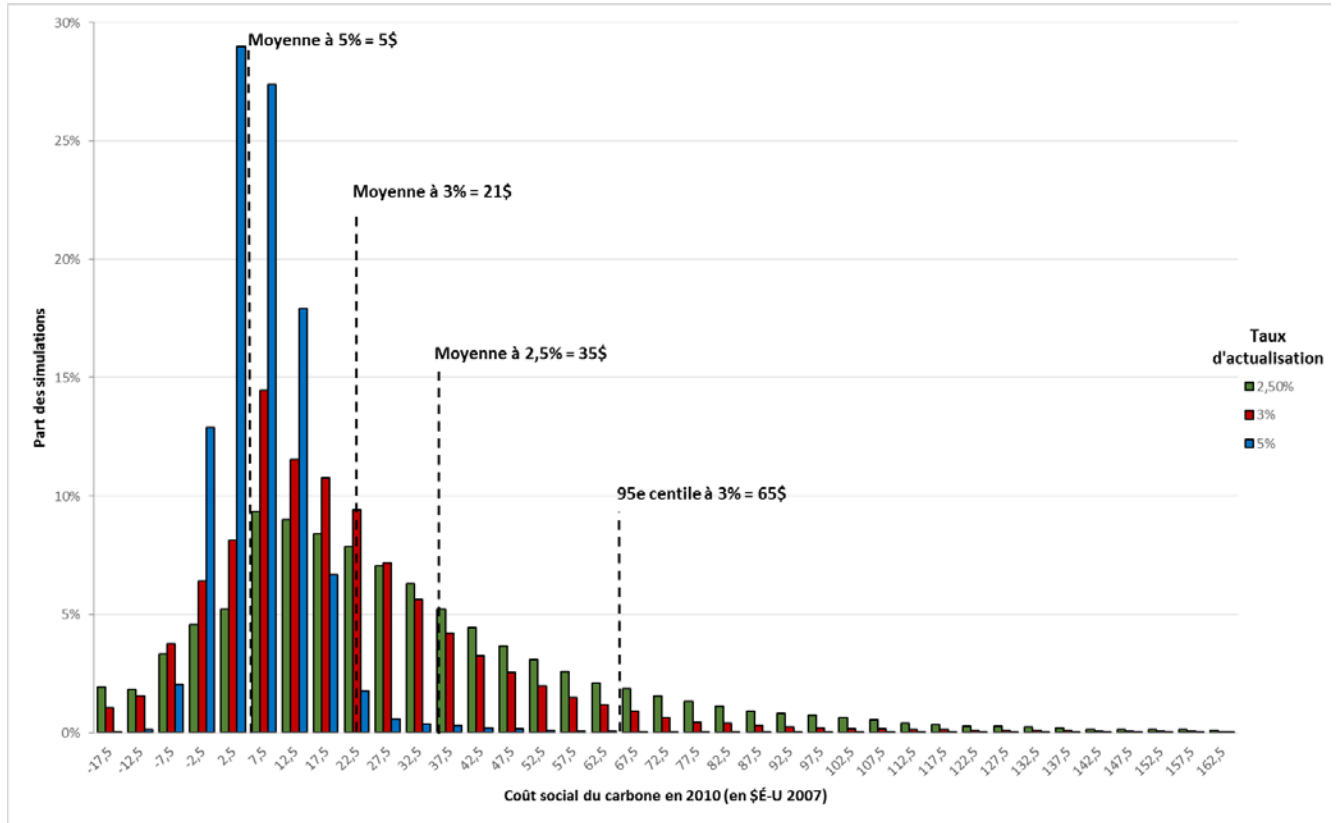
Taux d'actualisation	5 %	3 %	2,5 %	3 %
Taux de croissance annuel moyen réel	Moyen	Moyen	Moyen	95 ^e centile
2010-2020	3,6 %	2,1 %	1,7 %	2,2 %
2020-2030	3,7 %	2,2 %	1,8 %	2,2 %
2030-2040	2,7 %	1,8 %	1,6 %	1,8 %
2040-2050	2,1 %	1,4 %	1,1 %	1,3 %

Source : Gouvernement des États-Unis¹⁹

* Le présent tableau illustre le taux de croissance réel de chaque ensemble de valeurs des valeurs américaines du CSC tel que publié dans le document de support technique de 2010 ([Technical Support Document: Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis Under Executive Order 12866](#)). Deux facteurs expliquent les différences entre les voies de croissance de chaque ensemble de valeurs. Premièrement, au fil du temps, il y a croissance économique et les concentrations atmosphériques de GES sont plus élevées. Pour chaque tonne de CO₂ émise dans l'atmosphère, la température moyenne augmente en raison de concentrations de CO₂ plus élevées liées à la croissance économique, ce qui signifie que les dommages marginaux augmentent au fil du temps. Deuxièmement, au fur et à mesure que les dommages causés par les changements climatiques se rapprochent de notre époque, ils seront moins actualisés et par conséquent auront une valeur plus élevée.

¹⁹ *Ibid.*

Figure 1 : Histogramme des estimations mondiales américaines de CSC en 2010 par taux d'actualisation, tel que publié en 2010* (en dollars américains de 2007/tonne de CO₂)**



Source : Gouvernement des États-Unis²⁰

*Les estimations utilisées pour produire ce graphique ont été prises du document de support technique produit par le groupe de travail interagence sur le coût social du carbone.

**La distribution des valeurs du CSC s'échelonne entre -5 192 \$ et 66 116 \$, mais l'axe des x a été tronqué au 1^{er} et au 99^e centile pour mieux illustrer les données.

²⁰ *Ibid.*

4. Approche adoptée par le Canada pour élaborer des valeurs pour les émissions de GES

En 2010 et en 2011, Environnement et Changement climatique Canada a dirigé un groupe de travail interministériel du gouvernement du Canada (le groupe canadien) pour déterminer la meilleure manière d'évaluer les émissions de GES dans l'analyse coûts-avantages. Deux séries de valeurs ont été examinées : 1) le prix virtuel du carbone (ou le coût marginal de réduction), adopté par le Royaume-Uni et la France, et 2) le CSC, tel qu'utilisé par les États-Unis. Les deux comportent des avantages et des inconvénients dans différents contextes. Le groupe canadien a déterminé que l'estimation du CSC utilisée par les États-Unis était celle qui convenait le mieux au contexte réglementaire canadien et ce, pour diverses raisons :

1. L'adoption de l'approche du Royaume-Uni nous obligerait à estimer les coûts marginaux de réduction rattachés à l'atteinte d'un objectif donné de réduction des émissions, ce qui exigerait des hypothèses concernant les choix stratégiques fédéraux, provinciaux et territoriaux (p. ex., couverture sectorielle, souplesse en matière de conformité);
2. Le CSC est compatible avec les autres approches en matière d'évaluation utilisées dans l'analyse coûts-avantages, dans lesquelles les valeurs sont fondées sur une estimation des dommages marginaux;
3. L'approche des États-Unis représente une tentative solide de tenir compte de l'incertitude dans les estimations du CSC en utilisant trois modèles distincts d'évaluation intégrée, cinq scénarios d'émissions différents et une valeur plus élevée pour représenter les impacts ayant une probabilité plus faible et un coût plus élevé;
4. Les estimations obtenues par le groupe des États-Unis sont fondées sur les travaux de spécialistes universitaires et gouvernementaux de premier plan et ont été examinées en profondeur;
5. Les décisions importantes prises par le groupe des États-Unis, telles que l'utilisation des valeurs mondiales et l'inclusion d'une valeur pour tenir compte de la possibilité d'événements à faible probabilité, mais à impact élevé, correspondaient aux perspectives provenant de la climatologie.

Le groupe canadien a convenu de recommander des valeurs du CSC canadiennes qui sont fondées sur les travaux des États-Unis et accompagnées de quelques modifications mineures, afin de correspondre aux recommandations du groupe.

5. Adaptation par le Canada des estimations du CSC réalisées par les États-Unis

Le groupe canadien a examiné la meilleure façon d'adapter les calculs du CSC réalisés par les États-Unis au contexte canadien au cours de l'année 2011. Bien que des paramètres de rechange, comme les taux d'actualisation décroissants, aient été discutés, il a finalement été décidé qu'il était plus pratique d'adopter les résultats des États-Unis. La révision des paramètres de base aurait exigé un investissement considérable de la part du gouvernement du Canada afin d'obtenir et d'exécuter les modèles d'évaluation intégrée utilisés dans l'analyse. Compte tenu de la somme de travail effectuée par le groupe des États-Unis et de la vaste expertise que possèdent les spécialistes qui y ont participé, il a été déterminé que nous adopterions les valeurs américaines telles qu'elles ont été calculées par le groupe des États-Unis, en apportant quelques modifications mineures. Étant donné la nature intégrée des économies du Canada et des États-Unis, l'alignement réglementaire et des approches analytiques, incluant le CSC, peut être mutuellement bénéfique. En tant que partenaires commerciaux majeurs, l'alignement sur le CSC assure une communication cohérente des impacts aux intervenants et facilite la coopération réglementaire en incorporant des unités de mesures communes afin d'évaluer les politiques. Bien que les deux pays ressentiront les impacts liés aux changements climatiques différemment, les coûts inclus dans le CSC sont de nature globale. Pour cette raison, les estimations des impacts liés aux changements climatiques pour les politiques réglementaires devraient être similaires.

Par conséquent, l'approche recommandée par le groupe canadien utilise les résultats du modèle américain pour estimer le CSC, en faisant trois modifications mineures :

1. Au lieu d'utiliser trois taux d'actualisation, nous n'utilisons que le taux central de 3 %. Les directives du Secrétariat du Conseil du Trésor recommandent un taux d'actualisation social de 3 % lorsqu'un impact sur l'environnement et la santé est en jeu, comme c'est le cas pour le CSC²¹. Le respect des directives du Secrétariat du Conseil du Trésor permet d'assurer la cohérence entre les ministères fédéraux. Les membres du groupe canadien ont également préféré restreindre le nombre de valeurs du CSC prises en compte car ils étaient d'avis qu'il serait ardu de présenter quatre ensembles de résultats coûts-avantages aux décideurs.
2. Quant au calcul par le Canada des estimations au 95^e centile, les résultats du modèle FUND n'ont pas été retenus car le modèle n'incorpore pas les événements à faible probabilité, mais à coût élevé que la valeur au 95^e centile vise à traiter. Dans l'analyse coûts-avantages d'Environnement et Changement climatique Canada, les valeurs du

²¹ Lorsque la situation s'y prête, l'analyse peut également être combinée au prix virtuel d'un investissement, qui est appliqué à tous les coûts de l'intervention qui mène à un report ou à une réduction de l'activité des investissements, qui est estimé à 7 %.

CSC au 95^e centile sont utilisées pour estimer la sensibilité des résultats aux valeurs supérieures du CSC.

3. Les estimations du CSC effectuées par les États-Unis sont ensuite mises à jour pour tenir compte de l'inflation jusqu'en 2012 en utilisant le déflateur du PIB des États-Unis, puis converties en dollars canadiens. Les valeurs sont régulièrement mises à jour au moyen du déflateur du PIB du Canada afin d'apporter des corrections pour l'inflation en continu.

Bien que l'utilisation du 95^e centile fournisse une analyse plus complète de la gamme possible des impacts rattachés aux changements climatiques, elle n'illustre pas le sommet des estimations du CSC dans la recherche. Certaines études ont établi des estimations qui dépassent 1 000 \$ la tonne de CO₂ lorsque l'on examine des scénarios plus extrêmes qui englobent des paramètres comme une sensibilité du climat très élevée²².

Au moment d'effectuer l'examen, le groupe canadien a reconnu que l'estimation du CSC était un domaine d'études complexe et en pleine évolution. Environnement et Changement climatique Canada s'est engagé à assurer un suivi de la recherche et de l'analyse liée au CSC et à envisager des modifications au besoin.

Le groupe canadien a également reconnu que l'analyse coûts-avantages n'était qu'un outil d'analyse parmi d'autres pour analyser la réglementation des GES et a recommandé des analyses coût-efficacité supplémentaires.

Une autre différence entre l'approche canadienne et américaine concerne l'utilisation du CSC pour évaluer les émissions de GES qui ne sont pas du CO₂. À notre connaissance, les États-Unis n'ont pas utilisé le CSC pour évaluer les émissions de GES qui ne sont pas du CO₂ dans les analyses centrales d'analyses coûts-avantages²³, étant donné que leur potentiel de réchauffement global et leur durée de vie ne sont pas les mêmes (p. ex., le méthane, ou CH₄, a un potentiel de réchauffement global beaucoup plus élevé et ses effets sont ressentis dans un laps de temps beaucoup plus court).

Toutefois, Environnement et Changement climatique Canada a conclu que ce serait probablement une plus grande erreur de n'attribuer aucune valeur aux émissions qui ne sont pas du CO₂ que d'utiliser le CSC, étant donné l'apport important des émissions qui ne sont pas du CO₂ à l'impact sur les changements climatiques au cours de la période retenue dans l'analyse (2010 à 2050). Marten et Newbold (2012) a confirmé cette constatation, en montrant que les

²² Ceronsky *et. al.* (2005) calculent le CSC pour divers scénarios catastrophe et estiment le CSC à environ 1 132 \$/tCO₂ (en \$CAN de 2012) lorsque l'on examine une sensibilité du climat de 9,3°C.

²³ La USEPA a utilisé des estimations du CSC multiplié par son potentiel de réchauffement global pour le méthane dans le cadre d'analyses de sensibilité de règlements pour donner une indication de ce à quoi ces impacts pourraient ressembler.

estimations du coût social du méthane et de l'oxyde de diazote seraient probablement plus élevées que les valeurs du CSC utilisées, ajustées à l'aide du potentiel de réchauffement global²⁴. Environnement et Changement climatique Canada a conclu que l'utilisation des valeurs du CSC pour les GES qui ne sont pas du CO₂ est une approche conservatrice, et a utilisé le CSC dans ses analyses coûts-avantages pour évaluer les réductions d'émissions de GES qui ne sont pas du CO₂ pour lesquels aucune estimation directe étant cohérente avec la méthodologie et l'approche de modélisation des estimations du CSC n'était disponible. Cependant, il a été indiqué que si une méthodologie alternative crédible, révisée par les pairs, de valoriser les émissions qui ne sont pas du CO₂ étaient développées, cette approche serait réévaluée.

De telles méthodologies ont émergé et la USEPA a depuis développé et utilisé un coût social du méthane dans l'analyse centrale des analyses coûts-avantages de deux règlements proposés²⁵. Elle a aussi développé un coût social de l'oxyde de diazote. Suivant une approche similaire à celle qui est utilisée pour le CSC, ECCC a développé une version canadienne de ces estimations. Veuillez consulter l'annexe 3 pour plus de détails au sujet de ces développements. ECCC continuera de suivre les développements de la valorisation des GES qui ne sont pas du CO₂ et va réévaluer son approche au fur et à mesure qu'émergera davantage de travail crédible et révisé par les pairs, que celui-ci cherche à raffiner le coût social du méthane ou de l'oxyde de diazote, ou bien qu'il développe une approche pour d'autres GES.

Le tableau 3 contient les estimations du CSC précédentes effectuées par le Canada pour la période allant de 2010 à 2050, en dollars canadiens de 2009. Environnement et Changement climatique Canada, Ressources naturelles Canada et Transports Canada utilisent ces valeurs dans leurs analyses coûts-avantages qui servent à étayer les processus réglementaires depuis 2011. Depuis ce temps, Environnement et Changement climatique Canada utilise le CSC dans tous ses résumés de l'analyse d'impact de la réglementation qui ont un impact perceptible sur les émissions de GES, notamment la réglementation sur les véhicules légers et lourds, les centrales thermiques alimentées au charbon et les carburants renouvelables. La mesure a également été utilisée par Environnement et Changement climatique Canada pour étayer l'élaboration des politiques dans d'autres domaines, tels que les évaluations environnementales et l'analyse des zones protégées.

²⁴ Pour obtenir plus de précisions, consulter Marten, A. L., & Newbold, S. C., *Estimating the social cost of non-CO₂ GHG emissions: Methane and nitrous oxide*, Energy Policy, 51, 957–972, 2012. [Estimating the social cost of non-CO₂ GHG emissions: Methane and nitrous oxide](#)

²⁵ U.S. Environmental Protection Agency (EPA). 2015a. [Regulatory Impact Analysis for the Proposed Revisions to the Emission Guidelines for Existing Sources and Supplemental Proposed New Source Performance Standards in the Municipal Solid Waste Landfills Sector](#). Office of Air Quality Planning and Standards, Health and Environmental Impacts Division. August.

U.S. Environmental Protection Agency (EPA). 2015b. [Regulatory Impact Analysis of the Proposed Emission Standards for New and Modified Sources in the Oil and Natural Gas Sector](#). Office of Air Quality Planning and Standards. August.

Tableau 3 : Estimations précédentes du CSC effectuées par le Canada pour la période allant de 2010 à 2050 telles qu'établies en 2011 (en \$CAN de 2009, actualisées à 3 %)

Année	Estimation centrale	Estimation au 95 ^e centile
2010	25,6	100,9
2013	27,3	108,3
2015	28,5	113,2
2016	29,1	115,7
2020	31,5	125,5
2025	35,4	140,5
2030	39,2	155,5
2035	43,1	170,6
2040	46,9	185,5
2045	50,4	198,7
2050	53,7	211,8

6. Limites et critiques des modèles dans la recherche

Bien que l'approche utilisée par les États-Unis pour estimer le CSC soit la méthode qui convient le mieux pour attribuer une valeur aux émissions de GES pour le Canada, le processus d'élaboration d'estimations du CSC est de par sa nature très incertain.

Dans son document d'appui technique de 2010, le groupe des États-Unis a reconnu un certain nombre de limites à l'analyse rattachées aux estimations du CSC, telles que : la considération incomplète des dommages non catastrophiques et potentiellement catastrophiques; l'incertitude dans l'extrapolation des dommages causés par les températures élevées; la considération incomplète de l'adaptation et des changements technologiques; l'aversion pour le risque à l'égard des résultats ayant des impacts élevés. De nombreuses critiques dans la recherche portent sur ces mêmes aspects et celles-ci forment le fondement des efforts déployés pour améliorer l'estimation du CSC. Une courte description de chacune des principales limites et critiques suit ci-dessous :

Incertitude des paramètres et transparence des modèles : L'incertitude dans la spécification des paramètres est l'une des critiques les plus courantes formulées à l'égard des modèles d'évaluation intégrée. Les paramètres peuvent provenir soit de la recherche scientifique ou économique publiée et évaluée par des pairs ou, lorsqu'il existe des désaccords entre les chercheurs, correspondre aux hypothèses des modélisateurs. Les détracteurs affirment que la sélection des paramètres devrait être documentée plus soigneusement afin d'accroître la transparence et que les incertitudes liées à la spécification des paramètres devraient être mieux cernées et mesurées²⁶. Le groupe des États-Unis a fourni de nombreuses précisions sur les principaux paramètres qui ont joué un rôle dans l'élaboration de ses valeurs du CSC dans son document d'appui technique.

Représentation inadéquate des dommages (dommages non catastrophiques) : La considération des dommages dans les modèles d'évaluation intégrée a été critiquée pour ne pas avoir suffisamment tenu compte de l'état actuel des connaissances concernant les impacts du climat. Le groupe des États-Unis a reconnu les limites de l'analyse, en affirmant : « Les modèles actuels d'évaluation intégrée n'attribuent pas de valeur à l'ensemble des impacts physiques, écologiques et économiques importants reconnus dans la recherche sur les changements climatiques à cause d'un manque de renseignements précis sur la nature des dommages et parce que les aspects scientifiques incorporés à ces modèles accusent à juste titre un certain retard sur la recherche la plus récente²⁷ » [traduction]. Les détracteurs soutiennent que des modèles plus complexes sont nécessaires pour exécuter des scénarios à faible atténuation afin de mettre à l'essai le

²⁶ William D. NORDHAUS, *Estimates of the Social Cost of Carbon: Background and Results from the RICE-2011 Model*, No. w17540, National Bureau of Economic Research, 2011, p.25

²⁷ Gouvernement des États-Unis, *Technical Support Document: Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis under Executive Order 12866*, February 2010. [Technical Support Document: Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis Under Executive Order 12866](#)

comportement du cycle du carbone et du système climatique dans des conditions pertinentes pour les politiques et que les modèles devraient être étalonnés en fonction de ces modèles plus avancés. En outre, bien que les impacts soient estimés pour un certain nombre de secteurs comme l'agriculture et les pêches, la couverture des secteurs économiques n'est pas exhaustive²⁸.

En outre, la représentation des dommages à l'échelle régionale est restreinte, ce qui nuit à la prise en compte des variantes régionales et des interactions interrégionales possibles. Chacun des modèles englobe des régions différentes, ce qui mène à des estimations divergentes des dommages.

Enfin, les fonctions de dommage du modèle d'évaluation intégrée sont étalonnées en fonction d'augmentations modérées des températures et les dommages rattachés aux températures plus élevées sont déterminés par extrapolation (à la puissance de la plage de température). Par conséquent, l'estimation des dommages dans les scénarios plus extrêmes de changements climatiques est soumise à une incertitude considérable²⁹.

Les critiques portant sur les fonctions de dommage soulignent l'importance de mettre à jour de façon permanente autant les modèles d'évaluation intégrée que les valeurs du CSC utilisées par les gouvernements. Comme il est expliqué à la section 7, la mise à jour récente des valeurs du CSC effectuée par les États-Unis est fondée sur la mise à jour des trois modèles d'évaluation intégrée afin de tenir compte de l'évolution de la recherche scientifique et économique.

Événements catastrophiques : Une critique couramment exprimée au sujet des modèles concerne la mesure dans laquelle ils abordent les résultats à faible probabilité et à impact élevé, autrement dit les *événements catastrophiques*. Plus précisément, il arrive que les modèles ne tiennent pas compte adéquatement des changements possiblement discontinus, abrupts ou catastrophiques³⁰ dans le système climatique³¹. La recherche scientifique sur cette question demeure en développement et il existe un manque de consensus quant à la meilleure façon de traiter le risque connexe et les primes de risque dans l'estimation du CSC. Les trois modèles d'évaluation intégrée utilisés examinent les effets potentiellement catastrophiques à divers degrés : FUND n'inclut pas les effets potentiellement catastrophiques, DICE évalue les dommages catastrophiques de façon déterministe (en ajoutant la valeur prévue des dommages causés par un événement catastrophique à la fonction de dommage totale) et PAGE traite la possibilité d'un événement catastrophique de façon probabiliste (en mesurant les dommages en tant que changement perçu dans le bien-être rattaché à la probabilité d'un événement catastrophique, en tenant compte de l'aversion pour le risque). Malgré que ce ne soit pas explicitement l'intention du

²⁸ DOWNING, Thomas E. et al., *Social Cost of Carbon: A Closer Look at Uncertainty*, p.iii

²⁹ KOPP, Robert E., MIGNONE, Bryan K., *The U.S. Government's Social Cost of Carbon Estimates after Their First Two Years: Pathways for Improvement*, p.18

³⁰ Dans les modèles d'évaluation intégrée, une catastrophe est un changement environnemental à probabilité faible qui implique un impact économique élevé.

³¹ United States Government, *Technical Support Document: Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis under Executive Order 12866*, February 2010. [Technical Support Document: Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis Under Executive Order 12866](#)

groupe des États-Unis, le groupe canadien a déterminé que l'utilisation du 95^e centile de la distribution du CSC dans l'analyse réglementaire et de politiques d'Environnement et Changement climatique Canada est une manière de tenter de saisir de manière plus complète les coûts plus élevés rattachés aux impacts plus élevés que prévus, pouvant inclure des conséquences catastrophiques des changements climatiques.

Interaction intersectorielles et interrégionales : À des niveaux plus élevés de réchauffement climatiques, certaines interactions intersectorielles et interrégionales prennent de l'importance et sont une source de problèmes de sécurité nationale et économique induits par le climat. Il est suggéré que les interactions potentielles telles que des changements dans l'offre alimentaire ou la migration causée par le climat par le biais d'inondations ou de sécheresse sont reflétés de manière inégale et sont souvent omis des modèles utilisés pour estimer le CSC.

Substituabilité imparfaite des systèmes naturels : Les trois modèles d'évaluation intégrée utilisés pour estimer le CSC font l'hypothèse que les pertes aux systèmes naturels peuvent être compensées par la consommation de biens non-climatiques. Bien que cette hypothèse est typique de plusieurs modèles économiques, étant fondée sur la théorie, il est possible que cette substituabilité soit limitée dans le contexte des changements climatiques, car les dommages aux systèmes naturels pourraient augmenter à un niveau tel qu'il serait impossible de compenser cette perte par des biens non-climatiques. Les détracteurs affirment que la nature limitée de cette substituabilité pourrait avoir des implications importantes sur les résultats des modèles d'évaluation intégrée.

Aversion pour le risque : Une critique connexe concerne le fait que les modèles d'évaluation intégrée ne considèrent pas adéquatement l'aversion pour le risque en ce qui concerne les résultats ayant un impact élevé³². Les calculs des modèles ne tiennent pas compte du fait que les gens peuvent avoir un plus grand consentement à payer pour éviter des résultats à faible probabilité et à impacts élevés que pour éviter des résultats à probabilité plus élevée, mais à impacts plus faibles qui ont le même coût total estimé (l'intégration du 95^e centile par le groupe des États-Unis a été grandement motivée par ce facteur). Malgré que le groupe des États-Unis a mis de l'avant la question à savoir si les évaluations réglementaires devraient considérer un tel consentement à payer, il n'a pas conclu en faveur d'une approche ou d'une autre, en soulignant qu'il s'agit d'un élément important et qu'un examen plus approfondi est nécessaire³³.

Pondérations : Il peut exister un lien entre les dommages et le consentement à payer. On soutient que l'utilisation de pondérations (lorsque les coûts subis par les régions à faible revenu se voient

³² DIETZ, Simon, *The Treatment of Risk and Uncertainty in the US Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis*, Economics: The Open-Access, Open-Assessment E-Journal, 6.2012-18, 2012.

³³ United States Government, *Technical Support Document: Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis under Executive Order 12866*, February 2010. [Technical Support Document: Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis Under Executive Order 12866](#)

attribuer un poids plus élevé que les coûts subis par les régions à revenu élevé) permettrait d'attribuer une importance économique plus grande ou moins grande aux dommages dans certaines régions du monde, ce qui permettrait de saisir avec plus d'exactitude l'impact économique « réel »³⁴. Dans son étude de 2010, le groupe des États-Unis a exclu l'examen des pondérations³⁵ partiellement en raison du défi important que représente l'élaboration d'un cadre de pondération approprié. Le groupe des États-Unis a ajouté que même s'il était jugé que l'utilisation de pondérations est adéquate, elles ne devraient pas être utilisées dans le développement du CSC dans le but d'informer les politiques réglementaires pour le moment.

Taux d'actualisation (effet intragénérationnel ou intergénérationnel) : Comme il a été discuté précédemment, le choix du taux d'actualisation est un sujet très controversé qui a amplement été discuté dans la recherche³⁶. *The Stern Review* (2007) a employé une faible valeur (1,4 %) ³⁷ pour le taux d'actualisation, ce qui a mené à une estimation du CSC beaucoup plus élevée³⁸. Weitzman a fait valoir que compte tenu des nombreuses incertitudes qui entourent les événements catastrophiques, le taux d'actualisation devrait diminuer au fil du temps, pour représenter un taux d'actualisation rajusté en fonction du risque³⁹. D'autres ont aussi examiné l'idée d'un taux d'actualisation qui diminue au fil du temps afin de mieux tenir compte des incertitudes du taux d'actualisation à travers le temps. Cette littérature suggère que l'utilisation d'un taux d'actualisation décroissant n'a pas besoin d'être justifiée en recourant exclusivement à des arguments éthiques. Un article récent publié par Arrow et al. (2014) révisé la théorie économique qui indique que l'utilisation de taux d'actualisation décroissants quand le futur est incertain est appropriée.⁴⁰ Le document d'appui technique des États-Unis décrit de façon très détaillée son analyse du taux d'actualisation et précise qu'en lumière des débats dans la littérature et de l'incertitude à savoir comment les taux d'actualisations pourraient changer au fil du temps, le groupe des États-Unis a décidé d'utiliser trois valeurs constantes (2,5 %, 3 % et 5 %) pour illustrer une gamme de valeurs possibles pour les taux intergénérationnels.

³⁴ DOWNING, Thomas E. et al., *Social Cost of Carbon: A Closer Look at Uncertainty*, p.11

³⁵ United States Government, *Technical Support Document: Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis under Executive Order 12866*, p. 11. [Technical Support Document: Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis Under Executive Order 12866](#)

³⁶ La littérature sur les taux d'actualisation dans le contexte des impacts économiques des changements climatiques et des impacts intergénérationnels au sens large est vaste et divisée. Au-delà du *Stern Report* lui-même, des ouvrages de Goulder et Williams (2012), Beckerman et Hepburn (2007) offrent un survol de l'approche de Stern ainsi que des résumés des critiques à son égard. Arrow et al. (2012) résume le point de vue d'un panel d'experts sur l'actualisation des coûts et bénéfices dans un contexte intergénérationnel.

³⁷ Stern a utilisé un taux de préférence pure pour le présent de 0,1 % et a fait l'hypothèse que l'élasticité de l'utilité marginale était de 1. Le modèle PAGE utilisé par Stern avait un taux croissance de la consommation moyen de 1,3 %. Ceci a mené à l'utilisation d'un taux d'actualisation de 1,4 %.

³⁸ STERN, Nicholas, *Stern Review on the Economics of Climate Change*, Cambridge University press, 2007, p.41

³⁹ WEITZMAN, Martin, *Rare Disasters, Tail-Hedged Investments, and Risk-Adjusted Discount Rates*, Working Paper 18496, National Bureau of Economic Research, October 2012, p. 28.

⁴⁰ ARROW, Kenneth, et al. (2014), *Should Governments Use a Declining Discount Rate in Project Analysis?*, *Review of Environmental Economics and Policy*, 8(2): 145-163.

Mesures d'adaptation : Les mesures d'adaptation ont été intégrées aux modèles à des degrés divers. La définition de ce qui est considéré comme de l'adaptation et la mesure dans laquelle l'adaptation réduit les impacts varie selon les modèles. La recherche soutient qu'une meilleure compréhension de ces impacts est nécessaire, compte tenu des grandes incertitudes qui persistent. Une autre source d'incertitude connexe réside dans la mesure dans laquelle les modèles d'évaluation intégrée tiennent compte des changements technologiques et la manière dont ces changements auraient un impact à la fois sur l'atténuation et l'adaptation à l'échelon régional ou infranational, ce qui pourrait possiblement modifier les voies d'émissions et d'adaptation. Compte tenu de l'incertitude, la considération incomplète de l'adaptation et des changements technologiques pourrait sous-estimer ou surestimer les dommages connexes⁴¹.

Valeurs mondiales du CSC : Certains détracteurs ont fait valoir qu'il est inapproprié d'utiliser une mesure mondiale des avantages des changements climatiques, étant donné que l'analyse coûts-avantages se penche habituellement sur les coûts et les avantages à l'échelle nationale⁴². Toutefois, il existe deux aspects propres aux changements climatiques qui justifient l'utilisation de valeurs mondiales : 1) ils concernent une externalité mondiale, c'est-à-dire que les émissions à quelque endroit que ce soit dans le monde contribuent aux dommages à l'échelle planétaire, et 2) la seule façon de traiter les changements climatiques est de prendre des mesures à l'échelle planétaire. C'est pourquoi la majorité des estimations du CSC dans la recherche tiennent compte des coûts mondiaux des changements climatiques⁴³.

Enfin, bien que l'incertitude considérable rattachée aux estimations du CSC soit ouvertement reconnue, les examens effectués tant dans l'administration fédérale des États-Unis que du Canada ont permis de conclure que l'approche actuellement utilisée pour estimer le CSC est la plus crédible dont nous disposons à l'heure actuelle. Dans son document d'appui technique de 2010, le groupe des États-Unis sur le CSC s'est engagé à continuer de supporter la recherche dans ce domaine et a recommandé que les estimations du CSC soient révisées périodiquement ou au fur et à mesure que des modèles mis à jour sont diffusés. Le but recherché est de faire en sorte que les estimations du CSC correspondent systématiquement aux connaissances scientifiques et économiques les plus à jour, notamment dans la mesure dans laquelle ces connaissances sont prises en compte dans les modèles utilisés dans l'estimation du CSC. Lorsque les modèles mis à jour tiennent mieux compte de l'état des connaissances et par conséquent améliorent les estimations obtenues, il faut élaborer de nouvelles estimations.

En juillet 2015, le groupe des États-Unis a publié un résumé détaillé aux commentaires du public ainsi qu'une réponse formelle à ceux-ci (ainsi qu'une correction mineure à ses estimations du

⁴¹ TOL, Richard S.J., *The Social Cost of Carbon: Trends, Outliers and Catastrophes*, Economics: The Open-Access, Open-Assessment E-Journal 2.2008-25, 2008, p.2

⁴² HEYES, Anthony, MORGAN, Dylan, RIVERS, Nicholas, *The Use of a Social Cost of Carbon in Canadian Cost-Benefit Analysis*, Canadian Public Policy 39, 2013, p.68

⁴³ ROSE, Stephen K., *The role of the social cost of carbon in policy*, WIREs Climate Change, 3: 195–212, 2012, p. 205

CSC). Le groupe des États-Unis a du même coup annoncé qu'il avait fait la demande aux National Academies of Sciences d'entreprendre une révision de la recherche la plus récente sur la modélisation des impacts économiques des changements climatiques dans le but d'informer de futurs changements aux estimations du CSC développés par le groupe des États-Unis. L'étude est conduite en deux phases, la première étant terminée, et ayant mené à la publication d'un rapport intérimaire. Concentrée sur les compromis associés à l'idée d'entreprendre des mises à jour restreintes à court terme, le rapport a recommandé qu'aucune mise à jour à court terme ne soit entreprise⁴⁴. On s'attend à ce que le rapport final soit publié en début 2017. Ce dernier va investiguer une gamme d'approches alternatives à la mise à jour des estimations du CSC, visant à ce que ces estimations reflètent la meilleure science disponible, et fera des recommandations quant aux priorités de recherche pour l'avenir.

⁴⁴ Pour plus d'information sur ce processus, veuillez consulter [Assessing Approaches to Updating the Social Cost of Carbon - Project Description](#).

7. Mise à jour technique du CSC

Le 31 mai 2013, le groupe des États-Unis a rendu publiques des estimations mises à jour du CSC. La mise à jour était fondée sur des nouvelles versions de chacun des trois modèles d'évaluation intégrée utilisés dans les estimations de 2010. Les mises à jour tiennent compte d'avancées scientifiques et économiques permettant une compréhension nouvelle et approfondie. Elles ne réexaminent pas les hypothèses fondamentales formulées en 2010 concernant le taux d'actualisation, les scénarios socio-économiques et d'émissions, ou la sensibilité climatique. Les sections suivantes décrivent les diverses améliorations pertinentes apportées aux trois modèles⁴⁵.

7.1 PAGE⁴⁶

De nombreuses modifications existent entre les versions PAGE2002 et PAGE2009. Les modifications qui ont un impact direct sur les estimations du CSC sont entre autres la modélisation explicite de l'impact de l'élévation du niveau de la mer, une révision de la fonction de dommage pour restreindre les dommages au PIB, la considération révisée de la probabilité d'une discontinuité dans la fonction de dommage et les hypothèses révisées sur l'adaptation.

Les dommages causés par l'élévation du niveau de la mer ont été ajoutés comme nouvelle catégorie de dommages, tandis que les deux autres catégories, les dommages économiques et non économiques, ont été modifiées pour tenir compte de ce changement dans la portée des dommages (c.-à-d. pour éviter le double comptage). PAGE2009 ajoute également une nouvelle caractéristique pour faire en sorte que les dommages potentiels ne puissent pas dépasser le total du PIB; cette limite n'était pas présente dans PAGE2002.

La probabilité d'une discontinuité (un événement extrême non linéaire ou un *événement catastrophique*) a également été considérablement modifiée. Alors que dans PAGE2002, la discontinuité était modélisée comme une valeur prévue (c.-à-d. que la probabilité d'une discontinuité était multipliée par les dommages connexes pour parvenir à une valeur prévue, qui était additionnée aux impacts économiques et non économiques), dans PAGE2009, la discontinuité est modélisée comme un événement distinct chaque année; les dommages sont estimés soit avec ou sans survenue de discontinuité.

⁴⁵ Pour une discussion approfondie des mises à jour des modèles, veuillez consulter le document d'appui technique du Gouvernement des États-Unis de juillet 2015. [Technical Support Document: Technical Update of the Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis Under Executive Order 12866](#). Tous les documents liés au CSC peuvent être trouvés au : [Office of Management and Budget – Social Cost of Carbon](#).

⁴⁶ Cette section se fonde principalement sur le document de mise à jour technique sur le CSC, publié en novembre 2013 par le Gouvernement des États-Unis, comme l'évolution du modèle n'est pas bien décrite dans la littérature.

En outre, le seuil de température pour une discontinuité possible est plus bas que dans PAGE2002 et tant le niveau de dommage causé par une discontinuité que sa probabilité d'augmenter en fonction de la température, sont plus élevés. Le modèle présume qu'une seule discontinuité peut se produire et que le cas échéant, elle est permanente. Enfin, les hypothèses sur l'adaptation sont modifiées pour correspondre à une réduction présumée de la vulnérabilité plus faible découlant de l'adaptation ainsi qu'à une période prévue plus longue pour que les mesures d'adaptation réduisent la vulnérabilité (i.e., les mesures d'adaptation prennent plus longtemps à fournir des résultats). Ces deux modifications devraient mener à des estimations du CSC à la hausse.

7.2 FUND⁴⁷

FUND 3.8 comporte de nombreuses modifications par rapport à la version 3.5 du modèle. Les modifications qui sont significatives en ce qui concerne l'estimation du CSC sont les rajustements au calcul des besoins en énergie par rapport au chauffage, les rajustements à la fonction d'élévation du niveau de la mer, les modifications à la fonction de réponse climatique transitoire et l'ajout des effets indirects des émissions de méthane.

Au fur et à mesure que les températures augmentent, les besoins de chauffage diminuent. Les rajustements au calcul du chauffage font en sorte que les avantages sur le plan de l'énergie causés par la diminution des besoins de chauffage ne soient pas surestimés. Tandis que FUND 3.5 prévoyait la possibilité de la mise à l'échelle illimitée de l'avantage sur le plan du chauffage en tant que fonction de l'augmentation de la température, FUND 3.8 fait en sorte que l'estimation de l'avantage qui découle d'une réduction des besoins de chauffage ne dépasse jamais le double de l'avantage accumulé d'une augmentation de la température de 1 degré (c.-à-d. que la fonction de mise à l'échelle de l'avantage approche une valeur de 2 dans la limite des grandes anomalies de température).

Les modifications aux calculs de l'élévation du niveau de la mer et de la perte en terres améliorent le niveau de détail du potentiel de pertes en terres en considérant que les pentes des rivages augmentent lorsqu'on se déplace vers l'intérieur des terres, par opposition à l'approche initiale, qui présumait des pentes constantes. Cela réduit la vulnérabilité modélisée des terres à l'élévation du niveau de la mer. La fonction de réponse climatique transitoire transforme une modification des niveaux mondiaux de forçage radiatif en modification correspondante prévue de la température. Dans FUND, le changement de température pour une année donnée est déterminé en se fondant sur une fonction de retour à la moyenne dans laquelle la moyenne est la température d'équilibre qui sera ultérieurement atteinte si le niveau de forçage radiatif de l'année en cours est maintenu. Cette fonction a été modifiée pour mieux tenir compte de la

⁴⁷ Cette section se fonde principalement sur le document de mise à jour technique sur le CSC, publié en juillet 2015 par le Gouvernement des États-Unis. [Technical Support Document: Technical Update of the Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis Under Executive Order 12866](#) Pour plus de détails sur le modèle lui-même, veuillez-vous référer à [FUND - Climate Framework for Uncertainty, Negotiation and Distribution](#).

recherche qui démontre que la sensibilité climatique d'équilibre exerce une influence plus faible sur le taux de réponse transitoire, menant à une réponse de la température habituellement plus rapide que celle qui a été estimée en utilisant la version précédente du modèle. En règle générale, cela mène à une estimation des dommages plus élevée car bien que les mêmes dommages aient lieu, ils surviennent plus tôt (les températures plus élevées sont atteintes plus rapidement) et sont par conséquent assujettis à un facteur d'actualisation plus faible, ce qui augmente la valeur du CSC.

Enfin, FUND 3.8 incorpore les effets indirects des émissions de méthane, comme il est décrit en détail dans le quatrième Rapport d'évaluation du GIEC. Il s'agit entre autres de fixer la durée de vie moyenne du méthane dans l'atmosphère à 12 ans pour tenir compte de la rétroaction des émissions de méthane pendant la propre durée de vie de ce dernier et d'augmenter le forçage radiatif rattaché au méthane dans l'atmosphère de 40 % pour tenir compte de l'impact net du méthane sur la production d'ozone et la vapeur d'eau stratosphérique. Ces deux modifications mènent à des estimations de température plus élevées et par conséquent à des estimations du CSC plus élevées.

7.3 DICE

Le modèle DICE de 2010 incorpore un certain nombre de modifications à la version de 2007 utilisée antérieurement. Parmi ces modifications, celles qui sont particulièrement pertinentes pour l'estimation des valeurs du CSC sont les valeurs des paramètres mises à jour pour le modèle de cycle du carbone, l'inclusion d'une représentation explicite de la dynamique du niveau de la mer et une fonction de dommage réétalonnée qui est caractérisée par une représentation explicite des dommages économiques causés par l'élévation du niveau de la mer.

La mise à jour du modèle de cycle du carbone tient compte de l'affaiblissement des océans en tant que puits de carbone, ce qui mène à des concentrations plus élevées de carbone dans l'atmosphère pour le même trajet d'émissions. L'inclusion d'une représentation explicite de la dynamique du niveau de la mer dans DICE2010 calcule l'élévation du niveau de la mer comme fonction de la dilatation thermique des océans, de la fonte des glaciers et des petites calottes glaciaires, de la fonte de l'inlandsis du Groenland et de la fonte de l'inlandsis de l'Antarctique. La fonction de dommage réétalonnée présentée dans DICE2010 a en règle générale pour effet de réduire les dommages dans la majorité des premières périodes et d'augmenter les dommages dans les périodes ultérieures, menant ainsi à des dommages plus élevés à l'échelle planétaire⁴⁸.

⁴⁸ NORDHAUS, William D., *Integrated Economic and Climate Modeling*, No. 1839, Cowles Foundation for Research in Economics, Yale University, 2011.

7.4 Valeurs des États-Unis mises à jour

À l'instar de la méthode de 2010, chacun des trois modèles d'évaluation intégrée ont roulé 10000 fois en utilisant des combinaisons aléatoires de la distribution de probabilités de la sensibilité climatique (et des autres paramètres incertains spécifiques à certains modèles), pour les cinq différents scénarios socio-économiques et d'émissions en utilisant trois taux d'actualisation. Les résultats ont été distribués (et pondérés uniformément) entre les modèles et scénarios, de manière à produire 3 distributions pour le CSC pour une année donnée, une pour chacun des taux d'actualisations. Comme il a été le cas pour l'estimation de 2010, le groupe des États-Unis a choisi 4 valeurs : la moyenne du CSC pour chaque taux d'actualisation (2,5 %, 3 % et 5 %) ainsi que le 95^e centile au taux d'actualisation de 3 %. La 4^e valeur vise à représenter un impact à faible probabilité, mais à coût élevé. Les tableaux 5, 6 et 7 fournissent les valeurs précédentes et mises à jour du CSC calculées par les États-Unis pour les années 2010 à 2050, le taux de croissance annuel moyen réel pour chaque décennie de chaque ensemble de valeurs, ainsi qu'une distribution des valeurs établies par les modèles d'évaluation intégrée présentés pour chaque taux d'actualisation utilisé. Les estimations qui suivent sont basées sur les corrections techniques qui ont été faites en novembre 2015 et juillet 2015. Pour plus d'information à propos de ces corrections techniques, veuillez consulter l'annexe 2.

Tableau 4 : Estimations précédentes du CSC et mises à jour effectuées par les États-Unis pour la période allant de 2010 à 2050 (en dollars américains de 2007/tonne de CO₂)⁴⁹

Année	Moyenne précédente de 5 %	Moyenne mise à jour de 5 %	Moyenne précédente de 3 %	Moyenne mise à jour de 3 %	Moyenne précédente de 2,5 %	Moyenne mise à jour de 2,5 %	Moyenne précédente de 3 %, 95 ^e centile	Moyenne mise à jour de 3 %, 95 ^e centile
2010	4,7	10	21,4	31	35,1	50	64,9	86
2015	5,7	11	23,8	36	38,4	56	72,8	105
2016	6,0	11	24,3	38	39,1	57	74,4	108
2020	6,8	12	26,3	42	41,7	62	80,7	123
2025	8,2	14	29,6	46	45,9	68	90,4	138
2030	9,7	16	32,8	50	50,0	73	100,0	152
2035	11,2	18	36,0	55	54,2	78	109,7	168
2040	12,7	21	39,2	60	58,4	84	119,3	183
2045	14,2	22	42,1	64	61,7	89	127,8	197
2050	15,7	26	44,9	69	65,0	95	136,2	212

Source : Gouvernement des États-Unis⁵⁰

Afin d'utiliser le CSC dans l'analyse coûts-avantages, il est d'abord nécessaire d'évaluer la différence dans les émissions de GES entre le scénario avec politique et le scénario de référence. Pour chaque année pour laquelle il existe une différence, chaque tonne de réduction (ou d'augmentation) des émissions d'équivalent CO₂ doit être multipliée par le CSC de l'année en question. La valeur obtenue doit ensuite être actualisée à la valeur actuelle, tout comme les autres coûts et avantages de la politique proposée. Il devient alors possible de comparer l'ensemble des coûts et des avantages sur une même base, ce qui assure la cohérence de l'analyse.

⁴⁹ L'annexe 1 fournit ces valeurs en \$CAN de 2012 afin de faciliter la comparaison des estimations américaines et canadiennes énumérées dans le présent document.

⁵⁰ United States Government, *Technical Update Document: Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis under Executive Order 12866*, November 2013. [Technical Support Document: Technical Update of the Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis Under Executive Order 12866](#)

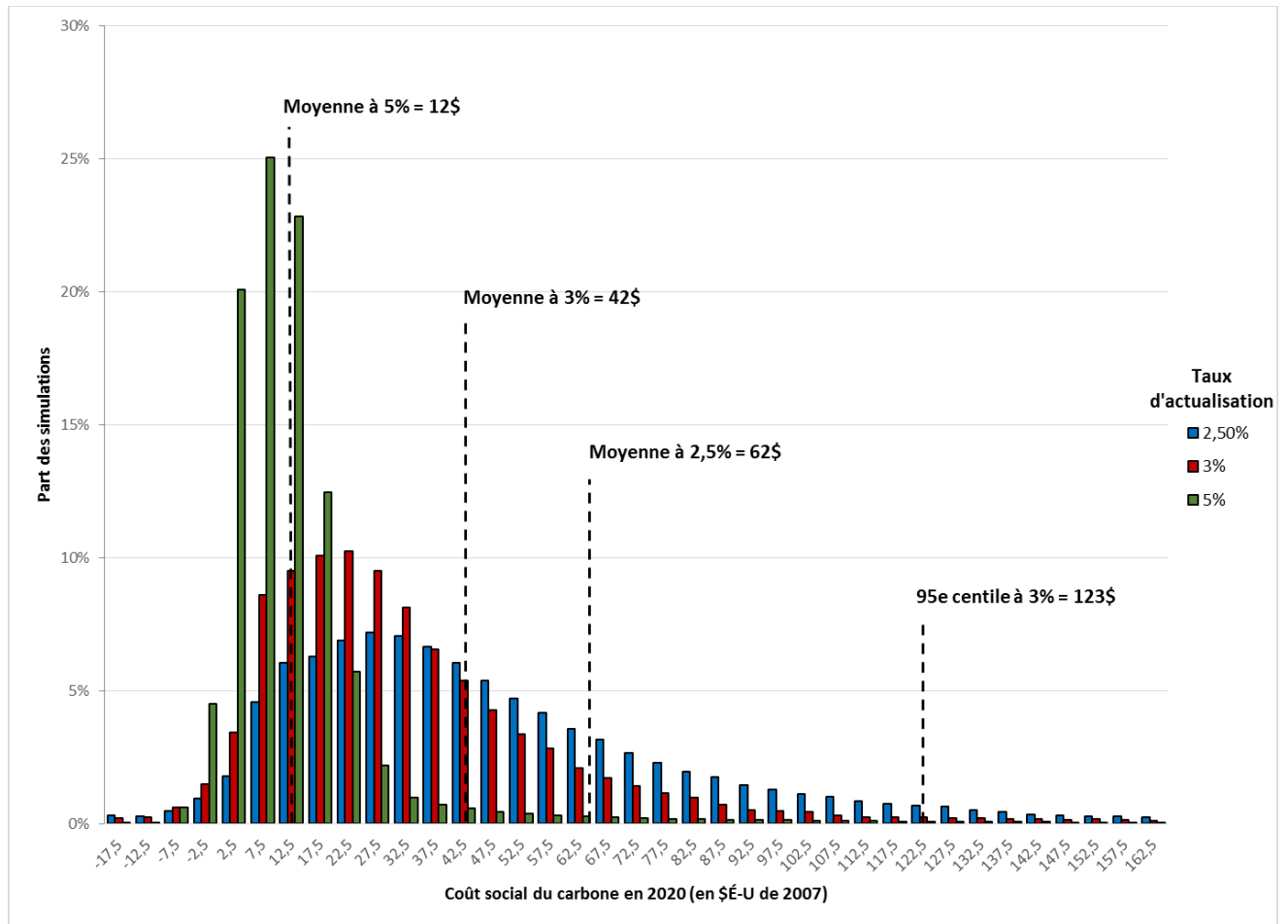
Tableau 5 : Taux de croissance annuel moyen des estimations mises à jour du CSC des États-Unis entre 2010 et 2050 (en %)

Taux d'actualisation	5 %	3 %	2,5 %	3 %
Taux de croissance annuel moyen réel	Moyen	Moyen	Moyen	95^e centile
2010-2020	1,2	3,3	2,4	4,4
2020-2030	3,4	2,1	1,7	2,4
2030-2040	3,0	1,9	1,5	2,1
2040-2050	2,6	1,6	1,3	1,5

Source : Gouvernement des États-Unis⁵¹

⁵¹ *Ibid.*

Figure 2 : Distribution des estimations mises à jour du CSC des États-Unis pour 2020 (en dollars américains de 2007/tonnes de CO₂)



Source : Gouvernement des États-Unis⁵²

⁵² *Ibid.*

8. Valeurs du CSC mises à jour par le Canada

À la suite de la publication des estimations mises à jour des États-Unis en mai 2013 ainsi que les corrections techniques de novembre 2013 et juillet 2015, Environnement et Changement climatique Canada a réuni à nouveau le groupe canadien pour examiner et évaluer les modifications. Le groupe canadien a conclu que les modifications apportées aux modèles étaient des améliorations techniques évaluées par des pairs et a recommandé de mettre à jour les valeurs recommandées par Environnement et Changement climatique Canada en conséquence.

La mise à jour des valeurs du CSC recommandées par Environnement et Changement climatique Canada pour tenir compte des modifications apportées aux modèles utilisés aux États-Unis mène à une valeur centrale du CSC en 2016 de 41 \$ la tonne de CO₂ (une augmentation de 30 %) et à une limite supérieure (95^e centile) de 167 \$ la tonne de CO₂ pour l'analyse de la sensibilité, soit une augmentation de 34 % par rapport à l'estimation précédente. Le tableau 8 énumère les estimations du CSC mises à jour pour les années 2010 à 2050. Il englobe la tendance centrale ainsi que les valeurs au 95^e centile (pour l'analyse de la sensibilité). Étant donné que les estimations d'Environnement et Changement climatique Canada sont fondées sur les résultats en dollars américains des trois modèles d'évaluation intégrée, elles ont été converties en dollars canadiens et sont régulièrement mises à jour pour tenir compte de l'inflation.

Le CSC demeure un outil imparfait, mais important, pour estimer les avantages qui découlent de la réduction des émissions de GES. Plus précisément, dans le contexte canadien, le CSC est essentiel à l'analyse coûts-avantages des règlements qui réduisent ou augmentent les GES.

Les estimations du CSC contenues dans le présent document doivent être considérées comme provisoires, en prévoyant qu'elles seront révisées à la lumière des progrès de la recherche scientifique et économique. Bien que l'incertitude considérable rattachée aux estimations du CSC soit ouvertement reconnue, les examens effectués par les spécialistes tant dans l'administration fédérale des États-Unis que du Canada ont permis de conclure que l'approche actuellement utilisée pour estimer le CSC est la plus crédible dont nous disposons à l'heure actuelle. Environnement et Changement climatique Canada continuera d'assurer un suivi de la recherche et de l'analyse liée au CSC et d'envisager une mise à jour des valeurs au fur et à mesure que de nouveaux renseignements sont diffusés.

Le processus de révision des estimations du CSC par le groupe des États-Unis qui est entrepris par le National Academies of Sciences va fournir une meilleure compréhension sur les changements futurs de la modélisation des impacts économiques des changements

climatiques. Suivant la conclusion de ce processus, Environnement et Changement climatique Canada considère l'idée de d'initier une révision par les pairs d'une partie de son approche, qui se rattache plus particulièrement aux fluctuations récentes du taux de change du dollar canadien, au taux d'actualisation utilisé pour produire les estimations, ainsi qu'à la non-considération du modèle FUND dans les estimations du 95^e centile.

Tableau 6 : Estimations précédentes et mises à jour du CSC effectuées par le Canada pour la période allant de 2010 à 2050 (en \$CAN de 2012, actualisées à 3 %) ⁵³

Année	Centrale actuelle	Centrale mise à jour	95 ^e centile actuel	95 ^e centile mis à jour
2010	27,6	34,1	108,6	131,5
2013	29,4	37,4	116,5	149,3
2015	30,7	39,6	121,8	161,1
2016	31,3	40,7	124,5	167,0
2020	33,9	45,1	135,1	190,7
2025	38,1	49,8	151,2	213,3
2030	42,2	54,5	167,4	235,8
2035	46,4	59,6	183,6	258,9
2040	50,5	64,7	199,6	281,9
2045	54,2	69,7	213,9	300,9
2050	57,8	74,8	228,0	319,8

⁵³ Les estimations ont été modélisées pour les années 2010, 2020, 2030, 2040 et 2050. Pour obtenir les estimations entre ces années, il faut faire une interpolation linéaire basée sur les estimations au-dessus et sous l'estimation désirée.

9. Références

Sources institutionnelles

Environnement et Changement climatique Canada, Direction de l'analyse économique, *Selecting a Value for CO2 Emissions in Government of Canada Regulatory Impact Analysis Statements*, 2011.

Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Résumé à l'intention des décideurs dans : 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, 2013. [Résumé à l'intention des décideurs](#)

Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, *Assessment Report 4: Working Group I*, Chapter 2, 2007. [Assessment Report 4: Working Group I](#)

Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, *Assessment Report 5: Working Group III*, Chapter 3, 2014. [Assessment Report 5: Working Group III](#)

Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, *Changements climatiques 2007 : Rapport de synthèse*. [Climate Change 2007: Synthesis Report](#)

United States Government, *Technical Support Document: Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis under Executive Order 12866* (Washington, D.C.: February 2010). [Technical Support Document: Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis under Executive Order 12866](#)

United States Government, *Technical Update Document: Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis under Executive Order 12866* (Washington, D.C.: November 2013). [Technical Update Document: Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis under Executive Order 12866](#)

Sources universitaires

Frank ACKERMAN, *Debating climate economics: the Stern Review vs. its critics*, Manuscript, July 2007.

David ANTHOFF, Richard TOL, *The Climate Framework for Uncertainty, Negotiation and Distribution (FUND), Technical Description, Version 3.5*, 2010. [The Climate Framework for Uncertainty, Negotiation and Distribution \(FUND\), Technical Description](#)

Kenneth J. ARROW, Maureen L. CROPPER, Christian GOLLIER, Ben GROOM, Geoffrey M. HEAL, Richard G. NEWELL, William D. NORDHAUS et al., *How should benefits and costs be discounted in an intergenerational context?*, Resources for the Future Discussion Paper 12, 2012.

Kenneth J. ARROW, et al., *Should Governments Use a Declining Discount Rate in Project Analysis?*, Review of Environmental Economics and Policy, 8(2): 145-163, 2014.

Wilfred BECKERMAN, Cameron HEPBURN, *Ethics of the discount rate in the Stern Review on the economics of climate change*, WORLD ECONOMICS-HENLEY ON THAMES- 8.1, 2007.

Megan CERONSKY, David ANTHOFF, Cameron HEPBURN and Richard S.J. TOL, *Checking the Price Tag on Catastrophe: The Social Cost of Carbon under Non-Linear Climate Response*, No. 392. ESRI working paper, 2011.

Simon DIETZ, *The Treatment of Risk and Uncertainty in the US Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis*, Economics: The Open-Access, Open-Assessment E-Journal, 6.2012-18, 2012.

Thomas DOWNING, David ANTHOFF, Ruth BUTTERFIELD, Megan CERONSKY, Michael GRUBB, Jiehan GUO, Cameron HEPBURN, Chris HOPE, Alistair HUNT, Ada LI, Anil MARKANDYA, Scott MOSS, Anthony NYONG, Richard S.J. TOL and Paul WATKISS, *Social Cost of Carbon: A Closer Look at Uncertainty*, Department for Environment, Food and Rural Affairs, U-K Government, 2005.

Lawrence H. GOULDER, Roberton C. WILLIAMS III, *The choice of discount rate for climate change policy evaluation*, Climate Change Economics 3.04, 2012.

Anthony HEYES, Dylan MORGAN and Nicholas RIVERS, *The Use of a Social Cost of Carbon in Canadian Cost-Benefit Analysis*, Canadian Public Policy 39, 2013.

Chris HOPE, *The Marginal Impact of CO₂ from PAGE2002: An Integrated Assessment Model Incorporating the IPCC's Five Reasons for Concern*, Integrated Assessment 6, no. 1, 2006.

Robert E. KOPP et Bryan K. MIGNONE, *The U.S. Government's Social Cost of Carbon Estimates after Their First Two Years: Pathways for Improvement*, Economics: The Open-Access, Open-

Assessment E-Journal 6, 2012.

Alex L. MARTEN and Stephen C. NEWBOLD,
Estimating the social cost of non-CO₂ GHG emissions: Methane and nitrous oxide, Energy Policy, 51, 957–972, 2012. [Estimating the social cost of non-CO₂ GHG emissions: Methane and nitrous oxide](#)

William D. NORDHAUS, *The Challenge of Global Warming: Economic Models and Environmental Policy*, Vol. 4. New Haven: Yale University, 2007. [The Challenge of Global Warming: Economic Models and Environmental Policy](#)

William D. NORDHAUS, *Integrated Economic and Climate Modeling*, No. 1839, Cowles Foundation for Research in Economics, Yale University, 2011

William D. NORDHAUS, *Estimates of the Social Cost of Carbon: Background and Results from the RICE-2011 Model*, No. w17540, National Bureau of Economic Research, 2011

G. ROE and M. BAKER, *Why is climate sensitivity so unpredictable?*, Science 318:629-632, 2007.

Stephen K. ROSE, *The role of the social cost of carbon in policy*, WIREs Climate Change, 3: 195–212, 2012.

Nicholas STERN, *Stern Review on the Economics of Climate Change*, Cambridge University press, 2007.

Richard S.J. TOL, *The Social Cost of Carbon: Trends, Outliers and Catastrophes*, Economics: The Open-Access, Open-Assessment E-Journal 2.2008-25, 2008.

Martin WEITZMAN, *Rare Disasters, Tail-Hedged Investments, and Risk-Adjusted Discount Rates*, Working Paper 18496, National Bureau of Economic Research, p. 28, 2012.

Annexe 1 : Estimations des États-Unis exprimées en \$CAN

Tableau 7 : Estimations précédentes du CSC et mises à jour effectuées par les États-Unis pour la période allant de 2010 à 2050 (en \$CAN de 2012)

Année	Moyenne initiale de 5 %	Moyenne mise à jour de 5 %	Moyenne initiale de 3 %	Moyenne mise à jour de 3 %	Moyenne initiale de 2,5 %	Moyenne mise à jour de 2,5 %	Moyenne initiale de 3 %, 95 ^e centile	Moyenne mise à jour de 3 %, 95 ^e centile
2010	5,1	11,4	23,2	34,1	38,1	54,4	70,5	93,2
2015	6,2	12,1	25,9	39,6	41,7	60,9	79,1	113,6
2016	6,5	12,2	26,4	40,7	42,4	62,3	80,8	117,6
2020	7,4	12,8	28,6	45,1	45,3	67,5	87,7	133,9
2025	8,9	14,9	32,2	49,8	49,9	73,3	98,2	149,4
2030	10,5	17,1	35,6	54,5	54,3	79,0	108,6	164,9
2035	12,2	19,7	39,1	59,6	58,9	85,0	119,2	181,8
2040	13,8	22,3	42,6	64,7	63,4	91,1	129,6	198,7
2045	15,4	25,1	45,7	69,7	67,0	97,0	138,8	214,1
2050	17,1	28,0	48,8	74,8	70,6	102,9	147,9	229,6

Annexe 2 : Corrections techniques au CSC

En novembre 2013, le groupe de travail interagence des États-Unis (groupe des États-Unis) a corrigé des éléments de la modélisation basée sur le modèle FUND. La première correction concerne la perte possible de terre sèche dans l'algorithme qui estime les protections côtières régionales, qui n'ont pas été spécifiées correctement dans le code informatique du modèle. Cette correction est abordée dans un erratum (article annonçant une erreur dans une publication antérieure) dans la revue *Climatic Change* en octobre 2013 (Anthoff et Tol). La seconde correction était nécessaire parce que la répartition de la sensibilité climatique à l'équilibre (SCE) a été par inadvertance précisée comme un autre type de distribution que celui qui devait être utilisé aux fins d'élaboration des estimations du CSC. Cela signifie que les valeurs de SCE utilisées dans les simulations étaient réparties d'une façon différente de ce qui était prévu. L'impact de ces changements par rapport aux estimations initiales est très faible, entraînant un changement de moins d'un dollar pour chaque estimation.

En juillet 2015, le groupe des États-Unis a révisé ses estimations afin d'apporter deux autres corrections nécessaires. D'abord, le modèle PAGE a été indexé incorrectement, produisant des estimations en dollars U.S. de 2008, malgré qu'ils étaient étiquetés comme étant des dollars U.S. de 2007, comme les autres estimations. Deuxièmement, le modèle DICE a été modélisé jusqu'en l'an 2299, par opposition aux modélisations effectuées pour les autres modèles jusqu'en l'an 2300. Bien que les corrections aux modélisations de DICE soient très mineures, les changements au modèle PAGE sont plus importants. En moyenne, le changement représente une réduction d'environ un dollar pour les estimations centrales, alors que l'impact sur le 95^e centile est légèrement plus élevé, puisque les estimations sont plus fortement influencées par le modèle PAGE. Pour les estimations canadiennes en particulier, cette correction a un effet plus important, puisque le modèle PAGE représente la moitié des estimations considérées pour le 95^e percentile de la distribution (FUND étant exclu de cette estimation). Cela entraîne une réduction de 6 \$ aux estimations de 2015 et de 14 \$ en 2050, puisque les estimations augmentent considérablement au fil du temps.

Annexe 3 : Développements concernant l'évaluation des GES autres que le CO₂

Lors de l'analyse de règlements proposés, il est possible de considérer les impacts des GES qui ne sont pas du CO₂ étant émis à grande échelle mondialement comme le méthane et l'oxyde de diazote de différentes manières. Parmi celles-ci, l'approche la plus convenable est la modélisation directe des estimations du GES qui est valorisé. Dans la littérature, un ensemble d'estimations directes du coût social du méthane ont été produits. Cependant, jusqu'à récemment, aucun des efforts de modélisation étaient cohérents avec le CSC tel que développé par le groupe des États-Unis. En absence de modélisation directe des estimations, une méthode alternative pour évaluer les émissions de GES autres que le CO₂ consiste à utiliser le potentiel de réchauffement global (PRG) comme approche approximative. Le PRG permet de mesurer le forçage radiatif (l'effet de réchauffement) d'un GES autre que du CO₂ en le mesurant relativement au CO₂ sur un horizon temporel fixe, 100 ans étant le plus communément utilisé. Par exemple, le quatrième rapport d'évaluation du GIEC⁵⁴ estime que le méthane et l'oxyde de diazote ont un forçage radiatif significativement différent à travers le temps par rapport au CO₂, ayant respectivement des PRG sur 100 ans de 25 et 298. Bien que l'approche du PRG est considérée comme étant une méthode simple et transparente de mesure les impacts venant de GES autres que le CO₂, certaines difficultés sont associées à l'utilisation de cette méthode, tel qu'expliqué par la USEPA dans une analyse d'impact réglementaire pour les « *Proposed Emission Standards for New and Modified Sources in the Oil and Natural Gas Sector*⁵⁵ » :

Le PRG n'est pas parfaitement adapté à l'utilisation dans l'analyse coûts-avantages pour fournir une approximation du coût social de GES autres que le CO₂ car il ignore d'importantes relations non-linéaires au-delà du forçage radiatif dans la chaîne entre les émissions et les dommages économiques. Ces relations peuvent devenir pertinentes car les GES ont différents cycles de vie et le CSC prendre en considération le fait que les dommages marginaux d'une augmentation de température se font en fonction des températures présentes. Une autre limite des mesures comparant l'intensité de différents GES pour cette fin est que certains impacts environnementaux et socioéconomiques ne sont pas liés à tous les GES qui sont considérés, ou même au forçage radiatif, et pourraient être alloués incorrectement. Par exemple, les impacts économiques associés à l'augmentation de la production agricole du à une augmentation des concentrations atmosphériques de CO₂ inclus

⁵⁴ Forster, P., V. Ramaswamy, P. Artaxo, T. Berntsen, R. Betts, D.W. Fahey, J. Haywood, J. Lean, D.C. Lowe, G. Myhre, J. Nganga, R. Prinn, G. Raga, M. Schulz and R. Van Dorland, 2007: *Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing*. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, p. 212.

⁵⁵ Le document complet est disponible au : [Proposed Emission Standards for New and Modified Sources in the Oil and Natural Gas Sector](#)

dans le CSC seraient incorrectement alloués aux émissions de méthane en adoptant une approche de valorisation basée sur le PRG.

Un autre élément préoccupant est que les hypothèses faites en estimant le PRG ne sont pas cohérentes avec celles qui sous-tendent les estimations du CSC en général, ce qui est particulièrement vrai dans le cas des estimations du CSC développées par le groupe des États-Unis. Par exemple, l'horizon temporel de 100 ans habituellement utilisé pour estimer le PRG est inférieur à l'horizon de 300 auquel le groupe des États-Unis s'est intéressé dans son développement des estimations du CSC. L'approche du PRG traite aussi tous les impacts de cet horizon temporel de manière uniforme, indépendamment du moment auquel ces impacts se produisent. Cela est incohérent avec le rôle de l'actualisation en analyse économique, qui tient compte des préférences de base suggérant qu'un gain d'utilité à court terme est préféré à un gain à long terme, ainsi que les attentes par rapport à la croissance économique future. Dans le cas du méthane, qui a un cycle de vie relativement court par rapport au CO₂, l'indépendance temporelle du PRG pourrait mener l'approche du PRG à sous-estimer le coût social du méthane, effet qui serait exacerbé par des taux d'actualisation plus élevés (Marten and Newbold, 2012).

En 2011, la USEPA a publié une demande de commentaires sur l'approche qui devrait être envisagée pour intégrer les GES autres que le CO₂ dans les analyses d'impacts réglementaires. En général, bien que certains de ceux qui ont offert des commentaires étaient d'accord que l'approche du PRG pour évaluer les impacts fournit une approximation des impacts, ils ont aussi supporté l'évaluation de la USEPA suggérant que le développement d'estimations directes des impacts liés aux GES qui ne sont pas du CO₂ était préférable afin de surmonter les défis associés à cette approche. Dans les mois suivant la période de commentaires de 2011, la USEPA a commencé à prendre en considération les GES autres que le CO₂ dans les analyses coûts-avantages, en multipliant les GES autres que le CO₂ par leur PRG⁵⁶. Cependant, cette estimation a seulement été utilisée dans le cadre de l'analyse de la sensibilité, puisqu'elle a été considérée comme étant une méthode provisoire jusqu'à ce que des estimations des coûts sociaux directement modélisés pour les GES autres que le CO₂ soient mises au point aux fins d'utilisation dans l'analyse centrale.

En 2014, des chercheurs travaillant pour la USEPA (Marten et. al 2014) ont publié un article qui, pour la première fois, contenait des évaluations des impacts prévus du méthane et de l'oxyde de diazote (c'est-à-dire le CSCH₄ et le CSN₂O) qui sont cohérentes avec la méthodologie que le groupe des États-

⁵⁶ Un exemple de cette intégration est la phase 1 de la réglementation sur les véhicules légers, pour laquelle l'analyse de l'incidence de la réglementation est disponible à l'emplacement suivant : [Light-Duty Vehicle Greenhouse Gas Emission Standards and Corporate Average Fuel Economy Standards; Final Rule](#)

Unis a utilisé pour développer le CSC⁵⁷. L'article a aussi trouvé que la modélisation directe des coûts liés aux GES qui ne sont pas du CO₂ fournit une estimation plus précise que l'approche du PRG, ce qui est particulièrement vrai pour les GES à courte durée de vie tels que le méthane, pour lesquels l'effet de réchauffement est condensé dans le temps et l'actualisation des impacts futurs a un effet moindre sur la valeur résiduelle nette des impacts. Cela mène à des estimations légèrement plus élevées dans l'ensemble, cet effet étant plus prononcé si un taux d'actualisation plus élevé est utilisé.

En juillet 2015, la USEPA a publié un règlement proposé (phase 2 des normes sur les émissions de gaz à effet de serre et l'efficacité du carburant pour les moteurs et les véhicules moyens et lourds) qui intégrait les estimations du CSCH₄ et du CSN₂O pour la première fois dans l'analyse de la sensibilité de l'analyse coûts-avantages afin de monétiser les réductions du méthane et de l'oxyde de diazote. En août 2015, à la suite d'un processus d'examen par les pairs des estimations développées par Marten et al. (2014), la USEPA a publié deux autres analyses d'impacts réglementaires pour règlements proposés⁵⁸, avec une analyse coûts-avantages qui comprenait le CSCH₄ dans son analyse centrale.

Bien que le groupe des États-Unis n'a pas, au moment de finaliser ce document, publié un rapport technique avec des estimations du coût social de GES qui ne sont pas du CO₂, Environnement et Changement climatique Canada considère que l'approche de la USEPA pour le CSCH₄ et le CSN₂O, qui rencontre les exigences analytiques des États-Unis et les lignes directrices pour les analyses réglementaires, représente une amélioration technique par rapport à l'approche du PRG. Cette approche est fondée sur la même méthodologie de modélisation et les hypothèses qui ont été établis à l'origine lorsque le CSC a été élaboré, tout en tenant compte des différents horizons temporels pour les effets du CH₄ et du N₂O. Plus particulièrement, la méthodologie maintient l'utilisation du même ensemble de trois modèles d'évaluation intégrée, cinq scénarios socioéconomiques et d'émissions, la distribution de la sensibilité climatique à l'équilibre et l'approche d'agrégation utilisée par le groupe des États-Unis pour élaborer les estimations. En appliquant la méthodologie qui a été utilisée pour adapter les estimations du CSC des É.-U. en estimations canadiennes, Environnement et Changements climatiques Canada a produit des estimations pour le CSCH₄ et le CSN₂O, qui sont basées sur les estimations de Marten et al. (2014). Les tableaux A3-1 et A3-2 illustrent ces estimations et fournissent, pour fins de comparaisons, les valeurs qui résulteraient de l'utilisation de l'approche d'approximation à l'aide du PRG. Environnement et Changements climatiques Canada a présenté au groupe de travail interministériel sur le CSC, qui a accepté que le CSCH₄ et le CSN₂O représente un approche plus robuste que l'utilisation du PRG de ces GES. Environnement et Changement climatique Canada va continuer de surveiller et évaluer l'évolution de la littérature au sujet de la valorisation des GES qui ne

⁵⁷ Marten et al., *Estimating the social cost of non-CO2 GHG emissions: Methane and nitrous oxide*, Energy Policy, 51, 957–972, 2012, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421512008555>

⁵⁸ *Proposed Emission Standards for New and Modified Sources in the Oil and Natural Gas Sector et Proposed Revisions to the Emission Guidelines for Existing Sources and Supplemental Proposed New Source Performance Standards in the Municipal Solid Waste Landfills Sector*

sont pas du CO₂, et mettra à jour ses estimations au besoin.

Tableau A3-1 : Estimations du CSCH₄ par rapport à l'approche du PRG pour la période de 2010-2050 (en CAD de 2012, actualisé à 3 %)

Année	CSCH ₄ ⁵⁹	Approche du PRG	95 ^e centile du CSCH ₄	95 ^e centile avec l'approche du PRG
2010	946	851	2 857	3 288
2015	1 129	990	3 394	4 028
2016	1 165	1 017	3 501	4 176
2020	1 312	1 128	3 931	4 768
2025	1 519	1 246	4 735	5 332
2030	1 726	1 364	5 539	5 895
2035	1 971	1 490	6 480	6 472
2040	2 215	1 616	7 421	7 049
2045	2 462	1 743	8 233	7 521
2050	2 709	1 869	9 046	7 994

Tableau A3-2 : Estimations du CSN₂O par rapport à l'approche du PRG pour la période de 2010-2050 (en CAD de 2012, actualisé à 3 %)

Année	CSN ₂ O	Approche du PRG	95 ^e centile du CSN ₂ O	95 ^e centile avec l'approche du PRG
2010	12 847	10 148	42 476	39 196
2015	14 551	11 796	48 483	48 017
2016	14 892	12 126	49 684	49 781
2020	16 255	13 444	54 490	56 837
2025	18 185	14 850	61 839	63 553
2030	20 115	16 256	69 188	70 268
2035	22 287	17 761	77 356	77 143
2040	24 460	19 267	85 525	84 018
2045	26 798	20 775	94 118	89 656
2050	29 135	22 282	102 711	95 294

⁵⁹ Tel que développé par Marten et al. (2014)

Pour des renseignements supplémentaires :

Environnement et Changement climatique Canada

Centre de renseignements à la population

7^e étage, édifice Fontaine

200, boulevard Sacré-Cœur

Gatineau (Québec) K1A 0H3

Téléphone : 1-800-668-6767 (au Canada seulement) ou 819-997-2800

Courriel : ec.enviroinfo.ec@canada.ca