Government of Canada | Gouvernement du Canada

Atelier sur la recherche sur le cycle du carbone au Canada

Rapport sur les principales lacunes et prochaines étapes

Canada

N° de cat. : En4-417/2020F-PDF
ISBN : 978-0-660-36522-0

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 des droits 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 publics
12e étage, Édifice Fontaine
200, boulevard Sacré-Cœur
Gatineau (Québec) K1A 0H3
Téléphone : 819-938-3860
Sans frais : 1-800-668-6767 (au Canada seulement)
Courriel : ec.enviroinfo.ec@canada.ca

Photos : © Environnement et Changement climatique Canada

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, représentée par le ministre de l'Environnement et du Changement climatique Canada, 2020

Also available in English

TABLES DES MATIÈRES

0. SOMMAIRE

1. INTRODUCTION

2. APERÇU DE L'ATELIER

3. ÉTAT DES CONNAISSANCES

Stratégies d'atténuation et répercussions des changements climatiques sur les stratégies d'atténuation

Facteurs anthropiques : l'interaction humaine avec l'environnement naturel

Facteurs anthropiques : les émissions anthropiques

Comprendre les changements dans le Nord et l'Arctique

Comprendre les systèmes naturels

Méthodes d'estimation des flux de carbone

4. PRINCIPALES LACUNES DANS LES CONNAISSANCES

5. COMBLER LES LACUNES DANS LES CONNAISSANCES

6. PROCHAINES ÉTAPES

ANNEXE A : Liste des participants

0. SOMMAIRE

Il est urgent d'améliorer la compréhension des sources et des puits de carbone au Canada afin d'éclairer le choix des mesures que le Canada devra prendre pour atteindre la cible de température de l'Accord de Paris (bien en deçà de 2 °C, avec un objectif de 1,5 °C). Les récents rapports du GIEC nous informent que l'atteinte de cet objectif exigera des émissions de carbone nettes nulles.

À titre de produit livrable du Plan scientifique ciblé du gouvernement fédéral en matière de changements climatiques, on a tenu en juin 2019 un atelier sur la recherche sur le cycle du carbone au Canada. Des participants issus des ministères et organismes fédéraux à vocation scientifique, des conseils fédéraux subventionnaires de recherches, des gouvernements provinciaux et des universités canadiennes se sont rencontrés pour cerner et prioriser les principales lacunes en matière de connaissances tirées de recherches sur le cycle du carbone au Canada et pour formuler des recommandations concrètes visant à combler les lacunes les plus importantes.

Les participants à l'atelier ont cerné les principales lacunes dans les connaissances sous les thèmes des stratégies d'atténuation des changements climatiques, des facteurs anthropiques des changements climatiques, de la compréhension des changements dans le Nord *et dans* les systèmes naturels, *ainsi que* des méthodes d'estimation des flux de carbone. *Les participants à l'atelier ont priorisé les lacunes dans les connaissances où des progrès réels pourraient être réalisés grâce à une collaboration accrue au sein de la communauté canadienne de recherche sur le cycle du carbone. Les participants ont également discuté d'approches et de méthodes pour combler ces lacunes dans les connaissances grâce à une collaboration accrue.*

Au terme de l'atelier, les participants ont proposé de nouvelles activités pour le Plan d'action sur le cycle du carbone et les puits de carbone du Plan scientifique ciblé du gouvernement fédéral en matière de changements climatiques et le Plan national sur la science et le savoir en matière de changements climatiques :

- Créer un réseau national de collaboration entre les disciplines qui englobe les ministères fédéraux, les provinces et les territoires, ainsi que le milieu universitaire;
- Élaborer un plan national de recherche sur le cycle du carbone avec des thèmes qui constitueraient le fondement d'une évaluation scientifique nationale du cycle du carbone;
- Organiser régulièrement des séminaires et des ateliers qui facilitent l'échange d'information ainsi que le développement et le maintien de collaborations.

Les participants à l'atelier ont conclu que l'amélioration de la compréhension des sources et des puits de carbone naturels et anthropiques du Canada exige un financement réservé et soutenu, ainsi qu'une collaboration étendue par l'entremise d'un réseau de recherche intégré. Le réseau devrait s'appuyer sur l'infrastructure existante et commencer par l'établissement d'un inventaire des études et données existantes. Cela nécessiterait des ressources spécialisées et pourrait être coordonné par un bureau central, comme un consortium. Le bureau central pourrait jouer un rôle dans les domaines suivants : la coordination du financement et de la recherche, le maintien de liens solides avec la communauté décisionnelle, la collaboration avec des partenaires internationaux, la fourniture et la gestion de l'accès aux ressources informatiques, et la facilitation de la gestion des données et de leur accessibilité.

1. INTRODUCTION

Le *Plan scientifique ciblé du gouvernement fédéral en matière de changements climatiques* a été lancé en 2017 afin d'appuyer une collaboration accrue en matière de science climatique et d'accélérer la prestation des données scientifiques nécessaires pour éclairer les mesures de lutte contre les changements climatiques décrites dans le *Cadre pancanadien sur la croissance propre et les changements climatiques*. L'une des activités définies dans le Plan d'action sur le cycle du carbone et les puits de carbone (qui fait partie du Plan scientifique ciblé du gouvernement fédéral en matière de changements climatiques) consistait à organiser un atelier qui produirait un rapport sur la compréhension actuelle des sources et des puits de carbone au Canada et sur la voie à suivre pour améliorer cette compréhension. Pour ce faire, deux ateliers ont eu lieu en 2019. Le premier, organisé le 26 février 2019, a permis aux ministères et organismes fédéraux de mieux comprendre les activités scientifiques et stratégiques à l'échelle du gouvernement du Canada (« l'atelier fédéral »). Le deuxième, un Atelier canadien sur les recherches au titre du cycle du carbone, a été tenu les 27 et 28 juin 2019 et comprenait la participation du gouvernement, du milieu universitaire et d'autres intervenants. Les participants ont pris part à de multiples discussions en petits groupes, entre experts et en plénière afin d'atteindre les objectifs de l'atelier, soit de documenter l'état actuel des connaissances, de cerner les principales lacunes et incertitudes en matière de connaissances et de proposer des mesures clés pour accroître la compréhension des sources et des puits de carbone au Canada.

Les résultats escomptés de l'atelier incluaient ce qui suit :

- Recensement et priorisation des lacunes et des incertitudes scientifiques liées aux sources et aux puits de carbone dans l'environnement canadien et la façon dont ils peuvent changer selon les projections de futurs changements climatiques;
- Détermination des mécanismes actuels de collaboration et des approches possibles pour améliorer la collaboration;
- Formulation de mesures clés visant à combler ces lacunes scientifiques et à réduire les incertitudes associées aux sources et aux puits de carbone dans l'environnement canadien, y compris les activités scientifiques ciblées.

Ce rapport commence par un aperçu de l'atelier et une discussion de l'état actuel des connaissances sur le cycle du carbone au Canada. Ces sections sont suivies par une description des principales lacunes dans les connaissances liées à la compréhension collective actuelle des sources et des puits de carbone naturels et anthropiques au Canada, ainsi que des approches visant à combler ces lacunes. Le rapport se termine par les nouvelles activités proposées pour le Plan d'action sur le cycle du carbone et les puits de carbone et les principaux thèmes des futurs appels à propositions pour la recherche sur le cycle du carbone.

2. APERÇU DE L'ATELIER

Le premier atelier de février a facilité la discussion entre les spécialistes des sciences et des politiques sur le cycle du carbone du gouvernement fédéral afin d'évaluer l'état de la recherche dans les ministères et organismes fédéraux et de cerner les principales lacunes en matière de connaissances nécessaires pour appuyer l'élaboration de politiques. Le programme était axé sur les facteurs stratégiques canadiens et internationaux, les activités de recherche (organisées autour de cinq thèmes) et les possibilités d'améliorer la collaboration en matière de recherche. Le deuxième atelier, tenu en juin, a fait appel à la participation de différents ordres de gouvernement au Canada, ainsi que d'universités canadiennes, afin de cerner et de prioriser les principales lacunes dans notre compréhension des sources et des puits de carbone au Canada.

En se fondant sur les résultats de l'atelier fédéral, la première journée de discussions de l'Atelier canadien sur les recherches au titre du cycle du carbone a porté sur les thèmes suivants :

- *Stratégies d'atténuation et répercussions des changements climatiques sur les stratégies d'atténuation*
  L'atténuation comprend des activités et des politiques visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre et à accroître les absorptions par rapport à un scénario de référence ou de maintien du statu quo. L'activité humaine a une incidence sur le cycle du carbone, et nous devons bien comprendre comment l'atténuation fondée sur la nature et exploitant le cycle du carbone peut contribuer à l'atteinte des cibles de réduction des émissions mondiales et canadiennes. Ce thème était axé sur l'amélioration des connaissances sur les stratégies d'atténuation exploitant le cycle du carbone afin d'offrir une orientation aux décideurs.

- *Facteurs anthropiques : l'interaction humaine avec l'environnement naturel*
  Les actions humaines modifient directement et indirectement les taux de transfert de carbone dans la biosphère. Les changements directs peuvent résulter du changement de l'utilisation des terres ou de la gestion de ces dernières pour la production d'aliments, de fibres et d'abris, pour l'utilisation à des fins récréatives, ainsi que pour l'extraction d'énergies renouvelables et de ressources non renouvelables. Le changement peut aussi se produire indirectement, car les écosystèmes qui ne sont pas directement touchés par les manipulations humaines subissent des modifications des fonctions écologiques découlant des changements dans les écosystèmes voisins, l'exemple extrême étant la rétroaction découlant des changements climatiques eux-mêmes. Ce thème était axé sur la compréhension de la façon dont les actions humaines modifient les taux de transfert de carbone dans la biosphère.

- *Facteurs anthropiques : les émissions anthropiques*
  Les émissions de GES attribuables aux activités humaines ont entraîné une hausse de la concentration de GES dans l'atmosphère. Cette hausse de la concentration atmosphérique de GES, principalement le dioxyde de carbone, a été le principal facteur du réchauffement climatique pendant l'ère industrielle. Ce thème portait sur l'aspect des émissions des facteurs anthropiques des changements dans le cycle du carbone, y compris le rapprochement des estimations ascendantes et descendantes du CO_2, du CH_4, etc., et la compréhension de la façon dont nous pouvons caractériser les sources de toutes les émissions.

- *Comprendre les changements dans le Nord et l'Arctique*
  L'Arctique s'est réchauffé plus rapidement que tout autre endroit au monde. La compréhension des changements dans l'Arctique et le Nord est d'une grande importance pour le Canada. Ce thème était axé sur la compréhension des changements du cycle du carbone qui pourraient découler des

changements climatiques prévus dans l'Arctique et le Nord.

- *Comprendre les systèmes naturels*

Il est essentiel de comprendre la dynamique des sources et des puits de carbone dans les systèmes naturels (p. ex. terres gérées ou non, écosystèmes terrestres et aquatiques, etc.) pour réduire la concentration de carbone dans l'atmosphère. Ce thème était axé sur l'amélioration de la compréhension fondamentale des systèmes naturels afin d'obtenir une meilleure image du cadre conceptuel du cycle du carbone. Plus précisément, l'évaluation de notre compréhension collective des bassins et des processus de carbone dans les principaux écosystèmes du Canada et de la façon dont les changements futurs dans ces écosystèmes pourraient modifier le cycle du carbone.

- *Méthodes d'estimation des flux de carbone*

Nous vivons dans un monde axé sur les données, et cela s'applique à l'estimation des flux de carbone. Nous disposons de plus d'outils et de renseignements que jamais et bon nombre de ces derniers peuvent être utilisés pour comprendre le cycle du carbone et les interactions entre l'atmosphère et la surface de la Terre. Ce thème était axé sur l'utilisation d'outils de modélisation et de données mesurées ou observées pour des utilisations particulières des terres, des processus industriels ou des cycles naturels afin de créer des estimations des flux de carbone à diverses échelles (p. ex. échelles spatiales, comme à l'échelle des paysages, régionales ou nationales, ou temporelles, du quotidien à l'année et au-delà).

Les discussions en petits groupes ont été suivies d'un exercice de priorisation au cours duquel les participants ont examiné à la fois la faisabilité et l'incidence de la résolution des lacunes dans les connaissances relevées sur notre capacité à comprendre et à quantifier les sources et les puits de carbone.

La deuxième journée de l'atelier a porté sur les mécanismes de collaboration pour la prestation des données scientifiques nécessaires pour combler ces lacunes dans les connaissances. Des représentants de Services publics et Approvisionnement Canada (Laboratoires Canada), du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada, du Conseil de recherches en sciences humaines et du milieu universitaire ont participé à une discussion entre experts sur l'amélioration de la collaboration qui a été suivie de discussions en petits groupes sur les mécanismes de collaboration. L'atelier s'est terminé par une discussion en plénière visant à déterminer la voie à suivre.

3. ÉTAT DES CONNAISSANCES

Cette section met en évidence les principaux points abordés et les principales lacunes en matière de connaissances dégagées lors des différentes discussions en petits groupes sur les six thèmes de recherche présentés en deuxième partie du présent document. Plusieurs lacunes importantes ont été cernées et abordées pour chaque thème.

Pour mettre les choses en contexte, les émissions totales de gaz à effet de serre du Canada en 2017 étaient de 716 MT d'éq. CO_2, dont 637 MT d'éq. CO_2 provenaient de sources anthropiques (p. ex. énergie, transport, industrie, etc.), 60 MT d'éq. CO_2 provenaient de sources agricoles et 19 MT d'éq. CO_2 provenaient des déchets. En 2017, on a estimé que l'utilisation des terres, la modification de l'utilisation des terres et la foresterie étaient l'équivalent d'un puits net de 24 MT d'éq. CO_2.

STRATÉGIES D'ATTÉNUATION ET RÉPERCUSSIONS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LES STRATÉGIES D'ATTÉNUATION

Les activités humaines ont une incidence sur le cycle du carbone, et les décideurs doivent avoir une bonne compréhension de la manière de les adapter pour contribuer à atteindre les cibles mondiales et canadiennes de réduction des émissions de GES. Les politiques et les mesures (c.-à-d. les stratégies d'atténuation des changements climatiques) pourraient réduire les émissions des sources de carbone écosystémiques et améliorer l'absorption de carbone par les écosystèmes naturels par rapport à un scénario de référence ou de maintien du statu quo. On a demandé aux participants de discuter des renseignements sur les stratégies d'atténuation du cycle du carbone qui sont les plus nécessaires pour guider les décideurs. Par exemple, quels renseignements sont nécessaires à l'amélioration de notre compréhension de l'éventail des stratégies d'atténuation possibles, de leurs coûts, de la façon dont les avantages de l'atténuation peuvent varier dans le temps et l'espace, et des compromis et des liens entre les stratégies? Que faut-il pour améliorer notre compréhension de la façon dont les résultats d'atténuation peuvent être touchés par les changements climatiques? Comprenons-nous suffisamment la relation entre l'atténuation et l'adaptation aux changements climatiques et en tenons-nous suffisamment compte?

Les participants à l'atelier ont cerné cinq lacunes ou questions clés en insistant sur ce qui est nécessaire pour passer de l'analyse à l'action.

1. **Usage cohérent d'une approche ou d'une méthodologie globale intégrée ou systémique lorsqu'on entreprend des analyses d'atténuation** portant sur le cycle du carbone. Pour ce faire, il faut des outils scientifiques et des données de référence, et une compréhension du cycle du carbone à l'échelle pour laquelle les décideurs créent et mettent en application des politiques et des mesures d'atténuation.

2. **Meilleure compréhension des mesures précises prises à des endroits précis qui contribueront le plus à l'atténuation**, et à quel coût. Un point de vue commun était que l'on devrait viser les années 2030 et 2050, parce que ce sont des années clés pour l'élaboration de la politique canadienne d'atténuation des changements climatiques compte tenu a) des cibles de réduction des émissions et b) de l'évaluation scientifique de la nécessité d'atteindre des émissions de carbone nettes nulles d'ici 2050 pour avoir une chance raisonnable de limiter les augmentations de température mondiale à 1,5 °C.

3. **Meilleure compréhension des principaux facteurs qui peuvent influer sur les résultats et les choix en matière d'atténuation**, notamment :
    - Les répercussions des changements climatiques sur le cycle du carbone et sur les résultats possibles de l'atténuation, et le besoin d'adaptation; par exemple, l'adaptation de la gestion des feux de forêt ou de la gestion forestière.
    - Le calendrier des mesures d'atténuation, compte tenu de la nécessité d'atteindre des réductions importantes des émissions au cours de la prochaine décennie et d'assurer des contributions à long terme à des émissions nettes nulles.
    - Pour contribuer à long terme à l'atteinte d'émissions de carbone nettes nulles pour le Canada, il faut comprendre le potentiel d'émissions de carbone négatives (augmentation de l'absorption des puits de carbone), qui seront nécessaires pour compenser les émissions positives continues qui sont difficiles à atténuer.
    - L'ampleur des effets de substitution, par exemple lorsque la biomasse des systèmes terrestres peut remplacer d'autres produits à plus forte intensité d'émissions sur la base du cycle de vie.
    - Préoccupations au sujet de la permanence du carbone stocké lorsque les stratégies visent à accroître le carbone stocké dans les systèmes naturels qui sont eux-mêmes vulnérables aux changements climatiques.
    - Préoccupations au sujet des fuites, parce que les mesures qui accroissent la séquestration du carbone à un endroit peuvent entraîner des activités dans d'autres endroits qui réduisent la séquestration ou causent des émissions.

4. **Meilleure traduction de la compréhension scientifique des stratégies d'atténuation possibles liées au cycle du carbone en mesures concrètes**. Les participants ont relevé divers enjeux et des approches possibles pour les régler. L'un des enjeux est la façon d'évaluer les différentes stratégies d'atténuation (qui font intervenir le cycle du carbone ainsi que les secteurs) lorsque les coûts et les avantages de chaque approche peuvent être engendrés sur des périodes différentes. Les participants ont également relevé l'importance de la mobilisation des parties prenantes pour obtenir leur « adhésion » à la mise en œuvre de stratégies d'atténuation, ce qui pourrait inclure l'élaboration concertée de stratégies et de politiques ainsi que la prise en compte d'instruments comme le financement direct, les incitatifs et d'autres outils stratégiques.

5. **Le suivi et l'évaluation des répercussions des politiques d'atténuation tirant parti du cycle du carbone** dans un processus de gestion adaptative qui comprend la compréhension des émissions et des absorptions de GES de base à mesure que le climat change, la compréhension et la prévision des répercussions d'une politique d'atténuation sur les GES, la mise en œuvre de la politique, la surveillance continue des résultats et l'adaptation de la politique en fonction des résultats de la surveillance au besoin.

Les points 2 et 4 ont été désignés par les participants comme les lacunes dans les connaissances les plus prioritaires, mettant en évidence un sentiment d'urgence commun quant à la nécessité de réaliser des progrès dans ces domaines afin de permettre la mise en œuvre efficace des mesures d'atténuation faisant intervenir le cycle du carbone.

FACTEURS ANTHROPIQUES : L'INTERACTION HUMAINE AVEC L'ENVIRONNEMENT NATUREL

Les actions humaines modifient directement et indirectement les taux de transfert de carbone dans la biosphère. Les participants à l'atelier ont examiné les changements directs qui résultent du changement d'utilisation des terres ou de la gestion de ces dernières pour la production d'aliments, de fibres et d'abris, de l'utilisation à des fins récréatives, ainsi que de l'extraction d'énergies renouvelables et de ressources non

renouvelables. Les changements indirects au cycle du carbone ont également été examinés, car les écosystèmes peuvent subir des modifications des fonctions écologiques découlant des changements dans les écosystèmes voisins, l'exemple extrême étant la rétroaction découlant des changements climatiques eux-mêmes.

Les participants à l'atelier se sont penchés sur les questions scientifiques fondamentales et ont souligné la nécessité :

1. **d'une amélioration de la quantification de la réponse des écosystèmes aux émissions de carbone découlant des activités de gestion humaine, c'est-à-dire cerner les occasions où la réponse pourrait être importante, déterminer les indicateurs écosystémiques qui donneraient à penser que la réponse aux émissions de carbone serait limitée;**
2. **d'une répartition spatiale des données sur les mesures de gestion et les caractéristiques écologiques sous-jacentes connexes.**

Il est clair qu'il existe d'importantes incertitudes dans l'estimation de la réponse des écosystèmes aux actions humaines qui réduisent notre capacité à prioriser les mesures pour réduire les émissions de GES ou augmenter les puits de carbone. Dans la même veine que la nécessité d'améliorer la quantification du potentiel des écosystèmes d'agir en tant que sources ou puits de carbone, une évaluation efficace de l'impact des actions humaines sur les écosystèmes exige de bonnes données sur la façon dont la capacité d'agir en tant que source ou puits de carbone d'un écosystème donné est affectée par les actions humaines (c.-à-d. comment la capacité d'agir en tant que source ou puits de carbone d'un écosystème peut varier au fil du temps en raison des actions humaines). On a relevé trois principales lacunes en matière de connaissances dans l'évaluation de la vulnérabilité des écosystèmes aux actions humaines et la mesure des résultats de ces dernières, qu'ils soient positifs (p. ex. grâce à une meilleure gestion) ou négatifs (en raison de la dégradation continue ou accrue des stocks de carbone) :

1. **une évaluation de la vulnérabilité des milieux humides aux actions humaines et aux changements climatiques (compromis entre le dioxyde de carbone et le méthane);**
2. **les répercussions générales des changements hydrologiques et des exportations d'éléments nutritifs sur la dynamique et les stocks de carbone terrestres et aquatiques;**
3. **notre capacité de réduire les risques d'incendie et les émissions grâce à la gestion forestière.**

Dans chacun de ces cas, on doit accroître les connaissances sur les écosystèmes vulnérables et les vulnérabilités particulières des écosystèmes afin d'éviter des répercussions catastrophiques sur les stocks de carbone. La nécessité de mieux comprendre les profils d'émissions de carbone et de GES des milieux humides, le rôle des milieux humides dans le paysage hydrologique et les liens avec les stocks et les cycles de carbone étaient des sujets de discussion récurrents.

Les lacunes susmentionnées ont tendance à être liées à notre besoin d'améliorer les mesures pour réduire les risques des actions humaines qui augmentent directement les émissions ou réduisent les puits de carbone. Cependant, il faut aussi mieux comprendre l'aspect de la demande associée à la production d'aliments, de fibres et d'abris, à l'utilisation à des fins récréatives, ainsi qu'à l'extraction d'énergies renouvelables et de ressources non renouvelables; par exemple, le profilage du carbone des ménages et des entreprises et la compréhension de leurs impacts sur le carbone de l'écosystème. Il y a un lien entre l'économie et le comportement humain et ce qui motive la gestion des terres. Les participants ont reconnu la nécessité de lier le mode de vie et les choix socioéconomiques à la gestion des terres. Ce type d'analyse est essentiel à l'élaboration de mesures tenant compte des risques.

En résumé, les lacunes relevées par le groupe des facteurs anthropiques étaient principalement liées à une meilleure quantification des répercussions associées aux *« mesures de gestion »* et à l'amélioration de notre capacité collective de *« mesurer pour comprendre le risque »*. Les participants ont indiqué très clairement la

nécessité de mieux comprendre les écosystèmes vulnérables et la vulnérabilité des écosystèmes grâce à l'amélioration des mesures et des outils de quantification afin de mieux comprendre les risques découlant des activités humaines pouvant influer sur la capacité d'un écosystème donné d'agir en tant que source ou puits de carbone. Les participants ont également souligné la nécessité d'établir un lien entre le comportement humain et la gestion des terres et de mieux comprendre comment des choix particuliers, économiques ou liés au mode de vie, entraînent des changements dans la concentration de carbone stocké dans le paysage.

FACTEURS ANTHROPIQUES : LES ÉMISSIONS ANTHROPIQUES

Les émissions anthropiques ont entraîné l'accumulation de gaz à effet de serre dans l'atmosphère. L'augmentation de la concentration atmosphérique, principalement celle du dioxyde de carbone, a été le principal facteur du réchauffement climatique pendant l'ère industrielle. Bien que la conséquence des émissions de dioxyde de carbone et d'autres GES sur le réchauffement du climat soit bien comprise, il faudrait mieux comprendre l'apport des émissions dans les causes anthropiques des changements au cycle du carbone. À l'heure actuelle, les inventaires sectoriels des émissions ne concordent pas avec les estimations fondées sur les observations atmosphériques et les outils de modélisation.

Les participants à l'atelier ont cerné trois domaines clés qui nécessitent une attention particulière pour mieux comprendre l'apport des émissions humaines aux causes anthropiques des changements dans le cycle du carbone :

1. **Estimations ascendantes et descendantes des émissions :**
   Il est essentiel de rapprocher les estimations ascendantes (fondées sur les inventaires) et descendantes (estimations fondées sur les mesures atmosphériques et la modélisation) à diverses échelles pour comprendre les changements du cycle du carbone associés aux émissions anthropiques. La capacité d'attribuer spatialement et temporellement les émissions en plus d'intégrer de nouvelles sources de données (p. ex. les données des téléphones cellulaires) pourrait accroître l'exactitude de ces estimations.

2. **Caractérisation des sources d'émissions :**
   Il est nécessaire d'améliorer les estimations des émissions qui sont pertinentes pour le cycle du carbone. Plus particulièrement, des recherches supplémentaires sont nécessaires pour améliorer notre compréhension des facteurs d'émission de méthane provenant du secteur pétrolier et gazier et le rôle des centres urbains dans le bilan de méthane. De plus, des recherches supplémentaires sont nécessaires pour améliorer notre compréhension des émissions agricoles en fonction des données sur l'activité agricole.

3. **Évaluation de l'efficacité de la politique d'atténuation :**
   Il est important de pouvoir quantifier les changements dans les émissions de GES pour évaluer l'efficacité de la politique d'atténuation. Si les mesures d'atténuation sont mises en œuvre au moyen de programmes conçus pour changer le comportement humain, il est logique de faire participer le public cible à un dialogue sur la justification du changement souhaité et de faire participer les citoyens à la surveillance de l'efficacité des mesures d'atténuation. Les sciences sociales peuvent éclairer l'élaboration de programmes visant à mobiliser les citoyens à l'égard de la prise de mesures concrètes pour atténuer les émissions de GES.

Les participants à l'atelier ont déterminé que le **rapprochement des émissions ascendantes et descendantes à de multiples échelles** constituait une lacune clé dans la recherche sur le cycle du carbone. En comblant cette lacune, on obtiendra de meilleurs renseignements pour évaluer les répercussions des politiques. Cela nécessitera de meilleures données sur les activités (p. ex. déplacements agricoles et humains), de meilleurs facteurs d'émission et de meilleures stratégies d'observation atmosphérique (p. ex. dans les centres urbains, à des échelles temporelles et spatiales plus fines). La collaboration interdisciplinaire sera essentielle pour parvenir à une compréhension plus intégrée de l'impact des émissions humaines sur le cycle du carbone. Cela

s'applique à la fois à la mobilisation des chercheurs des sciences physiques et sociales pour qu'ils collaborent et au sein des diverses disciplines des sciences physiques, qui n'ont par le passé pas fait l'objet de beaucoup de collaboration. Les spécialistes de l'inventaire, les modélisateurs du système terrestre et les experts de l'observation de la Terre doivent travailler ensemble pour rapprocher les estimations des émissions. Les incitatifs à la recherche multidisciplinaire pourraient être un mécanisme efficace pour encourager et améliorer la collaboration.

COMPRENDRE LES CHANGEMENTS DANS LE NORD ET L'ARCTIQUE

L'Arctique s'est réchauffé plus rapidement que tout autre endroit au monde. Par conséquent, il est important pour le Canada de comprendre les changements dans cette région et, plus précisément, les changements du cycle du carbone dans cette région. La surveillance des variations temporelles et spatiales de différentes variables physiques et écosystémiques essentielles est primordiale pour comprendre les diverses interactions au sein du cycle du carbone. Il existe toutefois des problèmes d'accessibilité uniques pour les mesures au sol et à distance dans l'Arctique qui compliquent l'acquisition d'ensembles de données (p. ex. l'accès physique aux sites de mesure dans l'Arctique est coûteux et les données de télédétection par satellite ou autres moyens peuvent être affectées par la courte durée du jour en hiver).

Les participants à l'atelier ont cerné cinq lacunes clés dans les connaissances sous ce thème :

1. **Émissions de CH_4 et de CO_2 attribuables à l'évolution du pergélisol**
   La compréhension du bilan de carbone du paysage actuel de l'Arctique est une première étape importante pour comprendre comment le bilan pourrait évoluer à l'avenir. Les changements dans les cycles localisés de réchauffement, de dégel et de précipitations détermineront si une région particulière de l'Arctique est une source ou un puits de carbone. On prévoit que le dégel du pergélisol entraînera des émissions de carbone. Cependant, il existe une incertitude quant à notre compréhension de l'importance des émissions de dioxyde de carbone et de méthane résultant du dégel du pergélisol, ainsi qu'à savoir si le dégel du pergélisol fera en sorte ou non que cette région devienne une source nette d'émissions de GES.

2. **Conditions écologiques changeantes**
   Le déplacement des limites forestières et l'expansion de la végétation arbustive auront des répercussions sur les stocks et les flux de carbone. Ces changements auront également une incidence sur l'albédo des surfaces. Ces répercussions dépendront considérablement de la vitesse de déplacement, des rétroactions et des tendances dans les composantes des écosystèmes (comme la levée possible d'arbustes dans la toundra).

3. **Processus du cycle du carbone dans l'Arctique et le Nord**
   À l'heure actuelle, les processus du cycle du carbone dans l'Arctique et le Nord ne sont pas bien compris. Il est important de comprendre la relation entre les cycles hydrologiques et biogéochimiques et ce qui arrive au carbone stocké dans la glace dans un contexte de réchauffement climatique. Les répercussions de cette relation sur les écosystèmes et les changements de végétation au fil du temps exigent des recherches continues. De plus, les variations dans la glace de mer, la chimie des océans et l'élévation du niveau de la mer doivent être explorées plus à fond pour comprendre les puits de carbone associés au littoral du Canada.

4. **Perturbations à grande échelle et changements écologiques**
   L'ampleur potentielle des répercussions des perturbations à grande échelle sur le cycle du carbone dans l'Arctique et le Nord n'est pas bien comprise. Il s'agit notamment des changements à grande échelle du pergélisol, des incendies (de forêt et de brousse) et des émissions anthropiques.

5. **Surveillance et rareté des données**
   Il s'agit d'un enjeu important dans l'Arctique et le Nord, car la compréhension des changements soudains et de l'incidence des événements extrêmes exige des observations à long terme sur de nombreux sites. La densité des observations dans le Nord est généralement beaucoup plus faible que dans le sud du Canada, ce qui se traduit par des données limitées à l'appui des évaluations. Des données sont nécessaires pour valider les modèles, mais de nombreuses observations sont propres au site et leur représentativité spatiale et temporelle et leur pertinence pour établir un lien avec les observations de télédétection nécessitent une étude plus approfondie. Bien que la télédétection soit associée à des défis dans l'Arctique, elle présente un potentiel comme méthode complémentaire à la surveillance au sol pour arpenter de vastes zones. Les connaissances autochtones sont importantes pour une compréhension exhaustive des conditions passées, présentes et futures dans l'Arctique et le Nord, et les chercheurs et les collectivités doivent apprendre à intégrer efficacement diverses sources de connaissances.

Les participants à l'atelier ont désigné les **changements dans les flux et les stocks de carbone causés par l'évolution du pergélisol** comme une lacune clé dans la recherche sur le cycle du carbone. Il existe d'importantes inconnues associées aux changements des flux et des stocks de carbone provenant d'un paysage de pergélisol en évolution. Cela comprend les changements dans les émissions de méthane issues du dégel du pergélisol et les changements dans le régime du paysage (c.-à-d. le paysage qui était un puits de carbone et qui en devient une source en raison des changements climatiques). Partout au Canada, de nombreux chercheurs travaillent sur différents éléments de ce défi, mais il n'y a pas de mécanisme efficace pour adopter une vision globale de tous les travaux. La communauté de recherche sur le cycle du carbone au Canada bénéficierait d'une meilleure coordination des mesures à long terme et des campagnes sur le terrain, de l'intégration des connaissances autochtones, et du partage de l'information afin de bien comprendre ce qui va se passer dans la région de l'Arctique canadien et à quel rythme cela va se produire.

COMPRENDRE LES SYSTÈMES NATURELS

Pour avoir une meilleure idée du cadre conceptuel du cycle du carbone, on doit améliorer la compréhension fondamentale des systèmes naturels (terres non gérées et gérées, écosystèmes terrestres et aquatiques, etc.). Les discussions dans le cadre de l'atelier ont porté sur l'évaluation de notre compréhension collective des bassins de carbone et des processus du cycle de carbone dans les principaux écosystèmes du Canada et sur la façon dont les changements futurs dans ces écosystèmes pourraient modifier le cycle du carbone. Les participants ont également discuté de la façon dont ces connaissances pourraient répondre aux besoins des décideurs et mieux éclairer les mesures d'atténuation des changements climatiques et d'adaptation à ces derniers, ainsi que les politiques.

Les participants à l'atelier ont abordé et cerné plusieurs lacunes dans les connaissances clés :

1. **Dynamique du carbone dans les écosystèmes vulnérables (pergélisol, carbone bleu)**
   Il faut quantifier la dynamique du carbone dans les écosystèmes sensibles, comme le pergélisol et le carbone côtier et marin (carbone bleu), afin de comprendre son rôle dans le cycle du carbone. À l'heure actuelle, les connaissances sur le carbone bleu sont insuffisantes, particulièrement en ce qui concerne les sources et les quantités de matières organiques provenant des écosystèmes avoisinants, la répartition spatiale des écosystèmes de carbone bleu, l'effet de la restauration des écosystèmes sur la séquestration du carbone et la permanence du stockage et de la capacité de stockage du carbone. Nous manquons de connaissances sur les stocks de carbone du pergélisol, les répercussions des changements climatiques sur le pergélisol et la façon dont le dégel du pergélisol influe sur le cycle du carbone.

2. **Stocks de carbone dans le sol**
   Il existe d'importantes lacunes dans les connaissances concernant les stocks actuels de carbone dans les sols (agricoles et autres sols) et les répercussions des pratiques de gestion des sols sur le bilan de carbone dans les sols.

3. **Meilleure quantification des stocks et des flux (incertitudes)**
   Il faut connaître les sources des incertitudes associées aux stocks et aux flux de carbone et les approches pour réduire ces incertitudes afin d'améliorer la quantification des stocks et des flux. L'augmentation des mesures des stocks et des flux de carbone afin d'améliorer la compréhension des systèmes naturels sera essentielle pour réduire ces incertitudes. Il existe une incertitude relative à la façon dont les systèmes naturels seront touchés par les changements climatiques futurs. La connaissance de la dynamique changeante du carbone dans les écosystèmes naturels en raison des changements climatiques actuels et passés et des perturbations pourrait être utile pour comprendre les répercussions futures des changements climatiques sur ces écosystèmes et leur cycle du carbone.

4. **Compréhension des processus, des rétroactions et des données de référence (considérations spatiales et écosystémiques)**
   Il faut intégrer les processus entre les écosystèmes (p. ex. entre les forêts et les lacs), comprendre et quantifier les processus naturels de base (p. ex. réaction de photosynthèse à l'augmentation de la température, l'effet du climat sur la croissance des arbres et la régénération) et l'impact du climat sur la croissance et la survie des forêts. Il est entendu que la quantification doit être effectuée à différentes échelles spatiales et temporelles.

5. **Évolution de la dynamique du carbone dans les écosystèmes naturels en raison des changements climatiques et des perturbations, y compris l'impact du climat sur la croissance et la survie des forêts**
   Il existe une lacune importante dans notre compréhension de la dynamique du carbone et des liens avec les mesures de gestion, les perturbations naturelles et les changements climatiques dans les écosystèmes gérés et non gérés. Il est nécessaire d'évaluer les stocks de carbone de base au Canada afin de maximiser le stockage du carbone, d'éclairer les mesures de gestion et de prioriser ces mesures en fonction des risques et des possibilités. Les participants à l'atelier ont soulevé qu'il existe d'importantes lacunes dans les connaissances relatives à la capacité de stockage du carbone (que signifierait une hausse de 15 %?), à la stabilité du carbone (formes, temps de séjour moyen, etc.), à la dynamique des sols (organiques et minéraux) et aux répercussions des actions naturelles et humaines (p. ex. dégel du pergélisol, feux de forêt, éléments nutritifs qui influent sur les émissions de méthane dans les lacs, répercussions de la gestion forestière sur le carbone organique dissous, drainage agricole, changements dans la biodiversité) sur les taux et flux d'accumulation de carbone. Il faudra peut-être envisager la gestion du stockage du carbone parallèlement à d'autres objectifs, notamment la conservation et l'amélioration de la biodiversité. Il est nécessaire d'avoir une meilleure connaissance globale à l'échelle du paysage qui comprend des rétroactions et qui nous permettrait de déterminer où le potentiel de stockage de carbone est le plus élevé.

6. **Interaction entre la dynamique hydrologique et la dynamique du carbone (des eaux d'amont aux zones côtières)**
   L'eau occupe une place importante dans les paysages, et les changements dans l'hydrologie et les exportations d'éléments nutritifs ne sont pas bien compris. Il est nécessaire de mieux connaître les trajectoires entre les eaux d'amont et les zones côtières. Les zones côtières devraient être incluses dans les définitions des régions écosystémiques, surtout si l'on tient compte du fait que le Canada possède la plus longue zone côtière de la planète.

7. **Synthèse de l'information et de la communication**
   Il faut améliorer les efforts communs de surveillance et d'analyse comparative, ainsi que les modèles

partagés capables d'intégrer adéquatement les données empiriques (modélisation du système terrestre et modélisation inverse de l'atmosphère). Il est également nécessaire de synthétiser l'information pour les différentes parties prenantes et d'améliorer la communication bidirectionnelle pour l'échange d'information entre les scientifiques et les décideurs.

Le manque de connaissance des **stocks de carbone dans le sol** (dans les terres agricoles, les terres forestières, les prairies, etc.) a été désignée comme une lacune hautement prioritaire. Bon nombre des lacunes de connaissances cernées dans le thème de la compréhension des systèmes naturels ont figuré dans les discussions de nombreux groupes.

MÉTHODES D'ESTIMATION DES FLUX DE CARBONE

Fondamentalement, l'état actuel des flux et des gisements de carbone au Canada n'est pas bien caractérisé. En particulier, il existe d'importantes incertitudes en ce qui a trait aux estimations des flux à l'échelle régionale. Il faut apporter des améliorations importantes à nos méthodes actuelles d'estimation des flux de carbone à l'aide de modèles, de mesures ou d'une combinaison de ceux-ci pour créer des estimations des flux de carbone à diverses échelles. Les mesures utilisées dans l'estimation du flux de carbone comprennent des données d'observation pour des utilisations des terres particulières, des procédés industriels ou des cycles naturels. Les échelles à l'étude sont à la fois spatiales (entre les paysages ou même nationales) et temporelles (quotidiennes, annuelles et au-delà). Il est bien entendu que les lacunes statistiques entraînent de grandes incertitudes à l'échelle régionale.

Les participants à l'atelier ont cerné quatre principales lacunes dans les connaissances :

1. **Intégration des observations pour l'estimation du flux**
   L'absence d'un réseau d'observation complet qui englobe toutes les composantes du cycle du carbone rend difficile l'intégration des sphères et des techniques d'observation. L'aspect « intégré » renvoie à un certain nombre de choses, y compris (a) toutes les composantes du cycle du carbone (atmosphère, sols, écosystème, eau), (b) une variété de techniques et de variables d'observation (p. ex. in situ, à distance, par satellite, par flux, etc.), et (c) une expertise dans toutes les disciplines nécessaires pour comprendre le cycle du carbone. De tels réseaux sont le point de départ pour comprendre l'état actuel et passé des flux de carbone et existent dans d'autres pays. Un tel réseau, dont l'objectif est de surveiller l'ensemble du système carbone sur des échelles de temps décennales, nécessiterait de la continuité et de la stabilité.

2. **Intégration des disciplines et des techniques pour l'estimation des flux**
   Il faut combler les lacunes dans les connaissances en intégrant des disciplines, des techniques et des outils. Pour obtenir des estimations solides des flux de carbone, il faut un cadre novateur qui intègre des mesures et de l'information à toutes les échelles et dans toutes les disciplines. Le Canada est vaste et aucun réseau d'observation ni aucune discipline unique ne peut suffire pour atteindre l'objectif d'estimation des flux de carbone. On reconnaît le besoin de multiples méthodes ou approches complémentaires pour l'estimation des flux afin d'avoir différents points de vue d'un même système. Ainsi, les lacunes (spatiales, temporelles et en termes de variables biophysiques) dans les observations et dans les disciplines peuvent être comblées en intégrant des experts et des projets dans tout le Canada en vue de réaliser un objectif commun. Le terme « intégration » renvoie également à la nécessité d'utiliser des modèles (de l'atmosphère, des sols, des eaux, des écosystèmes, etc.) pour aider à combler les lacunes dans les données observées. Les mesures, à leur tour, appuient l'élaboration et la validation du modèle, qui est nécessaire pour des estimations de flux plus robustes. Enfin, le terme « intégration » renvoie également à la nécessité pour les diverses disciplines scientifiques sous-jacentes de collaborer pour cerner les lacunes dans la compréhension des processus biophysiques.

3. **Observations et partage de données insuffisants**

Il n'existe généralement pas assez de données d'observation nécessaires pour avoir une estimation robuste des flux au Canada, y compris le flux de carbone, la concentration et d'autres variables géophysiques dans toutes les régions et toutes les saisons (en dehors de la saison de croissance). Le manque d'accès aux données existantes (sols, eau) de divers organismes (y compris le secteur privé) nuit aux progrès.

4. **Incapacité d'évaluer la réponse du système aux changements climatiques et aux événements extrêmes**

Il est urgent d'améliorer les modèles (écosystémiques, atmosphériques, hydrologiques, etc.) et de réduire les erreurs de modèle afin d'améliorer les estimations des flux et de réduire les incertitudes dans ces estimations. L'effet des facteurs environnementaux comme les changements climatiques et la fertilisation au CO_2 sur la photosynthèse et la respiration dans les modèles écosystémiques n'est pas bien caractérisé. Les processus fondamentaux ne sont pas bien saisis dans les modèles existants, ce qui nuit à la capacité d'évaluer les réactions aux changements climatiques et aux événements extrêmes dans le système terrestre.

Les participants à l'atelier ont déterminé que **l'intégration des observations pour l'estimation des flux** et **l'intégration des disciplines et des techniques pour l'estimation des flux** étaient deux des lacunes principales dans la compréhension des sources et des puits de carbone au Canada. Par la suite, la nécessité d'un réseau d'observation intégré a fait l'objet de discussions lors de la deuxième journée de l'atelier.

4. PRINCIPALES LACUNES DANS LES CONNAISSANCES

Nous résumons ici les sept lacunes dans les connaissances hautement prioritaires, énumérées à la partie 3, qui ont été relevées par les participants à l'atelier :

1. Intégration des observations – un réseau d'estimation des flux

À l'heure actuelle, il n'y a pas d'efforts coordonnés pour mesurer les flux de carbone ou intégrer les mesures de ces derniers dans un réseau de connaissances complet. La priorité consiste donc à créer un cadre efficace pour coordonner la recherche sur les flux et les stocks dans le paysage. L'intégration entre les sphères (atmosphère, sols, écosystème, eau) et les techniques d'observation (in situ, à distance) existe dans d'autres régions du monde et existait auparavant au Canada. Ce réseau aiderait à combler les lacunes dans la compréhension des flux de carbone au Canada.

Il est entendu que les modèles spatiaux et temporels des stocks et des flux de carbone varient dans le paysage et entre les écosystèmes. Pour créer un lien entre les estimations locales et régionales des stocks et des flux de carbone et leur variation dans le paysage et au fil du temps, il est nécessaire d'avoir un réseau coordonné de mesures. Ce type d'effort coordonné est nécessaire si nous voulons prendre de l'expansion pour mieux comprendre les flux régionaux et nationaux. Un tel réseau d'observation intégré permettrait la coordination des observations passées et futures et créerait un cadre pour mieux comprendre les stocks et les flux de carbone à l'échelle du paysage ainsi que la surveillance de l'ensemble du système à plus long terme (par exemple, à l'échelle décennale). La gestion d'un tel réseau nécessiterait toutefois une organisation et une stabilité importantes au fil du temps.

2. Intégration des disciplines et des techniques pour l'estimation des flux

Il existe diverses approches pour mesurer la variation du carbone dans le paysage. Il faut combler les lacunes dans les connaissances sur l'estimation des flux en intégrant des disciplines, des techniques (in situ, télédétection) et des outils (modèles). Le manque d'intégration de ces différentes techniques et approches entraîne souvent de la confusion, car les différentes approches mesurent différents aspects du cycle du carbone et intègrent des mesures à différentes échelles spatiales et temporelles. Par conséquent, différents chercheurs arrivent à des conclusions différentes et parfois contradictoires. Bien que la variété des approches scientifiques soit essentielle à l'acquisition d'une compréhension globale d'un problème, des progrès réels sont réalisés dans le développement des connaissances lorsque de multiples techniques commencent à produire des conclusions cohérentes.

Un cadre novateur qui favorise la collaboration entre les chercheurs travaillant à différentes échelles spatiales et dans différentes disciplines pour obtenir des estimations robustes des flux, des stocks et de la variation des stocks est nécessaire. Ce type d'approche intégrée permettra d'améliorer la précision des mesures et d'acquérir une meilleure compréhension des facteurs responsables des flux de carbone en fournissant une meilleure compréhension de ce qui est mesuré à un moment donné et de la façon dont cette mesure peut se rapporter à d'autres mesures prises à différents endroits et à différents moments à l'aide de techniques différentes.

3. Changements des stocks de carbone dans les forêts et le sol

On s'attend à ce que le secteur des terres contribue grandement à l'atteinte d'émissions de carbone nettes nulles ou négatives au Canada et dans le monde. Toutefois, cela pourrait ne pas se réaliser puisque les écosystèmes évoluent en raison de notre climat changeant et sont affectés par les insectes, les incendies et d'autres actions qui ont des répercussions sur les stocks de carbone. Les stocks de carbone à l'échelle du paysage sont constitués du carbone contenu dans le sol et les sédiments et du carbone

intégré à la biomasse ligneuse, vivante et morte. Les changements dans ces stocks sont inévitablement dictés par des facteurs climatiques, plus particulièrement la température et les précipitations, mais aussi par des facteurs écologiques comme les régimes de perturbation et les banques de semences. De plus, la gestion humaine du secteur des terres influence les stocks de carbone existants dans le paysage. Il faut mieux comprendre et quantifier la façon dont les humains transforment le paysage et gèrent les sols agricoles et les forêts, ainsi que les stocks de carbone existants dans les milieux humides. Il existe d'importantes interactions entre les actions humaines et notre climat changeant qui auront inévitablement des répercussions importantes sur les stocks de carbone dans le paysage. Une analyse est nécessaire pour mieux comprendre les changements des stocks de carbone dans le sol dans un climat changeant ainsi que les changements globaux des stocks de carbone dans le paysage.

4. Changements des flux et des stocks de carbone causés par un pergélisol en évolution

Il existe d'importantes inconnues relativement aux changements des flux et des stocks de carbone provenant d'un paysage de pergélisol en évolution, y compris les changements dans les émissions de dioxyde de carbone et de méthane. Il est toutefois bien compris que ces paysages représentent de très importants stocks de carbone et qu'ils sont très vulnérables aux changements climatiques. La quantité de dioxyde de carbone et de méthane qui pourrait être libérée lors de la fonte du pergélisol peut annuler les efforts déployés pour accroître les stocks de carbone dans les régions méridionales du Canada. Selon l'évaluation du GIEC, l'augmentation potentielle des émissions de dioxyde de carbone et de méthane provenant du dégel du pergélisol dépend fortement de l'ampleur du réchauffement planétaire. Par conséquent, les mesures prises à l'échelle mondiale pour réduire le réchauffement de la planète réduiront le risque d'importantes rétroactions découlant du dégel du pergélisol. Un effort intégré est nécessaire pour comprendre la vitesse du dégel ainsi que les rejets associés de dioxyde de carbone et de méthane, la façon dont ces processus varient dans le paysage, et si les actions humaines directes ont un impact sur ces processus, ou comment elles les affectent. En général, nous devons mieux comprendre ce qui se passera dans la région de l'Arctique canadien sur le plan des émissions de dioxyde de carbone et de méthane et la période sur laquelle ils s'échelonneront.

5. Rapprocher les estimations ascendantes et descendantes des émissions

À l'heure actuelle, les modèles d'estimation du flux de carbone atmosphérique (descendant) ne correspondent pas aux mesures effectuées dans le paysage. Les modèles atmosphériques donnent un aperçu à grande échelle de ce qui se passe à l'échelle régionale, mais ils ne peuvent pas être facilement reliés à ce qui se passe dans le paysage lui-même. Néanmoins, ces outils peuvent fournir des données importantes qui peuvent être utilisées pour évaluer les répercussions des politiques et valider à l'échelle régionale et nationale des estimations ascendantes des changements des flux de carbone. Pour fournir cette validation, il est nécessaire de rapprocher les estimations ascendantes et descendantes. Un tel rapprochement exige une approche à plusieurs échelles qui peut fournir des estimations temporelles et spatiales des flux qui sont liées à la fonction écosystémique et aux actions humaines dans le paysage. Un tel effort nécessite à la fois une meilleure spatialisation des données sur l'activité (activité humaine et facteurs écosystémiques), ainsi que des estimations améliorées des processus qui entraînent des émissions et des absorptions de carbone dans le paysage. Parallèlement, il peut être nécessaire d'améliorer les approches en matière de mesures atmosphériques dans des paysages plus complexes comme les centres urbains ou les écosystèmes mixtes comme les forêts, les prairies, les terres agricoles et l'eau.

6. Éclairer la mise en œuvre des stratégies d'atténuation grâce à une compréhension scientifique

Bien qu'il soit possible d'améliorer notre compréhension de la science des cycles du carbone dans le paysage canadien grâce à une analyse intégrée, il y aura inévitablement un lien manquant important avec l'activité humaine. De toute évidence, nous devons comprendre quels changements économiques ou sociétaux précis entraîneront les changements dans la gestion des terres qui sont nécessaires pour influer sur le cycle du carbone. Il est possible de créer des « pratiques exemplaires de gestion (PEG) » fondées sur

une étude scientifique, mais que doit-on faire sur le plan de la sensibilisation et de la mobilisation, des incitatifs économiques et des processus d'élaboration conjointe, ainsi que de l'investissement pour traduire ces PEG en action humaine dans le paysage? Bref, comment traduire la compréhension scientifique des mesures les plus prometteuses en une mise en œuvre concrète? Comme il a été mentionné précédemment, les scientifiques ont constamment cerné le besoin de mieux comprendre l'aspect de la demande associée à la production d'aliments, de fibres et d'abris, à l'utilisation à des fins récréatives, ainsi qu'à l'extraction d'énergies renouvelables et de ressources non renouvelables. Comprendre le lien entre l'économie, le comportement humain et les facteurs de la gestion des terres (les liens entre les choix de mode de vie et socioéconomiques et la gestion des terres) est un élément clé de la réalisation du changement dans la gestion du secteur des terres. Pour obtenir des résultats concrets, il faudra adopter une approche interdisciplinaire avec des économistes et des experts en politiques qui travailleront avec des scientifiques pour concevoir et mettre en œuvre des mesures concrètes pouvant produire des résultats. Il est également nécessaire de suivre l'impact de la politique d'atténuation pour éclairer les améliorations apportées par la mise en œuvre de la politique.

7. Répercussions des mesures faisant intervenir le cycle du carbone

Au-delà d'une simple analyse de l'atténuation, il existe une grande variété de facteurs qui doivent être évalués. Ces facteurs comprennent notamment : le mécanisme de rétroaction sur les changements climatiques et son incidence sur les stratégies d'atténuation; le besoin de stratégies d'adaptation et la façon dont ces stratégies peuvent influer sur les stocks de carbone; la permanence des répercussions sur les stocks de carbone et le calendrier des répercussions des mesures d'atténuation, que les répercussions soient observées à court ou à long terme. La détermination des mesures qui contribueront le plus à l'augmentation ou à la diminution des stocks de carbone (y compris le coût de ces mesures) nécessitera des outils d'analyse intégrés qui incorporent des acteurs du domaine des sciences de l'environnement ainsi que ceux de l'économie et des sciences sociales.

Pour éclairer les mesures, il faut utiliser une approche systémique globale (enjeu méthodologique lié à l'élaboration d'outils d'analyse) qui peut évaluer ces interactions complexes entre les systèmes climatiques, les systèmes humains et les écosystèmes.

5. COMBLER LES LACUNES DANS LES CONNAISSANCES

Les participants ont hiérarchisé et caractérisé les sept lacunes dans les connaissances en quatre domaines d'action importants avec des questions clés connexes : 1) la détermination des mesures de gestion qui peuvent protéger et accroître les stocks de carbone dans la mesure du possible; 2) les mesures effectuées pour comprendre les risques et les vulnérabilités des mesures d'atténuation; 3) le suivi des progrès des mesures et 4) l'élaboration d'un réseau de recherche plus intégré sur la science et la politique du cycle du carbone. La discussion a aussi permis de cerner des exemples particuliers de lacunes importantes dans les connaissances.

I. Mesures de gestion visant à protéger et à accroître les stocks de carbone, dans la mesure du possible

Questions clés :

- Quelles mesures faisant intervenir le cycle du carbone contribueront le plus à l'atténuation du carbone (augmentation des puits de carbone ou réduction des émissions de gaz à effet de serre)?
- Quelle est la quantité potentielle de carbone qui pourrait être stockée dans le paysage canadien, et comment pouvons-nous la quantifier?
- Quel est le coût des actions d'atténuation?

Exemples de lacunes particulières dans les connaissances :

- Pratiques optimales de gestion appropriées à l'échelle locale ou régionale pour l'atténuation dans différents systèmes – forêts, terres agricoles, prairies, milieux humides et systèmes aquatiques et marins.
- Pratiques optimales de gestion pour accroître les stocks de carbone dans le sol, en tenant compte des interactions entre la gestion des terres et les changements climatiques.

II. Comprendre les risques et les vulnérabilités des mesures d'atténuation

Questions clés :

- Quels sont les risques et les vulnérabilités pour les stocks de carbone des écosystèmes actuels et futurs dans le contexte de la réalisation du potentiel d'atténuation?
- Qu'est-ce qui pourrait nuire à nos estimations de ces stocks et de ces puits et, par conséquent, à notre capacité d'éclairer les mesures d'atténuation?

Exemples de lacunes particulières dans les connaissances :

- Répercussions des rétroactions des changements climatiques sur les stocks et les flux de carbone, maintenant et à l'avenir.
- Répercussions des changements climatiques sur les écosystèmes (p. ex. forêts et feux de forêt, pergélisol).
- Suivi des tendances différenciées spatialement dans les flux et les stocks (p. ex. dans le pergélisol).
- Rapprochement entre les estimations ascendantes et descendantes des flux anthropiques et naturels.

III. Suivi des progrès des actions d'atténuation

Questions clés :

- Comment traduire la compréhension scientifique des meilleures mesures en processus de mise en œuvre concrets?
- Comment assurons-nous le suivi des progrès de la mise en œuvre?

Exemples de lacunes particulières dans les connaissances :

- Traduire la compréhension scientifique des pratiques exemplaires en mesures réalisables, en tenant compte des considérations économiques, sociales et autres.
- Suivi des tendances des flux et des stocks dans l'ensemble des systèmes (p. ex. forêts, terres agricoles, prairies, milieux humides, pergélisol et milieux aquatiques et marins), avec différenciation spatiale pertinente pour la prise de décisions de gestion.
- Suivi des résultats des mesures d'atténuation pour guider les ajustements.

IV. Réseau intégré

Questions clés :

- Quelles sont les options viables pour maintenir à long terme la collaboration entre les scientifiques du gouvernement et ceux du milieu universitaire (c.-à-d. échéanciers pluriannuels ou décennaux)?
- Comment un réseau intégré pourrait-il élaborer et mettre en œuvre le cadre pour combler les principales lacunes dans les connaissances cernées?
- Comment tous les ordres de gouvernement, le milieu universitaire et le secteur privé peuvent-ils travailler ensemble?

Exemples de mesures précises :

- Un réseau national intégré d'observations et d'outils de modélisation à long terme conçu pour suivre l'évolution d'un système.
- Un cadre propice à la collaboration, avec un espace partagé pour la recherche, les solutions et ressources de GI-TI et le partage d'équipement.
- Facilitation de discussions de collaboration pour maintenir les relations entre les disciplines.
- Demandes de financement conjointes des trois Conseils visant à établir des liens entre les communautés d'intérêts, scientifiques et politiques, en exigeant des collaborations ciblées pour répondre à des questions d'intérêt particulières pour les décideurs.
- Améliorer la conception des programmes de financement ou des appels de propositions en mettant l'accent sur la pertinence et l'importance des enjeux stratégiques clés.

6. PROCHAINES ÉTAPES

Nouvelles activités proposées pour le Plan d'action sur le cycle du carbone et les puits de carbone du Plan scientifique ciblé du gouvernement fédéral en matière de changements climatiques ou le Plan national sur la science et le savoir en matière de changements climatiques :

- Créer un réseau national de collaboration entre les disciplines qui comprend les ministères fédéraux, les provinces et les territoires, ainsi que le milieu universitaire;
- Élaborer un plan national de recherche sur le cycle du carbone avec des thèmes qui constitueraient le fondement d'une évaluation scientifique nationale du cycle du carbone;
- Organiser régulièrement des séminaires et des ateliers qui facilitent l'échange d'information ainsi que le développement et le maintien de collaborations.

Les thèmes clés des futurs appels à propositions pour la recherche sur le cycle du carbone pourraient être axés sur les domaines d'action décrits à la section 5 :

- Mesures de gestion;
- Compréhension des risques et des vulnérabilités;
- Suivi des progrès;
- Réseau intégré.

D'après les discussions qui ont eu lieu dans le cadre de l'atelier, une approche intégrée en matière de réseau pour la recherche, appuyée par un organisme de coordination, sera essentielle pour améliorer la compréhension des sources et des puits de carbone au Canada. Le réseau devrait s'appuyer sur l'infrastructure existante et commencer par l'établissement d'un inventaire complet des études et données existantes. Cela nécessiterait des ressources spécialisées et devrait être coordonné autour d'un bureau central. Un consortium de recherche pourrait être un bon modèle pour cette coordination. Le bureau central pourrait jouer un rôle dans les domaines suivants : la coordination du financement et de la recherche, le maintien de liens solides avec la communauté décisionnelle, la collaboration avec des partenaires internationaux, la fourniture et la gestion de l'accès aux ressources informatiques ainsi que la facilitation de la gestion des données et de leur accessibilité.

ANNEXE A : LISTE DES PARTICIPANTS

Nom	Organisation
Anderson, Kevin	Environnement et Changement climatique Canada
Arain, Altaf	Université McMaster
Arora, Vivek	Environnement et Changement climatique Canada
Azetsu-Scott, Kumiko	Pêches et Océans Canada
Biswas, Asim	Université de Guelph
Burton, David	Université Dalhousie
Bush, Elizabeth	Environnement et Changement climatique Canada
Comeau, Louis-Pierre	Agriculture et Agroalimentaire Canada
Creed, Irena	Université de la Saskatchewan
Critchley, Jacques	Conseil de recherches en sciences humaines du Canada
Davidson, Scott	Université de Waterloo
del Giorgio, Paul	Université du Québec à Montréal
Dufour, Carl	Ministère de l'Environnement et de la Lutte aux changements climatiques du Québec
Garneau, Michelle	Université du Québec à Montréal
Gillespie, Adam	Université de Guelph
Gonsamo, Alemu	Université de Toronto
Hayne, Shari	Environnement et Changement climatique Canada
Heung, Brandon	Université Dalhousie
Johnston, Mark	Conseil de recherches de la Saskatchewan
Jones, Dylan	Université de Toronto
Joy, Denise	Pêches et Océans Canada
Knox, Sara	Université de la Colombie-Britannique
Kolonjari, Felicia	Environnement et Changement climatique Canada
Kurz, Werner	Ressources naturelles Canada
Lapierre, Jean-François	Université de Montréal
Lemprière, Tony	Ressources naturelles Canada
Levasseur, Annie	École de technologie supérieure
Lorente, Miren	Environnement et Changement climatique Canada
MacDonald, Dan	Agriculture et Agroalimentaire Canada
MacDonald, Douglas	Environnement et Changement climatique Canada
Melton, Joe	Environnement et Changement climatique Canada
Metsaranta, Juha	Ressources naturelles Canada
Michel, Christine	Pêches et Océans Canada
Millard, Koreen	Environnement et Changement climatique Canada
Murphy, Jennifer	Université de Toronto
Nassar, Ray	Environnement et Changement climatique Canada
Paradine, Dennis	Ministère des Forêts, des Terres, de l'Exploitation des ressources naturelles et du Développement rural de la Colombie-Britannique

Pellatt, Marlow	Parcs Canada
Piekutowski, Thomas	Agence spatiale canadienne
Poirier, Vincent	Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue
Polavarapu, Saroja	Environnement et Changement climatique Canada
Poulin, Julie	Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec
Prairie, Yves	Université du Québec à Montréal
Risk, Dave	Université St. Francis Xavier
Robinson, Derek	Université de Waterloo
Rodriguez, Georgina	Université Laval
Saurette, Daniel	Ministère de l'Agriculture de l'Ontario
Seiler, Christian	Environnement et Changement climatique Canada
Sharma, Tara	Parcs Canada
Shepherd, Marjorie	Environnement et Changement climatique Canada
Steenberg, James	Ministère des Terres et des Forêts de la Nouvelle-Écosse
Ste-Marie, Catherine	Services publics et Approvisionnement Canada (Ressources naturelles Canada à la date de publication du rapport)
Strong, Kimberly	Université de Toronto
Talbot, Julie	Université de Montréal
Taylor, Anthony	Ressources naturelles Canada
Ter-Mikaelian, Michael	Ministère des Richesses naturelles et des Forêts de l'Ontario
Thiffault, Evelyne	Université Laval
VanderZaag, Andrew	Agriculture et Agroalimentaire Canada
Vogel, Felix	Environnement et Changement climatique Canada
Walker, Kaley	Université de Toronto
Wallace, Katie	Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada
Webster, Kara	Ressources naturelles Canada
Worthy, Doug	Environnement et Changement climatique Canada
Wunch, Debra	Université de Toronto