



Ressources naturelles  
Canada

Natural Resources  
Canada



# Plan d'action sur la science du carbone forestier au Canada 2012–2020



Canada



# **Plan d'action sur la science du carbone forestier au Canada 2012–2020**

## **Coordination et rédaction**

Pierre Bernier, Werner A. Kurz,  
Tony Lemprière et Catherine Ste-Marie

Fondé sur la contribution des spécialistes de  
la science du carbone forestier et des responsables  
des politiques du Canada

©Sa Majesté la Reine du chef du Canada, représentée par le ministre de Ressources naturelles Canada, 2012  
Numéro de cat. : Fo4-43/2012F  
ISBN 978-1-100-99777-3

Exemplaires disponibles gratuitement auprès de :  
Publications

Ressources naturelles Canada  
a/s Communications St. Joseph  
Service de traitement des commandes  
1165, rue Kenaston  
Case postale 9809, succursale T  
Ottawa (Ontario) K1G 6S1  
Téléphone : 1-800-387-2000; Télécopieur : 613-740-3114; ATME : 613-996-4397  
Courriel : dlsorderdesk@eprintit.com

Une version pdf de cette publication est disponible dans la base de données  
des Publications du Service canadien des forêts : <http://cfs.nrcan.gc.ca/publications>

This publication is available in English under the title *A blueprint for forest carbon science in Canada: 2012-2020*

Révision : Benoît Arsenault et Lucille Millette

Production : Paula Irving

Conception graphique et mise en page : Sandra Bernier

### Catalogage avant publication de Bibliothèque et Archives Canada

Plan d'action sur la science du carbone forestier au Canada : 2012–2020 /  
coordination et rédaction, Pierre Bernier ... [et al.].

Publ. aussi en anglais sous le titre: A blueprint for forest carbon science in Canada: 2012–2020.

Comprend des réf. bibliogr.

Également disponible dans Internet.

ISBN 978-1-100-99777-3

No de cat. : Fo4-43/2012F

1. Foresterie—Facteurs climatiques—Canada.
  2. Forêts—Gestion—Aspect de l'environnement—Politique gouvernementale—Canada.
  3. Gaz à effet de serre—Réduction—Politique gouvernementale—Canada.
  4. Climat—Changements—Atténuation—Politique gouvernementale—Canada.
  5. Relations plante-atmosphère—Canada.
  6. Biomasse végétale—Teneur en carbone—Canada.
  7. Environnement—Politique gouvernementale—Canada.
- I. Bernier, Pierre, 1954- II. Service canadien des forêts

SD387 E58 B5814 2012 333.750971 C2012-980182-8

**Avertissement :** Les opinions exprimées dans ce document ne sont pas nécessairement celles du Service canadien des forêts, de Ressources naturelles Canada ou du gouvernement du Canada.

Le contenu de cette publication peut être reproduit en tout ou en partie, et par quelque moyen que ce soit, sous réserve que la reproduction soit effectuée uniquement à des fins personnelles ou publiques, mais non commerciales, sans frais ni autre permission, à moins d'avis contraire.

On demande seulement :

- + de faire preuve de diligence raisonnable en assurant l'exactitude du matériel reproduit;
- + d'indiquer le titre complet du matériel reproduit et l'organisation qui en est l'auteur;
- + d'indiquer que la reproduction est une copie d'un document officiel publié par le gouvernement du Canada et que la reproduction n'a pas été faite en association avec le gouvernement du Canada ni avec l'appui de celui-ci.

La reproduction et la distribution à des fins commerciales sont interdites, sauf avec la permission écrite de l'administrateur des droits d'auteur de la Couronne du gouvernement du Canada, Travaux publics et Services gouvernementaux Canada (TPSGC). Pour de plus amples renseignements, veuillez communiquer avec TPSGC au : 613-996-6886 ou à : [droitdauteur.copyright@tpsgc-pwgsc.gc.ca](mailto:droitdauteur.copyright@tpsgc-pwgsc.gc.ca).



Imprimé sur du papier recyclé



Imprimé au Canada



Imprimé sur du papier alcalin

# TABLE DES MATIÈRES

**Remerciements** 4

**Résumé** 4

**Chapitre 1. Introduction** 8

1.1 Objectif du Plan d'action 8

1.2 Contexte 9

1.3 Portée du Plan 13

1.4 Organisation de ce document 14

**Chapitre 2. Besoins scientifiques et politiques relatifs au carbone forestier** 16

2.1 Thèmes stratégiques 16

Thème stratégique 1. Intendance forestière durable sur le plan climatique 16

Thème stratégique 2. Obligations nationales et internationales de rendre compte 17

Thème stratégique 3. Politiques et règlements qui reflètent les caractéristiques des forêts du Canada 17

Thème stratégique 4. Atténuation des changements climatiques 18

2.2 Sujets de recherche, questions scientifiques et objectifs clés de la recherche 20

Sujet de recherche 1. Estimations améliorées des sources et des puits actuels de GES dans les forêts du Canada 20

Sujet de recherche 2. Estimations améliorées de l'effet des changements planétaires sur le futur bilan du carbone forestier au Canada 22

Sujet de recherche 3. Estimations améliorées de l'effet des forêts du Canada sur le système climatique planétaire 24

Sujet de recherche 4. Estimations améliorées du rôle que peuvent jouer les forêts du Canada pour atténuer les changements climatiques 25

**Chapitre 3. Activités de recherche, infrastructure et accords institutionnels** 30

3.1 Activités de recherche et infrastructure de la science du carbone forestier 30

3.2 Ententes institutionnelles 38

**Chapitre 4. Mise en œuvre du Plan d'action** 42

**Glossaire** 46

**Bibliographie** 52

**Abréviations et acronymes** 54

**Collaborateurs** 55



## REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier Mary Mes-Hartree et Darcie Booth d'avoir revu ce Plan d'action de façon approfondie et de nous avoir appuyés tout au long de son élaboration. Nous remercions également Anna Dabros et Mark Hart de leur soutien diligent. Nous soulignons l'appui financier généreux du Service canadien des forêts. Nous désirons particulièrement remercier les spécialistes du carbone forestier et les responsables des politiques de leur participation et de leur contribution. Sans eux, ce Plan d'action n'aurait pas vu le jour. Nous soulignons également le travail rigoureux de la réviseuse de l'anglais, Paula Irving, de la conceptrice graphique, Sandra Bernier et des réviseurs du français, Lucille Millette et Benoît Arsenault. Tous ces derniers œuvrent au sein du Secteur canadien des forêts de Ressources naturelles Canada.

## RÉSUMÉ

L'évolution du climat soulève des préoccupations à l'échelle nationale et internationale, et nous amène à nous questionner sur l'effet actuel et futur des forêts canadiennes et du secteur forestier canadien sur les concentrations atmosphériques de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et les autres gaz à effet de serre (GES). En 2008, le Conseil canadien des ministres des forêts a déterminé que les changements climatiques, y compris l'adaptation à ces derniers et le rôle du carbone forestier pour les atténuer, constituaient une des deux priorités d'importance nationale auxquelles ferait face le secteur forestier canadien au cours des dix prochaines années.

Les politiques sur le carbone forestier doivent s'appuyer sur les meilleurs renseignements scientifiques disponibles. Depuis une dizaine d'années, des progrès scientifiques considérables ont été réalisés, et ont grandement contribué à l'élaboration de ces politiques, mais il demeure toutefois d'importantes incertitudes et les besoins en matière de politiques évoluent. Ce Plan d'action donne un aperçu des activités de recherche sur le carbone forestier au Canada à prioriser, en vue d'appuyer la ligne de conduite à l'horizon 2020. La compréhension des priorités sur le plan des politiques aidera les organismes de financement, les spécialistes de la science du carbone forestier et les responsables des politiques des gouvernements, des universités et du secteur forestier, à bien affecter leurs ressources et à harmoniser leurs efforts. Les spécialistes de la science du carbone forestier et les responsables

des politiques du Canada ont beaucoup contribué à l'élaboration de ce Plan d'action.

Les besoins de différentes parties prenantes varieront selon leur contexte particulier, tout comme l'importance qu'ils accorderont à plusieurs enjeux et questions sur le plan scientifique et politique. Ce Plan d'action traite :

- + des considérables enjeux stratégiques sur le carbone forestier, qui sont susceptibles d'être importants pour les gouvernements et pour le secteur forestier à l'horizon 2020 (tableau R 1);
- + des questions sur la science du carbone forestier, et des priorités de recherche pour aborder ces questions, qui sont susceptibles d'être les plus pertinentes dans le cadre des politiques à l'horizon 2020 (tableau R 1);
- + des approches, de l'infrastructure et des partenariats scientifiques nécessaires pour aborder les priorités de recherche.

Il conviendra de mettre l'accent sur des efforts ciblés et coordonnés en vue d'atteindre les objectifs clés de recherche d'ici à 2020, afin de maintenir les bons résultats de la science du carbone forestier au Canada. Des investissements continus dans les activités, l'expertise et les infrastructures de la science du carbone forestier seront nécessaires, mais l'estimation du niveau d'investissement et des résultats connexes, dépasse de la portée de ce document. La rapidité et l'étendue de l'acquisition de nouvelles connaissances et informations, et leur apport aux politiques, varieront selon le niveau d'investissement. Ce Plan d'action propose onze mesures qui, si mises en œuvre et maintenues jusqu'en 2020, aideront à assurer que la science du carbone forestier au Canada satisfait aux exigences en matière de politique suivantes :

1. renforcer le réseautage et la transmission des connaissances au sein des spécialistes de la science du carbone forestier et des responsables des politiques;
2. créer des cadres d'intégration, de synthèse et d'analyse des données sur le carbone forestier;
3. quantifier avec moins d'incertitude les répercussions des facteurs environnementaux sur la dynamique du carbone forestier;
4. quantifier avec moins d'incertitude l'incidence des activités humaines sur la dynamique du carbone forestier;

**TABLEAU R 1.** Apport de la science aux thèmes stratégiques du carbone forestier.

SUJETS DE RECHERCHE ET QUESTIONS SCIENTIFIQUES	THÈMES STRATÉGIQUES			
	1. Intendance forestière durable sur le plan climatique	2. Obligations de rendre compte	3. Politiques et règlements adaptés aux caractéristiques des forêts du Canada	4. Atténuation des changements climatiques
<p><b>1. Estimations améliorées des sources et des puits actuels de GES dans les forêts du Canada</b></p> <p>1.1. Quelle est l'incidence des perturbations naturelles, de l'aménagement forestier et de la réaffectation des terres sur la dynamique actuelle du carbone forestier de l'échelle des peuplements à l'échelle nationale, et sur une période allant de moins de un an à plusieurs décennies?</p> <p>1.2. Quelle est l'incidence de la variabilité climatique, y compris la sécheresse, sur la dynamique actuelle du carbone forestier de l'échelle des peuplements à l'échelle nationale, et sur une période allant de moins de un an à plusieurs décennies?</p> <p>1.3. Comment les processus locaux régissant la dynamique actuelle du carbone forestier se transposent-ils au niveau régional et national?</p>				
<p><b>2. Estimations améliorées de l'effet des changements planétaires sur le bilan futur du carbone forestier du Canada</b></p> <p>2.1. Dans quelle mesure les changements planétaires peuvent-ils modifier les sources et les puits de carbone dans les forêts du Canada?</p> <p>2.2. De quelle façon l'incidence des changements climatiques sur les perturbations naturelles touchant les forêts modifiera-t-elle le futur bilan du carbone forestier du Canada?</p>	+	+	+	+
<p><b>3. Estimations améliorées de l'effet des forêts du Canada sur le système climatique planétaire</b></p> <p>3.1. Comment se compare l'incidence du flux de carbone forestier sur le climat avec l'incidence des autres propriétés et processus liés au couvert forestier?</p> <p>3.2. Quel sera l'apport des forêts du Canada au futur bilan planétaire de GES?</p>	+			+
<p><b>4. Estimations améliorées de l'apport possible des forêts du Canada à l'atténuation des changements climatiques</b></p> <p>4.1. Quelles activités dans les écosystèmes forestiers sont les plus susceptibles de contribuer à l'atteinte des objectifs d'atténuation?</p> <p>4.2. Quelles mesures se rapportant aux produits ligneux récoltés sont les plus susceptibles de contribuer à l'atteinte des objectifs d'atténuation?</p> <p>4.3. Quelles mesures se rapportant à la production de bioénergie à partir de la biomasse forestière sont les plus susceptibles de contribuer à l'atteinte des objectifs d'atténuation, tout en assurant la pérennité de l'exploitation de cette biomasse?</p>	+		+	+

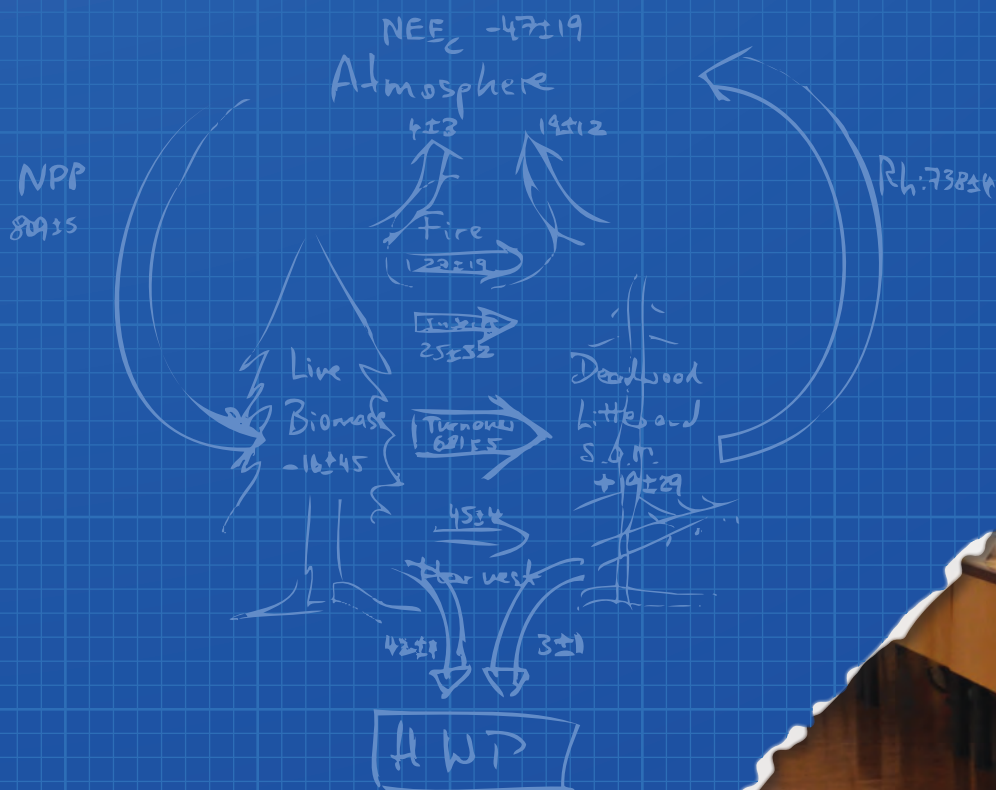
5. étendre les analyses du bilan du carbone forestier à tout le territoire forestier du Canada;
6. améliorer la couverture spatiale, l'exactitude et le délai de transmission de l'information sur l'inventaire forestier;
7. générer en temps opportun les statistiques annuelles sur les zones touchées par les incendies, les insectes, les maladies, l'aménagement forestier et le changement d'affectation des terres;
8. permettre l'extrapolation spatiale et temporelle du flux de carbone;
9. intégrer la science du carbone forestier aux évaluations à grande échelle du flux de carbone;
10. produire des évaluations interdisciplinaires sur les répercussions biophysiques et économiques relatives aux options d'atténuation du carbone forestier;

11. former et perfectionner la prochaine génération de spécialistes de la science du carbone.

Nous espérons que ce Plan d'action orientera la recherche et les tâches essentielles en ce qui a trait à la coordination et à l'intégration de la science du carbone forestier au Canada. Les enjeux stratégiques du XXI<sup>e</sup> siècle deviennent de plus en plus complexes et évoluent, et ils exigent des programmes de recherche scientifique bien intégrés, coordonnés et soutenus, pour pouvoir répondre aux questions stratégiques. Le but de ce Plan d'action est de servir de base à ces efforts et d'accroître la probabilité que l'on puisse relever les défis des dix prochaines années en matière de politique sur le carbone forestier.

# CHAPITRE 1

## Introduction





## CHAPITRE 1. INTRODUCTION

### 1.1 Objectif du Plan d'action

Le carbone forestier est devenu un important enjeu politique à la fin des années 1990, et il le demeurera au cours des prochaines années. L'accroissement des concentrations de CO<sub>2</sub> et de divers autres GES dans l'atmosphère a soulevé des questions au pays et sur la scène internationale, sur l'effet contemporain et futur des forêts et du secteur forestier du Canada sur les concentrations atmosphériques des GES. Le gouvernement fédéral et celui des provinces et des territoires, ont établi des objectifs de réduction de GES d'ici à 2020, et au-delà, et les forêts et les activités du secteur forestier pourraient aider à les atteindre. Les gouvernements, les entreprises du secteur forestier, les groupes environnementaux, les collectivités autochtones et d'autres organismes du Canada, s'interrogent sur la façon dont les forêts pourraient être aménagées, et la biomasse forestière utilisée, pour maintenir le stockage du carbone, en piéger de plus grandes quantités et réduire les émissions de GES. Cela a ajouté une nouvelle considération en matière de politique et de pratiques relatives à l'aménagement durable des forêts au Canada, que nous apprenons encore à connaître et à comprendre. En 2008, dans le document intitulé Vision pour les forêts du Canada : 2008 et au-delà, les membres du Conseil canadien des ministres des forêts (CCMF) précisent que les changements climatiques, y compris l'adaptation et le rôle du carbone forestier pour aider à les atténuer, constitueront l'une des deux priorités d'importance nationale auxquelles le secteur forestier canadien devra faire face au cours des dix prochaines années (CCMF, 2008).

Une bonne politique sur le carbone forestier doit être fondée sur les meilleures connaissances scientifiques. Au Canada, le progrès réalisé sur la science du carbone forestier par les chercheurs gouvernementaux et universitaires au cours des dernières décennies, a déjà contribué de façon importante à l'élaboration de politiques, comme il est indiqué plus loin dans le texte. L'objectif de ce Plan d'action est de donner un aperçu des recherches nécessaires pour que la science continue à répondre aux besoins de plus en plus exigeants des politiques, qui requièrent des connaissances scientifiques de plus en plus complexes. Ce Plan d'action est principalement destiné aux spécialistes de la science du carbone forestier du



gouvernement fédéral, des gouvernements provinciaux et territoriaux, des universités et d'ailleurs au Canada, y compris les chercheurs et les organismes de financement scientifique. Il profitera également aux responsables gouvernementaux des politiques et au secteur forestier dans son ensemble. Il ne s'agit ni d'un plan de travail détaillé ni d'une proposition de financement, mais plutôt d'un aperçu des principales questions et des priorités de recherche sur la science du carbone forestier à l'horizon 2020. L'avancement de ces priorités contribuera directement à clarifier les enjeux stratégiques et les questions qui sont importantes pour les gouvernements et le secteur forestier élargi au Canada. Le fait d'avoir une idée des priorités de recherche stratégiques aidera les chercheurs, les gestionnaires et les organismes de financement à bien affecter leurs ressources et à harmoniser leurs efforts. Ce Plan d'action traite :

- + des enjeux stratégiques fondamentaux liés au carbone forestier, qui sont susceptibles d'être importants pour les gouvernements et le secteur forestier à l'horizon 2020;
- + des questions sur la science du carbone forestier, et des priorités de recherche pour aborder ces questions, qui sont susceptibles de mieux appuyer les politiques à l'horizon 2020;
- + des approches, de l'infrastructure et des partenariats scientifiques nécessaires pour faire avancer les priorités de recherche.

Les importants enjeux liés à la politique sur le carbone forestier et les priorités en matière de recherche scientifique de ce Plan d'action, reposent sur les informations recueillies auprès des scientifiques et des experts en matière de politique du gouvernement fédéral, des gouvernements provinciaux et territoriaux et des universités. Trois ébauches ont été distribuées aux fins de commentaires, et plusieurs ateliers et d'autres discussions ont servi à cibler les

## Élaboration du Plan d'action sur la science du carbone forestier au Canada

L'élaboration de ce Plan d'action a reposé sur la participation des scientifiques et des analystes des politiques qui s'intéressent au carbone forestier dans l'ensemble du pays.

Mars 2010 – À un atelier de Victoria, en Colombie-Britannique, 30 participants du gouvernement fédéral définissent les questions prioritaires sur le carbone forestier, tant sur le plan scientifique que politique.

- + Juin 2010 – Une ébauche du Plan d'action élaborée à partir des résultats de l'atelier est envoyée à 93 experts provenant d'universités, du gouvernement fédéral et des gouvernements provinciaux et territoriaux, à des fins d'examen; environ 900 commentaires sont reçus.
- + Janvier 2011 – Une ébauche très remaniée est envoyée à environ 135 experts nationaux et internationaux pour un deuxième examen; plus de 1 000 commentaires sont reçus.
- + Mars 2011 – Lors d'un deuxième atelier tenu dans la ville de Québec, 35 experts des gouvernements et des universités aident à améliorer davantage le Plan d'action.
- + Février 2012 – Une troisième ébauche est envoyée pour examen final à toutes les personnes qui ont contribué à l'élaboration de ce Plan d'action.

Grâce à la contribution des collaborateurs (voir la section Collaborateurs à la fin de ce document), ce Plan d'action porte de façon exhaustive sur les enjeux liés à la science du carbone forestier et sur leur rapport avec la politique du carbone forestier au Canada. Cette contribution de la part des spécialistes a été inestimable. Bien que ce ne soit pas un document de concertation, il est censé refléter fidèlement le large éventail de points de vue recueillis.

principales questions et les priorités de recherche. À chaque étape, nous avons tenu compte de tous les commentaires pour que ce document reflète le plus possible le point de vue global, diversifié et parfois divergent quant à l'aspect de la science du carbone forestier, qui sera le plus important au cours des dix prochaines années. Vous trouverez un sommaire du processus utilisé pour élaborer ce Plan d'action dans l'encadré qui suit. Même si le processus de consultation s'est déroulé à l'échelle des disciplines scientifiques et des organismes de recherche qui interviennent au niveau de la science du carbone forestier, ce Plan d'action ne porte pas de jugement sur qui réalisera ou devrait réaliser les recherches.

Il sera important de réviser périodiquement ce Plan d'action, soit tous les trois ou quatre ans, pour que les enjeux liés à la politique, aux questions scientifiques et aux priorités de recherche demeurent pertinents.

### 1.2 Contexte

Les forêts du Canada constituent une source renouvelable de bois, de bioénergie et de divers autres produits et services. Elles constituent 10 % du couvert

forestier et 30 % du couvert de forêt boréale de la planète (Ressources naturelles Canada, 2011a). Au Canada, les terres forestières occupent 348 millions d'hectares (ha) ou 40 % de la superficie du territoire, et les autres terres boisées occupent 42 millions d'ha (Ressources naturelles Canada, 2011a). Toutes les terres forestières ne font pas l'objet d'un aménagement : en 2009, on évaluait à 229 millions d'ha la superficie des forêts aménagées, c'est-à-dire, les forêts aménagées pour la production de bois d'œuvre et l'exploitation de produits forestiers non ligneux (y compris les parcs) ou qui font l'objet d'une protection contre les feux de forêt (Environnement Canada, 2012).

Dans le secteur forestier canadien, on a pris un engagement soutenu en faveur de l'aménagement durable des forêts, qui consiste à maintenir et à améliorer la santé à long terme des écosystèmes forestiers au profit de tous les êtres vivants, tout en assurant à la génération actuelle et aux générations futures de bonnes perspectives environnementales, économiques, sociales et culturelles (Ressources naturelles Canada, 2011b). Dans cette optique, le gouvernement fédéral et les gouvernements provinciaux et territoriaux ont



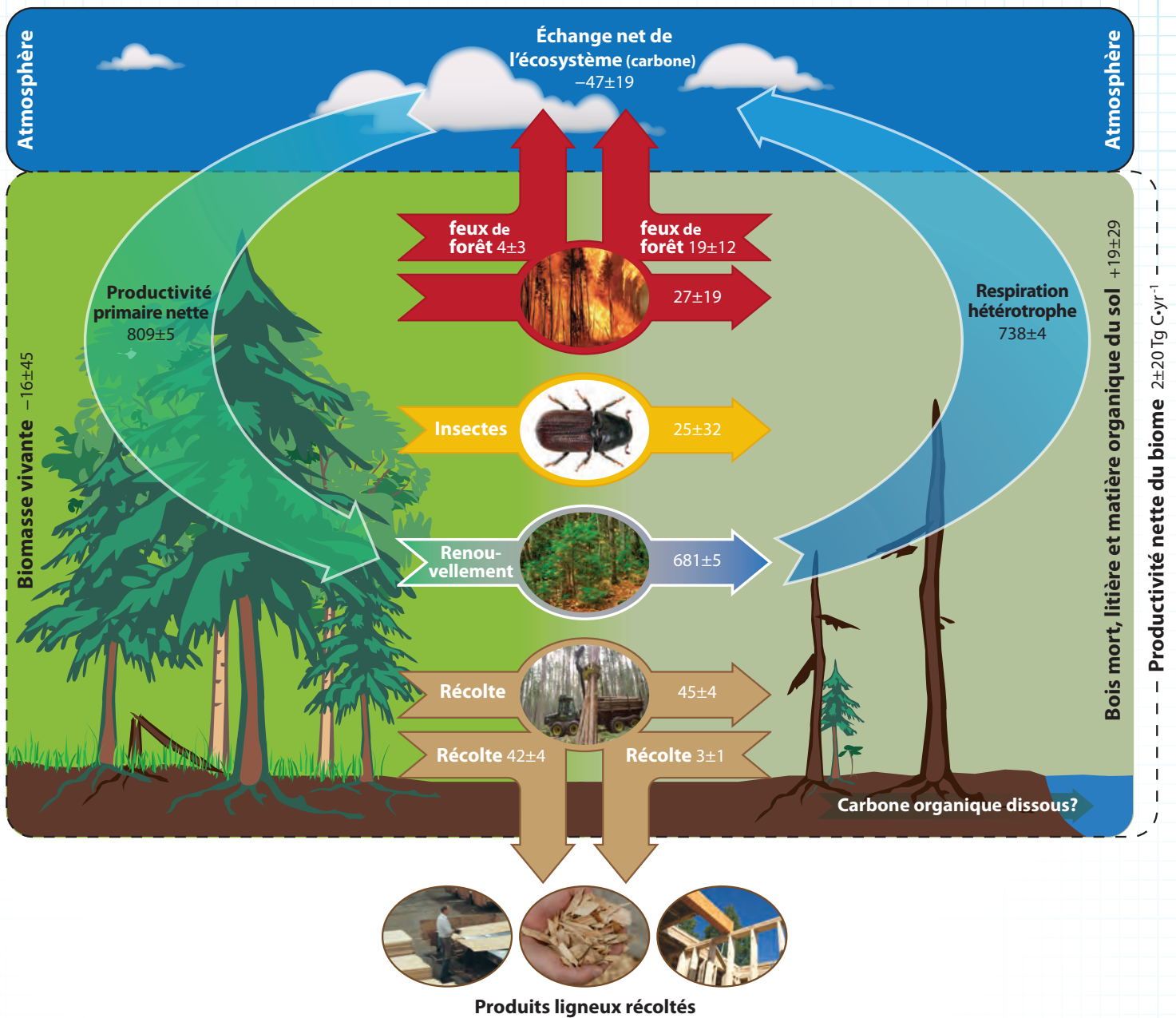


Photo de Phil Burton



tous des objectifs différents en matière de politique sur les forêts, selon leur champ de compétence. Au Canada, la plupart des terres forestières sont de propriété publique et de compétence provinciale ou territoriale (77 %) ou de compétence fédérale (16 %); le reste des terres (7 %) sont détenues par des intérêts privés (Ressources naturelles Canada, 2011a). Les provinces et les territoires sont responsables de la conservation et de la gestion des ressources forestières dans leurs terres. Outre la gestion de certaines terres forestières, l'économie nationale, le commerce et les relations internationales incombent au gouvernement fédéral, et les forêts et le secteur forestier en sont des éléments importants. Le gouvernement fédéral a également des responsabilités envers les collectivités autochtones qui vivent principalement en région forestière. L'industrie forestière a des responsabilités en matière d'aménagement forestier, qui sont définies par des accords juridiques conclus avec les gouvernements provinciaux. Dans le cas des forêts privées, qu'il s'agisse de petits terrains boisés ou de vastes forêts détenues par des entreprises forestières, les propriétaires ont généralement leurs propres objectifs d'aménagement. L'intérêt des gouvernements et des autres acteurs du secteur forestier est sous-tendu par les multiples objectifs économiques, sociaux et environnementaux d'une gestion forestière durable, allant des recettes publiques, de l'emploi, de la stabilité des collectivités rurales, de la progression des marchés et des bénéfices au maintien et à la protection des écosystèmes et des services qu'ils fournissent, notamment, le stockage du carbone.

Les forêts interagissent de façon dynamique avec l'atmosphère, en échangeant de grandes quantités d'énergie, de carbone et de divers autres gaz, ce qui a une incidence sur le bilan énergétique et sur le climat de la planète. Depuis 1990, les forêts du monde ont capté environ 30 % du CO<sub>2</sub> libéré dans l'atmosphère par l'utilisation de combustibles fossiles, la production de ciment et la réaffectation des terres, comme le déboisement (Pan et collab., 2011). Les forêts canadiennes jouent un rôle important dans le cycle mondial du carbone, en raison de leur superficie et de la grande quantité de carbone stocké par leur végétation, leur épaisse couche de sol organique et leur pergélisol. D'une année à l'autre, ce rôle peut passer de celui de puits à celui de source de carbone, selon le bilan net du flux entre l'atmosphère et les forêts. En moyenne, de 1990 à 2008, les forêts



**FIGURE 1.** Le bilan carbone estimé des forêts aménagées du Canada, pour la période de 1990 à 2008, en Tg (Mt) C•année<sup>-1</sup>. Les données représentent la moyenne annuelle  $\pm$  un écart type, et sont fondées sur 19 valeurs annuelles. La petite quantité nette de carbone prélevée dans l'atmosphère par les forêts (échange négatif net de carbone de l'écosystème) correspond à la différence entre les deux principaux flux (productivité primaire nette et respiration hétérotrophe), en plus des émissions associées aux feux de forêt. On estime que seule une petite partie du carbone prélevé s'est accumulée dans les forêts (productivité nette du biome [PNB]) au cours de la période à l'étude. (Stinson et al., 2011.)

aménagées ont constitué un petit puits net de carbone (figure 1). L'échange net avec l'atmosphère est la somme du carbone prélevé pour la productivité primaire nette (PPN, taux net de carbone prélevé dans l'atmosphère au cours de la photosynthèse et de la respiration végétale) du carbone émis par la matière organique morte en décomposition (respiration hétérotrophe [Rh]) et du carbone émis au cours de feux de forêt (du méthane et de l'oxyde nitreux

sont aussi émis pendant la combustion). Dans les forêts, le renouvellement annuel, le feu, la mortalité causée par les insectes et par la récolte des arbres, entraînent la transformation de la biomasse vivante en matière organique morte, ce qui émet de grandes quantités de carbone (figure 1). Le stock de carbone des peuplements forestiers est souvent caractérisé par de longues périodes de lent piégeage du carbone, entrecoupées d'épisodes relativement courts





Photo de Ruth Errington



de libération associés à la récolte des arbres, aux feux de forêt, aux graves perturbations par les insectes ou à d'autres perturbations naturelles graves. Au niveau des paysages, des régimes de perturbations naturelles accrues (feux de friches et infestations par les insectes), sous l'effet des changements climatiques, ont récemment entraîné une diminution du stock de carbone des forêts aménagées dans certaines parties du Canada, voire dans l'ensemble du pays (Environnement Canada, 2012; Stinson et collab., 2011). Outre le carbone qu'elles émettent dans l'atmosphère, les forêts en perdent en raison de la récolte du bois et en libèrent sous forme de carbone organique dissous dans les milieux aquatiques. Les émissions associées aux produits ligneux récoltés s'échelonnent sur une période de temps qui varie en fonction du type de produit (bois débité, papier, bioénergie, etc.) et de l'usage qu'il en est fait. Par ailleurs, l'utilisation de bois à la place de combustibles fossiles et de matières à fortes émissions, telles que le béton et l'acier, peut avoir un effet sur la substitution indirecte et permettre de réduire les émissions de GES d'origine fossile.

Il est de plus en plus reconnu que la rétroaction entre le climat et les réservoirs de carbone terrestres de longue durée, peut profondément modifier la trajectoire des futures concentrations atmosphériques de GES et des changements climatiques (Metsaranta et collab., 2011). Il en ressort que la réaction des écosystèmes terrestres aux changements climatiques peut avoir un effet considérable sur les résultats des efforts mondiaux pour réduire les émissions nettes de GES, en vue de stabiliser la concentration de GES dans l'atmosphère. Comme suite aux feux de forêt et aux perturbations causées par les insectes, on estime que la variabilité interannuelle du bilan net de GES des forêts aménagées du Canada équivaut déjà à 50 % des émissions anthropiques totales de GES (Environnement Canada, 2012). On ignore dans quelle mesure les répercussions futures des changements climatiques, y compris la modification du régime des feux, du taux de décomposition, du taux de mortalité des arbres et des autres processus, entraîneront une hausse des émissions des forêts, mais on estime que la hausse pourrait être importante (Metsaranta et collab., 2010), et même excéder la réduction des émissions réalisée dans tous les autres secteurs. En outre, on en sait encore très peu sur la direction et sur l'ampleur de la rétroaction des forêts sur le cycle du carbone à cause des changements climatiques,

l'existence de seuils qui marquent le passage irréversible d'un état à un autre dans le processus écologique, et le rythme des futurs changements (GIEC, 2007a). En raison des effets de la rétroaction, la façon dont le bilan du carbone forestier du Canada réagira aux changements climatiques mondiaux touche la science, l'environnement et la politique, non seulement pour les futurs efforts d'atténuation, mais aussi pour l'adaptation.

Le Canada est internationalement reconnu dans le domaine de la science du carbone forestier. La recherche a déjà considérablement facilité la compréhension relative aux puits et aux sources de carbone d'aujourd'hui et du futur dans les forêts canadiennes, les processus qui ont une incidence sur ces derniers, ainsi que sur la contribution des forêts aménagées au cycle mondial du carbone. On comprend également mieux toutes les options d'atténuation pour réduire les émissions de GES et accroître le piégeage de carbone dans les écosystèmes forestiers et le secteur forestier. Des outils ont été mis au point pour aider les aménagistes forestiers des gouvernements provinciaux et territoriaux et de l'industrie, à évaluer l'incidence des activités humaines sur le cycle du carbone forestier. Grâce aux nombreuses années de collaboration entre le gouvernement fédéral et les gouvernements provinciaux et territoriaux, chaque année, on effectue des estimations de la variation historique du stock de carbone et des émissions de GES, qui sont associées aux forêts aménagées et aux changements d'affectation des terres, que le gouvernement fédéral utilise pour élaborer des rapports nationaux. Certaines provinces publient également leurs propres estimations. De plus, des prévisions des futurs changements du stock de carbone et des émissions de GES, qui tiennent compte de l'incidence des régimes de perturbations naturelles, ont été effectuées pour diverses raisons.

Même si de grands progrès ont été réalisés, il demeure de grandes incertitudes, et ce Plan d'action met l'accent sur la façon de traiter ces dernières. Les responsables des politiques et les aménagistes forestiers ont maintenant à relever le défi d'intégrer les considérations liées au carbone et aux GES dans les plans d'aménagement durable des forêts, tout en trouvant un équilibre entre ces considérations et les autres objectifs d'aménagement forestier. Ils sont aux prises avec le défi de déterminer quelle est la

meilleure façon pour les forêts et le carbone forestier de contribuer à l'atteinte des objectifs d'atténuation des émissions de GES. Ils continueront d'avoir recours aux spécialistes du carbone forestier, pour obtenir les renseignements et acquérir les connaissances nécessaires pour prendre des décisions éclairées, et pour faire rapport sur la façon dont les émissions canadiennes de carbone et de GES liées aux forêts changent et pourquoi.

### 1.3 Portée du Plan

La recherche sur les réservoirs de carbone dans les écosystèmes forestiers aménagés et non aménagés au Canada : la biomasse aérienne et souterraine, le bois mort, la litière et le sol, est au cœur de ce Plan d'action. On y aborde également la recherche sur les tourbières boisées et les milieux de transition entre les écosystèmes forestiers et aquatiques, comme les milieux humides. Il englobe la science du carbone pertinente sur le plan des politiques, qui est en symbiose avec les écosystèmes forestiers et le secteur forestier. Il traite donc du devenir du carbone stocké dans les produits ligneux récoltés, ainsi que de l'effet de substituer du bois aux combustibles fossiles et aux matières de construction qui produisent plus d'émissions.

Même si l'accent est mis sur le stock de carbone et son évolution, ce Plan d'action aborde aussi les GES autres que le CO<sub>2</sub> liés aux changements climatiques, comme le méthane et l'oxyde nitreux, qui sont inclus dans la production de rapports et les politiques nationales et internationales portant sur les GES. Dans ce Plan d'action, le terme « carbone » renvoie au CO<sub>2</sub> et à ces autres GES, s'il y a lieu, et celui d'« émissions » renvoie au bilan net des émissions et des piégeages. Ce Plan touche également à d'autres caractéristiques des écosystèmes forestiers, comme l'albédo (la fraction du rayonnement solaire réfléchi par des surfaces sur la terre).

Les différentes possibilités de gérer le carbone forestier de façon à contribuer à l'atténuation des changements climatiques sont abordées sous un angle biophysique et économique. Les décisions stratégiques liées à la gestion du carbone devront tenir compte des nombreux autres objectifs d'aménagement durable des forêts, comme ceux liés à l'adaptation aux changements climatiques, à la biodiversité, aux

ressources en eau et à l'emploi, mais ce Plan d'action met surtout l'accent sur les questions liées au carbone. L'adaptation aux changements climatiques et à la durabilité des pratiques actuelles de gestion des forêts dans le contexte des changements climatiques, constituent des enjeux stratégiques importants, mais qui débordent de la portée de ce Plan. Quoi qu'il en soit, même si ce Plan n'aborde pas directement les questions relatives à l'adaptation, il est évident que la majeure partie des recherches nécessaires pour mieux comprendre l'effet des changements climatiques et des stratégies d'adaptation sur les forêts, seront aussi utiles pour prévoir l'incidence de ces changements sur le carbone (recherches sur l'effet des changements climatiques sur la dynamique forestière et sur les perturbations naturelles, etc.). Puis, l'adaptation et l'atténuation, deux stratégies complémentaires pour aborder les changements climatiques, devront de plus en plus être étudiées ensemble, de façon à créer une synergie ou à réduire au minimum les compromis à faire entre ces deux stratégies.

## 1.4 Organisation de ce document

Ce Plan d'action comprend quatre chapitres, y compris l'introduction. Le chapitre 2 aborde les quatre principaux thèmes stratégiques, qui constitueront les enjeux fondamentaux de la science du carbone forestier à l'horizon 2020. On y trouve aussi quatre thèmes de recherche prioritaires et leur pertinence par rapport à la politique, ainsi qu'une série de questions et d'objectifs clés sur chaque sujet de recherche jusqu'à 2020. Le chapitre 3 donne un aperçu des nouveaux éléments du point de vue de la méthodologie, de la technologie, de l'infrastructure et des ententes institutionnelles, qui assureront que ces objectifs sont menés à bien de façon efficace. En conclusion, le chapitre 4 propose des façons de mettre en œuvre ce Plan d'action, et présente une première vision d'un système axé sur l'intégration qui touche la science du carbone forestier au Canada.



# CHAPITRE **2**

## Besoins scientifiques et politiques relatifs au carbone forestier





## CHAPITRE 2. BESOINS SCIENTIFIQUES ET POLITIQUES RELATIFS AU CARBONE FORESTIER

### 2.1 Thèmes stratégiques

L'intérêt croissant pour le rôle que joue le carbone forestier dans la régularisation du climat et l'atténuation des changements climatiques, a ajouté de nouvelles dimensions et de nouveaux objectifs au dialogue sur la politique touchant les forêts au Canada. Les objectifs stratégiques précis à atteindre en matière de carbone forestier à l'horizon 2020, varieront d'une administration et d'une organisation à l'autre, et évolueront au fil du temps, mais le débat sur chaque objectif va au-delà de ce Plan d'action. Ce dernier suppose plutôt que les intérêts stratégiques en matière de carbone forestier du gouvernement fédéral, des gouvernements provinciaux et territoriaux et des autres acteurs, peuvent être condensés en quatre grands thèmes stratégiques, lesquels sont interdépendants et se chevauchent. Ces thèmes ne sont pas nouveaux, mais ils ont gagné en importance au cours des dix dernières années, et la science du carbone forestier a déjà alimenté chacun d'entre eux.

#### Thème stratégique 1. Intendance forestière durable sur le plan climatique

Les Canadiens et la communauté internationale s'attendent à ce que le Canada exerce une gestion responsable de ses forêts, en s'assurant de l'écoulement durable des biens et des services et en tenant compte des changements liés au climat. À mesure qu'augmentent la compréhension et les inquiétudes sur le carbone forestier et sur les changements climatiques, les attentes pour une intendance forestière respectueuse de l'environnement en font autant. Ce relativement nouvel aspect de l'intendance fait en sorte que l'on doit intégrer les connaissances sur l'adaptation aux changements climatiques, sur le carbone forestier, sur les émissions de GES et sur l'atténuation des changements climatiques (voir le thème stratégique 4) aux objectifs, à la planification et aux pratiques d'un aménagement forestier durable. Pour réaliser cette intégration, il est essentiel de communiquer et de mettre en pratique les connaissances scientifiques sur l'effet de l'aménagement et du changement d'affectation des terres sur le carbone forestier, et la façon dont les objectifs liés au carbone, ainsi que les autres objectifs d'aménagement durable des forêts peuvent être équilibrés.



Nordic bois d'ingénierie

La capacité d'atteindre et de démontrer une telle intégration a une incidence sur l'accès aux marchés des produits forestiers canadiens.

Il est essentiel de pratiquer une intendance forestière durable sur le plan climatique et de la démontrer dans une mondialisation croissante où l'intérêt, la préoccupation et l'information sur nos forêts circulent partout au pays et à l'étranger, ce qui peut avoir des conséquences économiques. Par exemple, de plus en plus, des organismes scientifiques, des pays étrangers et des organisations environnementales non gouvernementales surveillent, cherchent à vérifier et, dans certains cas, mettent en doute les déclarations et les informations sur l'intendance forestière au Canada, y compris les estimations du bilan du carbone forestier. Les gouvernements canadiens veulent s'assurer que des informations et des connaissances scientifiques rigoureuses sur les forêts, sur le carbone forestier et sur leur gestion, sont accessibles au pays et à l'étranger. En outre, les programmes de recherche et de surveillance menés à l'étranger doivent profiter de la collaboration et de l'apport du Canada, de façon à ce que nos forêts soient bien représentées et que la communauté internationale comprenne davantage leurs caractéristiques et leur aménagement. Faire la démonstration d'une intendance responsable signifie aussi fournir des renseignements sur le rôle actuel et futur que jouent les forêts du Canada dans le cycle du carbone et le système climatique de la planète.

L'intendance forestière durable sur le plan climatique consiste non seulement à pratiquer une saine gestion des forêts au Canada et d'en faire la démonstration, mais aussi d'aider les autres pays à pratiquer une intendance comparable. Par exemple, le Canada peut aider d'autres pays à élaborer leur système de surveillance et de gestion du carbone forestier et, ainsi, améliorer leur capacité à produire des rapports et à contribuer à l'atténuation des changements climatiques. Ce faisant, il peut appuyer ses objectifs en matière de politique internationale sur les forêts,

comme l'établissement de normes communes d'aménagement durable et de réduction des émissions de GES liées au déboisement et à la dégradation des forêts dans les pays en développement.

### **Thème stratégique 2. Obligations nationales et internationales de rendre compte**

Les Canadiens et la communauté internationale s'attendent à ce que l'état des forêts soit surveillé au Canada, y compris l'état du carbone forestier, et qu'on en rende compte. Au nom du Canada, le gouvernement fédéral doit évaluer et rapporter annuellement la fluctuation dans le stock de carbone et les émissions de GES dans les forêts aménagées, qui est associée aux produits ligneux récoltés et aux changements d'affectation des terres (boisement et déboisement), ce qui fait partie du rapport annuel sur l'inventaire des GES exigé par la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC). D'autres exigences en matière de rapport pourraient être établies au moment de futurs accords internationaux sur les changements climatiques conclus dans le cadre de la CCNUCC. Le gouvernement fédéral fait aussi périodiquement rapport à l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture sur le stock de carbone forestier du Canada et la fluctuation des stocks de carbone dans toutes les terres forestières aménagées et non aménagées.

Au pays, on doit faire rapport pour diverses raisons : sur l'inventaire de GES au niveau provincial et territorial (certaines provinces, comme la Colombie-Britannique et l'Ontario, établissent leur propre rapport sur la fluctuation des stocks de carbone forestier et des émissions de GES); sur l'état des forêts au niveau fédéral, provincial et territorial; sur la surveillance des critères et des indicateurs d'un aménagement forestier durable; et sur l'aide apportée à des organismes d'aménagement forestier pour qu'ils puissent satisfaire aux exigences et obtenir leur certification de gestion durable des forêts. Le fait de constamment établir ces rapports contribue à démontrer une intendance durable sur le plan climatique, qui fait en sorte que les produits forestiers canadiens ont un accès continu aux marchés (voir le thème stratégique 1).

Les gouvernements et d'autres organisations ont besoin d'estimations et de rapports sur la fluctuation des stocks de carbone forestier et des émissions de GES d'origine anthropique, afin d'évaluer l'incidence des activités humaines sur les forêts et sur le carbone stocké

dans les produits ligneux récoltés; d'estimer le progrès réalisé quant à la réduction des émissions de GES et à l'augmentation du piégeage du carbone; de comprendre le rôle que joue la contribution anthropique dans l'accroissement observé des concentrations atmosphériques de GES. Le gouvernement fédéral et les gouvernements provinciaux et territoriaux ont déjà réalisé d'importants progrès en collaborant, afin d'effectuer régulièrement et de fournir des estimations liées au carbone forestier et aux GES, en vue de satisfaire aux exigences de faire rapport, tant au niveau national et international que provincial et territorial. Pour demeurer la source de renseignements qui font autorité sur le carbone dans les forêts et sur les produits forestiers, les administrations canadiennes doivent continuer à régulièrement déclarer des estimations transparentes, vérifiables et scientifiquement fondées. De plus, ils doivent continuellement améliorer les estimations déclarées en vue de renforcer et de préciser leur utilité dans l'élaboration de politiques, en particulier les estimations sur les émissions anthropiques (voir le thème stratégique 3). Sur la scène internationale, les lignes directrices de la CCNUCC sur la présentation de rapports précisent que les incertitudes liées aux estimations fournies par le Canada doivent continuellement être cernées, quantifiées et réduites, dans la mesure du possible (GIEC, 2006). Il est nécessaire de mener des recherches scientifiques au cours des dix prochaines années pour pouvoir accomplir toutes ces tâches.

### **Thème stratégique 3. Politiques et règlements qui reflètent les caractéristiques des forêts du Canada**

Les débats nationaux et internationaux sur le carbone forestier doivent refléter la nature unique des forêts canadiennes, et déboucher sur des politiques et des règlements qui sont sensés vu les caractéristiques de ces forêts et la gestion forestière. Les forêts canadiennes occupent une bonne partie du continent, l'aménagement forestier est récent et la densité de la population humaine est faible. La majeure partie des forêts canadiennes sont relativement vieilles et croissent lentement. Elles se renouvellent lorsque de grandes perturbations naturelles, importantes sur le plan écologique, entraînent le remplacement des peuplements, et les activités d'aménagement forestier participent maintenant à ce processus. Ces caractéristiques ont un effet important sur la dynamique du carbone, et favorisent un aménagement forestier extensif plutôt qu'intensif.



La science du carbone forestier a contribué à l'élaboration de protocoles et au lancement de projets sur la compensation volontaire du carbone, et a mené à des discussions stratégiques provinciales et territoriales sur la façon d'inclure les forêts dans les systèmes de compensation ou d'échange de crédits. Un cadre sur les protocoles de quantification des crédits compensatoires en aménagement forestier a été élaboré par les participants au CCMF (CCMF, 2009), et des protocoles de quantification sont en voie d'élaboration et de mise en application par certaines provinces. À mesure que les systèmes de crédits compensatoires sont développés de manière plus approfondie et mis en œuvre, de plus amples renseignements scientifiques seront nécessaires sur des enjeux, comme établir les grandes lignes relatives aux projets de compensation, et déterminer et quantifier les répercussions des activités des projets sur le carbone et sur les GES.

La science du carbone forestier a aussi permis de justifier la position du Canada au moment des négociations internationales sur les changements climatiques menées au cours des 15 dernières années dans le cadre de la CCNUCC. Les besoins de conseils et d'analyses scientifiques seront constants et évolueront au fil des discussions internationales, qui se tiendront au cours de la prochaine décennie. La séparation de la fluctuation des stocks de carbone forestier et des émissions de GES, qui est attribuable à l'influence directe de l'humain (aménagement forestier et changement d'affectation des terres) de celle qui est attribuable à l'effet naturel (perturbations naturelles, etc.) et à l'influence indirecte de l'humain (changements climatiques d'origine anthropique, etc.), constitue une question clé pour l'élaboration de politiques au niveau national et international, ainsi que pour la recherche scientifique. En raison de l'ampleur des répercussions des perturbations naturelles sur le carbone forestier partout au Canada, il est difficile de quantifier les contrecoups directs de l'activité humaine, toutefois, les politiques

et les règlements sont axés sur cette dernière. Il est très important de pouvoir suivre et évaluer l'incidence des politiques, mais il est également important de pouvoir évaluer l'influence humaine directe.

#### **Thème stratégique 4. Atténuation des changements climatiques**

Le gouvernement fédéral et les gouvernements provinciaux et territoriaux ont établi des objectifs pour réduire les émissions de GES en vue d'atténuer les changements climatiques. Pour ce faire, la société doit avancer dans le découplage de l'activité économique et de la croissance provenant des émissions, ce qui signifie mettre l'accent sur les sources d'énergie propre, utiliser plus efficacement les ressources et avoir recours à des technologies propres. En outre, les gouvernements et d'autres parties prenantes s'intéressent à la façon dont les forêts et la biomasse forestière peuvent contribuer aux efforts d'atténuation. Ils veulent connaître les stratégies d'atténuation et les pratiques d'aménagement forestier qui peuvent augmenter la séquestration du carbone ou réduire les émissions, de combien et à quel coût. Ils veulent aussi savoir comment ces stratégies sont liées à d'autres objectifs d'aménagement forestier et d'adaptation aux changements climatiques.

Il est reconnu à l'échelle mondiale que les forêts possèdent un grand potentiel d'atténuation (GIEC, 2007b). Notre compréhension du potentiel d'atténuation lié aux forêts au Canada a beaucoup augmenté au cours des 15 dernières années, mais nos connaissances sont encore fragmentaires, ce qui reflète la diversité des conditions écologiques et des pratiques d'aménagement. De nombreuses activités liées au carbone forestier pourraient contribuer aux objectifs d'atténuation, mais l'atténuation nette, le moment et le coût pourraient varier grandement d'une activité à une autre. Les choix en matière de politique et des décisions stratégiques et opérationnelles, quant aux activités à mettre en œuvre, devront incorporer des aspects environnementaux, économiques et sociaux, y compris la relation entre les objectifs et les stratégies portant sur l'adaptation aux changements climatiques. Les décideurs à tous les niveaux, y compris ceux des organismes forestiers provinciaux et territoriaux et des entreprises du secteur forestier, les gestionnaires des terres forestières d'intérêt privé et les utilisateurs de produits ligneux et de bioénergie, devront pouvoir s'appuyer sur des avis, des renseignements et des outils scientifiques pour mieux comprendre les options



**TABLEAU 1.** Apport de la science aux thèmes stratégiques du carbone forestier.

SUJETS DE RECHERCHE ET QUESTIONS SCIENTIFIQUES	THÈMES STRATÉGIQUES			
	1. Intendance forestière durable sur le plan climatique	2. Obligations de rendre compte	3. Politiques et règlements adaptés aux caractéristiques des forêts du Canada	4. Atténuation des changements climatiques
<p><b>1. Estimations améliorées des sources et des puits actuels de GES dans les forêts du Canada</b></p> <p>1.1. Quelle est l'incidence des perturbations naturelles, de l'aménagement forestier et de la réaffectation des terres sur la dynamique actuelle du carbone forestier de l'échelle des peuplements à l'échelle nationale, et sur une période allant de moins de un an à plusieurs décennies?</p> <p>1.2. Quelle est l'incidence de la variabilité climatique, y compris la sécheresse, sur la dynamique actuelle du carbone forestier de l'échelle des peuplements à l'échelle nationale, et sur une période allant de moins de un an à plusieurs décennies?</p> <p>1.3. Comment les processus locaux régissant la dynamique actuelle du carbone forestier se transposent-ils au niveau régional et national?</p>				
<p><b>2. Estimations améliorées de l'effet des changements planétaires sur le bilan futur du carbone forestier du Canada</b></p> <p>2.1. Dans quelle mesure les changements planétaires peuvent-ils modifier les sources et les puits de carbone dans les forêts du Canada?</p> <p>2.2. De quelle façon l'incidence des changements climatiques sur les perturbations naturelles touchant les forêts modifiera-t-elle le futur bilan du carbone forestier du Canada?</p>	+	+	+	+
<p><b>3. Estimations améliorées de l'effet des forêts du Canada sur le système climatique planétaire</b></p> <p>3.1. Comment se compare l'incidence du flux de carbone forestier sur le climat avec l'incidence des autres propriétés et processus liés au couvert forestier?</p> <p>3.2. Quel sera l'apport des forêts du Canada au futur bilan planétaire de GES?</p>	+			+
<p><b>4. Estimations améliorées de l'apport possible des forêts du Canada à l'atténuation des changements climatiques</b></p> <p>4.1. Quelles activités dans les écosystèmes forestiers sont les plus susceptibles de contribuer à l'atteinte des objectifs d'atténuation?</p> <p>4.2. Quelles mesures se rapportant aux produits ligneux récoltés sont les plus susceptibles de contribuer à l'atteinte des objectifs d'atténuation?</p> <p>4.3. Quelles mesures se rapportant à la production de bioénergie à partir de la biomasse forestière sont les plus susceptibles de contribuer à l'atteinte des objectifs d'atténuation, tout en assurant la pérennité de l'exploitation de cette biomasse?</p>	+		+	+



d'atténuation et les mettre en œuvre. Une bonne partie du soutien scientifique éclairera aussi l'évaluation et la prise de décision sur les options d'adaptation.

## 2.2 Sujets de recherche, questions scientifiques et objectifs clés de la recherche

La science du carbone doit fournir les connaissances et les outils pour appuyer les quatre thèmes stratégiques décrits ci-dessus. Le tableau 1 présente les quatre importants sujets de recherche interdépendants sur lesquels est axé ce Plan d'action, ainsi que leurs liens aux thèmes stratégiques. Ces sujets ne sont ni nouveaux ni figés : ils définissent les axes où il faudra faire des avancées scientifiques pour combler les besoins stratégiques en matière d'information dans un contexte politique et scientifique qui évoluent et en fonction d'un climat qui change.

Plusieurs questions spécifiques associées aux objectifs clés de recherche ont été déterminées pour chacun des thèmes de recherche. Ces objectifs touchent l'amélioration de la compréhension et de l'information qui aidera davantage à répondre plus directement aux questions scientifiques et à satisfaire aux besoins d'information que nécessiteront les responsables des politiques du gouvernement fédéral et des gouvernements provinciaux et territoriaux au cours des dix prochaines années. Les objectifs sont déterminés en fonction de la compréhension actuelle des processus qui sont le moteur des émissions et des piégeages des GES forestiers, des sources d'incertitude, du manque de connaissances et de la vulnérabilité des processus par rapport aux changements des conditions environnementales. Cette section ne décrit que les questions et les objectifs scientifiques, alors que le chapitre 3 traite des approches scientifiques, de l'infrastructure et des ententes institutionnelles pour répondre à ces questions.

### Sujet de recherche 1. Estimations améliorées des sources et des puits actuels de GES dans les forêts du Canada

Ce sujet de recherche a un rapport avec chacun des quatre thèmes stratégiques et se rapporte aux activités scientifiques visant la quantification de la répartition spatiale et temporelle des sources et des puits actuels de GES dans les forêts, les processus qui régissent ces changements et leur importance relative, ainsi que la part d'incertitudes de ces estimations. Ces connaissances fournissent le fondement

scientifique nécessaire pour prédire l'effet des changements climatiques sur le cycle du carbone, ainsi que l'évaluation des émissions de GES et du piégeage de carbone actuel et potentiel associés aux forêts par rapport aux émissions et au piégeage dans d'autres secteurs au Canada.

Les facteurs qui déterminent la répartition spatiale et temporelle des sources et des puits de carbone dans les forêts au Canada sont : (1) la répartition spatiale et temporelle des perturbations naturelles et anthropiques, (2) la réaction des écosystèmes aux conditions environnementales naturelles et à leur variation, (3) la réaction des écosystèmes aux changements à long terme d'origine anthropique dans ces conditions environnementales, y compris le climat et les concentrations atmosphériques de CO<sub>2</sub>. Il est nécessaire de quantifier l'ampleur et la direction de la réaction aux flux de GES dans les deux premiers facteurs, et d'intégrer l'information recueillie dans l'espace et dans le temps, pour pouvoir aborder le sujet de recherche 1. Le troisième facteur, la tendance à long terme en matière de changements environnementaux d'origine anthropique, a vraisemblablement déjà une incidence sur le bilan du carbone forestier, mais l'incidence de ce facteur s'applique davantage au thème de recherche 2.

#### Question scientifique 1.1 Quelle est l'incidence des perturbations naturelles, de l'aménagement forestier et de la réaffectation des terres sur la dynamique actuelle du carbone forestier, de l'échelle des peuplements à l'échelle nationale, et sur une période allant de moins de un an à plusieurs décennies?

Pour estimer l'échange net de carbone entre les forêts et l'atmosphère à différentes échelles spatiales et temporelles, nous devons quantifier a) la fréquence et l'ampleur des perturbations naturelles (feux, insectes, maladies, déracinement par le vent, tempêtes de verglas, etc.), de l'aménagement forestier (récolte de bois, coupe de récupération, brûlages dirigés, éliminations des perturbations naturelles, etc.) et du changement d'affectation des terres (boisement et déboisement); b) la vitesse de récupération des forêts perturbées; c) l'effet de ces perturbations sur la dynamique du carbone à l'échelle d'un peuplement. Au niveau régional, les perturbations naturelles et l'aménagement forestier ont un effet dynamique à long terme sur le bilan du carbone forestier, en modifiant

la structure des classes d'âge des forêts; la composition des espèces des forêts, la croissance, la mortalité, la décomposition et la matière organique morte; et la dynamique du carbone du sol. La recherche pour quantifier l'effet des perturbations sur la dynamique du carbone forestier se fait de façon continue et met l'accent sur les forêts aménagées. Étant donné qu'à la fois les forêts aménagées et les forêts non aménagées ont un rapport direct avec la compréhension du rôle que jouent les forêts du Canada dans le cycle planétaire du carbone et du climat, des renseignements sur les forêts non aménagées sont aussi nécessaires. Notez bien que le sujet de recherche 4 est axé sur la compréhension du potentiel d'atténuer les changements climatiques, grâce à la modification des pratiques d'aménagement forestier et au changement d'affectation des terres. Les objectifs clés de la recherche qui suivent, précisent les domaines où la recherche et l'amélioration continues aideront à aborder le plus directement la question scientifique 1.1.

#### Objectifs clés de la recherche

- O1 Établir un lien entre les cartes annuelles à haute définition de la superficie brûlée des forêts canadiennes aménagées et non aménagées, en vue d'améliorer les estimations relatives à la gravité des feux et à la perte du carbone.
- O2 Améliorer la résolution spatiale relative à l'estimation de la superficie infestée annuellement par des ravageurs forestiers importants, ainsi que la gravité de ces infestations.
- O3 Évaluer les émissions de GES émanant directement d'un feu de forêt et la dynamique du carbone à la suite d'un feu, y compris l'aménagement du terrain après le feu, pour divers types de forêts, particulièrement la forêt non boréale, les tourbières boisées et d'autres milieux ayant une épaisse couche de sol organique.
- O4 Évaluer l'incidence de l'infestation par des ravageurs forestiers importants sur la dynamique du carbone du lieu touché, y compris la restauration écologique, en ce qui concerne un large éventail des types d'incidence, la gravité et les propriétés des peuplements avant l'infestation.
- O5 Évaluer l'ampleur et la gravité des phénomènes météorologiques extrêmes pertinents localement, comme les tempêtes de verglas et le renversement des arbres par le vent, et leur incidence sur la dynamique du carbone forestier.
- O6 Évaluer l'ampleur et l'effet de toutes les pratiques d'aménagement forestier et de tous les changements d'affectation des terres, y compris le boisement et le déboisement, sur la dynamique du carbone, à l'échelle des peuplements et des paysages.
- O7 Caractériser et évaluer l'interaction entre diverses perturbations (p. ex., les feux, les insectes, les agents pathogènes, l'aménagement forestier), et l'incidence de ces interactions sur la dynamique du carbone.

#### Question scientifique 1.2 Quelle est l'incidence de la variabilité du climat, y compris la sécheresse, sur la dynamique actuelle du carbone forestier, de l'échelle des peuplements à l'échelle nationale, et sur une période allant de moins de un an à plusieurs décennies?

La variabilité du climat constitue un élément moteur secondaire du cycle du carbone forestier. Si l'on exclut les feux, le faible échange net entre l'atmosphère et les forêts correspond à la différence entre deux principaux flux : le piégeage du carbone pour la photosynthèse et la perte du carbone liée à la respiration des arbres et aux décomposeurs (figure 1). Les phénomènes liés au climat, comme la variation de la température printanière et la sécheresse pluriannuelle, peuvent avoir une incidence sur ces deux grands flux opposés, en modifiant les processus de l'écosystème et, ainsi, causer une variabilité interannuelle considérable du bilan net de carbone forestier. Bien que ces phénomènes modifient les processus au niveau des arbres ou des peuplements, la synchronicité des phénomènes météorologiques touchant de vastes secteurs peut avoir un effet sur le flux de carbone au niveau régional et national, voire de l'hémisphère. Les objectifs clés de la recherche qui suivent, ciblent les domaines dans lesquels des recherches sont menées de façon continue, mais qui requièrent plus d'efforts en vue d'améliorer la quantification de la dynamique du carbone à grande échelle temporelle et spatiale.

#### Objectifs clés de la recherche

- O8 Quantifier, au niveau des peuplements, la relation entre la variabilité actuelle du climat, l'historique des peuplements, et le flux de carbone des écosystèmes forestiers majeurs et du type de perturbation, sur une échelle temporelle allant de jours à des décennies.

- O9 Reconstituer et quantifier la relation entre la variabilité antérieure du climat et la croissance des forêts, sur une échelle temporelle allant d'années à des siècles.
- O10 Quantifier l'ampleur et l'importance de l'incidence de la variabilité climatique annuelle à décennale, y compris la sécheresse, sur la productivité des écosystèmes et des flux de carbone, ainsi que les incertitudes liées à ces évaluations.
- O11 Intégrer aux modèles de processus sur la dynamique du carbone forestier l'information concernant la réaction des forêts à la variabilité du climat provenant de différentes sources, y compris quantifier les incertitudes.

### **Question scientifique 1.3 Comment les processus locaux régissant la dynamique actuelle du carbone forestier se transposent-ils au niveau régional et national?**

La compréhension de la dynamique actuelle du carbone forestier à l'échelle régionale et nationale passe nécessairement par des renseignements intégrés de l'ensemble des échelles et des processus pertinents. L'intégration de l'information locale au niveau régional et national exige l'utilisation de modèles au sein desquels il est possible de combiner des données forestières, des renseignements sur les perturbations et des simulations de processus, qui tiennent compte de leurs différences inhérentes, quant à leur échelle. Les modèles de processus existants peuvent évaluer l'incidence de la variabilité environnementale sur la dynamique du carbone et, certains de ces modèles, ont la capacité de représenter les conséquences des perturbations naturelles, de l'aménagement forestier et du changement d'affectation des terres, au niveau régional et national. Toutefois, il reste encore beaucoup de travail à faire pour valider les résultats. Les modèles existants, fondés sur des données d'inventaire, donnent une bonne représentation des perturbations et du changement d'affectation des terres, mais non de la représentation de la variabilité climatique interannuelle et des changements climatiques. Les estimations descendantes sont fondées sur l'assimilation des données et sur la modélisation inverse, qui combinent les concentrations atmosphériques de CO<sub>2</sub> de haute précision avec des données sur les vents, ainsi que des renseignements géographiquement explicites sur les émissions de CO<sub>2</sub> de sources ponctuelles, et l'échange de CO<sub>2</sub> des principaux types

de couverture, qui permettent de cartographier et de quantifier la dynamique des sources et des puits de carbone au niveau continental. Ces systèmes deviennent de plus en plus sophistiqués, et on s'efforce d'améliorer la résolution spatiale et temporelle des estimations qu'ils produisent pour mieux caractériser (et réduire) les incertitudes et, peut être un jour, faire une analyse en temps presque réel. La science du carbone forestier apporte des renseignements essentiels à la production de ces estimations descendantes, en fournissant des estimations sur les émissions associées aux forêts et aux perturbations forestières. Toutefois, l'approche descendante nécessite que les estimations ascendantes du flux de carbone forestier soient élargies au niveau national et continental. Les objectifs clés de la recherche fournissent un appui direct à la transmission de l'information sur la dynamique locale du carbone à l'échelle régionale et nationale.

### **Objectifs clés de la recherche**

- O12 Intégrer aux modèles de processus une représentation exacte de la dynamique du carbone forestier des forêts représentatives et du type de perturbations, ainsi qu'une représentation exacte de la dynamique du carbone associée au forçage du climat et des changements planétaires dans les modèles basés sur l'inventaire.
- O13 Améliorer les résultats de la modélisation descendante et ascendante au Canada, au moyen d'estimations descendantes fondées sur les processus, d'estimations descendantes fondées sur les inventaires et d'approches ascendantes visant à établir des contraintes mutuelles.

### **Sujet de recherche 2. Estimations améliorées de l'effet des changements planétaires sur le futur bilan du carbone forestier au Canada**

Les changements planétaires comprennent les changements climatiques (température et régime des précipitations), ainsi que d'autres changements environnementaux, tels que l'accroissement de la concentration atmosphérique de CO<sub>2</sub>, le dépôt d'azote et l'ozone troposphérique. Ce sujet de recherche souligne l'importance de la recherche pour prédire les changements au niveau des sources et des puits de GES dans les forêts, en réaction à ces changements planétaires, ainsi que pour quantifier les incertitudes liées à ces prédictions. Les résultats seront utiles pour planifier l'aménagement forestier et permettront de



mieux estimer la contribution des forêts canadiennes au futur cycle planétaire du carbone (thème stratégique 1). Des estimations améliorées de l'effet des changements climatiques sur le futur bilan du carbone forestier, permettront d'élaborer des politiques nationales et internationales plus musclées (thème stratégique 3), y compris celles liées aux options d'atténuation (thème stratégique 4). Les priorités sont celles pour lesquelles plus de travail est nécessaire pour améliorer la quantification de la dynamique future des forêts (croissance, mortalité, perturbations et décomposition), et pour améliorer les prédictions de l'incidence sur le bilan net des sources de carbone et des puits. L'accent doit être principalement mis sur les phénomènes et sur les processus qui auront le plus de répercussions sur le futur stock de carbone forestier. Notez bien que les objectifs clés de la recherche énumérés dans le sujet de recherche 1, contribueront également à ce sujet de recherche.

### **Question scientifique 2.1 Dans quelle mesure les changements planétaires modifieront-ils les sources et les puits de carbone dans les forêts canadiennes?**

Selon les modèles empiriques utilisés en aménagement forestier, les tables de rendement créées à partir de données historiques, représentent correctement la productivité actuelle et future. Cependant, la tendance récente et prévue en matière de concentrations atmosphériques de  $\text{CO}_2$ , de température, de précipitations et de polluants atmosphériques, a déjà entraîné un écart entre les moyennes actuelles et antérieures et cet écart s'accroîtra probablement. Pour prévoir les sources et les puits de carbone de l'avenir au Canada, on doit quantifier l'incidence de ces changements planétaires par rapport à celle des autres processus, tels que les perturbations et la variabilité du climat. De plus, des réactions non linéaires, qui vont au-delà de la plage des observations historiques, pourraient entraîner des changements considérables du flux de carbone dans les écosystèmes ou des changements irréversibles dans les caractéristiques des écosystèmes (points de basculement). Par exemple, le changement d'état, comme l'apparition de forêts à lichen aux endroits où la forêt ne parvient pas à se régénérer ou la fonte du pergélisol, qui cause l'émission de  $\text{CO}_2$  et de méthane ( $\text{CH}_4$ ) dans les écosystèmes de la forêt boréale, est parmi les processus qui risquent d'entraîner des changements irréversibles et d'avoir un effet important sur le futur flux de carbone.



Photo de Mike Michaelian



### Objectifs clés de la recherche

- O14 Déterminer de quelle façon, où et dans quelle mesure les changements climatiques, les concentrations atmosphériques de CO<sub>2</sub> et les polluants de l'air observés, ont déjà modifié la dynamique du carbone forestier.
- O15 Déterminer de quelle façon, où et dans quelle mesure les changements climatiques, les concentrations atmosphériques de CO<sub>2</sub> et les polluants de l'air prédits, pourraient modifier la future dynamique du carbone forestier.
- O16 Déterminer les conditions menant à un point de basculement dans les écosystèmes forestiers, y compris dans les sols, l'écotone entre la forêt et la prairie, les tourbières boisées et le pergélisol, et prédire les endroits où il est plus probable que ce point soit atteint, et prévoir l'effet potentiel sur les émissions et le piégeage des GES.

### Question scientifique 2.2 Comment l'effet des changements climatiques sur les perturbations naturelles dans les forêts affectera-t-il le futur bilan du carbone forestier au Canada?

Les changements dans le régime de perturbations naturelles comprennent ceux dans la synchronisation, la fréquence, le type, la surface touchée (p. ex., la superficie), le lieu et la gravité des perturbations. Des feux de forêt plus intenses et de plus grande ampleur, le prolongement de la saison des feux, l'accroissement de l'aire de répartition des organismes nuisibles et l'arrivée d'insectes exotiques envahissants ou d'agents pathogènes, sont susceptibles d'être parmi les changements les plus notables, mais ils varieront d'une région à l'autre du pays. Ces changements auront une incidence sur la dynamique des forêts, sur la répartition des classes d'âge, sur la composition des espèces, sur la succession et la régénération et, par conséquent, sur le stock et sur le flux de carbone forestier. Les connaissances sur les régimes de perturbations antérieurs et actuels constituent le fondement scientifique pour aborder cette question.

### Objectifs clés de la recherche

- O17 Quantifier la variabilité à long terme du régime de perturbations antérieur.
- O18 Caractériser l'effet des changements climatiques sur le futur régime des perturbations.
- O19 Quantifier l'incidence possible de la modification du régime des perturbations causée par

les changements climatiques sur la dynamique du carbone à l'échelle des paysages.

### Sujet de recherche 3. Estimations améliorées de l'effet des forêts du Canada sur le système climatique planétaire

Même si les émissions anthropiques de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère ont plus que doublé au cours des 50 dernières années, un taux presque constant de 45 % de ces émissions a été piégé par les écosystèmes terrestres et marins. Cette observation souligne à la fois la dépendance mondiale sur les puits naturels pour compenser une partie des émissions anthropiques et la nécessité d'améliorer les prédictions quant à la contribution future des puits terrestres et marins, et à la saturation potentielle de ces puits en vue de mieux prédire les futures concentrations atmosphériques de GES, et leur effet sur le climat planétaire. De plus, les forêts contribuent au système climatique planétaire non seulement par l'intermédiaire de leur cycle de carbone, mais aussi par leur échange d'eau et d'énergie avec l'atmosphère; les changements relatifs à l'âge des peuplements et à la couverture terrestre pourraient amplifier ou réduire l'effet des GES sur le climat, en changeant l'albédo, l'évapotranspiration ou d'autres processus.

En raison de leur superficie considérable, les forêts aménagées et non aménagées du Canada, dans lesquelles les perturbations naturelles régies par le climat influent sur le grand flux de carbone, constituent une composante importante du système climatique planétaire. L'une des préoccupations est que la réaction de nos forêts aux changements climatiques pourrait enclencher une rétroaction positive, puisque l'accroissement des émissions ou la diminution du piégeage de GES par les forêts accélère l'augmentation des concentrations atmosphériques de GES, et accentue du même coup les changements climatiques (p. ex., le réchauffement accélère le réchauffement). Donc, sous ce sujet de recherche, il est important de déterminer la nature et l'ampleur de la rétroaction, sa capacité d'accentuer ou d'atténuer les changements climatiques, le taux de changements, et la possibilité que ces derniers puissent mener à un point de basculement. Un autre domaine important se veut la recherche sur la façon dont le couvert forestier, et des changements le touchant, ont une incidence sur le climat au moyen d'autres processus non liés au carbone. Toutes ces recherches fourniront des renseignements sur la façon dont les forêts du Canada

influenceront sur le futur climat planétaire, ce qui appuie un des aspects de l'intendance forestière durable sur le plan climatique (thème stratégique 1). Elles pourront aussi éclairer les décisions sur l'atténuation des changements climatiques associés aux forêts (thème stratégique 4). La dynamique du carbone et les émissions de GES sont mieux quantifiées dans les forêts aménagées du Canada que dans les forêts non aménagées; il est donc particulièrement important d'accroître les connaissances sur les forêts non aménagées dans le cadre de ce sujet de recherche, puisque c'est l'ensemble des forêts qui influe sur le système climatique planétaire. Les objectifs clés qui sont associés aux sujets de recherche 1 et 2, s'appliquent au présent sujet et à ceux qui suivent.

### **Question scientifique 3.1 Comment se compare l'effet du flux de carbone forestier sur le climat avec celui des autres propriétés et processus liés au couvert forestier?**

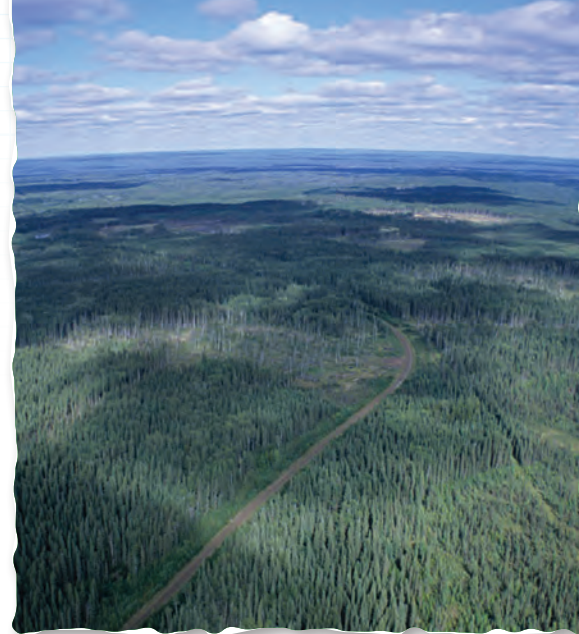
Même si, pour l'heure, le travail sur la rétroaction entre les forêts et le climat porte principalement sur les processus associés aux GES, nous sommes de plus en plus conscients que les changements du couvert forestier qui ont une incidence sur l'albédo et sur l'évapotranspiration, peuvent eux aussi avoir un effet important sur le système climatique. Par exemple, les changements dans le couvert forestier entraînent à la fois des changements dans le flux du carbone et dans l'albédo, mais l'effet des changements dans l'albédo sur le forçage radiatif du climat, qui peut être considérable, est généralement opposé à l'effet des changements du flux de carbone. La quantification de ces processus pourrait avoir des répercussions importantes sur le choix des options d'atténuation liées aux forêts.

#### **Objectifs clés de la recherche**

O20 Caractériser et quantifier les changements touchant le forçage radiatif non attribuable aux GES et la fraction évaporée résultant de l'aménagement forestier, des perturbations naturelles et du changement d'affectation des terres ayant un effet sur le couvert forestier.

### **Question scientifique 3.2 Quel sera l'apport des forêts du Canada au futur bilan planétaire de GES?**

Toute méthode de modélisation peut servir à modéliser le passé et le présent. Cependant, contrairement aux modèles ascendants et à ceux fondés sur les inventaires, qui sont le moteur des observations, mais qui



n'ont pas la capacité de prédiction, les modèles fondés sur les processus peuvent faire des projections orientées vers le futur, et constituent donc des éléments essentiels des modèles climatiques ou des modèles terrestres entièrement couplés. Grâce aux études par observation et par manipulation, il est possible d'améliorer notre compréhension des processus écosystémiques des forêts et de leur modélisation. Ce sujet de recherche nécessite la collaboration des spécialistes de la mesure du cycle du carbone forestier et de ceux de la modélisation atmosphérique du climat, qui devront participer aux efforts régionaux et mondiaux visant à faire la synthèse des prédictions sur le cycle du carbone et sur le climat. Un tel travail de collaboration peut améliorer la capacité de prédiction des modèles climatiques mondiaux et des modèles du cycle du carbone, en assurant que les modèles contiennent une meilleure représentation à la fois de l'effet prévu des changements climatiques sur les forêts et de la rétroaction potentielle entre la forêt et le climat.

#### **Objectifs clés de la recherche**

O21 Caractériser et quantifier les mécanismes de rétroaction entre les forêts et le climat associé aux GES, y compris déterminer quels sont les puits de carbone qui risquent de disparaître et les intégrer aux modèles climatiques.

O22 Adapter les modèles de processus régionaux, de façon à améliorer la représentation de la dynamique du carbone forestier au Canada dans les modèles climatiques mondiaux couplés.

### **Sujet de recherche 4. Estimations améliorées du rôle que peuvent jouer les forêts du Canada pour atténuer les changements climatiques.**

L'atténuation des changements climatiques nécessite une compréhension de la façon dont la modification des activités par rapport à un scénario de base peut entraîner une réduction des émissions de GES ou une



augmentation du piégeage du carbone. Les mesures d'atténuation reposant sur la forêt ou sur la biomasse forestière peuvent être destinées à réduire les émissions de GES émanant des forêts, à maintenir ou à augmenter le stock de carbone dans les forêts ou dans les produits ligneux récoltés, ou à réduire les émissions en substituant des matières à fortes émissions, comme l'acier, le béton, le plastique et les combustibles fossiles, par des produits ligneux. L'ajout de l'atténuation des changements climatiques aux principaux objectifs d'aménagement forestier durable, soulève des questions quant aux compromis à faire entre l'atténuation, la production de bois d'œuvre et d'autres produits et services forestiers, en plus d'accroître l'intérêt relatif à l'effet de l'utilisation de la biomasse récoltée sur le carbone. Il est important de réaliser des études économiques sur les options d'atténuation, car elles aident à comprendre les compromis à faire, ainsi qu'à comparer les options d'atténuation associées aux forêts avec celles des autres secteurs. La recherche faite dans tous ces domaines est utile pour élaborer des politiques, planifier une gestion stratégique, prendre des décisions opérationnelles et créer des systèmes de certification. Les objectifs clés de la recherche ciblent les secteurs où il est important de poursuivre la recherche au cours des dix prochaines années, afin d'aider à comprendre comment les forêts canadiennes et la biomasse forestière peuvent contribuer à atténuer les changements climatiques dans le contexte d'un aménagement durable des forêts (thèmes stratégiques 1 et 4), et à faire en sorte que les politiques nationales et internationales élaborées reflètent les possibilités et les limites du Canada dans ce domaine (thème stratégique 3).

#### **Question scientifique 4.1 Quelles activités dans les écosystèmes forestiers sont les plus susceptibles de contribuer à l'atteinte des objectifs d'atténuation?**

Les activités d'atténuation associées aux forêts peuvent comprendre une vaste gamme de possibilités, parfois

contradictoires, et leur effet réel ne peut être quantifié que par des analyses complètes du cycle de vie. Les stratégies d'atténuation pourraient comprendre des changements dans l'affectation des terres, comme le boisement et moins de déboisement ou une diminution des émissions en raison du déboisement, le cas échéant. Elles pourraient aussi inclure des changements dans les pratiques d'aménagement forestier en vue d'augmenter la densité de carbone à l'échelle des peuplements ou des paysages. D'autres mesures possibles comprennent des changements dans l'aménagement des tourbières boisées et des efforts pour réduire les perturbations causées par les insectes et les feux. Dans les cas où l'augmentation du stock de carbone forestier passe par la réduction du taux de la récolte, le stockage du carbone dans les produits ligneux récoltés diminuera, tout comme les bienfaits de la substitution. Il faudra plusieurs années avant que certaines des options d'atténuation associées aux forêts entraînent une augmentation appréciable du stock de carbone forestier, ce qui fait ressortir le besoin de trouver un équilibre entre des options qui permettent une atténuation à long terme et celles qui participent à plus court terme à l'atteinte des objectifs en matière de réduction des émissions de GES. Le développement d'un ensemble d'activités d'atténuation rentable dans tous les secteurs, exige une connaissance du coût par tonne lié aux mesures de réduction des émissions de GES pour chaque secteur.

#### **Objectifs clés de la recherche**

- O23 Quantifier les options d'aménagement forestier propres aux provinces, aux territoires et aux écosystèmes, pour accroître le stock de carbone forestier sur différentes périodes, y compris une analyse de leur lien avec l'économie et les autres objectifs d'aménagement forestier durable.
- O24 Quantifier le potentiel d'atténuation des options de changement d'affectation des terres (p. ex., réduire le taux de déboisement et augmenter celui de boisement) au niveau des paysages, des provinces et des territoires, y compris réaliser une analyse économique.
- O25 Quantifier le potentiel d'atténuation des options relatives à la gestion des perturbations naturelles, particulièrement la suppression des feux de forêt, y compris réaliser une analyse économique.

#### **Question scientifique 4.2 Quelles mesures se rapportant aux produits ligneux récoltés sont**



### les plus susceptibles de contribuer à l'atteinte des objectifs d'atténuation?

Les produits ligneux récoltés renferment une importante quantité de carbone, laquelle est relâchée dans l'atmosphère au fil du temps, à mesure que les produits sont utilisés et jetés. Pour aborder la quantité d'émissions et le moment où elles sont relâchées, les mesures d'atténuation peuvent tenir compte des choix à faire en ce qui concerne les produits qui sont fabriqués, la façon dont ils sont utilisés et ce qui se produit lorsqu'ils sont jetés au rebut, par exemple, recyclés, incinérés ou envoyés au lieu d'enfouissement. Les mesures d'atténuation peuvent aussi mettre l'accent sur la substitution de produits à fortes émissions par des produits ligneux. Il est nécessaire de faire des analyses sur le cycle de vie pour obtenir les renseignements de base sur ces options de substitution, ainsi que sur le coût et les avantages qui y sont associés.

#### Objectifs clés de la recherche

- O26 Quantifier les émissions de carbone associées aux produits ligneux récoltés fabriqués au Canada et utilisés au pays ou dans les marchés extérieurs, au moyen de renseignements détaillés sur le type de produits, sur leur utilisation et sur ce qui se produit lorsqu'ils sont jetés au rebut.
- O27 Quantifier le potentiel d'atténuation du cycle de vie des options, afin d'accroître la longévité des produits ligneux récoltés et les bienfaits de la substitution, ainsi que réduire les émissions associées à leur utilisation et à leur élimination, y compris réaliser une analyse économique.

#### Question scientifique 4.3 Quelles mesures mettant en jeu la bioénergie de la biomasse forestière sont les plus susceptibles de contribuer à l'atteinte des objectifs d'atténuation, tout en assurant la durabilité de la récolte de la biomasse?

On s'intéresse de plus en plus à la biomasse forestière comme source d'énergie. Le potentiel d'atténuation de la bioénergie dépend de la dynamique du carbone



Photo de Julie Piché

associée à la source de la biomasse en soi; les émissions de carbone engendrées par sa récolte, son transport et sa transformation; la voie technologique pour générer de l'énergie; et les émissions évitées grâce à la bioénergie. Les projets en matière de bioénergie pourraient avoir des avantages économiques et sociaux, en plus de réduire les émissions de GES, mais ce type de projets doit être fondé sur de solides connaissances scientifiques sur des enjeux allant de la durabilité de la récolte de la biomasse à l'implication de l'analyse du cycle de vie complet. Il est particulièrement important de comprendre les délais par rapport au coût du carbone et des avantages des projets de bioénergie, puisque certaines options d'approvisionnement en bioénergie n'entraîneront pas de réduction nette de GES avant des années, voire des décennies.

#### Objectifs clés de la recherche

- O28 Quantifier les conséquences de l'utilisation accrue de la bioénergie ligneuse sur les émissions de GES, par comparaison avec des données de base appropriées, en fonction du type de biomasse, du rétablissement des forêts, du choix de technologies bioénergétiques et des sources d'énergie remplacées par la bioénergie, et réaliser une analyse économique.
- O29 Développer des méthodologies et des lignes directrices normalisées pour déterminer la durabilité environnementale de la récolte de la biomasse.



# CHAPITRE

# 3

## Activités de recherche, infrastructure et accords institutionnels





## CHAPITRE 3. ACTIVITÉS DE RECHERCHE, INFRASTRUCTURE ET ACCORDS INSTITUTIONNELS

La capacité de répondre aux questions énoncées au chapitre 2 dépend des activités de recherche, de surveillance et de l'intégration des résultats de ces activités dans les analyses et les modèles. Ce chapitre traite des activités de recherche et de l'infrastructure qui sont importantes pour la science du carbone (figure 2). Ces dernières contribuent (1) à l'acquisition et à la surveillance des données; (2) au stockage et à la distribution des données et (3) à l'analyse, à l'intégration et à la synthèse des données. Elles sont interconnectées et communiquent des renseignements aux utilisateurs, mais aussi à ceux qui développent les connaissances. Ce chapitre traite aussi des accords institutionnels qui permettent d'harmoniser et d'intégrer un large éventail d'efforts multidisciplinaires et multiorganisationnels à l'intérieur d'un cadre bien coordonné, et de communiquer aux décideurs des renseignements pertinents et de façon efficace. Les accords institutionnels sont abordés selon les thèmes suivants : (1) soutien, harmonisation et coordination; (2) formation, réseautage et collaboration; (3) transmission des connaissances.

### 3.1 Activités de recherche et infrastructure de la science du carbone forestier

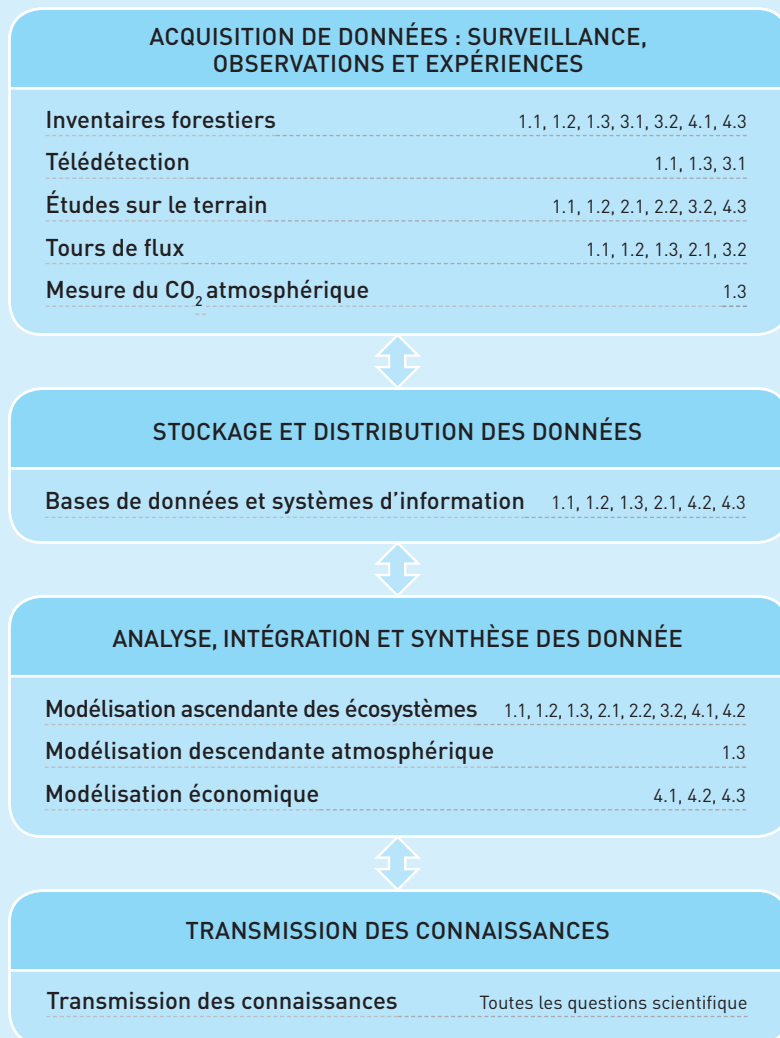
Cette section passe en revue le genre de mesures en matière de science du carbone forestier qui sont nécessaires pour mener à bien les objectifs de recherche figurant au chapitre 2. Les principales utilisations et considérations de la prochaine décennie sont indiquées pour chaque mesure. La surveillance du climat est l'un des éléments essentiels de la science du carbone forestier qui n'est pas abordé dans ce Plan d'action.

#### 3.1.1 Acquisition de données : la surveillance, l'observation et les expériences

##### Inventaire forestier

L'inventaire forestier fournit des renseignements de base sur les attributs des forêts au fil du temps (p. ex., le couvert forestier, l'âge, les essences dominantes et la biomasse). Des organismes provinciaux et territoriaux, ainsi que l'industrie forestière recueillent des renseignements sur l'inventaire, et beaucoup ont conservé des réseaux de placettes d'échantillonnage





**FIGURE 2.** Les activités de recherche et l'infrastructure nécessaires à la science du carbone et aux questions clés pertinentes touchant la science du carbone forestier, qui figurent au chapitre 2.

permanentes. L'Inventaire forestier national (IFN), créé en 2000, sous les auspices du CCMF, fournit des renseignements spatialement explicites provenant d'une maille d'échantillonnage située au même endroit que les placettes photo qui couvrent tout le territoire canadien. La prise d'une série de mesures au cours d'une longue période contribue à la détection et à la quantification de l'incidence des changements mondiaux. Ces données ont une grande valeur pour le paramétrage des modèles, et la prise de nouvelles mesures est essentielle pour vérifier les prévisions du modèle. Cette information appuie l'aménagement forestier et la reddition de compte sur l'état des forêts canadiennes.

Deux contributions particulières de l'IFN à la science du carbone sont (1) des estimations de tout le stock de carbone de l'écosystème, qui proviennent des mesures prises au moyen d'un protocole cohérent et (2) des estimations des changements dans le stock de carbone de l'écosystème, qui sont dérivées d'une reprise régulière des mesures des placettes. Un réseau de placettes national normalisé qui prévoit la mesure des parcelles au sol à intervalles réguliers de 5 ou 10 ans, permet de détecter les changements dans le stock de carbone forestier et d'en rendre compte. La quantité et la qualité de ces renseignements relèvent directement de la fréquence dont les mesures sont prises et de leur nombre. Des renseignements améliorés

**TABLEAU 2.** Apport des activités et de l'infrastructure de recherche aux questions scientifiques

QUESTIONS SCIENTIFIQUES	ACQUISITION DE DONNÉES : SURVEILLANCE, OBSERVATIONS ET EXPÉRIENCES					STOCKAGE ET DISTRIBUTION DES DONNÉES	ANALYSE, INTÉGRATION ET SYNTHÈSE DES DONNÉES		
	Inventaires forestiers	Télé-détection	Études sur le terrain	Tours de flux	Mesure du CO <sub>2</sub> atmosphérique	Bases de données et systèmes d'information	Modélisation ascendante des écosystèmes	Modélisation descendante atmosphérique	Modélisation économique
1.1 Quel est l'effet des perturbations naturelles, de l'aménagement forestier et de la réaffectation des terres sur la dynamique actuelle du carbone forestier, de l'échelle des peuplements à l'échelle nationale, et sur une période allant de moins de un an à plusieurs décennies?	+	+	+	+		+	+		
1.2 Quel est l'effet de la variabilité du climat, y compris la sécheresse, sur la dynamique actuelle du carbone forestier, de l'échelle des peuplements à l'échelle nationale, et sur une période allant de moins de un an à plusieurs décennies?	+	+	+	+		+	+		
1.3 Comment les processus locaux régissant la dynamique actuelle du carbone forestier se transposent-ils à l'échelle régionale et nationale?	+	+		+	+	+	+	+	
2.1 Dans quelle mesure les changements planétaires peuvent-ils modifier les sources et les puits de carbone dans les forêts du Canada?			+	+		+	+		
2.2 De quelle façon les conséquences des changements climatiques sur les perturbations naturelles touchant les forêts modifieront-elles le bilan du carbone forestier du Canada à l'avenir?			+				+		
3.1 Comment se compare l'incidence du flux de carbone forestier sur le climat et sur l'incidence d'autres processus et propriétés liées au couvert forestier?	+	+							
3.2 Quel sera l'apport des forêts du Canada au bilan planétaire des GES à l'avenir?	+		+	+			+		
4.1 Quelles activités dans les écosystèmes forestiers sont les plus susceptibles de contribuer à l'atteinte des objectifs d'atténuation?	+						+		+
4.2 Quelles mesures se rapportant aux produits ligneux récoltés sont les plus susceptibles de contribuer à l'atteinte des objectifs d'atténuation?						+	+		+
4.3 What actions involving bioenergy from forest biomass can best contribute to mitigation objectives while ensuring the sustainability of biomass harvesting?	+		+			+			+



sur des aires spécifiques pour lesquelles les données actuelles sont limitées, comme les bassins de carbone du sol et de la matière organique morte, les forêts non aménagées, les tourbières boisées, la répartition du pergélisol et la végétation de sous-étage, peuvent aussi aider à lever les incertitudes liées à la science du carbone forestier. Certaines méthodologies peuvent maximiser la collecte, l'accessibilité et l'utilisation des données. Par exemple, des méthodes statistiques et de modélisation sont élaborées pour augmenter la capacité d'effectuer une extrapolation spatiale de l'échantillonnage de données, et l'utilisation accrue de la télédétection peut améliorer l'efficacité de l'échantillonnage et aider à détecter les changements et la tendance à long terme relativement aux propriétés des forêts, afin de mettre l'accent sur les efforts de surveillance (voir la prochaine section).

### Télédétection

Étant donné l'éloignement et l'étendue des forêts canadiennes, la télédétection présente un intérêt particulier. Une gamme grandissante de capteurs fournit des renseignements, tels que les propriétés du couvert forestier, les changements dans les attributs des forêts et dans le couvert forestier au fil du temps, la surveillance des perturbations, le moment et le cycle saisonnier des événements phénologiques et la durée de la période de végétation. Par exemple, au Centre canadien de télédétection (CCT), on met au point des protocoles sur le traitement des images, et on effectue une couverture pour l'ensemble du Canada à l'aide du Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS), un spectroradiomètre imageur à résolution moyenne, pour cartographier les attributs des forêts. En collaboration avec le Secteur canadien des forêts (SCF), des méthodes pour démontrer des produits des changements annuels à une résolution spatiale de 250 m sont mises au point. D'autres exemples comprennent l'utilisation de divers produits de télédétection en vue de surveiller le déboisement, ainsi que le Fire Monitoring, Accounting and Reporting System (FireMARS), un système qui utilise des satellites et des données sur les feux pour détecter et rapporter les émissions de carbone provenant des feux de friche, (créé par le CCT et le SCF), qui fournit des données sur la superficie brûlée annuellement.

Le pouvoir de la télédétection réside dans sa capacité de couvrir de grandes superficies à diverses



Agence spatiale canadienne



résolutions spatiales et à intervalles de temps, et dans le fait que des archives à jour pour certains capteurs permettent de détecter la tendance au niveau régional et continental. On s'attend à ce que la contribution de la télédétection à la science du carbone forestier augmente à mesure que la capacité technologique devient plus performante, et que les modèles du carbone de plus en plus sophistiqués exigent plus de données spatiales. Même si la disponibilité des données de télédétection augmente et que le coût diminue, l'entreposage, l'assimilation et le traitement des données nécessitent une capacité et des ressources substantielles. Une meilleure intégration entre la télédétection et la science du carbone optimiserait le rapport entre le coût, l'efficacité et la pertinence des données. Par exemple, le Système nord-américain de surveillance des changements de la couverture terrestre, qui utilise les données du MODIS pour fournir des données mensuelles sur la couverture terrestre de toute l'Amérique du Nord, pourrait alimenter les modèles du carbone. Une telle intégration nécessite un dialogue continu, afin de communiquer le potentiel en constante évolution des produits de télédétection et les exigences de la science du carbone. Malgré l'amélioration de la technologie, les programmes de télédétection nécessiteront toujours des mesures au sol, afin d'assurer la calibration et la validation des données.

### Études sur le terrain

Les études sur le terrain se veulent diverses activités comprenant un élément de travail sur le terrain. Ce genre d'études inclut celles sur la chronoséquence et sur le transect qui, à partir de différents lieux, étudient la façon dont la dynamique du carbone évolue au fil du temps depuis les perturbations ou les changements de conditions environnementales; réalisent des analyses rétrospectives en utilisant des « archives » naturelles, comme les anneaux de croissance, pour étudier le climat antérieur ou la réaction aux conditions changeantes; et effectuent des expériences de manipulation pour quantifier la réaction de l'écosystème à un traitement quelconque. Des recherches à échelles multiples et des études de surveillance, comme le Climate Impacts on Productivity and Health of Aspen (CIPHA), une étude sur l'incidence du climat sur la productivité et la santé du peuplier faux-tremble, fournissent des connaissances sur les changements annuels dans la réaction des forêts (y compris l'incidence des ravageurs et

les répercussions qui en résultent, la productivité au niveau du peuplement et la mortalité) dans les zones sensibles au climat, ce qui améliore la compréhension sur les changements qui se manifestent dans les forêts à cause du climat. Ces connaissances ne peuvent être acquises à partir de réseaux de placettes où de nouvelles mesures ne sont pas prises aussi fréquemment. Les études sur le terrain fournissent les renseignements et les connaissances de base nécessaires à la mise au point de modèles, à la validation et au couplage des estimations de la télédétection.

Une modélisation et une synthèse intégrées peuvent aider à détecter le manque de connaissances, à orienter les études sur le terrain et à établir les priorités. Par exemple, puisque la réaction du flux de carbone forestier aux changements climatiques sera grandement influencée par la sensibilité de la Rh du sol aux changements de la température et de l'humidité du sol, des études ciblées sur le terrain (les études sur le transect et l'expérimentation relative au réchauffement du sol) peuvent être conçues pour mieux comprendre l'effet des changements climatiques sur la Rh.

### Tours de flux

Les tours de flux font partie d'études sur le terrain pour lesquelles des instruments hautement spécialisés, montés sur des tours au-dessus du couvert forestier, fournissent des mesures continues du flux de CO<sub>2</sub>, de l'eau et de l'énergie entre les écosystèmes et l'atmosphère. Les mesures prises au fil du temps permettent d'obtenir des données sur la façon dont réagissent les forêts à la variabilité climatique interannuelle et intra-annuelle, et fournissent des données uniques qui permettent l'élaboration, le paramétrage et la vérification des modèles de processus et le couplage des données entre les échelles. Les tours situées en chronoséquences ou entre des gradients climatiques, enregistrent l'effet du temps sur la dynamique du carbone depuis les perturbations et les changements climatiques. De 2002 à 2011, les responsables du réseau de recherche Fluxnet-Canada/Programme canadien du carbone (FC/PCC) ont appuyé les mesures des tours de flux; formé le personnel; fourni des normes nationales relatives à la capacité de mesurage, de traitement et d'archivage des données; et ont fait office de centre d'expertise canadien pour les initiatives mondiales

dans ce domaine. Aucun programme n'a remplacé le FC/PCC. Le reste des tours de flux du Canada mesurent la dynamique du carbone des tourbières et l'effet de l'exploitation forestière, du déboisement et l'infestation du dendroctone du pin ponderosa (*Dendroctonus ponderosae* Hopk.) sur la dynamique du carbone. Dans le monde, des tours de flux se trouvent dans plus de 500 emplacements sur environ 30 réseaux régionaux. Aux États-Unis, un nouveau réseau national d'observation écologique (le National Ecological Observatory Network [NEON]) mesurera les processus écosystémiques sur 20 ans, y compris le flux de CO<sub>2</sub>. L'Union européenne, de son côté, est en train d'établir un réseau standardisé des lieux de surveillance à long terme des GES (l'Integrated Carbon Observation System ou ICOS), ainsi qu'un réseau de recherche pour transformer ces données en analyses utiles à l'adoption de politiques.

Au départ, la mise en place de stations de tours de flux au Canada était vue comme une activité de recherche, mais l'exploitation à long terme est considérée comme de la surveillance et n'est rarement admissible aux fonds de recherche. À l'échelle mondiale, on observe une tendance à séparer les composantes de surveillance et de recherche dans les programmes touchant la science du carbone. Un meilleur couplage entre les données des tours de flux et les autres mesures au sol (placettes d'échantillonnage permanentes, anneaux de croissance, etc.) peut augmenter davantage l'utilité et la valeur des données des tours de flux, comme le fera l'élaboration de modèles de processus paramétrés et validés aux données des tours de flux.

### Mesures du CO<sub>2</sub> atmosphérique

Des mesures *in situ* du CO<sub>2</sub> atmosphérique de haute précision à l'aide de fioles, contribuent à réduire l'incertitude relative à la détermination des sources et des puits terrestres de carbone, ce qui peut contribuer à l'amélioration des modèles de prévision et à la compréhension du cycle du carbone planétaire. Ces mesures des concentrations de CO<sub>2</sub> sont utilisées dans les modèles d'inversion atmosphérique (voir ci-dessous) pour générer des cartes des sources et des puits de CO<sub>2</sub> à l'échelle subcontinentale ou mieux. Environnement Canada (EC) exploite un réseau de 12 emplacements de mesure du CO<sub>2</sub> à base de tours, un petit nombre si l'on considère l'étendue des terres forestières au Canada, ce qui restreint la résolution

spatiale des résultats. Certains lieux de mesure sont situés aux mêmes endroits que les tours de flux du FC/PCC pour faciliter l'intégration des deux types de mesures. Les programmes NEON et ICOS, décrits précédemment, intègrent tant les mesures de haute précision des tours de flux que les mesures du CO<sub>2</sub> atmosphérique.

La mise en commun des observations par satellite et des données prises au sol, est une méthode prometteuse pour quantifier, dans un proche avenir, le flux de CO<sub>2</sub> des forêts avec une meilleure résolution spatiale et temporelle. Même si les observations du CO<sub>2</sub> par satellite ne sont pas comparables aux mesures hautement précises du CO<sub>2</sub> prises au sol ou à l'aide de fioles, elles augmentent grandement la couverture des données et contribuent à améliorer les estimations du flux de CO<sub>2</sub>. Le Greenhouse Gases Observing Satellite (GOSAT), un satellite d'observation des GES, mis en orbite en 2009, est actuellement le satellite dont les observations sont les plus utiles pour améliorer les estimations du modèle de l'inversion du flux de CO<sub>2</sub> des forêts, et les chercheurs dans le domaine de la modélisation ont commencé à travailler avec les données du GOSAT. On s'attend à ce que la quantité et la qualité des observations de CO<sub>2</sub>, à partir de l'espace, augmentent rapidement après le lancement du satellite OCO-2 de la NASA à la fin de 2014 ou au début de 2015, du satellite TanSat de la Chine autour de 2015, et d'autres missions plus tard dans la décennie, ce qui augmentera beaucoup la couverture des mesures du CO<sub>2</sub> au Canada et dans le monde.

### 3.1.2 Stockage et distribution des données

#### Bases de données et systèmes d'information

Le progrès scientifique dépend de notre capacité de mettre en commun, de synthétiser et d'intégrer de grandes quantités de données, et cela nécessite des bases de données et des systèmes d'information qui permettent à de multiples organismes et disciplines de contribuer et d'accéder aux données à l'intérieur d'un cadre commun. Ce qui suit est une liste non exhaustive des bases de données existantes. Le Système national d'information sur les forêts du Canada (SNIF), élaboré sous les auspices du CCMF, compile de l'information géographique provenant de diverses sources nationales et provinciales, bien que la plupart des données ne soient accessibles qu'aux utilisateurs autorisés. Le Système national



de surveillance, de comptabilisation et de production de rapports concernant le carbone des forêts (SNSCPRCF), est un système de bases de données, d'outils et de modèles de simulation utilisés pour estimer le stock à l'échelle nationale, les émissions et l'absorption du carbone dans les forêts aménagées du Canada, qui est utilisé pour satisfaire aux exigences de rendre compte sur le carbone et pour l'analyse des politiques. D'autres systèmes comprennent la Base de données nationale sur les forêts (BDNF), le FireMARS, le Système canadien d'information sur les feux de végétation (SCIFV), le System Agents for Forest Observation Research with Automation Hierarchies (SAFORAH), et des bases de données nationales sur l'analyse des anneaux de croissance. Il existe également de nombreuses bases de données provinciales et territoriales sur les parasites des forêts et les feux de végétation, la météorologie et la qualité de l'air. Des bases de données d'archives, comme le FC/PCC et le Système d'information et de données (SID), font en sorte que les résultats des recherches antérieures sur la science du carbone demeurent disponibles.

Actuellement, aucun des systèmes précités n'est conçu pour une interopérabilité. Une meilleure intégration de ces bases de données améliorera la capacité de donner suite aux questions stratégiques, aidera à détecter les lacunes dans les données et priorisera l'acquisition de données. L'utilisation de protocoles normalisés pour la collecte et la gestion des données, ainsi qu'une meilleure coordination et interopérabilité entre les systèmes, facilitera l'intégration. Le fait d'assurer que tous les acteurs concernés peuvent avoir facilement accès aux bases de données, et de favoriser la dissémination rapide des résultats, augmente l'efficacité, la capacité et la synergie scientifiques, et contribuera à mieux transmettre les connaissances sur la science du carbone dans la prise de décisions. L'archivage constant des données générées par des recherches à petite échelle, permet d'assurer que la communauté scientifique ne perd pas cette information. Pour comprendre et modéliser les réponses à grande échelle, la communauté de recherche et celle de modélisation doivent avoir accès aux renseignements à petite échelle. Nous avons encore besoin de la compilation, de la consignation et de l'archivage coordonnés de données, jumelés à un meilleur accès centralisé aux grandes bases de données sur les forêts, comme l'IFN, à différents réseaux

de placettes d'échantillonnage permanentes, aux dossiers historiques des études d'ensemble sur les insectes et sur les maladies, à différents groupes de données sur les anneaux de croissance, aux données et aux projections climatiques géographiques et à plusieurs séries de données sur les tours de flux.

### 3.1.3 Analyse, intégration et synthèse des données Modélisation ascendante des écosystèmes

Des modèles empiriques et basés sur les processus sont utilisés pour estimer le bilan du carbone forestier et pour prédire les répercussions des activités humaines et des changements climatiques sur le carbone forestier. Ces renseignements sont utilisés pour satisfaire aux exigences de rendre compte et pour évaluer le potentiel d'atténuation des GES dans le secteur forestier. De telles analyses nécessitent à la fois des modèles sur la dynamique du carbone forestier et sur le devenir du carbone lié aux produits ligneux récoltés dans le secteur forestier. La plupart des modèles basés sur les processus (p. ex., le SPEB, le Can-IBIS, le modèle CN-CLASS, EALCO, *ecosys*, InTEC et 3PG), ont été mis au point dans des universités, avec l'aide de chercheurs provenant d'institutions gouvernementales. Des modèles empiriques et régionaux du bilan du carbone forestier ont aussi été mis au point (p. ex., le modèle FORCARB-ON en Ontario). Les estimations de carbone pour la totalité des forêts aménagées du Canada sont générées par le modèle du bilan de carbone du secteur forestier canadien (MBC-SFC3), qui fait partie du SNSCPRCF. Le MBC-SFC3 est gratuit, et il sert aussi à faire des analyses au niveau des projets, ainsi qu'au niveau régional et international. Les deux modèles, le FORCARB-ON et le MBC-SFC3, s'appuient sur des données sur le rendement empiriques pour décrire le taux de croissance des forêts et pour simuler les répercussions aux perturbations naturelles, à l'aménagement des forêts et aux changements dans l'affectation des sols.

Malgré leur capacité à répondre aux questions stratégiques, et leur contribution antérieure à cet égard, les approches de modélisation comportent toujours des lacunes, comme le démontrent deux grandes comparaisons corrélatives rétrospectives réalisées dans le cadre du projet de modélisation historique du carbone du FC/PCC. Il y a peu de concordance entre les modèles basés sur les processus en ce qui concerne l'ampleur, et dans certains cas la direction, de la réaction de la dynamique du carbone

à la variabilité environnementale. L'amélioration de la modélisation dépend largement de l'obtention de données empiriques plus détaillées pouvant être utilisées directement dans les modèles empiriques et l'étalonnage des modèles basés sur les processus. Il est particulièrement important d'avoir une meilleure compréhension de la façon dont la croissance et la mortalité des arbres seront modifiées par un climat changeant. De façon plus générale, les efforts de modélisation doivent mieux intégrer les analyses économiques et biophysiques, tenir compte du carbone stocké dans les produits ligneux récoltés, quantifier les avantages liés aux produits de substitution, et incorporer les effets non liés aux GES des changements dans la couverture terrestre, qui influent sur le climat, comme les changements dans l'albédo.

#### Modélisation descendante atmosphérique

Les modèles de l'inversion atmosphérique ont recours à des mesures du CO<sub>2</sub> atmosphérique pour générer des cartes des sources et des puits de CO<sub>2</sub>, généralement à l'échelle sous-continentale, mais souvent à une plus haute résolution spatiale. Le National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), des États-Unis, est un exemple de système de modèle d'inversion qui utilise les mesures du CO<sub>2</sub> de haute précision prises *in situ* et à l'aide de fioles au Canada, ainsi que des observations additionnelles réalisées autour du globe. Au Canada, l'expertise dans le domaine de la modélisation inverse des sources et des puits de CO<sub>2</sub> est limitée, mais elle évolue rapidement. Environnement Canada, en collaboration avec des universités canadiennes et, avec l'aide de l'Agence spatiale canadienne, élabore un système d'assimilation sophistiqué pour estimer les sources et les puits de CO<sub>2</sub>, ainsi que pour estimer rigoureusement leurs incertitudes.

Le système aura recours tant aux données de haute précision prises au sol qu'aux observations par satellite du CO<sub>2</sub>, ce qui augmentera la couverture des mesures par rapport à l'approche conventionnelle et permettra d'estimer le flux de CO<sub>2</sub> à une plus grande résolution spatiale et temporelle. Cette approche de modélisation ascendante de l'inversion atmosphérique fournit une estimation du flux de carbone forestier qui est indépendante des autres méthodes. Un meilleur couplage entre les modèles descendants et ascendants permettra de réaliser une meilleure intégration et une fermeture du bilan de GES dans toutes les zones continentales.

#### Modélisation économique

Des analyses économiques portant sur la façon dont la gestion du carbone forestier peut contribuer aux objectifs d'atténuation des changements climatiques sont nécessaires pour examiner les compromis entre les politiques, et fournir des conseils judicieux en matière de politiques. Une variété de modèles économiques (p. ex., d'optimisation, de comptabilité ascendante et économétrique) ont été utilisés pour fournir des estimations du potentiel d'atténuation, en tenant compte de l'influence biophysique (des GES) et économique. Les estimations relatives au coût de l'atténuation sont importantes, car ce qui peut sembler comme une option solide du point de vue technique (c.-à-d., résultera en une réduction des émissions ou une plus grande séquestration du carbone), peut ne pas être la meilleure option du point de vue économique ou politique, si l'on tient compte de la suite complète du coût socioéconomique et des avantages, et lorsque l'on compare le coût des options d'atténuation du carbone forestier avec les options des autres secteurs.

La modélisation économique des options d'atténuation en ce qui a trait au carbone forestier, est moins avancée que l'analyse sur la façon dont l'activité humaine influe sur le carbone, ce qui signifie que l'évaluation économique ajoute un degré de complexité à l'évaluation d'atténuation. Jusqu'à présent, la modélisation économique canadienne de l'atténuation relative au carbone forestier était principalement axée sur le potentiel du déboisement. Il est particulièrement important de modéliser davantage l'aspect biophysique et économique de la façon dont la modification des pratiques d'aménagement des forêts et de l'utilisation des produits ligneux récoltés pourraient contribuer à l'atténuation, tout comme de modéliser la relation entre l'atténuation et les multiples autres objectifs d'aménagement forestier. De plus, pour réaliser des estimations réalistes du potentiel d'atténuation économique à long terme, il est essentiel de tenir compte des politiques d'adaptation et des répercussions possibles des changements climatiques sur les forêts. Il sera utile d'effectuer une modélisation qui comprendra diverses approches et qui étudiera maintes hypothèses sur les politiques et sur les autres influences clés, comme le prix et le taux d'escompte utilisés pour convertir la valeur du dollar futur en celle du dollar courant.

## 3.2 Ententes institutionnelles

Le chapitre 2 de ce Plan d'action met l'accent sur l'importance et sur la diversité des enjeux que doit affronter la science du carbone forestier au Canada. La première section du chapitre 3 démontre que la science du carbone requiert de la recherche dans de nombreuses disciplines, des mesures et de la surveillance à de multiples niveaux et d'importants travaux de modélisation. En raison de cette complexité, la science du carbone forestier nécessite la contribution d'un grand nombre d'intervenants provenant de divers organismes gouvernementaux et non gouvernementaux. Les sections suivantes donnent un aperçu de certains des principes qui peuvent aider à créer un pont entre les activités scientifiques et les besoins en matière de politiques.

### 3.2.1 Soutien et coordination

En raison de la nature multidisciplinaire, des multiples niveaux, et de l'échéance à long terme de la science du carbone forestier, une planification, un financement et une bonne coordination à long terme sont nécessaires pour profiter aux politiques. La capacité actuelle du Canada en ce qui a trait à la science du cycle du carbone forestier provient en grande partie du soutien financier et de la coordination des initiatives antérieures, comme le programme Amélioration des puits de gaz à effet de serre (APGES), une composante du Programme de recherche et de développement énergétiques (PRDE) du gouvernement fédéral, le projet canado-américain du milieu des années 1990 intitulé Boreal Ecosystem-Atmosphere Study (BOREAS), le réseau de recherche FC et son successeur le Programme canadien du carbone (PCC) et la Fondation canadienne pour les sciences du climat et de l'atmosphère (FCSCA). Des projets universitaires individuels sur la science du carbone forestier sont aussi soutenus par le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG), même si le besoin grandissant pour des partenariats industriels empêche désormais la mise sur pied de grands projets ou de réseaux sur le carbone forestier financés par le CRSNG. Le gouvernement fédéral soutient la science du carbone forestier, en accordant régulièrement des fonds de recherche à Ressources naturelles Canada (RNCan—le SCF et le CCT), à EC, à Agriculture et Agroalimentaire Canada et à Parcs Canada, ainsi que dans le cadre de programmes, comme le Programme sur la qualité de l'air. Certains organismes provinciaux ont

également fait d'importants investissements dans la science du cycle du carbone forestier.

En dépit des réussites antérieures, les nouveaux défis et la demande de plus en plus grande pour de l'information sur le carbone forestier, exigent une approche continue, cohérente et bien coordonnée en ce qui concerne la science du carbone forestier au Canada au cours de la prochaine décennie. Plusieurs initiatives qui appuyaient la science du carbone forestier ont pris fin, et le financement du CRSNG met surtout l'accent sur les découvertes scientifiques et la science à plus court terme. Certaines activités essentielles (p. ex., la surveillance) et sphères de recherche (p. ex., les tourbières) sont désormais soutenues par du financement à court terme, alors que d'autres ont pris fin.

Ce Plan d'action vise à informer les organismes qui soutiennent la science du carbone forestier. Il les aidera idéalement à mettre en œuvre leurs programmes pluriannuels, conjoints ou complémentaires touchant la science du carbone, en appuyant mutuellement diverses activités coordonnées en lien avec la science du carbone. L'objectif de ce Plan d'action est d'assurer que les priorités de la science du carbone forestier sont abordées, que les résultats de la recherche contribuent à des objectifs communs et que le Canada joue un rôle de chef de file au sein de la communauté internationale de la science du carbone.

### 3.2.2 Formation, réseautage et collaboration [au pays et à l'étranger]

La formation continue des scientifiques et des techniciens du domaine du carbone forestier est nécessaire pour maintenir et renforcer la capacité scientifique requise pour relever les défis anticipés au cours du XXI<sup>e</sup> siècle. En raison de la diversité des disciplines et des institutions qui jouent un rôle dans la science du carbone forestier, un réseautage et une collaboration efficaces entre les différents acteurs peuvent aider à minimiser le dédoublement des efforts et à maximiser les synergies. La collaboration entre le gouvernement fédéral, les gouvernements provinciaux, les universités et les autres centres de recherche, accélère le processus de découverte en comparant la validation des résultats et les méthodes. La collaboration internationale aide à maintenir une perspective mondiale, à assurer que les efforts canadiens demeurent à un niveau international et à offrir la possibilité de



représenter convenablement la contribution des forêts du Canada dans les tribunes internationales.

Le FC/PCC a formé du personnel hautement qualifié, et ses membres ont contribué à plusieurs documents de synthèse internationaux, qui ont apporté une connaissance unique sur le cycle mondial du carbone terrestre. Des réunions générales annuelles sur la science du carbone terrestre, tenues entre 2003 et 2010 par le FC/PCC, ont grandement contribué à l'établissement d'un solide réseau de spécialistes de la science du carbone forestier au Canada. Elles ont aussi permis d'obtenir des renseignements sur l'évolution des connaissances scientifiques et des questions stratégiques, en donnant racine à de nouvelles idées et collaborations, en permettant un enrichissement mutuel entre les disciplines et en maintenant le cap et l'intégration entre les activités. Avant les réunions du FC/PCC, les réunions annuelles du PRDE sur la science du carbone, organisées par EC, jouaient le même rôle auprès des scientifiques fédéraux.

La collaboration se fait principalement sur une base ponctuelle au niveau national et international. La collaboration entre le SCF et le CCT, dans la mise au point d'outils de télédétection pour la surveillance des perturbations (feux et insectes), est un exemple de coopération entre des organismes ayant des mandats complémentaires. Le SCF collabore également avec EC, qui est le principal spécialiste de la climatologie et qui fournit des données climatiques, des mesures de GES, de la modélisation et des résultats de recherches. CarboNA (plan scientifique du Programme nord-américain du carbone) est une initiative gouvernementale entre le Canada, les États-Unis et le Mexique, dont l'objectif est d'établir une plus grande cohésion en matière de science du carbone dans toute l'Amérique du Nord, en déterminant les enjeux prioritaires au niveau continental, et en appuyant la recherche en collaboration dans des secteurs d'intérêt commun et en fonction d'expertises complémentaires. Les scientifiques qui font de la recherche sur le cycle du carbone forestier au Canada, ont aussi contribué aux rapports d'évaluation du GIEC, à des rapports spéciaux et à des lignes directrices sur la reddition de compte sur les GES.

Le développement continu de l'expertise, du réseautage et du travail de groupe auprès des spécialistes de la science du carbone forestier, fait partie



intégrante du succès de la science du carbone. Les initiatives qui appuieraient le renforcement et l'élargissement de la capacité humaine et des réseaux relativement à la science du carbone comprennent : tenir des réunions annuelles, offrir des possibilités de détachement et de formation au pays et à l'étranger, et encourager les scientifiques et les institutions à participer et à contribuer à des programmes scientifiques internationaux.

### 3.2.3 Transmission des connaissances

La science peut contribuer à l'atteinte des objectifs stratégiques seulement si les connaissances acquises sont accessibles aux décideurs et qu'elles peuvent être mises en pratique. Des mécanismes efficaces pour transmettre les connaissances aident à harmoniser la production et l'adaptation de l'information pour répondre aux différentes demandes des responsables des politiques forestières, allant de la négociation internationale à la planification de l'utilisation des sols et de l'aménagement des forêts. Plusieurs systèmes d'aide à la décision ont été développés et appliqués à la prise de décisions liée au carbone forestier au cours des dernières décennies (p. ex., SNSCPRCF, MBC-SFC3 et FORCARB-ON). Le SCF appuie et forme des chercheurs, des analystes gouvernementaux et du personnel de l'industrie sur l'utilisation du MBC-SFC3. Des articles scientifiques révisés par des pairs, des notes sur le transfert technique et sur les politiques sont aussi des moyens efficaces pour transmettre les connaissances entre les spécialistes de la science du carbone et les responsables des politiques. Des exposés à caractère scientifique devant des auditoires canadiens et internationaux, et des vidéos de ces exposés sont aussi efficaces pour communiquer les connaissances à un public plus large.

La recherche scientifique se fait souvent de façon unidirectionnelle. Un dialogue continu entre les scientifiques et les responsables des politiques au cours du développement et de la transmission des connaissances,

veille à ce que le résultat final relatif aux connaissances scientifiques soit intégré aux processus décisionnels. Des activités continues et flexibles de synthèse, de modélisation et d'analyse des données sur les écosystèmes forestiers et sur le secteur des produits forestiers, sont nécessaires pour répondre à la demande croissante en matière de politiques. Une

communication efficace des connaissances, telle que l'élaboration et l'utilisation d'outils d'aide à la décision, de cartes et de bases de données, d'ateliers et de formation, des médias et des technologies en constante évolution, y compris les portails Web, pourraient jouer un rôle important dans l'atteinte de ce défi.

CHAPITRE

4

Mise en œuvre du Plan d'action





## CHAPITRE 4. MISE EN ŒUVRE DU PLAN D'ACTION

La recherche scientifique (chapitre 2), soutenue par la technologie et l'infrastructure (chapitre 3), permet de décrire l'état actuel du carbone forestier, de suivre son évolution au fil du temps, de projeter son possible état futur et d'évaluer les facteurs humains et environnementaux qui influent sur la dynamique du carbone. Au cours de la dernière décennie, le progrès réalisé en ce qui concerne la science du carbone forestier au Canada dans ces domaines, a fourni des renseignements essentiels aux décisions stratégiques du gouvernement fédéral et des gouvernements provinciaux et territoriaux et à l'aménagement forestier. Cette réussite est le fruit des investissements à long terme dans la recherche, lesquels ont permis à des scientifiques gouvernementaux et universitaires de mettre sur pied des projets interdisciplinaires, ce qui a permis d'améliorer les connaissances, d'intégrer les données et de synthétiser les résultats. Ce dernier chapitre propose des mesures qui, si elles sont mises en œuvre rapidement et maintenues jusqu'en 2020, assureront que la science du carbone forestier au Canada demeure sur la voie du succès et qu'elle réponde aux futures exigences en matière de politiques. L'investissement continu dans les activités, l'expertise et l'infrastructure de la science du carbone forestier seront nécessaires, mais l'estimation du niveau d'investissement et des résultats correspondants, se situe au-delà de la portée de ce document. La rapidité et l'ampleur du développement des nouvelles connaissances et de l'apport de nouveaux renseignements, et leur contribution aux politiques, varieront en fonction du niveau d'investissement.

Ce Plan d'action ne définit pas une voie unique à suivre, mais plutôt des questions scientifiques et des objectifs clés de la recherche qui peuvent orienter les activités des organismes de recherche et guider les décisions touchant le financement de la recherche. Les besoins de différentes parties prenantes varient en fonction des circonstances particulières de chacune, tout comme l'importance qu'elles accorderont à un grand nombre de questions et de thèmes scientifiques et stratégiques abordés dans ce document. Nous espérons que ce Plan d'action servira de guide à la recherche et aux tâches essentielles de coordination et d'intégration de la science du carbone forestier au Canada. Une approche coordonnée et intégrée (comportant une vision de ce qui pourrait être réalisé



©iStockphoto.com/Steve Cole

à l'horizon 2020) renforcera la portée de la recherche et sa contribution aux questions stratégiques, par exemple, en assurant la complémentarité des activités de recherche, l'intégration des bases de données et la création d'outils d'analyse compatibles. En se fondant sur les mesures ci-proposées, une vision initiale d'un système axé sur l'intégration de la science du carbone forestier au Canada est présentée dans l'encadré qui suit. Les spécialistes de la science et des politiques du carbone forestier devront discuter de cette vision initiale et la peaufiner avant de la mettre en œuvre.

### Mesures pour mettre en œuvre ce Plan d'action

**Renforcer le réseautage et la transmission des connaissances au sein de la communauté scientifique et politique du carbone forestier.** Ceci devrait améliorer la qualité des activités scientifiques, l'efficacité de la démarche scientifique, la pertinence des activités scientifiques et l'intégration efficace de ces dernières aux politiques, ainsi que la mise en pratique des résultats scientifiques par les responsables des politiques. Des conférences, des ateliers, des programmes de formation, ainsi que des sites Web collaboratifs et des outils pour transmettre les connaissances peuvent contribuer à communiquer les résultats de la recherche, à analyser leur signification en matière de politiques et à établir une compréhension commune des nouvelles questions sur les politiques.

**Améliorer les cadres relatifs à l'intégration, la synthèse et l'analyse des données sur le carbone forestier.** Différents outils peuvent être nécessaires pour aborder les questions qui s'appliquent au gouvernement fédéral ou aux gouvernements provinciaux, à l'industrie ou à d'autres parties intéressées. Les cadres pourraient être basés sur des outils existants et incorporer de récentes bases de données contenant

## Vision d'un système axé sur l'intégration pour la science du carbone forestier au Canada

En 2020, le Canada sera toujours un chef de file en ce qui concerne la science du carbone forestier, doté d'une solide capacité de résoudre les problèmes liés aux politiques et de répondre aux besoins analytiques à de multiples niveaux. Le Canada aura recours à un système de surveillance et de déclaration du carbone forestier de deuxième génération au niveau national, qui (1) produira des données spatialement explicites à une haute résolution spatiale, (2) inclura les forêts aménagées et non aménagées, (3) sera mis à jour annuellement pour inclure des renseignements sur les perturbations naturelles, le climat et les activités humaines, (4) donnera une meilleure idée de l'incidence des changements mondiaux sur la dynamique du carbone (5) inclura les produits ligneux récoltés, et une description de leur rôle en matière de stockage du carbone et de réduction des émissions, s'ils sont utilisés pour remplacer des matières plus énergivores.

Le système sera créé et géré de manière centralisée, mais sa grande modularité permettra d'utiliser diverses approches de modélisation, et lui assurera une souplesse d'application. Il intégrera des modèles qui tiendront compte du CO<sub>2</sub> et des autres flux de GES, mais il permettra aussi d'inclure des résultats d'analyses complémentaires, comme les changements dans l'albédo et dans les cycles hydrologiques.

Le système sera une source ouverte, pour maximiser la transparence, la collaboration entre les équipes de recherche et la mise en pratique de la science, afin de satisfaire aux besoins en matière de politiques. L'information provenant de diverses sources, les résultats des analyses et les produits d'aide à la prise de décisions, seront accessibles aux organismes gouvernementaux fédéraux, provinciaux et territoriaux, aux universités, à l'industrie et au public par le truchement de systèmes offerts dans le Web.

Le système sera lié de près aux systèmes d'inventaire forestier et de télédétection, qui fournissent des données périodiques spatialement explicites sur les écosystèmes forestiers. L'information provenant d'un réseau national de placettes photo et au sol (de l'IFN et d'autres sources), permettront d'effectuer l'étalonnage des modèles. Les nouvelles mesures des placettes au sol, effectuées selon un protocole uniforme, fourniront des estimations, réparties au niveau national, de la dynamique du carbone sur le terrain, afin de vérifier les projections à moyen terme (cinq ans) et à long terme (plusieurs décennies) des changements survenus dans le stock de carbone de l'écosystème forestier.

Le système accédera aux variabilités climatiques spatiales interpolées de l'ensemble des forêts canadiennes, en vue d'obtenir des scénarios climatiques passés et projetés. Cela permettra d'estimer les changements liés au climat dans la croissance des forêts, la mortalité et la dynamique du carbone, et aidera à prévoir les futures caractéristiques des forêts. Des comparaisons entre les changements projetés et observés dans les forêts permettront d'améliorer le modèle et de déterminer les lacunes dans les connaissances.

Le système sera conçu et mis en œuvre de façon à permettre des évaluations de l'incertitude et des estimations statistiques de la propagation des erreurs.

Le développement du système exigera un dialogue et une collaboration comprenant des efforts au niveau international pour assurer une cohésion, particulièrement avec les systèmes des États-Unis et du Mexique. La surveillance sera coordonnée à des initiatives internationales (p. ex., ICOS en Europe, NEON aux États-Unis et TERN [Terrestrial Ecosystem Research Network] en Australie), afin de veiller à ce que le Canada respecte les normes internationales et que les programmes internationaux profitent de la science canadienne.

Le système fournira un soutien à la prise de décisions et à l'élaboration de politiques et facilitera l'intégration des renseignements biophysiques et économiques. Il sera utilisé dans le cadre des évaluations (rétrospective) et des projections (prospective) et il fournira des renseignements pour élaborer des stratégies sur l'atténuation de l'effet climatique et sur l'adaptation à cet effet.

des renseignements spatialement explicites sur les forêts. Les données devraient être utilisées dans tous les cadres de travail pour que les analyses soient cohérentes à tous les niveaux.

**Quantifier les répercussions des facteurs environnementaux sur la dynamique du carbone forestier avec moins d'incertitude.** Une incertitude importante persiste concernant les principaux bassins de carbone (matière organique morte et matière organique du sol) et les processus écosystémiques (croissance des peuplements, mortalité, succession et fonte du pergélisol), et de la façon dont ils sont touchés par les conditions environnementales et le changement qui se produit dans ces conditions. Les modèles qui permettent l'évaluation et la projection, allant de l'échelle du peuplement au niveau national, sont paramétrés et validés au moyen d'observations empiriques et de séries chronologiques provenant d'études sur le terrain et de la télédétection. Pour améliorer les modèles, il faut ces données par observation et les connaissances acquises au cours des recherches expérimentales et par l'observation de l'effet des changements environnementaux sur la dynamique du carbone des écosystèmes.

**Quantifier l'incidence des activités humaines sur la dynamique du carbone forestier avec moins d'incertitude.** Ce qui comprend l'aménagement, la récolte, la protection et les stratégies de conservation des forêts. Même s'il existe certaines données sur l'incidence de l'aménagement forestier sur la dynamique du carbone, de grandes incertitudes persistent sur les pratiques sylvicoles (p. ex., coupe à rétention partielle et préparation du lieu) et l'interaction entre les changements environnementaux et les mesures d'aménagement. Le fait d'améliorer la quantification de l'incidence des activités humaines sur la dynamique du carbone forestier fournira les connaissances nécessaires à l'établissement de portefeuilles d'atténuation des changements climatiques.

**Élargir les analyses sur le bilan du carbone forestier à tout le territoire forestier du Canada.** La dynamique du carbone est mal quantifiée en ce qui a trait aux tourbières boisées, au pergélisol et aux forêts non aménagées. Bien qu'ils ne soient pas inclus dans les actuelles obligations internationales de rendre compte sur les GES, selon les projections, les bassins de carbone de ces vastes régions contribueront

d'importantes émissions de carbone à l'avenir, en raison de leur superficie et de leur vulnérabilité au réchauffement du climat. Une meilleure quantification et compréhension de ces bassins et de ces flux est nécessaire pour réduire les grandes incertitudes relatives à l'évaluation de la rétroaction entre la dynamique du carbone terrestre et les changements climatiques.

**Améliorer la couverture spatiale, l'exactitude et la communication en temps opportun de l'information sur l'inventaire forestier.** Un réseau national de placettes au sol où tout le stock de carbone de l'écosystème est mesuré de nouveau périodiquement (tous les 5 à 10 ans) au moyen d'une méthodologie uniforme est la principale exigence. Actuellement, l'IFN est le seul dont la mission est de systématiquement prendre de nouvelles mesures de tout le stock de carbone forestier au Canada, et il est la seule source nationale, qui détient des données sur les mesures répétées de la matière organique morte et des bassins de carbone du sol.

**Générer en temps opportun les statistiques annuelles sur les zones touchées par les feux, les insectes, les maladies, l'aménagement forestier et le changement d'affectation des terres.** De telles statistiques sont déjà établies, mais on pourrait en améliorer l'efficacité et avancer la date de publication, au moyen d'une utilisation intégrée des nouveaux produits de télédétection et de la communication de renseignements pertinents entre les organismes.

**Permettre l'extrapolation spatiale et temporelle du flux de carbone.** La surveillance coordonnée du flux de carbone basée sur un réseau de tours de flux disposé de façon optimale, et sur l'intégration des mesures prises par les tours de flux aux données de l'inventaire et de la télédétection, sont à la base de cette mesure. Les tours de flux sont actuellement la seule technologie qui fournit des mesures en temps réel sur l'effet des facteurs environnementaux sur le flux de carbone à l'échelle des peuplements.

**Intégrer la science du carbone forestier aux évaluations du flux de carbone d'envergure.** Les modèles du carbone forestier fournissent des données aux modèles de l'inversion atmosphérique qui évaluent le flux provenant des surfaces terrestres. Le fait de combiner ces outils aux mesures par satellite des



concentrations de CO<sub>2</sub> atmosphériques, constitue un moyen de vérifier le bilan de carbone au niveau régional et continental.

**Produire des évaluations interdisciplinaires sur la portée biophysique et économique des options d'atténuation du carbone forestier.** Le fait d'incorporer ces connaissances aux outils d'aide à la prise de décisions, aidera les aménagistes forestiers et les responsables des politiques à déterminer les options potentielles et à établir les meilleures solutions de rechange entre

ces dernières et ce que cela implique pour les autres objectifs en matière de gestion forestière.

**Former et perfectionner la prochaine génération d'experts de la science du carbone.** Il est essentiel de faire connaître les enjeux stratégiques et de favoriser l'intégration de la science aux politiques. Pour ce faire, il faut une étroite coopération entre les institutions gouvernementales et les universités, et une collaboration et un dialogue continu avec la communauté internationale.

## GLOSSAIRE

**Remarque** : Sauf si indication contraire, la source des définitions est le rapport du GIEC (GIEC, 2007a et b).

**Adaptation** : Initiatives et mesures prises pour réduire la vulnérabilité des systèmes naturels et humains par rapport aux effets des changements climatiques réels ou prévus.

**Albédo** : Fraction du rayonnement solaire réfléchi par une surface ou un objet, souvent exprimée en pourcentage.

**Atténuation** : Modification et substitution des techniques employées dans le but de réduire les ressources engagées et les émissions par unité de production. Bien que certaines politiques sociales, économiques et technologiques puissent contribuer à réduire les émissions, du point de vue du changement climatique, l'atténuation signifie la mise en œuvre de politiques destinées à réduire les émissions de GES et à renforcer les puits.

**Base de données nationale sur les forêts** : Cette base de données est le fruit d'un partenariat entre le gouvernement fédéral et les gouvernements provinciaux, qui vise (1) à décrire l'aménagement des forêts et les répercussions sur les ressources forestières, (2) à développer un programme d'information publique fondé sur la base de données et (3) à fournir rapidement de l'information fiable pour l'élaboration de politiques au niveau provincial et fédéral. La base de données compile des statistiques nationales sur les forêts canadiennes et sur les ressources forestières. [http://nfdp.ccfm.org/about\\_us\\_f.php](http://nfdp.ccfm.org/about_us_f.php) [consulté en mai 2012].

**Biomasse** : Masse totale des organismes vivants présents dans un périmètre ou un volume donné; les végétaux morts depuis peu sont souvent inclus en tant que biomasse morte.

**Boisement** : Conversion anthropique directe de terres qui n'ont pas porté de forêts pendant au moins 50 ans en terres forestières par plantation, par ensemencement ou par la mise en valeur par l'humain de sources naturelles de semences.

**Canadian Land Surface Scheme couplé au carbone et au nitrogène** : Un modèle de l'échange surface-atmosphère de CO<sub>2</sub>, de vapeur d'eau et d'énergie. Le modèle incorpore un sous-modèle basé sur le processus de la conductance du couvert forestier

de type deux feuilles (côté soleil et côté ombre), et de la photosynthèse dans le CLASS. Le modèle peut simuler aux trente minutes, quotidiennement et mensuellement, la moyenne de l'échange de CO<sub>2</sub> et les valeurs de l'évaporation dans les forêts de feuillus et dans les forêts de conifères (Arain et collab., 2006).

**CarbonTracker** : Système d'assimilation de données utilisé pour fournir une estimation uniforme de l'échange de CO<sub>2</sub> de surface. Conçu par le Earth System Research Laboratory (ESRL) du National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), qui surveille le CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère, dans le cadre du North American Carbon Program (NACP) (Peters et collab., 2007).

**Centre canadien de télédétection (CCT)** : Un centre d'excellence du gouvernement du Canada (Ressources naturelles Canada) de télédétection et de géodésie. En partenariat avec beaucoup d'autres intervenants gouvernementaux, grâce aux liens étroits entretenus avec les universités et le secteur privé, et par l'entremise de projets de collaboration à l'échelle internationale, le CCT veille à ce que les données satellites répondent aux besoins de la population. <http://www.rncan.gc.ca/sciences-terre/limite-geographique/teledetection/11692> [consulté en mai 2012].

**Changement climatique** : Variation de l'état du climat, que l'on peut déceler par des modifications de la moyenne ou de la variabilité de ses propriétés, et qui persiste pendant une longue période, généralement durant des décennies ou plus. Les changements climatiques peuvent être dus à des processus internes naturels, à des forçages externes ou à des changements anthropiques persistants dans la composition de l'atmosphère ou dans l'utilisation des terres.

**Climat** : Au sens étroit du terme, le climat désigne en général « le temps moyen » ou se réfère plus précisément à une description statistique fondée sur la moyenne et la variabilité de grandeurs pertinentes sur des périodes variant de quelques mois à des milliers, voire des millions d'années (la période type, définie par l'Organisation météorologique mondiale, est de 30 ans). Ces grandeurs sont le plus souvent des variables de surface, telles que la température, la hauteur de précipitation et le vent.

**Conseil de recherche en sciences naturelles et en génie du Canada** : Un organisme canadien qui appuie les étudiants universitaires dans leurs études supérieures, encourage et soutient la recherche axée

sur la découverte et favorise l'innovation, en incitant les entreprises canadiennes à participer et à investir dans des projets de recherche des établissements postsecondaires. [http://www.nserc-crsng.gc.ca/index\\_fra.asp](http://www.nserc-crsng.gc.ca/index_fra.asp) [consulté en mai 2012].

**Cycle du carbone** : Flux de carbone (sous diverses formes, telles que le dioxyde de carbone) dans l'atmosphère, les océans, la biosphère terrestre et la lithosphère.

**Déboisement** : Conversion non temporaire d'une forêt en zone non forestière.

**Échange net de l'écosystème et productivité nette de l'écosystème** : L'absorption nette de CO<sub>2</sub> par un écosystème obtenu ainsi  $PNE = ENE$  (productivité nette de l'écosystème = échange net de l'écosystème). Une valeur positive indique que l'écosystème absorbe le carbone de l'atmosphère et une valeur négative indique que l'écosystème libère du carbone dans l'atmosphère. Il s'agit de la différence entre la photosynthèse brute de l'écosystème (PBE) (ou la productivité primaire brute [PPB]) et la respiration de l'écosystème (Re), soit  $PNE = PBE - Re$ . Elle est aussi égale à la productivité primaire nette moins la respiration hétérotrophique (T.A. Black, comm. pers., 2011).

**Ecological Assimilation of Land and Climate Observations** : Un modèle numérique basé sur la physique et conçu pour simuler le processus écologique des écosystèmes terrestres au moyen d'observations terrestres. Le modèle EALCO a surtout été utilisé pour étudier l'albédo de la surface terrestre et la fraction du rayonnement actif absorbé de façon photosynthétique, le cycle de l'eau des écosystèmes et l'interaction entre l'eau de surface et l'eau souterraine, ainsi que la dynamique du carbone et de l'azote dans les plantes et le sol au moyen d'observations satellites. (S. Wang, comm. pers, 2012).

**ecosys** : Modèle mathématique de l'écosystème tridimensionnel basé sur le processus, qui représente une gamme de conditions propres au lieu et, ainsi, tient compte de l'effet spécifique au lieu, de l'utilisation passée et actuelle des terres, du climat, du type de sol, de la topographie, etc., sur les émissions de GES (Metivier et collab., 2009).

**Émissions anthropiques** : Émissions de GES, des précurseurs de GES et d'aérosols, associées aux activités humaines : la combustion de combustibles fossiles,

le déboisement, le changement d'affectation des terres, l'élevage et la fertilisation, la fabrication de ciment, etc.

**Étude de l'atmosphère et de l'écosystème boréal** : Une expérience à grande échelle, initiée en 1990, pour étudier l'interaction de l'énergie, de l'eau et du carbone avec le biome de la forêt boréale et l'atmosphère. <http://daac.ornl.gov/BOREAS/boreas.shtml> [consulté en mai 2012].

**Fire Monitoring, Accounting and Reporting System** : Un système national élaboré à RNCAN, qui détecte les émissions de carbone provenant des feux de forêt et en donne un compte rendu. Le système constitue la structure générale qui intègre : les points chauds détectés par satellite pour enregistrer la progression quotidienne des feux, ainsi que la superficie brûlée finale; les conditions météorologiques au sol propices aux feux, telles que surveillées par le SCIFV; les émissions de carbone à l'échelle du peuplement et le transfert des bassins durant les feux, comme calculés par CanFIRE; la charge de combustible avant le feu et le résumé des changements finaux dans le bassin de carbone par MBC-SFC3 (B. de Groot, comm. pers., 2011).

**Fondation canadienne pour les sciences du climat et de l'atmosphère (FCSCA)** : Un organisme autonome à but non lucratif, qui accordait des fonds à la recherche universitaire en science du climat et de l'atmosphère. Créée en 2000–2001, la FCSCA a cessé ses activités en mars 2012. <http://www.cfcas.org/fr/> [consulté en mai 2012].

**Fluxnet-Canada** : Un ancien réseau national de recherche (2002–2007) basé sur une collaboration entre le gouvernement, les universités et l'industrie, qui a étudié l'influence du climat et des perturbations sur le cycle du carbone dans les écosystèmes forestiers et tourbeux du Canada. Le réseau était doté de 22 emplacements de recherche répartis entre 7 stations, qui prenaient des mesures continues de l'échange de CO<sub>2</sub>, d'eau, et d'énergie entre les écosystèmes et l'atmosphère, au moyen de la technique de mesure du flux par covariance des turbulences. Les infrastructures et les données de ce réseau sont passées au Programme canadien du carbone au début de 2007 (P. Bernier, comm. pers., 2012).

**Fluxnet-Canada/Système d'information et de données du Programme canadien du carbone** : Une base de données accessible dans Internet, dans laquelle



sont stockées les données sur le flux, le climat, les caractéristiques des emplacements et les données écologiques, ainsi que l'ensemble des données provenant des lieux des tours de flux du Canada, qui étaient liés au PCC et à son prédécesseur, Fluxnet-Canada. Les données du PCC-SID sont accessibles aux chercheurs sans frais, dans un format normalisé, soit le format ASCII. Le PCC-SID est exploité par Environnement Canada et est situé au Centre national de recherche en hydrologie (à Saskatoon) jusqu'à environ le 31 mars 2012 (P. Bernier, comm. pers., 2012). [ftp://daac.ornl.gov/data/fluxnet/fluxnet\\_canada/](ftp://daac.ornl.gov/data/fluxnet/fluxnet_canada/) [consulté en mai 2012]

**Gaz à effet de serre (GES)** : Les GES sont des constituants gazeux de l'atmosphère, tant naturels qu'anthropiques, qui absorbent et émettent un rayonnement à des longueurs d'onde données du spectre du rayonnement infrarouge thermique émis par la surface de la Terre, l'atmosphère et les nuages. C'est cette propriété qui est à l'origine de l'effet de serre. La vapeur d'eau (H<sub>2</sub>O), le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), l'oxyde nitreux (N<sub>2</sub>O), le méthane (CH<sub>4</sub>) et l'ozone (O<sub>3</sub>), sont les principaux GES présents dans l'atmosphère terrestre.

**Inventaire forestier national** : Un programme de collaboration (de compétence provinciale, territoriale et fédérale), dont le but est de surveiller en permanence un réseau de points d'échantillonnage couvrant 1 % des terres émergées du Canada, de façon à fournir des données précises, opportunes et cohérentes, quant à l'état et au développement durable des forêts canadiennes. <https://nfi.nfis.org/home.php?lang=fr> [consulté en mai 2012].

**Integrated Biosphere Simulator version canadienne du simulateur intégré de la biosphère** : Un modèle qui intègre la physiologie des peuplements et la compétition entre le type fonctionnel de la végétation et les processus d'échange atmosphérique à l'échelle du paysage, pour créer des simulations vulnérables au climat de la croissance de la végétation et des rétroactions climatiques à grande échelle (continentales à mondiales) (D. Price, comm. pers., 2011).

**Integrated Carbon Observation System (ICOS)** : Une infrastructure de recherche pour déchiffrer le bilan des GES de l'Europe et des régions adjacentes. Les principaux objectifs du système ICOS sont (1) de fournir les observations à long terme nécessaires pour comprendre l'état actuel et prévoir le comportement

futur du cycle mondial du carbone et des émissions de GES (2) de surveiller et d'évaluer l'efficacité des activités de séquestration du carbone ou de réduction des émissions de GES sur la composition de l'atmosphère du globe et de classer les sources et les puits par région et par secteur. <http://www.icos-infrastructure.eu/index.php?p=hom> [consulté en mai 2012].

**Integrated Terrestrial Ecosystem Carbon** : Un modèle qui intègre les répercussions (1) les perturbations, (2) les pratiques d'aménagement, (3) les facteurs climatiques et (4) les facteurs atmosphériques, et qui évalue leur effet sur le cycle annuel du carbone d'une région forestière. Le modèle InTEC s'appuie sur le modèle de photosynthèse foliaire de Farquhar, le modèle CENTURY du cycle du carbone utilisé pour la modélisation du carbone dans le sol, le modèle de la minéralisation nette de l'azote, ainsi que sur la relation entre l'âge et la productivité primaire nette dérivée des relations entre l'âge et la biomasse basées sur l'inventaire. [http://faculty.geog.utoronto.ca/Chen/Chen's%20homepage/res\\_intec.htm](http://faculty.geog.utoronto.ca/Chen/Chen's%20homepage/res_intec.htm) [consulté en mai 2012].

**Modèle canadien des effets du feu** : Une compilation des modèles canadiens du comportement du feu, qui sont utilisés pour calculer les effets de premier ordre (immédiats, physiques) du feu sur les caractéristiques du peuplement, et pour simuler les effets de second ordre (ultérieurs, écologiques) résultant du feu sur la composition du peuplement. <http://www.gjfc.forestry.ca/canfire-feucan/?lang=fra> [consulté en mai 2012].

**Modèles de carbone** : Outil pour le calcul et le rapport du stock et du flux de carbone dans l'écosystème. Les modèles de carbone peuvent utiliser diverses approches avec différents types de données d'entrée, et peuvent produire des modèles à diverses échelles spatiales et temporelles. Parmi le type de modèles de carbone, on retrouve les modèles empiriques, d'inversion et ceux basés sur le processus. (W. Kurz, comm. pers., 2012).

**Modèle du bilan du carbone du secteur forestier canadien** : Un cadre de modélisation à l'échelle du peuplement et du paysage servant à simuler la dynamique de tout le stock de carbone forestier requis en vertu de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (biomasse aérienne et souterraine, litière, bois mort et carbone organique

du sol). Le modèle est conforme aux méthodes d'estimation du carbone indiquées dans le rapport du GIEC intitulé Recommandations en matière de bonnes pratiques pour le secteur de l'utilisation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie (GIEC, 2003). [http://scf.rncan.gc.ca/pages/93?lang=fr\\_CA](http://scf.rncan.gc.ca/pages/93?lang=fr_CA) [consulté en mai 2012].

**Modèle de bilan du carbone pour l'Ontario** : Un modèle de bilan du carbone utilisé pour déterminer le bilan actuel et futur dans les forêts gérées de l'Ontario, à l'aide des données de l'inventaire des ressources forestières provinciales, et de renseignements sur les activités d'aménagement forestier planifiées. ([http://www.mnr.gov.on.ca/fr/Business/OFRI/2ColumnSubPage/STEL02\\_168351.html](http://www.mnr.gov.on.ca/fr/Business/OFRI/2ColumnSubPage/STEL02_168351.html)) [consulté en mai 2012].

**Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS)** : Un spectromètre imageur à résolution moyenne et un instrument clé à bord des satellites Terra et Aqua en orbite autour de la Terre. Les capteurs MODIS-Terra et MODIS-Aqua permettent une couverture de l'ensemble de la planète à chaque 1 ou 2 jours, et ils acquièrent les données dans 36 bandes spectrales ou groupes de longueurs d'onde. Ces données aident à comprendre la dynamique mondiale et les processus se produisant au sol, dans les océans et dans la basse atmosphère. <http://modis.gsfc.nasa.gov/about/> [consulté en mai 2012].

**National Ecological Observatory Network** : Un projet de la US National Science Foundation, à laquelle participent diverses autres agences américaines et organisations non gouvernementales, qui recueillent des données partout aux États-Unis sur les répercussions des changements climatiques, la réaffectation des terres et les espèces qui envahissent les ressources naturelles et la biodiversité. Le réseau est conçu pour détecter et prédire les changements écologiques au niveau continental sur plusieurs décennies. <http://www.neoninc.org> [consulté en mai 2012].

**National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)** : Un organisme des États-Unis, qui a recours à une approche globale pour comprendre le rôle des océans, des côtes et de l'atmosphère dans l'écosystème mondial, afin de tenir la population informée des changements dans l'environnement qui l'entoure, et pour l'aider à prendre des décisions sociales et économiques. Parmi ses divers produits et services, la NOAA diffuse des prévisions

météorologiques quotidiennes et des avertissements de temps violents, et elle surveille le climat pour la gestion des pêches, la restauration des côtes et le commerce maritime. <http://www.noaa.gov/about-noaa.html> [consulté en mai 2012].

**Pergélisol** : Couche de sol (terre ou roches, y compris la glace et la matière organique) dans laquelle la température a été de 0 °C ou moins pendant au moins deux années consécutives (van Everdingen, 1998).

**Productivité nette du biome et bilan net du carbone de l'écosystème** : La productivité nette de l'écosystème, moins les exportations de carbone causées par le feu, la récolte et le transport du carbone organique dans les cours d'eau, est désignée comme le bilan net de carbone de l'écosystème (BNCE). Lorsque ce BNCE est cumulé sur une longue période de temps et sur de nombreuses parcelles de terre pour fournir une valeur régionale, il est appelé productivité nette du biome (T.A. Black, comm. pers., 2011).

**Productivité primaire nette (PPN)** : Un paramètre utilisé pour quantifier le taux d'absorption nette de carbone par les plantes vivantes. La PPN correspond à la différence entre la photosynthèse et la respiration qui libèrent une partie du carbone absorbé, c'est-à-dire, la PPN = taux de photosynthèse - taux de respiration de la plante (exprimée en gramme de carbone par mètre carré par année). [http://faculty.geog.utoronto.ca/Chen/Chen's%20homepage/res\\_npp.htm](http://faculty.geog.utoronto.ca/Chen/Chen's%20homepage/res_npp.htm) [consulté en mai 2012].

**Produits ligneux récoltés** : Matières dérivées du bois récolté dans les forêts, qui sont utilisées dans certains produits, comme les meubles, le contreplaqué et les produits en papier ou imitant le papier ou comme source d'énergie. <http://www.unece.org.unecedevel.co.lo.iway.ch/forests/outlook/carbonstorage.html> [consulté en mai 2012].

**Programme canadien du carbone (PCC)** : Le programme qui a succédé au programme Fluxnet-Canada (2007-2011), dans le cadre duquel on était non seulement responsable de l'infrastructure de mesure pour l'ensemble du Canada, mais aussi d'un grand nombre d'activités en matière d'intégration et de modélisation, de synthèses globales, et de collaboration au projet de comptabilisation du carbone du SCF. Le financement du PCC a pris fin à l'été 2011 (P. Bernier, comm. pers., 2012).

**Programme sur la qualité de l'air** : Plan complet sur dix ans du gouvernement du Canada, qui donne directement suite aux principales priorités du gouvernement et aux préoccupations canadiennes sur la qualité de l'air. Le gouvernement a renouvelé les fonds du Programme sur la qualité de l'air dans son budget de 2011.

**Programme de recherche et de développement énergétiques (PRDE)** : Un programme fédéral administré par Ressources naturelles Canada (RNCAN). Il apporte une aide financière à la recherche et développement conçue pour assurer un avenir énergétique durable au Canada. Le sous-programme du PRDE, le Programme d'amélioration des puits de gaz à effet de serre (PRDE-APGES), visait à améliorer notre compréhension des cycles de GES et notre capacité à faire rapport sur le flux de GES d'origine anthropique dans les écosystèmes du Canada, ainsi qu'à conseiller les décideurs sur les mesures d'atténuation potentielles. Le PRDE-APGES a pris fin en 2007.

**Puits** : Tout processus, activité ou mécanisme, qui élimine de l'atmosphère un GES, un aérosol ou un précurseur d'un GES ou d'un aérosol.

**Rétroaction** : Mécanisme d'interaction de certains processus du système climatique, appelé rétroaction climatique, qui se produit lorsque le résultat d'un processus initial provoque, dans un second processus, des changements qui influent à leur tour sur le processus initial. Une rétroaction positive renforce le processus initial, alors qu'une rétroaction négative l'atténue.

**Respiration hétérotrophe** : La transformation d'une matière organique en dioxyde de carbone par des organismes autres que les plantes.

**Simulateur de la productivité des écosystèmes boréaux (SPEB)** : Un modèle faisant intervenir la télédétection pour quantifier le cycle du carbone terrestre. Le SPEB utilise des données satellites pour cartographier la productivité primaire nette (PPN) (voir plus haut). Le SPEB a récemment été amélioré, grâce à l'Integrated Terrestrial Ecosystem Carbon (InTEC). [http://faculty.geog.utoronto.ca/Chen/Chen's%20homepage/res\\_beps.htm](http://faculty.geog.utoronto.ca/Chen/Chen's%20homepage/res_beps.htm) [consulté en mai 2012].

**Système canadien d'information sur les feux de végétation (SCIFV)** : Un système informatisé de

gestion de l'information sur les feux de forêt, qui surveille le danger d'incendie dans l'ensemble du pays. Les conditions météorologiques quotidiennes sont recueillies à l'échelle du pays et utilisées pour produire des cartes sur les conditions météorologiques propices aux feux de forêt et sur la façon dont se déroule le feu. Des satellites sont également utilisés pour détecter les incendies. Le SCIFV a la responsabilité de générer au quotidien des cartes sur les conditions météorologiques propices aux feux de forêt et sur la façon dont se déroule le feu, ainsi que des cartes sur les points névralgiques. [http://cwfis.cfs.nrcan.gc.ca/fr\\_CA/index](http://cwfis.cfs.nrcan.gc.ca/fr_CA/index) [consulté en mai 2012].

**System of Agents for Forest Observation Research with Automation Hierarchies** : Un système mis au point en collaboration avec le gouvernement, les universités et l'industrie, pour coordonner et simplifier l'archivage et la transmission de grands ensembles de données sur la télédétection entre divers groupes de recherche du SCF, de l'Université de Victoria et d'autres partenaires universitaires et gouvernementaux, en vue de faciliter la recherche visant à soutenir les activités nationales de surveillance des forêts. <http://www.saforah.org/> [consulté en mai 2012].

**Système national de surveillance, de comptabilisation et de production de rapports concernant le carbone des forêts (SNSCPRCF)** : Un système canadien de production de rapports sur le carbone forestier visant à estimer le stock de carbone forestier, le changement dans le stock de carbone et les émissions de GES, autre que le CO<sub>2</sub>, dans les forêts aménagées du Canada. Le SNSCPRCF est conçu pour estimer les changements antérieurs dans le stock de carbone forestier, c'est-à-dire, de 1990 à 2006 (surveillance), et pour prédire, en s'appuyant sur des scénarios du futur taux de perturbations et des interventions en matière de gestion, les changements dans le stock de carbone pour les prochaines deux à trois décennies (projection). [http://scf.nrcan.gc.ca/pages/93?lang=fr\\_CA](http://scf.nrcan.gc.ca/pages/93?lang=fr_CA) [consulté en mai 2012].

**Système national d'information sur les forêts du Canada** : Un système qui offre des outils Web, allant de la simple représentation à des analyses sophistiquées, aux utilisateurs de partout dans le monde. Les utilisateurs peuvent découvrir, intégrer et afficher des informations à jour, exactes et fiables sur les forêts du Canada et sur la gestion durable des forêts. [https://ca.nfis.org/index\\_fra.html](https://ca.nfis.org/index_fra.html) [consulté en mai 2012].



**Terrestrial Ecosystem Research Network (TERN)** : Un réseau global et intégré, qui est conçu pour aider les recherches sur l'écosystème en Australie, et qui se fonde sur l'important investissement fait antérieurement par les scientifiques et les gouvernements, pour comprendre les écosystèmes australiens, en mettant l'accent sur l'assemblage, l'étalonnage, la validation et l'uniformisation des ensembles de données existants. Le réseau TERN finance aussi de nouvelles infrastructures de recherche et de nouveaux systèmes de collecte de données, en élargissant les programmes d'observation et de surveillance aux écosystèmes non représentés, et en élaborant une infrastructure numérique pour stocker et publier les renseignements dans un format qui permet de faire des recherches, qui donne un accès gratuit, avec l'autorisation des fournisseurs de données, et qui favorise la recherche en collaboration. <http://www.tern.org.au/> [consulté en mai 2012].

**3PG** : Modèle généralisé de répartition du carbone forestier utilisé pour effectuer des estimations mensuelles de la productivité primaire brute, de la

répartition du carbone et de la croissance du peuplement. [www.fsl.orst.edu/mycology/ss/3PG.htm](http://www.fsl.orst.edu/mycology/ss/3PG.htm) [consulté en mai 2012].

**Utilisation des terres et changement d'affectation des terres** : Le terme « utilisation des terres » désigne l'ensemble des dispositions, des activités et de l'apport par type de couverture terrestre (ensemble des activités humaines). Ce terme est également utilisé pour définir les objectifs sociaux et économiques de l'exploitation des terres (p. ex., pâturage, exploitation forestière et conservation). Le terme « changement d'affectation des terres » désigne un changement apporté par l'homme dans l'utilisation ou la gestion des terres, qui peut entraîner une modification de la couverture terrestre. Tant cette modification que le changement d'affectation des terres peuvent avoir une incidence sur l'albédo de la surface du globe, sur l'évapotranspiration, sur les sources et les puits de GES ou sur d'autres propriétés du système climatique, et peuvent donc entraîner un forçage radiatif ou avoir d'autres répercussions sur le climat, au niveau local ou mondial.

## BIBLIOGRAPHIE

- Arain, M.A.; Yaun, F.; Black, T.A. 2006. Soil-plant nitrogen cycling modulated carbon exchanges in a western temperate conifer forest in Canada. *Agric. For. Meteorol.*, 140(1-4):171-192. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agrformet.2006.03.021> [consulté en mai 2012].
- (CCMF) Conseil canadien des ministres des forêts. 2008. Une vision pour les forêts du Canada : 2008 et au-delà. Conseil canadien des ministres des forêts. Ottawa (Ontario). 15 p. [http://www.ccfm.org/pdf/Vision\\_FR.pdf](http://www.ccfm.org/pdf/Vision_FR.pdf) [consulté en mai 2012].
- (CCMF) Conseil canadien des ministres des forêts. 2009. Cadre pour les protocoles de quantification des crédits compensatoires en aménagement forestier. Groupe de travail sur les changements climatiques, Conseil canadien des ministres des forêts. Ottawa (Ontario). 142 p. [http://www.ccfm.org/pdf/FFMOP\\_f.pdf](http://www.ccfm.org/pdf/FFMOP_f.pdf) [consulté en mai 2012].
- Environnement Canada. 2012. Rapport d'inventaire national 1990-2010 : Sources et puits de gaz à effet de serre au Canada. Sommaire. Soumission canadienne concernant la convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques. Division des inventaires et rapports sur les polluants, Environnement Canada. [http://www.ec.gc.ca/Publications/A91164E0-7CEB-4D61-841C-BEA8BAA223F9/Executive-Summary-2012\\_FR\\_WEB-v3.pdf](http://www.ec.gc.ca/Publications/A91164E0-7CEB-4D61-841C-BEA8BAA223F9/Executive-Summary-2012_FR_WEB-v3.pdf) [consulté en mai 2012].
- (GIEC) Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2003. Recommandations en matière de bonnes pratiques pour le secteur de l'utilisation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie. Éditeurs : J. Penman, M. Gytarsky, T. Hiraishi, T. Krug, D. Kruger, R. Pipatti, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, K. Tanabe et F. Wagner. Programme du GIEC des inventaires nationaux de gaz à effet de serre. IGES, Japon. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf/french/full.pdf> [consulté en mai 2012].
- (GIEC) Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2006. Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Éditeurs : S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara et K. Tanabe. Programme du GIEC des inventaires nationaux de gaz à effet de serre. IGES, Japon. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/french/index.html> [consulté en mai 2012].
- (GIEC) Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2007a. Climate change 2007: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Éditeurs : S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor et H.L. Miller. Cambridge University Press, Cambridge (Royaume-Uni) et New York (New York). 996 p. [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/publications\\_ipcc\\_fourth\\_assessment\\_report\\_wg1\\_report\\_the\\_physical\\_science\\_basis.htm](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_wg1_report_the_physical_science_basis.htm) [consulté en mai 2012].
- (GIEC) Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2007b. Climate change 2007: Mitigation of climate change. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Éditeurs : B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer. Cambridge University Press, Cambridge (Royaume-Uni) et New York (New York). 851 p. [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/publications\\_ipcc\\_fourth\\_assessment\\_report\\_wg3\\_report\\_mitigation\\_of\\_climate\\_change.htm](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_wg3_report_mitigation_of_climate_change.htm) [consulté en mai 2012].
- Metivier, K.A.; E. Pattey; Grant, R.F. 2009. Using the ecosys mathematical model to simulate temporal variability of nitrous oxide emissions from a fertilized agricultural soil. *Soil Biol. Biochem.* 41(12):2370-2386. doi:10.1016/j.soilbio.2009.03.007. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038071709000959> [consulté en mai 2012].
- Metsaranta, J.M.; Dymond, C.C.; Kurz, W.A.; Spittlehouse, D.L. 2011. Uncertainty of 21st century growing stocks and GHG balance of forests in British Columbia, Canada resulting from potential climate change impacts on ecosystem processes. *For. Ecol. Manag.* 262(5):827-837. [http://ac.els-cdn.com/S0378112711002799/1-s2.0-S0378112711002799-main.pdf?\\_tid=a3e7d2afa791825f40f092ed35a33bea&acdnat=1336073370\\_a4cd5d01b2286547c0ede4cb075f0704](http://ac.els-cdn.com/S0378112711002799/1-s2.0-S0378112711002799-main.pdf?_tid=a3e7d2afa791825f40f092ed35a33bea&acdnat=1336073370_a4cd5d01b2286547c0ede4cb075f0704) [consulté en mai 2012].
- Metsaranta, J.M.; Kurz, W.A.; Neilson, E.T.; Stinson, G. 2010. Implications of future disturbance regimes on the carbon balance of Canada's managed forest (2010-2100). *Tellus* 62(5):719-728. <http://onlinelibrary>

- wiley.com/doi/10.1111/j.1600-0889.2010.00487.x/full [consulté en mai 2012].
- Pan, Y.; Birdsey, R.A.; Fang, J.; Houghton, R.; Kauppi, P.E.; Kurz, W.A.; Phillips, O.L.; Shvidenko, A.; Lewis, S.L.; Canadell, J.G.; Ciais, P.; Jackson, R.B.; Pacala, S.W.; McGuire, A.D.; Piao, S.; Rautiainen, A.; Sitch, S.; Hayes, D. 2011. A large and persistent carbon sink in the world's forests. *Science* 333:988–993. doi:10.1126/science.1201609. <http://www.sciencemag.org/content/333/6045/988.full.html> [consulté en mai 2012].
- Peters, W.; Jacobson, A.R.; Sweeney, C.; Andrews, A.E.; Conway, T.J.; Masarie, K.; Miller, J.B.; Bruhwiler, L.M.P.; Pétron, G.; Hirsch, A.I.; Worthy, D.E.J.; van der Werf, G.R.; Randerson, J.T.; Wennberg, P.O.; Krol, M.C.; Tans, P.P. 2007. An atmospheric perspective on North American carbon dioxide exchange: CarbonTracker. *PNAS* 104(48):18925–18930. [http://salix.atmos.colostate.edu/carbon/Carbon\\_Cycle/Inverse\\_Modeling\\_files/2007.CarbonTracker.PetersW\\_PNAS.pdf](http://salix.atmos.colostate.edu/carbon/Carbon_Cycle/Inverse_Modeling_files/2007.CarbonTracker.PetersW_PNAS.pdf) [consulté en mai 2012].
- Ressources naturelles Canada. 2011a. L'état des forêts au Canada. Rapport annuel 2011. Service canadien des forêts, Ottawa (Ontario). 47 p. <http://cfs.nrcan.gc.ca/pubwarehouse/pdfs/32684.pdf> [consulté en mai 2012].
- Ressources naturelles Canada. 2011b. Service canadien des forêts : Termes. [http://scf.nrcan.gc.ca/termes?lang=fr\\_CA](http://scf.nrcan.gc.ca/termes?lang=fr_CA) [consulté en mai 2012].
- Stinson, G.; Kurz, W.A.; Smyth, C.E.; Neilson, E.T.; Dymond, C.C.; Metsaranta, J.M.; Boisvenue, C.; Rampley, G.J.; Li, Q.; White, T.M.; Blain, D. 2011. An inventory-based analysis of Canada's managed forest carbon dynamics, 1990 to 2008. *Global Change Biol.* 17(6):2227–2244. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2486.2010.02369.x/pdf> [consulté en mai 2012].
- van Everdingen, R.O., dir. de publ. 1998 (révisé en mai 2005.). Multi-language glossary of permafrost and related ground-ice terms. National Snow and Ice Data Center/ World Data Center for Glaciology. Boulder (Colorado). <http://nsidc.org/fgdc/glossary/> [consulté en mai 2012].



## ABRÉVIATIONS ET ACRONYMES

**APGES** : Amélioration des puits de gaz à effet de serre

**BDNF** : Base de données nationale sur les forêts

**BNCE** : Bilan net du carbone de l'écosystème

**BOREAS** : Boreal Ecosystem-Atmosphere Study

**CanFIRE** : Modèle canadien des effets du feu

**Can-IBIS** : Version canadienne du Integrated Biosphere Simulator

**CarboNA** : Plan scientifique du Programme nord-américain du carbone

**CCMF** : Conseil canadien des ministres des forêts

**CCNUCC** : Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques

**CCT** : Centre canadien de télédétection

**CIPHA** : Incidence du climat sur la productivité et la santé du peuplier faux-tremble

**CN-CLASS** : Schéma canadien de paramétrisation de la surface terrestre couplé avec C et N

**CRSNG** : Conseil de recherche en sciences naturelles et en génie du Canada

**EALCO** : Ecological Assimilation of Land and Climate Observations

**EC** : Environnement Canada

**ecosys** : Modèle mathématique de l'écosystème tridimensionnel et basé sur les processus

**ENE** : Échange net de l'écosystème

**FCSCA** : Fondation canadienne pour les sciences du climat et de l'atmosphère

**FireMARS** : Fire Monitoring, Accounting and Reporting System

**FC** : Fluxnet-Canada

**FC/PCC-SID** : Fluxnet-Canada/Système d'information et de données du Programme canadien du carbone

**FORCARB-ON** : Modèle de bilan du carbone des forêts pour l'Ontario

**GES** : Gaz à effet de serre

**GIEC** : Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

**GOSAT** : Greenhouse Gases Observing Satellite

**ICOS** : Integrated Carbon Observation System

**IFN** : Inventaire forestier national

**InTEC** : Integrated Terrestrial Ecosystem Carbon model

**MBC-SFC3** : Modèle du bilan du carbone du secteur forestier canadien

**MODIS** : Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer

**NACP** : Programme nord-américain du carbone

**NEON** : Réseau national d'observation écologique

**NOAA** : National Oceanic and Atmospheric Administration (É.-U.)

**PCC** : Programme canadien du carbone

**PLR** : Produits ligneux récoltés

**PNB** : Productivité nette du biome

**PNE** : Productivité nette de l'écosystème

**PPN** : Productivité primaire nette

**PRDE** : Programme de recherche et de développement énergétiques

**Rh** : Respiration hétérotrophe

**RNCan** : Ressources naturelles Canada

**SAFORAH** : System of Agents for Forest Observation Research with Automation Hierarchies

**SCF** : Service canadien des forêts

**SCIFV** : Système canadien d'information sur les feux de végétation

**SNIF** : Système national d'information sur les forêts

**SNSCPRCF** : Système national de surveillance, de comptabilisation et de production de rapports concernant le carbone des forêts

**SPEB** : Simulateur de la productivité des écosystèmes boréaux

**TERN** : Terrestrial Ecosystem Research Network

**3PG** : Physiological principles predicting growth

## COLLABORATEURS

- Brian Amiro**, University of Manitoba  
**Altaf Arain**, McMaster University  
**Vivek Arora**, Environnement Canada  
**Ed Banfield**, SCF, Ottawa (Ont.)  
**Paul Barlett**, Environnement Canada  
**Alan Barr**, Environnement Canada  
**Michael Bartlett**, gouvernement du Nouveau-Brunswick  
**Céline Beuparlant**, anciennement du SCF, actuellement à Citoyenneté et Immigration Canada  
**Robert Beaugard**, Université Laval  
**Pierre Bernier**, SCF, Centre de foresterie des Laurentides, Québec (Qc)  
**Jag Bhatti**, SCF, Centre de foresterie du Nord, Edmonton (Alb.)  
**T. Andrew Black**, The University of British Columbia  
**Céline Boisvenue**, SCF, Centre de foresterie du Pacifique, Victoria (C.-B.)  
**Darcie Booth**, SCF, Ottawa (Ont.)  
**Mark Boyland**, SCF, Ottawa (Ont.)  
**Michael Brady**, SCF, Centre de foresterie du Nord, Edmonton (Alb.)  
**Al Cameron**, SCF, Centre de foresterie des Grands Lacs, Sault Ste. Marie (Ont.)  
**Michel Campagna**, gouvernement du Québec  
**Douglas Chan**, Environnement Canada  
**Jiaxin Chen**, gouvernement de l'Ontario  
**Jing M. Chen**, University of Toronto  
**Steve Colombo**, gouvernement de l'Ontario  
**Nicholas Coops**, The University of British Columbia  
**Carole Coursolle**, Université Laval  
**Anna Dabros**, SCF, Ottawa (Ont.)  
**Jeff Dechka**, SCF, Centre de foresterie du Pacifique, Victoria (C.-B.)  
**Bill de Groot**, SCF, Centre de foresterie des Grands Lacs, Sault Ste. Marie (Ont.)  
**Raymond Desjardins**, Agriculture et Agroalimentaire Canada  
**Dwayne Dye**, gouvernement de la Saskatchewan  
**Caren Dymond**, gouvernement de la Colombie-Britannique  
**Mike Flannigan**, SCF, Centre de foresterie du Nord, Edmonton (Alb.)  
**Rodney Foster**, SCF, Centre de foresterie de l'Atlantique, Fredericton (N.-B.)  
**Sylvie Gauthier**, SCF, Centre de foresterie des Laurentides, Québec (Qc)  
**Mark Gillis**, SCF, Centre de foresterie du Pacifique, Victoria (C.-B.)  
**Rory Gilsenan**, SCF, Ottawa (Ont.)  
**Martin Girardin**, SCF, Centre de foresterie des Laurentides, Québec (Qc)  
**Jenny Gleeson**, gouvernement de l'Ontario  
**David Goodenough**, SCF, Centre de foresterie du Pacifique, Victoria (C.-B.)  
**Robert Grant**, University of Alberta  
**Paul Gray**, gouvernement de l'Ontario  
**Ron Hall**, SCF, Centre de foresterie du Nord, Edmonton (Alb.)  
**Mark Hart**, SCF, Ottawa (Ont.)  
**Chris Hennigar**, University of New Brunswick  
**Ted Hogg**, SCF, Centre de foresterie du Nord, Edmonton (Alb.)  
**Lin Huang**, Environnement Canada  
**Ryan Klos**, gouvernement du Manitoba  
**Werner Kurz**, SCF, Centre de foresterie du Pacifique, Victoria (C.-B.)  
**Tom Lakusta**, gouvernement des Territoires du Nord-Ouest  
**Robert Landry**, RNCAN, CCT, Ottawa (Ont.)  
**Mike Lavigne**, SCF, Centre de foresterie de l'Atlantique, Fredericton (N.-B.)  
**David Layzell**, University of Calgary  
**Jacinthe Leclerc**, SCF, Centre de foresterie des Laurentides, Québec (Qc)  
**Tony Lemprière**, SCF, Ottawa (Ont.)  
**Hank Margolis**, Université Laval  
**Dan McAskill**, gouvernement de l'Île-du-Prince-Édouard  
**Harry McCaughey**, Queen's University  
**Dan McKenney**, SCF, Centre de foresterie des Grands Lacs, Sault Ste. Marie (Ont.)  
**Mary Mes-Hartree**, SCF, Ottawa (Ont.)  
**Juha Metsaranta**, SCF, Centre de foresterie du Nord, Edmonton (Alb.)  
**Alison Munson**, Université Laval  
**Ray Nassar**, Environnement Canada  
**Vince Nealis**, SCF, Centre de foresterie du Pacifique, Victoria (C.-B.)  
**Aynslie Ogden**, gouvernement du Yukon  
**David Paré**, SCF, Centre de foresterie des Laurentides, Québec (Qc)

**Caroline Preston**, SCF, Centre de foresterie du Pacifique, Victoria (C.-B.)  
**David Price**, SCF, Centre de foresterie du Nord, Edmonton (Alb.)  
**Kirk Price**, gouvernement du Yukon  
**Eric Schroff**, gouvernement du Yukon  
**Brad Seely**, The University of British Columbia  
**Marjorie Shepherd**, Environnement Canada  
**Walter Skinner**, Environnement Canada  
**Carolyn Smyth**, SCF, Centre de foresterie du Pacifique, Victoria (C.-B.)  
**David Spittlehouse**, gouvernement de la Colombie-Britannique  
**John Stadt**, gouvernement de l'Alberta  
**Catherine Ste-Marie**, SCF, Ottawa (Ont.)  
**Graham Stinson**, SCF, Centre de foresterie du Pacifique, Victoria (C.-B.)  
**Kit Szeto**, Environnement Canada  
**Charles Tarnocai**, Agriculture et Agroalimentaire Canada

**Steve Taylor**, SCF, Centre de foresterie du Pacifique, Victoria (C.-B.)  
**Michael Ter-Mikaelian**, gouvernement de l'Ontario  
**Evelyne Thiffault**, SCF, Centre de foresterie des Laurentides, Québec (Qc)  
**Brian Titus**, SCF, Centre de foresterie du Pacifique, Victoria (C.-B.)  
**Tony Trofymow**, SCF, Centre de foresterie du Pacifique, Victoria (C.-B.)  
**Shusen Wang**, RNCAN, CCT, Ottawa (Ont.)  
**Kara Webster**, SCF, Centre de foresterie des Grands Lacs, Sault Ste. Marie (Ont.)  
**Clive Welham**, The University of British Columbia  
**Jim Wood**, SCF, Centre de foresterie du Pacifique, Victoria (C.-B.)  
**Doug Worthy**, Environnement Canada  
**Evelynne Wrangler**, gouvernement de l'Alberta  
**Mike Wulder**, SCF, Centre de foresterie du Pacifique, Victoria (C.-B.)