



Un rapport du Groupe de travail sur les changements climatiques
du Conseil canadien des ministres des forêts

Plan stratégique pour l'avancement de la modélisation nationale de la croissance et du rendement sensibles au climat au Canada





Un rapport du Groupe de travail sur les changements climatiques
du Conseil canadien des ministres des forêts

Plan stratégique pour l'avancement de la modélisation nationale de la croissance et du rendement sensibles au climat au Canada¹

¹ Le Québec n'adhère pas aux objectifs et aux actions contenus dans le Plan stratégique concernant les modèles de croissance et de rendement sensibles au climat, lequel vise à mettre en œuvre une initiative nationale de modélisation de la croissance et du rendement sensibles au climat coordonnée par le gouvernement fédéral. Le Québec assume pleinement ses compétences en matière de gestion des forêts sur son territoire, incluant l'adaptation aux changements climatiques et la prévention des feux de forêts. Le Québec rend des comptes à sa population dans ses champs de compétence exclusifs et ne participe pas aux initiatives pancanadiennes qui ont pour effet de limiter son autonomie en la matière.

© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, représentée par le ministre de Ressources naturelles Canada, 2024

N° de cat. : Fo4-225/2024F-PDF

ISBN : 978-0-660-70103-5

Une version en format PDF de cette publication est disponible à partir du site des Publications du Service canadien des forêts : <http://scf.rncan.gc.ca/publications>.

This publication is available in English under the title: *A Strategic Plan for the Advancement of National Climate-Sensitive Growth and Yield Modelling in Canada*.

Crédit photographique : Pages 8 et 11, Michael Hoepting et page 9, Jeff Fera.

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 Ressources naturelles Canada et que la reproduction n'a pas été faite en association avec Ressources naturelles 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 Ressources naturelles Canada. Pour de plus amples renseignements, veuillez communiquer avec Ressources naturelles Canada à nrcan.copyrightdroitdauteur.rncan@canada.ca.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier chaleureusement feu Jason Edwards pour ses précieuses contributions qui ont été déterminantes dans l'élaboration de ce plan stratégique. Jason laisse au Service canadien des forêts un héritage dont on se souviendra pendant de nombreuses années. Merci également à ceux qui ont mené cette initiative, notamment Winnifred Hays-Byl, Roxanne Comeau, Vincent Roy, Julienne Morissette et Adam Dick, ainsi qu'aux scientifiques du SCF, Juha Metsaranta, Mathieu Fortin, Joanne White, Derek Sattler et Werner Kurz, pour leur leadership scientifique. Finalement, nous remercions tout particulièrement les membres du groupe de travail sur les changements climatiques du Conseil canadien des ministres des forêts (CCMF) pour leur soutien et la révision de cette initiative.



SOMMAIRE

Les modèles de croissance et de rendement, qui sont utilisés pour projeter les caractéristiques des arbres ou des peuplements dans le temps et éclairer les décisions au sujet de la gestion et de la durabilité des forêts, font partie intégrante d'un large éventail d'activités du secteur forestier au Canada. Ces modèles sont importants pour prévoir et gérer l'approvisionnement en bois et en biomasse, ainsi que d'autres services écosystémiques fournis par les forêts. Ils aident à orienter les décisions sur les niveaux de récolte, les interventions sylvicoles et d'autres mesures de gestion nécessaires pour répondre de manière durable à la demande de produits et de services forestiers. Les modèles de croissance et de rendement sont également essentiels pour comprendre et prévoir le rôle des forêts dans le piégeage du carbone et l'atténuation des changements climatiques, ainsi que pour évaluer les impacts des changements climatiques sur les écosystèmes forestiers et les services qu'ils procurent, comme l'habitat faunique et d'autres fonctions écosystémiques.

Les modèles de croissance et de rendement sont actuellement incapables de prendre pleinement en compte les changements climatiques et d'autres facteurs environnementaux qui ont une incidence importante sur la croissance, la mortalité et le recrutement des arbres. Des modèles de croissance et de rendement sensibles au climat sont nécessaires pour résoudre ce problème et accroître la fiabilité de tels modèles dans un climat en changement.

Le Conseil canadien des ministres des forêts (CCMF) poursuit une initiative nationale collaborative visant à mettre au point des modèles de croissance et de rendement sensibles au climat. Les compétences du CCMF, soit le Service canadien des forêts (SCF) et les organismes provinciaux et territoriaux de gestion forestière,

auront chacune un rôle spécifique à jouer dans cette initiative. Le résultat final devrait être une approche ouverte à l'échelle nationale, applicable aux forêts gérées et non gérées, s'appuyant sur une diversité d'approches et de modèles, et présentant des caractéristiques d'interopérabilité, de modularité, d'évolutivité et de complémentarité avec les modèles mis au point par les organismes provinciaux et territoriaux de gestion forestière. L'initiative reconnaît que la collaboration ouverte sera la clé du succès, étant donné qu'un organisme ou un groupe de recherche travaillant de façon solitaire ne peut pas résoudre ce problème.

La réalisation de ces objectifs nécessitera des activités telles que la recherche et le développement, la collecte et l'analyse de données, l'essai et la validation de modèles et le renforcement des capacités. Pour garantir le succès de cette initiative, il sera important d'envisager l'adoption d'une philosophie de code et de données de source ouverte. La mise à disposition des données et du code encourage la collaboration et la transparence, tout en garantissant que les résultats de l'initiative sont largement accessibles et peuvent être exploités par d'autres. L'utilisation de données et de codes de source ouverte peut également contribuer à accroître la crédibilité et la transparence des travaux et favoriser la reproduction et la vérification des résultats par des chercheurs indépendants.

L'initiative de modélisation de la croissance et du rendement sensibles au climat permettra de mieux comprendre les répercussions des changements climatiques sur la croissance ou la mortalité des forêts à l'heure actuelle et la manière dont seront touchées les forêts futures. La mise au point de modèles de croissance et de rendement plus précis et plus fiables soutiendra la gestion durable des ressources forestières.

1. INTRODUCTION, MOTIVATION ET CONTEXTE

Les modèles de croissance et de rendement conceptualisent les relations complexes entre la croissance, la mortalité et le recrutement des arbres. De tels modèles sont essentiels pour le secteur forestier canadien, car ils sont utilisés pour projeter les caractéristiques des forêts dans le temps, et les projections qui en résultent sont à la base de toutes les évaluations de la durabilité au sein du secteur forestier. Les modèles de croissance et de rendement font partie intégrante de la planification de la gestion forestière (p. ex., pour déterminer les niveaux de récolte) et sont essentiels pour explorer les options sylvicoles. Ils jouent également un rôle plus important dans de nombreuses autres analyses scientifiques et politiques, notamment la planification des changements climatiques, la comptabilisation du carbone, l'évaluation de l'habitat faunique et les analyses économiques.

Les modèles de croissance et de rendement qui ont reçu à ce jour l'approbation réglementaire pour être utilisés dans la gestion forestière au Canada ne sont pas en mesure de prendre pleinement en compte les changements climatiques et d'autres facteurs environnementaux. Des modèles de croissance et de rendement sensibles au climat sont nécessaires pour remédier à cette situation. Les réactions des forêts aux changements climatiques sont incertaines et peuvent être négatives, positives ou neutres, selon la région et les espèces concernées (Marchand et coll., 2018). L'amélioration de la capacité des modèles de croissance et de rendement en vue de générer des projections raisonnables et défendables dans le cadre de divers scénarios de changements climatiques accroîtra leur utilité. Les nouveaux modèles de croissance et de rendement devraient pouvoir modifier les taux de croissance, de mortalité et de recrutement des arbres en réponse aux changements climatiques, aux concentrations atmosphériques de dioxyde de carbone (CO₂), aux taux de dépôt d'azote dans l'atmosphère et à d'autres facteurs.

Les concepts de croissance et de rendement font référence aux prévisions de croissance, de mortalité et de recrutement des arbres ou des peuplements à l'aide de données d'entrée et d'une série

d'équations composantes (c.-à-d., des modèles). Les modèles génèrent divers résultats, notamment, sans toutefois s'y limiter, le volume de bois, la biomasse, la production de l'écosystème et les produits ligneux récoltés. Les modèles peuvent exprimer ces résultats à l'échelle de l'arbre, de la parcelle, du peuplement ou d'autres agrégats, et ils peuvent tenir compte des interventions sylvicoles ou des perturbations naturelles liées à la santé de la forêt, comme la défoliation ou la sécheresse. Dans ce contexte, l'expression « sensible au climat » fait référence à la capacité d'un modèle de croissance et de rendement à ajuster ses projections en fonction des changements climatiques (p. ex., la température et les précipitations), d'autres conditions environnementales (p. ex., le bilan hydrique, la concentration atmosphérique de CO₂ et le dépôt d'azote), ou d'autres facteurs topographiques ou édaphiques (p. ex., la pente, l'altitude, les éléments nutritifs du sol et la profondeur du sol).

Les organismes provinciaux et territoriaux de gestion forestière et le SCF ont entrepris des recherches pour faire progresser la capacité de modélisation de la croissance et du rendement sensibles au climat à l'échelle régionale et nationale, mais ces efforts n'ont pas encore abouti à une couverture à l'échelle nationale. Il est reconnu que l'ampleur du problème est telle que des individus ou des groupes travaillant de façon solitaire ne parviendront pas à le résoudre. Pour accélérer la solution, le CCMF poursuit une initiative de modélisation de la croissance et du rendement à l'échelle nationale. Cette initiative complétera les efforts de modélisation déjà en cours au sein des organismes provinciaux et territoriaux de gestion forestière et y collaborera.

Le présent document expose un plan stratégique qui détaille la voie à suivre pour atteindre cet objectif. Il s'appuie sur les contributions des experts du SCF, des provinces et des territoires, qui ont unanimement reconnu le besoin d'une telle initiative. Le plan décrit tout d'abord les rôles respectifs des organismes de gestion forestière compétents et du SCF, puis établit cinq objectifs pertinents et les actions nécessaires pour les atteindre.

2. LE RÔLE DES ORGANISMES PROVINCIAUX ET TERRITORIAUX

Les provinces et les territoires ont une compétence constitutionnelle en matière de réglementation et de gestion des forêts sur les terres publiques (de la Couronne) au Canada. La gestion durable des forêts est le principal moteur des programmes provinciaux et territoriaux de modélisation de la croissance et du rendement. Les modèles opérationnels de croissance et de rendement approuvés pour une utilisation par les provinces et les territoires sont de construction variée et diffèrent sur le plan des données d'entrée, des variables d'état et d'échelle (liée au temps et à l'espace). En outre, les modèles sont plus sophistiqués dans les provinces et les territoires où le secteur forestier revêt une plus grande importance économique. Certains organismes provinciaux et territoriaux ont commencé à élaborer les composantes d'un modèle de croissance et de rendement sensibles au climat, tandis que d'autres ont seulement commencé à réfléchir à ce défi. Certains, mais pas tous, seront capables de mettre au point un modèle de croissance et de rendement sensibles au climat à l'échelle de leur secteur de compétence, tout en répondant aux besoins des initiatives nationales. Les ressources humaines et financières représentent des contraintes majeures. Le succès d'une initiative nationale de croissance et de rendement sensibles au climat dépendra de la collaboration avec tous les organismes provinciaux et territoriaux de gestion forestière, de leur coopération et de leurs rétroactions. Les points suivants décrivent les rôles anticipés des programmes provinciaux et territoriaux de modélisation de la croissance et du rendement.

1. Poursuivre la maintenance et l'élaboration de modèles opérationnels de croissance et de rendement à utiliser dans la planification des forêts et des autres ressources naturelles, en fonction des besoins juridiques et opérationnels dans les secteurs de compétence respectifs.
2. Poursuivre un dialogue ouvert et coopératif entre eux et avec les chercheurs du SCF au sujet de la mise au point du MCRSC.
3. Dans la mesure du possible, participer aux ateliers, discussions et réunions organisés par les compétences du CCMF, en apportant des renseignements actualisés sur les programmes provinciaux et territoriaux pertinents pour la modélisation de la croissance et du rendement sensibles au climat à l'échelle nationale.
4. Fournir des données ou des codes de modèles aux bases de données ou aux archives afin de contribuer à l'initiative nationale de modélisation de la croissance et du rendement sensibles au climat. Parmi les exemples actuels, on peut citer la base de données de Placettes-Échantillons d'Agences Multiples pour les données sur les parcelles d'échantillonnage permanentes, la base de données sur les cernes de croissance du SCF (Girardin et coll., 2021), et les données de télédétection comme le lidar aéroporté, la photogrammétrie aérienne numérique et l'imagerie satellitaire à haute résolution.
5. Dans la mesure du possible, participer à l'essai et à l'évaluation des futurs modèles nationaux ou des modèles provenant d'autres sources (p. ex., les universités) en les comparant aux données provinciales et territoriales et aux observations sur le terrain, et fournir des rétroactions.

3. LE RÔLE DU SERVICE CANADIEN DES FORÊTS

Plusieurs programmes du SCF nécessitent des projections sur la croissance, la mortalité et le recrutement des arbres et des peuplements dans les régions forestières du Canada. À titre d'exemple, notons le Système national de surveillance, de comptabilisation et de production de rapports concernant le carbone des forêts (Stinson et coll., 2011; Metsaranta et coll., 2017; Kurz et coll., 2018), l'Inventaire forestier national et le programme Solutions axées sur les fibres (mis en œuvre par le Centre canadien sur la fibre de bois).

Jusqu'à présent, la mise au point de modèles de croissance et de rendement sensibles au climat au sein du SCF a eu une portée régionale ou n'a pas été entièrement mise en œuvre à l'échelle nationale. Un plan stratégique pour la modélisation de la croissance et du rendement sensibles au climat contribuera également à coordonner la recherche et le développement de modèles au sein du SCF, ce qui permettra d'accélérer la mise au point des outils de modélisation nécessaires pour soutenir les projets mandatés par le gouvernement fédéral. Le SCF jouera les rôles suivants dans le cadre d'une initiative nationale de modélisation de la croissance et du rendement sensibles au climat :

1. Répondre aux besoins généraux du secteur forestier en matière de projections de croissance et de rendement sensibles au climat à l'échelle nationale.
2. Mettre au point et maintenir des modules de composants pour un système de projection de la croissance et du rendement sensibles au climat, applicables à toutes les régions forestières du Canada, dans un format ouvert, transparent et réutilisable. Il s'agit notamment de bases de données d'observations sur le terrain et de télédétection en vue de l'élaboration et de l'évaluation de modèles, et de dépôts de codes informatiques pour l'élaboration et la mise en œuvre de modèles.

3. Coordonner les recherches menées par le personnel du SCF qui sont pertinentes pour l'avancement des modèles de croissance et de rendement sensibles au climat au Canada.
4. Aider à coordonner la recherche fédérale avec la recherche menée par les provinces et les territoires, le milieu universitaire et d'autres groupes de recherche, et qui est pertinente pour l'avancement des modèles de croissance et de rendement sensibles au climat au Canada.
5. Partager ouvertement les connaissances et les technologies connexes avec les organismes provinciaux et territoriaux, ainsi qu'avec d'autres ministères fédéraux, et travailler en collaboration avec les chercheurs de ces organismes et ministères qui mettent au point des modèles de croissance et de rendement sensibles au climat en vue d'une utilisation opérationnelle. Il s'agit notamment de partager des données agrégées à l'échelle nationale qui sont conformes à tous les accords de partage de données.

4. OBJECTIFS ET ACTIONS CONNEXES

Pour mieux définir l'initiative nationale de croissance et de rendement sensibles au climat, une série d'objectifs et d'actions connexes ont été formulés.

Objectif 1 :

Élaborer et diffuser une définition claire de l'initiative nationale de modélisation de la croissance et du rendement sensibles au climat.

Actions connexes :

1. Convenir d'un mandat, d'une vision, de buts et d'objectifs communs, et mettre à jour ces éléments si nécessaire.
2. Élaborer une description de la gestion et de la structure organisationnelle de l'initiative nationale de modélisation de la croissance et du rendement sensibles au climat. Cette description doit préciser la place de l'initiative par rapport aux autres programmes nationaux du SCF et par rapport aux programmes des provinces et des territoires.
3. Obtenir l'approbation de l'organisme et garantir les engagements financiers du SCF et, plus généralement, du gouvernement du Canada. Aider les organismes provinciaux et territoriaux, lorsque cela est souhaité et approprié, à obtenir des engagements similaires de la part de leurs organisations.
4. Communiquer activement le mandat, la vision et les objectifs de l'initiative à un public plus large.



Objectif 2 :

Formuler une liste d'objectifs et élaborer une stratégie de recherche permettant d'atteindre ces objectifs.

Actions connexes :

1. Dresser la liste des besoins des programmes nationaux du SCF, d'autres ministères, des organismes de gestion forestière compétents et éventuellement d'autres partenaires ayant besoin de projections de la croissance forestière sensibles au climat et les classer par ordre de priorité. Mettre régulièrement à jour les priorités et réviser les objectifs particuliers en conséquence.
2. Formuler des stratégies de recherche et des plans de travail pour atteindre les objectifs fixés. Cette activité comprendra, entre autres, la détermination des personnes ou des groupes qui seront chargés de la réalisation d'objectifs particuliers, du partage et de l'examen des plans de travail entre les groupes, de l'élaboration d'un calendrier de présentation des rapports et de la détermination des sources de financement.
3. Déterminer et communiquer avec les groupes ou les personnes qui ne participent pas activement à l'élaboration des modèles, mais qui s'intéressent néanmoins à la modélisation de la croissance et du rendement sensibles au climat, par exemple pour établir les priorités de leurs propres activités ou suivre leurs progrès dans le cadre d'activités d'échange de connaissances.



Objectif 3 :

Mettre au point et maintenir les composants modulaires nécessaires pour générer des projections de croissance et de rendement sensibles au climat à l'échelle régionale et nationale.

Actions connexes :

1. Cerner les modèles candidats ou les composants modulaires nécessaires à l'élaboration d'un système de modélisation de la croissance et du rendement à l'échelle nationale et entreprendre des projets pilotes sur la base desquels un modèle national peut être construit. Cette activité pourrait inclure une série de projets régionaux qui, ensemble, alimenteront la modélisation à l'échelle nationale.
2. Trouver les plateformes informatiques existantes qui permettent aux utilisateurs et aux développeurs d'accéder aux modules et de les exécuter, d'en créer de nouveaux ou de les combiner, en privilégiant les philosophies de code source ouvert pour faciliter une meilleure collaboration et transparence.
3. Déterminer les sources de données existantes qui pourraient être utilisées pour construire, tester ou initialiser des modèles, et soutenir les efforts de normalisation, de compilation et de mise à disposition de telles sources de données, en favorisant les philosophies de données à source ouverte pour faciliter une meilleure collaboration et transparence.
4. Rechercher ou établir des procédures de pratiques exemplaires pour l'évaluation et la validation des modèles. Mettre au point et mettre en œuvre des techniques de mise à l'échelle et de réduction d'échelle (p. ex., Fortin et Lavoie, 2022).



Objectif 4 :

Transférer les connaissances et les technologies.

Actions connexes :

1. Publier et transférer des documents techniques évalués par des pairs, y compris, dans la mesure du possible, les ensembles de données pertinents et le code informatique utilisé dans l'analyse.
2. Organiser des ateliers et des séances de formation sur l'utilisation et l'élaboration des modèles.
3. Développer et maintenir l'infrastructure informatique nécessaire à l'élaboration, à l'utilisation et à la maintenance du système national de modélisation de la croissance et du rendement sensibles au climat.
4. Fournir un soutien technique en temps utile, si les ressources sont disponibles, aux utilisateurs du système national de modélisation de la croissance et du rendement sensibles au climat.



Objectif 5 :

Engager les provinces, les territoires et le gouvernement fédéral ainsi que l'ensemble de la communauté scientifique et de gestion des ressources.

Actions connexes :

1. Créer et maintenir un groupe de compétences du SCF provinciales et territoriales en matière de croissance et de rendement afin d'échanger des renseignements et de coordonner des activités conjointes (le cas échéant et si nécessaire).
2. Organiser des réunions semestrielles du groupe, avec d'autres parties concernées selon le cas, pour partager des renseignements ou à d'autres fins particulières.
3. Développer et maintenir la capacité à commercialiser l'initiative et à partager des renseignements avec l'ensemble de la communauté scientifique et de gestion des ressources par le biais des canaux de communication actuels les plus efficaces (y compris les médias traditionnels ou sociaux).



5. RÉSUMÉ

Le résumé suivant met en évidence les questions qui doivent être abordées ainsi que les principales contributions de l'initiative nationale de modélisation de la croissance et du rendement sensibles au climat :

- Les changements climatiques prévus sont susceptibles d'avoir une incidence considérable sur la productivité des forêts au Canada. Il est donc impératif que les modèles de croissance et de rendement qui constituent la base des plans de gestion forestière puissent tenir compte des effets potentiels du climat et d'autres facteurs environnementaux sur la croissance des forêts.
- L'objectif principal de l'initiative sera de mettre en œuvre et de maintenir un cadre national qui accueille et intègre les composantes d'un modèle de croissance et de rendement sensibles au climat. On veillera à ce que les résultats des modèles de composants répondent aux besoins des divers programmes fédéraux, provinciaux et territoriaux qui exigent des projections de croissance et de rendement.
- Les chercheurs des institutions nationales, provinciales, territoriales et universitaires ont déjà réalisé d'importantes avancées en ce qui a trait aux modèles de composants nécessaires pour générer des projections de croissance et de rendement sensibles au climat. Par conséquent, les scientifiques qui participeront à l'initiative de modélisation de la croissance et du rendement sensibles au climat chercheront à créer des synergies et à collaborer avec ceux qui souhaitent apporter les connaissances et les technologies nécessaires pour faire progresser cette initiative nationale.
- Les produits et les connaissances issus de cette initiative nationale sont destinés à profiter à toutes les institutions provinciales, territoriales et universitaires qui s'intéressent aux projections de croissance et de rendement sensibles au climat. C'est pourquoi l'un des principes directeurs fondamentaux de cette initiative est que les connaissances et les produits développés soient accessibles et librement disponibles pour toutes les parties intéressées. Cet objectif sera atteint par le biais de publications scientifiques, de forums de présentation et de l'utilisation de codes et de dépôts de données en libre accès.

6. RÉFÉRENCES

- Fortin, M. et Lavoie, J.-F. (2022). Reconciling individual-based forest growth models with landscape-level studies through a meta-modeling approach. *Can. J. For. Res.* 52: 1140-1153.
- Girardin, M. P., Guo, X. J., Metsaranta, J., Gervais, D., Campbell, E., Arsenault, A., Isaac-Renton, M., Harvey, J. E., Bhatti, J. et Hogg, E. H. (2021). A national tree-ring data repository for Canadian forests (CFS-TRenD): structure, synthesis, and applications. *Environ. Rev.* 29: 225-241.
- Kurz, W. A., Hayne, S., Fellows, M., MacDonald, J. D., Metsaranta, J. M., Hafer, M., et Blain, D. (2018). Quantifying the impacts of human activities on reported greenhouse gas emissions and removals in Canada's managed forest: conceptual framework and implementation. *Can. J. For. Res.* 48: 1227-1240.
- Marchand, W., Girardin, M. P., Gauthier, S., Hartmann, H., Bouriaud, O., Babst, F., et Bergeron, Y. (2018). Untangling methodological and scale considerations in growth and productivity trend estimates of Canada's forests. *Environ. Res. Lett.* 13: 093001.
- Metsaranta, J. M., Shaw, C. H., Kurz, W. A., Boisvenue, C., et Morken, S. (2017). Uncertainty of inventory-based estimates of the carbon dynamics of Canada's managed forest (1990-2014). *Can. J. For. Res.* 47: 1082-1094.
- 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., et Blain, D. (2011). An inventory-based analysis of Canada's managed forest carbon dynamics, 1990 to 2008. *Glob. Change Biol.* 17: 2227-2244.