

Amélioration de la modélisation du carbone forestier

Limites et besoins de recherche : Matrices de perturbation et impacts sur la dynamique du carbone

Contexte

Le Forestier en chef est responsable de la comptabilisation du potentiel d'atténuation du secteur forestier au sein du ministère des Ressources naturelles et des Forêts, en vue de soutenir l'inventaire provincial des gaz à effet de serre. Le calcul d'un tel potentiel passe par la comptabilisation des flux de gaz à effet de serre provenant des forêts et des produits du bois.

Dans le cadre de ce mandat, le Forestier en chef entreprend de bâtir une cartographie des besoins de recherche en matière de modélisation du carbone forestier afin d'identifier les limites scientifiques et de définir les axes de recherche prioritaires à traiter dans le futur. Cette démarche vise à renforcer les connaissances scientifiques en cohérence avec les outils existants, notamment le Modèle du bilan du carbone (MBC-SFC3)¹.

Objectif général

Répondre aux limites scientifiques et aux besoins de recherche prioritaires afin d'intégrer de nouvelles connaissances dans la modélisation des dynamiques du carbone forestier.

Perturbations

Les perturbations d'origine naturelle ou anthropique impactent les flux de carbone entre les réservoirs et affectent les dynamiques du carbone post-perturbations².

Dans le modèle, ces impacts sont définis dans des matrices de perturbation qui déterminent la proportion de carbone transférée entre les réservoirs de l'écosystème forestier, émise vers l'atmosphère ou dirigée vers les produits ligneux récoltés. Ces matrices sont paramétrées selon le type de perturbation, comme les feux de forêt, l'aménagement forestier, les épidémies d'insectes et les changements d'affectation des terres (afforestation et déforestation). Plusieurs matrices peuvent être définies pour une même perturbation, ce qui permet, par exemple, de représenter différents niveaux de sévérité. Il importe par ailleurs de distinguer l'impact immédiat qui survient au moment de la perturbation et qui est modélisé par les matrices, des effets qui se manifestent à moyen et à long terme qui découlent d'une paramétrisation plus générale de la modélisation (transitions, renouvellement de la biomasse, facteurs de décomposition, etc.).

Limites du modèle actuel

Des incertitudes sont associées aux matrices utilisées pour définir l'impact des perturbations sur la dynamique du carbone des écosystèmes forestiers.

- Pour les perturbations liées à l'aménagement forestier (coupes, travaux sylvicoles, etc.), le manque de données terrain sur les stocks et la dynamique du carbone en forêts aménagées, en particulier de mesures répétées dans le temps, empêche d'affiner les matrices à l'échelle provinciale. Celles-ci reposent actuellement sur des valeurs générales établies à grande échelle, qui ne rendent pas

¹ Kurz, W. A., Dymond, C. C., White, T. M., Stinson, G., Shaw, C. H., Rampley, G. J., ... & Apps, M. J. (2009). CBM-CFS3: a model of carbon-dynamics in forestry and land-use change implementing IPCC standards. *Ecological modelling*, 220(4), 480-504.

² Kull, S.J.; Rampley, G.J.; Morken, S.; Metsaranta, J.; Neilson, E.T.; Kurz, W.A. 2024. Modèle du bilan du carbone du secteur forestier canadien (MBC-SFC3) à l'échelle opérationnelle, Version 1.2 : Guide de l'utilisateur. Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Centre de foresterie du Nord, Edmonton (Alberta).

Limites et besoins de recherche : Matrices de perturbation et impacts sur la dynamique du carbone

toujours compte des réalités provinciales.

- En particulier, faute de matrices dédiées, les effets de la préparation de terrain ne sont pas intégrés dans la modélisation. Cette absence constitue actuellement une limitation importante du modèle.
- ▶ Pour les feux de forêt, les matrices supposent souvent une sévérité uniforme, ce qui ne reflète pas la variabilité réelle du phénomène (sévérité faible, modérée ou élevée). Il en découle un biais dans l'estimation des émissions liées aux feux.
- ▶ Pour les épidémies d'insectes, la rareté des observations terrain restreint de la même façon le paramétrage provincial des matrices, d'où une incertitude importante sur l'effet modélisé de ces épidémies sur la dynamique du carbone.

Les changements climatiques modifient la fréquence, la nature et la sévérité des perturbations naturelles, en particulier les feux de forêt et les épidémies d'insectes, et ils influencent également les pratiques d'aménagement forestier, qui devront s'adapter à ces nouvelles conditions. Les matrices actuelles, établies à partir des régimes de perturbation observés par le passé, ne reflètent pas leurs évolutions anticipées.

Pistes d'amélioration et besoins de recherche

Des projets de recherche seront nécessaires pour améliorer les matrices de perturbation existantes et en développer de nouvelles, afin de mieux représenter les spécificités provinciales.

- ▶ Les matrices associées à l'aménagement forestier devraient être révisées à partir de nouvelles données empiriques acquises à l'échelle provinciale. Des projets intégrant des mesures terrain seront nécessaires pour mieux quantifier la dynamique du carbone dans les forêts aménagées du Québec, ce qui rendrait le modèle plus précis et mieux adapté à la réalité provinciale.
 - Un projet est en cours afin de mesurer la perte de carbone consécutive à la préparation de terrain en forêt boréale improductive. Ces travaux devraient être élargis à l'ensemble du territoire provincial afin de développer les matrices manquantes représentant les effets de la préparation de terrain sur la dynamique du carbone.
- ▶ Pour les feux de forêt, un projet est en cours afin d'étudier l'effet de la sévérité du feu sur la dynamique du carbone des sols en forêt boréale. Il permettra de mesurer les pertes de carbone du sol après un feu et d'en évaluer la variation selon la sévérité. De nouveaux travaux devront être menés pour recalculer les matrices associées aux feux à partir de ces résultats et les élargir à l'ensemble de la province.
 - Ressources naturelles Canada a récemment produit des matrices de feux pour différentes sévérités, fondées sur des moyennes régionales de stocks de carbone. Ce prototype pourrait servir de point de départ à des travaux visant à créer des matrices de feux à sévérité variable propres au Québec.
- ▶ Pour les épidémies d'insectes, des projets de recherche seront nécessaires afin de produire des matrices qui reflètent les transferts de carbone entre réservoirs dans les conditions provinciales. Il faudra veiller à la cohérence entre la façon dont la perturbation est modélisée et la matrice retenue, condition pour que celle-ci soit utilisable et que les résultats soient interprétables.

L'ensemble de ces travaux devra être conçu de manière à demeurer valide sous les régimes de perturbation futurs, et non seulement sous les régimes observés par le passé. Les protocoles d'acquisition de données et les matrices qui en découleront gagneront à couvrir une gamme de conditions suffisamment large pour rester représentatifs à mesure que les changements climatiques modifieront la fréquence, la nature et la sévérité des perturbations, de même que les pratiques d'aménagement qui devront s'y adapter.

Limites et besoins de recherche : Matrices de perturbation et impacts sur la dynamique du carbone

Analyses et rédaction : Nour Srour, biol., Ph.D. et Lucas Moreau, ing.f. 22-007, Ph.D.
Révision : Jean-François Carle, ing.f. 09-007, M.Sc.F. et Lucie Bertrand, ing.f. 84-048, Ph.D.
Approbation : Jean Girard, ing.f. 86-025, M.Sc., Directeur du calcul et des analyses
Louis Pelletier, ing.f. 90-066, Forestier en chef

Le 18 septembre 2026