

Analyse d'une stratégie de production de bois : perspectives d'experts

by Claudie-Maude Canuel^{1,2,3,4}, Anne Bernard^{1,4*}, Nelson Thiffault^{2,3,5}, Nancy Gélinas^{1,4}, Pierre Drapeau³, Evelyne Thiffault^{1,4} and Nicolas Bélanger^{3,5}

RÉSUMÉ

En 2020, le Québec a adopté une stratégie nationale de production de bois (SNPB) afin d'augmenter la quantité et la qualité de la matière ligneuse produite. Au cours d'une table ronde tenue à l'automne 2021, des experts de la foresterie et de domaines connexes se sont prononcés sur cette nouvelle stratégie et sur les défis de mise en œuvre qu'elle pose. L'objectif principal de cet article est de présenter les principaux constats émis au cours de cette table. Les constats ont été divisés en deux thématiques, soit le contexte général d'élaboration de cette stratégie et le contexte de sa mise en œuvre en forêt. Bien que la plupart des panélistes s'entendent sur la pertinence de créer une telle stratégie, notamment en ce qui a trait à l'atténuation des changements climatiques et à la création de richesses, plusieurs interrogations persistent. Les défis d'harmonisation des usages, de régionalisation, de spatialisation des décisions d'aménagement, de manque de main-d'œuvre et de la dynamique incertaine des écosystèmes complexifient l'évaluation des retombées potentielles de la SNPB sur le terrain et sa capacité d'atteindre les cibles établies.

Mots-clés : aménagement forestier, sylviculture intensive, production de bois, processus décisionnel

ABSTRACT

In 2020, Quebec adopted a strategy to increase the quantity and quality of timber it produces. During a roundtable discussion held in the fall of 2021, experts in forestry and in related fields expressed their views on the new strategy and its implementation challenges. The main purpose of this article is to present the key observations from the roundtable. The observations addressed two themes: the general context in which the strategy was developed, and the context of its implementation on the ground. Although most of the panellists agreed on the relevance of such a strategy, particularly as regards to climate change mitigation and wealth creation, several questions remain. The challenge of harmonizing uses, regionalization, spatialization of management decisions, labour shortage, and uncertain ecosystem dynamics make it difficult to assess the strategy's potential impact on the ground and its ability to achieve its targets.

Keywords: forest management, intensive silviculture, timber production, decision-making process

Introduction

Dans plusieurs régions du monde, les gestionnaires responsables de l'aménagement des forêts sont encouragés à adopter des pratiques qui améliorent la compétitivité de l'industrie forestière, et ce, par la mise en valeur des diverses ressources forestières. Un des moyens d'accroître cette compétitivité est d'intensifier des pratiques sylvicoles, moyen qui peut soutenir la production ligneuse tout en fournissant du bois doté des caractéristiques recherchées par l'industrie forestière. Ces pratiques dites «intensives», généralement circonscrites sur des superficies restreintes, peuvent diminuer la pression sur les massifs forestiers naturels (Messier *et al.* 2003). L'intensification de la sylviculture s'apparente, à certains égards, aux pratiques agricoles, en raison de la récurrence des traitements, du souci de produire à l'échelle de l'arbre et de l'accroissement des interventions humaines (Bell *et al.* 2006;

Gravel et Meunier 2013). L'intensification des pratiques sylvicoles s'inscrit dans un portefeuille d'options possibles (Royer-Tardif *et al.* 2021). Dans les pays occidentaux, et plus particulièrement au Canada, les pratiques plus intensives s'intègrent généralement à une matrice forestière subordonnée à différents objectifs d'aménagement, tels que la conservation d'aires protégées et l'utilisation multiple des forêts (Barrette *et al.* 2014).

Au Québec, conformément à la Loi sur l'aménagement durable du territoire forestier, le régime forestier adopté en 2013 vise une gestion des ressources forestières basée sur la détermination d'objectifs et de cibles mesurables au moyen d'une approche d'aménagement forestier écosystémique qui vise à réduire les écarts entre les paysages naturels et ceux qui sont aménagés à dessein de maintenir les multiples fonctions de l'écosystème. Pour y arriver, le gouvernement s'est doté

¹Faculté de foresterie, géographie et géomatique, Université Laval, 2405 rue de la Terrasse, Québec, QC, G1V 0A6; * Auteure de correspondance : anne.bernard.1@ulaval.ca.

²Centre canadien sur la fibre de bois, Service canadien des forêts, Ressources naturelles Canada, 1055 rue du P.E.P.S., C.P. 10380, Succ. Sainte-Foy, Québec, QC, G1V 4C7

³Centre d'étude de la forêt, Université du Québec à Montréal, 141 Président-Kennedy, Montréal, QC, H2X 1Y4

⁴Centre de recherche sur les matériaux renouvelables, Département des sciences du bois et de la forêt, Université Laval, 2425 Rue de la Terrasse, Québec, QC, G1V 0A6

⁵Réseau Reboisement Ligniculture Québec, Université TÉLUQ, 5800 sur Saint-Denis, Bureau 1105, Montréal, QC, H2S 3L5

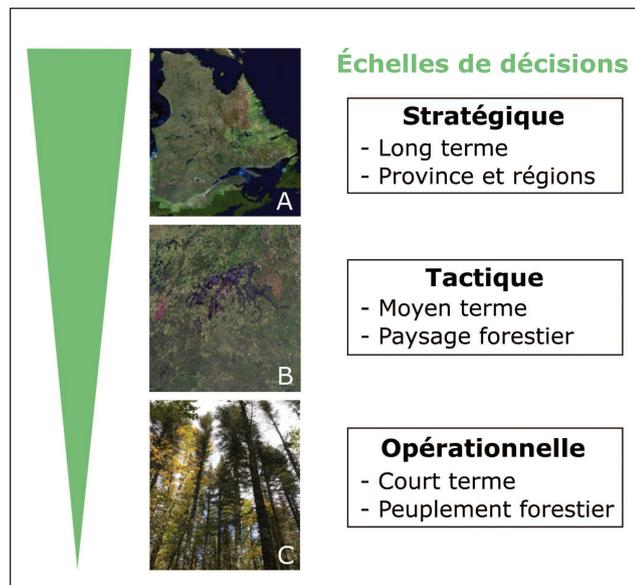


Fig. 1 Échelles de décisions utilisées en aménagement forestier au Québec et exemple de leur échelle d'application spatiale et temporelle correspondante. Les images **A** et **B** représentent respectivement l'échelle du territoire et l'échelle du paysage forestier. L'image **C** représente l'échelle du peuplement forestier. Les images **A** et **B** ont été réalisées dans ArcMap 10.8 à partir d'images du Service d'imagerie du gouvernement du Québec (WMTS) en février 2022, alors que l'image **C** a été prise dans la région de la Gaspésie (Québec) par C.-M. Canuel en 2019.

d'orientations et d'un processus décisionnel d'aménagement forestier fondés sur trois échelles de décisions correspondant chacune aux échelles respectives des long, moyen et courts termes : stratégique, tactique et opérationnelle (Fig. 1). Les décisions prises à l'échelle stratégique, soit sur le long terme, permettent de définir la vision générale et de fixer des cibles qui guideront le processus d'aménagement forestier d'un territoire donné sur plusieurs révolutions¹. Les décisions tactiques portent sur les perspectives d'aménagement à moyen terme des paysages forestiers des différentes régions, compte tenu des enjeux qui leur sont propres. Enfin, les décisions prises à l'échelle opérationnelle portent sur l'aménagement et la spatialisation des interventions sylvicoles des peuplements forestiers envisagés à court terme (Desrosiers *et al.* 2010). Ces trois échelles décisionnelles, qui se reflètent dans le processus de planification, cadrent aussi dans la Stratégie d'aménagement durable des forêts (MFFP 2015).

La Stratégie nationale de production de bois du Québec (SNPB)

En lien avec l'intensification de la sylviculture, le Québec a adopté, en 2020, la Stratégie nationale de production de bois (ci-après appelée SNPB) dans laquelle sont énoncées les orientations gouvernementales en matière de production de matière ligneuse. La SNPB propose un aménagement de la forêt du Québec responsable afin d'accroître la contribution

¹Ici l'échelle utilisée peut varier. Dans certains cas, il peut s'agir de l'ensemble du territoire forestier québécois productif ou, dans d'autres situations, d'un type de forêt, p. ex., les pessières ou les érablières.

de l'industrie des produits forestiers à l'économie du Québec et de ses régions, tout en répondant aux besoins et aux valeurs de la population. Elle mise également sur le rôle majeur que joue la forêt, aujourd'hui comme demain, dans l'atteinte des objectifs de lutte contre les changements climatiques (MFFP 2020). La SNPB s'insère dans la Stratégie d'aménagement durable des forêts (MFFP 2015), une stratégie globale adoptée par le gouvernement du Québec lors de la révision de son régime forestier en 2013. La SNPB tente de faire face aux défis que pose l'impératif de créer une richesse diversifiée, compte tenu des orientations gouvernementales adoptées en matière de protection et de conservation des écosystèmes, ainsi que d'acceptabilité sociale. Bien que la SNPB n'ait pas de valeur légale, elle permet d'établir des lignes directrices et des cibles par rapport à la production de bois, et ce, dans la perspective de la gestion durable des ressources forestières du Québec. La SNPB se divise en cinq axes pour lesquels 11 objectifs ont été établis (Tableau 1).

Par ses fondements et ses objectifs, la SNPB constitue, pour les autorités, un outil important dans l'orientation des décisions en matière de gestion des ressources ligneuses et du territoire forestier au Québec. Toutefois, sa mise en oeuvre sur le terrain est une source de préoccupations. La SNPB présente, notamment, des cibles quantitatives d'augmentation de la production de bois de l'ensemble de la province. Celles-ci concernent, entre autres, l'augmentation des possibilités forestières², le taux de récolte de la possibilité forestière et le rendement moyen des superficies aménagées³. La mise en oeuvre de la SNPB aura des répercussions sur de nombreuses décisions d'aménagement durable des forêts, quelle que soit l'échelle d'application (stratégique, tactique ou opérationnelle). Pour ces raisons, la SNPB suscite à la fois louanges, craintes et critiques suivant les acteurs du milieu forestier.

Dans cet article, nous présentons les principaux éléments discutés par les experts au cours d'une table ronde tenue dans le cadre du Colloque Biodiversité 2021 organisé par le Réseau Reboisement Ligniculture Québec et Réseau Environnement (Encadré 1). Pour mieux organiser la réflexion sur la SNPB et assurer la cohérence entre les sections, nous présentons deux contextes thématiques, subdivisés en trois ou quatre sous-contextes suivant le thème abordé. Dans un premier temps, nous discutons du contexte général dans lequel évolue la SNPB. Dans un deuxième temps, nous discutons de la mise en oeuvre de la SNPB. Dans un troisième temps, nous proposons en guise de conclusion une synthèse des idées maîtresses qui aideront à mieux cerner les enjeux liés à la SNPB compte tenu des contextes environnemental, social et économique.

Contexte général

La création de richesses : une valeur sûre

À plusieurs endroits dans la description de la SNPB, il est question de création de richesses et de la valeur générée par les forêts québécoises. Sur le plan théorique, la notion de valeur ne s'exprime pas d'une façon unique, mais plutôt

²Les possibilités forestières en forêt publique sont déterminées par une instance indépendante du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, le Bureau du forestier en chef. Les possibilités forestières représentent les volumes maximaux pouvant être récoltés annuellement dans une unité d'aménagement forestier.

³Le rendement forestier moyen fait référence à l'accroissement annuel moyen par unité de surface ($m^3/ha \cdot an$).

Tableau 1. Présentation des axes et des objectifs de la Stratégie nationale de production de bois (MFFP 2020)

Axes	Objectifs
La production de bois économiquement intéressant	Augmenter la production de bois ayant les caractéristiques souhaitées
	Réaliser des investissements rentables en forêt
	Augmenter la robustesse des stratégies d'aménagement face aux risques et aux incertitudes dans le contexte des changements climatiques
	Procurer les soins nécessaires aux forêts ayant fait l'objet d'investissements sylvicoles afin d'obtenir les résultats attendus
La valorisation du bois déjà mis en disponibilité	Augmenter la récolte du bois actuellement disponible
	Tirer meilleur profit du bois disponible à court et à moyen termes
La contribution de la à la richesse collective	Accroître la récolte du bois déjà disponible en forêt privée
	Augmenter la production de bois en forêt privée
La contribution du secteur forestier aux objectifs d'atténuation des changements climatiques	Contribuer à l'augmentation de la séquestration du carbone en forêt et dans les produits forestiers
L'innovation et les connaissances	Soutenir l'innovation, la recherche et le développement
	Intégrer les connaissances de pointe à la pratique forestière

comme un concept parapluie (Holland 2011). Dans le cas du milieu forestier, deux types de valeurs caractérisent la valeur économique totale des écosystèmes forestiers, soit les valeurs d'usage et les valeurs de non-usage. Ces valeurs, aux degrés de tangibilité variables, se répartissent en fonction des nombreux biens et services rendus par les écosystèmes (MEA 2005). Par exemple, le bois, les produits forestiers non ligneux et les activités récréatives constituent des valeurs plus tangibles que les services culturels, spirituels ou de bien-être des humains. Toutefois, la principale valeur à laquelle on s'intéresse dans la SNPB est celle de l'usage direct, ou en d'autres mots, celle de l'approvisionnement en bois. La SNPB n'aborde pas les autres catégories de valeurs qui sont associées à la forêt. Ainsi, si on se concentre sur cette unique valeur, comment est-il possible d'accroître les richesses produites par la forêt? Pour répondre à cette question, on doit envisager quatre possibilités : (1) accroître la qualité des produits de la forêt; (2) accroître la quantité de produits et de coproduits; (3) accroître la superficie productive; ou (4) accroître la quantité de bois produit par unité de surface.

Premièrement, l'accroissement de la valeur basée sur une meilleure qualité de fibre nécessite l'adoption de stratégies sylvicoles qui incluent un suivi serré des travaux réalisés sur le terrain pour s'assurer de leur impact positif sur la productivité des forêts. À l'échelle du Québec, la notion de qualité peut renvoyer à la production d'un volume de bois semblable, mais dont la valeur unitaire (en \$/m³) est plus élevée.

Par exemple, pour une superficie donnée de forêt, il faudrait miser sur la production d'arbres ayant une plus grande valeur sur les marchés selon l'essence ou selon les caractéristiques phénotypiques. Dans ce contexte, il devient possible d'accroître la valeur en produisant la même quantité de bois, mais en misant sur des essences ou des génotypes d'une plus grande valeur unitaire.

Deuxièmement, pour accroître la valeur, il serait nécessaire d'améliorer la capacité de transformation de la fibre. Pour y arriver, deux options sont envisageables. La première consiste à produire plus avec la quantité et la qualité du bois actuellement récolté. Dans ce cas, il s'agit de réduire les pertes en améliorant les procédés de transformation, ce qui permet d'accroître la valeur générée par tige. Cette option, basée sur l'optimisation de la transformation des tiges notamment par la modernisation des équipements, a été utilisée au cours des dernières années. La seconde option consisterait à générer des coproduits à valeur ajoutée (p. ex., des biocarburants ou autres bioproduits dérivés des résidus du bois). Bien qu'il soit toujours pertinent de miser sur la recherche et le développement dans le but de découvrir de nouvelles utilisations pour la fibre de bois, il ne semble toutefois pas pertinent, à court terme,

de compter uniquement sur ce moyen pour accroître la valeur des produits du bois. Accroître l'utilisation du volume de bois déjà disponible en favorisant aussi l'utilisation de celui qui serait autrement laissé sur pied ou sous forme de résidus au sol sur les parterres de coupes (actuellement sans possibilité de transformation) constitue une partie de la solution à l'accroissement de valeur.

Troisièmement, une augmentation de la valeur peut s'observer si les superficies forestières productives augmentent. Cependant, cette option peut se révéler complexe à mettre en œuvre parce que l'accroissement des superficies forestières est limité par plusieurs facteurs, tels que les facteurs physiques (la limite nordique), écologiques (les aires protégées), anthropiques (le développement croissant des zones urbaines) et politiques. Cette option est toutefois intéressante dans le contexte de boisement de terres marginales ou abandonnées (p. ex., les sites miniers ou les friches agricoles); les nouvelles terres boisées peuvent contribuer à l'augmentation de la séquestration et du stockage de CO₂ et à l'approvisionnement en bois (Forster *et al.* 2021; Ménard *et al.* 2022, *Accepté*). Dans le contexte de création de valeur, il s'agit toutefois d'une solution à retombées négligeables, à moins qu'elle ne s'inscrive dans une optique de crédits de carbone forestier. À l'heure actuelle, il y a une superposition des usages et des droits sur la superficie forestière productive, ce qui contraint beaucoup les possibilités d'agrandissement des superficies boisées. Par

Encadré 1. Table ronde au Colloque Biodiversité 2021

Les principaux questionnements liés à la mise en oeuvre d'une nouvelle stratégie visant à augmenter la production de matière ligneuse, la Stratégie nationale de production de bois du Québec, ont été explorés grâce à la tenue d'une table ronde d'experts le 4 octobre 2021 dans le cadre du Colloque Biodiversité 2021 coorganisée par le Réseau Reboisement et Ligniculture Québec et le Réseau Environnement, avec la collaboration du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada et l'Ordre des ingénieurs forestiers du Québec. Pour l'occasion, une diversité de panélistes des milieux universitaire, gouvernemental et industriel ont été invités à se prononcer sur cette nouvelle feuille de route et sur les défis de sa mise en oeuvre à court, moyen et long termes. Les panélistes qui ont pris part à la table ronde animée par Nancy Gélinas, doyenne de la Faculté de foresterie, de géographie et de géomatique de l'Université Laval, ont partagé leurs idées concernant la Stratégie nationale de production de bois. Les personnes impliquées dans le panel sont les deux auteurs principaux de ce texte Anne Bernard, ingénieure forestière et stagiaire postdoctorale dans le projet Silva21 à l'Université Laval et Claudie-Maude Canel, ingénieure forestière et candidate au doctorat en Sciences forestières à l'Université Laval; Thomas Moore, ingénieur forestier et chargé de projet au ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs; Pierre Drapeau, directeur du Centre d'étude de la forêt (CEF) et professeur titulaire au département des Sciences biologiques de l'Université du Québec à Montréal; Éric Lapointe, ingénieur forestier et surintendant des terrains privés et des opérations forestières pour la compagnie Domtar; Evelyne Thiffault, ingénieure forestière et professeure au Département des sciences du bois et de la forêt de l'Université Laval et Mathieu Bouchard, ingénieur forestier et professeur au Département des sciences du bois et de la forêt. Les codirecteurs du Réseau Reboisement Ligniculture Québec, Nicolas Bélanger et Nelson Thiffault, ont proposé et organisé l'activité et se sont joints ainsi aux auteurs. Nicolas Bélanger est professeur titulaire au département science et technologie de l'Université TÉLUQ et Nelson Thiffault est chercheur au Centre canadien sur la fibre de bois de Ressources naturelles Canada. Le contenu de cet article constitue une interprétation des propos et idées exprimés lors de la table ronde; il n'engage que ses auteurs. Le panel peut être consulté à l'adresse suivante :

https://youtu.be/bypoHs5jv-M?list=PLugocxT5-EWMVqh4RJ_hrO5fkeUCI3ziS

ailleurs, il serait possible d'accroître l'approvisionnement en bois en valorisant davantage le bois en terres privées. En s'assurant d'une meilleure synergie entre les tenures publiques et privées, il serait possible de mobiliser une plus grande quantité de fibre et de stabiliser le flux en bois destiné aux principaux utilisateurs de la matière première.

Quatrièmement, il est possible d'augmenter la valeur en augmentant la quantité de bois produit par unité de surface. Cette solution nécessite d'adopter des pratiques sylvicoles intensives dont la finalité est différente de l'augmentation de la qualité et de la valeur unitaire du bois. Elle vise plutôt à produire plus de volume de bois, en misant principalement sur des caractéristiques qui assurent l'efficacité des opérations avec un moindre égard à la qualité produite. Cette approche a été adoptée par plusieurs pays, notamment la Nouvelle-Zélande (Yao *et al.* 2017) et les pays nordiques (Lindahl *et al.* 2017). Toutefois, ces exemples s'appuient sur des modèles de monoculture, alors que le Canada préconise plutôt une approche opposée en privilégiant un aménagement extensif basé sur les principes d'aménagement durable qui s'inspirent des perturbations naturelles⁴. Cela dit, l'accroissement du volume récolté pourrait aussi impliquer une augmentation de la récolte des arbres dans un contexte d'aménagement extensif. À l'heure actuelle, seules certaines tiges ou parties de tiges sont récoltées en fonction de leur essence, leurs dimensions ou la qualité de leur fibre.

L'augmentation de la valeur basée sur la qualité et celle basée sur la quantité ne sont pas mutuellement exclusives. Il

est parfaitement envisageable d'appliquer des pratiques intensives en vue d'augmenter la quantité de bois tout en misant sur des espèces ou des caractéristiques phénotypiques qui génèrent plus de valeur. Cependant, il est nécessaire de mieux définir, dans le cadre de la SNPB, la façon dont on s'y prendra pour créer cette valeur. Les enjeux territoriaux et sociaux sont nombreux. L'option choisie doit donc, elle aussi, être basée sur ces facteurs qui risquent d'influencer la cohabitation des acteurs sur le territoire. Enfin, en matière de développement durable, la nature renouvelable du bois et de ses dérivés est un avantage par rapport à d'autres ressources primaires.

L'harmonisation des usages dans le contexte de la foresterie intensive

La SNPB a comme objectif principal d'accroître la production forestière. Toutefois, il ne faut pas tenir à l'écart les autres utilisateurs de la forêt lors de sa mise en oeuvre sur le territoire forestier. Il existe une multitude de revendications territoriales en amont de la SNPB, notamment celles des territoires ancestraux des Premières Nations. La mise en oeuvre d'une stratégie axée sur la production de bois risque d'accroître les revendications et les insatisfactions dans certains secteurs. Comment concilier les usages multiples tout en assurant une production forestière qui permette de combler les besoins de création de valeur? Certains acteurs craignent de ne pas avoir accès aux territoires forestiers définis dans la SNPB et que la valeur multi-usage se trouve réduite. À ce jour, les enjeux portant sur l'harmonisation des opérations forestières sont nombreux et parfois complexes à résoudre. De plus, en raison de l'intérêt croissant de la population à l'égard du territoire forestier à des fins récréatives, les enjeux d'harmonisation augmenteront.

Au Canada, il existe une diversité d'outils de participation publique qui permettent aux multiples utilisateurs de s'impliquer dans la gestion des forêts. Dans le contexte québécois, les

⁴Le Conseil canadien des ministres des forêts a élaboré un cadre de référence incluant une série de critères et d'indicateurs. Plus précisément, ce cadre comprend six critères d'aménagement durable des forêts soit : (1) la diversité biologique, (2) l'état des écosystèmes et de leur productivité, (3) les sols et l'eau, (4) le rôle des écosystèmes dans les cycles écologiques planétaires, (5) les avantages économiques et sociaux et 6- la responsabilité sociale. (CCMF 2005)

Tables locales de gestion intégrée des ressources et du territoire (TGIRT) sont le principal véhicule qui permet aux parties prenantes de se familiariser avec les nombreux enjeux forestiers et de participer au processus de prise de décisions. Ces tables sont présentes sur l'ensemble des forêts publiques et elles regroupent les principaux acteurs d'importance à l'échelle régionale. L'adhésion des membres aux TGIRT varie cependant d'une région à l'autre et d'un groupe d'acteurs à l'autre (Bernard 2021). Le désengagement des parties prenantes peut s'expliquer par les contextes historique et culturel qui ont joué en défaveur de l'équilibre des pouvoirs, laissant les intérêts des acteurs moins influents en marge des discussions (Miller et Nadeau 2017). Au moyen des outils de participation, tels que les TGIRT ou les autres types de comités de consultation, les parties prenantes sont appelées à prendre position sur divers enjeux, notamment ceux en lien avec la sylviculture intensive. Malgré le fait que les parties prenantes partagent leurs intérêts, leurs besoins et leurs attentes, les décisions qui en découlent favorisent davantage les préoccupations des gouvernements et des industries que celles des autres parties prenantes (Miller et Nadeau 2017; Bernard 2021).

Lorsque les décisions sur l'aménagement forestier demeurent relativement centralisées, il est courant que les parties prenantes exigent une plus grande transparence de la part du gouvernement à l'égard de la gestion des forêts. Ainsi, l'ajout d'une stratégie visant la production de bois ne permet pas de répondre à ce que la société demande en matière d'aménagement des forêts. Pour plusieurs, il s'agit d'un moyen détourné de ne pas tenir compte des intérêts que la société porte envers l'aménagement des forêts. Ainsi, il est important que les gestionnaires des territoires publics élaborent des stratégies de production ligneuse qui soient claires et transparentes. L'enjeu que pose la production de bois est étroitement lié aux enjeux de conservation. En effet, en misant sur une sylviculture intensive sur des superficies ciblées et restreintes, il serait possible, à long terme, d'assurer un approvisionnement constant des usines tout en réduisant éventuellement la pression sur les forêts naturelles (Messier *et al.* 2009; Drapeau *et al.* 2022; Himes *et al.* 2022). Au fil du temps, ce type d'approche d'aménagement permettrait d'atteindre les objectifs de conservation en facilitant l'ajout de superficies protégées.

Le rôle de la production ligneuse pour l'atténuation des changements climatiques

La SNPB mise sur le potentiel du secteur forestier comme moyen d'atténuer les changements climatiques et leurs impacts. À ce propos, l'aménagement forestier est reconnu comme un moyen de lutte contre les changements climatiques (Nabuurs *et al.* 2007). En effet, l'utilisation des produits du bois (sciage, panneaux, pâtes et papiers, bioénergie) peut jouer un rôle clé dans la capacité de l'aménagement forestier à atténuer les changements climatiques (Eriksson *et al.* 2007; Paradis *et al.* 2019). D'une part, les produits ayant une longue durée de vie permettent de stocker le carbone (capté par la photosynthèse lors de la croissance des arbres) hors de l'atmosphère sur de longues périodes, et ainsi retarder son émission sous forme de gaz à effet de serre. D'autre part, les produits du bois, y compris de nouveaux produits venant de filières émergentes comme celles de la bioénergie forestière et des bioproduits, dont les critères de qualité de la fibre sont moins contraignants que ceux des produits du bois

conventionnels, ont le potentiel de remplacer des matériaux non renouvelables et des sources d'énergie d'origine fossile. L'utilisation des produits du bois, à faible empreinte carbone, peut donc permettre d'éviter les émissions de gaz à effet de serre en substituant d'autres produits à plus forte empreinte carbone, comme le ciment et l'acier dans le secteur du bâtiment, ou les carburants fossiles dans le secteur de l'énergie (Gustavsson et Sathre 2006; Zhang *et al.* 2010). Toutefois, la contribution des produits du bois à l'atteinte des cibles climatiques dépend de plusieurs facteurs écologiques et socio-économiques complexes et demeure une source d'incertitudes (Giuntoli *et al.* 2020; Brunet-Navarro *et al.* 2021). Notamment, dans le réseau industriel forestier actuel du Québec, on utilise seulement une portion du bois récolté pour générer des produits solides du bois permettant de stocker le carbone sur de longues périodes. Par exemple, dans le cas de la sylviculture boréale de la Forêt Montmorency, on estime à environ 42 % la proportion moyenne de produits du sciage générée par la récolte des espèces résineuses et à 45 % la proportion de pâtes et papiers (Paradis *et al.* 2019); la demi-vie des produits du sciage est estimée à 35 ans par rapport à seulement 2 ans pour les pâtes et papiers (IPCC 2014). Une étude récente réalisée à l'échelle du Québec indique que l'utilisation du bois dans le secteur de la construction non résidentielle pouvait contribuer à 3.5 % des cibles de réduction des gaz à effet de serre d'ici 2050 (Cordier *et al.* 2021).

De plus, l'aménagement forestier a le potentiel d'améliorer la capacité des forêts à séquestrer et à stocker le carbone, qui autrement serait présent dans l'atmosphère sous forme de CO₂ (contribuant donc au réchauffement climatique) (Ruddell *et al.* 2007). Les scénarios d'aménagement forestier peuvent toutefois avoir des effets variés sur les émissions et la séquestration de carbone et autres gaz (incluant le méthane [CH₄], un gaz à effet de serre de 25 à 30 fois plus puissant que le CO₂) en fonction du type de forêts, de l'intensité et de la récurrence des interventions et de l'utilisation de la matière ligneuse (Paradis *et al.* 2019; Röder *et al.* 2019).

Dans certains cas, la récolte plus intensive de bois peut être compatible avec des scénarios d'aménagement qui favorisent la séquestration et le stockage du carbone. Par exemple, un moyen recommandé pour augmenter la séquestration et le stockage de carbone des écosystèmes est de procéder à des interventions sylvicoles qui limitent les perturbations du sol et qui conservent une certaine partie du couvert ou qui favorisent une remise en production rapide des sites après la récolte. Les pratiques d'éducation de peuplement qui permettent d'augmenter la taille et la qualité des tiges peuvent aussi favoriser la production de produits du bois durables, capables de stocker le carbone pendant des décennies. La contribution de l'aménagement forestier à l'atténuation des changements climatiques ne peut pas être généralisée; elle dépend des produits générés par la récolte industrielle des forêts, de l'état des sites forestiers résiduels et de l'efficacité d'approvisionnement et de transformation des industries qui utilisent la matière ligneuse (Moreau *et al.* 2022). L'effet des changements climatiques mêmes sur la composition et la productivité des écosystèmes forestiers pourrait aussi limiter la capacité future du secteur forestier à contribuer à la séquestration et au stockage du carbone (Valade *et al.* 2017; Landry *et al.* 2021).

La production de bois sert d'abord et avant tout à subvenir aux besoins des sociétés d'ici et d'ailleurs. Dans la perspective

mondiale de lutte contre les changements climatiques conjuguée à notre dépendance envers les produits et les énergies à forte empreinte carbone comme les énergies fossiles, il est pertinent qu'une province forestière produise des matériaux et des sources d'énergie renouvelables à condition d'adopter les pratiques sylvicoles appropriées. Cela dit, est-ce qu'une stratégie telle que la SNPB permet de justifier l'augmentation de la récolte forestière? Si oui, à quelles conditions? Autrement dit, la mise en œuvre d'une telle stratégie représente-t-elle un compromis d'utilisation socialement acceptable? Certes, la SNPB fait partie des solutions à la problématique des changements climatiques, mais n'en constitue qu'une partie parmi plusieurs autres.

La mise en œuvre de la SNPB

La régionalisation de la mise en œuvre

La diversité des préoccupations régionales justifie les efforts de vouloir décentraliser les décisions, y compris celles portant sur l'application de la SNPB; la mise en œuvre de la SNPB passera par l'élaboration de stratégies à l'échelle régionale, c'est-à-dire élaborées en fonction des particularités sociales, économiques et écologiques de chaque région. Si la SNPB décrit les grandes orientations, les stratégies régionales décrivent les moyens d'accroître la production de bois à l'échelle locale.

La décentralisation des décisions de gestion du territoire forestier et l'autonomie professionnelle constituent deux revendications que les parties prenantes du milieu forestier ont régulièrement exprimées au cours des dernières décennies (Colfer and Capistrano 2005). Toutefois, la détermination de cibles et d'objectifs quantitatifs en amont de l'élaboration des stratégies régionales et de leur applicabilité suscitent encore des interrogations. Par exemple, est-ce que les aménagistes, les travailleurs forestiers et les autres spécialistes mis à contribution détiennent les outils nécessaires pour y parvenir? Est-ce que les outils mis à leur disposition sont les bons? Est-ce que les cibles et les objectifs élaborés dans une stratégie telle que la SNPB sont réalistes? Il s'agit là d'autant de questions auxquelles les gestionnaires de la forêt publique devront répondre au cours des prochaines années, réponses qui serviront à documenter le succès d'implantation d'une telle stratégie.

La main-d'œuvre : enjeux de disponibilité et de responsabilité

Tout comme les autres secteurs industriels, le secteur forestier manque de main-d'œuvre. On se questionne sur l'applicabilité de la SNPB, laquelle mentionne d'accroître les interventions en forêt alors que les entreprises sylvicoles peinent à recruter des travailleurs. L'atteinte des cibles d'augmentation des taux de rendement et de récolte présentés dans la SNPB passe par le recours aux nouveautés technologiques et à l'innovation des pratiques. Toutefois, une question persiste : qui sera en mesure de réaliser ces travaux dans le contexte de la pénurie grandissante de main-d'œuvre? L'arrivée de nouvelles pratiques et technologies à l'échelle opérationnelle représente un défi pour les entrepreneurs qui devront recruter suffisamment d'employés qualifiés et performants. Par ailleurs, le revenu de nombreux acteurs forestiers, comme les travailleurs sylvicoles, les opérateurs et les entrepreneurs, dépend généralement de leur rendement. Celui-ci risque de diminuer compte tenu du temps nécessaire qui leur faudra

pour assimiler de nouvelles technologies et techniques de travail. Assurer la stabilité financière des travailleurs tout en sécurisant l'approvisionnement des usines représente ainsi un nouvel enjeu.

La gestion des ressources forestières est complexe, autant sur le plan social, économique qu'environnemental. De ce fait, il n'est pas souhaitable de l'ériger en un système standardisé et normé, puisqu'elle se trouve souvent à la jonction de différentes sphères qui relèvent à la fois de la science et de l'éthique. Compte tenu de la nécessité d'intervenir à court terme afin d'assurer le succès de la mise en œuvre de la SNPB, les professionnels du milieu doivent jouer un rôle de premier plan. Leurs compétences, leurs connaissances et leur jugement doivent nécessairement être mis à profit. Une des préoccupations est le rôle croissant qu'occupent les outils mathématiques dans les prises de décision en aménagement forestier. Par exemple, la modélisation, un outil qui est souvent utilisé suivant une approche déterministe plutôt que stochastique, est utilisée dans l'atteinte des cibles de la SNPB. Or, ces cibles doivent être atteintes dans le respect des principes de l'aménagement durable des forêts. Le contexte dynamique et interactif qui existe entre les ressources et la société bénéficierait davantage du recours à des processus stochastiques que déterministes. La réussite de la mise en œuvre de la SNPB reposerait alors sur l'apport des professionnels du milieu aidés des outils mathématiques les plus à jour. L'adoption d'une telle approche apporterait la flexibilité nécessaire à la complexité de gestion des ressources forestières.

La spatialisation des pratiques intensives (zonage ou affectation)

Comme la SNPB couvre l'ensemble du territoire forestier québécois, la spatialisation joue un rôle majeur dans sa mise en œuvre. En effet, mettre en œuvre la SNPB nécessite l'apport d'importants investissements en vue d'accroître la production de bois économiquement intéressant. De plus, parce que les différents écosystèmes forestiers ne présentent pas tous la même vulnérabilité aux perturbations, l'application de la SNPB variera nécessairement en fonction des milieux. Une des caractéristiques de la forêt québécoise est qu'elle est le théâtre de perturbations naturelles souvent imprévisibles et qui varient en fréquence, sévérité et dimensions. De plus, l'aménagement forestier qu'on réalise suit les principes de l'aménagement écosystémique selon lesquels il faut chercher à diminuer les écarts entre la forêt naturelle et la forêt aménagée. Or, les effets cumulés de l'aménagement forestier et des perturbations naturelles font planer encore plus d'incertitudes sur l'évolution des peuplements forestiers au regard des changements climatiques et de l'approvisionnement en bois (Boulanger *et al.* 2019). Dans ces conditions, il est important de choisir judicieusement les secteurs où il est pertinent de réaliser des investissements sylvicoles et de les protéger adéquatement des perturbations naturelles.

L'augmentation de la production ligneuse motive le besoin d'adopter une vision claire et cohérente des objectifs de récolte forestière sur les sites aménagés. Cela optimisera le retour sur l'investissement, particulièrement en ce qui a trait aux sites aménagés intensivement. Une façon de satisfaire ce besoin est d'adopter l'approche de zonage fonctionnel du territoire tel que la TRIADE; elle pourrait faciliter l'atteinte concomitante de divers objectifs sur le territoire forestier (Himes *et al.* 2022). Bien que cette approche ne soit pas nouvelle (Bowes et Kru-

tilla 1985; Swallow and Wear 1993; Vincent et Binkley 1993) et qu'elle ait fait ses preuves dans plusieurs contextes, notamment au Québec (Messier *et al.* 2009), seules les aires protégées et les aires d'intensification de la production ligneuse détiennent un statut d'affectation différent à ce jour. Bien que la SNPB ne présente aucune cible visant l'implantation d'aires d'intensification de la production ligneuse (AIPL), elle soulève néanmoins un enjeu relatif à la nécessité de recourir à cet outil dans l'atteinte des cibles d'augmentation de la production de bois. Or, introduire des AIPL sans détermination préalable d'un cadre de référence plus explicite à l'égard de l'ensemble des forêts québécoises vient renforcer les craintes déjà présentes chez certains utilisateurs de la forêt. Ces craintes sont d'autant plus vives que l'implantation d'AIPL demeure mitigée dans plusieurs régions du Québec pour des raisons environnementales et socio-économiques. En dépit des approches de zonage strict, il existe d'autres approches qui pourraient être explorées, notamment la priorisation spatiale des enjeux et des objectifs d'aménagement.

Afin de repenser la répartition des usages par rapport aux enjeux d'utilisation à l'échelle du territoire forestier, on a proposé d'améliorer les processus de communication entre les utilisateurs du territoire pour que ces derniers participent en amont des prises de décisions. Cette proposition favorisera dans la foulée l'application des principes d'aménagement durable des forêts mis de l'avant au Québec par la Stratégie d'aménagement durable des forêts (MFFP 2015).

La considération du risque dans un écosystème dynamique

Le secteur forestier fait face à de nombreux défis, qui sont appelés à augmenter au cours des prochaines années. D'abord, les changements climatiques apportent leurs lots d'incertitudes. Les écosystèmes forestiers tempérés et boréaux sont appelés à subir des changements importants dans les prochaines décennies en raison notamment de périodes de sécheresse prolongées, de modifications du patron des précipitations, d'acidification des sols et de modifications de saisonnalité et de phénologie des espèces (p. ex., D'Orangeville *et al.* 2018; Boulanger *et al.* 2022). Il demeure difficile de prévoir l'évolution des écosystèmes forestiers face à ces nouvelles conditions climatiques. De plus, la diversification des marchés constitue un enjeu de taille pour le Québec depuis le déclin de l'industrie des pâtes et papiers (Bogdanski 2014). Il est difficile de prévoir les fluctuations du marché des produits du bois et de proposer des scénarios sylvicoles adaptés à la demande qui demeure remplie d'incertitudes. Par exemple, l'industrie du carton a vu ses demandes en produits augmenter rapidement, en raison de la hausse du magasinage en ligne. Il en va de même pour les filières émergentes, comme celles de la lignocellulose et de la bioénergie forestière, dont les succès ne seront réellement mesurables qu'une fois mises à l'essai. Enfin, au-delà de la production de bois, le territoire forestier est aussi touché par des pressions diverses, notamment celles liées à l'utilisation du territoire et à l'ensemble des ressources forestières. Par exemple, la demande en d'autres services comme le maintien de la biodiversité, l'accès à la faune, la villégiature, le maintien des valeurs spirituelles et des usages autochtones pourraient augmenter, voire surpasser la demande en produits du bois.

Il importe d'intégrer et de considérer en amont l'ensemble des incertitudes associées à la mise en œuvre d'une stratégie

comme la SNPB pour que les cibles et les objectifs demeurent réalistes. La SNPB, dans sa forme actuelle, tient-elle suffisamment compte des différents risques inhérents à la gestion du territoire forestier? Plusieurs risques ont été considérés au cours de son élaboration. Les catégories de risques suivantes ont notamment été considérées et évaluées :

1. La vulnérabilité aux changements climatiques;
2. Les perturbations naturelles (maladies et insectes);
3. La possibilité d'écouler les produits sur le marché;
4. Le changement de vocation du territoire;
5. Les capacités à réaliser tous les travaux des scénarios sylvicoles.

Toutefois, peu d'informations sont fournies sur la façon dont ces catégories de risques ont été considérées, notamment l'aspect de la tolérance au risque. Celle-ci a été considérée comme acceptable dans les choix de la SNPB. De même, il existe peu d'informations qui permettent de retracer la façon dont les cibles ont été établies. Il demeure difficile d'estimer le caractère réaliste des cibles quantitatives qui ont été proposées. De meilleurs efforts de communication de la part des décideurs permettraient de mieux juger de la crédibilité de la SNPB et de ses cibles, tout en augmentant le sentiment de confiance envers les choix. À ce jour, seule l'application de la SNPB permettra de constater dans quelle mesure les risques auront été suffisamment pris en compte.

Par ailleurs, il semble essentiel qu'une telle stratégie puisse être révisée périodiquement en fonction de l'évolution des connaissances et du contexte forestier. Selon le régime forestier québécois actuel et compte tenu des événements passés, les décisions portant sur l'aménagement forestier sont souvent révisées sur un cycle de cinq ans (p. ex., le calcul des possibilités forestières). Historiquement, le suivi des effets des interventions forestières sur les écosystèmes forestiers a été considéré comme déficient au Québec (Bureau du forestier en chef 2015; Vérificateur général du Québec 2017), déficience qui a pu contribuer à limiter la capacité de la province à faire des projections suffisamment précises et fiables. Ce manque de suivi et de données fiables est non seulement une grande préoccupation, mais représente aussi un enjeu important, considérant l'étendue et l'hétérogénéité des forêts naturelles comme celles du Québec. Dans la réalisation d'une stratégie comme la SNPB, il faut avoir à sa disposition des données de suivi qui permettent de procéder à sa révision périodique. Un système de collecte de données et de suivi doit donc être mis en place.

Conclusion

Une stratégie visant à augmenter la production de bois permet d'orienter les décisions en aménagement forestier et de ce fait améliorer la gestion des ressources forestières. Une telle stratégie doit être mise en œuvre dans une perspective de création de valeur sur le plan de la quantité et de la qualité du bois. Cependant, les bénéfices d'une hausse de la valeur tirée des forêts dépendent largement de sa mise en œuvre. L'application sur le terrain d'une stratégie semblable à la SNPB et à ses possibles répercussions sur les diverses parties prenantes qui utilisent le territoire forestier constituent une source de préoccupations. Comme le soulignent Drapeau *et al.* (2022), l'application d'une sylviculture intensive (bois de plantations)

à proximité des pôles de transformation et d'utilisation du bois (usines et centre urbains), augmenterait la capacité de composer avec les incertitudes climatiques, notamment la capacité de détecter et de maîtriser rapidement les incendies forestiers, qui sont susceptibles d'augmenter avec les aléas climatiques. À moyen et à long termes, il serait possible d'amorcer la transition de l'approvisionnement des usines de la forêt naturelle vers le bois issu des plantations. Cette transition permettrait, d'une part, de diminuer la pression de récolte sur les forêts naturelles et, d'autre part, de tenir davantage compte des enjeux d'harmonisation associés aux usages et valeurs multiples de la forêt.

La mise en œuvre d'une stratégie comme la SNPB requiert l'apport d'une diversité d'expertises et d'outils. Elle doit favoriser l'utilisation d'approches holistiques nécessitant la collaboration de l'ensemble des acteurs tout au long de la chaîne de valeur de la matière première. Par conséquent, sans la présence de travailleurs forestiers compétents et adéquatement formés nécessaire à l'application d'un aménagement intensif, il est difficile de garantir le succès de la stratégie. Il est aussi important que l'ensemble des professionnels de la forêt travaillent dans un esprit de collaboration afin d'augmenter les chances de succès d'une telle stratégie.

La mise en place d'une telle stratégie doit se faire dans un contexte global où les principes d'aménagement durable des forêts priment sur l'accroissement des bénéfices économiques et financiers. Les parties prenantes qui utilisent le territoire forestier et celles qui sont responsables de l'aménagement forestier doivent instaurer un dialogue constructif. Si la production de bois ne laisse aucune place pour les autres utilisations de la forêt, les investissements qui seront engagés à court et à moyen termes se traduiront en pertes à plus long terme. Le travail d'équipes multidisciplinaires semble primordial dans la mise sur pied d'une stratégie semblable à la SNPB et une condition de base pour la réussite de sa mise en œuvre.

Une stratégie comme la SNPB doit s'arrimer à la Stratégie d'aménagement durable des forêts, dont le concept d'aménagement écosystémique constitue le pivot du régime forestier au Québec depuis une décennie. Cela étant dit, elle doit également être souple et dynamique pour permettre de la faire évoluer selon les demandes sociales et les variations en matière de besoins économiques et environnementaux. En raison des changements climatiques, le passé n'est plus aussi garant de l'avenir et les paradigmes de gestion des forêts sont appelés à évoluer vers l'aménagement dit adaptatif (Achim *et al.* 2022). La stratégie doit être suffisamment flexible pour permettre l'adaptation et l'évolution de pratiques sylvicoles favorables à la gestion du changement. En ce sens, l'utilisation de processus itératifs favorisant la rétroaction pourrait permettre une telle flexibilité et favoriser une amélioration continue.

Remerciements

Nous remercions MM. Thomas Moore, ing.f., Mathieu Bouchard, ing.f. et Éric Lapointe, ing.f. d'avoir partagé leurs idées lors de la table ronde. Nous remercions également MM. Raed Elferjani et Patrick Benoist du Réseau Reboisement Ligniculture Québec, ainsi que le personnel du Réseau Environnement, pour leur contribution à l'organisation du Colloque

Biodiversité 2021. Finalement, nous remercions Mme Hélène D'Avignon, ing.f., rédactrice professionnelle, pour sa révision linguistique d'une version préliminaire de ce texte. La production et la publication de cet article ont été rendues possibles grâce à la participation du Réseau Reboisement Ligniculture Québec, un réseau d'innovation du Fonds de recherche du Québec – Nature et technologies, ainsi que le Centre canadien sur la fibre de bois de Ressources naturelles Canada.

Références

- Achim, A., G. Moreau, N.C. Coops, J.N. Axelson, J. Barrette, S. Bédard, K.E. Byrne, J. Caspersen, A.R. Dick, L. D'Orangeville, G. Drolet, B.N.I. Eskelson, C.N. Filipescu, M. Flamand-Hubert, T.R.H. Goodbody, V.C. Griess, S.M. Hagerman, K. Keys, B. Lafleur, M. Montoro Girona, D.M. Morris, C.A. Nock, B.D. Pinno, P. Raymond, V. Roy, R. Schneider, M. Soucy, B. Stewart, J.-D. Sylvain, A.R. Taylor, E. Thiffault, N. Thiffault, U. Vepakomma and J.C. White. 2022. The changing culture of silviculture. *Forestry*. 95(2): 143-152. doi:10.1093/forestry/cpab047.
- Barrette, M., M. Leblanc, N. Thiffault, A. Paquette, L. Lavoie, L. Bélanger, F. Bujold, L. Côté, J. Lamoureux, R. Schneider, J.-P. Tremblay, S. Côté, Y. Boucher and M.-È. Deshaies. 2014. Enjeux et solutions pour la sylviculture intensive de plantations dans un contexte d'aménagement écosystémique. *For. Chron.* 90(6): 732-747. doi:10.5558/tfc2014-146.
- Bell, F.W., D.G. Pitt and M.C. Wester. 2006. Is Intensive Forest Management a misnomer? An Ontario-based discussion of terminology and an alternative approach. *For. Chron.* 82(5): 662-674. doi:10.5558/tfc82662-5.
- Bernard, A. 2021. Démystifier la gestion intégrée des ressources et du territoire au Québec, un acteur à la fois. Thèse de doctorat, Département des sciences du bois et de la forêt, Université Laval, Québec, QC.
- Bogdanski, B. E. C. 2014. The rise and fall of the Canadian pulp and paper sector. *For. Chron.* 90(6): 785-793. doi:10.5558/tfc2014-151.
- Boulanger, Y., J. Pascual, M. Bouchard, L. D'Orangeville, C. Perie and M.P. Girardin. 2022. Multi-model projections of tree species performance in Quebec, Canada under future climate change. *Global Change Biol.* 28(5): 1884-1902. doi:10.1111/gcb.16014.
- Boulanger, Y., D. Arseneault, Y. Boucher, S. Gauthier, D. Cyr, A.R. Taylor, D.T. Price and S. Dupuis. 2019. Climate change will affect the ability of forest management to reduce gaps between current and presettlement forest composition in southeastern Canada. *Landscape Ecol.* 34(1): 159-174. doi:10.1007/s10980-018-0761-6.
- Bowes, M. D. and J. Krutilla. 1985. Multiple use management of public forestlands. In : A. V. Kneese and J. L. Sweeney (eds.), *Handbook of Natural Resource and Energy Economics: Vol. II* (pp. 531-569). Elsevier Science Publishers.
- Brunet-Navarro, P., H. Jochheim, G. Cardellini, K. Richter and B. Muys. 2021. Climate mitigation by energy and material substitution of wood products has an expiry date. *J. Cleaner Prod.* 303. doi:10.1016/j.jclepro.2021.127026.
- Bureau du forestier en chef. 2015. Succès des plantations. Avis du Forestier en chef. FEC-AVIS-04-2015. Roberval, Québec, 22 p. + annexes.
- Conseil canadien des ministres des forêts. 2005. Critères et indicateurs de l'aménagement forestier durable : Bilan national 2005. 177 p.
- Colfer, C. J. P. and D. Capistrano. 2005. *The Politics of Decentralization : Forests, People and Power*. UK, London: Earthscan Publications. 322 p.
- Cordier, S., F. Robichaud, P. Blanchet and B. Amor. 2021. Regional environmental life cycle consequences of material substitutions: The case of increasing wood structures for non-residential buildings. *J. Cleaner Prod.* 328. doi:10.1016/j.jclepro.2021.129671.

- Desrosiers, R., S. Lefebvre, P. Munoz and J. Pâquet. 2010.** Guide sur la gestion intégrée des ressources et du territoire : son application dans l'élaboration des plans d'aménagement forestier intégré. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune. 18 p.
- D'Orangeville, L., D. Houle, L. Duchesne, R.P. Phillips, Y. Bergeron and D. Kneeshaw. 2018.** Beneficial effects of climate warming on boreal tree growth may be transitory. *Nat. Commun.* 9(1): 3213. doi:10.1038/s41467-018-05705-4.
- Drapeau, P., A. Leduc, S. Gauthier, Y. Boulanger, D. Kneeshaw and Y. Bergeron. 2022.** L'avenir incertain de la forêt boréale commerciale et de sa biodiversité dans un contexte de changements climatiques; le rôle clé des forêts âgées. *In* : A. Zaga Mendez, J.-F. Bissonnette and J. Dupras (eds.). Une économie écologique pour le Québec : comment opérationnaliser une nécessaire transition. pp. 105–131. Presses de l'Université du Québec (PUQ).
- Eriksson, E., A.R. Gillespie, L. Gustavsson, O. Langvall, M. Olsson, R. Sathre and J. Stendahl. 2007.** Integrated carbon analysis of forest management practices and wood substitution. *Can. J. For. Res.* 37(3): 671–681. doi:10.1139/X06-257.
- Forster, E.J., J.R. Healey, C. Dymond and D. Styles. 2021.** Commercial afforestation can deliver effective climate change mitigation under multiple decarbonisation pathways. *Nat. Commun.* 12 (1), 3831. doi:10.1038/s41467-021-24084-x
- Giuntoli, J., S. Searle, R. Jonsson, A. Agostini, N. Robert, S. Amaducci, L. Marelli and A. Camia. 2020.** Carbon accounting of bioenergy and forest management nexus. A reality-check of modeling assumptions and expectations. *Renewable Sustainable Energy Rev.* 134. doi:10.1016/j.rser.2020.110368.
- Gravel, J. and S. Meunier. 2013.** Le gradient d'intensité de la sylviculture. *In* : C. Larouche, F. Guillemette, P. Raymond and J.-P. Saucier (eds.). Le guide sylvicole du Québec, Tome 2 – Les concepts et l'application de la sylviculture. pp. 32–41. Les Publications du Québec, Québec, QC.
- Gustavsson, L. and R. Sathre. 2006.** Variability in energy and carbon dioxide balances of wood and concrete building materials. *Build. Environ.* 41(7): 940–951. doi:10.1016/j.buildenv.2005.04.008.
- Himes, A., M. Betts, C. Messier and R. Seymour. 2022.** Perspectives: Thirty years of triad forestry, a critical clarification of theory and recommendations for implementation and testing. *For. Ecol. Manage.* 510. doi:10.1016/j.foreco.2022.120103.
- Holland, A. 2011.** What do we do about bleakness? *Environ. Values.* 20(3): 315–321. doi:10.3197/096327111X13077055165947.
- IPCC. 2014.** 2013 Revised Supplementary Methods and Good Practice Guidance Arising from the Kyoto Protocol. *In* : T. Hiraishi, T. Krug, K. Tanabe, N. Srivastava, J. Baasansuren, M. Fukuda and T.G. Troxler (eds.). Published: IPCC, Switzerland.
- Landry, G., E. Thiffault, D. Cyr, L. Moreau, Y. Boulanger and C. Dymond. 2021.** Mitigation Potential of Ecosystem-Based Forest Management under Climate Change: A Case Study in the Boreal-Temperate Forest Ecotone. *Forests.* 12 (12). doi:10.3390/f12121667.
- Lindahl, K.B., A. Sténs, C. Sandström, J. Johansson, R. Lidskog, T. Ranius and J.-M. Roberge. 2017.** The Swedish forestry model: More of everything? *For. Policy Econ.* 77: 44–55. doi:10.1016/j.forpol.2015.10.012.
- Ménard, I., E. Thiffault, Y. Boulanger and J.-F. Boucher. 2022.** Multi-model approach to integrate climate change impact on carbon sequestration potentials of afforestation scenarios in Quebec, Canada. *Ecol. Modell.* *Accepté.*
- Messier, C., B. Bigué, and L. Bernier. 2003.** Using fast-growing plantations to promote forest ecosystem protection in Canada. *Unasylva.* 54(214/215): 59–63.
- Messier, C., R. Tittler, D.D. Kneeshaw, N. Gélinas, A. Paquette, K. Berninger, H. Rheault, P. Meek and N. Beaulieu. 2009.** TRIAD zoning in Quebec : Experiences and results after 5 years. *For. Chron.* 85(6): 885–896. doi:10.5558/tfc85885-6.
- MEA 2005. (Millenium Ecosystem Assessment).** Ecosystem and Human Well-Being : Synthesis. Island Press, Washington, DC., 144 p.
- Miller, L.F. and S. Nadeau. 2017.** Participatory processes for public lands : Do provinces practice what they preach? *Ecol. Soc.* 22(2). doi:10.5751/ES-09142-220219.
- MFFP 2015. (Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs).** Stratégie d'aménagement durable des forêts. Québec, Gouvernement du Québec, 38 p.
- MFFP 2020. (Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs).** Stratégie nationale de production de bois. Québec, Gouvernement du Québec, 41 p.
- Moreau, L., E. Thiffault, D. Cyr, Y. Boulanger and R. Beaugard. 2022.** How can the forest sector maintain its mitigation potential in a changing climate? Case studies of boreal and northern temperate forests in eastern Canada. *For. Ecosyst.* 9: 100026. doi: 10.1016/j.fecs.2022.100026.
- Nabuurs, G.J., O. Masera, K. Andrasko, P. Benitez-Ponce, R. Boer, M. Dutschke, E. Elsidig, J. Ford-Robertson, P. Frumhoff, T. Karjalainen, O. Krankina, W.A. Kurz, M. Matsumoto, W. Oyhantcabal, N.H. Ravindranath, M.J. Sanz Sanchez and X. Zhang. 2007.** Forestry. *In* : B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave and L.A. Meye (eds.). *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Paradis, L., E. Thiffault and A. Achim. 2019.** Comparison of carbon balance and climate change mitigation potential of forest management strategies in the boreal forest of Quebec (Canada). *Forestry* 92(3): 264–277. doi:10.1093/forestry/cpz004.
- Röder, M., E. Thiffault, C. Martínez-Alonso, F. Senez-Gagnon, L. Paradis and P. Thornley. 2019.** Understanding the timing and variation of greenhouse gas emissions of forest bioenergy systems. *Biomass Bioenergy* 121: 99–114. doi:10.1016/j.biombioe.2018.12.019.
- Royer-Tardif, S., J. Bauhus, F. Doyon, P. Nolet, N. Thiffault and I. Aubin. 2021.** Revisiting the functional zoning concept under climate change to expand the portfolio of adaptation options. *Forests* 12(3): 273. doi:10.3390/f12030273.
- Ruddell, S., R. Sampson, M. Smith, R. Giffen, J. Cathcart, J. Hagan, D. Sosland, J. Godbee, J. Heissenbittel, S. Lovett, J. Helms, W. Price and R. Simpson. 2007.** The role for sustainably managed forests in climate change mitigation. *J. For.* 105(6): 314–319. doi:10.1093/jof/105.6.314.
- Swallow, S. K. and D.N. Wear. 1993.** Spatial Interactions in Multiple-Use Forestry and Substitution and Wealth Effects for Single Stand. *J. Environ. Econ. Manage.* 25: 103–120. doi:10.1006/jjem.1993.1036.
- Valade, A., V. Bellassen, C. Magand and S. Luyssaert. 2017.** Sustaining the sequestration efficiency of the European forest sector. *For. Ecol. Manage.* 405 (Supplement C) : 44-55. doi:10.1016/j.foreco.2017.09.009.
- Vérificateur général du Québec. 2017.** Travaux sylvicoles. *In* Rapport du Vérificateur général du Québec à l'Assemblée nationale pour l'année 2017–2018. 33 p.
- Vincent, J. and C.S. Binkley. 1993.** Efficient multiple-use forestry may require land-use specialization. *Land Econ.* 6(4): 370–376. doi:10.2307/3146454.
- Yao, R.T., D.R. Harrison and M. Harnett. 2017.** The broader benefits provided by New Zealand's planted forests. *NZ J. For.* 61(4): 7–15.
- Zhang, Y., J. McKechnie, D. Cormier, R. Lyng, W. Mabee, A. Ogino and H.L. MacLean. 2010.** Life cycle emissions and cost of producing electricity from coal, natural gas, and wood pellets in Ontario, Canada. *Environ. Sci. Technol.* 44(1): 538–544. doi:10.1021/es902555a.