

Note de recherche forestière n° 121

Recherche en sylviculture et rendement de la forêt boréale québécoise

David POTHIER¹, Steeve PEPIN¹, Daniel MAILLY¹, Stéphane TREMBLAY¹ et Sylvain TURBIS²

F.D.C. 566(047.3)(714)
L.C. SD 392

Résumé

Les connaissances sylvicoles actuelles de la forêt boréale découlent principalement d'expériences menées en forêt régulière. Par exemple, il existe peu d'outils sylvicoles adaptés aux peuplements de structure irrégulière, tels que les pessières noires surannées. La recherche sylvicole au ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs du Québec (MRNFP)³ vise à combler ce type de lacune et à résoudre les problèmes pratiques auxquels font face les aménagistes forestiers. À cette fin, le MRNFP utilise des réseaux de placettes-échantillons provinciaux pour identifier les types forestiers qui réagissent le mieux aux traitements et pour vérifier les hypothèses de rendement. Cette approche permet de valider des modèles de simulation stratégiques qui prédisent l'évolution du volume marchand pour de vastes ensembles forestiers.

Le MRNFP s'appuie également sur des dispositifs expérimentaux établis localement afin d'ajuster les critères d'application des traitements ou tester de nouveaux systèmes sylvicoles. Cette seconde approche repose sur une prise de mesures plus variées et détaillées qui rendent possible l'étalonnage de modèles de simulation tactiques. La mise au point de tels modèles, d'une application plus souple, fait présentement l'objet d'un important programme de recherche au MRNFP.

Mots clés : domaines bioclimatiques, perturbations naturelles, traitements sylvicoles, production forestière, modèles de simulation

Abstract

Current silvicultural knowledge of the boreal forest comes mainly from experiments carried out in even-aged forests. For example, few silvicultural tools exist that are adapted to uneven-aged stands, such as overmature black spruce cover types.

Silvicultural research at the Direction de la recherche forestière (Forest Research Branch) of the Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs du Québec (MRNFP)³ aims at filling these gaps and solving the practical problems being faced by forest managers. With this objective, the MRNFP is using networks of provincial sample plots to identify the forest types that react best to treatments, and to verify growth and yield hypotheses. This approach allows for the validation of strategic simulation models to predict the evolution in merchantable volume of vast forest complexes.

The MRNFP is also relying on locally established experiments in order to adjust the criteria for applying treatments or to test new silvicultural systems. The latter approach is based on taking more varied and detailed measurements that make it possible to calibrate tactical simulation models. The development of these models, more flexible in their application, is the current objective of a large MRNFP research program.

Keywords : Bioclimatic domains, natural disturbances, silvicultural treatments, stand yield, forest modelling

¹ Direction de la recherche forestière

² Direction des services informatiques

³ Depuis le 29 avril 2003, le ministère des Ressources naturelles du Québec (MRN) est désigné sous la nouvelle appellation de ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs du Québec (MRNFP).

Hormis le résumé, ce texte est la version intégrale du mémoire présenté par les auteurs au XII^e Congrès forestier mondial de septembre 2003 à Québec, Canada.

Les versions française et anglaise du mémoire original sont aussi disponibles en format PDF à l'adresse suivante :

Original text in english is also available in PDF form on web site :

<http://www.mrnfp.gouv.qc.ca/alias/cfm2003.html>

Portrait de la forêt boréale québécoise

La forêt boréale québécoise fait partie d'un vaste ensemble floristique qui ceinture le pôle arctique et traverse les continents américain, européen et asiatique (figure 1). La végétation de cette zone circumpolaire se distingue des forêts plus méridionales par un faible nombre d'espèces arborescentes. Ces espèces appartiennent surtout à la classe des conifères (HARE et RITCHIE 1972, HÄMET-AHTI 1981), dont la dominance semble être principalement régie par des caractéristiques climatiques (PASTOR et MLADENOFF 1992, SIROIS 1992).

Au Québec, la forêt boréale couvre une large bande comprise entre les 48^e et 58^e degrés de latitude nord (Figure 2). Sa limite sud est bordée par des forêts composées d'un mélange de conifères et de feuillus, appelées forêts mélangées, dont le peuplement typique est la sapinière à bouleau jaune. Au nord, la forêt boréale disparaît là où les conditions climatiques deviennent si rigoureuses que les espèces arborescentes ne peuvent atteindre une hauteur supérieure à 5 m, ce qui correspond à la limite nordique des arbres (PAYETTE 1983).

Puisque la forêt boréale québécoise couvre un vaste territoire (1 090 700 km² ou 71 % du Québec, GRONDIN 1996), le climat n'y est pas homogène. Cet éventail de conditions climatiques est responsable d'une grande diversité de peuplements. Ainsi, ce territoire peut être décomposé en quatre domaines bioclimatiques (GRONDIN 1996, SAUCIER *et al.* 1998), qui s'échelonnent le long d'un gradient croissant de température selon l'axe nord – sud. Ces quatre domaines sont, du nord au sud, la toundra forestière, la pessière noire à lichens, la pessière noire à mousses et la sapinière à bouleau blanc (Figure 2). La toundra forestière est composée de peuplements discontinus d'épinette noire dont la structure généralement très ouverte semble liée aux difficultés de régénération qui

font suite aux incendies forestiers récurrents (PAYETTE 1992). Plus au sud, dans la pessière noire à lichens, ou taïga, l'établissement de la régénération d'épinette noire et de pin gris s'effectue plus rapidement à la suite de feux, ce qui permet la formation d'une forêt plus continue, quoique composée de peuplements relativement ouverts.

Les deux domaines bioclimatiques les plus méridionaux de la forêt boréale, la pessière noire à mousses et la sapinière à bouleau blanc, ont une grande importance socio-économique parce qu'ils sont le lieu d'une récolte intensive de matière ligneuse, surtout destinée aux usines de sciage et de pâtes et papiers. Les travaux de recherche en sylviculture et en rendement de la forêt boréale québécoise sont donc concentrés dans ces deux domaines, qui couvrent 557 380 km², soit 37 % du Québec ou 51 % de la forêt boréale québécoise (GRONDIN 1996). En plus du gradient latitudinal de température, des changements physiographiques sont à l'origine de la présence d'un second gradient, de précipitations cette fois, qui exerce surtout son influence selon un axe est – ouest. Ce gradient longitudinal de précipitations explique la présence d'un climat continental dans la partie ouest des deux domaines. Ce climat est caractérisé par des précipitations modérées qui favorisent l'incidence d'incendies forestiers, mais limitent la régénération en sapin. À l'est des deux domaines, cependant, le sapin profite d'un climat plus maritime, caractérisé par des précipitations plus abondantes et un allongement du cycle des feux. Cette faible récurrence des feux favorise la présence de peuplements surannés, qui sont susceptibles d'être touchés par d'autres types de perturbations naturelles, comme la tordeuse des bourgeons de l'épinette (TBE) et le chablis. La structure et la composition des peuplements s'en trouvent affectés, ce qui contribue à diversifier la forêt boréale et permet une sylviculture plus créative.

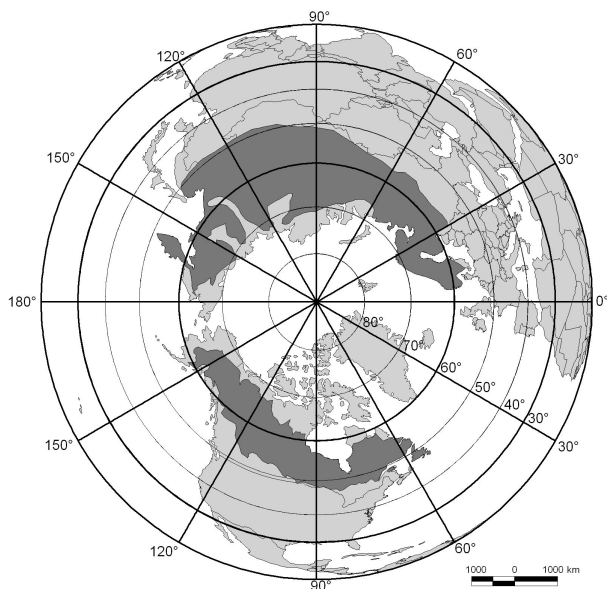


Figure 1. Zone de la forêt boréale à l'échelle mondiale. Sources : PAYETTE (1992) et SIROIS (1992)

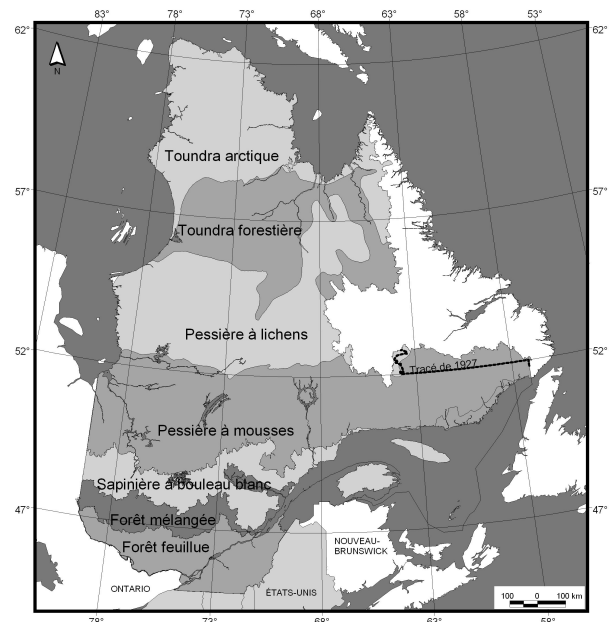


Figure 2. Domaines bioclimatiques de la forêt boréale québécoise. Sources : GRONDIN (1996) et SAUCIER *et al.* (1998)

La sylviculture en forêt boréale

En posant l'hypothèse que la forêt boréale est bien adaptée aux perturbations naturelles qui l'affectent périodiquement depuis des millénaires, il semble légitime de se baser sur les effets de ces perturbations pour aménager les peuplements forestiers de façon à préserver l'intégrité des écosystèmes en présence (BERGERON *et al.* 1999). À l'échelle du peuplement, on tente de respecter ce principe en appliquant des interventions sylvicoles qui peuvent s'apparenter aux perturbations naturelles. Par exemple, une coupe avec protection de la régénération et des sols (CPRS) dans un peuplement de pin gris peut provoquer des conditions presque semblables à celles d'un incendie forestier, puisqu'il n'y a généralement que peu de régénération sous ce type de couvert. Par ailleurs, une CPRS appliquée dans une sapinière peut davantage simuler les effets d'une épidémie sévère de tordeuse des bourgeons de l'épinette (TBE) plutôt que ceux d'un feu parce que la CPRS préserve une bonne partie de la régénération préétablie, alors que le feu peut détruire à la fois cette régénération et la matière organique accumulée sur le sol.

Les éclaircies précommerciale et commerciale ont aussi des points communs avec les perturbations naturelles. En effet, une épidémie légère ou modérée de TBE ne provoque généralement la mort que de la partie la moins vigoureuse des arbres d'un peuplement (POTHIER 1998). Par conséquent, la mortalité causée par une telle épidémie se rapproche étroitement du prélèvement d'arbres occasionné par une éclaircie par le bas, qui laisse sur pied la plupart des arbres dominants et codominants.

Par ailleurs, la sylviculture usuelle de la forêt boréale provient surtout d'expériences menées en forêt régulière et est donc bien adaptée aux perturbations à grande échelle. Cependant, lorsque la faible récurrence des feux observée dans l'est de la forêt boréale est jumelée à la longévité de l'épinette noire, il en résulte des peuplements irréguliers formés d'arbres de tous âges et de toutes dimensions. Un système sylvicole basé sur des coupes partielles et qui n'a pas de CPRS comme finalité semble plus approprié pour aménager ce type de forêt (WEETMAN et ALGAR 1976). La recherche sylvicole dans ce type de peuplement en est à ses premiers balbutiements. Cependant, elle est vouée à prendre un essor considérable au cours des prochaines années.

La recherche sylvicole en forêt boréale

La recherche sylvicole à la Direction de la recherche forestière du ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs du Québec (MRNFP) est résolument axée vers les problèmes pratiques auxquels les aménagistes forestiers doivent faire face. De plus, le MRNFP a le devoir de quantifier les effets des traitements sylvicoles couramment appliqués, ce qui conduit à la réalisation de travaux de recherche souvent suivis à long terme. La variété des traitements sylvicoles appliqués et les particularités régionales des conditions d'application font en sorte que les travaux de recherche sylvicole du MRNFP se différencient selon l'échelle d'établissement des dispositifs expérimentaux. À l'échelle provinciale, des réseaux de placettes-échantillons permanentes sont établis pour les principaux traitements sylvicoles de façon à

couvrir l'ensemble des types forestiers sur lesquels ils sont appliqués. En forêt boréale, les traitements couverts par ces réseaux de placettes sont la CPRS, l'éclaircie précommerciale et l'éclaircie commerciale. Les placettes sont établies dans des peuplements traités de façon opérationnelle et sont toujours jumelées à des placettes témoins. Ces réseaux de placettes ont surtout pour but de déterminer les types forestiers les plus aptes à réagir positivement au traitement et à vérifier les hypothèses de rendement en vigueur. Ils devraient donc servir à orienter l'application des principaux traitements sylvicoles et à valider les modèles de prédiction stratégiques, c'est-à-dire les modèles de simulation utilisés pour déterminer l'évolution du volume marchand de grands ensembles forestiers.

Toutefois, les réseaux de placettes provinciaux ne peuvent être utilisés pour ajuster les critères d'application des traitements sylvicoles ou pour tester la pertinence de nouvelles approches. C'est pourquoi le MRNFP établit aussi des dispositifs expérimentaux, à l'échelle locale, à l'intérieur desquels il est possible de contrôler les conditions d'application et d'isoler les facteurs d'intérêt. Dans ces dispositifs, on peut couvrir davantage de traitements sylvicoles que dans les réseaux de placettes provinciaux et, pour chacun d'eux, on peut tester et comparer une gamme étendue de critères d'application. Outre la CPRS, l'éclaircie précommerciale et l'éclaircie commerciale, ces dispositifs comportent des traitements comme la coupe progressive d'ensemencement, la coupe progressive irrégulière, la coupe par bandes ou avec îlots semenciers, le drainage forestier, le scarifiage, etc. Ces dispositifs ont donc pour objectif d'ajuster les critères d'application des traitements sylvicoles à une situation donnée ou de déterminer le meilleur traitement à appliquer dans certains types de peuplement. Les mesures prises dans ces dispositifs sont souvent beaucoup plus variées et détaillées que dans le cas des réseaux provinciaux, ce qui rend possible l'étalonnage de modèles de simulation tactiques, c'est-à-dire des modèles flexibles conçus pour répondre à des besoins spécifiques. Ces modèles viennent donc combler certaines lacunes des modèles stratégiques en simulant des traitements ou des conditions d'application dont les résultats à long terme n'ont jamais été vérifiés.

Les modèles de simulation de la production forestière

Les modèles de simulation de la production forestière s'attardent surtout à prédire l'évolution du volume marchand des peuplements sous aménagement. Ces modèles sont à la base des calculs de possibilité forestière qui, pour un territoire donné, détermine la quantité de bois qu'il est possible de prélever annuellement et ce, de façon perpétuelle. Outre le volume marchand à l'hectare, les modèles de simulation de la production forestière peuvent fournir de l'information sur la distribution du diamètre des arbres, l'évolution de la hauteur dominante du peuplement, le nombre d'arbres de dimensions marchandes, l'évolution de la composition, etc. La variété et la précision de l'information provenant du modèle dépendent non seulement de l'étendue et de la qualité des données qui ont servi à calculer les relations mathématiques de ce modèle, mais aussi du type de modèle.

Pour les calculs relatifs aux peuplements de structure régulière de la forêt boréale, les tables de production de POTHIER et SAVARD (1998) sont présentement utilisées. Elles ont été produites à l'aide d'un modèle empirique à l'échelle du peuplement. Les relations mathématiques de ce modèle sont principalement issues de l'information tirée des placettes-échantillons temporaires établies depuis 1970 par le MRNFP. Parmi ces placettes, seules celles dont l'espèce principale couvrait au moins 75 % de la surface terrière marchande ont été retenues. De plus, les placettes qui répondaient à ces critères étaient largement établies dans des peuplements naturels et non aménagés. En se référant à la définition d'un modèle empirique, le modèle de POTHIER et SAVARD (1998) ne peut être utilisé que pour les peuplements naturels, non éduqués, principalement constitués d'une seule espèce et dont la structure est plutôt régulière et monoétagée. L'évaluation de la performance du modèle s'est d'ailleurs avérée très bonne lorsqu'il a été utilisé pour ce type de peuplement (POTHIER et SAVARD 1998), ce qui représente tout de même une portion appréciable de la forêt boréale.

Cependant, de grandes superficies forestières sont couvertes par des peuplements qui ne correspondent pas à ceux dont la croissance peut être simulée par le modèle de POTHIER et SAVARD (1998). C'est le cas des pessières noires de structure irrégulière, dont l'évolution du volume marchand peut difficilement être prédite par le modèle disponible. Ce type de peuplement couvre de vastes superficies, surtout concentrées dans le nord-est du Québec, là où la faible récurrence des feux a permis à ces pessières de développer une telle structure (DE GRANDPRÉ *et al.* 2000). C'est aussi le cas de nombreux peuplements résineux de la forêt boréale qui ont fait l'objet d'un effort sylvicole grandissant depuis une quinzaine d'années. Pour ces peuplements, il est particulièrement important de prédire la croissance en diamètre des arbres parce que c'est un des principaux paramètres considérés par les usines de transformation. Il faut donc conclure qu'il est nécessaire de mettre au point une approche tactique de modélisation qui sera plus flexible et qui saura pallier aux limites d'application des modèles empiriques.

C'est pourquoi le MRNFP a mis sur pied un programme de recherche destiné à mettre au point des modèles plus flexibles. Ces modèles devront pouvoir simuler plus efficacement diverses situations. Une partie de cette flexibilité pourra provenir de l'adoption de l'échelle de l'arbre pour effectuer les routines de calcul de croissance. La caractérisation des peuplements se fera alors par une liste d'arbres. Toutefois, la quantité de données nécessaire à leur fonctionnement devrait se limiter à ce qui est actuellement récolté dans les placettes-échantillons temporaires. La flexibilité des modèles pourra aussi leur être conférée en introduisant des éléments fonctionnels aux routines de simulation. Cependant, pour simuler la production marchande d'un peuplement, il ne sera pas nécessaire d'avoir recours à un modèle où tous les processus de croissance sont simulés de façon fonctionnelle. De ce fait, le niveau de détails fonctionnels doit être tel que la quantité de données requise pour son utilisation reste pratiquement inchangée. Puisque les situations pour lesquelles le modèle doit être utilisé

incluent des conditions de croissance parfois fort différentes entre les arbres d'un même peuplement, un modèle jumelant les caractéristiques de simplicité, d'efficacité et de polyvalence pourrait donc utiliser une approche semi-fonctionnelle (ou hybride) à l'échelle de l'arbre, ce qui implique un jumelage d'éléments empiriques et fonctionnels (LANDSBERG 2001).

Enfin, il faut souligner que si la mise au point de modèles hybrides exige des données particulières, elles ne seront pas nécessaires pour les applications courantes. En effet, les résultats des modèles hybrides tactiques seront intégrés au modèle stratégique de façon à ce que les utilisateurs ne perçoivent pas de changement, que ce soit à l'étape de l'entrée des données de base, de la mécanique de simulation ou de la présentation des résultats. En étendant la portée des modèles de simulation à toute la gamme de situations présentes en forêt boréale, il sera possible d'améliorer la précision des prédictions du volume marchand. Ainsi, des outils fiables seront disponibles pour concilier les demandes des industriels forestiers, qui veulent maintenir les emplois en régions, et celles des autres utilisateurs de la forêt, qui veulent que les générations présentes et futures puissent pleinement profiter de l'ensemble des ressources forestières.

Références

- BERGERON, Y., B. HARVEY, A. LEDUC et S. GAUTHIER, 1999. *Stratégies d'aménagement forestier qui s'inspirent de la dynamique des perturbations naturelles : considérations à l'échelle du peuplement et de la forêt*. *Forestry Chronicle* 75 : 55-61.
- DE GRANDPRÉ, L., J. MORISSETTE et S. GAUTHIER, 2000. *Long-term post-fire changes in the northeastern boreal forest of Quebec*. *Journal of Vegetation Science* 11 : 791-800.
- GRONDIN, P., 1996. *Cadre bioclimatique de référence des régions écologiques du Québec*. Dans *Manuel de foresterie*, Les Presses de l'Université Laval, Québec. p. 148-159.
- HÄMET-AHTI, L., 1981. *The boreal zone and its biotic subdivision*. *Fennia* 159 : 69-75.
- HARE, F.K. et J.C. RITCHIE, 1972. *The boreal bioclimates*. *Geographical Review* 62 : 333-365.
- LANDSBERG J., 2001. *Modelling forest ecosystems : state-of-the-art, challenges and future directions*. In : *Forest modelling for ecosystem management, forest certification, and sustainable management*. V. LeMay and P. Marshall (Editors). 12-17 August 2001, University of BC, Vancouver. p. 3-21.
- PASTOR, J. et D.J. MLADENOFF, 1992. *The southern boreal-northern hardwood forest border*. In : *A systems analysis of the global boreal forest*. Shugart, H.H., R. Leemans and G.B. Bonan (Editors). Cambridge University Press, Cambridge, U.K. p. 216-240.
- PAYETTE, S., 1983. *The forest tundra and present tree-lines of the northern Quebec-Labrador peninsula*. *Nordica* 47 : 3-23.

- PAYETTE, S., 1992. *Fire as a controlling process in the North American boreal forest. In : A systems analysis of the global boreal forest.* Shugart, H.H., R. Leemans and G.B. Bonan (Editors). Cambridge University Press, Cambridge, U.K. p. 144-169.
- POTHIER, D., 1998. *Développement de sapinières éclaircies exposées à une épidémie de tordeuse des bourgeons de l'épinette. Forestry Chronicle* 74 : 91-99.
- POTHIER, D. et F. SAVARD, 1998. *Actualisation des tables de production pour les principales espèces forestières du Québec.* Ministère des Ressources naturelles, Direction des inventaires forestiers. RN98-3054. 183 p.
- SAUCIER, J.-P., P. GRONDIN, A. ROBITAILLE et J.-F. BERGERON, 1998. *Les zones de végétation et les domaines bioclimatiques du Québec.* Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, carte 216 x 279 mm.
- SIROIS, L., 1992. *The transition between boreal forest and tundra. In : A systems analysis of the global boreal forest.* Shugart, H.H., R. Leemans and G.B. Bonan (Editors). Cambridge University Press, Cambridge, U.K. p. 196-215.
- WEETMAN, G.F. et D. ALGAR, 1976. *Selection cutting in over-mature spruce-fir stands in Québec.* Canadian Journal of Forest Research 6 : 69-77.