

Histoires forestières du QUÉBEC

**ENTREVUES AVEC 6 PILIERS
de la recherche forestière au Québec**

Le soutien SCIENTIFIQUE

*La génétique,
la reproduction et l'écologie*

*La SYLVICULTURE
et le rendement des forêts*

50 ans
INNOVATION et ÉVOLUTION
**Recherche
forestière**



**L'histoire de la direction
EN 5 PHASES**



Mot de l'éditeur et président de la SHFQ

Par Gérard Lacasse

p. 6

La recherche forestière au gouvernement du Québec en 5 phases

Par Jean-Pierre Saucier

p. 7

La génétique, la reproduction et l'écologie

- Historique de l'amélioration génétique des arbres à la Direction de la recherche forestière (Mireille Despons) p. 11
- 50 ans de recherche-développement et d'innovations technologiques en production de semences et de plants au service de la forêt de demain (Mohammed Lamhamedi) p. 16
- L'acquisition des connaissances sur l'écologie des forêts — le point d'ancrage de la Direction de la recherche forestière (Pierre Grondin, Yan Boucher et Mathieu Bouchard) p. 22
- Pollution atmosphérique et changements climatiques (Rock Ouimet) p. 31

ENTREVUE avec Gilles Vallée - Mettre son imagination et son expertise au service du terrain

Par Aurélie Sierra

p. 34

ENTREVUE avec Gaston Lapointe - De l'amélioration génétique à la passion du mélèze

Par Aurélie Sierra

p. 39

La sylviculture et le rendement des forêts

- Sylviculture et rendement des plantations: créneaux fondateurs des activités de recherche (Nelson Thiffault et Charles Ward) p. 45
- Sylviculture des forêts résineuses — pour atteindre les objectifs sylvicoles (Stéphane Tremblay) p. 52
- Historique de la recherche sur la sylviculture des forêts de feuillus et de pins — trois périodes déterminantes (Steve Bédard et Christian Godbout) p. 58
- Historique de la recherche et développement en sylviculture et rendement de la forêt mixte (Marcel Prévost, Patricia Raymond et Daniel Dumais) p. 65
- Modélisation de la croissance et du rendement des forêts: un outil pour mieux prévoir (Hugues Power) p. 71
- Le travailleur sylvicole au cœur de nos recherches depuis 30 ans (Denise Dubeau) p. 77

ENTREVUE avec René Doucet - Une carrière au service de la régénération en forêt boréale

Par Aurélie Sierra

p. 84

ENTREVUE avec Zoran Majcen - Observer, comprendre et agir selon les règles de l'art

Par Aurélie Sierra

p. 88

Le soutien scientifique

- L'apport du personnel technique de la Direction de la recherche forestière (Jean-Pierre Saucier et Serge Williams) p. 94
- Soutien à la recherche — une nécessité pour atteindre les objectifs (Lise Charette et collaborateurs) p. 97
- Diffuser les connaissances et les intégrer à la pratique (Denise Tousignant) p. 106
- Des forêts pour l'enseignement et la recherche (Andrée Michaud et Norman Dignard) p. 112
- L'herbier du Québec — 75 ans d'existence (Norman Dignard) p. 116

ENTREVUE avec Pierre Dorion - Premier directeur du Service de la recherche forestière

Par Patrick Blanchet

p. 121

ENTREVUE avec Claude Godbout - Créer une synergie pour développer et pérenniser la recherche forestière au Québec

Par Aurélie Sierra

p. 126

Les directeurs de la direction de la recherche forestière

p. 130

L'avenir de la Direction de la recherche

Par Jean-Pierre Saucier

p. 131

Chronique de chasse et pêche par la Fédération québécoise des chasseurs et pêcheurs

p. 134

ÉDITEUR

Société d'histoire forestière
du Québec

RÉDACTEUR EN CHEF

François Rouleau

CONCEPTION VISUELLE

ET INFOGRAPHIE

ImagineMJ.com

SHFQ

2405, rue de la Terrasse, local 2101
Québec (Québec) G1V 0A6

www.shfq.ca

info@histoiresforestieres.com

Modélisation de la croissance et du rendement des forêts : UN OUTIL POUR MIEUX PRÉVOIR

Par Hugues Power



Diplômé de l'Université Laval en 1998 Hugues Power est ingénieur forestier. Il a obtenu en 2013 un doctorat en biologie de l'Université du Québec à Montréal. À l'emploi de la DRF depuis 2012, ses travaux portent sur les modèles de croissance à l'échelle de l'arbre et du peuplement.

Collaboration : Isabelle Auger, Guillaume Drolet et Filip Havreljuk

INTRODUCTION

Les travaux de modélisation menés par la Direction de la recherche forestière (DRF)¹ du ministère des Forêts de la Faune et des Parcs (MFFP) visent à prévoir la production des forêts québécoises et les effets de différents types de travaux sylvicoles que l'on y pratique. Par le moyen d'équations mathématiques, les chercheurs œuvrant dans le domaine de la modélisation tentent de représenter le plus fidèlement possible l'évolution des caractéristiques des peuplements forestiers et des arbres qui les composent, le but ultime des travaux de modélisation étant de produire des outils de prévisions pouvant être utiles aux aménagistes forestiers afin de prévoir l'effet de différents travaux sylvicoles et le rendement futur des forêts.

Lors de la création de la DRF, les outils de modélisation permettant de prévoir le rendement des forêts du Québec étaient très limités. En effet, jusqu'à la fin des années 1960 et avant que des craintes de pénurie de bois ne soient exprimées, l'approche d'aménagement forestier était surtout axée sur la récolte des arbres, sans grande préoccupation pour l'état futur et la régénération des peuplements

récoltés (Vézina et Robitaille 1970). Cette situation était bien différente de celle prévalant en Europe, où un aménagement plus intensif des forêts a favorisé la réalisation de plusieurs travaux de modélisation dès le milieu du XIX^e siècle. Au fil des ans, en lien avec les préoccupations de pérennité des ressources forestières, les chercheurs de la DRF se sont de plus en plus intéressés au domaine de la modélisation.

LES ANNÉES 1960 ET 1970 — la genèse de la prévision des rendements forestiers

Les premiers travaux en modélisation menés à la DRF ont porté sur l'estimation du rendement des essences reboisées. Étant donné que des travaux de reboisement intensifs ont été effectués au Québec à partir de la fin des années 1960, tant sur terre publique que privée, il y avait un important besoin de connaître le rendement futur des plantations afin de bien choisir les essences à mettre en terre en fonction du site à reboiser. Ainsi, les travaux d'Hassanali Bolghari et de Valère Bertrand, deux pionniers du Service de la recherche du ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec (MER), ont mené en

¹ De 1967 à 1985, il s'agissait du Service de la recherche.

1984 à la réalisation de tables de production pour l'épinette blanche, pour l'épinette de Norvège et pour les différentes espèces de pins (Bolghari et Bertrand 1984). Les tables de production consistent en des tableaux présentant principalement une prévision du volume de bois d'un peuplement à un âge donné. À partir des données mesurées dans des placettes-échantillons temporaires, les auteurs ont réussi à estimer la production et l'âge d'exploitabilité (âge à laquelle la plantation est récoltée) des plantations situées dans le sud du Québec. Les tables produites par Bolghari et Bertrand permettaient de tenir compte de la densité de reboisement et de la qualité des sites (ce qui n'était pas le cas de plusieurs tables de production dites « normales » utilisées à l'époque) afin d'estimer la production des peuplements, ce qui les rendait flexibles et utilisables à plusieurs endroits. Les tables de production de Bolghari et Bertrand sont toujours utilisées pour prévoir la production des plantations du pin blanc, du pin rouge et du pin gris dans le calcul des possibilités forestières.

Production d'épinette blanche en plantation de densité normale

Indice de qualité de station = 8 m

Âge	Hauteur dominante	Surface terrière (m ² /ha)		Diamètre moyen (cm)		Volume (m ³ /ha)		Nombre de tiges (/ha)	
		totale	marchande	total	marchande	total	marchande	total	marchande
15	4.11	9.38	4.83	5.5	10.5	28.70	8.74	3947	562
20	6.06	14.98	10.73	7.6	11.1	51.2	29.03	3291	1101
25	8.00	20.71	16.95	9.6	12.0	77.52	53.91	2862	1494
30	9.86	26.24	23.02	11.4	13.0	106.20	81.38	2560	1725
35	11.58	31.38	28.70	13.10	14.10	135.79	109.86	2338	1831
40	13.14	36.05	33.86	14.5	15.2	164.98	138.03	2170	1856
45	14.51	40.16	38.42	15.8	16.3	192.65	164.76	2041	1836
50	15.69	43.71	42.36	16.9	17.3	217.92	189.18	1942	1796

Extrait de Bolghari et Bertrand 1984.

LES ANNÉES 1980 ET 1990 – amélioration des tables de rendement

En 1986, l'adoption de la Loi sur les forêts marquait l'entrée en vigueur d'un nouveau régime forestier dans lequel les bénéficiaires d'attribution de bois dans les forêts publiques avaient l'obligation de respecter, en tout temps, la possibilité annuelle de coupe à rendement soutenu, définie comme la quantité de bois que l'on peut récolter chaque année sans réduire la capacité de production du territoire. Ce concept demande que l'on puisse évaluer l'évolution de l'état de la forêt à long terme. Cette exigence de la loi a donc accentué les besoins de connaissances sur la production des forêts québécoises et donc le développement de travaux de modélisation à la DRF. À cette époque, il existait des tables de rendement développées en 1978 par Michel Boudoux, en collaboration avec le Service canadien des forêts (SCF). Ces tables prévoyaient le volume des peuplements d'épinette noire, de sapin baumier et de pin gris en fonction de l'âge du peuplement et avaient été développées à l'aide d'une partie du premier inventaire forestier décennal d'aménagement forestier effectué par le ministère.

Malgré les travaux de Michel Boudoux, on ne pouvait que constater une grande méconnaissance de la production des autres essences. C'est dans ce contexte que les travaux de Jean-Pierre Carpentier, chercheur à la DRF, se sont révélés particulièrement importants. Afin de connaître la production et le rendement des peuplements feuillus dans les forêts du Québec, Carpentier a développé, à partir des données de

placettes-échantillons permanentes, des modèles de croissance pour l'érable à sucre, le peuplier faux-tremble et le bouleau à papier. Les modèles de croissance, comparativement aux tables de rendement, sont généralement intégrés dans des logiciels et permettent d'effectuer des prévisions et de tenir compte d'un plus grand nombre d'intrants. Les modèles de Carpentier ont permis de remplacer les tables de production de Plonski, qui avaient été conçues pour l'Ontario et qui étaient des tables dites « normales », c'est-à-dire qui ne prenaient pas en compte la densité des peuplements. Les modèles de croissance de Carpentier ont servi jusqu'à la fin des années 1990 à produire les tables de rendement utilisées pour le calcul des possibilités forestières. Ces travaux ont également mené à la création d'un modèle de croissance pour les pessières noires (1993) et pour les bétulaies jaunes résineuses. (Carpentier 1996). Ce dernier modèle innove par rapport aux précédents puisqu'il permet de simuler l'évolution de peuplements mixtes, ce que ne faisaient pas les modèles précédents.



Érablière. Filip Havreljuk.

Les travaux portant sur la modélisation de la production des plantations se sont également poursuivis dans les années 1990. Les travaux initiés dans les années 1970 et 1980 par Bolghari et Bertrand portaient sur les différentes essences de pin, sur l'épinette blanche et sur l'épinette de Norvège. Cependant, puisqu'à compter des années 1980 l'épinette noire devint la principale essence reboisée au Québec, il devenait important de compter sur des outils permettant de prévoir la production de cette essence. C'est pour combler

ce besoin que Guy Prigent, Valère Bertrand et Lise Charrette, chercheurs et statisticienne à la DRF, ont produit en 1996 les tables de rendement pour l'épinette noire (Prigent et al. 1996). Ces tables de rendement servent encore aujourd'hui de base au calcul des possibilités forestières afin d'évaluer le rendement des plantations.



Plantation d'épinette noire. Nelson Thiffault.

À la fin des années 1990, plus de deux inventaires décennaux de la forêt québécoise avaient été réalisés et la disponibilité des données plus complètes permettait alors de réviser les tables développées dans les années 1970 par Boudoux. Étant donné que ces tables ne s'appuyaient que sur une partie du premier inventaire décennal d'aménagement forestier, certaines régions du Québec se trouvaient sous-représentées dans les données. De plus, ces données avaient été récoltées au début de l'épidémie de tordeuse des bourgeons de l'épinette et l'effet de la défoliation sur la production pouvait y être sous-

estimé. C'est dans ce contexte que David Pothier et France Savard, chercheur et statisticienne à la DRF, utilisèrent les données des deux premiers et d'une partie du troisième inventaire décennal afin de développer des tables de productions pour les principales essences forestières du Québec. Ces travaux ont permis d'améliorer les prévisions de la production des peuplements équiens (peuplements dont les arbres ont le même âge) mono spécifiques en s'appuyant sur une base de données plus complète et en considérant la majorité des essences de la forêt boréale (épinette noire, épinette blanche, sapin baumier, thuya de l'est, bouleau à papier et peuplier faux-tremble). Les tables de production réalisées par Pothier et Savard ont ainsi assuré une base solide pour la prévision du volume des peuplements de forêts équiennes du Québec jusqu'en 2013.



Paysage de forêt boréale près de Port-Cartier.
Guy Brousseau.

LES ANNÉES 2000 – développement de modèles tactiques et stratégiques

Depuis le début des années 2000, divers travaux de modélisation ont été effectués à la DRF. Ces travaux se sont orientés autour de deux axes principaux, soit les modèles tactiques et les modèles stratégiques.

Les modèles tactiques sont une famille de modèles permettant de simuler différents scénarios sylvicoles s'appliquant à un même peuplement et ainsi aider l'aménagiste et le sylviculteur à choisir le traitement le plus approprié et le moment pour l'appliquer. Daniel Mailly et Sylvain Turbis, chercheur et programmeur à la DRF, ont travaillé au cours des années 2000 à développer le modèle de croissance Présage. Ce modèle qui avait, entre

autres, la particularité de prendre en compte la localisation des tiges dans le peuplement permettait de tenir compte de l'agrégation spatiale des tiges et de son impact sur la croissance et la mortalité des arbres. C'est également lors des travaux sur Présage que la plateforme de modélisation Capsis a été utilisée pour la première fois à la DRF. Capsis est une plateforme développée par l'Institut national de recherche en agronomie (INRA) en France permettant de programmer des modèles de production forestière. La plateforme Capsis allait par la suite servir de base de programmation à l'ensemble des modèles développés à la DRF. L'utilisation de Capsis afin d'héberger les modèles de croissance permet l'utilisation d'un langage de programmation efficace et moderne (Java) tout en fournissant un environnement simple à utiliser.

À la même époque, d'autres chercheurs de la DRF se sont penchés sur le développement de modèles tactiques pour les peuplements feuillus. C'est ainsi que Mathieu Fortin, Steve Bédard et Josiane DeBlois ont développé le modèle de croissance SaMARE qui est spécifiquement conçu pour simuler les coupes de jardinage dans les érablières du Québec. Le modèle s'appuie sur les données provenant d'un important réseau de dispositifs expérimentaux pour le suivi des coupes de jardinage mis en place par Zoran Majcen, chercheur à la DRF, au début des années 1980, et dont les mesurages se poursuivent encore aujourd'hui. Le modèle SaMARE, intégré à la plateforme Capsis, est particulièrement utile aux aménagistes des forêts feuillues puisqu'il permet de simuler et de comparer différentes modalités de récolte afin de choisir la plus appropriée. Enfin, ces chercheurs ont également développé des équations permettant de lier la vigueur et la qualité des arbres feuillus au volume et la qualité des billes transformées. Cette caractéristique du modèle est particulièrement importante en forêt feuillue dans laquelle la valeur marchande des arbres issus de la récolte peut être très variable selon les caractéristiques des produits transformés.

Les modèles stratégiques étant ceux généralement utilisés dans le processus du calcul des possibilités forestières, les travaux effectués sur ce type de modèles ont été grandement influencés par le rapport de la Commission d'étude sur la gestion de la forêt publique québécoise publié en 2004 et par le rapport du comité d'experts sur le calcul de la possibilité

forestière présidé par Robert Jobidon, alors chef du Service de sylviculture et de rendement des forêts de la DRF. Ces deux documents mettent en évidence certaines lacunes des modèles de croissance et des tables de production alors utilisées pour calculer les possibilités forestières. À la suite du dépôt de ces documents, la DRF a entrepris des travaux afin de produire une nouvelle génération de modèles de croissance mieux adaptés aux besoins actuels. Ainsi, au milieu des années 2000, deux nouveaux modèles de croissance, Natura et Artémis, ont été développés sur la base du suivi à long terme réalisé dans le réseau de placettes échantillons permanentes du MFFP. Les observations des placettes-échantillons permanentes permettent d'obtenir un portrait plus juste de l'évolution des peuplements forestiers puisque l'on suit le même peuplement sur plusieurs décennies d'observations.



Placette échantillon permanente. Simon Marcoulier.

Le modèle de croissance Natura, à l'échelle du peuplement, a été développé par David Pothier, alors professeur à l'Université Laval, et Isabelle Auger, statisticienne à la DRF. (Pothier et Auger 2010). Les modèles de croissance fonctionnant à l'échelle du peuplement, généralement bien adaptés pour les peuplements équiens, génèrent des prévisions pour le peuplement forestier en entier et ne traitent pas les arbres de manière individuelle. Ce modèle a été conçu pour remplacer les tables de production de Pothier et Savard.

Comparativement aux anciennes tables de production, ce nouveau modèle de croissance a permis, entre autres, de simuler l'évolution de peuplements mixtes, ce qui était un défi avec les tables de production. En effet, les tables étant conçues pour les peuplements purs, l'estimation de la production des peuplements mixtes était difficilement réalisable. De plus, étant donné que les tables de production étaient généralement conçues à l'aide de données provenant de placettes-échantillons temporaires, elles reposaient sur l'hypothèse que le développement de peuplements plus jeunes pouvait être estimé en observant des peuplements plus âgés. Le modèle Natura inclut aussi des variables climatiques et géographiques qui permettent d'ajuster les prévisions en fonction de la localisation des peuplements, ce qui n'était pas possible avec les anciennes tables de production.

Le modèle de croissance Artémis, un modèle à l'échelle de l'arbre, a été développé par Mathieu Fortin et Luc Langevin (Fortin et Langevin 2009). Les modèles à l'échelle de l'arbre, comme le nom l'indique, fournissent des prévisions de croissance pour chacun des arbres du peuplement. Artémis est également basé sur un mode de fonctionnement stochastique, ce qui lui permet d'évaluer l'erreur associée aux prévisions. Cette nouveauté permettait alors de combler une des faiblesses des modèles précédemment utilisés pour le calcul des possibilités forestières. Étant un modèle fonctionnant à l'échelle de l'arbre, Artémis permet également de simuler une variété de traitements sylvicoles tels que des coupes d'éclaircies et des coupes de jardinage.



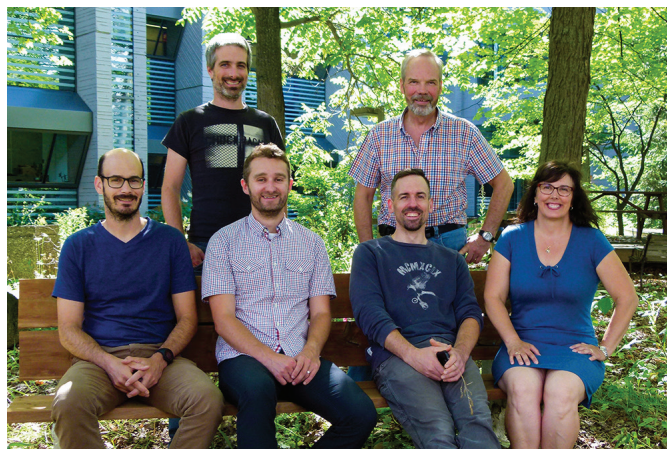
Érable à sucre de la station forestière Duchesnay.
Filip Havreljuk.

La modélisation de la production des plantations s'est aussi poursuivie dans les années 2000 avec les travaux de Guy Prigent, utilisant des données mesurées dans des plantations allant jusqu'à 60 ans d'âge. Ainsi, deux nouveaux modèles de croissance des plantations se sont ajoutés, soit pour l'épinette blanche et l'épinette de Norvège.

L'avenir : utilisation accrue de nouvelles technologies innovantes

En s'appuyant sur les travaux réalisés depuis plus de quarante ans, les chercheurs de la DRF continuent d'améliorer les travaux de modélisation. Les projets actuels menés par les chercheurs portent entre autres sur l'utilisation de nouvelles technologies telles que la télédétection afin de caractériser l'état de la forêt québécoise et son changement à travers le temps. De nouveaux modèles tactiques sont également en développement. Ils mettront à profit les données récoltées depuis plusieurs décennies dans les dispositifs expérimentaux de la DRF. De nouveaux projets de recherche sont également en cours afin de mieux caractériser les produits qui peuvent être récoltés des tiges feuillues et afin d'intégrer la dynamique temporelle du climat aux modèles, une condition essentielle pour inclure l'effet des changements climatiques prédits aux simulations de la production forestière. Au cours des prochaines années, les chercheurs de la DRF continueront à développer les connaissances

nécessaires à l'amélioration de notre capacité à prévoir le comportement futur des forêts du Québec et à leur mise en valeur.



Équipe actuelle de modélisation forestière à la DRF. MFFP.

QUELQUES RÉFÉRENCES MARQUANTES

Bolghari, H. A. et V. Bertrand. 1984. *Tables préliminaires de production des principales essences résineuses plantées dans la partie centrale du sud du Québec*. Ministère de l'Énergie et des Ressources, gouvernement du Québec. Mémoire de recherche n° 79. 392 p.

Carpentier, J. P. 1996. *Modélisation du rendement et de la production des bétulaies jaunes à résineux*. Ministère des Ressources naturelles, gouvernement du Québec. Mémoire de recherche forestière n°121. 244 p.

Fortin, M. et L. Langevin (2010). *ARTÉMIS-2009 : un modèle de croissance basé sur une approche par tiges individuelles pour les forêts du Québec*. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec, gouvernement du Québec. Mémoire de recherche forestière n° 156. 68 p. [<https://www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Fortin-Mathieu/Memoire156.pdf>]

Pothier, D. et I. Auger (2011) *Natura-2009 : un modèle de prévision de la croissance à l'échelle du peuplement pour les forêts du Québec*. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec, gouvernement du Québec. Mémoire de recherche forestière n°163. 56 p.

Prigent, G., V. Bertrand et L. Charrette. 1996. *Tables préliminaires de rendement pour les plantations d'épinettes noires au Québec*. Ministère des Ressources naturelles, gouvernement du Québec. Mémoire de recherche forestière n°118. 70 p.

Vézina, P. E. et L. Robitaille. 1970. *Étude des méthodes de coupe et autres traitements sylvicoles expérimentés au Québec*. Ministère des Terres et Forêts, gouvernement du Québec. Mémoire n°2. 372 p.

Fière de collaborer à la visibilité
de la SHFQ sur le Web.



CP CONCEPT
www.cpconcept.ca

Fière de participer aux projets
de communication supportant
l'essor de la SHFQ.



Conception imprimée et web



FORMULAIRE D'ADHÉSION

Société d'histoire forestière du Québec

☐ NOUVELLE ADHÉSION

☐ RENOUVELLEMENT

Nom et prénom :

Entreprise ou organisme :

Adresse :

Ville :

Code postal :

Téléphone :

Télécopieur :

Courriel (obligatoire) :

Mot de passe temporaire pour le site web (obligatoire) :

Commentaires et informations supplémentaires :

- ☐ Van Bruyssel (1 an 500 \$)
- ☐ Membre régulier (1 an 20 \$)
- ☐ Étudiant (1 an 10 \$)
- ☐ Retraité (1 an 10 \$)
- ☐ Chèque joint

Faites parvenir votre formulaire d'adhésion dûment rempli avec votre paiement aux coordonnées suivantes.

Formulaire également disponible sur le site internet : www.shfq.ca. Merci de votre soutien.

Société d'histoire forestière du Québec

2405, rue de la Terrasse, local 2101

Québec (Québec) G1V 0A6

Courriel : info@histoiresforestieres.com