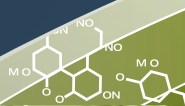


RAPPORT D'ACTIVITÉ

DIRECTION DE LA RECHERCHE FORESTIÈRE

2013 2014



$$P'(t) = \frac{r}{k} P(t)(b - P(t))$$
$$V_{AE,ik} = \beta_1 d h p_{ik}^{\beta_2} H_{ik}^{\beta_3} + \varepsilon_{2,ik}$$



0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

RAPPORT D'ACTIVITÉ

DIRECTION DE LA RECHERCHE FORESTIÈRE

2013 2014



$$P'(t) = \frac{r}{k} P(t)(b - P(t))$$
$$V_{AE,ik} = \beta_1 d h_{ik}^{\beta_2} H_{ik}^{\beta_3} + \varepsilon_{1,ik}$$



0 10 20 30 40 50 60 70 80 90

Veillez prendre note que le présent document décrit les activités de la Direction de la recherche forestière (DRF) du ministère des Ressources naturelles (MRN) pendant l'année financière 2013-2014.

À la suite de la formation du Conseil des ministres le 24 avril 2014, le MRN est désormais le MERN (ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles) et il y a eu mise sur pied du MFFP (ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs).

Le fichier PDF du Rapport d'activité 2013-2014 est disponible à l'adresse Internet suivante :
www.mffp.gouv.qc.ca/publications/enligne/forets/activites-recherche/impression/index.asp

La consultation en ligne de notre rapport d'activité permet à l'internaute d'accéder directement aux informations contenues dans notre répertoire, soit l'information relative aux projets de recherche réalisés par la Direction de la recherche forestière ainsi que ceux financés par son Programme de recherche en partenariat avec le Fonds de recherche du Québec — Nature et technologies (FRQNT).

De plus, un moteur de recherche vous offrira la possibilité d'accéder directement aux projets pour lesquels vous avez un intérêt particulier. Vous pourrez naviguer dans notre répertoire par créneau de recherche, par région administrative ou par sous-domaine bioclimatique.

www.mffp.gouv.qc.ca/publications/enligne/forets/activites-recherche/projets/moteur-recherche-projets.asp

Direction de la recherche forestière

2700, rue Einstein
Québec (Québec) G1P 3W8

Téléphone : 418 643-7994
Télécopieur : 418 643-2165
recherche.forestiere@mffp.gouv.qc.ca
www.mffp.gouv.qc.ca/forets/connaissances/recherche

© Gouvernement du Québec
Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, 2014
Dépôt légal – Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2014

ISBN 978-2-550-71670-9 (Imprimé)
ISBN 978-2-550-71671-6 (PDF)
ISSN 1703-8561
ISSN en ligne 1718-0074

TABLE DES MATIÈRES

- 1 Le mot du Directeur
- 3 La Direction de la recherche forestière
- 9 Le Service de la génétique, de la reproduction et de l'écologie
- 21 Le Service de la sylviculture et du rendement des forêts
- 33 Le Service du soutien scientifique
- 41 La programmation de recherche 2014-2015 (projets internes)
- 49 La programmation de recherche 2014-2015 (projets externes subventionnés)
- 53 Les publications 2013-2014



LE MOT DU DIRECTEUR

À la communauté forestière du Québec, aux chercheurs, aux employés du ministère des Ressources naturelles et au personnel de la Direction de la recherche forestière.

La Direction de la recherche forestière (DRF) est fière de vous présenter son rapport d'activité pour l'exercice 2013-2014 ainsi que la programmation des projets de recherche pour l'année 2014-2015.

À la lecture de ce rapport d'activité, vous serez à même de constater l'engagement de la DRF à répondre aux enjeux de l'heure en matière de recherche scientifique appliquée, d'innovation et de développement dans chacun de ses créneaux de recherche. Les travaux de la DRF sont orientés dans le but de soutenir les décisions de gestion forestière au Québec en fournissant des connaissances et des développements scientifiques de pointe. Ils fournissent aussi des solutions pratiques et concrètes aux divers problèmes auxquels sont confrontés gestionnaires de la forêt et ingénieurs forestiers. Ils se consacrent essentiellement à l'acquisition de nouvelles connaissances et au développement de savoir-faire. Ces travaux convergent vers l'obtention de solutions originales à nombre de problèmes forestiers ou environnementaux, en passant par les changements climatiques, comme autant de contributions directes à la mise en œuvre du régime forestier.

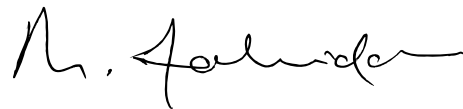
Vous trouverez dans ce rapport, pour chacun des créneaux de recherche de la DRF, les faits saillants, les réalisations et les moyens pris pour faciliter l'intégration des nouvelles connaissances acquises et du savoir-faire développé à l'usage des gestionnaires, des ingénieurs forestiers et des divers spécialistes du milieu forestier.

Ce rapport peut être consulté directement en ligne. Un moteur de recherche permet à l'internaute d'accéder directement au contenu du répertoire de projets, soit l'information relative aux projets de recherche menés par la DRF ainsi que celle propre aux projets financés par le Ministère des Ressources naturelles (MRN), dans le cadre du Programme de recherche en partenariat avec le Fonds de recherche du Québec – Nature et technologies (FRQNT). Vous pourrez naviguer dans le répertoire par créneau de recherche, par région administrative, ou encore, par sous-domaine bioclimatique.

Je remercie tous les chercheurs, les équipes techniques, le personnel de soutien scientifique et le personnel administratif qui, ensemble, permettent au Ministère et à toute la communauté forestière québécoise d'accroître leurs connaissances du milieu forestier et de contribuer ainsi à édifier les assises scientifiques sur lesquelles se fonde notre gestion forestière.

Bonne lecture.

Le directeur de la recherche forestière,



Robert Jobidon, ing.f., Ph. D.

LA DIRECTION DE LA RECHERCHE FORESTIÈRE

LE MANDAT : PARTICIPER ACTIVEMENT À L'AMÉLIORATION DE LA PRATIQUE FORESTIÈRE

La Direction de la recherche forestière (DRF) a pour mandat de participer activement à l'orientation de la recherche et à l'amélioration de la pratique forestière au Québec, dans un contexte d'aménagement forestier durable, en réalisant des travaux de recherche scientifique appliquée. Elle développe de nouvelles connaissances, du savoir-faire et du matériel biologique et contribue à leur diffusion ou leur intégration au domaine de la pratique. Elle subventionne aussi des recherches en milieu universitaire, le plus souvent dans des créneaux complémentaires à ses propres travaux.

STRUCTURE ORGANISATIONNELLE DE LA DRF

Une organisation compétente et diversifiée

Pour concrétiser son mandat, la DRF compte sur trois services :

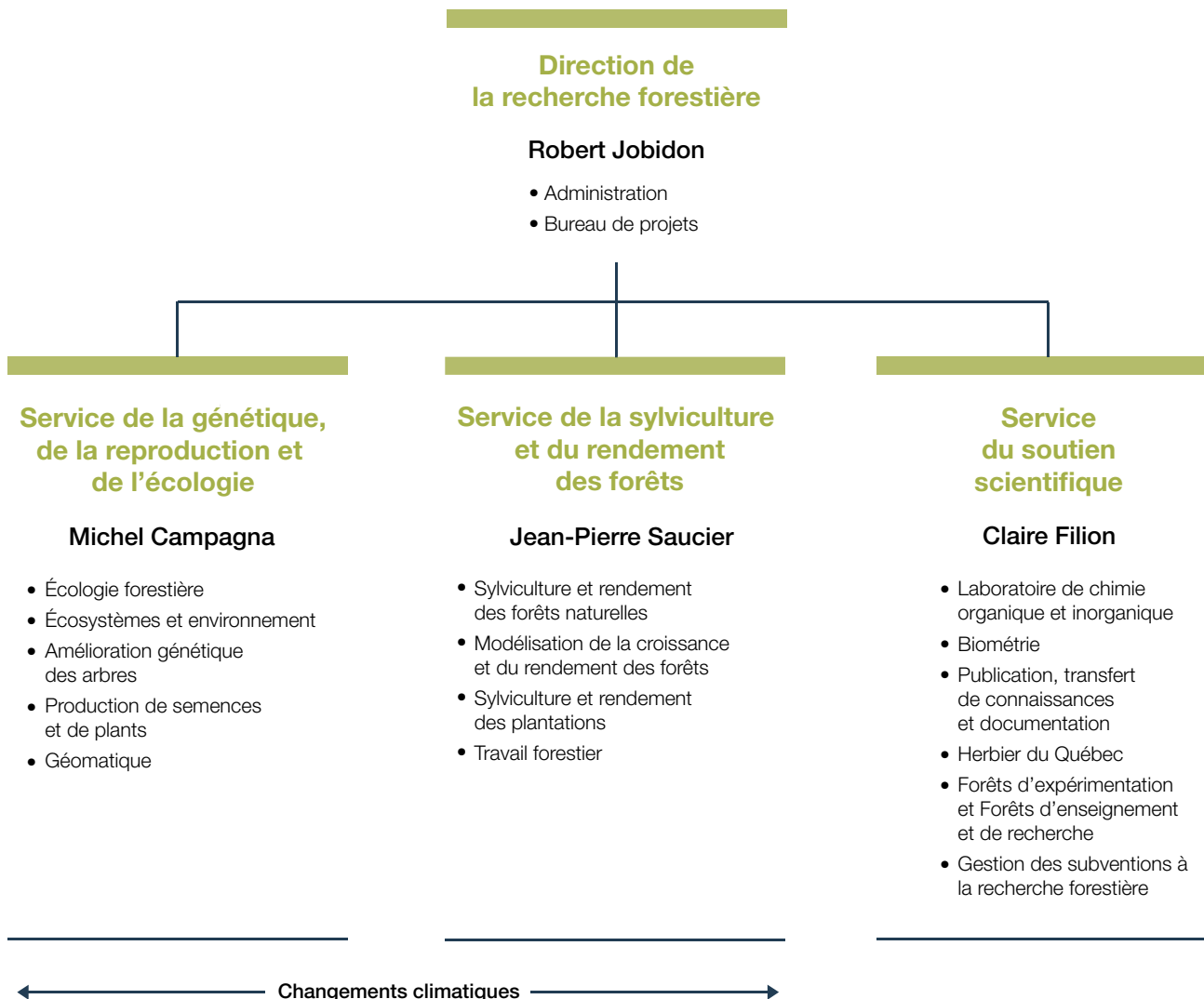
- la génétique, la reproduction et l'écologie;
- la sylviculture et le rendement des forêts;
- le soutien scientifique.

Elle est active dans huit créneaux de recherche. Le **Service de la génétique, de la reproduction et de l'écologie** comprend les créneaux de l'écologie forestière, des écosystèmes et de l'environnement, de l'amélioration génétique des arbres ainsi que de la production de semences et de plants. Le **Service de la sylviculture et du rendement des forêts** inclut les créneaux de la sylviculture et du rendement des forêts naturelles, de la modélisation de la croissance et du rendement des forêts, de la sylviculture et du rendement des plantations et du travail forestier. Les travaux propres à l'étude des effets des changements climatiques sur la forêt ou au développement de mesures d'adaptation s'effectuent de manière transversale dans les deux services de recherche.

La réalisation des projets est rendue possible grâce à une équipe de **35** chercheurs, dont **17** travaillent au **Service de la génétique, de la reproduction et de l'écologie** et **18** au **Service de la sylviculture et du rendement des forêts**. La réalisation des travaux de recherche a exigé la contribution d'équipes techniques composées de **23** personnes au sein du premier service et de **34** au sein du second.

Le **Service du soutien scientifique** assiste les chercheurs et les équipes techniques dans la réalisation de leurs travaux grâce à une équipe de **27** personnes. Les services offerts se rapportent aux domaines d'expertise tels que la statistique, les mathématiques, la chimie organique et inorganique ainsi que l'édition scientifique et le transfert de connaissances. Les travaux de la DRF sont soutenus par une équipe travaillant au secrétariat, à l'administration, à la documentation et au suivi administratif des projets de recherche.

L'équipe de gestion est composée du directeur et de trois chefs de service. La DRF fait partie de la Direction générale de la connaissance et de la gestion de l'information forestière (DGCGIF), au sein du Secteur des forêts.



PARTAGE DES RÉSULTATS

Le partage des résultats de la recherche forestière : une préoccupation constante

Le partage des connaissances acquises dans le cadre des projets de recherche constitue l'ultime étape du travail du personnel de la DRF. Les connaissances sont diffusées de diverses manières. Dans plusieurs cas, les résultats sont publiés dans des revues scientifiques internationales spécialisées, principalement en sciences forestières, comme par exemple la *Revue canadienne de recherche forestière (Canadian Journal of Forest Research)*, *Forest Ecology and Management*, *New Forests* et *The Forestry Chronicle*. Les articles soumis à de telles revues scientifiques sont examinés par des pairs avant d'être publiés. Seuls ceux qui satisfont aux critères rigoureux de la publication scientifique sont acceptés.

En 2013-2014, les chercheurs de la DRF ont été auteurs ou coauteurs de 40 articles scientifiques. Ils ont produit 4 mémoires de recherche forestière et 3 notes de recherche forestière. Comme pour les articles scientifiques, ces deux collections scientifiques éditées par la DRF font l'objet d'une diffusion internationale et d'un processus de révision par les pairs. De plus, les chercheurs de la DRF ont produit 11 avis de recherche forestière, et une collection de vulgarisation scientifique éditée par la DRF, en plus d'un guide.

Des chercheurs de la DRF ont agi comme réviseurs pour plusieurs revues scientifiques internationales. Certains d'entre eux font aussi partie du comité de rédaction ou du comité de lecture de deux périodiques internationaux en sciences forestières (*Revue canadienne de la recherche forestière* et *New Forests*) et de deux revues plus généralistes (*Le Naturaliste canadien* et *Nature et Technologie*).

Par ailleurs, en 2013-2014, les chercheurs de la DRF ont participé à près de 70 activités de transfert de connaissances destinées à des praticiens. Ils ont présenté des conférences, animé des visites sur le terrain, participé à des ateliers et offert diverses formations. Ils ont rédigé 4 avis techniques et formulé des recommandations pour différentes instances du Ministère, et participé à divers comités de travail.

LES FAITS SAILLANTS DE 2013-2014 À LA DIRECTION DE LA RECHERCHE FORESTIÈRE

Les paragraphes qui suivent résument les réalisations les plus marquantes de l'exercice 2013-2014 pour ce qui est de la participation des chercheurs de la DRF à différents comités, événements majeurs ou collaborations scientifiques. Ces activités complémentaires aux projets de recherche sont autant d'occasions pour les chercheurs

d'effectuer un transfert de connaissances pratiques et appliquées et, ainsi, de mettre en valeur les résultats de leurs travaux pour le bénéfice de la communauté forestière du Québec. La progression des différents projets de recherche est détaillée dans les pages suivantes, par service et par créneau de recherche.

Les contributions scientifiques dans chacun des créneaux de la DRF sont toujours à l'avant-garde des avancées réalisées ailleurs au Canada ou dans d'autres pays. Ainsi, la DRF est demeurée très active au sein de ses réseaux de collaboration scientifique avec les universités québécoises, canadiennes et étrangères. Depuis quelques années, le nombre de projets menés en partenariat, tout comme celui des publications scientifiques communes, a considérablement augmenté.

Les guides sylvicoles

L'année 2013-2014 a été marquée par la parution des tomes 1 et 2 du *Guide sylvicole du Québec*. Le comité d'édition scientifique et plusieurs chercheurs de la DRF des créneaux de recherche en sylviculture et en écosystèmes et environnement ont été très engagés en tant qu'auteurs, réviseurs ou éditeurs de cet ouvrage, dont ils ont rédigé ou corédigé 18 des 24 chapitres. Cet ambitieux projet du Secteur des forêts rassemble et présente de façon structurée les plus récents résultats de recherche en sylviculture applicables aux forêts du Québec. L'ouvrage vient en soutien aux changements apportés par le régime forestier, entré en vigueur le 1^{er} avril 2013; ces changements amènent les sylviculteurs à déterminer le scénario sylvicole à appliquer en fonction des connaissances développées, dans une optique de gestion par objectifs. Le *Guide sylvicole du Québec* servira de référence aux sylviculteurs en leur fournissant les connaissances les plus à jour sur les fondements biologiques de la sylviculture ainsi que sur les traitements sylvicoles, leurs objectifs, leur application et les résultats attendus.

Atelier « Les semences forestières : un maillon clé des plantations de grande valeur »

Organisé conjointement par la DRF, la Direction générale de la production de semences et de plants forestiers (DGSPF) et le Centre de semences forestières de Berthier (CSFB), cet atelier-conférence s'est tenu à Berthier les 3 et 4 décembre derniers. Il a permis aux chercheurs de la DRF, entre autres, de faire état de leurs derniers travaux en production de semences et de plants, en génétique forestière et sur la vulnérabilité des forêts aux changements climatiques. L'événement a réuni environ 140 personnes qui ont participé à la visite du CSFB le 3 décembre et aux conférences du lendemain. Cette rencontre avait comme objectif premier

de présenter les nombreuses améliorations apportées à la chaîne de production des semences au Québec et de favoriser la diffusion de connaissances entre les différents acteurs de la filière de production de semences et de plants. En moyenne, plus de 350 millions de graines forestières sont nécessaires annuellement pour produire les plants forestiers destinés au reboisement du territoire. Les graines de toutes les essences sont extraites, testées et entreposées au CSFB, unique centre de semences forestières de la province.

Formation, transfert de connaissances, d'expertise et de savoir-faire sur la production de plants

L'équipe de production de semences et de plants a organisé, le 6 novembre 2013, une journée de formation par visioconférence auprès de plusieurs régions du Québec. Cette activité était axée sur la production de plants à l'échelle opérationnelle pour aider les pépiniéristes à résoudre différents problèmes à caractère technique spécifiques des différentes essences forestières. Plus de 80 personnes ont participé à cette formation organisée conjointement par la DRF et la Fédération québécoise des coopératives forestières. Cet événement s'intègre dans le cadre du mandat d'acquisition et de transfert de connaissances de la DRF qui offre toujours aux pépinières privées et publiques son soutien et son appui techniques et scientifiques.

Les changements climatiques

Depuis quelques années, des chercheurs de la DRF étudient les effets anticipés des changements climatiques sur la forêt. Ces recherches permettront notamment d'estimer dans quelle mesure les changements climatiques seront susceptibles d'influencer la fertilité des stations ainsi que la composition, l'organisation spatiale ou la croissance des forêts. Les nouvelles connaissances acquises permettront de mettre en place des mesures d'adaptation adéquates. Les travaux sont effectués par des chercheurs de la DRF, ou encore, par l'entremise de collaborations et d'ententes conclues avec certaines universités québécoises. Précisons que la DRF travaille depuis quelques années en collaboration avec le Consortium Ouranos; un chercheur de la DRF y est responsable du programme sur les impacts et l'adaptation liés aux changements climatiques pour les ressources forestières.

Le processus d'évaluation des projets de la DRF

Comme chaque année, la DRF soumet à l'évaluation de la pertinence et à l'évaluation scientifique par le FRQNT une gamme de nouveaux projets qui répondent à une diversité de besoins et d'enjeux. Seuls ceux qui franchissent avec succès ces deux étapes sont ensuite intégrés dans la programmation régulière. La pertinence des projets à long terme de la DRF est aussi réévaluée périodiquement, dans un exercice similaire. Au cours de l'année 2013-2014, aucun nouveau projet interne de recherche ne s'est ajouté à la programmation de recherche 2014-2015 de la DRF. Cependant, la pertinence de 8 projets internes de la DRF a été confirmée pour la poursuite d'une nouvelle phase.





LE SERVICE DE LA GÉNÉTIQUE, DE LA REPRODUCTION ET DE L'ÉCOLOGIE

Les projets de recherche du Service de la génétique, de la reproduction et de l'écologie se répartissent dans les créneaux suivants : l'écologie forestière, les écosystèmes et l'environnement, l'amélioration génétique des arbres ainsi que la production de semences et de plants. À cela s'ajoute l'expertise offerte à l'ensemble de la DRF par l'équipe de géomatique.

Les travaux des diverses équipes de recherche du service répondent aux besoins les plus essentiels en matière d'acquisition de connaissances sur les arbres et sur les processus et fonctions des écosystèmes, dans un contexte d'aménagement forestier durable.

Pour remplir leurs mandats respectifs, les chercheurs du service sont assistés par des équipes techniques qualifiées qui assurent l'application des protocoles de recherche. En plus de déployer un effort constant pour intégrer de nouvelles connaissances à la pratique forestière, les chercheurs interagissent avec des scientifiques d'autres organisations, tant nationales qu'internationales, afin d'enrichir d'innovations le secteur forestier québécois ou de contribuer au rayonnement de la culture scientifique québécoise.



Chicots ayant brûlé lors du passage d'un feu en 1923. Les épinettes noires en périphérie ont germé après le passage de ce feu (Photo : Y. Boucher, MRN).

ÉCOLOGIE FORESTIÈRE

Les chercheurs en écologie forestière axent principalement leurs travaux sur la connaissance des écosystèmes forestiers afin de faciliter la mise en œuvre de l'aménagement écosystémique sur l'ensemble du territoire québécois en considérant l'influence des changements globaux. Cette mise en œuvre repose, entre autres, sur la connaissance de la variabilité de la composition et de la structure des écosystèmes forestiers naturels, induite notamment par les régimes de perturbations naturelles (feux, épidémies d'insectes, chablis), les caractéristiques des sols ainsi que les variations climatiques. La connaissance de cette variabilité permettra d'élaborer des états de référence de la forêt qui guideront la planification forestière, de façon à maintenir les principales fonctions des écosystèmes forestiers, particulièrement au regard de la diversité des communautés végétales et animales.

Réalisations

- Les chercheurs du créneau ont réalisé des travaux visant à définir la dynamique forestière à court, moyen et long terme des sapinières des basses et des hautes altitudes de la réserve faunique des Laurentides, du Bas-Saint-Laurent, de la portion nord du lac Saint-Jean et de l'Abitibi.
- Ils ont élaboré des modèles qui permettent de mieux comprendre la propagation initiale des épidémies de tordeuse des bourgeons de l'épinette.



Peuplier faux-tremble âgé de 140 ans dans les basses terres du domaine de la sapinière à bouleau blanc, dans la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean (Photo : M. Simard, MRN).

- Ils ont élaboré un cadre conceptuel de simulation permettant d'optimiser le maintien et la restauration des vieilles forêts au sein des paysages forestiers aménagés.
- Ils ont implanté un dispositif en forêt boréale pour suivre les effets de l'aménagement écosystémique sur la diversité des communautés de plantes et d'insectes.

Transfert, diffusion et collaborations diverses

- Les travaux portant sur l'évolution de la forêt boréale de 1975 à 2010 ont été présentés au colloque annuel du Centre d'étude de la forêt (CEF) le 13 mai 2013, à Montebello, et au Congrès de l'Association québécoise de télédétection, le 25 septembre 2013, à Rimouski.

Perspectives

La poursuite de l'acquisition de connaissances portera sur :

- l'analyse, à partir d'images Landsat, de l'évolution de la forêt boréale de 1975 à 2010, sous l'influence des coupes et des perturbations naturelles;
- l'étude de la composition, de la structure et de la dynamique des forêts boréale et tempérée au cours de la période Holocène, sur la base de la classification écologique du Ministère, afin de bonifier les états de référence (projet de recherche conjoint avec la Direction des inventaires forestiers);

- l'analyse des effets de l'épidémie de tordeuse des bourgeons de l'épinette en cours au Québec;
- la bonification des états de référence quant aux intervalles de variabilité naturelle pour la structure d'âge et la composition des forêts;
- la mesure de l'effet des pratiques d'aménagement écosystémique sur la biodiversité en forêt boréale;
- l'amélioration des connaissances sur les régimes des perturbations naturelles, les profils forestiers préindustriels des sapinières boréales et tempérées, de même que sur les stratégies de répartition des coupes qui optimisent la biodiversité au sein des paysages forestiers.

ÉCOSYSTÈMES ET ENVIRONNEMENT

La forêt québécoise évolue sous l'influence de divers facteurs environnementaux tels que les changements climatiques, les dépôts atmosphériques acidifiants de soufre et d'azote, ainsi que la récolte forestière. Ces facteurs peuvent tous avoir une incidence sur la fertilité des sols, la croissance, le taux de mortalité et la répartition géographique des espèces et, par conséquent, sur la productivité globale des forêts. Les chercheurs en écosystèmes et environnement travaillent à comprendre la réaction des forêts au regard des facteurs environnementaux et à guider le développement des stratégies d'aménagement favoriseront le maintien, la résilience et l'adaptation des forêts.



Le décompte des cernes annuels de croissance chez le peuplier faux-tremble permet d'identifier le passage d'un feu (Photo : Y. Boucher, MRN).



Piège à impact utilisé pour l'échantillonnage des coléoptères volants. Détail : coléoptères récoltés après la coupe dans une forêt résiduelle (Photo : H. Tremblay, MRN).

Réalisations

Érablières : fertilité, biodiversité et chaulage

- Les seuils de fertilité des sols dans les érablières ont été mis à jour afin de permettre le diagnostic précis de leurs besoins en chaux (31).
- Le chaulage des érablières peu fertiles avec du calcium a amélioré à la fois la nutrition, la vigueur et la croissance de l'érable à sucre (29), quoique l'ajout simultané de calcium et de magnésium se soit montré plus efficace.
- Le chaulage pourrait favoriser la présence de certaines espèces de vers de terre dans les érablières au cours des prochaines décennies (30), ce qui pourrait modifier la diversité biologique, le cycle des éléments nutritifs du sol, voire la dynamique forestière.
- Le chaulage des érablières n'a pas eu d'effet direct et à court terme sur la salamandre cendrée, l'un des vertébrés les plus abondants dans les forêts du sud du Québec et du nord-est de l'Amérique du Nord (27).
- Le suivi des sols forestiers en réponse aux changements environnementaux a aussi fait l'objet d'une attention particulière, en collaboration avec d'autres chercheurs en Amérique du Nord (22).
- Dans une érablière au sol peu fertile, l'ajout répété d'azote, même à de faibles doses, a provoqué une baisse marquée de la concentration foliaire en calcium des érables à sucre. Cela soulève des inquiétudes quant à la pérennité de cette essence sur des stations pauvres (28) si les apports atmosphériques azotés se maintiennent à des taux relativement élevés dans le futur.

Pollution atmosphérique et régime nutritif des arbres au Québec

- Le régime nutritif des principales essences forestières du Québec a été décrit dans le *Guide sylvicole du Québec* (99, 100).
- L'équipe de recherche a contribué à des études traitant de la pollution atmosphérique, notamment dans le *Guide sylvicole du Québec* (98).
- Les effets des précipitations de sulfate sur la forêt boréale ainsi que le cycle du soufre ont été étudiés avec une approche novatrice incluant les isotopes du sulfate (18).
- Plusieurs études ainsi qu'une revue de littérature (24) ont aussi été publiées sur le thème de l'azote, que ce soit dans le cadre de recherches sur les polluants atmosphériques ou encore d'études sur les effets combinés des dépôts en azote et des changements climatiques.

- Une étude a montré que des ajouts d'azote dans une pessière ont eu peu d'effets sur les communautés mycorhiziennes (34), contrairement à ce qui est souvent rapporté dans la littérature.

Changements climatiques

- Des expériences *in situ* en forêt boréale (sapin baumier) ont montré que l'ajout d'azote combiné au chauffage des sols ont eu peu d'effet sur la croissance des arbres et la disponibilité des éléments nutritifs (8, 9); cependant, les mêmes peuplements, soumis à une exclusion des précipitations simulant une sécheresse estivale, ont vu leur croissance diminuer de 21 % l'année suivante (7).
- Après 3 ans de chauffage artificiel du sol en forêt, le carbone minéralisable dans les sols a été réduit dans une proportion de 16 à 25 % (6).
- Une étude sur les terres agricoles abandonnées dans la région de la forêt mixte de l'est du Québec a montré qu'en 50 ans, les plantations d'épinette blanche accumulaient plus de carbone que la succession naturelle, mais que l'écart n'apparaissait qu'à partir de la 23^e année (38).
- Des travaux de recherche impliquant des scénarios climatiques et des modèles d'habitats ont permis d'estimer les impacts des changements climatiques sur la composition forestière et la biodiversité (44, 61, 62).

Réseau d'étude et de surveillance des écosystèmes forestiers (RESEF)

- L'acquisition de connaissances sur la dynamique des écosystèmes forestiers naturels, en rapport avec l'effet des diverses perturbations environnementales, s'est poursuivie grâce au monitoring du RESEF et des trois bassins versants qui en font partie, y compris les expériences à long terme d'ajout d'azote. En 2013, une nouvelle station du RESEF a été installée sur la Côte-Nord, à proximité du barrage de la Romaine-IV, dans le domaine de la forêt boréale coniférienne de l'Est. Cette région n'était pas encore représentée dans le réseau.

Perspectives d'avenir

Les activités de recherche se poursuivront afin de mieux comprendre les effets des changements globaux sur la vulnérabilité des écosystèmes forestiers à l'échelle des peuplements forestiers et sur la répartition et la croissance des arbres au Québec.

L'équipe de recherche entreprendra l'analyse des données recueillies pour connaître l'effet de la récolte de la biomasse forestière effectuée il y a plus de 30 ans sur le capital nutritif des sols dans près de 200 stations dans la forêt boréale.

Transfert et diffusion

Au total, les activités et collaborations de recherche ont conduit à la production de 14 publications scientifiques (6, 7, 8, 9, 18, 22, 24, 27, 28, 29, 30, 31, 34, 38), de 5 chapitres de livres (61, 62, 98, 99, 100) et d'un mémoire de recherche (44). En outre, plus d'une dizaine de conférences ont permis de transmettre les résultats à des clientèles variées.

AMÉLIORATION GÉNÉTIQUE DES ARBRES

L'acquisition de connaissances relatives à la variabilité génétique des espèces forestières commerciales est utile pour sélectionner des variétés destinées au reboisement en fonction d'objectifs spécifiques. Les variétés sont choisies pour accroître le volume, la qualité ou la valeur des bois produits en plantation, avec le souci de maintenir une diversité élevée. La plantation de variétés productives sur des superficies restreintes, à proximité des usines, contribue à diminuer la pression exercée sur la forêt naturelle. Il sera également possible de sélectionner des variétés mieux adaptées aux conditions climatiques locales prévues pour les décennies à venir, et potentiellement plus productives que les populations actuelles. Les connaissances acquises facilitent la mise en place des mesures adéquates de conservation *in situ* ou *ex situ* des ressources génétiques forestières.

Au cours de l'année 2013-2014, les travaux relatifs à l'amélioration génétique ainsi qu'à la problématique des changements climatiques ont permis des réalisations concrètes et des avancées dans l'acquisition de connaissances concernant les sujets suivants :

Épinette blanche

- Trois plantations expérimentales d'épinette blanche impliquant le déplacement des sources de semences (vergers à graines) dans une grande amplitude de conditions environnementales, selon un gradient sud-nord, ont été établies dans l'est du Québec. Ce dispositif sera complété en 2014 et en 2015, par l'ajout de 6 autres plantations dans le centre et l'ouest du Québec. L'objectif de ce dispositif est de déterminer l'effet des changements climatiques sur la croissance et la phénologie des arbres de différentes sources, tout en mesurant les gains réels de productivité associés à la plantation de matériel amélioré. Les mesures prises permettront également de vérifier la validité du nouveau modèle de transfert mis au point récemment, et d'évaluer l'effet de l'environnement sur la phénologie (débourrement, aoûtement, croissance, floraison) des différentes sources de semences. Cette expérimentation est réalisée en collaboration avec l'équipe de production de semences et de plants de la DRF et l'Université Laval.

- Maintenant que les arbres composant les tests génétiques ont atteint un âge suffisant pour qu'on y prélève des carottes de bois (de 15 à 20 ans), les améliorateurs travaillent à mettre au point de nouvelles méthodes d'évaluation rapides et non destructives de la qualité du bois. Par exemple, avec l'épinette blanche, l'appareil Hitman ST300 mesure la vitesse de circulation d'une onde acoustique. Celle-ci étant fortement corrélée avec les mesures d'angle des microfibrilles et de rigidité (module d'élasticité), nous pourrions établir rapidement un classement relatif des arbres pour ces deux caractères.

Épinette de Norvège

Les plus récents résultats des tests génétiques confirment que plusieurs sources d'épinette de Norvège sont bien adaptées aux conditions bioclimatiques du sous-domaine de la sapinière à bouleau blanc de l'Ouest (124). Certaines d'entre elles offrent une croissance comparable à l'épinette blanche. Ces résultats serviront à diversifier les sources de semences recommandées pour ce sous-domaine. De plus, les recommandations de croisements biparentaux ont été mises à jour pour l'épinette de Norvège. En plus des gains en croissance, l'identification des meilleurs parents à croiser permet d'obtenir des descendants plus résistants au charançon du pin blanc. Ces arbres, reproduits par bouturage à la pépinière de Saint-Modeste, sont disponibles pour l'ensemble du Québec méridional ainsi que pour les sous-régions écologiques 4e-T et 5d-M du Saguenay – Lac-Saint-Jean.



Plantation d'épinette de Norvège âgée de 11 ans située près du réservoir Gouin, dans le sous-domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau blanc de l'Ouest (Photo : J.-S. Joannette, MRN).

Épinette noire

- La production d'une 2^e génération d'épinette noire génétiquement améliorée s'est poursuivie en 2013, à Duchesnay, avec la réalisation des croisements pour créer une nouvelle population destinée au domaine de la sapinière à bouleau jaune et au sous-domaine de la sapinière à bouleau blanc de l'Ouest. Il s'agit de la 3^e population de 2^e génération, qui intègre des arbres sélectionnés dans l'ensemble du domaine de la sapinière et le sud du Québec.
- Plusieurs études sur la génétique des propriétés du bois de l'épinette noire sont en cours d'analyse depuis 2012-2013. Une étude dans 4 tests de descendances uniparentaux a notamment démontré que l'évaluation acoustique *in situ* nous permet de sélectionner à la fois pour la croissance et l'élasticité dynamique du bois, sans affecter significativement la densité. En 2013, ces résultats ont été mis en application alors que des mesures semblables ont été prises dans 2 tests de clones de 15 ans, afin de sélectionner les clones les plus performants sur le plan de la croissance, tout en maintenant la qualité du bois produit. Les résultats d'une autre étude menée en collaboration avec l'Université Laval, portant cette fois sur la sélection génomique à l'aide de marqueurs des propriétés du bois dans 2 tests biparentaux âgés de 21 ans, est aussi en phase d'analyse. Les résultats préliminaires des mesures phénotypiques indiquent notamment que l'angle des microfibrilles, tout comme l'élasticité dynamique à laquelle cet angle est étroitement relié, serait aussi un caractère utile pour les sélections génétiques.



Évaluation acoustique de l'élasticité dynamique du bois dans un test clonal d'épinette noire de 15 ans en Gaspésie avec l'appareil Director® ST300 (Photo : M. Desponts, MRN).

Mélèze laricin

Dans le but de répondre à la demande croissante de plants de mélèze laricin, un important test de descendances (3,5 ha – DAB61482) a été mesuré en fin de rotation, 31 ans après sa mise en terre à Dablon, au Lac-Saint-Jean. Une éclaircie génétique a été faite pour transformer ce test en verger à graines : les 800 meilleurs arbres serviront de semenciers et de population de base pour le prochain cycle d'amélioration du mélèze laricin dans l'est du Québec. Les descendants de ces 800 parents produiront en moyenne 12 dm³ de plus par tige (6 %) à 31 ans, soit un gain génétique prédit de 210 m³/ha pour des stations similaires à celles du test.

Peupliers hybrides

- Amélioration génétique : 4 tests de clones de peupliers hybrides ont été établis dans Bellechasse, dans la région du Bas-Saint-Laurent, à l'arboretum de Lotbinière et à la pépinière de Normandin. À ce dernier endroit, une collection canadienne de *Populus balsamifera* a aussi été mise en terre. À la pépinière de Trécesson, un nouveau quartier de pieds-mères a été établi avec les 228 nouvelles sélections de l'hybride MxB issues des croisements de 2004.
- La liste des clones recommandés de peupliers hybrides a été mise à jour avec l'ajout de nouvelles sélections dans différentes sous-régions écologiques. Ainsi, 5 nouveaux clones MxN, provenant de 4 familles différentes, se sont ajoutés à la liste pour les domaines bioclimatiques de l'érablière. Sept autres nouveaux clones représentant 4 hybrides différents – MxT, RxM, MxB, DxM, MxN – ont été recommandés pour les domaines de la sapinière.



Mélèze laricin de 31 ans sélectionné lors d'une éclaircie génétique à l'arboretum de Dablon (Photo : G. Lapointe, MRN).

- Cultures bioénergétiques : une plantation expérimentale de peupliers, établie en 2012 à Saint-Bruno d'Alma avec la collaboration de plusieurs partenaires financiers (Nutrinor, Agrinova, le Collège d'Alma et le CRSNG) et cultivée en taillis de courte rotation (TCR), a été mesurée à l'automne 2013 par la DRF avec la participation du Réseau Ligniculture Québec (RLQ); la biomasse a été récoltée par Agrinova. Les données recueillies montrent qu'en 2 saisons de croissance, la plantation a produit un rendement moyen en biomasse de 6,6 tonnes métriques anhydres à l'hectare.

Pin gris

Les croisements de pin gris effectués pour produire une population de 2^e génération destinée au reboisement de l'ensemble du sous-domaine de la sapinière de l'Ouest ont été complétés en 2013. Il est prévu d'entreprendre la création d'une nouvelle génération pour le domaine de la pessière en 2014.



Évaluation de peupliers hybrides dans un test de clones de 4 ans, dans le Bas-Saint-Laurent (Photo : P. Périnet, MRN).

Conservation des ressources génétiques forestières arborescentes

Certains résultats de travaux en cours portant sur le statut de conservation des espèces forestières arborescentes du Québec ont servi dans une enquête menée à l'échelle canadienne sous l'égide de CONFORGEN. En 2013, les résultats ont été diffusés dans une publication sur l'État des ressources génétiques forestières au Canada [En ligne] [<http://www.conforgen.ca/docs/Canada%20State%20of%20World-French.pdf>].

Transfert, diffusion et collaborations diverses

Les chercheurs en amélioration génétique demeurent en constante communication et appuient leur interlocuteur privilégié, la DGSPF. Cela se traduit par la recommandation de nouveaux individus ou de nouvelles variétés pour l'établissement des futurs vergers à graines et parcs de croisements, ou pour une utilisation directe dans le programme de reboisement (par exemple, de nouveaux clones d'épinette blanche issus d'embryogenèse somatique) afin de maximiser le rendement des plantations au Québec. À la demande de la DGSPF, les chercheurs ont publié un avis technique sur l'état de la maladie du chancre septorien chez le peuplier hybride au Québec (125). La présentation des nouveaux modèles de transfert pour l'épinette blanche et l'épinette noire (202) à la DGSPF et au Bureau du forestier en chef a mis la table pour une discussion sur l'élaboration de mesures d'adaptation aux changements climatiques dans les plantations faites au Québec. Finalement, l'expertise des chercheurs en matière de feuillus nobles a été mise à contribution dans le cadre



Plantation de démonstration de peupliers hybrides (clone 915318) âgée de 11 ans, à Saint-Denis de Matane (Photo : P. Périnet, MRN).

du congrès annuel de la *Garden Writers Association*, en visite au Domaine Joly-de Lotbinière. L'historique de la plantation de noyers noirs, établie en 1882, ainsi que les principaux résultats de recherche, ont été présentés aux participants (184).

Les chercheurs ont également été sollicités à titre de conférenciers, entre autres pour une présentation à Charlottetown lors de la 13^e conférence nord-américaine en agroforesterie (North American Agroforestry Conference, NAAC), tenue conjointement avec la réunion annuelle 2013 du Conseil du peuplier du Canada, du 19 au 23 juin 2013 (146), ainsi que dans le cadre des travaux du Groupe de travail sur l'acquisition de connaissances sur la rouille vésiculeuse du pin blanc dans les pépinières forestières (201). De même, des conférences ont été données auprès des pépiniéristes, les 3 et 4 décembre 2013 à la pépinière de Berthierville (185), dans le cadre l'Atelier-conférence *Les semences forestières : un maillon clé des plantations de grande valeur* [En ligne] [www.mffp.gouv.qc.ca/forets/connaissances/recherche/atelier-conference-decembre-2013/accueil.asp]. Des échanges fructueux ont porté sur les façons de tirer profit de connaissances de pointe en génomique forestière, la participation à l'élaboration d'outils de sélection rapide pour la qualité du bois, la mise au point des variétés qui seront mieux adaptées aux conditions résultant des changements climatiques et l'amélioration des conditions de conservation de la diversité génétique (166). L'intégration de l'embryogenèse somatique, qui permet de produire les variétés d'épinette blanche les plus performantes, dans ces différents domaines de recherche a également fait l'objet d'une présentation à la communauté forestière québécoise et canadienne (186).

Les chercheurs collaborent à des projets de recherche en réseau avec les universités, portant entre autres sur la caractérisation du bois et la sélection assistée par marqueurs moléculaires (33). Ils ont poursuivi leurs travaux entrepris à l'automne 2012 sur les caractères liés à la qualité du bois de l'épinette noire. Ils collaborent aussi en réseau avec des centres gouvernementaux comme le Service canadien des forêts, notamment dans le domaine de la culture des essences à croissance rapide.

PRODUCTION DE SEMENCES ET DE PLANTS

Chaque année, plus de 120 millions de plants sont produits dans les 19 pépinières forestières québécoises (6 publiques et 13 privées). Ces plants améliorés génétiquement permettent d'augmenter la productivité des forêts du Québec. Les chercheurs et leurs partenaires doivent sans cesse innover pour produire des semences et des plants de haute qualité dans le respect de considérations environnementales et financières. Leurs recherches visent, entre autres, à optimiser la germination et la conservation des semences, à protéger les plants du gel, à optimiser l'irrigation et la fertilisation afin d'assurer une protection accrue des eaux souterraines et une réduction des coûts et à comprendre les effets des différents stress environnementaux sur la croissance, la physiologie et la tolérance aux stress des plants (sécheresse, etc.).

Production de semences et bouturage

- Depuis quelques années maintenant, la mesure de l'activité de l'eau sert d'outil à l'échelle opérationnelle pour optimiser le séchage des graines (157) et caractériser la qualité de lots de graines lors de leur extraction (123) ainsi qu'au cours de leur conservation (49).
- Sur une base continue, les chercheurs de l'équipe collaborent avec le Centre de semences forestières de Berthier (CSFB) pour régler des problèmes particuliers. Cette année, la méthode de suivi du séchage des graines lors de l'extraction (123) ainsi que la fiabilité de l'évaluation du nombre de semences au kilogramme (122) ont été étudiées.
- La conservation des graines à long terme est indispensable pour faire face à une éventuelle perte de biodiversité causée par les changements climatiques appréhendés. Les résultats obtenus avec la mesure de l'activité de l'eau depuis quelques années ont mis en évidence que le contenant de conservation des graines avait un impact très important sur la qualité de la conservation (141, 142). Un projet mené avec le Centre de technologie minérale et de plasturgie (CTMP) du Cégep de Thetford a permis de mettre au point un contenant spécial pour la conservation à long terme des graines.
- La production de mélèze hybride par bouturage se heurte à un problème d'uniformité de gabarit des pieds-mères, ce qui nuit à l'atteinte des objectifs de production pour cette espèce. En effet, certains pieds-mères restent chétifs. De ce fait, ils ne produisent pas le nombre escompté de boutures par pied-mère. Les chercheurs en production de semences et de plants ont examiné les causes de l'hétérogénéité de la croissance en hauteur des pieds-mères de mélèze hybride et ont émis des recommandations opérationnelles afin d'éviter cette situation (42).

Embryogenèse somatique

L'embryogenèse somatique permet d'obtenir, à partir d'une seule graine et de façon asexuée, un nombre illimité d'embryons somatiques qui deviendront plus tard des plants dont le génotype est identique à celui de l'embryon initial issu de la graine.

- Les chercheurs, en collaboration avec la DGSPF et la pépinière de Saint-Modeste, ont poursuivi leurs travaux sur l'intégration des pieds-mères somatiques dans la filière de bouturage et la caractérisation morpho-physiologique des clones somatiques en pépinière. Un catalogue est maintenant disponible pour une utilisation opérationnelle. Il détaille les performances de tous les clones somatiques d'épinette blanche produits par Saint-Modeste sur le plan de la croissance, de l'aptitude au bouturage, etc.
- Les chercheurs ont démontré que les clones somatiques peuvent produire précocement du pollen et des graines viables (5). Cette production d'une nouvelle génération de semences issues de parents de très haute qualité génétique pourrait contribuer au programme d'embryogenèse somatique et à l'introduction de nouveau matériel amélioré dans la filière du reboisement.
- Des travaux sur les corrélations entre les performances des clones somatiques en pépinière et celles en plantation ont démontré que les possibilités existent quant à l'élaboration d'une stratégie de sélection hâtive multicritère des clones performants destinés à la filière de bouturage et au reboisement (40).

Production de plants

- Un réseau sans fil de pesons (balances) électroniques automatisés a été conçu pour mesurer, en temps réel, la teneur en eau du substrat de plusieurs récipients à la fois, à l'aide du nouveau logiciel *IRNET*. La teneur en eau du substrat sera ensuite utilisée par les logiciels d'irrigation et de fertilisation *IRREC* et *FERTIRREC*. L'utilisation de ces pesons automatisés remplacera la pesée manuelle des récipients, ce qui réduira les coûts liés à l'irrigation tout en augmentant la qualité de la surveillance de ces cultures. Ces pesons feront partie d'une stratégie globale visant à assurer une protection accrue de la qualité des eaux souterraines des pépinières forestières. Les coûts de fabrication, les performances et la simplicité d'utilisation ont été optimisés par la conception d'un circuit imprimé adapté et de stratégies d'alimentation électrique permettant une autonomie des piles suffisante pour couvrir la saison de croissance.
- Des expériences de fertilisation foliaire d'urée ont démontré que cette technique culturale permet d'augmenter, en moins de 7 jours, la concentration foliaire en azote des plants en croissance d'épinette noire 2+0 en récipients 25-310. Cette approche de fertilisation facilitera l'atteinte du critère de concentration foliaire minimale en azote des plants destinés au reboisement (168, 197).



Réseau de pesons (balances) électroniques automatisés, installés en permanence sur le terrain et transmettant les mesures au bureau, en temps réel, par un réseau sans fil. Les masses mesurées sont converties en teneur en eau du substrat par le logiciel *IRNET*. Au premier plan, un peson avec son émetteur et une masse de référence de 50 kg (2 seaux blancs). À gauche, un routeur alimenté à l'énergie solaire. À l'arrière-plan, le récepteur relié à l'ordinateur (Photo : D. Girard, MRN).

- Pour diminuer le nombre de plants rejetés à cause de l'insuffisance racinaire, les chercheurs ont démontré que le recours au traitement de jours courts augmentait la masse des racines ainsi que la cohésion de la carotte des racines des plants d'épinette noire par rapport au traitement témoin (20). Ils ont également démontré qu'un ensemencement hâtif des plants d'épinette blanche augmentait de façon significative la croissance des racines et la cohésion de la carotte, par comparaison à un ensemencement tardif (45). Ces résultats sont déjà mis en application à l'échelle opérationnelle et contribuent à augmenter le taux de conformité des plants aux normes et critères de qualification des plants, de même que la rentabilité des pépinières forestières.
- Dans le cadre d'un projet en réseau d'envergure internationale, les chercheurs ont mis au point une technique innovante de compostage de la biomasse foliaire forestière et de confection de substrats pour la production de plants en pépinière forestière (2).



Effet d'un ensemencement hâtif sur la croissance en hauteur et sur celle des racines de plants d'épinette blanche (deux plants de gauche), par comparaison à un ensemencement tardif (deux plants de droite) (Photo : M. Renaud, MRN).



Après l'installation d'un dispositif à la pépinière privée de Girardville, le chercheur et l'équipe technique expliquent les objectifs du projet aux responsables de la pépinière, ainsi que l'importance du suivi rigoureux des tâches à effectuer (Photo : M. Lamhamedj, MRN).

Transfert, diffusion et collaborations diverses

- Les membres de l'équipe ont organisé une journée de formation par visioconférence à l'intention des producteurs de plants de plusieurs régions du Québec. Ils ont aussi visité plusieurs pépinières pour aider les pépiniéristes à résoudre différents problèmes techniques spécifiques.
- L'équipe de recherche en production de semences et de plants, en collaboration avec le CSFB et la DGSPF, a organisé l'Atelier-conférence *Les semences forestières : un maillon clé des plantations de grande valeur*. Plusieurs chercheurs en production de semences et de plants, en amélioration génétique et en écologie ont présenté leurs plus récents résultats de recherche (165, 166, 177). En plus de la journée de conférences, les participants ont pu visiter le CSFB où plusieurs stations expliquaient le cheminement des cônes et des graines, depuis le site de récolte jusqu'à la livraison des graines dans les pépinières. Cet atelier, auquel près de 130 personnes ont participé, a été un grand succès.
- Les chercheurs et l'équipe technique en production de semences et de plants ont organisé des ateliers de formation, des colloques de transfert de connaissances et des visites à différentes pépinières forestières à l'échelle du Québec, portant sur les caractéristiques et les propriétés physicochimiques des substrats (172), le contrôle et l'optimisation de l'irrigation (173) et de la fertilisation (174), les techniques de protection contre



Conférenciers ayant présenté et animé l'atelier sur les semences forestières organisé les 3 et 4 décembre 2013 à Berthier. De gauche à droite : Yvon Camirand (retraité Brundtand), Daniel Richard (DGSPF), Claude Gagné (DGSPF), Michel Campagna (DRF), Conrad Drolet (CSFB), Anne Savary (DGSPF), Michèle Bettez (CSFB), André Rainville (DRF), Mohammed S. Lamhamedj (DRF), Dave Kolotelo (BC Tree Seed Centre), Catherine Périé (DRF) et Fabienne Colas (DRF) (Photo : P. Lemay, MRN).

le gel (175), la qualité morphophysologique des plants en relation avec les techniques culturales (176, 179), la carence en bore (200), la tolérance à la sécheresse des plants conférée par les champignons ectomycorhiziens (178), la plasticité physiologique de l'épinette blanche en relation avec les changements climatiques (180) et finalement, la fertilisation foliaire d'urée (197). Dans le cadre d'une rencontre technique de l'Office des producteurs de plants forestiers du Québec (OPPFQ), une conférence sur la fertilisation foliaire d'urée sur des plants de fortes dimensions (PFD) d'épinette noire 2+0 en récipients a aussi été donnée (168).

- En ce qui a trait aux projets de modernisation des pépinières forestières, financés par des organismes subventionnaires internationaux, certains chercheurs de l'équipe participent activement à l'adaptation et à la mise en application de l'expertise québécoise de production de plants et de bouturage, très prisée à l'échelle internationale (2, 135).
- Un des chercheurs de l'équipe a été invité par des organisations subventionnaires externes pour évaluer la qualité scientifique de projets de recherche et développement.
- Les chercheurs en production de plants, en collaboration avec l'Université Laval et le Service canadien des forêts, contribuent à former la relève professionnelle dans le domaine de la production de plants, fort recherchée par le Ministère, et les pépinières privées.
- Le transfert de connaissances ne se limite pas aux activités de transfert direct auprès des utilisateurs, mais se fait aussi par des conférences (196) et des articles de vulgarisation scientifique (158).

Perspectives

Production de semences

- Le prototype de contenant créé pour la conservation à long terme des graines a été caractérisé de façon exhaustive par le CTMP, notamment sur le plan de la perméabilité. Les travaux se poursuivent maintenant à la DRF pour le tester dans des conditions opérationnelles et valider ainsi les résultats de la caractérisation effectuée au laboratoire.
- Des mesures de l'activité de l'eau de cônes seront prises pour vérifier si cette mesure peut être utilisée comme critère décisionnel en vue de déterminer la période optimale d'extraction des graines des différentes espèces de conifères utilisés dans le programme de reboisement au Québec.

Embryogenèse somatique

- Le Ministère possède un vaste réseau de plantations d'évaluation de clones somatiques. Ces plantations seront utilisées pour caractériser le débourrement des clones afin d'identifier ceux qui seraient les moins vulnérables aux conditions environnementales changeantes dans un contexte de changements climatiques.
- Les travaux se poursuivent sur la caractérisation et le catalogage des clones somatiques ainsi que sur l'intégration des pieds-mères somatiques dans la filière de bouturage. D'autres travaux mettront l'accent sur l'optimisation des techniques de cryogénie, de la sélection des embryons somatiques et des propriétés physico-chimiques des substrats, pour améliorer la rentabilité de l'intégration opérationnelle de l'embryogenèse somatique et de la foresterie multiclonale au Québec.

Production de plants

- Dans plusieurs pépinières, on évaluera la faisabilité technique d'utiliser, à une échelle opérationnelle, un nouveau type de peson (balance) électronique à transmission de données sans fil. Ce système permettra de mesurer, en temps réel et à un moindre coût, la teneur en eau du substrat de plusieurs récipients à la fois.
- À la suite de la conception de ce nouveau type de peson (balance) électronique, la faisabilité technique d'utiliser ce système à une échelle opérationnelle sera testée en pépinière.
- Compte tenu des succès obtenus avec la fertilisation foliaire d'urée pour augmenter rapidement la concentration foliaire en azote de plants d'épinette noire, l'efficacité de cette technique sera évaluée pour d'autres essences produites en récipients.
- Le critère de qualification de l'insuffisance racinaire



Étude du débourrement, en serre, de clones somatiques d'épinette blanche (Photo : F. Colas, MRN).

provoque encore un rejet important de plants à l'échelle du Québec. Pour faire face à cette situation, les chercheurs travailleront à améliorer et à optimiser l'absorption des oligo-éléments, notamment le bore, pour favoriser la croissance des racines et la dominance apicale des plants.

- Un autre défi en production de plants forestiers au Québec consiste à trouver des solutions innovantes pour mieux protéger les plants contre les extrêmes de température associés aux changements climatiques, en particulier les gels (hivernal, automnal et printanier) et les épisodes sévères de sécheresse.
- Les chercheurs de l'équipe collaborent avec la chaire

de photonique de l'Université Laval pour calibrer une nouvelle technologie reliée à l'utilisation de capteurs électrochimiques à base de fibre optique. Ces travaux visent à permettre aux pépiniéristes de suivre en temps réel la fertilité des substrats et d'ajuster rapidement le calendrier de fertilisation des différentes cultures en récipients et à racines nues.

- Les chercheurs de l'équipe continueront aussi à accompagner l'ensemble des pépinières forestières privées et publiques du Québec lors de l'installation d'essais techniques, et à organiser des ateliers de formation technique pour répondre aux préoccupations à caractère opérationnel des pépiniéristes.



Effets de la fertilisation foliaire d'urée sur la couleur des aiguilles après l'augmentation rapide de la concentration en azote des plants d'épinette noire 2+0 (récipients 25-310) par rapport aux plants témoins (Photo : M. Simard, pépinière de Normandin, MRN).

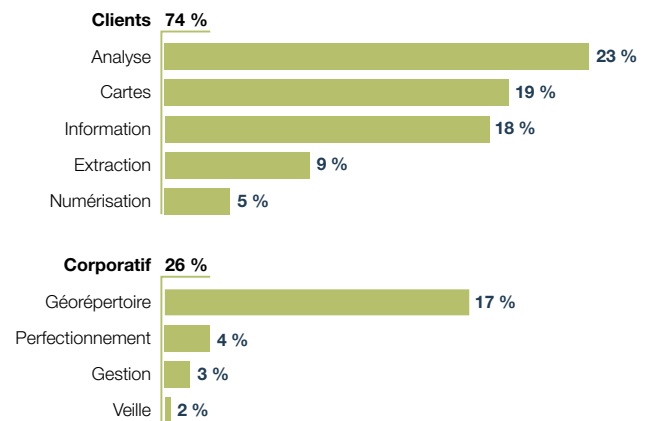


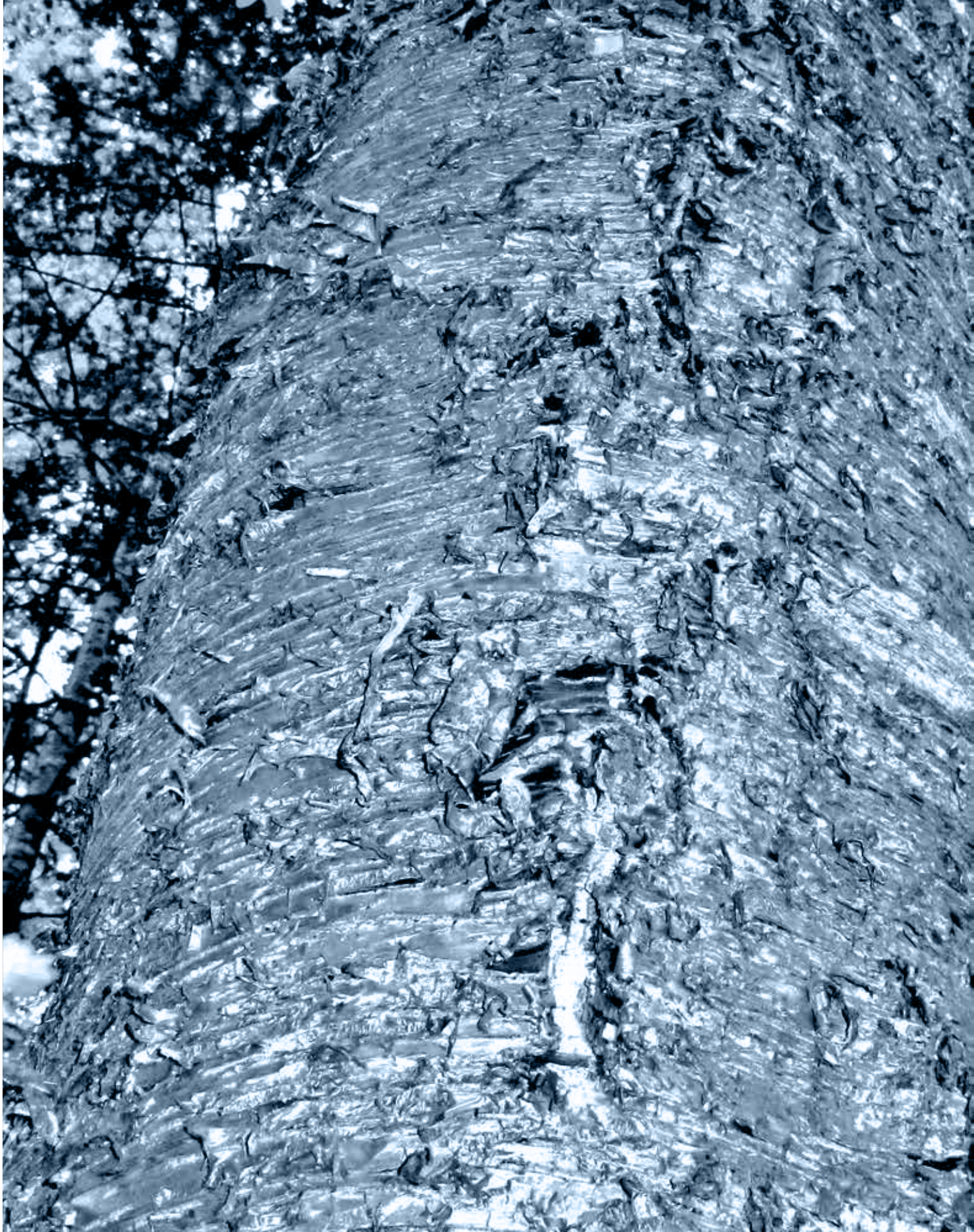
Symptômes typiques d'une carence en bore observée en pépinière : débournement retardé, inhibition de la croissance des racines et croissance sinueuse de la tige (Photo : P. Lemay, MRN).

GÉOMATIQUE

L'équipe de géomatique offre un soutien aux chercheurs de la DRF en ce qui a trait à la cartographie, à l'écologie numérique et à l'analyse des données écoforestières. Elle gère, bonifie et documente un géorépertoire qui rassemble des données concernant les inventaires, la cartographie écoforestière, le milieu physique, le climat, les perturbations et les forêts d'expérimentation. Le géorépertoire rassemble une variété de données sur l'ensemble de la forêt québécoise et contribue à fournir un meilleur état des connaissances du territoire. Au cours de l'année 2013-2014, l'équipe de géomatique a répondu à de nombreuses demandes d'analyse et d'information, tant internes qu'externes, et a collaboré à plusieurs projets de recherche. La figure ci-dessous illustre la répartition de ces demandes.

Répartition des demandes d'analyse et d'information (%) en 2013-2014





LE SERVICE DE LA SYLVICULTURE ET DU RENDEMENT DES FORÊTS

Les projets de recherche du Service de la sylviculture et du rendement des forêts sont regroupés en quatre créneaux : la sylviculture et le rendement des forêts naturelles, la sylviculture et le rendement des plantations, la modélisation de la croissance et du rendement des forêts ainsi que le travail forestier.

Les principaux objectifs de la recherche en sylviculture consistent à mettre au point des traitements sylvicoles et à améliorer les connaissances quant à leurs effets sur la dynamique, la composition, la croissance et la qualité des peuplements traités. Cela nécessite d'étudier les processus écologiques de régénération, de compétition intraspécifique et interspécifique ainsi que les facteurs qui influencent la croissance et la mortalité des arbres dans les peuplements.

La modélisation de la croissance et du rendement des forêts ou des plantations permet de connaître aujourd'hui les volumes de bois disponibles pour la récolte future, par espèce ou groupe d'espèces. L'objectif des recherches pluridisciplinaires en modélisation menées par les chercheurs et les statisticiens est d'élaborer des modèles de croissance et de rendement de la forêt québécoise. Ces modèles représentent l'un des fondements de l'aménagement forestier durable. Ils sont couramment utilisés par les ingénieurs forestiers, les techniciens, les aménagistes forestiers et les responsables des calculs de la possibilité forestière.

Quant aux recherches sur le travail forestier, elles cherchent à établir la valeur des traitements sylvicoles ainsi que les conditions dans lesquelles les travailleurs peuvent les effectuer adéquatement et en sécurité. Elles examinent notamment la charge de travail associée à certains travaux sylvicoles pour les travailleurs forestiers.

L'année 2013-2014 a été marquée par la parution des tomes 1 et 2 du *Guide sylvicole du Québec*, ouvrage qui rassemble et présente de façon structurée les plus récents résultats de recherche en sylviculture applicables aux forêts du Québec. Il servira de référence aux sylviculteurs, dans une optique de gestion par objectifs. Plusieurs chercheurs de la DRF ont été très engagés dans ce projet en tant qu'auteurs, réviseurs ou éditeurs.

Enjeux généraux

Trois grands enjeux guident les recherches en sylviculture et rendement des forêts :

- les traitements sylvicoles favorisant l'aménagement durable des forêts;
- l'effet de la sylviculture sur le rendement des peuplements, tant en forêt naturelle que plantée, et les possibilités d'intensification de la sylviculture;
- la diffusion des résultats de recherche et le transfert de connaissances aux ingénieurs forestiers, aux sylviculteurs et aux aménagistes.

SYLVICULTURE ET RENDEMENT DES FORÊTS NATURELLES

Tomes 1 et 2 du Guide sylvicole du Québec

La parution des tomes 1 et 2 du *Guide sylvicole du Québec* est l'accomplissement de plusieurs années de travail pour les chercheurs en sylviculture et rendement des forêts. La contribution de ceux-ci au tome 1 s'est faite principalement dans les fiches portant sur l'autécologie des espèces, notamment celles sur le bouleau jaune (110), l'épinette blanche (111), l'épinette rouge (82), le thuya occidental (91) ainsi que sur des aspects écologiques comme la remontée de la nappe phréatique (88).

Les chercheurs en sylviculture ont également participé à la production du tome 2 en tant qu'auteurs, réviseurs et éditeurs. Ils ont contribué à 11 chapitres traitant de la place de la sylviculture (86), des concepts et des traitements sylvicoles (93), des grands types de couvert (112), de la préparation de terrain (106), du drainage sylvicole (87), des éclaircies précommerciales (121) et commerciales (90), des traitements d'assainissement (81), des coupes totales (92), de la coupe progressive régulière (114), de la coupe progressive irrégulière (113) et de la coupe de jardinage avec gestion par arbres (85). Ils ont également contribué au glossaire et aux annexes. Enfin, ce travail leur a aussi permis de contribuer au *Glossaire forestier* commun du Ministère, une collaboration entre les secteurs des forêts, des opérations régionales et de la faune, ainsi que le Bureau du forestier en chef. Le manuscrit a été révisé, harmonisé et complété par le comité d'édition scientifique formé de chercheurs du Service de la sylviculture et du rendement des forêts.

SYLVICULTURE ET RENDEMENT DES FORÊTS NATURELLES PEUPELEMENTS RÉSINEUX

Enjeux

Étant donné leur étendue, les peuplements résineux naturels présentent une grande variabilité de structure, de composition et de conditions de croissance. L'aménagement durable de ces forêts requiert une diversité de connaissances relatives à leur développement. Des recherches en cours dans ce créneau portent sur les traitements sylvicoles couramment employés ou en testent de nouveaux, dans le but de permettre aux forestiers de prendre des décisions plus éclairées lors de l'élaboration de scénarios sylvicoles. Les connaissances acquises aideront à améliorer l'atteinte des objectifs poursuivis en fonction des caractéristiques du peuplement actuel, de sa variabilité naturelle, des conditions de la station et des critères d'application des traitements. Elles permettront aussi d'intégrer des aspects financiers et économiques à la prise de décision sylvicole.



Visite sur le terrain effectuée dans le cadre d'un colloque sur l'éclaircie commerciale (Photo : I. Rioux, CRÉ du Bas-Saint-Laurent).

Réalisations

Les chercheurs en sylviculture des peuplements résineux ont piloté un groupe de réflexion sur la sylviculture intensive de plantations dans un contexte d'aménagement écosystémique. Ce groupe a remis 11 recommandations aux autorités du Ministère (132) dans le but d'aider à la prise de décisions d'aménagement. Les chercheurs ont participé à un projet permettant de déterminer les effets des éclaircies sur le rendement des peuplements et la valeur faunique. Dans le cadre de ce projet, des mesures d'atténuation pour le maintien de la biodiversité régionale ont été élaborées (en collaboration avec des chercheurs de Faune Québec) (133). Ils ont aussi présenté des affiches lors d'une visite sur le terrain dans une plantation d'épinettes blanches en mélange avec des sapins établis naturellement, réalisée dans le cadre d'un colloque sur l'éclaircie commerciale (194). Ils ont alors eu l'occasion de présenter les principes d'application du traitement et d'en discuter.

Les contributions au tome 2 du *Guide sylvicole du Québec* ont également débouché sur la rédaction et la révision des fiches d'aide à la décision publiées par la Direction de l'aménagement et de l'environnement forestiers (DAEF) du Ministère. Ces fiches contenant des détails opérationnels sur les traitements sylvicoles seront disponibles pour orienter la prise de décisions sylvicoles dans les régions.

Les chercheurs ont aussi participé, en collaboration avec diverses organisations, à des projets ou à des comités sur :

- les effets d'interaction entre la récolte de la biomasse forestière, le climat et le type écologique sur la fertilité des sols et la productivité en forêt boréale ;
- la caractérisation et la cartographie à l'aide du lidar des attributs structuraux des peuplements forestiers pour effectuer la planification opérationnelle de coupes partielles (en collaboration avec des chercheurs de l'Université Laval et de l'Université du Québec à Montréal) ;
- la sylviculture dans le contexte d'aménagement écosystémique et de populations abondantes d'originaux dans l'est du Québec (en collaboration avec des chercheurs de l'Université Laval et de l'Université du Québec à Rimouski) ;
- la dégradation des sapinières soumises au broutement chronique qui peut engendrer diverses trajectoires successionales ;
- le problème de régénération de l'épinette blanche dans les pessières blanches ;
- l'atténuation des conséquences des épidémies de la tordeuse des bourgeons de l'épinette sur le rendement des pessières, par une meilleure compréhension des

facteurs déterminant la vulnérabilité des peuplements dans un contexte de changements climatiques (en collaboration avec des chercheurs du Service canadien des forêts, de l'Université du Québec à Chicoutimi et de l'Université du Québec à Montréal);

- l'adaptation aux changements climatiques de la conception et de la gestion du réseau d'aires protégées au Québec;
- la mise en œuvre et l'adaptation au contexte québécois d'une nouvelle catégorie d'aires protégées, soit l'aire protégée polyvalente, qui vise à intégrer l'utilisation durable des ressources naturelles (selon l'Union internationale pour la conservation de la nature);
- l'élaboration d'un guide de gestion de la densité pour l'épinette noire (en collaboration avec des chercheurs de l'Université Laval, de l'Université du Québec à Chicoutimi et du Service canadien des forêts);
- l'analyse du chablis et de la rentabilité de l'éclaircie commerciale en peuplements résineux (en collaboration avec des chercheurs de l'Université Laval et de l'Université du Québec à Chicoutimi);
- le transfert de connaissances sur la sylviculture du thuya occidental avec l'approche par micropeuplements auprès des régions du Québec et des États de la Nouvelle-Angleterre (en collaboration avec Les Industries Maibec inc., l'Université Laval, le Service canadien des forêts, le CERFO et le département de l'Agriculture des États-Unis (United States Department of Agriculture, USDA));
- le *Glossaire forestier* commun du Ministère (une collaboration entre les secteurs des Forêts, de la Faune, des Opérations régionales et le Bureau du forestier en chef).



Variante d'éclaircie précommerciale par trouées, appliquée dans des jeunes peuplements (Photo : S. Tremblay, MRN).

Perspectives

- Les dispositifs de recherche et les réseaux de la mesure des effets réels établis dans une diversité de peuplements permettront d'étudier les effets complets à long terme de toute une gamme de traitements sylvicoles, tant en ce qui a trait aux caractéristiques dendrométriques qu'à d'autres attributs tels que ceux désirés dans un contexte d'aménagement écosystémique.
- Les effets à long terme de l'éclaircie précommerciale seront déterminés sur les caractéristiques à l'échelle de l'arbre ainsi qu'à celle du peuplement, notamment la production en volume dans une grande diversité de conditions et de compositions, sur l'ensemble du territoire québécois.
- Des dispositifs de recherche comprenant différentes intensités d'éclaircie ou de coupe partielle donneront des résultats pour un gradient de composition en résineux, et ce, malgré leur jeune âge, soit de 10 à 15 ans après le traitement. Ce sera le cas de deux dispositifs en sapinière (lac Ailloux et Labrieville), de deux autres en sapinière à épinette noire (Saint-Camille et Biencourt), d'un en pessière noire, en pinède grise et en peuplement mélangé constitué de ces deux essences (Harricana) et d'un en pinède grise (Normandin).
- Des dispositifs ou des placettes des réseaux de la mesure des effets réels ayant subi un traitement unique (p. ex., une éclaircie précommerciale) serviront aussi à acquérir des connaissances en lien avec l'application de scénarios sylvicoles, à savoir une séquence de traitements comme une éclaircie précommerciale suivie d'une éclaircie commerciale.



Variante d'éclaircie précommerciale systématique appliquée dans des jeunes peuplements (Photo : S. Tremblay, MRN).

- La mise en œuvre de l'aménagement écosystémique fait naître un besoin d'évaluer le degré auquel les peuplements aménagés se rapprochent de la forêt naturelle. Pour ce faire, un cadre conceptuel est en élaboration pour quantifier le degré de naturalité des peuplements dans différents contextes écologiques et sylvicoles. L'applicabilité du concept est testée dans trois projets portant sur : (1) l'étude des bénéfices en termes de croissance, de coût d'exécution et de naturalité pour des variantes d'éclaircie précommerciale appliquées dans des jeunes peuplements; (2) la naturalité des peuplements dans différents contextes de plantation; et (3) la coupe progressive irrégulière en forêt feuillue.
- L'application des principes de l'aménagement écosystémique nécessitera l'élaboration de nouveaux traitements dont les effets devront eux aussi être examinés. Dans ce contexte, et afin de répondre à l'enjeu de raréfaction du thuya occidental, un dispositif de recherche sera installé pour expérimenter trois procédés de régénération. Ce projet s'ajoute aux collaborations déjà en cours pour le transfert de connaissances sur le thuya. Dans ce même contexte, un nouveau dispositif sera aussi établi en sapinière régulière, où la coupe progressive irrégulière sera appliquée pour former une structure complexe.
- Afin de tirer profit du plein boisement des peuplements, les critères d'application et le rendement du regarni de la régénération naturelle dans les peuplements résineux récoltés en coupe totale sont étudiés. Des recherches de site sont en cours en vue d'établir un deuxième dispositif dans le réseau québécois, le premier étant suivi depuis maintenant trois ans en Mauricie.



Semis naturel d'épinette rouge préétabli en sous-bois, mesurant près de 70 cm de hauteur et âgé d'une trentaine d'années (Photo : D. Dumais, MRN).

SYLVICULTURE ET RENDEMENT DES FORÊTS NATURELLES PEUPELEMENTS MÉLANGÉS

Enjeux

L'aménagement écosystémique constitue un défi de taille dans les forêts mixtes boréales et tempérées du Québec, en raison de la diversité d'espèces et de leurs modes de reproduction, de leur taux de croissance et de leur longévité. Pour se régénérer, certaines essences de valeur (p. ex : le bouleau jaune, l'épinette rouge et l'épinette blanche) ont des exigences physiologiques et écologiques particulières. De plus, l'omniprésence d'une forte concurrence végétale ajoute aux difficultés de régénération. Les chercheurs en sylviculture et rendement des peuplements mélangés travaillent à mettre au point des traitements sylvicoles novateurs adaptés à la complexité, à la richesse et à la dynamique de cet écosystème afin d'en assurer l'intégrité à long terme.

Dans les forêts de belle venue et les jeunes strates, on étudie les effets de différents traitements sylvicoles et de leurs variantes et modalités sur le microclimat, la régénération, la croissance des arbres résiduels et le rendement à long terme. D'autres recherches expérimentent des méthodes de remise en production pour les peuplements dégradés de la sapinière à bouleau jaune. Certains dispositifs couvrent aussi des aspects plus fondamentaux mais essentiels à notre compréhension de l'écosystème forestier, comme la physiologie des jeunes arbres et leur acclimatation aux modifications du microenvironnement après des traitements sylvicoles, de manière à mieux en définir les modalités.

Réalisations

Les recherches sur la sylviculture des bétulaies jaunes résineuses (BjR) nous ont renseignés davantage sur la taille des trouées sylvicoles pouvant améliorer le statut compétitif de l'épinette rouge préétablie. Les résultats du dispositif d'Armagh II en Chaudière-Appalaches nous indiquent que les trouées de 100 à 300 m² ont été bénéfiques à la physiologie de l'épinette, lui permettant de croître aussi vite que le sapin, ce qui n'a pas été le cas dans des ouvertures plus petites (moins de 100 m²) ou plus grandes (de l'ordre de 700 m²) (11). Puisque l'établissement de nouveaux semis est difficile, ces résultats mettent en lumière l'importance d'ouvrir progressivement le couvert pour capitaliser sur la régénération préétablie d'épinette rouge.

Les recherches sur la sylviculture des peuplements mixtes à feuillus intolérants à l'ombre montrent que la coupe progressive est un traitement prometteur pour limiter l'enfeuillement. Les résultats de 10 ans dans une tremblaie résineuse de Sagard, dans Charlevoix, indiquent qu'il est

possible de favoriser le développement de la régénération résineuse préétablie et de limiter le drageonnement par l'application de coupes partielles d'établissement prélevant jusqu'à 65 % de la surface terrière (32). La deuxième phase de ce projet a été amorcée en procédant à la coupe finale à l'automne 2013, 12 ans après l'application de la coupe d'établissement. La coupe avec protection des petites tiges marchandes a été choisie pour la coupe finale, afin de favoriser à nouveau les résineux établis en sous-étage plutôt que les feuillus intolérants. Le réseau de placettes de régénération a été restauré pour entreprendre un suivi de 5 ans commençant à l'été 2014. Celui-ci permettra de quantifier les effets globaux de la coupe progressive en 2 phases pour limiter l'enfeuillement en forêt mixte boréale.

L'année 2013-2014 a été marquée par de nombreuses activités de transfert de connaissances, notamment la publication d'avis de recherche forestière (56, 57, 58), des présentations (149, 188, 189) et des visites terrain (187).

Perspectives

Les analyses des données de 10 ans de plusieurs dispositifs de recherche en forêt mixte permettront de livrer prochainement des résultats. En matière de sylviculture des bétulaies jaunes résineuses de belle venue, nous en apprendrons davantage sur :

- la croissance et la qualité des arbres résiduels en fonction de patrons de coupe utilisant des trouées de 20, 30 et 40 m de diamètre, dans le comté de Portneuf;

- le microenvironnement, la régénération et la croissance des arbres résiduels selon différents patrons de coupe de jardinage (par pied d'arbres, par groupe d'arbres, avec trouées), dans les Appalaches;
- l'établissement, la survie et le développement individuel de semis naturels d'épinette rouge, en fonction de différentes conditions d'établissement (sans intervention et avec patrons de coupe de jardinage), dans les Appalaches.

En matière de sylviculture des peuplements mixtes à feuillus intolérants, des résultats sur la croissance des arbres résiduels après une coupe partielle dans la tremblaine résineuse de Charlevoix sont en voie d'être publiés.

SYLVICULTURE ET RENDEMENT DES FORÊTS NATURELLES PEUPELEMENTS FEUILLUS

Enjeux

Les recherches en sylviculture et rendement des forêts naturelles axées sur les peuplements feuillus visent à tester des pratiques forestières permettant l'aménagement durable et écosystémique de ces forêts, en particulier pour la réhabilitation des forêts appauvries. Ces recherches sur les effets des traitements sylvicoles s'articulent autour de trois axes principaux. Le premier concerne l'étude de la croissance des arbres et du rendement en matière ligneuse des peuplements. Le second s'intéresse à la dynamique de la régénération des peuplements et aux facteurs qui l'influencent. Le troisième axe vise à caractériser les attributs écologiques des arbres et des peuplements en fonction des traitements sylvicoles, afin de déterminer les méthodes produisant le plus de qualité et de valeur des tiges.



Aperçu du parterre de coupe après la coupe finale d'une tremblaine résineuse de Sagard en 2013, et gain de croissance radiale d'une tige d'épinette à la suite de la coupe d'établissement pratiquée 12 ans auparavant (Photos : M. Prévost, MRN).

Réalisations

Les résultats de régénération, 5 ans après des coupes de jardinage par trouées ou par parquets dans le réseau des effets réels, ont été diffusés (41). Ils indiquent que les coefficients de distribution de la régénération du bouleau jaune et des autres essences désirées dépassent généralement ceux escomptés par le MRN.

Quatre activités de transfert ont été tenues lors d'ateliers de travail, de colloques et de visites sur le terrain, pour diffuser les plus récents résultats de recherche en sylviculture au sujet des coupes de jardinage, des coupes progressives irrégulières et de l'éclaircie commerciale dans les peuplements feuillus (160, 161, 162, 199). Avec l'intérêt grandissant suscité par l'acériculture, il est de plus en plus important de sensibiliser les intervenants au bien-fondé de réaliser des traitements sylvicoles, et ce, tant pour la production de sève que pour la production conjointe de sève et de bois d'œuvre. Deux présentations ont été faites sur ce thème (169, 204).

Perspectives

Les chercheurs en sylviculture et rendement des peuplements de feuillus comptent poursuivre les projets de recherche à long terme afin d'appuyer les décisions sylvicoles.

- Des résultats sur la croissance et le rendement d'éclaircies commerciales de différentes intensités serviront à déterminer les modalités d'application les plus avantageuses et les rendements associés à l'éclaircie commerciale des pinèdes à pin blanc et des pinèdes à pin rouge de l'Outaouais.
- Les effets de deux modalités d'éclaircie commerciale pratiquées dans des bétulaies blanches de 70 et de 90 ans montreront leur influence sur la croissance et la qualité du bouleau à papier, et démontreront la pertinence de pratiquer une telle intervention pour la production de bois d'œuvre de qualité.
- Les résultats sur la régénération après des coupes progressives irrégulières et les simulations de scénarios de réhabilitation des forêts feuillues à l'aide de ces coupes permettront de mieux définir l'application potentielle de ces traitements ainsi que les méthodes de simulations et les rendements escomptés.
- Le contrôle mécanique de la régénération du hêtre à grande feuilles, combiné à des coupes partielles de différentes intensités, permettra de mieux définir les stratégies d'intervention opérationnelles afin de limiter l'envahissement du hêtre observé dans certaines érablières.
- L'évaluation des effets à moyen et à long terme de modalités particulières des coupes partielles sur les rendements forestiers et économiques nécessite des outils de simulations de l'évolution des peuplements. Des analyses et des simulations permettront de quantifier les effets de plusieurs modalités particulières sur les rendements à l'échelle du peuplement.



Étude de tronçonnage de l'érable à sucre dans le cadre de l'établissement d'un dispositif expérimental (Photo : F. Guillemette, MRN).



Aperçu d'une coupe progressive irrégulière à régénération lente, 4 ans après la coupe dans une érablière à bouleau jaune située à Duchesnay (Photo : F. Guillemette, MRN).

- Les chercheurs de l'équipe collaborent avec ceux du créneau de modélisation afin de mettre à jour les modèles de croissance, de recrutement, de mortalité, d'évolution de la qualité et de prévisions du panier de produits dans le simulateur SaMARE. Ces mises à jour, effectuées à partir des données recueillies dans les dispositifs de l'équipe de sylviculture, permettront de mieux évaluer les effets des coupes partielles en forêt feuillue et mixte.
- Les effets quinquennaux de trouées sylvicoles de diverses dimensions permettront de déterminer et de quantifier l'effet de facteurs tels que la grandeur des trouées, la position dans les trouées, les lits de germination et l'abondance des essences concurrentes sur la régénération du bouleau jaune.
- Les résultats du jardinage acérico-forestier sur la production de sève au cours des premières années après la coupe permettront de définir la ou les approches à privilégier en fonction des objectifs, à savoir la production exclusive de sève ou non.

SYLVICULTURE ET RENDEMENT DES PLANTATIONS

Enjeux

Le succès d'établissement de la régénération forestière après une coupe constitue l'assise d'un aménagement forestier durable. Dans un contexte d'intensification de la sylviculture, la plantation représente le meilleur moyen d'augmenter de façon notable la productivité des forêts et de consolider la production de matière ligneuse sur certaines portions du territoire forestier. Toutefois, l'atteinte des objectifs de production ligneuse nécessitera l'engagement à réaliser toute la séquence des traitements sylvicoles, notamment en optimisant la gestion de la végétation concurrente tout en ciblant les investissements sylvicoles en fonction de leur rentabilité économique.

L'aménagement écosystémique des forêts nécessite une meilleure compréhension des effets des traitements sylvicoles en plantations sur la naturalité des écosystèmes. L'impact des espèces exotiques envahissantes sur la naturalité des plantations doit également être documenté, notamment dans un contexte où les changements globaux menacent d'en stimuler l'étalement. Par ailleurs, dans plusieurs cas, les plantations constituent un outil privilégié pour atteindre les objectifs d'aménagement écosystémique, par exemple, pour réintroduire ou maintenir des espèces forestières en déclin ou pour limiter la conversion de forêts fermées en landes improductives.

Réalisations

Les chercheurs de la DRF ont dirigé un travail de synthèse concernant le maintien de la productivité des stations sensibles à l'envahissement par les plantes de sous-bois en forêt boréale (37). Cette synthèse illustre notamment comment les travaux de recherche fondamentale effectuée à l'échelle des arbres (23, 39) permettent d'identifier des hypothèses nouvelles et de guider les travaux de recherche appliquée menés à l'échelle des stations (36) afin de soutenir la planification tactique et opérationnelle. Elle démontre aussi comment l'acquisition de connaissances nouvelles sur l'enjeu du maintien de la productivité à l'échelle des régions et à celle de la province contribue directement à la planification forestière stratégique.

Les résultats sur la croissance de la forêt expérimentale de Madawaska, une plantation âgée de près de 30 ans, ont été analysés et présentés à différentes occasions aux aménagistes et sylviculteurs (182). Ces résultats ont permis de démontrer le potentiel élevé de production de plusieurs espèces résineuses sous un régime de sylviculture intensive en plantation. Par exemple, le mélèze d'Europe présentait un volume marchand de 364 m³/ha à 27 ans. Pour leur part, le pin rouge et l'épinette blanche présentaient des volumes marchands de 276 et 253 m³/ha, respectivement. Les résultats obtenus à la suite d'éclaircies commerciales ont corroboré plusieurs conclusions de l'avis scientifique publié sur ce thème en 2003, notamment à savoir que les éclaircies n'augmentent pas la production en volume marchand par unité de surface, mais plutôt la production de tiges de plus grosses dimensions.

Un mémoire de recherche présentant un tarif de cubage pour les peupliers hybrides du Québec (43) a été publié. Il s'agit du premier ouvrage d'application générale pour les peupliers hybrides.

Des dispositifs visant à mesurer l'effet combiné de l'élagage et de l'éclaircie sur la croissance, l'architecture et la qualité du bois de pin rouge et de mélèzes exotiques ont été installés. Par ailleurs, plus d'une quarantaine de plantations d'espèces résineuses exotiques ont été inventoriées afin de comparer leurs attributs avec ceux de peuplements considérés comme naturels. Un nouveau dispositif a été mis en place afin d'évaluer le risque pour le succès des plantations qu'entraîne le phénomène d'envahissement par des espèces exotiques comme le nerprun bourdaine (52).

Finalement, les recherches effectuées dans des pessières à lichens du domaine de la pessière noire à mousses ont démontré le potentiel de boisement de ces milieux grâce à la plantation d'épinette noire de très petites dimensions (16).

Perspectives

- Des réseaux de plantations expérimentales âgées de 10 à 20 ans sont revisités pour réévaluer la notion de plant « libre de croître » comme outil de représentation du potentiel de croissance des arbres plantés dans différents contextes de sylviculture.
- Les résultats de plusieurs dispositifs de recherche sont en cours d'analyse; ils seront combinés à des données collectées en plantations opérationnelles pour déterminer les caractéristiques essentielles des microsites de plantation qui garantissent le succès d'établissement des plants en forêt boréale.
- Des résultats de recherche concernant l'effet de l'élagage sur la croissance, l'architecture et la qualité du bois seront disponibles pour l'épinette noire et l'épinette blanche.
- L'effet de la densité de plantation sur la croissance et la qualité du bois d'épinette et de pin gris sera aussi évalué.
- D'autres travaux permettront d'évaluer l'effet du scariage sur la diversité floristique dans des plantations aménagées sous des régimes sylvicoles intensifs.
- Finalement, la mise au point d'outils de prédiction des risques d'envahissement par les éricacées, à l'échelle des unités d'aménagement forestier et sur la base de données historiques, écologiques et satellitaires, permettra de tenir compte de cet enjeu dans la planification tactique et stratégique.



Établissement d'un dispositif expérimental dans une plantation forestière en Estrie, envahie par le nerprun bourdaine, une espèce concurrente exotique (Photo : F. Poirier, MRN).

MODÉLISATION DE LA CROISSANCE ET DU RENDEMENT DES FORÊTS

Enjeux généraux

Les recherches pluridisciplinaires en modélisation menées par les chercheurs avec la collaboration des statisticiens visent à élaborer des modèles de croissance et de rendement de la forêt québécoise. Ces modèles représentent l'un des fondements de l'aménagement forestier durable et constituent un rouage important des nouveaux calculs de la possibilité forestière. Ils sont couramment utilisés par les ingénieurs forestiers, les techniciens et les aménagistes forestiers.

Les activités du créneau sont principalement axées sur trois grands enjeux :

- la mise à jour et l'amélioration continue des modèles de rendement en matière ligneuse par l'intégration des dernières connaissances sur l'écologie et sur l'effet des traitements sylvicoles sur la dynamique forestière;



Plantation d'épinette de Norvège de 68 ans située à Saint-Majorique-de-Grantham (Photo : L.-P. Tanguay, MRN).

- l'acquisition des connaissances sur la dynamique forestière et sur les relations entre les processus qui la régissent, les facteurs du milieu et le climat;
- la mise au point des approches de caractérisation et de modélisation de la dynamique spatio-temporelle des écosystèmes forestiers, basées sur les observations spatiales.

Mise à jour et amélioration continue des modèles de rendement

Enjeux

Les modèles stratégiques de rendement utilisés pour le calcul de la possibilité forestière doivent refléter, au meilleur de nos connaissances, les conditions de croissance, de recrutement et de mortalité observées dans les peuplements de la forêt québécoise. Ces éléments de la dynamique forestière sont en constante évolution, en réponse à un climat changeant et aux différentes perturbations. Pour cette raison, la mise à jour continue des modèles de rendement, par l'intégration des plus récentes données de l'inventaire forestier et de la recherche, représente une partie importante des activités de recherche en modélisation de la croissance et du rendement des forêts. Par la suite, ces modèles serviront au Forestier en chef pour les calculs des possibilités forestières.

Dans leur définition actuelle, les modèles stratégiques de rendement ne permettent pas de prédire la qualité des bois qui seront récoltés. Cette information supplémentaire est un élément fortement souhaitable pour le secteur forestier, car elle permettrait de développer les marchés en fonction des produits forestiers attendus. Des travaux en cours à la DRF visent à mettre au point ce type de modèle tactique d'abord pour les forêts feuillues du Québec, et ensuite pour les forêts mixtes et résineuses.

Perspectives

La mise à jour des modèles de croissance ARTÉMIS et NATURA permettra au Forestier en chef d'effectuer le prochain calcul de possibilités à l'aide de modèles de croissance qui intégreront l'ensemble des données disponibles et utilisables. De plus, des améliorations rendront ces modèles plus faciles à utiliser et leur permettront de répondre à de nouveaux besoins des utilisateurs. Par exemple, le défilement des tiges, dont celui du pin gris (47), a été ajouté au modèle. Cet ajout permet ainsi de quantifier les produits forestiers pour une tige et donc pour le peuplement.

Par ailleurs, la mise à jour des modèles du simulateur SaMARE permettra d'améliorer l'évaluation des produits de bois contenus dans les arbres feuillus ainsi que la prévision de l'évolution de la qualité des arbres, afin de mieux soutenir les évaluations du rendement économique. Ces travaux se font en collaboration avec les chercheurs du créneau de la sylviculture et du rendement des peuplements feuillus.

Acquisition de nouvelles connaissances sur la dynamique forestière

Enjeux

Les changements climatiques prédits ont le potentiel d'influencer les processus de croissance, de recrutement et de mortalité qui régissent la dynamique forestière. Parmi ceux-ci, la mortalité, de par sa nature erratique, est de loin l'élément le moins bien compris, et donc, le plus difficile à prédire. Cet élément introduit un niveau élevé d'incertitude dans les prédictions du rendement en matière ligneuse. Des activités de recherche en cours visent à acquérir des connaissances sur la mortalité dite « naturelle », c'est-à-dire qui ne résulte pas, par exemple, d'épidémies d'insectes ou du feu, mais plutôt des interactions entre les processus de compétition, les caractéristiques de la station et le climat. Ces connaissances pourraient contribuer à diminuer l'incertitude dans les prédictions de rendement.

Perspectives

Une analyse de la mortalité dans les placettes d'inventaire forestier du MRN dressera un portrait de la distribution spatiale de la mortalité à l'échelle de la forêt commerciale québécoise. Dans un contexte de changements climatiques, ce portrait servira de référence pour l'étude de l'évolution spatiotemporelle de la mortalité ainsi que celle des relations entre la mortalité et les facteurs pouvant y participer.

Une autre étude en cours porte sur les liens entre la mortalité mesurée dans les placettes permanentes d'inventaire forestier, la croissance historique, le climat et différentes caractéristiques des peuplements. Cette étude vise notamment à déterminer s'il existe un lien entre les variations historiques des taux de mortalité et des événements climatiques extrêmes passés. Les résultats de cette étude pourraient permettre d'identifier les peuplements les plus vulnérables à une mortalité accrue dans un climat futur prédit et, conséquemment, d'adapter les stratégies d'aménagement en fonction de ces particularités. Ce type d'approche est essentiel à l'atteinte des objectifs du rendement durable et au maintien de la résilience des écosystèmes forestiers.

Mise au point d'approches de caractérisation et de modélisation de la dynamique forestière basées sur les observations spatiales

Enjeux

L'observation terrestre à partir de plateformes satellitaires constitue une source unique de données pour l'étude de la dynamique des peuplements forestiers à l'échelle d'une région ou de la province. Le principal défi consiste à mettre au point des approches et des algorithmes permettant de détecter et de quantifier de façon raisonnable l'occurrence de phénomènes reliés à la dynamique forestière. Une fois ce défi relevé, il devient possible d'étudier la variabilité spatio-temporelle, historique et actuelle de la dynamique forestière, en relation avec les caractéristiques physiques, biologiques et climatiques aux échelles spatiales appropriées.

Perspectives

Des activités en cours ont pour objectif de concevoir des techniques de détection de la mortalité forestière en combinant des données satellitaires, des données lidar aéroportées, des données d'inventaire forestier et des données climatiques. Les méthodes sont actuellement mises au point pour une zone pilote de la forêt mixte en Mauricie. Par la suite, les limites de la méthode seront évaluées ainsi que la possibilité de les appliquer à d'autres régions et types de forêts au Québec. Au final, les connaissances découlant de ces activités pourraient être intégrées dans les modules de mortalité du calcul de possibilité forestière. Elles pourraient aussi permettre la planification d'opérations de récolte du bois mort dans de courts délais après la détection de zones de mortalité.

Les caractéristiques du sol sont intimement reliées à la station forestière, et donc à la dynamique des peuplements. Une méthode pour estimer les propriétés du sol à partir de mesures spectrales est présentement en cours d'élaboration. Elle pourrait permettre d'accroître nos connaissances



Martelage en forêt feuillue – marteleur (devant) et observateur pendant la collecte de données sur les activités de travail (Photo : D. Dubeau, MRN).

sur la fertilité des sols forestiers et ainsi aider à mieux planifier les opérations d'aménagement forestier. Les données acquises pourraient aussi être utilisées dans l'étude de la variabilité spatiale de la dynamique forestière.

TRAVAIL FORESTIER

Enjeux

Les sylviculteurs conçoivent et testent de nouveaux traitements sylvicoles. Certains sont mécanisés, alors que d'autres font appel à de la main-d'œuvre spécialisée pour leur réalisation sur le terrain. Les recherches sur le travail forestier portent sur l'équilibre entre la productivité des travailleurs qui appliquent ces traitements sylvicoles et la rentabilité à long terme des travaux, toujours avec le souci de protéger la santé et la sécurité des travailleurs.

Réalisations

L'éclaircie précommerciale partielle constitue un outil prometteur dans un contexte d'aménagement écosystémique. En 2013, une collecte de données sur le terrain a permis de mesurer la productivité des débroussailliers lors d'éclaircies précommerciales par trouées en comparaison avec l'éclaircie précommerciale systématique. Les analyses permettent d'estimer les bénéfices économiques possibles de l'éclaircie par trouées dans un contexte favorable à la santé et à la sécurité des travailleurs.

Une étude de la productivité des marteleurs, entamée en 2010, s'est poursuivie en 2013 en vue d'identifier les facteurs influençant le plus la productivité des marteleurs, et de guider l'ajustement des taux de rémunération forfaitaires prévu en 2015.

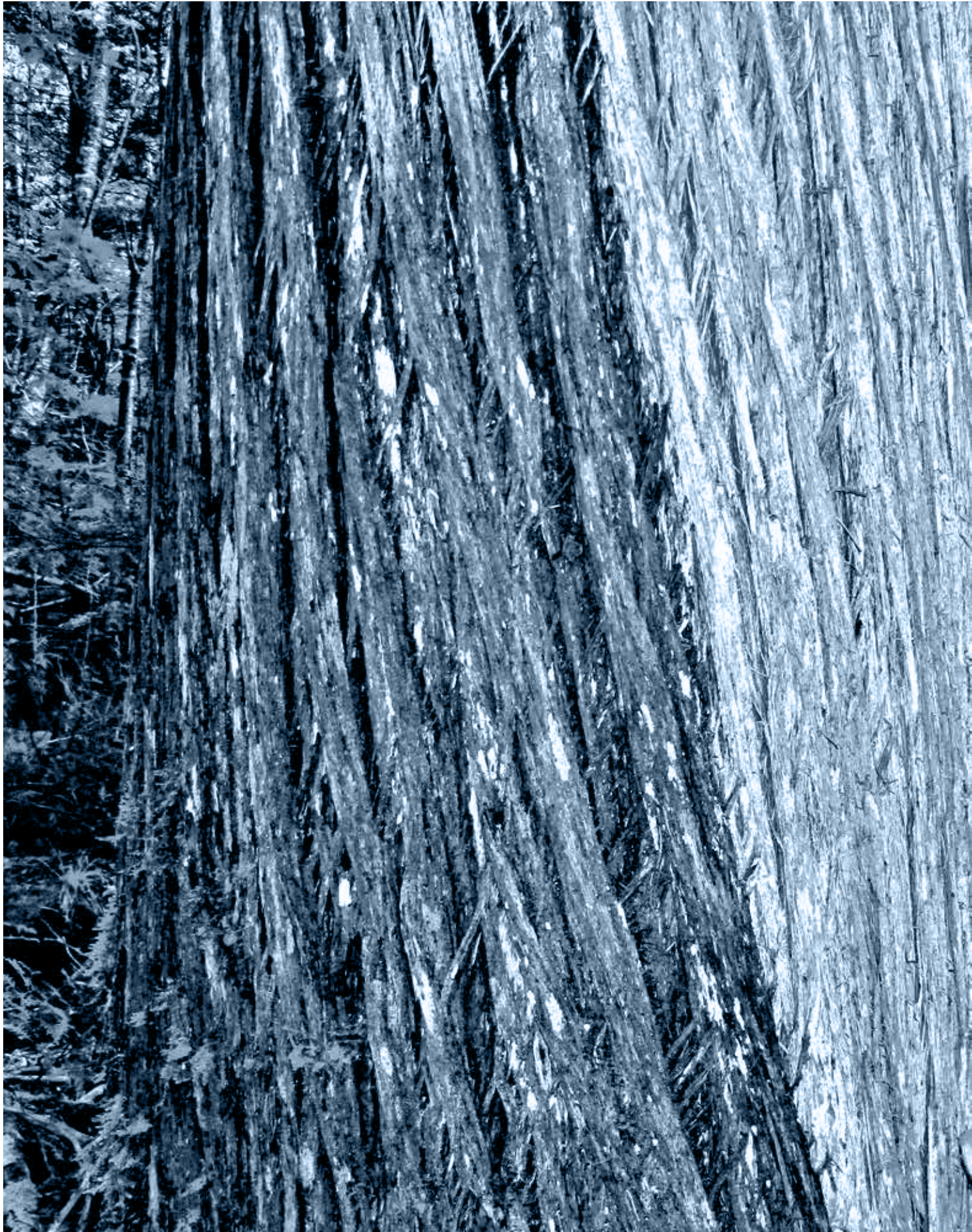


Éclaircie précommerciale par trouées – débroussaillier portant un instrument de mesure de la consommation d'oxygène (Photo : D. Dubeau, MRN).

Perspectives

L'éclaircie précommerciale par trouées a posé des problèmes d'orientation aux travailleurs lors de l'étude effectuée en 2013. Des recherches complémentaires devraient être effectuées pour établir une méthode de travail ou d'orientation permettant de garantir la meilleure qualité de traitement tout en favorisant une productivité et des coûts optimaux.

Les résultats préliminaires de l'étude sur les facteurs influant sur la productivité des marteleurs indiquent que le niveau de difficulté du travail pourrait être relié à la complexité de la directive de martelage dans certaines situations, de par son effet sur la charge de travail cognitif pour le marteleur. Une étude de la charge cognitive des marteleurs devrait être entamée en 2015 pour compléter les connaissances acquises; elle pourrait permettre de moduler les taux de rémunération ou de déterminer les caractéristiques d'une directive de martelage qui s'adapte aux capacités des marteleurs.



LE SERVICE DU SOUTIEN SCIENTIFIQUE

Le Service du soutien scientifique fournit une expertise et un appui aux équipes de chercheurs et de scientifiques de la DRF pour contribuer à l'élaboration et à la réalisation des projets de recherche ainsi qu'à la diffusion des résultats. Les équipes du laboratoire de chimie organique et inorganique, de biométrie, du réseau provincial des forêts d'expérimentation et des forêts d'enseignement et de recherche, de l'Herbier du Québec et du transfert de connaissances sont formées de techniciens et de professionnels de différentes disciplines propres à ces fonctions. Leur expertise contribue grandement à accroître la valeur scientifique des résultats de recherche publiés. Le service s'occupe aussi de la gestion des ententes de collaboration et du programme ministériel de subventions de recherche en partenariat avec le Fonds de recherche du Québec – Nature et technologies (FRQNT), sur l'aménagement et l'environnement forestiers.

LABORATOIRE DE CHIMIE ORGANIQUE ET INORGANIQUE

Le laboratoire de chimie organique et inorganique de la DRF est spécialisé dans la caractérisation chimique et physique des sols, des substrats organiques (tourbes, composts, etc.), des tissus végétaux et des eaux. Son principal mandat est de fournir des services d'analyses qui répondent aux besoins spécifiques de sa clientèle. De plus, le laboratoire élabore de nouvelles méthodes et procédures analytiques, participe à l'interprétation des résultats et agit à titre d'expert conseil.

En 2013-2014, plus de 21 000 échantillons ont été traités par le laboratoire. Près de 80 % des activités sont allées à la recherche forestière et 17 % aux activités de production de semences et de plants (voir encadré « Répartition de l'effort analytique (%) par types d'activités en 2013-2014 »).

Pour maintenir le haut niveau des services offerts, le laboratoire a réalisé différents projets de développement ou d'amélioration des procédés analytiques, soit :

- la mise au point d'une méthode de détermination de la chlorophylle et des caroténoïdes par spectrophotométrie UV-Visible;
- l'identification d'éléments traces par ICP-MS dans les écosystèmes forestiers;
- l'analyse granulométrique d'échantillons préparés avec le broyeur « Pulvérisette » et l'évaluation des effets de cette méthode sur la minéralisation avec l'acide sulfurique;



Broyage de tissus végétaux, Liette Simard, auxiliaire de laboratoire (Photo : B. Boudreault, MRN).



Détermination de l'azote minéral par spectrophotométrie, Dominique Savard, technicien de laboratoire (Photo : B. Boudreault, MRN).

- la conception et la mise au point d'une technique pour l'extraction et le dosage des sucres et des polyols dans les aiguilles et les racines;
- l'établissement d'une méthode adéquate pour la décarbonatation d'échantillons riches en carbonates, en vue de la détermination du carbone organique.

En parallèle aux activités d'analyses, le laboratoire a renouvelé son accréditation à la norme internationale ISO/CEI 17025, à la suite d'un audit externe effectué par le Bureau de normalisation du Québec qui représente le Conseil

canadien des normes. En plus d'assurer un contrôle de la compétence du personnel et de la qualité des services, cette norme constitue un outil d'amélioration des opérations.

Enfin, soulignons que le laboratoire a participé avec succès à une dizaine d'études d'essais d'aptitude de niveau international.

Pour l'année 2014-2015, les besoins exprimés par la clientèle sont similaires à ceux de l'an passé et nécessiteront, dans certains cas, l'adaptation de nouvelles méthodes analytiques.

Répartition de l'effort analytique (%) par type d'activité en 2013-2014



BIOMÉTRIE

La démarche scientifique générale combine l'expertise du chercheur scientifique et la science de la statistique et des mathématiques. Parce que les arbres et les forêts sont régis par l'interaction de nombreux facteurs biotiques et abiotiques, les sciences forestières exigent que la planification expérimentale et l'analyse des données s'appuient sur une spécialité de la statistique, soit la biométrie.

L'élaboration de dispositifs expérimentaux permettant de comparer différentes conditions forestières et d'en tenir compte, ainsi que l'analyse et l'interprétation justes et contextuelles des résultats, assurent que les chercheurs fournissent une information robuste et de qualité qui permet aux gestionnaires forestiers de faire progresser la pratique en toute confiance. Les membres de l'équipe de biométrie

mettent leur expertise au service des chercheurs tout au long de ces démarches, en participant à la planification d'expériences et à la collecte de données, à la détermination des méthodes statistiques appropriées, à l'utilisation de logiciels ayant trait à la biométrie, à l'analyse statistique des données, à la modélisation, à l'interprétation des résultats ainsi qu'à la rédaction de rapports d'analyses, d'articles scientifiques et de mémoires de recherche.

En 2013-2014, l'équipe de biométrie a mené 27 projets d'analyse statistique ou mathématique. Au 31 mars 2014, 13 autres projets étaient en cours de réalisation.

L'équipe de biométrie a été régulièrement consultée par les chercheurs de la DRF relativement à différents aspects de leurs recherches. En 2013-2014, l'équipe a accordé

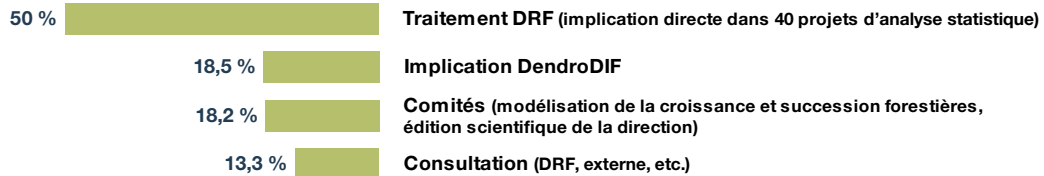
337 consultations se rapportant à 50 projets de la DRF. Il est intéressant de noter que près de 92 % des chercheurs ont consulté au moins une fois l'équipe de biométrie. Par ailleurs, le Bureau du forestier en chef, la Direction de l'aménagement et de l'environnement forestiers, la Direction générale adjointe des ressources informationnelles, la Direction des opérations intégrées, la Direction des inventaires forestiers ainsi que la Direction générale de la production de semences et de plants forestiers ont bénéficié des services de l'équipe de biométrie, que ce soit pour un traitement statistique ou pour une consultation.

Parmi les réalisations marquantes de l'équipe de biométrie en 2013-2014, notons :

- la participation aux analyses et à la rédaction d'un mémoire de recherche sur le tarif de cubage pour les peupliers hybrides (PEH) au Québec (43) et à la mise au point d'un logiciel de cubage des PEH (126);
- la participation aux analyses et à la rédaction d'un mémoire de recherche sur les effets anticipés des changements climatiques sur l'habitat des espèces arborescentes au Québec (44);
- la participation aux analyses statistiques et à la rédaction d'un article scientifique sur les facteurs environnementaux influençant le déclenchement et l'expansion initiale de la présente épidémie de la tordeuse des bourgeons de l'épinette (3);
- la participation de trois statisticiennes au comité d'édition scientifique de la DRF, pour la révision des publications scientifiques et des projets de recherche internes;
- le pilotage de la mise en application et de l'utilisation du logiciel DendroDIF à la DRF, qui permet la collecte de données informatisées validées directement sur le terrain et ainsi prêtes pour analyse;
- la contribution à la sélection des arbres d'avenir dans le programme d'amélioration génétique, qui découle directement des analyses utilisant les modèles de génétique quantitative élaborés par l'équipe de biométrie.

La figure ci-dessous illustre la répartition du temps de l'équipe de biométrie consacré aux divers dossiers ou catégories de dossiers.

Répartition du temps de l'équipe de biométrie (%) par type d'activité en 2013-2014



HERBIER DU QUÉBEC

L'Herbier du Québec a été fondé en 1942 et constitue aujourd'hui une collection d'envergure nationale. Il est répertorié sous l'acronyme QUE dans l'index mondial des herbiers. Ses collections comptent actuellement 165 527 spécimens de plantes vasculaires, de bryophytes et de lichens. La taille de ses collections en fait le troisième herbier en importance au Québec. Son personnel, spécialisé en taxonomie, en floristique et en malherbologie, fournit un soutien scientifique et technique aux activités du gouvernement du Québec, en particulier aux deux ministères responsables de sa gestion (le MRN et le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec [MAPAQ]). En plus d'assurer la conservation du patrimoine scientifique que représentent ses collections, l'herbier met à la disposition des chercheurs des spécimens de la flore du Québec et de l'est de l'Amérique du Nord, ainsi qu'une documentation spécialisée comptant plus de 3 500 titres.

En 2013-2014, 2 495 nouveaux spécimens ont été intégrés aux collections de l'herbier. Soixante spécimens ont été empruntés à d'autres herbiers à des fins de recherche et 277 ont été prêtés aux mêmes fins. La banque de références botaniques INFOBASE QUE de l'herbier recense 5 371 monographies et articles scientifiques traitant de la flore de l'Amérique du Nord et de l'hémisphère Nord.

L'informatisation des collections de l'Herbier du Québec est en cours depuis 20 ans. À ce jour, les données de près de 106 000 spécimens ont été informatisées, ce qui représente la totalité des spécimens du Québec représentés dans les collections de l'herbier. Depuis 2005, les données pour les spécimens de l'Herbier du Québec et de l'Herbier Louis-Marie (Université Laval) sont regroupées dans l'infrastructure informatique Hercul. L'étape de vérification des données de l'Herbier du Québec, préalable à leur mise en ligne, est en cours. La mise en ligne d'une première partie de ces données est prévue au cours de l'année 2014-2015.

sur le site Web du réseau Canadensys, membre du Système international d'information sur la biodiversité (Global Biodiversity Information Facility, ou GBIF).

À l'automne 2013, l'herbier de l'Institut de technologie agricole (ITA) de La Pocatière a été déménagé et intégré à l'Herbier du Québec. Ses quelque 18 000 spécimens viendront s'ajouter aux autres de l'Herbier du Québec. La mise sur chariots et rails des armoires de l'herbier, prévue pour 2014-2015, permettra l'ajout de 30 armoires supplémentaires destinées à accueillir les spécimens de l'ITA ainsi que les nouvelles acquisitions des 10 à 15 prochaines années.

L'Herbier du Québec collabore activement au programme conjoint du MRN et du ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs (MDDEFP) sur la connaissance et la protection de la flore menacée ou vulnérable du milieu forestier. Son personnel contribue par ailleurs à la collecte et à l'intégration de données concernant les plantes menacées ou vulnérables par le Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (MDDEFP). Le botaniste de la DRF a également mené une campagne d'inventaire floristique dans un secteur qui sera annexé prochainement au parc national de la Pointe-Taillon (129) pour le compte de la Société des établissements de plein air du Québec (Sépaq).

Depuis 2001, le botaniste de la DRF collabore au projet de la *Flore nordique du Québec et du Labrador*, dont le premier volume est paru au cours de cette année aux Presses de l'Université Laval. Il est l'auteur des chapitres consacrés à 15 des 27 familles du volume, qui couvrent la description de 23 genres et de 53 taxons appartenant principalement aux Gymnospermes et aux Ptéridophytes (64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 74, 75, 76, 77, 78, 79). Il est aussi l'auteur de la description d'un genre et d'une espèce appartenant à la

famille des *Orchidaceae* (73). Le travail visant le traitement de 4 autres familles destinées à 2 des 3 autres volumes de la flore se poursuit.

Le botaniste de la DRF participe également à la préparation d'une toute nouvelle édition de la *Petite flore forestière du Québec*. Son travail de photographie se poursuivra au cours de la prochaine année. D'autres projets en cours de réalisation mèneront au cours de 2014 ou des années qui suivent, notamment à la publication du *Guide de reconnaissance des habitats forestiers des plantes menacées ou vulnérables – Abitibi-Témiscamingue et Nord-du-Québec (secteur nord-ouest)*, au suivi du plan de conservation du carex des glaces, en collaboration avec la Sépaq et le Jardin botanique de Montréal, ainsi qu'aux inventaires floristiques destinés à documenter quelques projets d'aires protégées (projets de parc national du Lac-Walker, sur la Côte-Nord, et de réserves de biodiversité en milieu nordique). Le botaniste de la DRF est membre du Comité consultatif sur la flore menacée ou vulnérable du Québec, dont le sous-comité faune-flore s'est réuni à Longueuil à l'automne 2013.

Les connaissances acquises dans le cadre des activités de l'Herbier du Québec sont diffusées dans des guides, des rapports, des notes, des articles scientifiques ou des livres. Plusieurs de ces documents sont accessibles sur le site Web de la DRF.

Le botaniste du MAPAQ, quant à lui, travaille surtout à la conception du site Web IRIIS phytoprotection, une banque d'images sur les ennemis et les alliés des cultures et les symptômes causés aux plantes cultivées par les facteurs non parasitaires. Il maintient aussi l'Herbier virtuel, un projet d'édition électronique visant à permettre l'identification des mauvaises herbes des principales cultures du Québec et à rendre accessible une partie des collections de l'Herbier du Québec.



Andrée Michaud, technicienne. Intégration de spécimens aux collections de l'herbier (Photo : B. Boudreault, MRN).



Norman Dignard, botaniste. Identification au binoculaire d'une fougère (Photo : B. Boudreault, MRN).

FORÊTS D'EXPÉRIMENTATION ET FORÊTS D'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHE

Une forêt d'expérimentation (FE) est une portion du territoire public réservée exclusivement à des fins de recherche et d'expérimentation. Elle constitue un site privilégié pour ces activités, puisque les dispositifs expérimentaux y jouissent d'une protection légale. D'une superficie d'au plus 500 hectares, une FE est constituée à même les réserves forestières ou les unités d'aménagement. Les seules activités d'aménagement forestier qui y sont autorisées sont celles liées aux activités de recherche ou d'expérimentation. Chaque FE est réservée au Registre du domaine de l'État (RDE). On trouve actuellement 660 FE au Québec, réparties dans les sous-zones de la forêt décidue, de la forêt mélangée et de la forêt boréale continue.

Les principaux utilisateurs des FE sont, au Ministère : la Direction de la recherche forestière, la Direction de la production des semences et des plants, la Direction de la protection des forêts ainsi que les directions des opérations intégrées du Secteur des opérations régionales. D'autres utilisateurs incluent l'Université Laval, les organisations membres du réseau de l'Université du Québec et le Centre de foresterie des Laurentides. Au cours de l'année 2013-2014, 4 nouvelles FE ont été créées et 2 sont venues à échéance. Présentement, 180 demandes de création de FE sont en traitement.

Pour favoriser l'enseignement pratique et la recherche appliquée en foresterie, des forêts d'enseignement et de recherche (FER) peuvent être établies à même les réserves forestières. Leur superficie est variable, mais elle ne dépasse généralement pas 3 000 hectares. Le ministre peut, aux conditions qu'il détermine, en confier la gestion à un organisme sans but lucratif voué à l'enseignement ou à la recherche, comme une commission scolaire, un cégep ou une université. Le réseau des FER compte actuellement 16 territoires, gérés pour la plupart par des établissements d'enseignement secondaire, collégial ou universitaire. Un projet de création d'une nouvelle FER est actuellement en traitement (FER Montmorency, secteur B).

PUBLICATION, TRANSFERT DE CONNAISSANCES ET DOCUMENTATION

L'équipe de transfert de connaissances fournit aux chercheurs de la DRF l'expertise et le soutien nécessaire à la diffusion et au transfert de leurs résultats de recherche. Elle est responsable de la gestion et de l'édition des collections scientifiques de la DRF, et participe avec les chercheurs à l'organisation des événements et à la préparation des outils de communication et de vulgarisation scientifique. Elle conçoit aussi des médias adaptés à la nature des connaissances scientifiques à diffuser, à leur appropriation par les clientèles visées et à leur intégration au domaine de la pratique.

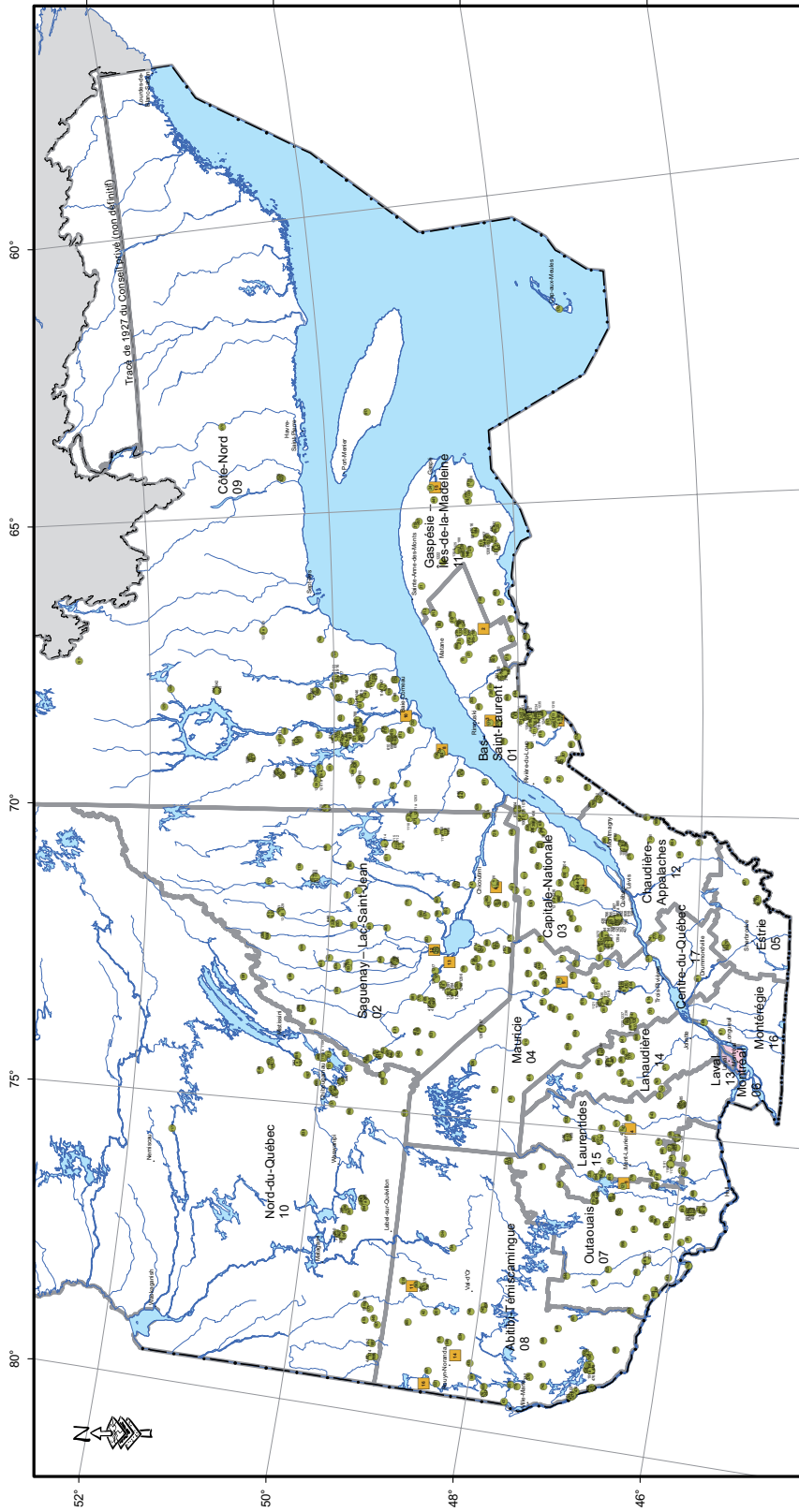
De plus, ayant comme objectif de rendre disponible une grande diversité d'informations scientifiques et techniques aux utilisateurs des résultats de recherche, notamment les praticiens régionaux, l'équipe effectue plusieurs activités de transfert et anime le stand organisationnel de la DRF lors d'événements destinés tant au grand public qu'à des clientèles spécialisées.

Au cours de l'année 2013-2014, en plus de réaliser les activités de transfert mentionnées dans les sections précédentes, l'équipe de transfert de connaissances a collaboré avec le FRQNT pour organiser le Forum de transfert sur la recherche en aménagement et en environnement forestiers, qui a eu lieu le 2 octobre 2013 à Québec. Elle a aussi animé le stand organisationnel de la DRF lors des activités suivantes :

- le 7^e Colloque annuel du Centre d'étude de la forêt, du 22 au 24 avril 2013, à Montebello, en Outaouais ;



L'achalandage au stand de la DRF a été remarquable lors de l'édition 2014 du Salon de la forêt. Organisé par les étudiants en foresterie de l'Université Laval dans le cadre de la Semaine des sciences forestières, l'événement a réuni plusieurs exposants et a attiré plus de 7 000 participants (Photo : L. Percin, MRN).



Les forêts d'expérimentation et les forêts d'enseignement et de recherche

selon les régions administratives

Frontières

- Frontière internationale
- - - Frontière provinciale
- - - Frontière Québec - Terre-Neuve-et-Labrador (cette frontière n'est pas définitive)

— Limites des régions administratives

Projection cartographique
Conique de Lambert avec deux parallèles d'échelle conservée (48° et 60°)



Réalisation

Production

- Forêt d'expérimentation
- Forêt d'enseignement et de recherche

Ministère des Ressources naturelles
Direction de la recherche forestière

Note : Le présent document n'a aucune portée légale.

© Gouvernement du Québec,
2^e trimestre 2014



- la 18^e édition de la Grande fête de la nature sur les plaines d'Abraham, le 12 mai 2013, à Québec;
- le Salon de la forêt au Centre de foires de Québec ExpoCité, du 17 au 19 janvier 2014, à Québec.

En matière de publications, l'équipe de transfert de connaissances a mis à la disposition des chercheurs son travail de consultation, de révision et d'édition d'ouvrages tels que les mémoires de recherche forestière, les notes de recherche forestière, les rapports hors série et les articles de vulgarisation. L'exercice budgétaire 2013-2014 a donné lieu, entre autres, à la publication de 4 mémoires de recherche forestière, de 3 notes de recherche forestière, de 7 avis de recherche forestière, de 3 avis techniques, d'un guide et d'un logiciel.

La DRF remercie chaleureusement tous les réviseurs anonymes qui ont participé au processus d'évaluation par les pairs de ses collections scientifiques (mémoires de recherche forestière, notes de recherche forestière et guides).

Enfin, en ce qui a trait à la relation avec la clientèle, la DRF a traité 93 demandes de renseignements qui relevaient de ses domaines d'expertise, notamment par l'envoi de nombreux documents et publications. La majorité de ces demandes ont été reçues par courrier électronique (70) et les autres, par téléphone.

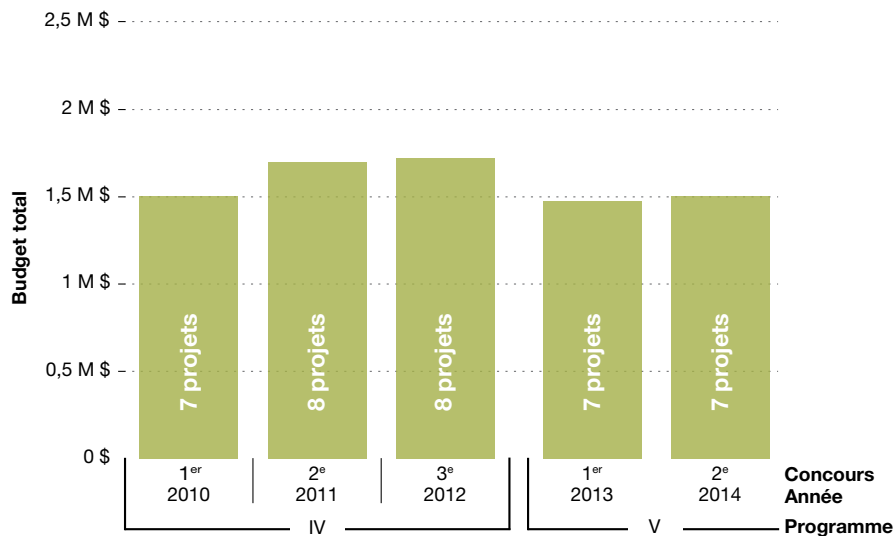
SUBVENTION À LA RECHERCHE ET AU DÉVELOPPEMENT

Le MRN, en partenariat avec le FRQNT, accorde des subventions à la recherche universitaire en foresterie par l'entremise du Programme de recherche en partenariat sur l'aménagement et l'environnement forestiers, pour des projets répondant à des besoins de recherche proposés par les utilisateurs et les gestionnaires de la forêt québécoise.

Au printemps 2013, dans le cadre du premier concours du Programme V, 7 projets de recherche ont débuté, après un processus rigoureux d'appel de propositions et de sélection. Sept autres projets débiteront en 2014-2015 dans le cadre du 2^e concours de ce même programme à la suite de l'appel de propositions de recherche effectué à l'automne 2013.

Sommaire du financement de la recherche en milieu universitaire (2010 à 2014)

Près de 7,9 M\$ • 37 projets financés depuis 2010





LA PROGRAMMATION DE RECHERCHE 2014-2015

PROJETS INTERNES

NUMÉRO DU PROJET	TITRE DU PROJET	TITULAIRE DU PROJET
Écologie forestière		
PROJETS EN COURS		
112310086	Évolution de la forêt mélangée et de la forêt boréale en réponse aux perturbations naturelles et anthropiques : une analyse rétrospective	Yan Boucher
112310115	États de référence et variabilité naturelle des paysages forestiers du Saguenay-Lac-Saint-Jean (domaine de la sapinière à bouleau blanc)	Pierre Grondin
112310122	Effet de différents paramètres d'aménagement écosystémique sur les communautés de plantes et d'insectes de la forêt boréale	Mathieu Bouchard
PROJET TERMINÉ		
112310119	Dynamique (1970-2010) de la forêt boréale du Québec en réponse aux feux et à l'aménagement forestier : une analyse rétrospective à partir d'images Landsat	Yan Boucher
Écosystèmes et environnement		
PROJETS EN COURS		
112310063	Amélioration de la fertilité des écosystèmes forestiers par l'amendement et la fertilisation des sols	Jean-David Moore
112310065	Monitoring de bassins versants : un élément clef d'acquisition de connaissances du fonctionnement des écosystèmes forestiers	Louis Duchesne
112310066	Monitoring du Réseau d'étude et de surveillance des écosystèmes forestiers du Québec (RESEF)	Rock Ouimet
112310070	Cartographie des charges critiques en relation avec les précipitations acides	Rock Ouimet
112310096	Évaluation des premières réactions du sol de la pessière à mousses de l'Est face au réchauffement climatique	Sylvie Tremblay
112310127	Évaluer la vulnérabilité des forêts aux changements climatiques à l'aide de modèles de niche	Catherine Périé
112310130	Interaction entre la récolte de la biomasse forestière, le climat et le type écologique sur la fertilité des sols et la productivité en forêt boréale	Rock Ouimet

Amélioration génétique des arbres

PROJETS EN COURS

112310072	Amélioration génétique des mélèzes : outil d'intensification de la production ligneuse	Martin Perron
112310073	Amélioration génétique du pin gris (4 volets)	Mireille Desponts
112310074	Amélioration génétique de l'épinette noire (7 volets)	Mireille Desponts
112310075	Amélioration génétique du peuplier (5 volets)	Pierre Périnet
112310076	Amélioration génétique de l'épinette de Norvège (5 volets)	Marie-Josée Mottet
112310077	Intégration de la résistance aux maladies dans le programme d'amélioration génétique des peupliers hybrides : développement de méthodes de sélection et déploiement des clones	Marie-Josée Mottet
112310078	Amélioration génétique de l'épinette blanche (3 volets)	André Rainville
112310079	Évaluation des gains réels de productivité associés au reboisement de plants génétiquement améliorés	André Rainville
112310091	Amélioration génétique des feuillus nobles (4 volets)	André Rainville
112310128	Conception d'une stratégie québécoise de conservation des ressources génétiques forestières, en lien avec leur vulnérabilité aux changements climatiques	André Rainville

Production de semences et de plants

PROJET(S) EN COURS

112310038	Détermination des seuils de tolérance au gel des plants en hiver en relation avec les extrêmes climatiques et élaboration d'un système informatique de prédiction de l'évolution de l'état d'endurcissement des plants en pépinière forestière	Mohammed S. Lamhamedi
112310082	Optimisation de la germination et de la conservation des graines des espèces résineuses commerciales destinées à la filière de reboisement du Québec	Fabienne Colas
112310084	Floraison précoce des variétés somatiques d'épinette blanche et déshydratation des embryons somatiques : nouvelles connaissances pour optimiser l'intégration d'une nouvelle génération de semences au Québec	Fabienne Colas
112310085	Identification de mesures en pépinière pour prévenir et réduire la contamination des eaux souterraines par les fertilisants	Jean Gagnon

112310088	Plantations d'évaluation des effets à moyen terme de diverses techniques culturales appliquées en pépinière forestière	Jean Gagnon
112310094	Optimisation des principales pratiques culturales affectant l'insuffisance racinaire et la qualité morpho-physiologique des plants produits en pépinière forestière	Mohammed S. Lamhamedi
112310111	Optimisation de la nutrition minérale des vergers à graines sous abri de mélèzes pour augmenter le rendement et la qualité des graines des mélèzes hybrides de haute productivité adaptées aux régions écologiques du Québec	Fabienne Colas
112310112	Les godets biodégradables à libération lente de fertilisants : une nouvelle technologie pour améliorer le statut nutritionnel, stimuler la performance précoce des plants d'épinette blanche et atténuer les effets des changements climatiques au Québec	Mohammed S. Lamhamedi
112310124	Caractérisation morpho-physiologique et sélection hâtive en pépinière forestière des clones somatiques d'épinette blanche et leur intégration dans la filière de bouturage au Québec	Mohammed S. Lamhamedi

Sylviculture et rendement des forêts naturelles

PROJET EN COURS

112310116	Expérimentation de la coupe progressive irrégulière comme pratique sylvicole adaptée et outil de restauration des peuplements appauvris	Patricia Raymond
-----------	---	------------------

Sylviculture et rendement des forêts naturelles - peuplements résineux

PROJETS EN COURS

112310005	Classification et dynamique des stations à éricacées au Québec	Nelson Thiffault
112310006	Expérimentation de la coupe progressive irrégulière comme pratique sylvicole adaptée et outil de restauration des peuplements appauvris (résineux)	Stéphane Tremblay
112310010	Scarifiage pour promouvoir la régénération naturelle des peuplements d'épinette noire en présence de semenciers	Marcel Prévost
112310011	Coupes d'éclaircie précommerciale pour la production prioritaire de résineux	Stéphane Tremblay
112310012	Coupes d'éclaircie commerciale pour la production prioritaire de résineux	Stéphane Tremblay

112310013	Régénération de sapinières en présence de fortes concentrations de cerfs de Virginie (Participation de la DRF à la Chaire de recherche industrielle CRSNG en aménagement intégré des ressources de l'île d'Anticosti)	Nelson Thiffault
112310044	Effets réels des traitements sylvicoles : coupe avec protection de la haute régénération et des sols (CPHRS)	Stéphane Tremblay
112310051	Mesure des effets réels du regarni de la régénération naturelle résineuse	Catherine Larouche
112310056	Effets réels des traitements sylvicoles : éclaircie précommerciale pour la production prioritaire de résineux	Stéphane Tremblay
112310057	Effets réels des traitements sylvicoles : coupe avec protection de la régénération des sols, volet volume	Stéphane Tremblay
112310058	Effets réels des traitements sylvicoles : éclaircie commerciale pour la production prioritaire de résineux (2)	Stéphane Tremblay
112310114	Expérimentation de procédés de régénération pour le maintien et la croissance du thuya occidental en peuplements résineux	Catherine Larouche
112310117	Évaluation de la naturalité, du rendement et de la productivité des débroussaillers pour différentes modalités d'éclaircie précommerciale	Martin Barrette
PROJETS TERMINÉS		
112310004	Coupe progressive d'ensemencement dans les forêts résineuses	Marcel Prévost
112310009	Effets de différents traitements d'éclaircie précommerciale sur les caractéristiques dendrométriques des peuplements à dominance résineuse	Stéphane Tremblay

Sylviculture et rendement des forêts naturelles - peuplements mélangés

PROJET(S) EN COURS

112310015	Expérimentation de traitements sylvicoles pour la remise en production des bétulaies jaunes résineuses dégradées	Marcel Prévost
112310016	Coupes partielles en peuplements mélangés : effets de la structure sur la régénération, la croissance, la compétition et les conditions microenvironnementales	Marcel Prévost
112310017	Éclaircie précommerciale dans la régénération de feuillus intolérants et la régénération mélangée à feuillus intolérants	Marcel Prévost
112310018	Effets combinés de trouées et de coupes partielles dans les bétulaies jaunes résineuses (BjR) de belle venue (projet SSAM, Systèmes Sylvicoles Adaptés à la Forêt Mélangée)	Patricia Raymond

112310043	Effets réels des traitements sylvicoles : éclaircie précommerciale dans les peuplements mixtes	Marcel Prévost
112310097	Expérimentation de la coupe progressive irrégulière comme pratique sylvicole adaptée et outil de restauration des peuplements appauvris (peuplements mélangés)	Patricia Raymond
112310118	Optimisation de traitements sylvicoles adaptés à la forêt mixte du Québec par l'étude des processus écophysiologicals d'acclimatation et de croissance de la régénération	Daniel Dumais

Sylviculture et rendement des forêts naturelles - peuplements feuillus

PROJETS EN COURS

112310019	Production de bois d'œuvre et régénération des pinèdes à pin blanc et des pinèdes à pin rouge	Christian Godbout
112310021	Éclaircie commerciale des bétulaies blanches de 70 à 90 ans	Christian Godbout
112310022	Expérimentation de la coupe progressive irrégulière comme pratique sylvicole adaptée et outil de restauration des peuplements appauvris (feuillus)	Steve Bédard
112310023	Développement de traitements sylvicoles alternatifs à la coupe de jardinage par pied d'arbre dans des forêts de la zone feuillue	Steve Bédard
112310025	Comparaison de méthodes d'aménagement des érablières jumelant les productions de sève et de bois d'œuvre	Stéphane Tremblay
112310026	Étude des effets des coupes de jardinage par pied d'arbre dans des forêts inéquiennes de la zone feuillue	Steve Bédard
112310045	Effets réels des traitements sylvicoles : coupe de jardinage par trouées	Steve Bédard
112310046	Effets réels des traitements sylvicoles : coupe par parquets	Steve Bédard
112310047	Effets réels des traitements sylvicoles : éclaircie précommerciale en peuplements feuillus	François Guillemette
112310048	Effets réels des traitements sylvicoles : coupes partielles	François Guillemette
112310053	Effets réels des traitements sylvicoles : coupe de jardinage	François Guillemette
112310123	Expérimentation de l'éclaircie jardinatoire en forêt feuillue	François Guillemette

Modélisation de la croissance et du rendement des forêts

PROJETS EN COURS

112310001	Mise au point d'approches de modélisation forestière axées sur la croissance d'arbres individuels et sur les aspects spatiaux	Jean-Pierre Saucier
112310108	Évaluation et mise au point d'indices de productivité pour les principaux peuplements résineux, mixtes et feuillus au Québec	Jean-Pierre Saucier
112310126	Développement d'un système d'inférence cartographique pour la caractérisation des propriétés des sols forestiers au Québec	Jean-Daniel Sylvain
112310131	Modélisation stratégique de la croissance forestière	Hugues Power
112310135	Mortalité des arbres dans les forêts du Québec : dynamique spatio-temporelle, principales causes et sensibilité face aux changements climatiques	Guillaume Drolet

Sylviculture et rendement des plantations

PROJETS EN COURS

112310027	Sylviculture intensive des plantations résineuses	Guy Prigent
112310029	Expérimentation de la coupe progressive irrégulière comme pratique sylvicole adaptée et outil de restauration des peuplements appauvris (plantation et microclimat)	Catherine Larouche
112310031	Croissance, structure et diversité floristique des plantations de conifères au stade juvénile, dans un contexte d'aménagement écosystémique et de sylviculture intensive	Nelson Thiffault
112310035	L'élagage des résineux en plantation et en régénération naturelle : ses modalités, son rendement et ses effets sur la qualité du bois et la croissance des arbres	François Hébert
112310036	Éclaircie des espèces résineuses en plantation	Guy Prigent
112310037	Croissance et rendement des espèces résineuses en plantation	Guy Prigent
112310113	Caractérisation du microsite de reboisement pour les conifères dans la sapinière boréale et la pessière	Nelson Thiffault
112310125	L'écologie fonctionnelle comme indicateur de naturalité des plantations sous aménagement intensif dans un contexte d'aménagement écosystémique	François Hébert

Travail forestier**PROJET EN COURS**

112310109	Performance organisationnelle et productivité des reboiseurs lors de la mise en terre de plants forestiers	Denise Dubeau
-----------	--	---------------

RÉSUMÉ

Les projets internes en cours	Nombre
Écologie forestière	3
Écosystème et environnement	7
Amélioration génétique des arbres	10
Production de semences et de plants	9
Sylviculture et rendement des forêts naturelles	1
Sylviculture et rendement des peuplements résineux	13
Sylviculture et rendement des peuplements mélangés	7
Sylviculture et rendement des peuplements feuillus	12
Modélisation de la croissance et du rendement	5
Sylviculture et rendement des plantations	8
Travail forestier	1
TOTAL	76



LA PROGRAMMATION DE RECHERCHE 2014-2015 PROJETS EXTERNES SUBVENTIONNÉS

Projets externes subventionnés par le MRN en partenariat avec le Fonds de recherche du Québec - Nature et technologies

Les résumés des résultats des projets de recherche subventionnés sont accessibles à l'adresse Internet suivante : www.mffp.gouv.qc.ca/forets/connaissances/recherche/recherche-partenariat.jsp

NUMÉRO DE PROJET	TITRE DU PROJET	TITULAIRE DU PROJET
Biodiversité		
PROJETS EN COURS		
2011-FM-143553	Impacts des perturbations induites par les populations abondantes de grands herbivores sur la régénération des sapinières de l'Est du Québec	Jean-Pierre Tremblay <i>UL</i>
2012-FM-163232	Adaptation et vulnérabilité des chauve-souris aux pratiques forestières québécoises	André Desrochers <i>UL</i>
2012-FM-163397	Évaluation de l'atteinte des objectifs d'aménagement écosystémique pour la productivité et la diversité biologique dans les forêts brûlées soumises aux plans spéciaux d'aménagement	Pierre Drapeau <i>UQAM</i>
2012-FM-163513	Enjeux de structure et de restauration des peuplements dans la sapinière à bouleau jaune	Luc Sirois <i>UQAR</i>
2013-FM-170555	Vers un aménagement écosystémique des paysages et peuplements boréaux de seconde venue	Benoît St-Onge <i>UQAM</i>
2013-FM-170582	Comparaison des îlots résiduels après feu et les bouquets de rétention dans la pessière de l'ouest du Québec : enjeux structurels et fauniques	Louis Imbeau <i>UQAT</i>
2013-FM-170586	Évaluation des effets de l'aménagement écosystémique sur le caribou de la Gaspésie et son habitat : un enjeu de conservation de la biodiversité des forêts montagnardes et subalpines	Martin-Hugues St-Laurent <i>UQAR</i>
2014-FV-177670	États de référence et variabilité naturelle des paysages forestiers de la pessière noire à mousses de l'Ouest	Yves Bergeron <i>UQAM</i>
2014-FV-177781	Évaluation panquébécoise des facteurs déterminant la dynamique des populations du caribou forestier	Daniel Fortin <i>UL</i>
2015-FV-186342	Résistance de l'épinette noire à la tordeuse des bourgeons de l'épinette sous changements climatiques : phénologie et phytochimie	Emma Despland <i>U. Concordia</i>
2015-FV-186400	Sélection de l'habitat du pékan et de la martre en forêt feuillue : effets cumulatifs des perturbations anthropiques et évaluation des perceptions des trappeurs autochtones	Louis Imbeau <i>UQAT</i>

Amélioration génétique des arbres

PROJETS EN COURS

2012-FM-163371	Impact des changements climatiques sur les différentes sources génétiques de l'épinette blanche au Québec	Hank A. Margolis <i>UL</i>
2013-FM-170595	Sélection génomique pour accélérer l'amélioration quant aux caractères du bois chez l'épinette noire	Jean Bousquet <i>UL</i>
2014-FV-177653	Développement d'un système de traçabilité génétique pour les variétés multiclonales d'épinette blanche et d'épinette noire du programme d'amélioration génétique du MRN	John Mackay <i>UL</i>
2015-FV-185886	Bases écophysiologicals de l'adaptation et de l'acclimatation des arbres aux changements climatiques : Cas de la migration assistée des différentes sources génétiques de l'épinette blanche	Hank A. Margolis <i>UL</i>

Sylviculture et rendement des forêts naturelles

PROJETS EN COURS

2011-FM-143205	Stratégie d'aménagement visant la restauration du pin blanc et du chêne rouge dans les forêts feuillues de l'Outaouais	David Pothier <i>UL</i>
2012-FM-163332	Caractérisation, reconnaissance et cartographie des attributs structuraux des peuplements forestiers pour la planification opérationnelle des coupes partielles	Jean-Claude Ruel <i>UL</i>
2012-FM-163481	Évaluation des effets réels des coupes partielles réalisées en pessières à mousses de l'Abitibi	Alain Leduc <i>UQAM</i>
2012-FM-163506	Réduire les impacts de l'épidémie de la tordeuse des bourgeons de l'épinette (TBE) sur le rendement des pessières par une meilleure compréhension des facteurs déterminant la vulnérabilité des peuplements	Daniel D. Kneeshaw <i>UQAM</i>
2013-FM-170200	Estimation de la qualité du bois de l'épinette noire et du sapin baumier, à l'échelle de l'arbre et du peuplement, à partir des données de l'inventaire écoforestier du Québec	Jean Bégin <i>UL</i>
2013-FM-170566	Prévision des effets des coupes partielles dans un cadre d'aménagement écosystémique	David Pothier <i>UL</i>
2013-FM-170672	Développement de systèmes de coupe progressive en pessière noire : réaction des peuplements et impact sur la possibilité forestière	Hubert Morin <i>UQAC</i>
2014-FV-177645	Assises scientifiques pour le développement de lignes directrices à la coupe de récupération dans le contexte d'une épidémie de tordeuse des bourgeons de l'épinette	Daniel D. Kneeshaw <i>UQAM</i>
2014-FV-177666	Vers l'implantation de technologies opérationnelles de la télédétection 3D en inventaire forestier	Jean Bégin <i>UL</i>

2014-FV-177700	Relancer la filière feuillue par la production et la transformation optimisée de petites tiges de qualité	Alexis Achim <i>UL</i>
2015-FV-182400	Dynamique naturelle des peuplements de thuya et analyse de scénarios de maintien et de restauration de l'espèce	Jean-Claude Ruel <i>UL</i>
2015-FV-183244	Mise en valeur des inventaires de suivi après coupe pour mieux prédire la distribution de la régénération, la compétition et la composition à partir de l'inventaire écoforestier et du climat régional	Jean Bégin <i>UL</i>
2015-FV-183935	Quantifier la qualité et la croissance de la forêt québécoise à l'aide de nouvelles technologies	Robert Schneider <i>UQAR</i>

Aspects socio-économiques du secteur forestier

PROJETS EN COURS

2012-FM-163500	Impact de l'extraction des produits du bois sur le bilan de carbone en forêt : vers une estimation plus précise de leur empreinte environnementale afin d'en améliorer la compétitivité	Frédéric Raulier <i>UL</i>
2013-FM-170669	Analyses technico-économiques de scénarios pour la mise en place de Fournisseurs-Intégrateurs dans le cadre du nouveau régime forestier	Luc G. Lebel <i>UL</i>
2014-FV-177727	La valeur du paysage, un nouvel intrant pour la planification de l'aménagement forestier	Nancy Gélinas <i>UL</i>
2015-FV-186444	Outil d'aide à la décision pour évaluer la faisabilité d'un aménagement multi-services de la forêt	Frédéric Raulier <i>UL</i>

RÉSUMÉ

Les projets externes en cours

Nombre

Biodiversité	11
Amélioration génétique des arbres	4
Sylviculture et rendement des forêts naturelles	13
Aspects socio-économiques du secteur forestier	4
TOTAL	32



LES PUBLICATIONS 2013-2014

Si vous désirez recevoir les avis des nouvelles parutions de la Direction de la recherche forestière du ministère des Ressources naturelles, vous pouvez remplir le formulaire à cet effet (disponible sur le site Internet du Ministère, à l'adresse www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/formulaire-activites.pdf).

N.B. : Les noms indiqués en caractère gras sont ceux des employés de la DRF.

ARTICLES SCIENTIFIQUES

- 001** Anyomi, K.A., F. Raulier, Y. Bergeron et **D. Maily**, 2013. *The predominance of stand composition and structure over direct climatic and site effects in explaining aspen (Populus tremuloides Michaux) site index within boreal and temperate forests of western Québec, Canada*. For. Ecol. Manage. 302: 390-403.
- 002** Bakry, M., **M.S. Lamhamedi**, J. Caron, P.-Y. Bernier, A. Zine El Abidine, D.C. Stowe et H.A. Margolis, 2013. *Changes in the physical properties of two Acacia compost-based growing media and their effects on carob (Ceratonia siliqua L.) seedling development*. New For. 44: 827-847.
- 003** **Bouchard, M.** et **I. Auger**, 2014. *Influence of environmental factors and spatio-temporal covariates during the initial development of a spruce budworm outbreak*. Landsc. Ecol. 29: 111-126.
- 004** **Boucher, Y.**, **P. Grondin** et **I. Auger**, 2014. *Land use history (1840-2005) and physiography as determinants of southern boreal forests*. Landsc. Ecol. 29: 437-450.
- 005** **Colas, F.** et **M.S. Lamhamedi**, 2013. *Production of a new generation of seeds through the use of somatic clones in controlled crosses of black spruce (Picea mariana)*. New For. 45(1): 1-20.
- 006** D'Orangeville, L., B. Côté, **D. Houle** et J. Whalen, 2013. *Reduced mineralizable carbon in a boreal forest soil after three years of artificial warming*. Can. J. Soil Sci. 93: 567-572.
- 007** D'Orangeville, L., B. Côté, **D. Houle** et H. Morin, 2013. *The effects of throughfall exclusion on xylogenesis of balsam fir*. Tree Physiol. doi: 10.1093/treephys/tpt027.
- 008** D'Orangeville, L., B. Côté, **D. Houle**, H. Morin et **L. Duchesne**, 2013. *A three-year increase in soil temperature and atmospheric N deposition has minor effects on the xylogenesis of mature balsam fir*. Trees. doi: 10.1007/s00468-013-0899-4.
- 009** D'Orangeville, L., **D. Houle**, B. Côté, **L. Duchesne** et H. Morin, 2013. *Increased soil temperature and atmospheric N deposition have no effect on the N status and growth of a mature balsam fir forest*. Biogeosciences 10: 4627-4639.
- 010** **Drolet, G.**, T. Wade, C.J. Nichol, J. Levula, A. Porcar-Castell, E. Nikinmaa et T. Vesala, 2014. *A temperature-controlled spectrometer system for continuous and unattended measurements of canopy spectral radiance and reflectance*. Int. J. Remote Sens. 35(5): 1769-1785.
- 011** **Dumais, D.** et **M. Prévost**, 2014. *Physiology and growth of advance Picea rubens and Abies balsamea regeneration following different canopy openings*. Tree Physiol. 34(2): 194-204.
- 012** Faure-Lacroix, J., J.-P. Tremblay, **N. Thiffault** et V. Roy, 2013. *Stock type performance in addressing top-down and bottom-up factors for the restoration of indigenous trees*. For. Ecol. Manage. 307: 333-340.
- 013** Fortin, M., R. Schneider et **J.-P. Saucier**, 2013. *Volume and error variance estimation using integrated stem taper models*. For. Sci. 59(3): 345-358.
- 014** Fourrier, A., D. Pothier et **M. Bouchard**, 2013. *A comparative study of long-term stand growth in eastern Canadian boreal forest: Fire versus clear-cut*. For. Ecol. Manage. 310: 10-18.
- 015** **Grondin, P.**, S. Gauthier, D. Borcard, Y. Bergeron et **J. Noël**, 2014. *A new approach to ecological land classification for the Canadian boreal forest that integrates disturbances*. Landsc. Ecol. 29(1): 1-16.
- 016** **Hébert, F.**, J.-F. Boucher, D. Walsh, P. Tremblay, D. Côté et D. Lord, 2013. *Black spruce growth and survival in boreal open woodlands 10 years following mechanical site preparation and planting*. Forestry 87(2): 277-286.
- 017** **Hébert, F.**, V. Roy, **I. Auger** et **M.-M. Gauthier**, 2013. *White spruce (Picea glauca) restoration in temperate mixedwood stands using patch cuts and enrichment planting*. For. Chron. 89(3): 392-400.
- 018** **Houle, D.**, C. Marty, **L. Duchesne** et C. Gagnon, 2014. *Humus layer is the main locus of secondary SO₄ production in boreal forests*. Geochim. Cosmochim. Acta 126: 18-29.
- 019** Krause, C., C.-A. Déry-Bouchard, P.-Y. Plourde et **D. Maily**, 2013. *Compression wood and stem horizontal displacement in black spruce and jack pine plantations in the boreal forest*. For. Ecol. Manage. 302: 154-162.
- 020** **Lamhamedi, M.S.**, **M. Renaud**, **P. Desjardins** et **L. Veilleux**, 2013. *Root growth, plug cohesion, mineral nutrition, and carbohydrate content of 1+0 Picea mariana seedlings in response to a short-day treatment*. TPN 56(1): 35-46.
- 021** Lachance, É., D. Pothier et **M. Bouchard**, 2013. *Forest structure and understory plant communities inside and outside tree retention groups in boreal forests*. Ecoscience 20(3): 252-263.

- 022** Lawrence, G.B., I.J. Fernandez, D.D. Richter, D.S. Ross, P.W. Hazlett, S.W. Bailey, **R. Ouimet**, R.A.F. Warby, A.H. Johnson, H. Lin, J.M. Kaste, A.G. Lapenis et T.J. Sullivan, 2013. *Measuring environmental change in forest ecosystems by repeated soil sampling: A North American perspective*. J. Environ. Qual. 42: 623-639.
- 023** LeBel, P., R.L. Bradley et **N. Thiffault**, 2013. *The relative importance of nitrogen vs. moisture stress may drive intraspecific variations in the SLA-RGR relationship: The case of Picea mariana seedlings*. Am. J. Plant Sci. 4: 1278-1284.
- 024** Lupi, C., H. Morin, A. Deslauriers, S. Rossi et **D. Houle**, 2013. *Role of soil nitrogen for the conifers of the boreal forest: A critical review*. Int. J. Plant Soil Sci. 2(2): 155-189.
- 025** Maily, D., S. Turbis et R.L. Chazdon, 2013. *SOLARCALC 7.0: An enhanced version of a program for the analysis of hemispherical canopy photographs*. Comput. Electron. Agric. 97: 15-20.
- 026** Messaoud, Y., H. Asselin, Y. Bergeron et **P. Grondin**, 2014. *Competitive advantage of black spruce over balsam fir in coniferous boreal forests of eastern north America revealed by site index*. For. Sci. 60(1): 57-62.
- 027** Moore, J.-D., 2014. *Short-term effect of forest liming on eastern red-backed salamander (Plethodon cinereus)*. For. Ecol. Manage. 318: 270-273.
- 028** Moore, J.-D. et **D. Houle**, 2013. *Soil and sugar maple response to 8 years of NH_4NO_3 additions in a base-poor northern hardwood forest*. For. Ecol. Manage. 310: 167-172.
- 029** Moore, J.-D. et **R. Ouimet**, 2014. *Effects of two types of Ca fertilizer on sugar maple nutrition, vigor and growth after 7 years*. For. Ecol. Manage. 320: 1-5.
- 030** Moore, J.-D., **R. Ouimet** et P.J. Bohlen, 2013. *Effects of liming on survival and reproduction of two potentially invasive earthworm species in a northern forest Podzol*. Soil Biol. Biochem. 64: 174-180.
- 031** Ouimet, R., J.-D. Moore et **L. Duchesne**, 2013. *Soil thresholds update for diagnosing foliar calcium, potassium, or phosphorus deficiency of sugar maple*. Commun. Soil Science Plant Anal. 44: 2408-2427.
- 032** Prévost, M. et **J. DeBlois**, 2014. *Shelterwood cutting to release coniferous advance growth and limit aspen sucker development in a boreal mixedwood stand*. For. Ecol. Manage. DOI: dx.dor.org/10.1016/j.foreco.2014.03.015.
- 033** Prunier, J., B. Pelgas, F. Gagnon, **M. Desponts**, N. Isabel, J. Beaulieu et J. Bousquet, 2013. *The genomic architecture and association genetics of adaptive characters using a candidate SNP approach in boreal black spruce*. BMC Genomics 14(368) Doi: 10.1186/1471-2164-14-368.
- 034** Rossi, S., A. Bordeleau, H. Morin et **D. Houle**, 2013. *The effects of N-enriched rain and warmer soil on the ectomycorrhizae of black spruce remain inconclusive in the short term*. Ann. For. Sci. 70(8): 825-834.
- 035** Terrail, R., D. Arseneault, M.-J. Fortin, S. Dupuis et **Y. Boucher**, 2013. *An early forest inventory indicates high accuracy of forest composition data in pre-settlement land survey records*. Journal of Vegetation Science. doi: 10.1111/jvs.12142.
- 036** Thiffault, N., **F. Hébert**, **L. Charette** et **R. Jobidon**, 2014. *Large spruce seedling responses to the interacting effects of vegetation zone, competing vegetation dominance and year of mechanical release*. Forestry 87: 153-164.
- 037** Thiffault, N., N.J. Fenton, A.D. Munson, **F. Hébert**, R.A. Fournier, O. Valeria, R.L. Bradley, Y. Bergeron, **P. Grondin**, D. Paré et G. Joannise, 2013. *Managing understory vegetation for maintaining productivity in black spruce forests: A synthesis within a multi-scale research model*. Forests 4: 613-631.
- 038** Tremblay, S. et **R. Ouimet**, 2013. *White spruce plantations on abandoned agricultural land: Are they more effective as C sinks than natural succession?* Forests 4: 1141-1157.
- 039** Trottier-Picard, A., É. Thiffault, A. Desrochers, D. Paré, **N. Thiffault** et C. Messier, 2014. *Amounts of logging residues affect planting microsites: A manipulative study across northern forest ecosystems*. For. Ecol. Manage. 312: 203-215.
- 040** Wahid, N., **M.S. Lamhamedi**, **A. Rainville**, J. Beaulieu et H.A. Margolis, 2013. *Genetic control and nursery-plantation genotypic correlations for growth characteristics of white spruce somatic clones*. J. Sustain. For. 32: 576-593.

MÉMOIRES DE RECHERCHE FORESTIÈRE

- 041** Beaudet, M., **S. Bédard**, **M.-C. Lambert** et **J. Hamel**, 2014. *Effets réels quinquennaux des coupes de jardinage par trouées et des coupes de jardinage avec régénération par parquets pratiquées de 2000 à 2005 en forêt feuillue et mixte*. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière. Mémoire de recherche forestière n° 172. 41 p. www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Beaudet-Marilou/Memoire172.pdf.
- 042** Colas, F. et **M.S. Lamhamedi**, 2013. *Variabilité de l'architecture des parties aériennes des pieds-mères de mélèze hybride : effets des régies de culture et de l'origine génétique des semences*. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière. Mémoire de recherche forestière n° 171. 44 p. www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Colas-Fabienne/Memoire171.pdf.

043 Ménétrier, J. et I. Auger, 2013. *Tarif de cubage pour les peupliers hybrides au Québec*. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière. Mémoire de recherche forestière n° 170. 71 p.
www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Menetrier-Jean/Memoire170.pdf.

044 Périé, C., S. De Blois, M.-C. Lambert et N. Casajus, 2014. *Effets anticipés des changements climatiques sur l'habitat des espèces arborescentes au Québec*. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière. Mémoire de recherche forestière n° 173. 46 p.
www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Perie-Catherine/Memoire173.pdf.

NOTES DE RECHERCHE FORESTIÈRE

045 Lamhamedi, M.S., M. Renaud, M. Rioux et J.-Y. Guay, 2013. *Effets de la date d'ensemencement sur la croissance et la nutrition minérale des plants d'épinette blanche (2+0) en relation avec l'insuffisance racinaire*. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière. Note de recherche forestière n° 138. 11 p.
www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Lamhamedi-Mohammed/Note138.pdf.

046 Mailly, D., 2014. *Modèles de croissance internodale pour l'épinette blanche au Québec*. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière. Note de recherche forestière n° 140. 18 p.
www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Mailly-Daniel/Note140.pdf.

047 Schneider, R., M. Fortin et J.-P. Saucier, 2014. *Équation de défilement pour le pin gris en peuplement naturel au Québec*. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière. Note de recherche forestière n° 139. 6 p.
www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Divers/Note139.pdf.

GUIDE

048 Mailly, D., 2014. *Application des modèles de croissance internodale variable au Québec*. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière. Guide. 30 p.
www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Mailly-Daniel/Guide-application-2014.pdf.

AVIS DE RECHERCHE FORESTIÈRE

049 Colas, F., P. Baldet et I. Auger, 2013. *La mesure de l'activité de l'eau : un outil de choix pour la gestion des banques de semences*. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière. Avis de recherche forestière n° 50. 2 p.
www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Colas-Fabienne/Avis50.pdf.

050 Desponts, M. et G. Numainville, 2013. *De la forêt sauvage à l'arbre domestiqué? L'amélioration génétique de l'épinette noire expliquée*. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière. Avis de recherche forestière n° 49. 2 p.
www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Desponts-Mireille/Avis49.pdf.

051 Guillemette, F., M.-M. Gauthier, M.-C. Lambert et S. Bédard, 2013. *Résultats après 10 ans de coupes de jardinage pratiquées de façon opérationnelle de 1995 à 1999*. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière. Avis de recherche forestière n° 48. 2 p.
www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Guillemette-Francois/Avis48.pdf.

052 Hébert, F. et N. Thiffault, 2014. *Le nerprun bourdaine : un envahisseur exotique qui menace l'établissement des plantations*. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière. Avis de recherche forestière n° 52. 2 p.
www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Hebert-Francois/Avis52.pdf.

053 Hébert, F., V. Roy, I. Auger et M.-M. Gauthier, 2013. *Restaurer l'épinette blanche en forêt mixte avec la sylviculture par trouées et la plantation d'enrichissement*. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière. Avis de recherche forestière n° 51. 2 p.
www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Hebert-Francois/Avis51.pdf.

054 Mailly, D., D. Pothier, J.-G. Élie et I. Auger, 2013. *La prévision des effets de la tordeuse des bourgeons de l'épinette sur la croissance des arbres résineux au Québec*. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière. Avis de recherche forestière n° 43. 2 p.
www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Mailly-Daniel/Avis43.pdf.

055 Moore, J.-D., R. Ouimet et L. Duchesne, 2013. *Le chaulage des érablières : toujours efficace après 15 ans*. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière. Avis de recherche forestière n° 47. 2 p.
www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Moore-Jean-David/Avis47.pdf.

056 Prévost, M. et D. Dumais, 2013. *La coupe partielle uniforme pour améliorer la régénération et la croissance de la bétulaie jaune résineuse*. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière. Avis de recherche forestière n° 44. 2 p.

www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Prevost-Marcel/Avis44.pdf.

057 Prévost, M. et M.-M. Gauthier, 2013. *L'éclaircie précommerciale pour conserver la composante résineuse de la forêt mixte boréale*. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière. Avis de recherche forestière n° 45. 2 p.

www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Prevost-Marcel/Avis45.pdf.

058 Prévost, M., D. Pothier et M.-M. Gauthier, 2013. *La pessière rouge à sapin de basse terre : coupe progressive d'ensemencement ou coupe totale de petite superficie?* Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière. Avis de recherche forestière n° 46. 2 p.

www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Prevost-Marcel/Avis46.pdf.

059 Thiffault, N., F. Hébert, L. Charette et R. Jobidon, 2014. *Quand faut-il dégager les plants de fortes dimensions?* Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière. Avis de recherche forestière n° 53. 2 p.

www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Thiffault-Nelson/Avis53.pdf.

CHAPITRES DE LIVRE

060 Bédard, S. et F. Guillemette, 2013. «*Chapitre 22 – L'éclaircie jardinatoire*». Dans : Ministère des Ressources naturelles (éd.). *Le guide sylvicole du Québec, Tome 2 – Les concepts et l'application de la sylviculture, ouvrage collectif sous la supervision de C. Larouche, F. Guillemette, P. Raymond et J.-P. Saucier*. Les Publications du Québec. Québec, QC. p. 548-565.

061 Berteaux, D., N. Casajus, S. De Blois et C. Périé, 2014. «*La projection écologique : une science exigeante – Chapitre 4*». Dans : Berteaux, D., N. Casajus et S. De Blois (éds.). *Changements climatiques et biodiversité du Québec – Vers un nouveau patrimoine naturel*. Presses de l'Université du Québec. Québec, QC. p. 71-88.

062 Berteaux, D., N. Casajus, S. De Blois et C. Périé, 2014. «*Vers un nouveau patrimoine naturel – Chapitre 5*». Dans : Berteaux, D., N. Casajus et S. De Blois (éds.). *Changements climatiques et biodiversité du Québec – Vers un nouveau patrimoine naturel*. Presses de l'Université du Québec. Québec, QC. p. 89-116.

063 Bouchard, J., L. Innes, B. Boulet et C. Godbout, 2013. «*La carie blanche alvéolaire du tronc*» dans «*Chapitre 6 – Les maladies infectieuses*». Dans : Ministère des Ressources naturelles (éd.). *Le guide sylvicole du Québec, Tome 1 – Les fondements biologiques de la sylviculture, ouvrage collectif sous la supervision de B. Boulet et M. Huot*. Les Publications du Québec. Québec, QC. p. 652-657.

064 Dignard, N., 2013. «*Aspleniaceae*». Dans : Payette, S. (éd.). *Flore nordique du Québec et du Labrador*. Les Presses de l'Université Laval. Québec, QC. Volume 1. p. 185-186.

065 Dignard, N., 2013. «*Athyriaceae*». Dans : Payette, S. (éd.). *Flore nordique du Québec et du Labrador*. Les Presses de l'Université Laval. Québec, QC. Volume 1. p. 201-205.

066 Dignard, N., 2013. «*Cupressaceae*». Dans : Payette, S. (éd.). *Flore nordique du Québec et du Labrador*. Les Presses de l'Université Laval. Québec, QC. Volume 1. p. 245-246.

067 Dignard, N., 2013. «*Cystopteridaceae*». Dans : Payette, S. (éd.). *Flore nordique du Québec et du Labrador*. Les Presses de l'Université Laval. Québec, QC. Volume 1. p. 175-181.

068 Dignard, N., 2013. «*Dryopteridaceae*». Dans : Payette, S. (éd.). *Flore nordique du Québec et du Labrador*. Les Presses de l'Université Laval. Québec, QC. Volume 1. p. 209-217.

069 Dignard, N., 2013. «*Equisetaceae*». Dans : Payette, S. (éd.). *Flore nordique du Québec et du Labrador*. Les Presses de l'Université Laval. Québec, QC. Volume 1. p. 157-165.

070 Dignard, N., 2013. «*Isoëtaceae*». Dans : Payette, S. (éd.). *Flore nordique du Québec et du Labrador*. Les Presses de l'Université Laval. Québec, QC. Volume 1. p. 135-137.

071 Dignard, N., 2013. «*Lycopodiaceae*». Dans : Payette, S. (éd.). *Flore nordique du Québec et du Labrador*. Les Presses de l'Université Laval. Québec, QC. Volume 1. p. 109-123.

072 Dignard, N., 2013. «*Ophioglossaceae*». Dans : Payette, S. (éd.). *Flore nordique du Québec et du Labrador*. Les Presses de l'Université Laval. Québec, QC. Volume 1. p. 141-150.

073 Dignard, N., 2013. «*Orchidaceae - Partie Galearis Rafinesque*». Dans : Payette, S. (éd.). *Flore nordique du Québec et du Labrador*. Les Presses de l'Université Laval. Québec, QC. Volume 1. p. 324-325.

074 Dignard, N., 2013. «*Pinaceae*». Dans : Payette, S. (éd.). *Flore nordique du Québec et du Labrador*. Les Presses de l'Université Laval. Québec, QC. Volume 1. p. 227-236.

075 Dignard, N., 2013. «*Polypodiaceae*». Dans : Payette, S. (éd.). *Flore nordique du Québec et du Labrador*. Les Presses de l'Université Laval. Québec, QC. Volume 1. p. 223-224.

- 076 Dignard, N.**, 2013. «*Pteridaceae*». Dans : Payette, S. (éd.). *Flore nordique du Québec et du Labrador*. Les Presses de l'Université Laval. Québec, QC. Volume 1. p. 171-172.
- 077 Dignard, N.**, 2013. «*Selaginellaceae*». Dans : Payette, S. (éd.). *Flore nordique du Québec et du Labrador*. Les Presses de l'Université Laval. Québec, QC. Volume 1. p. 131-132.
- 078 Dignard, N.**, 2013. «*Thelypteraceae*». Dans : Payette, S. (éd.). *Flore nordique du Québec et du Labrador*. Les Presses de l'Université Laval. Québec, QC. Volume 1. p. 189-190.
- 079 Dignard, N.**, 2013. «*Woodsiaceae*». Dans : Payette, S. (éd.). *Flore nordique du Québec et du Labrador*. Les Presses de l'Université Laval. Québec, QC. Volume 1. p. 193-197.
- 080 Duchesne, L., J.-D. Moore, J. Grondin, L. Innes et R. Ouimet**, 2013. «*Le dépérissement du houppier des arbres*» dans «*Chapitre 7 – La pollution atmosphérique, les désordres climatiques et les altérations du sol*». Dans : Ministère des Ressources naturelles (éd.). *Le guide sylvicole du Québec, Tome 1 – Les fondements biologiques de la sylviculture*, ouvrage collectif sous la supervision de B. Boulet et M. Huot. Les Publications du Québec. Québec, QC. p. 800-809.
- 081 Dumais, D.**, 2013. «*Chapitre 17 – Les traitements d'assainissement*». Dans : Ministère des Ressources naturelles (éd.). *Le guide sylvicole du Québec, Tome 2 – Les concepts et l'application de la sylviculture*, ouvrage collectif sous la supervision de C. Larouche, F. Guillemette, P. Raymond et J.-P. Saucier. Les Publications du Québec. Québec, QC. p. 360-367.
- 082 Dumais, D. et M. Prévost**, 2013. «*L'épinette rouge*» dans «*Chapitre 1 – L'autécologie des essences commerciales*». Dans : Ministère des Ressources naturelles (éd.). *Le guide sylvicole du Québec, Tome 1 – Les fondements biologiques de la sylviculture*, ouvrage collectif sous la supervision de B. Boulet et M. Huot. Les Publications du Québec. Québec, QC. p. 128-131.
- 083 Gosselin, J. et P. Grondin**, 2013. «*Chapitre 3 – Les espèces indicatrices des conditions écologiques*». Dans : Ministère des Ressources naturelles (éd.). *Le guide sylvicole du Québec, Tome 1 – Les fondements biologiques de la sylviculture*, ouvrage collectif sous la supervision de B. Boulet et M. Huot. Les Publications du Québec. Québec, QC. p. 280-291.
- 084 Grondin, P., J. Gosselin, J.-P. Saucier et C. Morneau**, 2013. «*Chapitre 4 – La dynamique des peuplements et les végétations potentielles*». Dans : Ministère des Ressources naturelles (éd.). *Le guide sylvicole du Québec, Tome 1 – Les fondements biologiques de la sylviculture*, ouvrage collectif sous la supervision de B. Boulet et M. Huot. Les Publications du Québec. Québec, QC. p. 294-393.
- 085 Guillemette, F., S. Bédard, D. Pin et D. Dumais**, 2013. «*Chapitre 23 – Les coupes de jardinage avec gestion par arbres*». Dans : Ministère des Ressources naturelles (éd.). *Le guide sylvicole du Québec, Tome 2 – Les concepts et l'application de la sylviculture*, ouvrage collectif sous la supervision de C. Larouche, F. Guillemette, P. Raymond et J.-P. Saucier. Les Publications du Québec. Québec, QC. p. 566-603.
- 086 Guillemette, F., P. Raymond et C. Larouche**, 2013. «*Chapitre 1 – La place de la sylviculture*». Dans : Ministère des Ressources naturelles (éd.). *Le guide sylvicole du Québec, Tome 2 – Les concepts et l'application de la sylviculture*, ouvrage collectif sous la supervision de C. Larouche, F. Guillemette, P. Raymond et J.-P. Saucier. Les Publications du Québec. Québec, QC. p. 4-9.
- 087 Jutras, S. et M. Prévost**, 2013. «*Chapitre 10 – Le drainage sylvicole*». Dans : Ministère des Ressources naturelles (éd.). *Le guide sylvicole du Québec, Tome 2 – Les concepts et l'application de la sylviculture*, ouvrage collectif sous la supervision de C. Larouche, F. Guillemette, P. Raymond et J.-P. Saucier. Les Publications du Québec. Québec, QC. p. 178-195.
- 088 Jutras, S., É. Boileau, M. Seto, M. Prévost et M. Huot**, 2013. «*La remontée de la nappe phréatique*» dans «*Chapitre 7 – La pollution atmosphérique, les désordres climatiques et les altérations du sol*». Dans : Ministère des Ressources naturelles (éd.). *Le guide sylvicole du Québec, Tome 1 – Les fondements biologiques de la sylviculture*, ouvrage collectif sous la supervision de B. Boulet et M. Huot. Les Publications du Québec. Québec, QC. p. 789-799.
- 089 Lafleur, B. et N. Thiffault**, 2013. «*Chapitre 12 – L'ensemencement artificiel*». Dans : Ministère des Ressources naturelles (éd.). *Le guide sylvicole du Québec, Tome 2 – Les concepts et l'application de la sylviculture*, ouvrage collectif sous la supervision de C. Larouche, F. Guillemette, P. Raymond et J.-P. Saucier. Les Publications du Québec. Québec, QC. p. 226-241.
- 090 Lafilèche, V., C. Larouche et F. Guillemette**, 2013. «*Chapitre 15 – L'éclaircie commerciale*». Dans : Ministère des Ressources naturelles (éd.). *Le guide sylvicole du Québec, Tome 2 – Les concepts et l'application de la sylviculture*, ouvrage collectif sous la supervision de C. Larouche, F. Guillemette, P. Raymond et J.-P. Saucier. Les Publications du Québec. Québec, QC. p. 300-327.
- 091 Larouche, C.**, 2013. «*Le thuya occidental*» dans «*Chapitre 1 – L'autécologie des essences commerciales*». Dans : Ministère des Ressources naturelles (éd.). *Le guide sylvicole du Québec, Tome 1 – Les fondements biologiques de la sylviculture*, ouvrage collectif sous la supervision de B. Boulet et M. Huot. Les Publications du Québec. Québec, QC. p. 144-145.

- 092 Larouche, C., M.-M. Gauthier et S. Tremblay**, 2013. «*Chapitre 18 – Les coupes totales*». Dans : Ministère des Ressources naturelles (éd.). *Le guide sylvicole du Québec, Tome 2 – Les concepts et l'application de la sylviculture*, ouvrage collectif sous la supervision de C. Larouche, F. Guillemette, P. Raymond et J.-P. Saucier. Les Publications du Québec. Québec, QC. p. 370-409.
- 093 Larouche, C., P. Raymond et F. Guillemette**, 2013. «*Chapitre 2 – Les concepts et les traitements sylvicoles*». Dans : Ministère des Ressources naturelles (éd.). *Le guide sylvicole du Québec, Tome 2 – Les concepts et l'application de la sylviculture*, ouvrage collectif sous la supervision de C. Larouche, F. Guillemette, P. Raymond et J.-P. Saucier. Les Publications du Québec. Québec, QC. p. 10-31.
- 094 Moore, J.-D., R. Ouimet, N. Thiffault et F. Marquis**, 2013. «*Chapitre 9 – L'amendement des sols forestiers*». Dans : Ministère des Ressources naturelles (éd.). *Le guide sylvicole du Québec, Tome 2 – Les concepts et l'application de la sylviculture*, ouvrage collectif sous la supervision de C. Larouche, F. Guillemette, P. Raymond et J.-P. Saucier. Les Publications du Québec. Québec, QC. p. 178-195.
- 095 Mottet, M.-J.**, 2013. «*L'épinette de Norvège*» dans «*Chapitre 1 – L'autécologie des essences commerciales*». Dans : Ministère des Ressources naturelles (éd.). *Le guide sylvicole du Québec, Tome 1 – Les fondements biologiques de la sylviculture*, ouvrage collectif sous la supervision de B. Boulet et M. Huot. Les Publications du Québec. Québec, QC. p. 146-147.
- 096 Nadeau-Thibodeau, N., J. Bouchard, M. Huot, L. Innes, B. Boulet et S. Bédard**, 2013. «*La maladie corticale du hêtre*» dans «*Chapitre 6 – Les maladies infectieuses*». Dans : Ministère des Ressources naturelles (éd.). *Le guide sylvicole du Québec, Tome 1 – Les fondements biologiques de la sylviculture*, ouvrage collectif sous la supervision de B. Boulet et M. Huot. Les Publications du Québec. Québec, QC. p. 610-615.
- 097 Nicolet, S. et C. Godbout**, 2013. «*Le bouleau à papier*» dans «*Chapitre 1 – L'autécologie des essences commerciales*». Dans : Ministère des Ressources naturelles (éd.). *Le guide sylvicole du Québec, Tome 1 – Les fondements biologiques de la sylviculture*, ouvrage collectif sous la supervision de B. Boulet et M. Huot. Les Publications du Québec. Québec, QC. p. 14-17.
- 098 Ouimet, R.**, 2013. «*La pollution atmosphérique*» dans «*Chapitre 7 – La pollution atmosphérique, les désordres climatiques et les altérations du sol*». Dans : Ministère des Ressources naturelles (éd.). *Le guide sylvicole du Québec, Tome 1 – Les fondements biologiques de la sylviculture*, ouvrage collectif sous la supervision de B. Boulet et M. Huot. Les Publications du Québec. Québec, QC. p. 706-710.
- 099 Ouimet, R.**, 2013. «*Les altérations du régime nutritif*» dans «*Chapitre 7 – La pollution atmosphérique, les désordres climatiques et les altérations du sol*». Dans : Ministère des Ressources naturelles (éd.). *Le guide sylvicole du Québec, Tome 1 – Les fondements biologiques de la sylviculture*, ouvrage collectif sous la supervision de B. Boulet et M. Huot. Les Publications du Québec. Québec, QC. p. 765-770.
- 100 Ouimet, R. et J.-D. Moore**, 2013. «*Les carences minérales*» dans «*Chapitre 7 – La pollution atmosphérique, les désordres climatiques et les altérations du sol*». Dans : Ministère des Ressources naturelles (éd.). *Le guide sylvicole du Québec, Tome 1 – Les fondements biologiques de la sylviculture*, ouvrage collectif sous la supervision de B. Boulet et M. Huot. Les Publications du Québec. Québec, QC. p. 762-765.
- 101 Périnet, P.**, 2013. «*Les peupliers hybrides*» dans «*Chapitre 1 – L'autécologie des essences commerciales*». Dans : Ministère des Ressources naturelles (éd.). *Le guide sylvicole du Québec, Tome 1 – Les fondements biologiques de la sylviculture*, ouvrage collectif sous la supervision de B. Boulet et M. Huot. Les Publications du Québec. Québec, QC. p. 80-81.
- 102 Perron, M. et J. Ménérier**, 2013. «*Le mélèze d'Europe, le mélèze du Japon et le mélèze hybride*» dans «*Chapitre 1 – L'autécologie des essences commerciales*». Dans : Ministère des Ressources naturelles (éd.). *Le guide sylvicole du Québec, Tome 1 – Les fondements biologiques de la sylviculture*, ouvrage collectif sous la supervision de B. Boulet et M. Huot. Les Publications du Québec. Québec, QC. p. 148-149.
- 103 Perron, M. et J. Ménérier**, 2013. «*Le mélèze laricin*» dans «*Chapitre 1 – L'autécologie des essences commerciales*». Dans : Ministère des Ressources naturelles (éd.). *Le guide sylvicole du Québec, Tome 1 – Les fondements biologiques de la sylviculture*, ouvrage collectif sous la supervision de B. Boulet et M. Huot. Les Publications du Québec. Québec, QC. p. 132-133.
- 104 Pin, D., G. Lessard et F. Guillemette**, 2013. «*Chapitre 24 – Les coupes de jardinage avec cohortes juxtaposées*». Dans : Ministère des Ressources naturelles (éd.). *Le guide sylvicole du Québec, Tome 2 – Les concepts et l'application de la sylviculture*, ouvrage collectif sous la supervision de C. Larouche, F. Guillemette, P. Raymond et J.-P. Saucier. Les Publications du Québec. Québec, QC. p. 604-627.
- 105 Prigent, G.**, 2013. «*Le pin sylvestre*» dans «*Chapitre 1 – L'autécologie des essences commerciales*». Dans : Ministère des Ressources naturelles (éd.). *Le guide sylvicole du Québec, Tome 1 – Les fondements biologiques de la sylviculture*, ouvrage collectif sous la supervision de B. Boulet et M. Huot. Les Publications du Québec. Québec, QC. p. 150-151.

- 106 Prévost, M.** et **N. Thiffault**, 2013. «*Chapitre 8 - La préparation de terrain*». Dans : Ministère des Ressources naturelles (éd.). *Le guide sylvicole du Québec, Tome 2 – Les concepts et l'application de la sylviculture*, ouvrage collectif sous la supervision de C. Larouche, F. Guillemette, P. Raymond et J.-P. Saucier. Les Publications du Québec. Québec, QC. p. 134-157.
- 107 Rainville, A.**, 2013. «*Le chêne rouge*» dans «*Chapitre 1 – L'autécologie des essences commerciales*». Dans : Ministère des Ressources naturelles (éd.). *Le guide sylvicole du Québec, Tome 1 – Les fondements biologiques de la sylviculture*, ouvrage collectif sous la supervision de B. Boulet et M. Huot. Les Publications du Québec. Québec, QC. p. 30-33.
- 108 Rainville, A.**, 2013. «*Le frêne blanc*» dans «*Chapitre 1 – L'autécologie des essences commerciales*». Dans : Ministère des Ressources naturelles (éd.). *Le guide sylvicole du Québec, Tome 1 – Les fondements biologiques de la sylviculture*, ouvrage collectif sous la supervision de B. Boulet et M. Huot. Les Publications du Québec. Québec, QC. p. 34-35.
- 109 Rainville, A.**, 2013. «*Le noyer noir*» dans «*Chapitre 1 – L'autécologie des essences commerciales*». Dans : Ministère des Ressources naturelles (éd.). *Le guide sylvicole du Québec, Tome 1 – Les fondements biologiques de la sylviculture*, ouvrage collectif sous la supervision de B. Boulet et M. Huot. Les Publications du Québec. Québec, QC. p. 80-81.
- 110 Raymond, P.**, 2013. «*Le bouleau jaune*» dans «*Chapitre 1 – L'autécologie des essences commerciales*». Dans : Ministère des Ressources naturelles (éd.). *Le guide sylvicole du Québec, Tome 1 – Les fondements biologiques de la sylviculture*, ouvrage collectif sous la supervision de B. Boulet et M. Huot. Les Publications du Québec. Québec, QC. p. 18-21.
- 111 Raymond, P.**, 2013. «*L'épinette blanche*» dans «*Chapitre 1 – L'autécologie des essences commerciales*». Dans : Ministère des Ressources naturelles (éd.). *Le guide sylvicole du Québec, Tome 1 – Les fondements biologiques de la sylviculture*, ouvrage collectif sous la supervision de B. Boulet et M. Huot. Les Publications du Québec. Québec, QC. p. 112-115.
- 112 Raymond, P., F. Guillemette** et **C. Larouche**, 2013. «*Chapitre 6 – Les grands types de couvert et les groupements d'essences principales*». Dans : Ministère des Ressources naturelles (éd.). *Le guide sylvicole du Québec, Tome 2 – Les concepts et l'application de la sylviculture*, ouvrage collectif sous la supervision de C. Larouche, F. Guillemette, P. Raymond et J.-P. Saucier. Les Publications du Québec. Québec, QC. p. 94-119.
- 113 Raymond, P., C. Larouche, S. Bédard** et **S. Tremblay**, 2013. «*Chapitre 20 – La coupe progressive irrégulière*». Dans : Ministère des Ressources naturelles (éd.). *Le guide sylvicole du Québec, Tome 2 – Les concepts et l'application de la sylviculture*, ouvrage collectif sous la supervision de C. Larouche, F. Guillemette, P. Raymond et J.-P. Saucier. Les Publications du Québec. Québec, QC. p. 456-515.
- 114 Raymond, P.**, I. Legault, L. Guay et **C. Godbout**, 2013. «*Chapitre 19 – La coupe progressive régulière*». Dans : Ministère des Ressources naturelles (éd.). *Le guide sylvicole du Québec, Tome 2 – Les concepts et l'application de la sylviculture*, ouvrage collectif sous la supervision de C. Larouche, F. Guillemette, P. Raymond et J.-P. Saucier. Les Publications du Québec. Québec, QC. p. 410-453.
- 115 Saint-Germain, M., L. Morneau, B. Boulet** et **J. Ménétrier**, 2013. «*Le dendroctone du mélèze*» dans «*Chapitre 5 – Les insectes forestiers*». Dans : Ministère des Ressources naturelles (éd.). *Le guide sylvicole du Québec, Tome 1 – Les fondements biologiques de la sylviculture*, ouvrage collectif sous la supervision de B. Boulet et M. Huot. Les Publications du Québec. Québec, QC. p. 518-521.
- 116 Thiffault, N.**, 2013. «*Le kalmia à feuilles étroites*» dans «*Chapitre 2 – L'autécologie des espèces concurrentes*». Dans : Ministère des Ressources naturelles (éd.). *Le guide sylvicole du Québec, Tome 1 – Les fondements biologiques de la sylviculture*, ouvrage collectif sous la supervision de B. Boulet et M. Huot. Les Publications du Québec. Québec, QC. p. 208-209.
- 117 Thiffault, N.**, 2013. «*Le lédon du Groenland*» dans «*Chapitre 2 – L'autécologie des espèces concurrentes*». Dans : Ministère des Ressources naturelles (éd.). *Le guide sylvicole du Québec, Tome 1 – Les fondements biologiques de la sylviculture*, ouvrage collectif sous la supervision de B. Boulet et M. Huot. Les Publications du Québec. Québec, QC. p. 210-211.
- 118 Thiffault, N.**, 2013. «*Les bleuetiers nains*» dans «*Chapitre 2 – L'autécologie des espèces concurrentes*». Dans : Ministère des Ressources naturelles (éd.). *Le guide sylvicole du Québec, Tome 1 – Les fondements biologiques de la sylviculture*, ouvrage collectif sous la supervision de B. Boulet et M. Huot. Les Publications du Québec. Québec, QC. p. 204-207.
- 119 Thiffault, N.** et **F. Hébert**, 2013. «*Chapitre 13 – Le dégagement et le nettoyage*». Dans : Ministère des Ressources naturelles (éd.). *Le guide sylvicole du Québec, Tome 2 – Les concepts et l'application de la sylviculture*, ouvrage collectif sous la supervision de C. Larouche, F. Guillemette, P. Raymond et J.-P. Saucier. Les Publications du Québec. Québec, QC. p. 244-271.
- 120 Thiffault, N., V. Roy, J. Ménétrier, G. Prigent** et **A. Rainville**, 2013. «*Chapitre 11 – La plantation*». Dans : Ministère des Ressources naturelles (éd.). *Le guide sylvicole du Québec, Tome 2 – Les concepts et l'application de la sylviculture*, ouvrage collectif sous la supervision de C. Larouche, F. Guillemette, P. Raymond et J.-P. Saucier. Les Publications du Québec. Québec, QC. p. 196-225.

121 Tremblay, S., F. Guillemette et M. Barrette, 2013. «*Chapitre 14 – L'éclaircie précommerciale*». Dans : Ministère des Ressources naturelles (éd.). *Le guide sylvicole du Québec, Tome 2 – Les concepts et l'application de la sylviculture*, ouvrage collectif sous la supervision de C. Larouche, F. Guillemette, P. Raymond et J.-P. Saucier. Les Publications du Québec. Québec, QC. p. 272-299.

AVIS TECHNIQUES

122 Colas, F. et I. Auger, 2014. *Détermination du nombre de milliers de semences au kilogramme au Centre de semences forestières de Berthier : évaluation de la précision de la méthode utilisée*. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière. Avis technique SGRE-7. 12 p.

www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Colas-Fabienne/Avis-technique-SGRE-7.pdf.

123 Colas, F. et P. Baldet, 2013. *Utilisation de la mesure de l'activité de l'eau pour remplacer l'évaluation rapide de la teneur en eau des semences à l'aide de l'humidimètre Dole 400 au Centre de semences forestières de Berthier*. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière. Avis technique SGRE-6. 5 p.

www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Colas-Fabienne/Avis-techn-SGRE-6.pdf.

124 Mottet, M.-J., 2013. *Recommandation de sources de semences d'épinette de Norvège (EPO) pour le sous-domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau blanc de l'Ouest*. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière. Avis technique SGRE-5. 5 p.

125 Périnet, P. et M.-J. Mottet, 2014. *L'évolution de la maladie du chancre septorien chez le peuplier hybride au Québec : état de la situation en 2014*. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière. Avis technique SGRE-8. 6 p.

LOGICIELS

126 Ménétrier, J. et I. Auger, 2013. *POPIJCUB : Logiciel de cubage des peupliers hybrides au Québec*. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière.

www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Menetrier-Jean/POPIJCUB1-0.xls.

RAPPORTS DIVERS

127 Buitrago, M., A. Paquette, C. Messier, N. Thiffault et N. Bélanger, 2013. *Plantations mélangées intensives dans le cadre du projet Triade en Haute-Mauricie. 2. Test de préparation de terrain*. Fiche descriptive. Réseau ligniculture Québec. 2 p.

www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Thiffault-Nelson/Fiche-descriptive-projet-Triade.pdf.

128 Comité sur la gestion stratégique de la demande de plants forestiers, 2013. *Rapport du Comité*. Gouvernement du Québec. 60 p.

129 Dignard, N., 2013. *Projet d'agrandissement du parc national de la Pointe-Taillon – Inventaire floristique des nouveaux territoires*. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière, Herbarium du Québec. 27 p.

www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Dignard-Norman/Aggrandissement-parc-national-Pointe-Taillon.pdf.

130 Dignard, N., 2013. *La flore vasculaire du projet de parc national de la Côte-de-Charlevoix, Québec (47°57'N.-69°49'O.)*. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière, Herbarium du Québec. 53 p.

www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Dignard-Norman/Côte-de-Charlevoix-Flore-vasculaire-2013.pdf.

131 Dignard, N. et A. Michaud, 2013. *La flore vasculaire de l'aire d'étude du projet de parc national de la Baie-aux-Feuilles, Québec (58°45'N., 69°35'O.)*. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière, Herbarium du Québec. 218 p.

www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Dignard-Norman/Rapport-parc-national-Baie-aux-Feuilles.pdf.

132 Groupe d'experts sur la sylviculture intensive de plantations, 2013. *La sylviculture intensive de plantations dans un contexte d'aménagement écosystémique*. Rapport du groupe d'experts sous la direction de M. Barrette et M. Leblanc. 112 p.

www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Barrette-Martin/Rapport-groupe-experts-plantations-nov2013.pdf.

133 Roy, R., P. Blanchette, M. Barrette et B. Doyon, 2013. *Plantations et peuplement éduqués : Évaluation de la valeur faunique et des mesures d'atténuation pour le maintien de la biodiversité régionale*. Agence régionale de mise en valeur des forêts privées de la Chaudière, ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs et ministère des Ressources naturelles. Rapport final présenté à La Conférence régionale des élu(e)s de la Chaudière-Appalaches. 106 p.

www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Barrette-Martin/Rapport-final-ARFPC-sept2013.pdf.

PRÉSENTATIONS – CONGRÈS SCIENTIFIQUE

- 134** Aubin, I., F. Cardou, A.D. Munson, W.F. Shipley, S. Gachet, F. Hébert, K. Lawrence, D. McKenney, C. Messier, A. Paquette et B.D. Titus, 2013. *The TOPIC Network : Facilitating collaboration on large-scale studies relevant for Canadian forests through a functional trait approach*. **Affiche** présentée lors du TRY database workshop. 3 au 5 septembre 2013. Leipzig (Allemagne). 1 p.
[www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Colas-Fabienne/Resume-conf-ACFAS\(2013\).pdf](http://www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Colas-Fabienne/Resume-conf-ACFAS(2013).pdf)
- 135** Bakry, M., G. Bussière, M.S. Lamhamedi, H.A. Margolis, D.C. Stowe, M. Abourouh, A. Zine El Abidine, M. Blais et J.A. Bérubé, 2013. *Détection d'une nouvelle pathologie dans la filière de multiplication végétative de l'Arganier (Argania spinosa L. Skeels) : Conséquences et moyens de lutte*. **Résumé d'une conférence** paru dans : *Actes du Premier Congrès International de l'Arganier*. 15 au 17 décembre 2011. Agadir (Maroc). p. 93-99.
www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Lamhamedi-Mohammed/Resume-conf-acte-arganier-dec2011.pdf
- 136** Bédard, S., 2013. *Uneven-aged silviculture of impoverished northern hardwood forests*. **Conférence** présentée lors du Colloque d'automne 2013 du Forum canadien sur les opérations forestières : *Financially feasible silviculture: Sustaining a competitive hardwood value chain*. 1^{er} octobre 2013. Edmundston, NB. 24 p.
- 137** Boucher, Y. et P. Grondin, 2013. *Intégration des connaissances sur la variabilité naturelle des écosystèmes forestiers dans la mise en œuvre de l'aménagement écosystémique*. **Conférence** présentée lors du Colloque annuel du LIA MontaBor. 23 septembre 2013. Saguenay, QC. 23 p.
- 138** Boucher, Y., M. Perreault-Hébert, R. Fournier et J.-D. Sylvain, 2013. *Historique des coupes et des feux : impacts sur la structure des paysages boréaux québécois*. **Résumé d'une affiche** présentée lors du 7^e Colloque du Centre d'étude de la forêt. 22 au 24 avril 2013. Montebello, QC. 1 p.
www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Boucher-Yan/Resume-affiche-col-CEF-avril2013.pdf
- 139** Buitrago, M., A. Paquette, N. Thiffault, N. Bélanger et C. Messier, 2013. *Établissement du mélèze hybride (Larix x marschlinii Coaz) (MEH) suivant différentes préparations de terrain*. **Résumé d'une conférence** présentée lors du 7^e Colloque du Centre d'étude de la forêt. 22 au 24 avril 2013. Montebello, QC. 1 p.
www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Thiffault-Nelson/Resume-conf-Buitrago-CEF-avril2013.pdf
- 140** Hébert, F., G. Cyr et R. Jobidon, 2013. *Croissance et défilement de tiges d'épinette noire (Picea mariana) en plantation suite à des élagages d'intensité différentes*. **Affiche** présentée lors du 7^e Colloque du Centre d'étude de la forêt. 22 au 24 avril 2013. Montebello, QC. 1 p.
- 141** Mehamha, A., P. Vuillaume, É. Leclair et F. Colas, 2013. *Comportement mécanique et rhéologique en régime dynamique de systèmes ternaires PEHD/PA6/Argile*. **Résumé d'une conférence** présentée lors du 81^e Congrès de l'ACFAS. 6 au 10 mai 2013. Québec, QC. 1 p.
[www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Colas-Fabienne/Resume-conf-ACFAS\(2013\).pdf](http://www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Colas-Fabienne/Resume-conf-ACFAS(2013).pdf)
- 142** Mehamha, A., P. Vuillaume, É. Leclair, K. Pépin, F. Colas, P. Baldet et A. Rainville, 2013. *Conception et fabrication d'un contenant à base de PEHD/nanoparticules d'argile*. **Conférence** présentée lors du Congrès de la Société de protection des plantes du Québec. 5 au 6 juin 2013. Québec, QC. 44 p.
- 143** Moore, J.-D., 2013. *Effet du chaulage des érablières sur la salamandre cendrée (Plethodon cinereus)*. **Résumé d'une affiche** présentée lors du congrès annuel du RÉCCAR. 12 au 16 septembre 2013. Orford, QC. 1 p.
www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Moore-Jean-David/Resume-Affiche-congrès-RECCAR-sept2013.pdf
- 144** Moore, J.-D. et R.L. Wyman, 2013. *La salamandre cendrée : remise en question de son statut d'espèce indicatrice d'acidité du sol*. **Affiche** présentée lors du congrès annuel du RÉCCAR. 12 au 16 septembre 2013. Orford, QC. 1 p.
- 145** Périé, C., T. Logan et N. Casajus, 2013. *Projecting species distribution under climate change: an objective approach to select climate scenarios*. **Affiche** présentée lors du congrès ISEM 2013. 28 au 31 octobre 2013. Toulouse (France). 1 p.
- 146** Périnet, P., U. Thériault et F. Tremblay, 2013. *Evaluation of hybrid poplar clones under intensive cultivation for biomass production in Québec*. Dans : Poppy, L., J. Kort, B. Schroeder, T. Pollock et R. Soolanayakanahally (éds.). **Résumé d'une conférence** paru dans *Proceedings of the 13th North American Agroforestry Conference – Agroforestry - Innovations in Agriculture*. 19 au 21 juin 2013. Charlottetown, PE. p. 56-60.
- 147** Pernot, C., A. Desrochers et N. Thiffault, 2013. *Croissance et nutrition de l'épinette noire en lien avec la production de racines adventives*. **Résumé d'une conférence** présentée lors du 7^e Colloque du Centre d'étude de la forêt. 22 au 24 avril 2013. Montebello, QC. 1 p.
www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Thiffault-Nelson/Resume-conf-Pernot-CEF-avril2013.pdf
- 148** Perrault-Hébert, M., R. Fournier, Y. Boucher et J.-D. Sylvain, 2013. *Évolution (1975-2010) du paysage forestier boréal québécois à partir d'image satellitaire Landsat : impact de l'historique des feux et de l'aménagement forestier*. **Résumé d'une conférence** présentée lors du 15^e Congrès de l'Association québécoise de télédétection. 25 au 27 septembre 2013. Rimouski, QC. 1 p.
www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Boucher-Yan/Resume-affiche-AQT-Rimouski-sept2013.pdf

149 Raymond, P. et **M. Prévost**, 2013. *Microclimate and regeneration discordance in harvest gaps of mixed-species stands*. **Résumé d'une conférence** présentée lors du colloque *Sustaining forest goods and services in a time of change: The role of harvest gaps*, *Ecological society of America 98th Annual Conference*. 8 août 2013. Minneapolis, MN (États-Unis). 1 p.

150 Sylvain, J.-D., G. Drolet, R. Ouimet et A.R. Michaud, 2013. *Décomposition spectrale et analyse en composantes indépendantes pour la prédiction des propriétés du sol à partir de mesures spectrales*. Conférence présentée lors du 15^e congrès de l'Association québécoise de télédétection. 25 au 27 septembre 2013. Rimouski, QC. 29 p.

151 Têtu, P.-L., R. Fournier, N. Thiffault et B. Massé, 2013. *Modélisation spatiale de l'envahissement des sites boréaux par les éricacées : l'apport de la télédétection dans l'aménagement écosystémique des forêts du Québec*. **Résumé d'une affiche** présentée lors du 7^e Colloque du Centre d'étude de la forêt. 22 au 24 avril 2013. Montebello, QC. 1 p.
www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Thiffault-Nelson/Resume-affiche-CEF-avril2013.pdf.

152 Thiffault, N., 2013. *Living without herbicide in Québec – Historical context and current strategy in forest vegetation management*. **Conférence** présentée lors du *Science Matters XI, Exploring Research and Policy Needs*. 20 novembre 2013. Sault Ste Marie, ON. 24 p.

153 Thiffault, N., 2014. *Living without herbicides in Québec: Historical context and current strategy in forest vegetation management*. Conférence présentée lors du 76th Annual Meeting Northeastern Forest Pest Council. 19 mars 2014. Québec, QC. 24 p.

154 Thiffault, N., F. Hébert et **R. Jobidon**, 2013. *Croissance et nutrition de l'épinette noire sous l'influence de la sylviculture et du type de plants sur une station à éricacées*. **Résumé d'une affiche** présentée lors du 7^e Colloque du Centre d'étude de la forêt. 22 au 24 avril 2013. Montebello, QC. 1 p.
www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Thiffault-Nelson/Resume-affiche-colloque-CEF-avril2013.pdf.

155 Trottier-Picard, A., É. Thiffault, A. Desrochers, D. Paré, N. Thiffault et C. Messier, 2013. *Comment la récolte des résidus de coupe forestière peut-elle affecter le microenvironnement, la croissance et la physiologie de jeunes peupliers hybrides? / How can forest biomass harvesting affect the microenvironment, growth, and physiology of newly planted hybrid poplars in Québec?* **Résumé d'une conférence** présentée lors du congrès annuel de la Société canadienne de biologie végétale. 25 au 28 juin 2013. Québec, QC. 1 p.
www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Thiffault-Nelson/Resume-conf-SCBV-juin2013.pdf.

156 Trottier-Picard, A., É. Thiffault, A. Desrochers, D. Paré, N. Thiffault et C. Messier, 2013. *Comment les résidus de coupe forestière peuvent-ils affecter la croissance d'une plantation?* **Résumé d'une conférence** présentée lors du 7^e Colloque du Centre d'étude de la forêt. 22 au 24 avril 2013. Montebello, QC. 1 p.
www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Thiffault-Nelson/Resume-conf-Trottier-Picard-CEF-avril2013.pdf.

ARTICLE PROFESSIONNEL

157 Baldet, P. et **F. Colas**, 2013. *A water activity-regulated dryer: how to dry seeds or pollen with water and no heat*. TPN 56(2): 43-49.

ARTICLE DE VULGARISATION

158 Colas, F. et M. Bettez, 2013. *From seed collection to seed storage: A Québec overview*. Tree Seed Working Group - News Bulletin. Association canadienne de génétique forestière. 58(Décembre): 7-11.

ACTIVITÉS DE TRANSFERT DES RÉSULTATS DE RECHERCHE

159 Bédard, S., 2013. *Visite sur le terrain à la forêt de Duchesnay*. 7 novembre 2013. Duchesnay, QC. 12 p.
www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Bedard-Steve/Visite-terrain-Duchesnay-nov2013.pdf.

160 Bédard, S. et **F. Guillemette**, 2013. *Sylviculture des feuillus à Duchesnay*. **Visite sur le terrain** dans le cadre du cours de sylviculture de l'Université Laval. 18 septembre 2013. Duchesnay, QC. 9 p.

161 Bédard, S., F. Guillemette, M. Beaudet et **R. Ouimet**, 2013. *Présentation du dispositif d'éclaircie commerciale Watopeka*. **Résumé d'une conférence** présentée lors de l'Atelier de discussion sur l'aménagement des forêts feuillues et mélangées. 30 octobre 2013. Windsor, QC. 7 p.
www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Bedard-Steve/Conf-Atelier-amenagement-Windsor-Oct2013.pdf.

162 Bédard, S., F. Guillemette, Z. Majcen et **É. Bigras**, 2013. *Visite sur le terrain dans le cadre de la tournée régionale en forêt feuillue à la forêt d'enseignement et de recherche Mousseau Sainte-Véronique*. 27 août 2013. Sainte-Véronique, QC. 4 p.

163 Bouchard, M., 2014. *Facteurs environnementaux influençant le déclenchement et l'expansion initiale de la présente épidémie de la tordeuse des bourgeons de l'épinette*. **Résumé d'une conférence** paru dans les Actes du colloque « Tordeuse des bourgeons de l'épinette : Faire face à la nouvelle épidémie ». 19 au 20 février 2014. Québec, QC. p. 45-52.

- 164** Buitrago, M., A. Paquette, N. Thiffault, N. Bélanger et C. Messier, 2013. *Établissement du mélèze hybride (MEH) suivant différentes préparations de terrain : effets à court terme*. **Conférence** présentée lors du colloque Triade. 28 mai 2013. La Tuque, QC. 15 p.
- 165** Colas, F. et M.S. Lamhamedi, 2013. *Les clones somatiques : producteurs d'une nouvelle génération de semences de haute qualité génétique*. **Résumé d'une conférence** paru dans le Cahier du participant de l'Atelier sur les semences forestières : un maillon clé des plantations de grande valeur. 3 au 4 décembre 2013. Berthierville, QC. p. 46-51.
[www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Colas-Fabienne/Resume-Conf-Les-clones-AtelierSemences\(dec2013\).pdf](http://www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Colas-Fabienne/Resume-Conf-Les-clones-AtelierSemences(dec2013).pdf).
- 166** Colas, F., P. Baldet, M. Bettez et A. Rainville, 2013. *Qu'ont en commun les pizzas surgelées et les graines forestières? La mesure de l'activité de l'eau!* **Résumé d'une conférence** paru dans le Cahier du participant de l'Atelier sur les semences forestières : un maillon clé des plantations de grande valeur. 3 au 4 décembre 2013. Berthierville, QC. p. 18-21.
[www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Colas-Fabienne/Resume-Conf-Quon-en-commun-AtelierSemences\(dec2013\).pdf](http://www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Colas-Fabienne/Resume-Conf-Quon-en-commun-AtelierSemences(dec2013).pdf).
- 167** Duchesne, L., R. Ouimet, J.-D. Moore et D. Houle, 2013. *Faire face aux enjeux écologiques pour assurer la pérennité des érablières*. **Conférence** présentée lors du colloque «L'aménagement durable des érablières : se donner les moyens d'y arriver», organisé par l'Ordre des ingénieurs forestiers du Québec et le Centre ACER. 10 décembre 2013. Victoriaville, QC. 39 p.
- 168** Gagnon, J., 2014. *Effets de la fertilisation foliaire d'urée sur la concentration foliaire en azote de l'épinette noire 2+0 en récipients 25-310*. **Conférence** présentée lors de la rencontre technique de l'Office des producteurs de plants forestiers du Québec. 19 au 20 février 2014. Québec, QC. 76 p.
- 169** Guillemette, F. et S. Tremblay, 2013. *Outils sylvicoles pour l'aménagement des érablières*. **Conférence** présentée lors du colloque «L'aménagement durable des érablières : se donner les moyens d'y arriver», organisé par l'Ordre des ingénieurs forestiers du Québec et le Centre ACER. 10 décembre 2013. Victoriaville, QC. 40 p.
- 170** Hébert, F. et N. Thiffault, 2014. *Les nerpruns bourdaine et cathartique : Historique de ces envahisseurs et état de la situation dans le contexte forestier québécois*. **Conférence** présentée lors des Vendredis forestiers multiressources à l'Agence forestière de la Montérégie. 17 janvier 2014. Granby, QC. 24 p.
- 171** Houle, D., B. Côté, T. Logan, H. Power, I. Charron, L. Duchesne et J.-P. Bellegarde, 2014. *Analyse des impacts des changements climatiques sur la production de sirop d'érable*. **Conférence** présentée lors des Journées de colloques acéricoles 2014. 10 janvier 2014, Victoriaville, QC. 15 janvier 2014, L'Ange-Gardien (Outaouais), QC. 22 janvier 2014, Saint-Joseph-de-Beauce, QC. 23 janvier 2014, Saint-Sylvestre, QC. 45 p.
- 172** Lamhamedi, M.S., 2013. *Caractéristiques et propriétés physico-chimiques des substrats*. Dans : Lamhamedi, M.S., P. Desjardins, M. Renaud et L. Veilleux (éds.). *Techniques culturales de production pour améliorer la qualité morpho-physiologique des plants forestiers et la rentabilité des pépinières forestières au Québec*. 6 novembre 2013. Québec, QC. p. 47-53.
www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Lamhamedi-Mohammed/Resume-formation-techniques-caracteristiques-nov2013.pdf.
- 173** Lamhamedi, M.S., 2013. *Contrôle, optimisation de l'irrigation et variations extrêmes des teneurs en eau en relation avec la morpho-physiologie des plants et le lessivage des éléments minéraux*. Dans : Lamhamedi, M.S., P. Desjardins, M. Renaud et L. Veilleux (éds.). *Techniques culturales de production pour améliorer la qualité morpho-physiologique des plants forestiers et la rentabilité des pépinières forestières au Québec*. 6 novembre 2013. Québec, QC. p. 54-62.
www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Lamhamedi-Mohammed/Resume-formation-techniques-contrôle-nov2013.pdf.
- 174** Lamhamedi, M.S., 2013. *Optimisation de la fertilisation des plants forestiers en pépinière forestière*. Dans : Lamhamedi, M.S., P. Desjardins, M. Renaud et L. Veilleux (éds.). *Techniques culturales de production pour améliorer la qualité morpho-physiologique des plants forestiers et la rentabilité des pépinières forestières au Québec*. 6 novembre 2013. Québec, QC. p. 21-46.
www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Lamhamedi-Mohammed/Resume-formation-techniques-optimisation-nov2013.pdf.
- 175** Lamhamedi, M.S., 2013. *Prédiction et détermination des seuils de tolérance au gel en automne et techniques de protection contre le gel hivernal*. Dans : Lamhamedi, M.S., P. Desjardins, M. Renaud et L. Veilleux (éds.). *Techniques culturales de production pour améliorer la qualité morpho-physiologique des plants forestiers et la rentabilité des pépinières forestières au Québec*. 6 novembre 2013. Québec, QC. p. 86-102.
www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Lamhamedi-Mohammed/Resume-formation-techniques-prediction-nov2013.pdf.

176 Lamhamedi, M.S., 2013. *Principaux facteurs et techniques culturales à caractère opérationnel affectant la qualité morpho-physiologique des plants*. Dans : Lamhamedi, M.S., P. Desjardins, M. Renaud et L. Veilleux (éds.). *Techniques culturales de production pour améliorer la qualité morpho-physiologique des plants forestiers et la rentabilité des pépinières forestières au Québec*. 6 novembre 2013. Québec, QC. p. 7-20.

www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Lamhamedi-Mohammed/Resume-formation-techniques-principaux-nov2013.pdf.

177 Lamhamedi, M.S., 2013. *Principaux facteurs et techniques culturales affectant la germination des semences et la croissance des plants en pépinière forestière. Résumé d'une conférence* paru dans le Cahier du participant de l'Atelier sur les semences forestières : un maillon clé des plantations de grande valeur. 3 au 4 décembre 2013. Berthierville, QC. p. 22-25.

[www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Lamhamedi-Mohammed/Resume-conf-Atelier-Semences\(dec2013\).pdf](http://www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Lamhamedi-Mohammed/Resume-conf-Atelier-Semences(dec2013).pdf).

178 Lamhamedi, M.S., 2013. *Variabilité génétique des champignons ectomycorhiziens en relation avec la tolérance à la sécheresse des plants forestiers dans les zones semi-arides et arides. Conférence* présentée lors du séminaire «Biologie intégrative des symbioses végétales – BIO 7904-A». Université Laval, 25 novembre 2013. Québec, QC. 59 p.

179 Lamhamedi, M.S., P. Desjardins, M. Renaud et L. Veilleux, 2013. *Techniques culturales de production pour améliorer la qualité morpho-physiologique des plants forestiers et la rentabilité des pépinières forestières au Québec*. Journée de formation et de transfert de connaissances, d'expertises et de savoir-faire auprès des pépinières forestières du Québec membres de la Fédération québécoise des coopératives forestières. 6 novembre 2013. Québec, QC. 119 p.

www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Lamhamedi-Mohammed/Journee-formation-pepinierere-for-fqcf.pdf.

180 Margolis, H.A., J. Beaulieu, P.Y. Bernier, J. Bousquet, M.S. Lamhamedi, A. Rainville, D. Boyer-Groulx et S. Carles, 2013. *Évaluation de la plasticité physiologique des familles d'épinette blanche et maximisation de la productivité des plantations en réponse aux changements climatiques. Résumé d'une conférence* paru dans le cahier des conférenciers lors du Forum de transfert en aménagement en environnement forestiers organisé par le Fonds de recherche du Québec – Nature et technologie. 2 octobre 2013. Québec, QC. p. 77-84.

[www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Lamhamedi-Mohammed/Resume-conf-FQRNT\(oct2013\).pdf](http://www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Lamhamedi-Mohammed/Resume-conf-FQRNT(oct2013).pdf).

181 Marcotte, P. et I. Auger, 2014. *Considération de la TBE dans le calcul des possibilités forestières : situation actuelle et développement à venir. Conférence* présentée lors du colloque «Tordeuse des bourgeons de l'épinette : Faire face à la nouvelle épidémie». 19 février 2014. Québec, QC. 23 p.

182 Ménétrier, J. et G. Prigent, 2013. *Visite de la forêt d'expérimentation Madawaska – Secteur J – Résultats à l'âge de 27 ans. Document d'accompagnement pour la visite terrain* à la forêt d'expérimentation de Madawaska. 27 juin 2013. Dégelis, QC. 56 p.

183 Périé, C., 2013. *Les semences forestières : un outil d'adaptation aux changements climatiques. Résumé d'une conférence* paru dans le Cahier du participant de l'Atelier sur les semences forestières : un maillon clé des plantations de grande valeur. 3 au 4 décembre 2013. Berthierville, QC. p. 52-57.

[www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Perie-Catherine/Resume-conf-AtelierSemences\(dec2013\).pdf](http://www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Perie-Catherine/Resume-conf-AtelierSemences(dec2013).pdf).

184 Rainville, A., 2013. *The Domaine Joly-de-Lotbinière... refuge of the continent's northernmost black walnut population! Document remis à 250 journalistes* horticoles en visite au Domaine Joly-de-Lotbinière dans le cadre du congrès annuel de la Garden Writers Association. 18 septembre 2013. Lotbinière, QC. 1 p.

185 Rainville, A. et J. Beaulieu, 2013. *Comment maximiser le rendement futur des plantations en mariant amélioration génétique et biotechnologie. Résumé d'une conférence* paru dans le Cahier du participant de l'Atelier sur les semences forestières : un maillon clé des plantations de grande valeur. 3 au 4 décembre 2013. Berthierville, QC. p. 40-45.

www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Rainville-Andre/Resume-Conf-Atelier-semence-dec2013.pdf.

186 Rainville, A. et L. Tremblay, 2014. *L'embryogenèse somatique, un outil novateur dans la filière de production de plants forestiers du Québec. Conférence* présentée lors du Café-conférence de l'Institut forestier du Canada. 4 février 2014. Québec, QC. 46 p.

187 Raymond, P., 2013. *Arrêt # 5 : Dispositif de coupe progressive irrégulière. Document d'accompagnement de la visite terrain* sur le pin blanc en Mauricie. 18 juin 2013. Mauricie, QC. 2 p.

188 Raymond, P., 2013. *Qu'est-ce que le nouveau guide sylvicole du Québec apportera aux ingénieurs forestiers? Résumé d'une conférence* présentée lors d'un Déjeuner conférence de l'Association forestière de la Vallée du St-Maurice. 30 octobre 2013. Shawinigan, QC. 1 p.

www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Raymond-Patricia/Resume-conference-AFVSM-oct2013.pdf.

189 Raymond, P. et F. Guillemette, 2013. *Tome 2 – Les concepts et l'application de la sylviculture. Conférence* présentée lors du Congrès 2013 de l'Ordre des ingénieurs forestiers du Québec : «Revisiter ses perceptions». 10 au 12 septembre 2013. Gatineau, Québec. Présentée aussi au personnel du ministère des Ressources naturelles. 4 et 7 novembre 2013. Québec, QC. 41 p.

190 Thiffault, N., 2013. *La plantation comme outil de restauration – Perspectives d'Anticosti et d'ailleurs*. **Résumé d'une conférence** présentée lors du 9^e colloque annuel de la Chaire de recherche industrielle CRSNG en aménagement intégré des ressources de l'île d'Anticosti. 19 avril 2013. Québec, QC. 1 p. www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Thiffault-Nelson/Resume-conf-chaire-Anticosti-avril2013.pdf.

191 Thiffault, N., 2013. *Gestion de la végétation et scarifiage en plantations forestières*. **Conférence** présentée lors du colloque «Les plantations au Québec : harmonisation entre environnement et production». 25 novembre 2013. Québec, QC. 30 p.

192 Thiffault, N., 2013. *Gestion de la végétation forestière – Cruciale pour des plantations réussies*. **Conférence** présentée lors du colloque Triade. 28 mai 2013. La Tuque, QC. 16 p.

193 Thiffault, N., 2013. *Modalités d'application de l'enrichissement de la régénération naturelle à la suite d'une coupe avec protection de la régénération et des sols*. **Document remis lors d'une visite terrain** à la Forêt Montmorency de l'Université Laval. Formation continue de l'Ordre des ingénieurs forestiers du Québec. 10 octobre 2013. Québec, QC. 8 p. www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Thiffault-Nelson/Visite-terrain-OIFQ-Foret-Montmorency-oct2013.pdf

194 Tremblay, S., 2013. *Discussion sur les réponses sylvicoles et aspects de productivité opérationnelle sur le terrain dans une plantation d'épinettes blanches traitée en éclaircie mixte martelée (station 3)*. **Affiches** présentées lors d'une visite sur le terrain du colloque «L'éclaircie : un outil de développement économique et d'aménagement forestier durable». 4 septembre 2013. Rimouski, QC. 2 p.

PRÉSENTATIONS DIVERSES

195 Boucher, Y., P. Grondin, J. Noël et H. Rheault, 2013. *Typologie des vieilles forêts de la pessière à mousses de l'Ouest (région écologique 6e)*. **Conférence** présentée au Comité structure d'âge. 28 novembre 2013. Québec, QC. 14 p.

196 Colas, F., P. Baldet et **A. Rainville**, 2014. *Pizzas surgelées et graines forestières unies par une même mesure : l'activité de l'eau*. **Conférence** présentée lors d'un Jeudi DRF. 20 février 2014. Québec, QC. 51 p.

197 Gagnon, J., 2014. *Effets de la fertilisation foliaire d'urée sur la concentration foliaire en azote de l'épinette noire 2+0 en récipients 25-310*. **Conférence** présentée lors de la réunion du Comité environnement des pépinières du ministère des Ressources naturelles. 27 mars 2014. Québec, QC. 76 p.

198 Grondin, P., 2013. *Programme de connaissances sur la dynamique des écosystèmes forestiers*. **Conférence** présentée lors d'une rencontre d'information entre le ministère des Ressources naturelles et le Centre d'études nordiques. 5 décembre 2013. Québec, QC. 41 p.

199 Guillemette, F., 2013. *Évaluation des effets à long terme de coupes partielles*. **Conférence** présentée à Mont-Tremblant, QC. 22 p.

200 Lamhamedi, M.S., 2013. *Carence en bore en pépinière et dans les tests clonaux : Symptômes, recommandations préventives et axes de recherche*. **Conférence** présentée au comité d'embryogenèse somatique pour le Plan stratégique d'embryogenèse somatique. 30 octobre 2013. Québec, QC. 35 p.

201 Mottet, M.-J., 2013. *Détection des basidiospores de Cronartium ribicola à l'aide de capteurs de spores*. **Conférence** présentée au groupe de travail sur l'acquisition de connaissances sur la rouille vésiculeuse du pin blanc dans les pépinières forestières. Île d'Orléans, QC. 10 p.

202 Rainville, A., 2014. *Modèles de transfert VS changements climatiques*. **Conférence** présentée au personnel de la Direction générale de la production de semences et de plants forestiers, suivie d'une discussion sur l'élaboration d'une stratégie d'adaptation des plantations aux changements climatiques. 21 janvier 2014. Québec, QC. 23 p.

203 Sylvain, J.-D., J. DeBlois, M.-C. Lambert et D. Chambers, 2013. *Développement d'un bio-indicateur pour l'étude du changement dans les communautés*. **Conférence** présentée lors d'un Jeudi DRF. 18 avril 2013. Québec, QC. 32 p.

204 Tremblay, S., 2013. *L'acériculture et la sylviculture, un mariage de raisons pour l'aménagement durable des érablières*. **Conférence** présentée à l'érablière l'Autre Versant. 6 décembre 2013. Sainte-Hélène, QC. 39 p.

Les publications 2013-2014

Articles scientifiques	40
Mémoires de recherche forestière	4
Notes de recherche forestière	3
Guide	1
Avis de recherche forestière	11
Chapitres de livre	62
Avis technique	4
Logiciel	1
Rapports divers	7
Présentations - Congrès scientifiques	23
Article professionnel	1
Article de vulgarisation	1
Activités de transfert des résultats de recherche	36
Présentations diverses	10
TOTAL	204



**Ressources
naturelles**

Québec 

