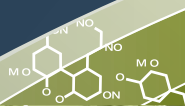


RAPPORT D'ACTIVITÉ

DIRECTION DE LA RECHERCHE FORESTIÈRE

2012 2013



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

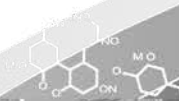


0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

RAPPORT D'ACTIVITÉ

DIRECTION DE LA RECHERCHE FORESTIÈRE

2012 2013



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



0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

Le fichier PDF du Rapport d'activité 2012-2013 est disponible à l'adresse Internet suivante :
www.mrn.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.mrn.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@mrn.gouv.qc.ca
www.mrn.gouv.qc.ca/forets/connaissances/recherche

© Gouvernement du Québec
Ministère des Ressources naturelles, 2013
Dépôt légal – Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2013

ISBN 978-2-550-68720-7 (Imprimé)
ISBN 978-2-550-68721-4 (PDF)
ISBN 978-2-550-68722-1 (EPUB)
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 2013-2014 (projets internes)
- 51 La programmation de recherche 2013-2014 (projets externes subventionnés)
- 61 Les publications 2012-2013



LE MOT DU DIRECTEUR

À LA COMMUNAUTÉ FORESTIÈRE DU QUÉBEC, AUX CHERCHEURS, AUX EMPLOYÉS DU MINIS- TÈRE DES RESSOURCES NATURELLES (MRN) ET AU PERSONNEL DE LA DIRECTION DE LA RECHERCHE FORESTIÈRE.

La Direction de la recherche forestière est fière de vous présenter son rapport d'activité pour l'exercice 2012-2013 ainsi que la programmation des projets de recherche pour l'année 2013-2014.

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 fournir des solutions pratiques et concrètes aux problèmes éprouvés par les gestionnaires de la forêt et les 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 nouveau régime forestier.

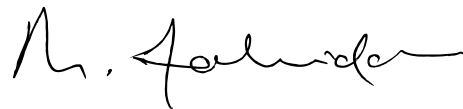
Vous trouverez dans ce rapport, pour chacun des créneaux de recherche de la DRF, les faits saillants, les réalisations et les moyens pris pour faciliter l'intégration des nouvelles connaissances acquises et du savoir-faire développé à l'usage des gestionnaires, des ingénieurs forestiers et des divers 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 réalisés par la DRF ainsi que celle propre aux projets financés par le Ministère, 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 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 à 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 :

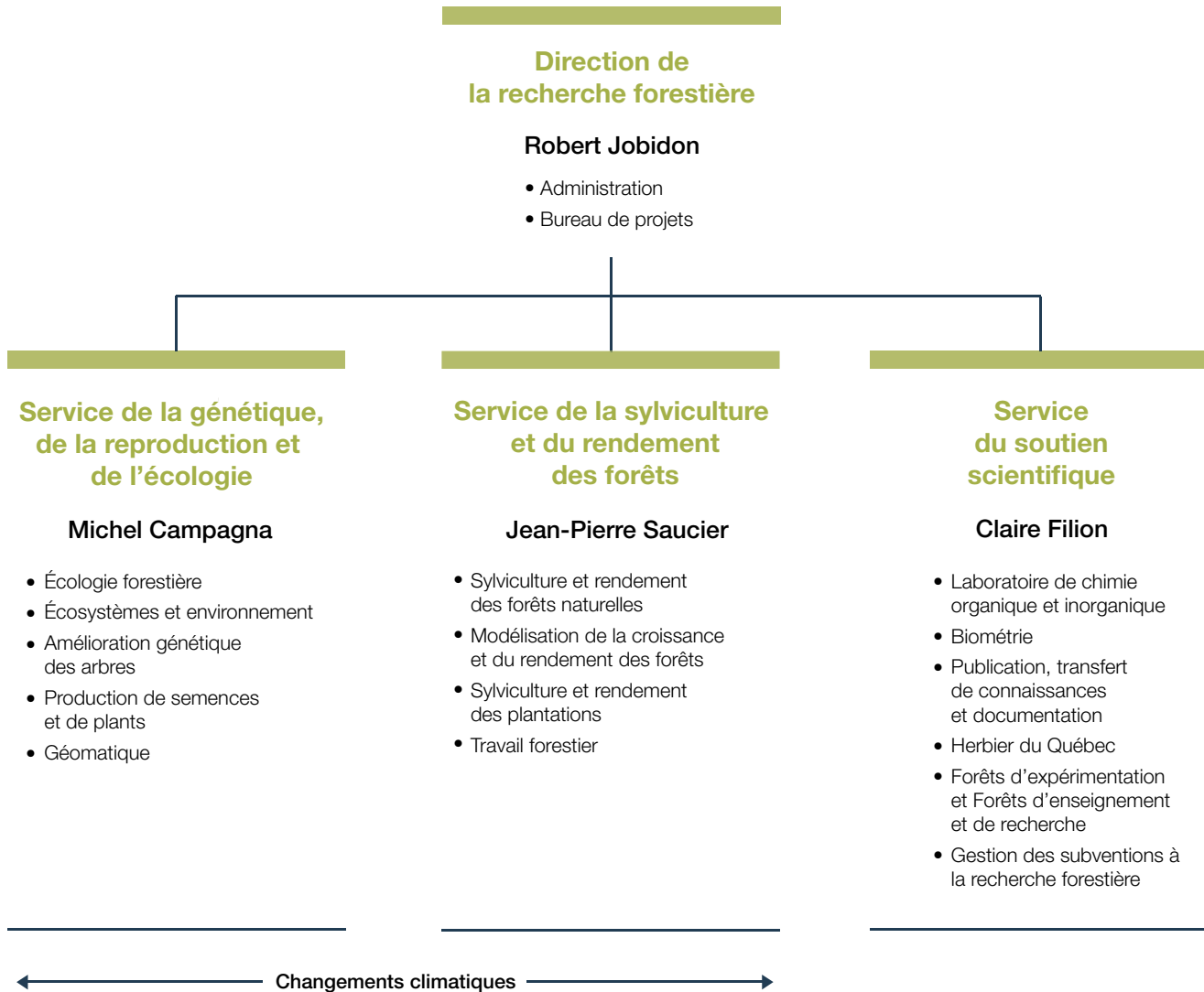
- la génétique, la reproduction et l'écologie;
- la sylviculture et le rendement des forêts;
- le soutien scientifique.

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 ainsi que 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 36 chercheurs, dont **16** travaillent au **Service de la génétique, de la reproduction et de l'écologie** et **20** 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 **25** personnes au sein du premier service et de **32** 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 **30** 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 en sciences forestières. 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 2012-2013, les chercheurs de la DRF ont été auteurs ou coauteurs de 36 articles scientifiques et de 2 articles de vulgarisation. Ils ont produit six mémoires et deux notes de recherche forestière. 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 quatre avis de recherche forestière, une collection de vulgarisation scientifique éditée par la DRF.

Des chercheurs de la DRF ont agi comme réviseurs pour plusieurs revues scientifiques internationales. Certains d'entre eux ont aussi poursuivi leur contribution comme éditeurs associés à deux périodiques internationaux en sciences forestières (*Revue canadienne de la recherche forestière* et *New Forests*), ainsi qu'à deux revues plus généralistes (*Le Naturaliste canadien* et *Nature et Technologie*).

Par ailleurs, les chercheurs de la DRF ont participé à 94 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, en plus de formuler des recommandations pour différentes instances du Ministère et de participer à divers comités de travail.

LES FAITS SAILLANTS DE 2012-2013 DE LA DIRECTION DE LA RECHERCHE FORESTIÈRE

Les paragraphes qui suivent résument les réalisations les plus marquantes de l'exercice 2012-2013 pour ce qui est de l'implication des chercheurs de la DRF dans 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 au bénéfice de la communauté forestière du Québec. La progression des différents projets de recherche, quant à elle, 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 a accru ses réseaux de collaboration scientifique avec les universités québécoises, canadiennes et étrangères. Depuis quelques années, le nombre de projets réalisés en partenariat, tout comme celui des publications scientifiques communes, a considérablement augmenté.

La limite nordique des forêts

Le comité scientifique chargé d'examiner la limite nordique des forêts attribuables a terminé ses travaux. Il s'agit d'un comité pluridisciplinaire, constitué de scientifiques et de spécialistes des milieux gouvernementaux et universitaires. Les résultats obtenus sont le fruit de sept années de travaux fondés sur une approche ayant pour assises des critères et des indicateurs biophysiques d'aménagement durable des écosystèmes forestiers nordiques.

Les guides sylvicoles

L'année 2012-2013 a été marquée par la finalisation et la livraison à l'éditeur du tome 2 du *Guide sylvicole du Québec* qui paraîtra en 2013. Le comité d'édition scientifique et plusieurs chercheurs de la DRF 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 a pour but de colliger et d'organiser les connaissances les plus à jour sur l'autécologie des espèces forestières, les traitements sylvicoles et leurs modalités d'application, ainsi que sur la dynamique des peuplements forestiers et les perturbations naturelles qui les influencent. Les guides sylvicoles du MRN serviront d'outil d'aide à la décision aux sylviculteurs qui devront préparer les prescriptions sylvicoles dans le cadre du nouveau régime forestier. Celui-ci met en œuvre l'aménagement durable des forêts, qui concilie les objectifs de production et ceux du maintien des propriétés des écosystèmes.

Les changements climatiques

Dans le cadre du Plan d'action gouvernemental sur les changements climatiques, des chercheurs de la DRF ont initié des recherches sur la vulnérabilité et l'adaptation des forêts aux changements climatiques. Ces recherches documentent les effets des changements climatiques sur la fertilité des sols, la croissance et la mortalité des arbres, la distribution des espèces, la conservation des semences à long terme, la protection des plants en pépinière, la conservation et la diversité génétique et le reboisement. En termes d'adaptation aux changements climatiques, des modèles de déplacement des provenances pour les semences issues de vergers à graines permettront la mise en terre de plants mieux adaptés aux conditions futures du climat. Les

travaux sont effectués par des chercheurs de la DRF ou 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 effets et l'adaptation liés aux changements climatiques pour les ressources forestières.

Les 13 et 14 mars 2013, la DRF a participé à deux journées d'information et d'échanges sur les effets des changements climatiques et l'adaptation de la forêt québécoise et du secteur forestier. Le personnel de la DRF a grandement contribué à l'organisation de cette activité, en plus de présenter des conférences et d'animer des ateliers. Au total, 93 participants ont assisté aux présentations et aux ateliers d'échanges, pour s'initier à la démarche d'adaptation aux changements climatiques dans le but de favoriser leur intégration dans l'aménagement durable des forêts. Certains besoins de connaissances exprimés lors des ateliers influenceront les programmes de recherche de la DRF dans le contexte du Plan d'action sur les changements climatiques (PACC) 2013-2020.

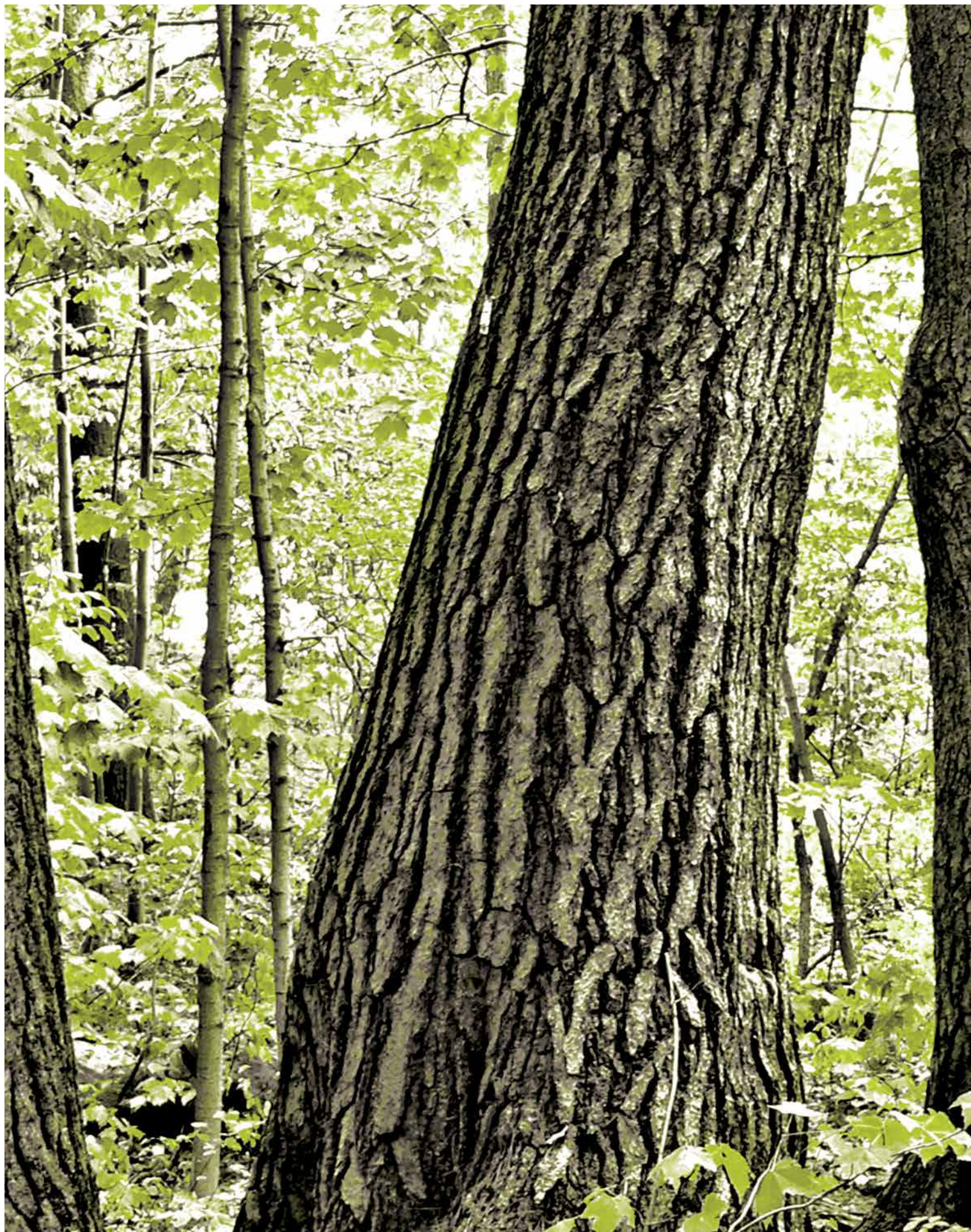
Le processus d'évaluation des projets de la DRF

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. Au cours de l'année 2012-2013, deux nouvelles propositions de projets internes de recherche ont franchi avec succès ces deux étapes d'évaluation. La programmation de recherche 2013-2014 de la DRF vient donc de s'enrichir de ces deux nouveaux projets intitulés :

1. Développement d'un système d'inférence cartographique pour la caractérisation des propriétés des sols forestiers au Québec;
2. L'écologie fonctionnelle comme indicateur de naturalité des plantations sous aménagement intensif dans un contexte de changements climatiques.

Par ailleurs, la pertinence des projets à long terme de la DRF est réévaluée périodiquement, dans un exercice similaire. Au cours de l'année 2012-2013, la pertinence de deux 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'ÉCHELLE DE LA DIRECTION, 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 processus et les fonctions des écosystèmes dans un contexte d'aménagement forestier durable; ils sont aussi liés au développement de nouveau matériel végétal.

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, ils 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.

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 et de la Stratégie d'aménagement durable des forêts (SADF) pour l'ensemble du territoire québécois. Cette mise en œuvre repose entre autres sur la connaissance de la variabilité de la composition et de la structure des écosystèmes forestiers naturels, introduite 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 à l'aménagiste d'élaborer une planification susceptible de maintenir les principales fonctions des écosystèmes forestiers, particulièrement au regard du maintien de la diversité des communautés végétales et animales habitant nos forêts.

Les chercheurs de l'équipe concentrent leurs travaux sur la classification écologique ainsi que sur la caractérisation de la structure d'âge et de la composition des écosystèmes naturels, tout en considérant les façons dont elles sont influencées par les perturbations naturelles et anthropiques. L'ensemble des connaissances acquises permet d'établir les états de référence de la forêt, qui sont consignés dans le registre des états de référence. Ces états de référence permettent de préciser des cibles de composition et de structure de la forêt dans le respect des principes de l'aménagement écosystémique.



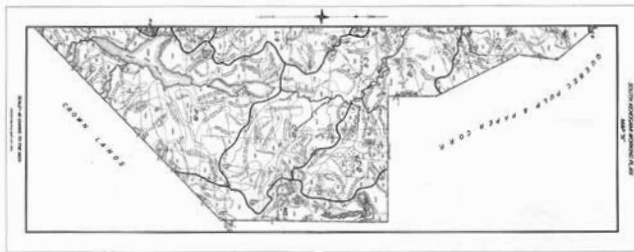
Les chercheurs en écologie forestière s'intéressent à la répartition spatiale des coupes, à ses effets sur la biodiversité et à la manière de l'optimiser afin de répondre à la fois aux enjeux écologiques et socio-économiques (Photo : G. Lanthier, MRN).



Évaluation de la biodiversité dans le contexte du maintien de legs biologiques (bouquet) (Photo : H. Tremblay, MRN).

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, ainsi que de la portion nord du lac Saint-Jean.
- Ils ont dirigé des études universitaires visant à comparer la forêt préindustrielle et la forêt actuelle dans la région de l'Outaouais, sur la base des végétations potentielles définies par le MRN.
- Les travaux ont été présentés à la 97^e conférence annuelle de l'*Ecological Society of America* (Portland, Oregon).
- Un dispositif a été implanté en forêt boréale pour suivre les effets de l'aménagement écosystémique sur la diversité des communautés de plantes et d'insectes.



Les archives des compagnies forestières servent à reconstituer les effets des pratiques sylvicoles sur la structure et la composition des forêts.



Un membre de l'équipe technique effectue un prélèvement à l'aide d'une sonde de Pressler afin de dater l'événement qui a permis l'établissement de ce peuplement forestier (Photo : Y. Boucher, MRN).

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;
- la dynamique à court, moyen et long terme de la forêt boréale et de la forêt tempérée, sur la base de la classification écologique en vigueur au MRN (programme de recherche conjoint avec la Direction des inventaires forestiers);
- l'analyse des effets de l'épidémie de la tordeuse des bourgeons de l'épinette en cours au Québec;
- la bonification des états de référence par rapport 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.



Analyse de la structure interne diversifiée des peuplements forestiers de la Côte-Nord (Photo : Y. Boucher, MRN).

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 principaux objectifs des travaux de recherche des chercheurs en écosystèmes et environnement sont de comprendre la réaction des forêts quant aux facteurs environnementaux et de développer des stratégies d'aménagement qui visent le maintien, la résilience et l'adaptation des forêts.

Parmi les travaux en cours figurent ceux entrepris dans le cadre du Plan d'action sur les changements climatiques 2006-2012, qui se poursuivront dans le cadre du PACC 2013-2020. Les résultats obtenus permettront aux intervenants du milieu forestier d'adopter une gestion préventive et adaptative des ressources forestières. Les connaissances acquises seront transmises aux décideurs et aux intervenants régionaux pour être intégrées dans la gestion forestière.

Réalisations

Afin de mieux comprendre les effets sur les écosystèmes forestiers des différents facteurs de changements environnementaux, l'acquisition de connaissances sur la dynamique des écosystèmes forestiers naturels s'est poursuivie grâce au monitoring effectuée dans les 40 stations du Réseau d'étude et de surveillance des écosystèmes forestiers (RESEF) et des trois bassins versants qui en font partie.

En 2012, une nouvelle station du RESEF a été installée près du réservoir Caniapiscau, dans le Nord-du-Québec, et une autre en Outaouais, dans le domaine de la forêt mixte, pour augmenter la couverture de ce réseau de monitoring dans ces domaines de végétation.

L'étude du patron saisonnier de la croissance du sapin baumier au cours de sept saisons (2004-2010) indique que les taux de croissance maximale sont régis par les conditions climatiques. Par conséquent, les changements dans la saisonnalité climatique pourraient avoir des effets considérables sur la croissance des arbres (10).

Une étude de cas a mis en évidence que le refroidissement du Petit Âge glaciaire a favorisé l'épinette rouge, mais que le réchauffement des 100 dernières années a causé une diminution de son abondance (16). Une autre étude indique que, dans les sites où les réserves de potassium sont faibles, les

conditions climatiques pourraient aggraver les déficiences de cet élément chez l'épinette blanche (24). Bien qu'il soit reconnu que les changements climatiques influenceront l'abondance des espèces forestières, pour l'instant, ces répercussions restent difficiles à évaluer pour la plupart des espèces du Québec (5). Des simulations menées en collaboration avec des chercheurs externes indiquent que les effets liés à la hausse de la fréquence des feux résultant des changements climatiques pourraient être réduits par une expansion des feuillus, qu'elle soit naturelle ou anthropique (31). Selon les scénarios climatiques, les modifications au régime de température et de précipitations diminueront le contenu en eau des sols en été (17) et augmenteront l'occurrence d'épisodes de sécheresse. Une collaboration avec des chercheurs du Nord-Est américain a permis de déterminer que les sécheresses auront des répercussions sur le cycle biogéochimique des éléments, notamment sur le sulfate, un élément acidifiant pour les sols (19). Une autre collaboration avec des chercheurs universitaires a permis d'étudier les effets d'ajouts d'azote et du réchauffement forcé des sols sur la communauté mycorhizienne (30) et sur la croissance d'épinettes noires mature en forêt (21), ces dernières ayant été peu touchées par les traitements expérimentaux.

Le choix des aires d'intensification de production ligneuse (AIPL) requiert des données de base sur le potentiel de croissance de divers sites; celles-ci peuvent s'avérer difficiles à obtenir, notamment dans les peuplements de structure inéquienne. L'étude de l'effet des facteurs biogéochimiques sur la croissance potentielle des 10 espèces d'arbres les mieux représentées au Québec a contribué à ce choix (40).

Par ailleurs, les recherches se sont poursuivies avec comme objectif de fournir aux aménagistes forestiers les données les plus pertinentes sur le bilan nutritif des forêts, notamment en ce qui concerne la récupération de la biomasse forestière. L'utilisation des données du RESEF a mené à l'élaboration d'équations de minéralomasse propres à trois types forestiers communs au Québec (35). L'emploi d'équations particulières au Québec s'est avéré de loin préférable à celui des équations de minéralomasse générales et des concentrations provenant de la littérature. En effet, ces dernières peuvent surestimer jusqu'à 81 % le contenu en éléments minéraux de la biomasse des arbres, ce qui peut fortement biaiser l'estimation des bilans nutritifs et des charges critiques des écosystèmes forestiers.

En ce qui concerne le maintien de l'état de santé des érables, des expériences de chaulage dans les érablières démontrent que ce traitement en application unique est toujours efficace après 15 ans (22). Par ailleurs, au stade de gaulis, l'érable réagit mieux que le hêtre, 7 ans après un

dégagement et un chaulage (12). Diverses stratégies d'aménagement sont proposées à la lumière de ces résultats. Il apparaît de plus en plus que le chaulage est un outil sylvicole essentiel pour maintenir ou restaurer la représentativité de l'érable à sucre dans les érablières situées sur des sites acides et pauvres en calcium. À cet effet, des chercheurs de l'équipe ont collaboré à la publication d'un guide pratique d'évaluation de l'état de santé des érablières (50) et ont mis à jour les seuils de fertilité des sols afin de diagnostiquer avec une précision connue leurs besoins en chaux (53, 44).

Perspectives

Pour mieux comprendre l'effet des changements climatiques sur la forêt boréale, l'expansion du RESEF se poursuivra en 2013 par l'ajout d'une nouvelle station de surveillance dans la forêt nordique de la Côte-Nord. D'autres activités et collaborations de recherche se poursuivront afin de mieux comprendre l'influence des changements globaux et des facteurs de stress environnementaux sur les écosystèmes forestiers et sur la répartition et la croissance des arbres au Québec.

Transfert et diffusion

Les activités et les collaborations de recherche ont engendré la production de 14 publications scientifiques (31, 22, 40, 10, 16, 35, 5, 24, 44, 12, 17, 30, 21, 23), d'un guide technique (50) et d'une application informatique (53). En outre, plus d'une douzaine de conférences et d'affiches scientifiques ont permis de transmettre les résultats à différentes clientèles. Elles portent, entre autres, sur l'impact des changements climatiques sur la production de sirop d'érable (135, 103), sur la répartition de l'érable à sucre (75) et celle d'autres espèces ligneuses dans différentes régions du Québec (117, 118, 115, 116), sur le diagnostic de santé et le chaulage des érablières (114, 71), sur la sensibilité des forêts à la récolte de biomasse (74) et sur le monitoring à long terme d'éléments propres aux écosystèmes forestiers (134, 73, 72). Finalement, des membres de l'équipe ont participé à des journées d'échange visant à informer les intervenants du secteur forestier de l'état actuel des connaissances sur les impacts et l'adaptation des forêts aux changements climatiques.

AMÉLIORATION GÉNÉTIQUE DES ARBRES

L'acquisition de connaissances relatives à la variabilité génétique des espèces forestières commerciales et leur utilisation pour obtenir des variétés améliorées permettent d'accroître le volume et la valeur des bois produits en plantation, tout en assurant la conservation des ressources génétiques forestières. Les variétés d'arbres à haute productivité issues des programmes d'amélioration génétique permettront de diminuer la pression grandissante exercée sur le territoire forestier naturel, tant pour la mise en valeur des ressources autres que la matière ligneuse que pour la création d'aires protégées. Elles constituent un élément important du plan stratégique du MRN visant à optimiser la mise en valeur des ressources naturelles et contribuent à la mise en œuvre de l'aménagement écosystémique. Dans ce sens, les programmes d'amélioration génétique participent à l'atteinte d'un des objectifs de la stratégie gouvernementale sur le développement durable, soit celui d'aménager et de développer le territoire de façon durable et intégrée.

L'influence des changements climatiques sur la productivité forestière représente un défi de taille pour la gestion des forêts du Québec. Les connaissances acquises grâce aux plantations comparatives établies depuis quelques dizaines d'années nous renseignent sur le comportement d'une même source de semences dans une diversité d'environnements, simulant ainsi l'effet des changements climatiques. Ces connaissances servent à guider le choix des sources qui permettront de maximiser le rendement des plantations sous l'effet des changements climatiques. Par ailleurs, au cours des dernières années, des travaux ont été entrepris afin de mieux caractériser les propriétés du bois issu de plantations. Finalement, une attention particulière est accordée au transfert rapide des résultats de recherche vers les utilisateurs, autant sous forme de variétés améliorées que de recommandations quant à leur utilisation. La coopération à l'échelle tant nationale qu'internationale contribue au rayonnement des compétences du Québec. Les activités scientifiques menées en amélioration génétique des arbres sont d'ailleurs bien reconnues hors Québec.

Au cours de l'année 2012-2013, 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 sur les enjeux suivants.

Épinette noire et pin gris

Le réseau de vergers de clones de première génération d'épinette noire a été complété en 2012 par la sélection d'arbres supérieurs dans trois tests de descendance de la Côte-Nord, en vue d'établir un verger à graines pour le nord-est du territoire. Avec l'ajout, l'année précédente, d'un dernier verger de clones de pin gris pour l'est du Québec, ce sont maintenant toutes les régions forestières du territoire qui auront bientôt accès à des plants de reboisement de meilleure qualité génétique pour ces deux espèces. Globalement, le passage de vergers de semis aux vergers de clones entraîne un gain supplémentaire anticipé de 10 à 15 % pour la croissance en hauteur chez l'épinette noire et d'environ 5 % chez le pin gris. Le développement de variétés d'épinette noire de deuxième génération s'est poursuivi en 2012 avec l'ensemencement de la nouvelle population pour la Côte-Nord, issue de croisements dirigés.

Épinette blanche

Sélection hâtive des meilleures variétés : Des clones d'épinette blanche issus d'embryogenèse somatique ont été mesurés durant deux saisons de croissance en pépinière et quatre années en tests clonaux. Les analyses indiquent qu'il serait possible de sélectionner très rapidement, même en pépinière, les clones les plus performants sur la base de la hauteur, ce qui réduirait les efforts à déployer pour mettre en place les tests clonaux.



Test de descendance d'épinettes noires de deuxième génération du canton Asselin, 2 ans après la mise en terre (Photo : M. Desponts, MRN).

Épinette de Norvège

- Afin de répondre à une demande accrue en épinette de Norvège pour la région du Saguenay–Lac-Saint-Jean, des tests seront plantés au cours des prochaines années dans cette région afin de trouver des variétés plus rustiques. En attendant, les sources les mieux adaptées ont été recommandées à partir des résultats des dispositifs déjà en place. Des plants offrant une meilleure résistance ou tolérance au charançon du pin blanc ont été sélectionnés et sont maintenant reproduits par bouturage à la pépinière de Saint-Modeste. Ces plants peuvent dorénavant être utilisés dans certaines régions du Saguenay–Lac-Saint-Jean, en plus d'être recommandés pour l'ensemble du Québec méridional.
- Des plants d'épinette de Norvège reproduits par la technique d'embryogenèse somatique par la compagnie J. D. Irving Limited seront établis dans deux tests de clones en 2013.
- Dans le but de diversifier la base génétique de la population d'amélioration, de nouvelles sélections d'arbres seront faites pour le domaine de l'érablière à bouleau jaune.



Test de descendance d'épinettes de Norvège âgées de 6 ans dans le canton Lebreton, en Gaspésie (Photo : M.-J. Mottet, MRN).

Peupliers hybrides

- Cultures bioénergétiques : En partenariat avec Osons l'Osier (Bas-Saint-Laurent) et Agrinova (Lac-Saint-Jean), trois dispositifs expérimentaux ont été établis en mai 2012 pour évaluer si la culture intensive de peupliers en courte rotation (TCR) pourrait se révéler une source intéressante de biomasse pour la filière bioénergie et le bioraffinage.
- Amélioration génétique : Les travaux se sont poursuivis avec nos populations afin de sélectionner, entre autres, des arbres parents de génération avancée chez *Populus trichocarpa* et *P. deltoides*. Des semences ont été produites en 2012 pour 20 descendance intraspécifiques de *P. trichocarpa* (T×T) et 35 autres descendance hybrides (M×T). Ces semences serviront à fournir les plants requis pour deux tests de descendance ou pour constituer une banque pour une production ultérieure de plants afin de sélectionner de nouveaux clones M×T adaptés à la culture en TCR. Durant l'hiver 2013, le pollen d'arbres-plus de *P. deltoides* provenant d'un test de descendance en Outaouais a été récolté et conservé à long terme (-29 °C) en vue de prochains croisements intraspécifiques et interspécifiques.

Stratégie d'échantillonnage

L'évaluation précise de la transmissibilité d'un caractère d'une génération à l'autre est capitale pour les générations avancées des programmes d'amélioration génétique. Elle contribue au choix de la stratégie d'amélioration à adopter ainsi qu'à l'estimation des gains génétiques prédits. L'amélioration génétique des caractéristiques du bois des arbres forestiers est de plus en plus considérée



Recépage de pousses de un an de peupliers hybrides cultivés en taillis de courte rotation à Saint-Bruno-d'Alma (Photo : P. Périnet, MRN).

pour les essences les plus utilisées en plantation dans le monde. Toutefois, l'évaluation de ces caractères requiert des ressources considérables (en temps et en argent). Une étude de simulation a permis d'optimiser la méthode d'échantillonnage employée pour estimer les paramètres génétiques de la qualité du bois (25). Pour le mélèze laricin et l'épinette noire, il est maintenant possible de réduire efficacement l'échantillonnage. Ainsi, à un coût raisonnable, des variétés améliorées pour les caractéristiques du bois seront rapidement déployées pour le reboisement.

Conservation de la diversité génétique

Dans le contexte des changements climatiques, une étude en cours définit le statut de conservation des espèces forestières arborescentes du Québec. Les premiers résultats ont même été mis à contribution dans le cadre d'une enquête menée à l'échelle canadienne sous l'égide de CONFORGEN, le programme canadien de conservation des ressources génétiques forestières. Une fois terminée, cette étude permettra de cibler, par exemple, des populations à risque qui mériteraient une attention particulière lors du choix de l'emplacement des futures aires protégées.

Transfert, diffusion et collaborations diverses

Concrètement, dans leur travail quotidien, les chercheurs en amélioration génétique demeurent en constante communication avec leur interlocuteur privilégié, la Direction générale des pépinières et des stations piscicoles (DGPS), et l'appuient. Ils recommandent 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'embryogénèse somatique) afin de maximiser le rendement des plantations au Québec.

Les chercheurs ont également été sollicités à titre de conférenciers, entre autres, pour une présentation sur le terrain à la pépinière de Berthierville, dans le cadre d'une réunion du Groupe de travail sur les ressources forestières génétiques de la Commission des forêts pour l'Amérique du Nord de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). Les sujets abordés étaient le programme d'amélioration génétique de l'épinette blanche, l'aménagement des vergers à graines et la conservation des ressources génétiques forestières. Une autre présentation a eu lieu à Rimouski durant le colloque de la Chaire de recherche sur la forêt habitée de l'Université du Québec à Rimouski. Elle a permis de présenter les effets potentiels des changements climatiques sur le rendement des plantations résineuses dans le Bas-Saint-Laurent (58). L'histoire et les avancées du programme d'amélioration génétique du mélèze hybride au Québec ont aussi été présentées aux

représentants régionaux du Bas-Saint-Laurent lors d'une conférence et d'une visite sur le terrain (119). Finalement, l'ensemble des travaux et la stratégie employée depuis 40 ans pour produire la première génération d'épinette noire génétiquement améliorée au Québec sont documentés dans un mémoire de recherche forestière (38). Ce mémoire présente, en détail, le mode de sélection, les provenances qui composent les vergers à graines régionaux et les prédictions de gains génétiques en croissance pour chacun d'eux.

Les chercheurs collaborent à des projets de recherche en réseaux universitaires, entre autres, pour la caractérisation du bois (18) et la sélection assistée par marqueurs moléculaires. Les travaux se sont poursuivis pour l'épinette noire, par une étude entreprise à l'automne 2012 et portant sur les caractères liés à la qualité du bois. Les chercheurs collaborent aussi en réseau avec les centres gouvernementaux comme le Service canadien des forêts, notamment dans le domaine de la culture des essences à croissance rapide (20). Sur le plan international, la DRF a accueilli deux chercheurs allemands s'intéressant à la sélection de clones de peupliers hybrides pour la production de biomasse (projet FastWOOD). La DRF a aussi été l'hôte de la réunion annuelle 2012 du Conseil du peuplier du Canada, au cours de laquelle les chercheurs ont organisé une visite sur le terrain de deux jours pour présenter leurs travaux (79, 78, 77).

PRODUCTION DE SEMENCES ET DE PLANTS

Le recours aux plantations établies avec des plants forestiers de très haute qualité morpho-physiologique produits à partir de semences génétiquement améliorées permet de hausser la productivité des forêts du Québec. Chaque année, plus de 120 millions de plants sont produits dans les 19 pépinières forestières du Québec (6 publiques et 13 privées).

Pour des raisons environnementales et financières, le secteur de la production de plants forestiers du Québec doit sans cesse innover pour mettre au point les techniques culturales qui permettront d'optimiser l'irrigation et la fertilisation des plants selon leurs stades de croissance. Ces nouvelles techniques culturales permettent non seulement d'atteindre les normes de qualité morpho-physiologique en vigueur pour les plants au Québec, mais aussi de réduire le lessivage des éléments minéraux, ce qui contribue ainsi à préserver la qualité des eaux souterraines et à réduire les coûts liés à l'utilisation des fertilisants.

Le transfert continu des connaissances aux pépiniéristes et le soutien technique figurent parmi les activités prioritaires de l'équipe des chercheurs en production de semences et de plants de la DRF. Que ce soit dans le cadre de comités techniques ou de visites sur le terrain, ce transfert permet aux pépiniéristes d'intégrer les dernières innovations techniques au fur et à mesure de leur développement (101, 102, 111, 137, 136, 138, 139). Par ailleurs, des activités de vulgarisation scientifique contribuent à l'intégration des nouvelles connaissances, aussi bien à l'échelle nationale qu'internationale. Les travaux réalisés cette année sont également le fruit d'une synergie entre les chercheurs de l'équipe et d'autres chercheurs et praticiens de différents organismes de recherche nationaux et internationaux (112, 100, 91, 99, 92, 89).



Le Comité technique sur le mélèze hybride regroupe les équipes de la DRF et de la DGSP qui sont impliquées dans la production de graines et de plants de cette essence. Une rencontre annuelle est organisée pour faire le bilan des résultats des essais entrepris et pour échanger l'information entre les équipes. En 2012, la rencontre a eu lieu à la pépinière de Berthierville. On voit ici l'aire de culture extérieure de greffes de mélèze d'Europe âgées de 4 ans (Photo : M. S. Lamhamedi, MRN).

Production de semences

- La mesure de l'activité de l'eau est maintenant un outil utilisé à l'échelle opérationnelle pour gérer l'évolution de la qualité de lots de semences forestières au cours de leur conservation (43, 90).
- La production de plants de mélèze hybride pose de nombreux défis; des essais sont en cours pour mieux cerner les causes de l'hétérogénéité du gabarit des plants. Un avis technique a été émis sur l'efficacité des prétraitements à appliquer sur les graines pour améliorer leur germination en pépinière (49).
- Le travail se poursuit pour le développement d'un nouveau contenant pour la conservation sécuritaire à long terme des ressources génétiques forestières du Québec, dans une banque *ex situ* (70).

Embryogenèse somatique

- L'embryogenèse somatique (ES) 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. Ces plants constituent ainsi un clone ou une variété. L'ES est le processus à la base de la foresterie clonale.
- Les chercheurs en production de semences et de plants travaillent en complémentarité et en étroite collaboration avec la DGPSP et la pépinière de Saint-Modeste. Les priorités de recherche et développement des chercheurs de la DRF dans le domaine de l'ES sont axées sur la caractérisation morpho-physiologique des clones somatiques (CS) en pépinière, l'intégration des pieds-mères somatiques dans la filière de bouturage, l'étude de la corrélation de la performance des clones entre la pépinière et les tests de clones en site de reboisement,



Ensemencement de graines de mélèze hybride à la pépinière de Saint-Modeste, dans le cadre d'un essai visant à mieux cerner les causes de l'hétérogénéité du gabarit des plants (Photo : P. Lemay, MRN).

l'évaluation de la qualité d'une nouvelle génération de semences produites à partir de CS ainsi que la simulation de la productivité des clones.

- De récents travaux ont également démontré la stabilité de la performance des CS pendant les deux premières années de croissance en pépinière (36). Ils ont aussi fait ressortir que plusieurs variables de croissance sont réglées génétiquement (croissance en hauteur, degré de branchaison, etc.).
- Les chercheurs ont également poursuivi la compilation du catalogue qui détaille les performances (croissance, aptitude au bouturage, etc.) de chacun des 1 200 CS d'épinette blanche qui ont été produits par le laboratoire d'ES du MRN. Ces données uniques ont été mises à la disposition de la DGPSP et de la pépinière de Saint-Modeste pour une utilisation à l'échelle opérationnelle (47).

Bouturage

- Pour l'épinette blanche, principale essence utilisée dans la filière québécoise de bouturage, les travaux récents ont montré que les pieds-mères de haute valeur génétique produits par ES peuvent être utilisés pour produire des boutures et des plants destinés au reboisement. Ces travaux ont également démontré une variabilité clonale en matière d'enracinement, de croissance et d'architecture des parties aériennes (111, 112).



Visite d'un test de clones d'épinette blanche produits par ES en vue d'échanger sur la stabilité de la performance et de la variabilité clonale observée en pépinière, par comparaison à celle démontrée en site de reboisement. Notez la performance exceptionnelle du clone âgé de 5 ans et demi (Photo : P. Desjardins, MRN).

Production de plants

- Un prototype de balance électronique à transmission de données sans fil a été conçu pour mesurer, en temps réel, la teneur en eau du substrat de plusieurs récipients à la fois, et ce, à un coût bien moindre que les pesées manuelles des récipients actuellement utilisées en pépinières. Cette nouvelle balance permettra aux pépiniéristes de mieux gérer l'irrigation de leurs cultures en récipients à l'aide du logiciel d'irrigation IRREC développé par la DRF. Elle permettra également d'utiliser encore plus efficacement le logiciel de fertilisation FERTIRREC, lequel permet de diminuer les quantités de fertilisants utilisées et d'assurer ainsi une protection accrue de la qualité des eaux souterraines des pépinières forestières.
- Les travaux menés sur la fertilisation foliaire d'urée sur des plants de fortes dimensions (PFD) d'épinette noire 2+0 (récipients 25-310) ont permis de démontrer l'efficacité de cette technique culturale pour augmenter rapidement (moins de 7 jours), la concentration d'azote dans les aiguilles des plants en dormance (137, 138, 139). Ceci permettra d'aider les pépiniéristes à atteindre le critère de concentration foliaire minimal en azote (N) de 1,6 % pour les PFD de résineux en récipients et d'éviter ainsi le rejet de ces plants destinés au reboisement.
- Les résultats obtenus en collaboration avec différents organismes de recherche ont révélé que l'origine génétique des semences ne peut être considérée comme le facteur clé pour expliquer les différences de taux d'insuffisance racinaire, parfois importantes, observées entre les pépinières forestières du Québec (46).
- Dans le cadre d'un projet en réseau, les chercheurs de l'équipe ont poursuivi leurs travaux sur l'élaboration des seuils de tolérance au gel en automne, à l'échelle opérationnelle, en mettant l'accent sur les plants d'épinette blanche (2+0). À l'image du travail déjà réalisé avec l'épinette noire, ces seuils ont été établis de manière à assurer la survie de tous les plants, sans que les différents constituants (bourgeons, aiguilles, racines, tiges, etc.) subissent des dommages. Ces seuils permettront aux pépiniéristes de mieux cibler les périodes où il y a un risque de gel afin de mettre en place des mesures adéquates de protection (4).
- Les chercheurs ont démontré que les pertes causées par le gel ou la dessiccation hivernale pouvaient être réduites en couvrant les plants avec de la neige fabriquée avec des canons à neige ou en les protégeant avec des toiles. Ces techniques opérationnelles constituent des mesures d'adaptation aux changements climatiques lorsque surviennent des froids extrêmes avec peu de neige (45, 69).
- D'autres travaux, menés en étroite collaboration avec l'Université Laval et le Service canadien des forêts, ont étudié les réponses écophysologiques des plants forestiers aux changements climatiques (69). Les plants représentant 60 familles d'épinette blanche, désignées comme étant les plus performantes dans le cadre du programme d'amélioration, ont été soumis à une combinaison de deux régimes de températures (actuelles ou futures élevées prédites) et de deux régimes de concentration en CO₂ (380 ou 760 ppm) pendant leur deuxième et leur troisième saison de croissance. L'interaction entre l'augmentation de la température et celle de CO₂ n'a pas eu d'effet significatif sur la croissance, la nutrition minérale, les échanges gazeux ni sur les caractéristiques foliaires des plants au stade juvénile. La performance relative entre les familles n'a pas été modifiée, ce qui suggère qu'elles devraient maintenir leurs performances supérieures en présence des conditions climatiques futures prédites.



Prototype de balance électronique à l'essai au laboratoire. Cette balance mesure, en temps réel, la teneur en eau du substrat de plusieurs récipients à la fois (un plateau de culture); les données sont transmises par un système de communication sans fil. Cette balance permettra d'ajuster l'irrigation des plants en récipients en fonction de leurs besoins réels en eau (Photo : D. Girard, MRN).

Transfert, diffusion et collaborations diverses

- L'équipe de production de semences et de plants a effectué plusieurs visites de pépinières pour aider les pépiniéristes à résoudre différents problèmes à caractère technique.
- 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, très prisée à l'échelle internationale. Les projets ont mis l'accent sur la valorisation et le compostage de la biomasse forestière pour assurer la production de plants forestiers de haute qualité morpho-physiologique en pépinière forestière (15), ainsi que sur la compréhension des processus écophysologiques des clones de peuplier hybride en réponse à différents taux excessifs d'eau (2).
- Les innovations technologiques propres à l'expertise québécoise en production de plants forestiers, notamment les approches et les logiciels de gestion de la fertilisation et de l'irrigation en pépinière, ont été présentées à la 32^e rencontre annuelle de l'Association des pépiniéristes forestiers de la Colombie-Britannique (FNABC), à l'invitation du comité organisateur (67, 66).
- Certains chercheurs de l'équipe ont été invités par des organisations externes à évaluer la qualité scientifique de projets de recherche et développement.
- Les chercheurs en production de semences et de plants, en étroite collaboration avec l'Université Laval et le Service canadien des forêts, contribuent très activement à la formation de la relève en production de plants, fort recherchée par le MRN et les pépinières privées.



Activité de transfert de connaissances réalisée à la demande de la pépinière de Forestville pour échanger sur la problématique du développement des racines de l'épinette blanche associée aux variations de pH du substrat (Photo : M. S. Lamhamedi, MRN).

Perspectives

Production de semences

À la suite des travaux menés à la DRF en collaboration avec l'Irstea (Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture), la mesure de l'activité de l'eau sera proposée comme nouvelle norme de qualité pour les semences (pas seulement forestières) lors du prochain congrès de l'Association internationale des essais de semences, en juin 2013.

Embryogenèse somatique

- L'étude de la floraison de clones somatiques établis dans les tests de clones permettra de jeter les bases pour la production d'une nouvelle génération de semences d'épinette blanche. Ce travail vient enrichir les travaux d'évaluation de la performance de ces clones en vue d'optimiser les ressources investies dans cet ambitieux programme.
- Les travaux se poursuivent sur la caractérisation et l'élaboration du catalogue des clones somatiques ainsi que sur l'intégration des pieds-mères somatiques dans la filière de bouturage.

Production de plants

- Dans plusieurs pépinières, la faisabilité technique d'utiliser, à une échelle opérationnelle, un nouveau type de balance électronique à transmission de données sans fil pour mesurer, en temps réel et à un moindre coût, la teneur en eau du substrat de plusieurs récipients à la fois, sera évaluée.



Dispositif de fertilisation foliaire d'urée sur des plants de forte dimension (PFD) d'épinette noire 2+0 produits en récipients 25-310 à la pépinière de Normandin. Appliquée à l'automne sur des plants en dormance, l'urée permet d'augmenter rapidement leur concentration foliaire en azote sans en influencer la hauteur ni le diamètre (Photo : J. Gagnon, MRN).

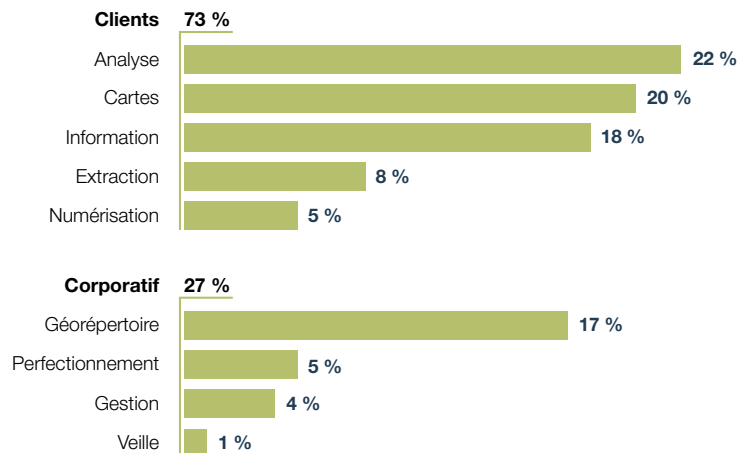
- Après les succès obtenus avec la fertilisation foliaire d'urée pour augmenter rapidement la concentration d'azote dans les aiguilles des plants résineux cultivés en récipients, alors qu'ils sont en dormance à l'automne (mi-octobre), l'efficacité de cette technique culturale sera évaluée avec des plants en croissance.
- Le critère de qualification de l'insuffisance racinaire provoque encore un rejet important de plants à l'échelle du Québec. Pour faire face à cette situation, les chercheurs mettront l'accent sur l'amélioration et l'optimisation de l'absorption des éléments minéraux pour favoriser la croissance des racines.
- 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, et ce, pendant la germination et les premiers stades de croissance en conditions opérationnelles. Des travaux, menés en étroite collaboration avec l'Université Laval et le Service canadien des forêts, se poursuivront en vue de mieux comprendre les réponses écophysologiques des plants de différentes familles et des vergers à graines d'épinette blanche quant à l'interaction d'une augmentation de la température et de la concentration de CO₂.
- La DRF continuera d'offrir des ateliers de formation technique aux pépiniéristes pour répondre à leurs préoccupations à caractère opérationnel.

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 (FE). Le géorépertoire constitue une source importante et diversifiée de données

sur l'ensemble de la forêt québécoise. De plus, l'équipe de géomatique perfectionne ses divers atlas, lesquels contribuent à fournir un meilleur état des connaissances du territoire. Au cours de l'année 2012-2013, elle 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 des demandes.

Répartition des demandes d'analyse et d'information (%) en 2012-2013





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 d'examiner les facteurs qui influencent la croissance et la mortalité des arbres dans le peuplement.

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

L'année 2012-2013 a été marquée par la finalisation et la livraison à l'éditeur du tome 2 du *Guide sylvicole du Québec* qui paraîtra en 2013. Le manuscrit a été révisé, harmonisé et complété par le comité d'édition scientifique formé de chercheurs du Service de sylviculture et rendement des forêts. Cet ouvrage rassemble 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. Ils ont notamment rédigé ou corédigé 18 des 24 chapitres de ce livre. Ce travail leur a aussi permis de contribuer au *Glossaire forestier* commun du MRN, une collaboration entre les secteurs des forêts, des opérations régionales et de la faune, et le Bureau du forestier en chef.

SYLVICULTURE ET RENDEMENT DES FORÊTS NATURELLES

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

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 sont en cours sur les principaux traitements sylvicoles couramment employés, dans le but permettre aux forestiers québécois de prendre des décisions plus éclairées lors de la démarche diagnostique et de l'élaboration de scénarios sylvicoles. Plus spécifiquement, les connaissances acquises aideront à améliorer l'adéquation entre les objectifs poursuivis et les caractéristiques du peuplement actuel, la variabilité naturelle, les conditions de la station et les critères d'application des traitements. Elles permettront aussi d'intégrer des aspects financiers et économiques et d'évaluer la rentabilité des investissements réalisés.

Réalisations

Afin de soutenir la mise en œuvre de l'aménagement écosystémique, les chercheurs explorent de nouvelles approches adaptées à la dynamique naturelle des peuplements. Par exemple, une méthode développée pour quantifier le degré de naturalité des peuplements aménagés selon différentes intensités, ainsi que son écart par rapport aux peuplements naturels, pourra guider les choix sylvicoles et servir aux fins de certification forestière.

Parmi les traitements sylvicoles appelés à se développer, celui de l'éclaircie commerciale pourrait s'appliquer à des superficies de plus en plus grandes. Les données des placettes du réseau de la mesure des effets réels ont permis d'évaluer les effets à court terme de ce traitement

après 5 ans, en fonction des caractéristiques initiales et de la composition des peuplements (41, 153). Des données à plus long terme amélioreront les connaissances sur les effets de différentes modalités du traitement.

Parallèlement, les chercheurs de la DRF collaborent avec des chercheurs de l'Université Laval, de l'Université du Québec à Chicoutimi et du Service canadien des forêts à la production d'un guide de gestion de la densité pour l'épinette noire. D'autres travaux sur l'effet du chablis (82) et sur la rentabilité de l'éclaircie commerciale en peuplements résineux sont réalisés en collaboration avec l'Université Laval et l'Université du Québec à Chicoutimi. Pour mieux encadrer la planification opérationnelle de coupes partielles, une collaboration avec des chercheurs de l'Université Laval et de l'Université du Québec à Montréal porte sur la caractérisation des attributs structuraux des peuplements forestiers et sa cartographie à l'aide du LiDAR.

Différentes activités de transfert de connaissances ont contribué à mieux faire comprendre les principes d'application de l'éclaircie commerciale. Par exemple, une présentation suivie d'une visite sur le terrain a permis d'illustrer ce traitement dans un dispositif en sapinière et d'échanger sur le sujet (126, 127). Les chercheurs ont aussi revu et discuté des notions à la base de la réalisation de ce traitement lors d'une visite sur le terrain faite en pessière noire, en pinède grise et en peuplement composé de ces deux essences (128).



Sapinière traitée en éclaircie commerciale dans le dispositif de Carleton (Photo : S. Tremblay, MRN).

Les espèces méconnues ou qui se raréfient font partie des enjeux de l'aménagement forestier auxquels s'intéresse la DRF. Le thuya occidental représente généralement une partie mineure des peuplements mixtes de feuillus ou de résineux, et les pratiques sylvicoles courantes entraînent souvent une raréfaction de cette essence. Afin d'éclairer les praticiens dans la gestion des peuplements où l'établissement et le développement du thuya sont une priorité, une chercheuse de la DRF a collaboré à la rédaction d'un guide sur la sylviculture du thuya (56, 55) avec la compagnie Maibec inc., l'Université Laval, le Service canadien des forêts, le Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. (CERFO) et le ministère américain de l'Agriculture (USDA).

D'autres recherches à la DRF portent sur le renouvellement après des interventions dans des stations forestières où certains facteurs sont limitants. Une étude a confirmé l'utilité des interventions sylvicoles adaptées aux sites mal drainés. Ainsi, dans une pessière rouge à sapin de basse terre, la coupe finale d'un scénario de coupe progressive d'ensemencement n'a pas provoqué de remontée de la nappe phréatique, même si les niveaux de celle-ci sont demeurés plus élevés qu'avant la coupe d'ensemencement (28). L'apport soutenu de graines, le drainage imparfait et le peu de compétition expliquent la meilleure régénération de l'épinette rouge après la coupe totale de petite superficie (0,25 ha).



Aperçu de la pessière rouge à sapin de basse terre et du puits d'observation de la nappe phréatique creusé dans un secteur témoin (non coupé) afin d'estimer l'effet de la coupe progressive d'ensemencement sur la remontée du niveau de la nappe phréatique (Photo : M. Prévost, MRN).

Les chercheurs de la DRF font équipe avec différentes organisations pour une variété de projets sur l'effet de la faune sur la régénération forestière. L'un d'eux porte sur la sylviculture dans le contexte d'aménagement écosystémique et des populations abondantes d'originaux dans l'est du Québec (collaboration avec des chercheurs de l'Université Laval et de l'Université du Québec à Rimouski). Un autre évalue la valeur faunique des peuplements éduqués et issus de plantations (collaboration avec des chercheurs de Faune Québec). Un troisième projet examine la dégradation des sapinières sous broutement chronique et la problématique de régénération de l'épinette blanche.

Les chercheurs du Service participent aussi à plusieurs recherches relatives au contexte des changements climatiques. Un projet explore les interactions entre la récolte de la biomasse forestière, le climat et le type écologique sur la fertilité des sols et la productivité en forêt boréale. Un autre s'intéresse aux méthodes d'atténuation des conséquences des épidémies 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 (collaboration avec des chercheurs du Service canadien des forêts, de l'Université du Québec à Chicoutimi et de l'Université du Québec à Montréal). Une collaboration avec le ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs (MDDEFP) porte sur l'adaptation de la conception et de la gestion du réseau d'aires protégées au Québec pour faire face aux changements climatiques. Finalement, les chercheurs de la DRF participent à la mise en œuvre et à l'adaptation au contexte québécois du concept des aires protégées avec utilisation durable des ressources naturelles, une nouvelle catégorie définie par l'Union internationale pour la conservation de la nature.



Jeune sapinière en avant-plan avec une vieille sapinière en arrière-plan, dans le dispositif sur l'éclaircie précommerciale au lac Belley, dans la réserve faunique des Laurentides (Photo : S. Tremblay, MRN).

Perspectives

Les dispositifs de recherche et les réseaux de la mesure des effets réels permettront d'étudier les effets à long terme d'une gamme de traitements dans une diversité de peuplements, aussi bien au chapitre des caractéristiques dendrométriques que pour d'autres attributs d'intérêt dans un contexte d'aménagement écosystémique. Plusieurs dispositifs comparant différentes intensités d'éclaircie ou de coupe partielle donneront des résultats, 10 à 15 ans après traitement, pour un gradient de composition en résineux. Ce sera le cas en sapinière (lac Ailloux), en sapinière à épinette noire (Saint-Camille et Biencourt), en pessière noire (Harricana) ainsi qu'en pessière, en pinède grise et en peuplement mélangé constitué de ces deux essences (Harricana). Certains dispositifs de mesure des effets réels pour un traitement unique, comme une éclaircie précommerciale, pourront aussi servir à évaluer l'effet d'une séquence de traitements, comme une éclaircie précommerciale suivie d'une éclaircie commerciale. De telles avancées fourniront des connaissances nouvelles sur l'application de scénarios sylvicoles complets.

La mise en œuvre de l'aménagement écosystémique exige d'évaluer le degré de rapprochement entre les peuplements aménagés et la forêt naturelle. Un cadre conceptuel est en élaboration en vue de quantifier le degré de naturalité des peuplements dans différents contextes écologiques et sylvicoles. L'applicabilité du concept est testée avec des variantes d'éclaircies précommerciales appliquées dans de jeunes peuplements dans lesquels on étudie les bénéfices en matière de croissance, de coût d'exécution et de naturalité.

L'application des principes de l'aménagement écosystémique nécessitera l'élaboration de nouveaux traitements dont les effets devront eux aussi être examinés. Afin de répondre à l'enjeu de raréfaction du thuya occidental, un dispositif de recherche sera établi pour comparer trois procédés de régénération dans les peuplements résineux mélangés situés dans le Bas-Saint-Laurent.

Afin de tirer profit du plein boisement de la forêt, les critères d'application et le rendement du regarni de la régénération naturelle dans les peuplements résineux récoltés en coupe totale seront étudiés. Le premier dispositif d'un réseau qui couvrira l'ensemble du Québec a été établi en Mauricie.

SYLVICULTURE ET RENDEMENT DES FORÊTS NATURELLES PEUPELEMENTS MÉLANGÉS

Enjeux

Le défi de l'aménagement écosystémique est aussi 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, comme 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 activités de recherche des chercheurs en sylviculture et rendement des peuplements mélangés visent donc 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, patrons et taux de prélèvement sur le microclimat, la régénération, la croissance des arbres résiduels et le rendement à long terme. D'autres recherches s'intéressent aux peuplements dégradés de la sapinière à bouleau jaune par l'expérimentation de méthodes de remise en production. Certains dispositifs couvrent aussi des aspects plus fondamentaux, comme l'écophysologie des jeunes arbres et leur acclimatation aux modifications du microenvironnement après une intervention sylvicole, de manière à mieux définir les paramètres de celle-ci.

Réalisations

La régénération et la croissance des bétulaies jaunes à résineux (BJR) est l'objet de plusieurs études. Une analyse dendrochronologique a caractérisé la composition, la structure et la dynamique des principales essences de deux BJR, ce qui améliore la compréhension de leur dynamique (11). La présence d'essences tolérantes à l'ombre et la structure inéquienne suggèrent que ces peuplements sont en fin de succession. Les résultats indiquent que l'historique des perturbations et les différences de tolérance à l'ombre entre les espèces régissent la composition contemporaine de ces peuplements.

Le microclimat a été suivi durant 3 ans dans des trouées sylvicoles créées dans deux BJR de belle venue du comté de Portneuf (Rivière-à-Pierre). Les résultats montrent que la lumière disponible dépendait grandement de la dimension, de l'orientation, de la pente et de la position dans les ouvertures (29, 48). Il sera possible de tenir compte de cette diversité microclimatique pour mieux cibler l'utilisation des trouées sylvicoles des BJR qui se retrouvent communément sur les versants des Laurentides et des Appalaches. La diversité des conditions d'éclaircissement dans les trouées offre des niches de régénération variées pouvant satisfaire les exigences écologiques des essences de la forêt mixte tempérée. Ces résultats ont été présentés au congrès sur les sciences forestières de l'est du Canada et des États-Unis (ECANUSA) en novembre 2012, au cours d'une conférence faisant le lien entre la dynamique de régénération et les conditions microclimatiques dans les trouées sylvicoles (81).



Exemple de la distribution inégale de la lumière et de l'ombre dans une trouée sylvicole créée dans une bétulaie jaune résineuse (Photo : P. Raymond, MRN).



Exemple d'un mélange stratifié de peuplier faux-tremble et de sapin dans lequel l'éclaircie précommerciale favorise la mixité et pourrait limiter l'enfeuillement (Photo : M. Prévost, MRN).

L'examen, après 10 ans, de la réaction des tiges résiduelles à la coupe partielle uniforme dans deux BjR comparables de la région de Québec (Armagh et Duchesnay) a révélé des différences importantes entre les sites en ce qui a trait à la mortalité et à la croissance relative des feuillus et des conifères (26). L'analyse comparative fait ressortir le rôle de la composition en espèces et de la structure du peuplement sur la survie et la croissance des arbres, à la suite de l'intervention.

En forêt mixte boréale, les résultats de 10 ans d'une éclaircie précommerciale dans un peuplement stratifié de peuplier faux-tremble et de sapin ont indiqué que les deux espèces avaient bénéficié de l'éclaircie qui avait été pratiquée dans le couvert principal tout en prenant soin de préserver les conifères en sous-étage (27). Une telle approche favorisant la mixité pourrait aider à limiter l'enfeuillage, et ce, dès le stade initial de développement du peuplement en forêt mixte boréale.

Perspectives

Plusieurs dispositifs en forêt mixte sont à l'étape de livrer leurs résultats. Des mesures après 5 ans permettront la publication prochaine des résultats sur l'écophysologie et la croissance de la régénération résineuse préétablie dans une BjR des Appalaches, traitée selon différents patrons de coupe partielle (jardinage par pieds d'arbres, jardinage par groupes d'arbres, jardinage avec trouées systématiques). Des mesures après 10 ans permettront aussi l'analyse et la compilation des résultats :

- de la réaction des arbres de bordure des trouées sylvicoles créées dans deux BjR de belle venue du comté de Portneuf (Rivière-à-Pierre), ainsi que sur le micro-environnement, la régénération et la croissance des arbres résiduels dans une BjR des Appalaches traitée selon différents patrons de coupe partielle (jardinage par pieds d'arbres, jardinage par groupes d'arbres, jardinage avec trouées systématiques);
- d'une étude complémentaire portant sur les conditions d'établissement et de croissance des jeunes semis d'épinette rouge, en conditions naturelles et à la suite d'interventions sylvicoles dans une BjR des Appalaches.

Par ailleurs, en forêt mixte boréale, différentes intensités de coupe partielle uniforme ont été mises à l'essai il y a 10 ans dans une tremblaie résineuse de Charlevoix (Sagard). Les résultats sur la régénération, la croissance des arbres résiduels et l'écophysologie de la régénération préétablie seront bientôt disponibles.

SYLVICULTURE ET RENDEMENT DES FORÊTS NATURELLES PEUPELEMENTS FEUILLUS

Enjeux

Les recherches en cours visent à développer des pratiques forestières permettant l'aménagement durable et écosystémique des forêts feuillues, 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 axe concerne l'étude de la croissance des arbres et du rendement en matière ligneuse des peuplements, en tenant compte de la qualité des arbres et des produits que l'on peut en tirer. Le second axe s'intéresse à la dynamique de la régénération des peuplements et aux facteurs qui l'influencent. Le troisième axe concerne la caractérisation des attributs écologiques des arbres et des peuplements, en fonction des traitements sylvicoles.

Ces activités de recherche consistent principalement à établir et comparer des traitements sylvicoles sur le terrain et à évaluer des scénarios sylvicoles adaptés à la dynamique naturelle de ces forêts, à l'aide de modèles de simulation basés sur les résultats de recherche. Parallèlement, la mesure des effets réels des principaux traitements sylvicoles en usage en forêt feuillue permet de vérifier l'obtention des effets escomptés.

Réalisations

Plusieurs dispositifs de suivi ont livré leurs résultats 10 ou 15 ans après le traitement. Quinze ans après une coupe de jardinage, l'accroissement des érablières a été comparé pour plusieurs secteurs et entre les périodes d'accroissement afin de mieux estimer les périodes de retour pour ces coupes (37, 131). En plus des caractéristiques des peuplements, la station et le climat régional peuvent entraîner des variations importantes de l'accroissement et de la période de retour. Les résultats d'accroissement 10 ans après la coupe de jardinage dans le réseau des effets réels ont été diffusés (39, 131). Ces nouvelles données ont permis d'exposer les différences locales et régionales des rendements forestiers obtenus et de préciser les périodes de retour. On note une bonne convergence des résultats obtenus à partir des dispositifs de recherche avec ceux provenant du réseau de la mesure des effets réels.

La mise en œuvre de l'aménagement écosystémique exige de connaître, à titre de référence, les principales caractéristiques dendrométriques des vieux peuplements feuillus naturels, de même que les principaux effets des traitements sylvicoles sur ces caractéristiques. À cette fin, les résultats d'un groupe de travail sur le sujet ont été reliés à des résultats d'expérimentation de nouveaux traitements sylvicoles et de simulations de leurs effets (142).

Plusieurs activités de transfert des connaissances ont permis à nos chercheurs d'avoir des échanges constructifs avec des acteurs internationaux, des étudiants en foresterie et des praticiens en sylviculture d'ici. En juin 2012, les chercheurs des équipes de sylviculture des forêts feuillues et mixtes ont coorganisé un atelier sur la restauration et la réhabilitation des peuplements dégradés et appauvris et y ont participé (98). Cette problématique dépasse nos frontières et a été abordée par des chercheurs canadiens et américains. L'atelier était accompagné d'une série de présentations et d'excursions sur le terrain (105, 93, 59, 98).

Six autres activités de transfert ont été tenues, la plupart dans le cadre de visites sur le terrain, pour diffuser les plus récents résultats de recherche au sujet des coupes de jardinage, des coupes progressives irrégulières et de l'éclaircie commerciale dans les peuplements feuillus (107, 130, 94, 110, 148, 95, 108, 109, 96, 97, 106, 104).

Avec l'intérêt grandissant pour l'acériculture, il est de plus en plus important de sensibiliser les intervenants du bien fondé de réaliser des traitements sylvicoles dans les érablières, et ce, aussi bien pour la production de sève exclusivement que pour la production mixte de sève et de bois d'œuvre. C'est dans cette optique qu'une présentation a été faite, accompagnée d'une visite sur le terrain (124, 129). La conférence a ensuite été reprise dans le cadre des Journées acéricoles 2013 (125).



Activité de transfert des connaissances dans un dispositif d'expérimentation de la coupe progressive irrégulière (Photo : M. Beaudet, MRN).

Perspectives

Les chercheurs en sylviculture et rendement des peuplements feuillus comptent poursuivre les projets de recherche à long terme afin de fournir des outils de décision aux sylviculteurs. Plusieurs d'entre eux sont à l'étape de l'analyse des résultats.

- Des résultats provenant du réseau des effets réels, 5 ans après des coupes de jardinage par trouées et par parquets, aideront à déterminer si ces traitements permettent d'obtenir les effets escomptés en matière de régénération des essences ciblées (en particulier les bouleaux), dans des peuplements feuillus et mixtes répartis dans six régions écologiques du Québec. Ils permettront aussi d'évaluer l'effet de la préparation de terrain sur l'abondance de la régénération des bouleaux.



Une partie des bois récoltés lors d'une deuxième coupe de jardinage, 25 ans après la première, dans un dispositif expérimental situé en Outaouais (Photo : J. Hamel, MRN).



Éclaircie commerciale expérimentée dans un peuplement de bouleau jaune âgé de 41 ans à Duchesnay (Photo : F. Guillemette, MRN).

- L'analyse des effets quinquennaux de trouées sylvicoles de diverses dimensions permettra 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.
- Pour des érablières provenant de deux régions différentes, des résultats du jardinage acéricoforestier sur la production de sève au cours des premières années après la coupe seront analysés.
- Pour les peuplements de bouleau à papier, les effets de deux modalités d'éclaircie commerciale pratiquées dans une bétulaie blanche de 70 ans au Témiscamingue montreront l'influence de celles-ci sur la croissance et la qualité du bouleau à papier, et démontreront la pertinence de pratiquer une telle intervention.
- En zone feuillue, les pins sont aussi une espèce importante. L'analyse de la croissance et du rendement, 10 ans après des éclaircies commerciales de différentes intensités, servira 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.



Plantation de mélèze hybride de 16 ans, Canton Dablon, Lac-Saint-Jean (Photo : G. Lapointe. MRN).

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 de 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. La mise en œuvre de l'aménagement écosystémique nécessite une meilleure compréhension des effets des traitements sylvicoles en plantations sur la naturalité des écosystèmes. En effet, dans plusieurs cas, les plantations constitueront un outil privilégié pour l'atteinte d'objectifs comme la réintroduction ou le maintien d'espèces forestières en déclin, ou la limitation de la conversion de forêts fermées en landes improductives.

Réalisations

Afin de faciliter l'utilisation des modèles de croissance pour les plantations d'épinette blanche, les tables de rendement et les tarifs de cubage à diamètre d'utilisation variables ont été introduits dans un outil Excel, le logiciel CROIREPLANT, avec l'aide de la Direction générale adjointe des technologies de l'information. Ce logiciel contient la plupart des modèles mathématiques publiés dans les mémoires de recherche forestière numéros 139 et 160 et en facilite l'utilisation. Il aide à estimer l'indice de qualité de station et à choisir la densité de reboisement. Il permet aussi d'estimer des caractéristiques futures d'une plantation, en particulier les volumes, en fonction des caractéristiques actuelles de celle-ci.

Les recherches effectuées en plantation sur les stations forestières à fort risque d'envahissement par les éricacées ont permis de mesurer la performance du scarifiage mécanisé, associée à divers types de plants, pour maintenir un environnement exempt d'éricacées favorisant les plants d'épinette noire (32).

Les pratiques culturales et sylvicoles les plus efficaces pour améliorer la croissance de l'épinette noire et de l'épinette blanche en plantation après 8 ans ont été définies et publiées (33, 34). Les résultats 5 ans après élagage dans des plantations d'épinette noire ont montré un effet de l'intensité de ce traitement sylvicole sur la croissance et le défilement de l'arbre. Des travaux d'éclaircies dans les différents dispositifs ont aussi été réalisés afin d'analyser l'effet combiné de l'élagage et de l'éclaircie sur la croissance, l'architecture et la qualité du bois (68).

La DRF a contribué à la production d'un rapport sur l'effet des préparations de terrain sur la croissance de l'épinette noire en plantation dans des milieux ouverts de la pessière à mousses du Saguenay–Lac-Saint-Jean après 10 ans (57). Par ailleurs, l'évaluation de la productivité s'est poursuivie dans les plantations gérées selon un scénario de sylviculture intensive, pour la plupart des essences résineuses du Québec.

Les chercheurs en sylviculture des plantations ont aussi collaboré à des activités de diffusion de nombreux projets universitaires, notamment sur l'établissement du mélèze hybride après différents types de préparation de terrain (61). Finalement, ils ont exercé un rôle-conseil, notamment auprès du personnel du Bureau du forestier en chef, pour estimer la productivité des plantations en fonction des essences, des domaines bioclimatiques et des végétations potentielles au Québec.

Perspectives

La notion de plant « libre de croître » sera réévaluée comme outil pour représenter le potentiel de croissance des arbres plantés dans différents contextes de sylviculture. De plus, les résultats de plusieurs dispositifs de recherche seront analysés pour déterminer les caractéristiques essentielles des microsites de plantation pour garantir le succès d'établissement des plants en sapinière et en pessière.

Les travaux sur les liens entre les effets des éricacées et la régénération en forêt boréale seront poursuivis dans une optique de maintien de la productivité des stations sensibles à l'envahissement. On prévoit le développement d'outils de prédiction des risques d'envahissement par les éricacées, à l'échelle des unités d'aménagement forestier, sur la base de données historiques et écologiques.

Un nouveau projet de recherche sera amorcé pour évaluer l'effet de différentes pratiques sylvicoles de plantations sur la biodiversité et la résilience des écosystèmes dans un contexte d'aménagement écosystémique, ainsi que les risques pour le succès des plantations qu'entraîne le phénomène d'envahissement par des espèces exotiques. Par ailleurs, une expérience de transformation d'une plantation d'épinette noire en plantation mélangée à bouleau jaune dans le sud du Québec promet des résultats intéressants.

Le rendement des plantations demeure un axe de recherche important. De façon similaire au logiciel CROIREPLANT, un logiciel qui intègre un nouveau tarif de cubage pour les peupliers hybrides, POPIJCUB, sera bientôt disponible. Il permettra aux populteurs de suivre et de connaître la productivité de leurs plantations et de faire des choix d'exploitation plus rentables, en tenant compte des marchés. Par ailleurs, un tarif de cubage et des tables de rendement seront

bientôt publiés pour l'épinette de Norvège au Québec, et des modèles de mortalité et de croissance juvénile sont en préparation pour les plantations de conifères.

Enfin, pour développer les connaissances sur la sylviculture intensive des plantations, 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 d'épinette blanche, de pin rouge, de pin blanc et de mélèzes indigènes et exotiques seront installés.



Dispositif expérimental d'élagage d'épinette blanche en plantation 13 ans après traitement, à Dégelis (Photo : C. Villeneuve, MRN)



Bouleaux jaunes de 23 ans en plantation mixte après éclaircie dans la forêt expérimentale de Madawaska (secteur J) (Photo : J. Ménétrier, MRN)

MODÉLISATION DE LA CROISSANCE ET DU RENDEMENT DES FORÊTS

Enjeux

La mise à jour de nos connaissances sur les facteurs qui expliquent la dynamique des peuplements forestiers fait partie du processus d'amélioration continue des modèles de croissance de la forêt, lesquels constituent un rouage important des nouveaux calculs de la possibilité forestière.

La mortalité des arbres est un processus important de la dynamique forestière. Cependant, en raison de sa nature erratique et de notre manque de connaissances sur les facteurs et les mécanismes en cause, cette variable est parmi celles qui comportent le plus d'incertitude dans les calculs de la possibilité forestière.

Par ailleurs, la productivité, la résistance et la résilience des écosystèmes forestiers sont influencées par les propriétés du sol. Celui-ci agit comme un important réservoir permettant la libre circulation des éléments nutritifs, de la matière organique et de l'eau. Le sol stabilise aussi les écosystèmes forestiers en assurant la rétention, la transmission et le stockage des éléments essentiels à leur développement, leur maintien et leur survie. Actuellement, les connaissances pédologiques disponibles à l'échelle du Québec forestier correspondent au type de dépôt de surface et au drainage. Bien que ces données présentent un potentiel explicatif sur l'origine des sols, elles ne permettent pas de répondre à de nombreux enjeux concernant la productivité et l'intégrité de l'écosystème forestier.

Réalisations

Une publication récente présente des équations de défilement pour neuf essences d'intérêt commercial, résineuses ou feuillues (41). Ces équations, les premières à être élaborées au Québec en fonction des stations et à être modulées spatialement, démontrent que la réponse aux variables écologiques est propre aux espèces et dépend de leur autécologie. Une autre étude a mis en lumière l'importance de tenir compte des conditions climatiques de croissance des populations locales de peuplier faux-tremble afin de déterminer leur productivité (1). Cette découverte influencera notre capacité de prévoir la croissance des arbres dans un contexte de changements climatiques.

Au cours de la dernière année, les chercheurs en modélisation ont aussi démontré l'intérêt de l'analyse en composantes indépendantes pour prédire les propriétés physiques des sols, à partir de mesures de réflectance réalisées en laboratoire (84). Les échantillons de sols forestiers collectés dans le cadre de diverses activités d'inventaire et de caractérisation du milieu depuis plus de 20 ans, par la DRF et la Direction des inventaires forestiers (DIF) du MRN, seront utilisés pour accroître les connaissances sur la répartition spatiale des propriétés du sol en milieu forestier ainsi que sur leur implication dans la dynamique forestière. Par ailleurs, les travaux à long terme visant à intégrer les aspects spatiaux dans la modélisation forestière suivent leur cours (113).

Perspectives

Un projet a été amorcé dans le cadre du processus d'amélioration du calcul de la possibilité forestière ainsi qu'en réponse au Plan d'action 2006-2012 sur les changements climatiques du gouvernement du Québec. Son but est de mieux comprendre la dynamique spatiotemporelle de la mortalité des arbres dans les forêts du Québec, les facteurs qui régissent cette mortalité et la vulnérabilité de ce processus par rapport aux changements climatiques anticipés. Les résultats attendus pourraient permettre d'améliorer les sous-modules relatifs à la mortalité dans les calculs de la possibilité forestière et d'adapter les stratégies d'aménagement forestier dans un contexte de changements climatiques.

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. La DRF mène donc des recherches sur l'équilibre entre la productivité des travailleurs qui réalisent ces traitements sylvicoles et la rentabilité à long terme des travaux, tout en protégeant la santé et la sécurité des travailleurs.

Réalisations

Les résultats de travaux sur les effets de la densité de la végétation et les obstacles au sol sur la productivité des débroussailliers, fruit d'une collaboration avec l'École Polytechnique de Montréal et l'Université Laval, ont été publiés cette année (9). Ces résultats ont déjà servi à rajuster les taux forfaitaires attribués pour ce traitement sylvicole de façon à tenir compte des facteurs influençant la productivité des travailleurs.

De plus, une constante se dégage d'une synthèse des résultats de plusieurs projets de recherche menés durant la dernière décennie quant à la charge de travail relative au débroussaillage : la demande énergétique de ces travaux est généralement élevée (64). Les recherches portent maintenant sur d'autres moyens possibles de rémunérer les travailleurs ou sur des méthodes permettant de réduire la charge physique de travail.

Perspectives

L'éclaircie précommerciale partielle offre une avenue prometteuse comme outil d'aménagement écosystémique. Une étude en cours mesure la productivité des débroussailliers lors d'éclaircies précommerciales par trouées et par puits de lumière en vue d'estimer les bénéfices économiques possibles de ces traitements, dans un contexte favorable à la santé et à la sécurité des travailleurs.

Certains types de travail forestier payés à forfait, comme le martelage, ont été moins étudiés. Une étude de la productivité des marteleurs, entamée en 2010, se poursuivra en 2013 en vue de déterminer les facteurs influençant le plus la productivité des marteleurs et de soutenir le rajustement des taux de rémunération forfaitaires.





LE SERVICE DU SOUTIEN SCIENTIFIQUE

LE SERVICE DU SOUTIEN SCIENTIFIQUE A POUR MANDAT DE FOURNIR UNE PART DE L'EXPERTISE SCIENTIFIQUE NÉCESSAIRE À L'ÉLABORATION ET À LA RÉALISATION DES PROJETS DE RECHERCHE AINSI QU'À LA DIFFUSION DES NOUVELLES CONNAISSANCES. PLUS SPÉCIFIQUEMENT, LE SERVICE DU SOUTIEN SCIENTIFIQUE ASSURE :

- une expertise de pointe dans les domaines de la chimie et de la biométrie, de même que dans ceux de la conception de nouvelles approches, de nouveaux procédés et de nouvelles méthodes;
- l'expertise et le soutien nécessaires aux activités de veille technologique, de diffusion et de transfert de connaissances;
- la gestion et l'édition des collections scientifiques de la DRF : le Mémoire de recherche forestière et la Note de recherche forestière;
- la gestion et l'édition de la collection concernant le transfert de connaissances : l'Avis de recherche forestière;
- la gestion de l'Herbier du Québec et la réalisation de projets d'acquisition et de diffusion de connaissances en matière de flore, plus spécifiquement d'espèces menacées ou vulnérables;
- la gestion du réseau provincial des forêts d'expérimentation et des forêts d'enseignement et de recherche (FER);
- la gestion des ententes de collaboration et du programme de subventions de recherche en partenariat avec le FRQNT, sur l'aménagement et l'environnement forestiers du Ministère.



Mesure de l'alcalinité dans l'eau par Ginette Mainguy, technicienne de laboratoire (Photo : M. Jalbert, MRN).

LABORATOIRE DE CHIMIE ORGANIQUE ET INORGANIQUE

La raison d'être du Laboratoire de chimie organique et inorganique de la DRF est de mettre, à la disposition des divers intervenants du secteur forestier, une équipe de spécialistes en chimie analytique qui est en mesure de les appuyer dans leurs travaux de recherche et de production. Pour assurer ce soutien scientifique, le laboratoire compte sur du personnel compétent, un équipement performant et un système de contrôle et d'assurance de la qualité conforme à la norme ISO/CEI 17025 et reconnu par le Conseil canadien des normes.

En 2012-2013, le laboratoire a traité plus de 21 000 échantillons et déterminé au-delà de 80 000 paramètres physico-chimiques. Plus de 75 % de l'effort analytique était alloué à la recherche forestière et près de 25 %, aux activités de production de semences et de plants (voir encadré « Répartition de l'effort analytique (%) par type d'activité en 2012-2013 »). La clientèle était principalement constituée de 12 chercheurs de la DRF (15 projets de recherche), 16 producteurs de plants (6 publics et 10 privés), 11 répondants régionaux et d'une dizaine d'autres intervenants du Ministère et de l'extérieur.

Rappelons que toutes ces activités reposent sur des méthodes d'analyse et sont encadrées par de nombreux processus, tous définis dans notre système de gestion de la qualité. Ce système est constamment peaufiné et inclut des audits internes, des procédures d'investigation, des rapports sur la non-conformité, des formulaires de demande de modification aux documents (suggestions d'amélioration) et des mesures correctives et préventives. Tous les



Analyse simultanée de métaux par spectrométrie d'émission atomique au plasma par Marc Bilodeau, technicien de laboratoire (Photo : M. Jalbert, MRN).

aspects du travail en laboratoire sont couverts, y compris la revue des demandes, la préparation, les analyses, le traitement des données, l'édition des certificats et la satisfaction des clients. La principale résultante de cette approche est l'amélioration continue de la qualité des produits et des services. Voici quelques réalisations de 2012-2013 :

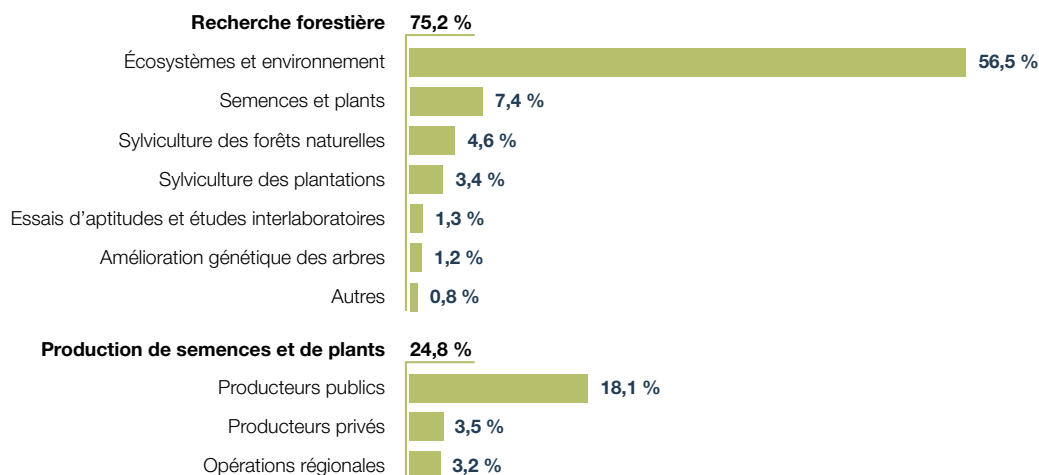
- l'élaboration d'un module de cartes de contrôle destiné à faciliter l'interprétation et la validation des données de contrôle de la qualité;
- des échanges de services analytiques avec d'autres laboratoires (p. ex., pesticides, constituants minéraux, acides aminés);
- l'amélioration de certaines procédures et méthodes analytiques (p. ex., réduction de l'incertitude globale, automatisation, acquisition d'un nouveau type de broyeur);

- l'établissement d'un plan quinquennal d'évaluation de la satisfaction de la clientèle.

Bien que les activités du laboratoire soient principalement axées sur les analyses chimiques, son expertise se traduit souvent par des avis et des conseils scientifiques transmis à sa clientèle.

Pour l'année 2013-2014, les besoins exprimés par la clientèle sont légèrement supérieurs à ceux de l'année passée et nécessiteront, dans certains cas, l'adaptation de nouvelles méthodes analytiques. Des améliorations seront aussi apportées au système informatisé de gestion des données. Enfin, le laboratoire fera l'objet d'un audit externe par le Conseil canadien des normes.

Répartition de l'effort analytique (%) par type d'activité en 2012-2013



BIOMÉTRIE

Les services offerts par l'équipe de biométrie se rapportent à divers domaines tels que la planification d'expériences et la collecte de données, la détermination des méthodes statistiques appropriées, l'utilisation de logiciels ayant trait à la biométrie, l'analyse statistique des données, la modélisation, l'interprétation des résultats ainsi que la rédaction de rapports d'analyses, d'articles scientifiques et de mémoires de recherche.

En 2012-2013, l'équipe de biométrie a réalisé 37 projets d'analyse statistique ou mathématique. Au 31 mars 2013, 16 autres projets étaient en cours de réalisation.

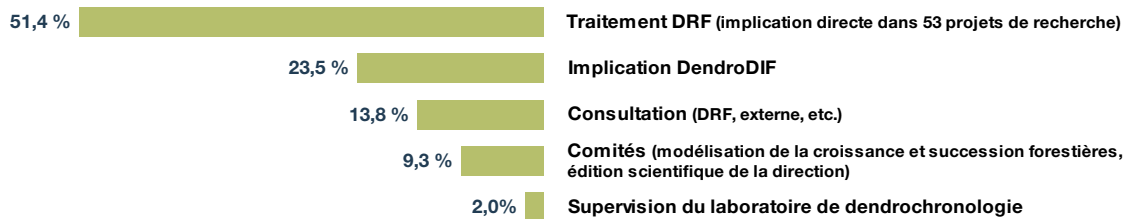
L'équipe de biométrie a été régulièrement consultée par les chercheurs de la DRF pour différents aspects de leurs recherches. En 2012-2013, l'équipe a accordé 314 consultations se rapportant à 45 projets de la DRF. Il est intéressant de noter que près de 81 % des chercheurs ont consulté au moins une 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 technologies de l'information, la Direction des opérations intégrées, la Direction des inventaires forestiers ainsi que la Direction générale des pépinières et des stations piscicoles du MRN 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 2012-2013, notons :

- la participation aux analyses et à la rédaction de mémoires sur l'accroissement dans les peuplements feuillus jardinés (37, 39);
- la participation aux analyses et à la rédaction d'un mémoire de recherche sur la croissance potentielle des arbres au Québec à l'aide des caractéristiques cartographiables des peuplements et des stations (40);
- la contribution à la migration des bibliothèques mathématiques et statistiques du logiciel PLANTEC 2 vers de nouvelles plateformes informatiques;
- la participation au pilotage de l'implantation de nouvelles infrastructures de calculs scientifiques propres à la DRF, qui seront accessibles aux chercheurs à partir de la nouvelle année budgétaire 2013-2014;
- 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 prise de données informatisées validées directement sur le terrain et prêtes pour analyse;
- la contribution à la réalisation de la sélection des arbres d'avenir dans le programme d'amélioration génétique. La sélection des arbres 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 2012-2013



HERBIER DU QUÉBEC

Avec près de 165 000 spécimens de plantes vasculaires, de bryophytes et de lichens, l'Herbier du Québec (répertorié sous l'acronyme QUE dans l'index mondial des herbiers) est le troisième herbier en importance au Québec. Spécialisé en taxonomie végétale, en floristique et en malherbologie, il fournit un soutien scientifique et technique aux activités du gouvernement du Québec et des deux ministères responsables de sa gestion (Ressources naturelles et Agriculture, Pêcheries et Alimentation [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 2012-2013, 3 706 spécimens ont été intégrés aux collections de l'herbier. Quatre-vingt-deux spécimens ont été empruntés à d'autres herbiers à des fins de recherche et 40 ont été prêtés aux mêmes fins. La banque de références botaniques INFOBASE QUE de l'herbier recense

5 365 monographies et articles scientifiques traitant de la flore de l'Amérique du Nord et de l'hémisphère Nord.

En cours depuis 20 ans, le travail d'informatisation des spécimens de plantes vasculaires récoltés au Québec a été achevé cette année. À compter de 2013-2014, tous les nouveaux spécimens du Québec viendront s'ajouter à ceux qui sont déjà consignés dans la banque de données. L'étape de vérification des données préalable à leur mise en ligne est en cours à l'herbier. Depuis 2005, les données liées aux spécimens de l'Herbier du Québec et de l'Herbier Louis-Marie (Université Laval) sont regroupées dans une même infrastructure informatique. À ce jour, près de 325 000 spécimens ont été informatisés, parmi lesquels les 92 156 spécimens de l'Herbier du Québec. Un premier ensemble de données est accessible directement depuis le site Web de l'Herbier Louis-Marie.

L'Herbier du Québec collabore activement au programme conjoint du MRN et du MDDEFP sur la connaissance et la protection de la flore menacée ou vulnérable du milieu

forestier. Cette année, le quatrième Guide de reconnaissance des habitats des espèces forestières menacées ou vulnérables, pour les régions administratives de l'Outaouais, des Laurentides et de Lanaudière a été publié (52). Le botaniste de l'Herbier du Québec a également mené deux campagnes d'inventaire floristique dans les territoires des projets de parc national de la Côte-de-Charlevoix et de la Baie-aux-Feuilles (péninsule d'Ungava), pour le compte du MDDEFP et de l'Administration régionale Kativik (ARK). Près de 1 000 spécimens ont été récoltés et viendront bientôt enrichir les collections de l'herbier.

Depuis 2000, le botaniste du MRN collabore au projet Flore du Québec-Labrador nordique avec l'Herbier Louis-Marie et le Centre d'études nordiques de l'Université Laval. Il est responsable du traitement taxonomique et des descriptions de 16 familles, 35 genres et 69 espèces (principalement des gymnospermes et des ptéridophytes). Les versions définitives des textes ont été remises à l'éditeur en cours d'année. Le premier volume de la Flore du Québec-Labrador nordique est attendu pour la fin de 2013.

Le botaniste du MRN s'investit aussi dans la préparation d'une édition révisée et augmentée de la Petite flore forestière du Québec. Le travail de photographie est achevé à 90 %. Le personnel de l'Herbier contribue par ailleurs à la collecte et à l'intégration de données concernant les plantes menacées ou vulnérables au Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (MDDEFP). Le botaniste du MRN est membre du Comité consultatif sur la flore menacée ou vulnérable du Québec pour un nouveau mandat de 3 ans. D'autres projets sont également en cours de réalisation et trouveront leur aboutissement au cours de 2013 ou des années qui suivent, notamment un nouveau Guide de reconnaissance des habitats forestiers des plantes menacées ou vulnérables pour les régions de l'Abitibi-Témiscamingue et du Nord-du-Québec et la mise en œuvre d'un plan de

conservation du carex des glaces, en collaboration avec la Société des établissements de plein air du Québec (SEPAQ) et le Jardin botanique de Montréal. Le botaniste du MRN collaborera aussi au projet d'Atlas de la biodiversité du Québec nordique du MDDEFP, destiné à améliorer les connaissances sur les écosystèmes et les espèces de ce territoire.

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. Quant à lui, le botaniste du MAPAQ maintient 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 spécimens de l'Herbier du Québec.

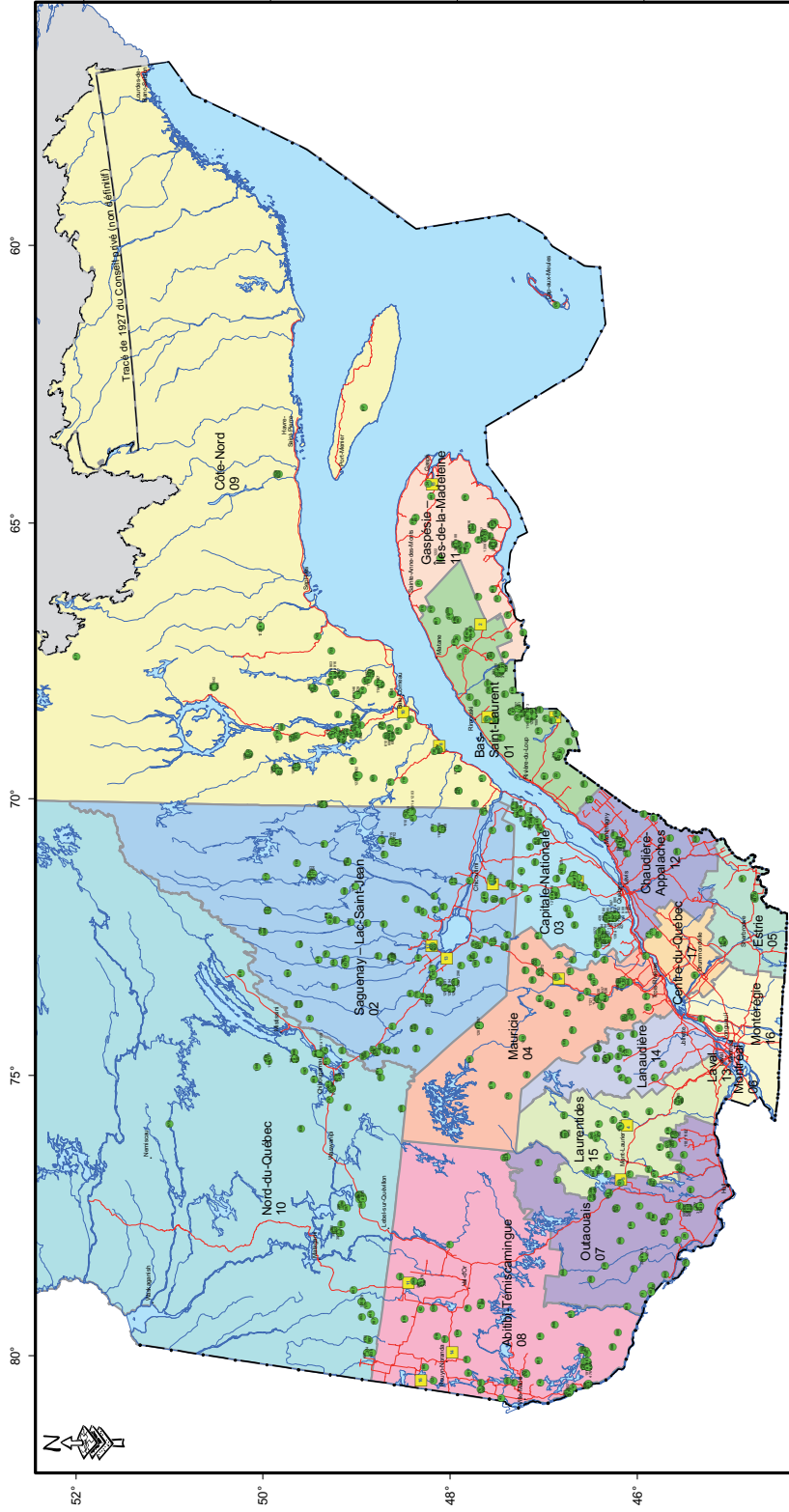
FORÊTS D'EXPÉRIMENTATION ET FORÊTS D'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHE

Les forêts d'expérimentation sont des territoires forestiers publics réservés exclusivement à des fins de recherche et d'expérimentation en science forestière. Elles sont constituées par arrêté ministériel à même le domaine de l'État en vertu de l'article 18 de la Loi sur l'aménagement durable du territoire forestier. On trouve actuellement 659 forêts d'expérimentation 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 forêts d'expérimentation sont, au ministère des Ressources naturelles : 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. L'Université Laval, les



Norman Dignard, conservateur associé de l'Herbier du Québec et botaniste du MRN, sur le terrain (Photos : A. Thibault, MDDEFP).



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

selon les régions administratives

- Frontières**
- Frontière internationale
 - Frontière interprovinciale
 - 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 conservées (46° et 60°)
- 0 100 km

Réalisation

Ministère des Ressources naturelles
 Direction de la recherche forestière

Production

Forêts d'expérimentation
 Forêts d'enseignement et de recherche

Note : Le présent document n'a aucune portée légale.
 © Gouvernement du Québec, 1^{er} trimestre 2013



composantes du réseau de l'Université du Québec et le Centre de foresterie des Laurentides comptent également parmi les utilisateurs des forêts d'expérimentation. Au cours de l'année 2012-2013, 17 nouvelles forêts d'expérimentation ont été créées et une est venue à échéance. Cent vingt-quatre nouvelles demandes de forêts d'expérimentation sont en traitement.

Les forêts d'enseignement et de recherche sont des territoires publics voués à l'enseignement, à l'expérimentation et à la recherche appliquée en sciences forestières. Elles sont également constituées par arrêté ministériel, à même les territoires forestiers du domaine de l'État, en vertu de l'article 20 de la Loi sur l'aménagement durable du territoire forestier. Le réseau des forêts d'enseignement et de recherche compte actuellement 16 territoires, gérés pour la plupart par des établissements d'enseignement secondaire, collégial ou universitaire. Un projet d'agrandissement de la forêt d'enseignement et de recherche Montmorency, gérée par l'Université Laval, est actuellement à l'étude.

PUBLICATION, TRANSFERT DE CONNAISSANCES ET DOCUMENTATION

L'équipe de transfert de connaissances appuie les chercheurs dans leurs activités de diffusion scientifique et de vulgarisation, en collaborant à de nombreuses activités de transfert ainsi qu'à l'édition de plusieurs documents.

En ce qui a trait au transfert de connaissances, la DRF a été active lors de divers événements au cours de l'année 2012-2013. Pour faire connaître ses plus récents résultats de recherche aux utilisateurs régionaux des ressources forestières, la DRF a notamment animé son stand organisationnel lors des activités suivantes :

- le 6^e Colloque annuel du Centre d'étude de la forêt, du 23 au 25 avril 2012, à Rouyn-Noranda (200 participants);
- la Grande fête de la nature, le 13 mai 2012, dans le cadre du Mois de l'arbre et des forêts, sur les plaines d'Abraham à Québec (3 000 participants);
- le Festival Eurêka!, du 15 au 17 juin 2012, dans le Vieux-Port de Montréal (69 000 participants);
- le Salon de la forêt 2013, du 18 au 20 janvier 2013, au Centre de foires ExpoCité de Québec (6 500 participants).

En 2012-2013, la DRF a poursuivi ses efforts afin de rendre disponible en ligne une grande diversité de documents scientifiques ou techniques. Ainsi, il est maintenant possible de consulter les résumés des résultats des projets de recherche subventionnés par le MRN en partenariat avec le Fonds de recherche du Québec — Nature et technologies. De plus, l'intégrale des trois collections de la DRF (Mémoires, Notes et Avis de recherche forestière), publiées depuis 1970, a été numérisée, colligée et mise en ligne. Ces ajouts se trouvent sous l'onglet « Recherche et développement » de la section « Gros plan sur les forêts » du site Internet du MRN.

En matière de publications, l'équipe de transfert de connaissances a poursuivi son travail habituel de consultation, de révision et d'édition d'ouvrages tels que les mémoires de recherche forestière, les notes de recherche forestière, les avis de recherche forestière, les rapports hors série et les articles de vulgarisation. L'exercice budgétaire 2012-2013 a donné lieu, entre autres, à la publication de six mémoires, de deux notes de recherche forestière et de quatre avis de recherche forestière.

Au chapitre de la relation avec la clientèle, la DRF a traité 49 demandes d'information ou de consultation qui relevaient de ses domaines d'expertise.



Organisé toutes les années par le Centre des sciences de Montréal et la Conférence régionale des élus de Montréal, le Festival Eurêka! est un événement scientifique d'importance avec un achalandage de plus de 60 000 personnes. Le stand de la DRF a permis au visiteur de se familiariser avec l'ampleur du reboisement au Québec, l'amélioration des arbres et l'expertise développée depuis des années à ce sujet (Photo : C. Fillion, MRN).

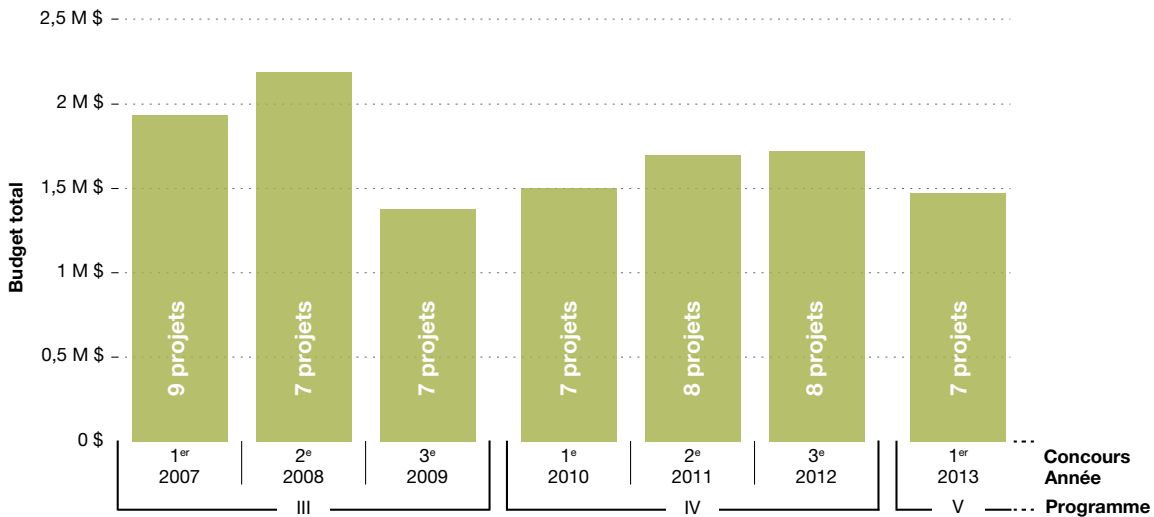
SUBVENTION À LA RECHERCHE ET AU DÉVELOPPEMENT

Le MRN, en partenariat avec le Fonds de recherche du Québec — Nature et technologies, 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. En 2012-2013, le processus rigoureux d’appel de propositions et de sélection des projets a permis l’acceptation, par le Programme IV, de huit nouveaux projets de recherche qui ont débuté au printemps 2012. Ces projets répondent à des besoins de recherche proposés par les utilisateurs et les gestionnaires de la forêt québécoise.

De plus, durant l’exercice 2012-2013, une nouvelle entente de partenariat avec le FRQNT, le programme V, a été conclue. Ce programme débutera en 2013-2014 avec le financement, par le Ministère, de nouveaux projets de recherche subventionnée.

Sommaire du financement de la recherche en milieu universitaire (2007 à 2013)

Près de 12 M\$ • 53 projets financés depuis 2007





LA PROGRAMMATION DE RECHERCHE 2013-2014

PROJETS INTERNES

NUMÉRO DE PROJET	TITRE DU PROJET	TITULAIRE DU PROJET
Écologie forestière		
PROJETS EN COURS		
112310086	Aménagement écosystémique des sapinières boréales du Québec : structure, composition et dynamique des forêts préindustrielles	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
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
112310122	Effet de différents paramètres d'aménagement écosystémique sur les communautés de plantes et d'insectes de la forêt boréale	Mathieu Bouchard
PROJETS TERMINÉS		
0100 3555	Productivité des paysages régionaux de la pessière et de la zone de la forêt mixte	Michel Thibault
112310059	Comment la connaissance des gradients écologiques (climat, milieu physique, perturbations) qui contrôlent le développement de la végétation contribue à définir l'aménagement écosystémique ?	Pierre Grondin
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
112959220	Impacts des changements climatiques sur la répartition des arbres au Québec	Catherine Périé

112959237	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
-----------	---	-------------

PROJETS TERMINÉS

0200 3057	Historique de l'acidification des sols forestiers à l'aide de la dendrogéochimie et de la dendrochronologie	Sylvie Tremblay
112310061	Étude des phénomènes d'altération des sols forestiers, en lien avec l'aménagement forestier durable	Rock Ouimet
112310062	Prélèvement des cations et immobilisation dans la biomasse de trois bassins versants expérimentaux	Sylvie Tremblay
112310067	Évaluation du bilan du carbone des friches boisées et non boisées dans le sud du Québec	Sylvie Tremblay
112310068	Impact de l'éclaircie précommerciale sur la diversité végétale et la fertilité des sols, deux critères associés au développement durable des forêts	Catherine Périé
112310069	Étude de la dynamique des essences commerciales au Québec : récentes tendances (1970-2003)	Louis Duchesne
112310071	Étude des dépôts atmosphériques de calcium sur les écosystèmes forestiers	Daniel Houle
112310095	Cartographie de la croissance potentielle des peuplements de la forêt tempérée nordique du Québec	Catherine Périé

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
112959225	Conception d'une stratégie québécoise de conservation des ressources génétiques forestières, en lien avec leur vulnérabilité aux changements climatiques	André Rainville
PROJETS TERMINÉS		
0300 1010	Introduction d'espèces exotiques et indigènes et banque de semences (2 volets)	Martin Perron
112310080	Étude génétique des principaux caractères du bois de jeunesse chez le mélèze laricin	Martin Perron
112959231	Intégration des effets des changements climatiques dans l'élaboration des modèles de transfert de semences	André Rainville

Production de semences et de plants

PROJETS 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	Intégration de l'embryogenèse somatique dans l'optimisation de la gestion des vergers à graines d'épinette blanche pour augmenter le rendement ligneux en plantation	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
PROJETS TERMINÉS		
0500 3071	Gestion de l'irrigation et de la fertilisation en relation avec l'hétérogénéité microspatiale des teneurs en eau, la croissance et la physiologie des plants à racines nues	Mohammed S. Lamhamedi
112310032	Intégration de l'utilisation des boutures dormantes dans la filière opérationnelle de bouturage des conifères au Québec	Mohammed S. Lamhamedi
112310081	Aménagement des vergers à graines de deuxième génération	Fabienne Colas
112310083	Optimisation des techniques de culture pour un meilleur développement du système racinaire des plants résineux issus de boutures et repiqués en pépinière	Denise Tousignant
112310087	Élaboration des seuils de tolérance au gel des plants d'épinette noire (1+0) selon les régions écologiques	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

112310004	Coupe progressive d'ensemencement dans les forêts résineuses	Marcel Prévost
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
112310009	Effets de différents traitements d'éclaircie précommerciale sur les caractéristiques dendrométriques des peuplements à dominance résineuse	Stéphane Tremblay

112310010	Scarifiage pour promouvoir la régénération naturelle des peuplements d'épinette noire et de sapin baumier en présence de semenciers	Marcel Prévost
112310011	Effets réels des traitements sylvicoles : éclaircie précommerciale pour la production prioritaire de résineux	Stéphane Tremblay
112310012	Effets réels des traitements sylvicoles : 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
112310057	Effets réels des traitements sylvicoles : coupe avec protection de la régénération et des sols de peuplements résineux, volet volume	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 débroussailliers pour différentes modalités d'éclaircie précommerciale	Martin Barrette
PROJET TERMINÉ		
112310060	Étalonnage d'un modèle basé sur une approche par tiges individuelles pour les principales végétations potentielles du Québec	Mathieu Fortin

Sylviculture et rendement des forêts naturelles – peuplements mélangés

PROJETS 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 à l'ombre et la régénération mélangée à feuillus intolérants à l'ombre	Marcel Prévost

112310018	Effets combinés de trouées et 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
PROJET TERMINÉ		
112310024	Étude du développement des tiges d'essences feuillues pour la prévision des rendements forestiers	Steve Bédard

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	Daniel Mailly
112310108	Évaluation et mise au point d'indices de productivité pour les principaux peuplements résineux, mixtes et feuillus au Québec	Daniel Mailly
112310126	Développement d'un système d'inférence cartographique pour la caractérisation des propriétés des sols forestiers au Québec	Jean-Daniel Sylvain
112959251	Mortalité des arbres dans les forêts du Québec : dynamique spatio-temporelle, principales causes et sensibilité face aux changements climatiques	Guillaume Drolet

PROJETS TERMINÉS

112310002	Détermination de l'indice de qualité de station pour les jeunes strates forestières par la méthode de croissance internodale	Daniel Mailly
112310003	Mise au point d'une méthode générale pour corriger l'âge des arbres ayant subi une période d'oppression juvénile ou tardive	Daniel Mailly
112310007	Ajustement des tables de production en fonction des épidémies de tordeuse des bourgeons de l'épinette	Mélanie Gaudreault
112310008	Modélisation de la dynamique et de la production des pessières noires au Québec	Daniel Mailly
112310107	Modélisation du défilement des tiges de plusieurs espèces de feuillus intolérants et de résineux	Mathieu Fortin

Sylviculture et rendement des plantations

PROJETS EN COURS

112310027	Sylviculture intensive des plantations résineuses	Jean Ménétrier
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
PROJETS TERMINÉS		
1000 362S	Établissement et entretien de plantations avec des plants de fortes dimensions (PFD)	Jean Ménétrier
112310028	Maîtrise biologique de la végétation compétitive de type feuillus intolérants à l'ombre en plantation résineuse	Vincent Roy
112310030	Évaluation de l'impact des feuillus intolérants à l'ombre, conservés lors du traitement d'éclaircie précommerciale, sur la productivité de la régénération résineuse et la diversité floristique	Nelson Thiffault
112310033	Scénarios sylvicoles de gestion de la végétation dans les 25 premières années des plantations	Guillaume Cyr
112310034	Recherche et développement sur les modes de dégagement et d'entretien des plantations	Nelson Thiffault
112310039	Étude écophysiological des plantations de plants de fortes dimensions	Nelson Thiffault
112310040	Expérimentation de coupes progressives avec aires de croissance en forêt mixte	Catherine Larouche

Travail forestier**PROJET EN COURS**

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

PROJETS TERMINÉS

112310041	Étude de la productivité des travailleurs lors des opérations sylvicoles en fonction des facteurs de station et de peuplement : plantation - résineux	Denise Dubeau
112310042	Étude de la productivité des travailleurs lors des opérations sylvicoles en fonction des facteurs de station et de peuplement : dégagement mécanique des plantations et de la régénération naturelle	Denise Dubeau

RÉSUMÉ**Les projets internes en cours****Nombre**

Écologie forestière	4
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	4
Sylviculture et rendement des plantations	8
Travail forestier	1
TOTAL	76



LA PROGRAMMATION DE RECHERCHE 2013-2014 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 : <http://www.mrn.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>
2011-FM-143589	Variabilité naturelle à long terme des paysages forestiers du nord du Saguenay–Lac-Saint-Jean (domaine de la pessière noire)	Serge Payette <i>UL</i>
2011-FM-143609	Contribution des massifs forestiers au maintien de la diversité biologique dans les forêts boréale aménagées du Québec	Pierre Drapeau <i>UQAM</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>

PROJETS TERMINÉS

2006-FO-111331	Impacts historiques des interventions forestières en forêt mélangée (Mauricie) sur la possibilité forestière et la dynamique des peuplements et des paysages : des outils pour préciser les simulations	Frédéric Raulier <i>UL</i>
2006-FO-111352	Sylviculture et aménagement écosystémique en forêt boréale mélangée	Suzanne Brais <i>UQAT</i>
2007-FO-118031	Faisabilité d'un aménagement écosystémique pour la pessière noire à mousse de l'Est	Louis Bélanger <i>UL</i>
2007-FO-118121	Évaluation de l'effet de différents scénarios de récupération des brûlis sur la biodiversité faunique	Jacques Ibarzabal <i>UQAC</i>
2007-FO-118152	Modalités de dispersion des coupes et de rétention d'habitats pour maintenir la diversité biologique en forêt boréale aménagée	Pierre Drapeau <i>UQAM</i>
2008-FT-124265	Scénarios sylvicoles dans la sapinière boréale : évaluation de leurs effets sur la conservation de la biodiversité 20 ans après coupe	Louis Bélanger <i>UL</i>
2009-FT-130266	La réponse et le rôle fonctionnel des arthropodes des débris ligneux grossiers et du sol en pessières après la coupe partielle	Timothy Work <i>UQAM</i>
2010-FT-136034	Maintenir le caribou en forêts boréales aménagées malgré la présence du loup gris et de l'ours noir	Daniel Fortin <i>UL</i>

Écologie forestière

PROJETS TERMINÉS

2008-FT-124374	Évaluation de la sensibilité des stations forestières du Québec au prélèvement accru de biomasse forestière	Suzanne Brais <i>UQAT</i>
2009-FT-130204	Évaluation de l'efficacité de traitements sylvicoles utilisés dans le cadre de l'aménagement écosystémique en réponse aux enjeux liés à la biodiversité et la productivité en haute Mauricie	Daniel D. Kneeshaw <i>UQAM</i>
2009-FT-138336	Dynamique du chablis et aménagement écosystémique	Jean-Claude Ruel <i>UL</i>

Écosystèmes et environnement

PROJETS TERMINÉS

2003-FF-93855	Impacts de différents modèles de dispersion de coupes sur l'utilisation par le caribou forestier de la forêt boréale aménagée	Jean-Pierre Ouellet <i>UQAR</i>
2004-FO-103167	Changements hydrologiques selon les stades de développement après récolte et effet sur le bilan des substances chimiques – Forêt Montmorency	André P. Plamondon <i>UL</i>

2004-FO-103215	Développement de pratiques sylvicoles visant à limiter le phénomène d'enfeuillement après coupes en pessière à mousses de l'Abitibi	Alain Leduc UQAM
2004-FO-103236	Études des facteurs qui expliquent l'envahissement des érablières par le hêtre à grandes feuilles	Christian Messier UQAM
2008-FT-124266	Enjeux de composition des forêts en vue de l'aménagement écosystémique dans l'Est du Québec	Dominique Arsenaault UQAR
2010-FT-135843	Risque de feux, résilience et aménagement forestier à la limite nordique d'attribution des forêts au Québec dans un contexte de changement climatique	Yves Bergeron UQAM

Amélioration génétique des arbres

PROJETS EN COURS

2011-FM-143590	Marqueurs moléculaires et méthodes d'évaluation rapide de la qualité du bois chez l'épinette : applications aux populations d'amélioration génétique du Québec et analyse des retombées	John Mackay UL
2012-FM-163371	Impact des changements climatiques sur les différentes sources génétiques de l'épinette blanche au Québec	Hank A. Margolis UL
2013-FM-170595	Sélection génomique pour accélérer l'amélioration quant aux caractères du bois chez l'épinette noire	Jean Bousquet UL
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 UL

PROJETS TERMINÉS

2004-FO-103223	Développement et utilisation de marqueurs phénotypiques et moléculaires pour l'amélioration de la résistance aux maladies chez les peupliers hybrides	Louis Bernier UL
2006-FO-111300	Marqueurs génétiques liés à l'adaptation pour l'aide à la sélection dirigée chez l'épinette noire	Jean Bousquet UL
2006-FO-111330	Caractéristiques du bois de l'épinette blanche en relation avec le développement de la tige et l'architecture du houppier	Alain Cloutier UL
2009-FT-130171	Évaluation de la plasticité physiologique des familles d'épinette blanche en vue de maximiser la productivité des plantations en réponse aux changements climatiques	Hank A. Margolis UL
2010-FT-135986	Sélection assistée par la génomique pour l'amélioration génétique de l'épinette noire face aux changements climatiques	Jean Bousquet UL

Production de semences et de plants

PROJETS TERMINÉS

2004-FO-101761	Utilisation de champignons entomopathogènes comme outil de lutte contre la mouche granivore de l'épinette dans les vergers à graines	Claude Guertin <i>INRS-IAF</i>
2004-FO-103181	Qualité morphophysio­logique des racines des plants d'épinette blanche en relation avec les pratiques culturales en pépinière forestière	Hank A. Margolis <i>UL</i>
2007-FO-118003	Développement d'outils biologiques de lutte contre les principaux insectes ravageurs des pépinières	Claude Guertin <i>INRS-IAF</i>
2007-FO-118134	Développement d'un procédé industriel de transfert en sol d'embryons somatiques d'épinettes pour la production commerciale de plants de reboisement à haute productivité	Francine Monique Tremblay <i>UL</i>
2008-FT-124361	Effets des propriétés physico-chimiques des substrats sur l'insuffisance racinaire des plants produits en récipients dans les pépinières forestières	Steeve Pepin <i>UL</i>
2008-FT-124372	Utilisation de la variabilité génétique familiale de l'épinette blanche pour améliorer l'enracinement et l'architecture du système racinaire des plants issus de boutures	Hank A. Margolis <i>UL</i>

Sylviculture et rendement des forêts naturelles

PROJETS EN COURS

2011-FM-141082	Éclaircie commerciale en peuplements résineux : chablis et rentabilité	Jean-Claude Ruel <i>UL</i>
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>
2011-FM-143618	Évaluation de l'impact de différents scénarios sylvicoles sur la composition, la structure et le rendement des érablières sous aménagement écosystémique en Estrie	Christian Messier <i>UQAM</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>
PROJETS TERMINÉS		
2004-FO-102333	Remise en production de peuplements dégradés de bouleau jaune : facteurs influençant le développement de la régénération	Jean-Claude Ruel <i>UL</i>
2004-FO-103114	Sylviculture du thuya en peuplement mélangé	Jean-Claude Ruel <i>UL</i>
2004-FO-103123	Caractérisation après 5 ans de peuplements traités par une CPPTM (coupe avec protection des petites tiges marchandes)	Jean Bégin <i>UL</i>
2004-FO-103216	Études sur les interactions entre les coupes partielles à diverses densités et les qualités de site sur la TBE : résistance des sapinières et performances des populations entomologiques	Éric Bauce <i>UL</i>
2006-FO-111293	Amélioration des tables de production pour les peuplements d'épinette noire et de sapin baumier	David Pothier <i>UL</i>
2007-FO-118063	L'évaluation de l'impact des éclaircies commerciales sur le volume, la qualité du bois et la rentabilité chez l'épinette noire en forêt boréale	Cornelia Krause <i>UQAC</i>
2007-FO-118098	Évolution du volume de bois carié et de bois sec et sain : vers des tables de production en volume utilisable	David Pothier <i>UL</i>
2007-FO-118108	Influence de l'éclaircie précommerciale, de la compétition et du coefficient de distribution sur la production résineuse dans les peuplements mélangés à feuillus intolérants (MFi)	Jean Bégin <i>UL</i>
2007-FO-118155	Spécificités régionales des régimes de perturbations et de la dynamique forestière naturelle de la pessière à mousses du Québec	Alain Leduc <i>UQAM</i>
2008-FT-124359	Effets de l'éclaircie commerciale et de la fertilisation sur la qualité du bois et la valeur des produits de l'épinette noire et du pin gris	Ahmed Koubaa <i>UQAT</i>

2008-FT-124412	Modélisation des rendements à maturité à partir des inventaires en strates de moins de 7 m dans divers types écologiques	Christian Messier <i>UQAM</i>
2009-FT-130076	Suivi de dispositifs permanents de coupe avec protection des petites tiges marchandes (CPPTM) : Insolation, accroissement, mortalité et qualité du bois, des tiges et des peuplements après 10 ans	Jean Bégin <i>UL</i>
2009-FT-130130	Productivité des vieilles forêts boréales : évolution et stratégies sylvicoles	David Pothier <i>UL</i>
2010-FT-135983	Étude des mécanisme impliqués dans la stagnation de croissance de l'épinette noire après traitements sylvicoles : prévision des délais de croissance selon les conditions du site et le type de traitement	Alain Leduc <i>UQAM</i>
2010-FT-136011	Amélioration de l'exactitude et du contenu en information structurale de l'inventaire forestier	Jean Bégin <i>UL</i>
2010-FT-136016	Évaluation visuelle d'arbres feuillus sur pied et valeur des produits transformés	David Pothier <i>UL</i>

Sylviculture et rendement des plantations

PROJETS TERMINÉS

2004-FO-103246	Le potentiel des peuplements de feuillus intolérants à l'ombre à l'enrichissement en espèces de feuillus nobles	André-Bernard Bouchard <i>UM</i>
2006-FO-111341	Modélisation de la qualité du bois du pin gris	Frank Berninger <i>UQAM</i>
2007-FO-118127	Incidence des propriétés du sol et de son aménagement sur la productivité de jeunes plantations de peupliers hybrides dans le domaine de la sapinière à bouleau blanc	Christian Messier <i>UQAM</i>
2007-FO-118156	Entourbement des pessières à mousses : développement d'un outil géomatique et expérimentation de méthodes de préparation de terrain pour contrôler le phénomène	Yves Bergeron <i>UQAT</i>
2008-FT-124358	Résistance à la tordeuse des bourgeons de l'épinette sur plusieurs générations d'insectes dans un contexte de ligniculture, de dynamique des populations et d'amélioration d'outils de contrôle	Éric Bauce <i>UL</i>

Travail forestier

PROJET TERMINÉ

2004-FO-103180	Opérationnalisation d'un modèle de prédiction de la productivité des débroussailliers qui intègre les principaux facteurs de site et la charge de travail	Luc G. Lebel <i>UL</i>
----------------	---	---------------------------

Aspects socio-économiques du secteur forestier

PROJETS EN COURS

2010-FT-134070	Réhabilitation des forêts feuillues dégradées par la valorisation du bois de faible qualité	Alexis Achim <i>UL</i>
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>

PROJETS TERMINÉS

2004-FO-103224	Stratégies de dispersion des aires de coupe en pessière noire nordique : évaluation de l'efficacité de la coupe mosaïque pour le maintien de la biodiversité et du mode de vie des Cris	Louis Imbeau <i>UQAT</i>
2006-FO-111264	Aménagement écosystémique : impact sur la transformation des produits forestiers et sa rentabilité	Jean-Claude Ruel <i>UL</i>
2007-FO-118094	Changements des politiques forestières et reconfiguration des acteurs dans l'utilisation et la gestion de la forêt	Jacques L. Boucher <i>UQO</i>
2007-FO-118132	La certification environnementale et la redéfinition de la gestion des forêts publiques au Québec	Luc Bouthillier <i>UL</i>
2008-FT-124420	Perception sociale des paysages résultant de la stratégie d'aménagement écosystémique pour la pessière noire	Gérald Domon <i>UM</i>

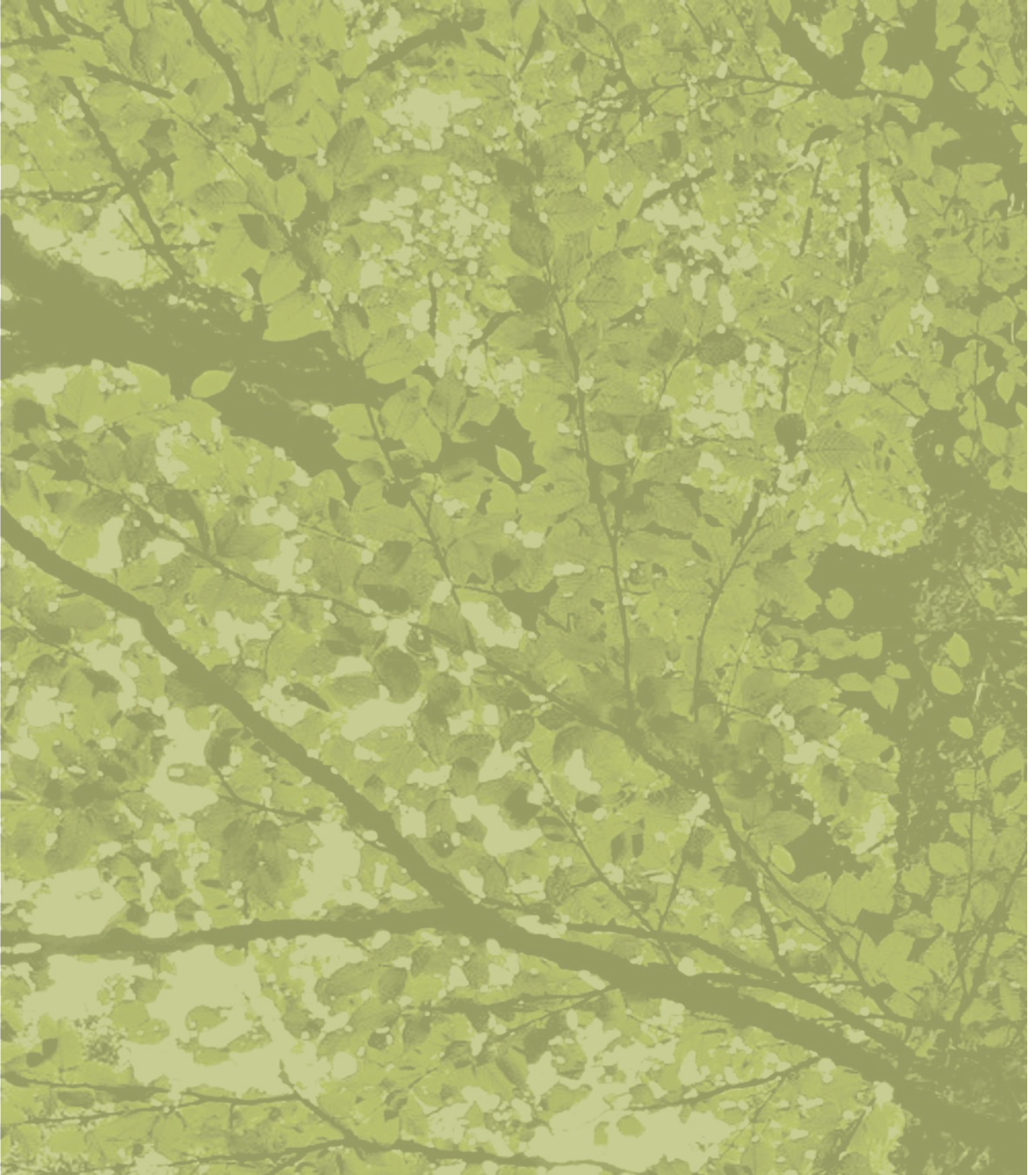
Calcul de la possibilité forestière

PROJET EN COURS

2009-FT-129351	Gestion des facteurs de risques entourant le calcul de la possibilité forestière afin d'en accroître sa précision et d'en minimiser ses sources d'erreur	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	12
Aspects socio-économiques du secteur forestier	4
Calcul de possibilité forestière	1
TOTAL	32





LES PUBLICATIONS 2012-2013

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.mrnf.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, **D. Mailly**, M.P. Girardin et Y. Bergeron, 2012. *Using height growth to model local and regional response of trembling aspen (Populus tremuloides Michx.) to climate within the boreal forest of western Québec*. Ecological Modelling 243: 123-132.
- 002** Béjaoui, Z., A. Albouchi, **M.S. Lamhamedi**, M. Abassi et M.H. El Aouni, 2012. *Adaptation and morpho-physiology of three Populus deltoides Marsh. x P. nigra L. clones after preconditioning to prolonged waterlogging*. Agroforest Syst 86(3): 433-442.
- 003** Boudreault, C., D. Coxson, Y. Bergeron, S. Stevenson et **M. Bouchard**, 2013. *Do forests treated by partial cutting provide growth conditions similar to old-growth forests for epiphytic lichens?* Biological Conservation 159: 458-467.
- 004** Carles, S., **M.S. Lamhamedi**, D.C. Stowe, **L. Veilleux** et H.A. Margolis, 2012. *An operational method for estimating cold tolerance thresholds of white spruce seedlings in forest nurseries*. For. Chron. 88(4): 448-457.
- 005** Chambers, D., **C. Périé**, N. Casajus et S. de Blois, 2013. *Challenges in modelling the abundance of 105 tree species in eastern North America using climate, edaphic, and topographic variables*. For. Ecol. Manage. 291: 20-29.
- 006** Côté, D., F. Girard, **F. Hébert**, S. Bouchard, R. Gagnon et D. Lord, 2012. *Is the closed-crown boreal forest resilient after successive stand disturbances? A quantitative demonstration from a case study*. Journal of Vegetation Science DOI: 10.1111/j.1654-1103.2012.01488.x.
- 007** Couillard, P.-L., S. Payette et **P. Grondin**, 2012. *Recent impact of fire on high-altitude balsam fir forests in south-central Québec*. Can. J. For. Res. 42: 1289-1305.
- 008** Couillard, P.-L., S. Payette et **P. Grondin**, 2013. *Long-term impact of fire on high-altitude balsam fir (Abies balsamea) forests in south-central Québec deduced from soil charcoal*. Can. J. For. Res. 43: 188-199.
- 009** Dubeau, D., L.G. Lebel, D. Imbeau et **I. Auger**, 2012. *Impacts of vegetation abundance and terrain obstacles on brushcutter performance during regeneration release*. North. J. Appl. For. 29(4): 173-181.
- 010** Duchesne, L., **D. Houle** et L. D'Orangeville, 2012. *Influence of climate on seasonal patterns of stem increment of balsam fir in a boreal forest of Québec, Canada*. Agric. For. Meteorol. 162-163: 108-114.
- 011** Duchesne, L. et **M. Prévost**, 2013. *Canopy disturbance and intertree competition: implications for tree growth and recruitment in two yellow birch-conifer stands in Québec, Canada*. J. For. Res. 18: 168-178.
- 012** Duchesne, L., **J.-D. Moore** et **R. Ouimet**, 2013. *Partitioning the effect of release and liming on growth of sugar maple and american beech saplings*. North. J. Appl. For. 30(1): 28-36.
- 013** Gauthier, **M.-M.**, K.E. Zellers, M. Löf et D.F. Jacobs, 2013. *Inter- and intra-specific competitiveness of plantation-grown American chestnut (Castanea dentata)*. For. Ecol. Manage. 291: 289-299.
- 014** Gonzalez, E., **F. Hébert**, J.-F. Boucher, P. Sirois et D. Lord, 2013. *Lichen-Spruce woodland early indicators of ecological resilience following silvicultural disturbances in Québec's closed-crown forest zone*. Amer. J. Plant Sci. 4: 749-765.
- 015** Guedira, A., **M.S. Lamhamedi**, B. Satrani, M. Boulmane, M. Serrari et A. Douira, 2012. *Valorisation des matières résiduelles et de la biomasse forestière au Maroc : Compostage et confection de substrats organiques pour la production de plants forestiers*. Nature & Technologie 7: 87-95.
- 016** Houle, D., P.J.H. Richard, S.O. Ndzangou et M. Richer-Laflièche, 2012. *Compositional vegetation changes and increased red spruce abundance during the Little Ice Age in a sugar maple forest of north-eastern North America*. Plant Ecol. 213(6): 1027-1035.
- 017** Houle, D., A. Bouffard, **L. Duchesne**, T. Logan et R. Harvey, 2012. *Projections of future soil temperature and water content for three southern Québec forested sites*. J. Clim. 25: 7690-7701.
- 018** Huda, A.A., A. Koubaa, A. Cloutier, R.E. Hernandez et **P. Périnet**, 2012. *Anatomical properties of selected hybrid poplar clones grown in southern Québec*. BioResources 7(3): 3779-3799.
- 019** Kerr, J.G., M.C. Eimers, I.F. Creed, M.B. Adams, F. Beall, D. Burns, J.L. Campbell, S.F. Christopher, T.A. Clair, F. Courchesne, **L. Duchesne**, I. Fernandez, **D. Houle**, D.S. Jeffries, G.E. Likens, M.J. Mitchell, J. Shanley et H. Yao, 2012. *The effect of seasonal drying on sulphate dynamics in streams across southeastern Canada and the northeastern USA*. Biogeochemistry 111: 393-409.

- 020** Larocque, G.R., A. Desrochers, M. Larchevêque, F. Tremblay, J. Beaulieu, A. Mosseler, J.E. Major, S. Gaussiran, B.R. Thomas, D. Sidders, **P. Périnet**, J. Kort, M. Labrecque, P. Savoie, S. Masse, O.T. Bouman, D. Kamelchuk, L. Benomar, T. Mamashita et P. Gagné, 2013. *Research on hybrid poplars and willow species for fast-growing tree plantations: Its importance for growth and yield, silviculture, policy-making and commercial applications*. For. Chron. 89(1): 32-41.
- 021** Lupi, C., H. Morin, A. Deslauriers, S. Rossi et **D. Houle**, 2012. *Increasing nitrogen availability and soil temperature: effects on xylem phenology and anatomy of mature black spruce*. Can. J. For. Res. 42: 1277-1288.
- 022** Moore, J.-D., **R. Ouimet** et **L. Duchesne**, 2012. *Soil and sugar maple response 15 years after dolomitic lime application*. For. Ecol. Manage. 281: 130-139.
- 023** Moore, J.-D., M. Ouellet et J. Gilhen, 2012. *Phénotypes de la salamandre cendrée (Plethodon cinereus) dans le nord-est de l'Amérique du Nord*. Nat. Can. 136(3): 69-72.
www.mrn.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Moore-Jean-David/Nat-Can-136-3-69-72.pdf
- 024** Ouimet, R., J.-D. Moore, **L. Duchesne** et C. Camiré, 2013. *Etiology of a recent white spruce decline: role of potassium deficiency, past disturbances, and climate change*. Can. J. For. Res. 43: 66-77.
- 025** Perron, M., **J. DeBlois** et **M. Desponts**, 2012. *Use of resampling to assess optimal subgroup composition for estimating genetic parameters from progeny trials*. Tree Genetics & Genomes 9(1): 129-143.
- 026** Prévost, M. et **D. Dumais**, 2013. *Decennial growth and mortality following uniform partial cutting in yellow birch - conifer stands*. Can. J. For. Res. 43: 224-233.
- 027** Prévost, M. et **M.-M. Gauthier**, 2012. *Precommercial thinning increases growth of overstory aspen and understory balsam fir in a boreal mixedwood stand*. For. Ecol. Manage. 278: 17-26.
- 028** Prévost, M. et **M.-M. Gauthier**, 2013. *Shelterwood cutting in a red spruce - balsam fir lowland site: Effects of final cut on water table and regeneration development*. For. Ecol. Manage. 291: 404-416.
- 029** Prévost, M. et **P. Raymond**, 2012. *Effect of gap size, aspect and slope on available light and soil temperature after patch-selection cutting in yellow birch-conifer stands, Québec, Canada*. For. Ecol. Manage. 274: 210-221.
- 030** Rossi, S., A. Bordeleau, **D. Houle** et H. Morin, 2012. *Effect of chronic ammonium nitrate addition on the ectomycorrhizal community in a black spruce stand*. Can. J. For. Res. 42: 1204-1212.
- 031** Terrier, A., M.P. Girardin, **C. Périé**, P. Legendre et Y. Bergeron, 2012. *Potential changes in forest composition could reduce impacts of climate change on boreal wildfires*. Ecol. Appl. 23(1): 21-35.
- 032** Thiffault, N., **F. Hébert** et **R. Jobidon**, 2012. *Planted Picea mariana growth and nutrition as influenced by silviculture x nursery interactions on an ericaceous-dominated site*. Silvæ Fenn. 46(5): 667-682.
- 033** Thiffault, N., **G. Picher** et **I. Auger**, 2012. *Initial distance to Kalmia angustifolia as a predictor of planted conifer growth*. New For. 43(5): 849-868.
- 034** Thiffault, N., D. Chalifour et L. Bélanger, 2013. *Enrichment planting of Picea glauca in boreal mixedwoods: can localized site preparation enhance early seedling survival and growth?* New Forests 44(4) 533-546 DOI: 10.1007/s11056-012-9361-5.
- 035** Tremblay, S.L., **R. Ouimet**, **D. Houle** et **L. Duchesne**, 2012. *Base cation distribution and requirement of three common forest ecosystems in eastern Canada based on site-specific and general allometric equations*. Can. J. For. Res. 42: 1796-1809.
- 036** Wahid, N., **M.S. Lamhamedi**, J. Beaulieu, H.A. Margolis et **J. DeBlois**, 2012. *Genetic parameters and clonal variation in growth and nutritional traits of containerized white spruce somatic seedlings*. Acta Bot. Gallica 159(3): 373-384.

MÉMOIRES DE RECHERCHE FORESTIÈRE

- 037** Bédard, S., **J. DeBlois** et **F. Guillemette**, 2012. *Accroissements 15 ans après coupe de jardinage dans des érablières : une analyse par période quinquennale et par secteur*. Ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière. Mémoire de recherche forestière n° 165. 40 p.
www.mrn.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Bedard-Steve/Memoire165.pdf
- 038** Desponts, M. et **G. Numainville**, 2013. *L'amélioration génétique de l'épinette noire au Québec : Bilan et perspectives*. Ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière. Mémoire de recherche forestière n° 169. 29 p.
www.mrn.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Desponts-Mireille/Memoire169.pdf
- 039** Guillemette, F., **M.-M. Gauthier**, **M.-C. Lambert** et **S. Bédard**, 2013. *Effets réels décennaux des coupes de jardinage pratiquées de 1995 à 1999 dans un contexte opérationnel*. Ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière. Mémoire de recherche forestière n° 168. 34 p.
www.mrn.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Guillemette-Francois/Memoire168.pdf

040 Périé, C., L. Duchesne et M.-C. Lambert, 2012. *Prédire la croissance potentielle des arbres au Québec à l'aide des caractéristiques cartographiables des peuplements et des stations.* Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de la recherche forestière. Mémoire de recherche forestière n° 164. 44 p.
www.mrn.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Perie-Catherine/Memoire164.pdf

041 Schneider, R., M. Fortin et J.-P. Saucier, 2013. *Équations de défilement en forêt naturelle pour les principales essences commerciales du Québec.* Ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière. Mémoire de recherche forestière n° 167. 40 p.
www.mrn.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Divers/Memoire167.pdf

042 Tremblay, S. et V. Lafèche, 2012. *Résultats obtenus 5 ans après traitement dans les placettes du réseau de la mesure des effets réels de l'éclaircie commerciale en peuplements résineux.* Ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière. Mémoire de recherche forestière n° 166. 36 p.
www.mrn.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Tremblay-Stephane/Memoire166.pdf

NOTES DE RECHERCHE FORESTIÈRE

043 Colas, F., I. Auger, P. Baldet, M. Bettez et A. Savary, 2012. *Gestion opérationnelle de l'évolution de la qualité des lots de semences forestières à l'aide de la mesure de l'activité de l'eau.* Ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière. Note de recherche forestière n° 136. 18 p.
www.mrn.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Colas-Fabienne/Note136.pdf

044 Ouimet, R., J.-D. Moore et L. Duchesne, 2013. *Mise à jour des seuils de fertilité des sols pour diagnostiquer les carences en calcium, potassium et phosphore chez l'érable à sucre.* Ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière. Note de recherche forestière n° 137. 17 p.
www.mrn.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Ouimet-Rock/Note137.pdf

AVIS DE RECHERCHE FORESTIÈRE

045 Lamhamedi, M.S., 2012. *Mesures d'adaptation aux changements climatiques : cas des extrêmes hivernaux dans les pépinières forestières du Québec.* Ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière. Avis de recherche forestière n° 42. 2 p.
www.mrn.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Lamhamedi-Mohammed/Avis42.pdf

046 Lamhamedi, M.S. et S. Carles, 2012. *Le verger à graines d'où proviennent les semences peut-il affecter la croissance juvénile des plants d'épinette blanche?* Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de la recherche forestière. Avis de recherche forestière n° 39. 2 p.
www.mrn.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Lamhamedi-Mohammed/Avis39.pdf

047 Lamhamedi, M.S. et J. Gravel- Grenier, 2012. *La sélection précoce des variétés somatiques hautement productives : élément clef de l'amélioration de la chaîne de valeur du bois au Québec.* Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de la recherche forestière. Avis de recherche forestière n° 41. 2 p.
www.mrn.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Lamhamedi-Mohammed/Avis41.pdf

048 Prévost, M. et P. Raymond, 2012. *Les trouées sylvicoles en forêt mixte tempérée : l'effet sur l'éclaircissement dépend de la topographie du site.* Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de la recherche forestière. Avis de recherche forestière n° 40. 2 p.
www.mrn.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Prevost-Marcel/Avis40.pdf

AVIS TECHNIQUE

049 Colas F., M.S. Lamhamedi, M. Bettez et R. Richard, 2013. *Effet de la stratification sur la germination de lots de graines de mélèze hybride selon l'essence mère.* Ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière. Avis technique SGRE-4. 5 p.

GUIDES

050 Anneco, C., J.-D. Moore et R. Ouimet, 2012. *L'état de santé des érablières – Démarche diagnostique.* Guide à l'intention des professionnels qui travaillent à la mise en valeur des érablières. Centre Acer. Saint-Norbert-d'Arthabaska, Québec. 61 p.

051 Leboeuf, A., É. Dufour et P. Grondin, 2012. *Guide d'identification des milieux humides du Nord du Québec par images satellites - Projet du Plan Nord.* Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction des inventaires forestiers et Direction de la recherche forestière. 29 p.
www.mrn.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Grondin-Pierre/Guide-identification-milieux-humides-2013.pdf

052 Couillard, L., N. Dignard, P. Petitclerc, D. Bastien, A. Sabourin et J. Labrecque, 2012. *Guide de reconnaissance des habitats forestiers des plantes menacées ou vulnérables. Outaouais, Laurentides et Lanaudière*. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune et ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs. 434 p.

www.mrn.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Dignard-Norman/Guide-plantes-menacees-2012-Outaouais.pdf

LOGICIELS

053 Ouimet, R., L. Duchesne et J.-D. Moore, 2012. *DELFEES : diagnostic des éléments limitatifs selon le feuillage de l'érable à sucre et le sol. Version 1.3*. Ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière.

www.mrn.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Ouimet-Rock/DELFEES1-3.zip

www.mrn.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Ouimet-Rock/Correctif1.pdf

054 Prégent, G., 2013. *Tarifs de cubage, tables de rendement et modèles de croissance des plantations résineuses au Québec*. Ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière. CD-ROM.

www.mrn.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Pregent-Guy/CroiRePlant_v_3_22.xls

RAPPORTS DIVERS

055 Boulfroy, E., E. Forget, P.V. Hofmeyer, L.S. Kenefic, C. Larouche, G. Lessard, J.-M. Lussier, F. Pinto, J.-C. Ruel et A. Weiskittel, 2012. *Guide pour la sylviculture du thuya occidental*. Service canadien des forêts - Centre canadien sur la fibre de bois. Rapport d'information FI-X-008. 75 p.

056 Boulfroy, E., E. Forget, P.V. Hofmeyer, L.S. Kenefic, C. Larouche, G. Lessard, J.-M. Lussier, F. Pinto, J.-C. Ruel et A. Weiskittel, 2012. *Silvicultural Guide for Northern White-Cedar (Eastern White Cedar)*. United States Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station. General Technical Report NRS-98. 75 p.

057 Walsh, D., P. Tremblay, F. Hébert, J. Allaire, D. Côté et D. Lord, 2012. *Remise en production des milieux ouverts sur stations sèches dans la pessière à mousses du Saguenay-Lac-Saint-Jean et du nord du Québec : résultats 10 ans après plantation pour l'épinette noire*. Université du Québec à Chicoutimi, Consortium de recherche sur la forêt boréale commerciale. 23 p.

www.mrn.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Hebert-Francois/Rapport-Remise-production-avril2012.pdf

PRÉSENTATIONS – CONGRÈS SCIENTIFIQUES

058 Beaulieu, J. et A. Rainville, 2012. *Impact potentiel des changements climatiques sur le rendement des plantations résineuses dans le Bas-Saint-Laurent*. Conférence présentée lors du colloque de la Chaire de recherche sur la forêt habitée (CRFH) de l'Université du Québec à Rimouski. 21 novembre 2012. Rimouski, Québec. 31 p.

059 Bédard, S., F. Guillemette, P. Raymond, S. Tremblay, C. Larouche et J. DeBlois, 2012. *Rehabilitation of northern hardwoods using multi-cohort silvicultural systems in Québec, Canada*. Résumé d'une conférence paru dans : Stewart, G. (éd.). *Programme and abstracts to the 8th IUFRO International Conference on uneven-aged silviculture: « Optimising timber production, ecosystem services and resilience to climate change »*. 12 au 16 novembre 2012. Christchurch, Nouvelle Zélande. p. 3.

060 Boucher, Y., P. Grondin et I. Auger, 2012. *Historical and physiographical determinants of tree species distribution in human-dominated boreal landscapes*. Résumé d'une conférence présentée lors du 97^e Congrès de l'*Ecological Society of America*. 5 au 10 août 2012. Portland, Oregon, États-Unis. 1 p.

061 Buitrago, M., A. Paquette, N. Thiffault, C. Messier et N. Bélanger, 2012. *Établissement du mélèze hybride suivant différentes préparations de terrain*. Résumé d'une conférence présentée lors du colloque annuel du Centre d'étude de la forêt. 24 au 25 avril 2012. Rouyn-Noranda, Québec. 1 p.

www.mrn.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Thiffault-Nelson/Resume-conf-CEF-avril2012.pdf

062 Bussière, B., Y. Bergeron, F. Tremblay, N. Thiffault, G. Joanisse et E. Smirnova, 2012. *Use of plants with allelopathy potential as a bio-barrier against bio-intrusion on covers with capillary barrier effects*. Résumé d'une affiche présentée lors du 8^e Symposium de l'*International Society of Root Research: « Roots to the Future »*. 26 au 29 juin 2012. Dundee, Royaume-Uni. 1 p.

063 Drolet, G., 2012. *The OOBx: University of Edinburgh's system for automated spectral measurements*. Conférence présentée lors du colloque « COST Action ES0903 - Science-Industry meeting and working groups 2 and 3 meeting ». 9 mai 2012. Bruxelles, Belgique. 31 p.

064 Dubeau, D., L.G. LeBel, D. Imbeau, P.-A. Dubé et M.-È. Chiasson, 2012. *Brushcutting work investigated to improve working conditions*. Actes du congrès « International ergonomic workshop of IUFRO RG3.03; Ergonomic challenges in future forest and forestry ». 1^{er} au 4 octobre 2012. Nagoya, Japon. 9 p.

065 Elzein, T.M., D. Arseneault, L. Sirois et Y. Boucher, 2012. *Impact of logging on the structure of preindustrial forests in south-eastern Canada*. Résumé d'une affiche présentée lors du 97^e Congrès de l'*Ecological Society of America*. 5 au 10 août 2012. Portland, Oregon, États-Unis. 1 p.

- 066 Gagnon, J.**, 2012. *Seedling production in forest tree nurseries of Québec*. Conférence présentée lors de la 32^e rencontre générale de la *Forest Nursery Association of British Columbia*. 26 septembre 2012. Campbell River, Colombie-Britannique. 38 p.
- 067 Gagnon, J.** et **M.S. Lamhamedi**, 2012. *New technologies applied in Québec forest tree nurseries*. Conférence présentée lors de la 32^e rencontre générale de la *Forest Nursery Association of British Columbia*. 26 septembre 2012. Campbell River, Colombie-Britannique. 94 p.
- 068 Hébert, F.**, G. Cyr et **R. Jobidon**, 2012. *Planted black spruce (Picea mariana) growth and stem taper in response to pruning intensity*. Affiche présentée lors de la conférence « *DEMO International* ». 17 au 20 septembre 2012. Saint-Raymond, Québec. 1 p.
- 069 Lamhamedi, M.S.**, D. Boyer-Groulx et H. Margolis, 2012. *Atténuation des extrêmes climatiques hivernaux en pépinière forestière et évaluation de la plasticité physiologique des sources génétiques forestières en réponse aux changements climatiques*. Résumé d'une conférence présentée lors du séminaire international « *Impact des changements globaux sur les ressources génétiques forestières et pastorales méditerranéennes* ». 21 au 22 novembre 2012. Hammamet, Tunisie. 1 p.
www.mrn.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Lamhamedi-Mohammed/Resume-conf-seminaire-intern-tunisie-nov12.pdf
- 070 Mehamha, A.**, P. Vuillaume, E. Leclair et **F. Colas**, 2012. *Étude des propriétés mécaniques et barrières à la diffusion de systèmes hybrides PEHD/PA/Argile*. Conférence présentée lors du 80^e Congrès de l'ACFAS. 7 au 11 mai 2012. Montréal, Québec. 18 p.
- 071 Moore, J.-D.**, **R. Ouimet** et **L. Duchesne**, 2012. *Liming: an effective treatment to maintain representation and health of sugar maple in acidic and base-poor soils*. Affiche présentée lors du congrès conjoint de l'Association québécoise de spécialistes en sciences du sol (AQSSS) et de la Société canadienne de la science du sol (SCSS). 3 au 8 juin 2012. Lac-Beauport, Québec. 1 p.
- 072 Moore, J.-D.**, **R. Ouimet** et J.W. Reynolds, 2012. *Premières mentions de vers de terre dans trois écosystèmes forestiers du Bouclier canadien*. Affiche présentée lors du congrès conjoint de l'Association québécoise de spécialistes en sciences du sol (AQSSS) et de la Société canadienne de la science du sol (SCSS). 3 au 8 juin 2012. Lac-Beauport, Québec. 1 p.
- 073 Ouimet, R.**, 2012. *An efficient design for monitoring forest soils*. Résumé d'une conférence présentée lors du 4^e Congrès international « *EuroSoil 2012 - Soil Science for the Benefit of Mankind and Environment* ». 2 au 6 juillet 2012. Bari, Italie. 1 p.
- 074 Ouimet, R.**, 2013. *The use of critical loads to assess sensitivity of forest sites to biomass harvesting*. Conférence présentée à l'atelier du *Northeastern Ecosystem Research Cooperative (NERC)*. 19 au 20 mars 2013. Saratoga Springs, New York, États-Unis. 1 p.
- 075 Périé, C.** et S. De Blois, 2012. *Comment les changements climatiques pourraient modifier la répartition des arbres : exemple de l'érable à sucre au Québec*. Affiche présentée lors du 5^e symposium scientifique d'Ouranos. 19 au 21 novembre 2012. Québec, Québec. 1 p.
- 076 Périé, C.** et S. De Blois, 2012. *How will climate change affect tree distribution and management? Modelling the response of sugar maple in Québec (Canada)*. Affiche présentée lors de la conférence internationale « *Tackling climate change: the contribution of forest scientific knowledge* ». 20 au 25 mai 2012. Tours, France. 1 p.
- 077 Périnet, P.** (éd.), 2012. *Workshop Program and Field Trip Guide. Poplar Council of Canada genetics workshop and 2012 Annual business meeting*. 21 au 23 août 2012. Québec, Québec. 37 p.
- 078 Périnet, P.**, 2012. *Risks to current collections in Canada - Québec IUFRO collections case study*. Conférence présentée lors du « *Poplar Council of Canada genetics workshop and 2012 Annual business meeting* ». 21 au 23 août 2012. Québec, Québec. 23 p.
- 079 Périnet, P.**, 2012. *A technique for controlled reproduction of poplars in Québec*. Affiche présentée lors du « *Poplar Council of Canada genetics workshop and 2012 Annual business meeting* ». 21 au 23 août 2012. Québec, Québec. 1 p.
- 080 Pernot, C.**, A. DesRochers et **N. Thiffault**, 2012. *Croissance et nutrition de l'épinette noire en lien avec la production de racines adventives*. Résumé d'une affiche présentée lors du colloque annuel du Centre d'étude de la forêt. 24 au 25 avril 2012. Rouyn-Noranda, Québec. 1 p.
www.mrn.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Thiffault-Nelson/Resume-affiche-croissance-CEF-avril2012.pdf
- 081 Raymond, P.** et **M. Prévost**, 2012. *Linking microenvironment changes to regeneration dynamics after patch-selection cutting in Québec's temperate mixedwood forest*. Résumé d'une conférence présentée lors du *Eastern CANUSA Forest Science Conference*. 1 au 3 novembre 2012. Durham, New Hampshire, États-Unis. 1 p.
- 082 Rivera - Miranda, K.**, J.-C. Ruel et **S. Tremblay**, 2012. *Modeling mortality risk after commercial thinning in Québec*. Conférence présentée lors du *Eastern CANUSA Forest Science Conference*. 1 au 3 novembre 2012. Durham, New Hampshire, États-Unis. 20 p.

083 Smirnova, E., Y. Bergeron, F. Tremblay, N. Thiffault, B. Bussière et G. Joannis, 2012. *Assessment of plants with allelopathy potential as a bio-barrier against undesirable bio-intrusion on covers with capillary barrier effects*. Résumé d'une affiche présentée lors du 9th International Conference on acid rock drainage. 20 au 26 mai 2012. Ottawa, Ontario. 1 p.

084 Sylvain, J.-D., G. Drolet et A.R. Michaud, 2012. *Predicting soil properties using spectral measurements and independent component analysis (ICA)*. Résumé d'une conférence présentée lors du congrès conjoint de l'Association québécoise de spécialistes en sciences du sol (AQSSS) et de la Société canadienne de la science du sol (SCSS). 3 au 8 juin 2012. Lac-Beauport, Québec. 1 p.

085 Sylvain, J.-D., A.R. Michaud, M.C. Nolin et G.B. Béné, 2012. *A novel spectro-temporal approach for predicting soil physical properties*. Résumé d'une conférence paru dans : Minasny, B., B.P. Malone et A.B. McBratney (éds.). *Digital soil assessments and beyond*. 10 au 13 avril 2012. Sydney, Australie. p. 381-386.

086 Thiffault, N., 2012. *Gestion de la végétation en plantations forestières : Enjeux de productivité et de diversité végétale*. Conférence présentée au colloque annuel de la Chaire de recherche sur la forêt habitée de l'Université du Québec à Rimouski. 21 novembre 2012. Rimouski, Québec. 22 p.

087 Trottier - Picard, A., A. DesRochers, É. Thiffault, D. Paré, N. Thiffault et C. Messier, 2012. *Comment les résidus de coupe forestière peuvent-ils affecter la croissance d'une plantation?* Résumé d'une conférence présentée lors du 14^e Colloque annuel de la Chaire CRSNG-UQAT-UQAM en aménagement forestier durable. 29 novembre 2012. Rouyn-Noranda, Québec. 1 p.
www.mrn.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Thiffault-Nelson/Resume-conf-14-col-annuel-Chaire-Rouyn-Noranda-nov2012.pdf

088 Trottier - Picard, A., É. Thiffault, A. DesRochers, D. Paré, N. Thiffault et C. Messier, 2012. *Les résidus de coupe forestière peuvent-ils améliorer l'environnement immédiat de la régénération?* Résumé d'une affiche présentée lors du colloque annuel du Centre d'étude de la forêt. 24 au 25 avril 2012. Rouyn-Noranda, Québec. 1 p.

www.mrn.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Thiffault-Nelson/Resume-affiche-residus-CEF-avril2012.pdf

ARTICLES DE VULGARISATION

089 Bettez, M. et F. Colas, 2013. *ISO 9001:2008 certification of the Berthier tree seed centre*. Tree Seed Working Group - News Bulletin - Association canadienne de génétique forestière 56(January): 13-15.

090 Colas, F. et M. Bettez, 2012. *How water activity changed our lives!* Tree Seed Working Group - News Bulletin. Association canadienne de génétique forestière. 55(June): 4-5.

ACTIVITÉS DE TRANSFERT DES RÉSULTATS DE RECHERCHE

091 Baldet, P. et F. Colas, 2012. *Le projet «Activité de l'eau (a^w)»*. Conférence présentée dans le cadre d'une mission scientifique financée par la 63^e session de la Commission permanente de coopération franco-québécoise (projet 63.704). 6 juillet 2012. Nogent-sur-Vernisson, France. 21 p.

092 Baldet, P. et F. Colas, 2012. *Le projet «Activité de l'eau (a^w)»*. Conférence présentée dans le cadre d'une mission scientifique financée par la 63^e session de la Commission permanente de coopération franco-québécoise (projet 63.704). 24 octobre 2012. Québec, Québec. 24 p.

093 Bédard, S., 2012. *Restauration des peuplements feuillus appauvris à l'aide de la coupe progressive irrégulière au Québec*. Conférence présentée lors de l'Atelier sur la restauration des peuplements dégradés et appauvris. 21 juin 2012. Québec, Québec. 37 p.

094 Bédard, S. et F. Guillemette, 2012. *Station 2 : Expérimentation de la coupe progressive irrégulière comme pratique sylvicole adaptée et outil de restauration des peuplements feuillus appauvris*. Dans : *Tournée pré-conférence - Visite à la forêt de Duchesnay dans le cadre du Congrès IFC/OIFQ/DÉMO forêt 2012*. 17 septembre 2012. Duchesnay, Québec. p. 34-41.

095 Bédard, S. et F. Guillemette, 2012. *Station 2 : Irregular shelterwood cutting as an adapted silvicultural practice and tool for rehabilitating impoverished hardwood stands*. Dans : *Tournée pré-conférence - Visite à la forêt de Duchesnay dans le cadre du Congrès IFC/OIFQ/DÉMO forêt 2012*. 17 septembre 2012. Duchesnay, Québec. p. 42-49.

096 Bédard, S. et F. Guillemette, 2012. *Station 5 : Réhabilitation des forêts feuillues à l'aide de la coupe de jardinage*. Dans : *Tournée pré-conférence - Visite à la forêt de Duchesnay dans le cadre du Congrès IFC/OIFQ/DÉMO forêt 2012*. 17 septembre 2012. Duchesnay, Québec. p. 77-81.

097 Bédard, S. et F. Guillemette, 2012. *Station 5 : Rehabilitation of northern hardwoods using selection cutting*. Dans : *Tournée pré-conférence - Visite à la forêt de Duchesnay dans le cadre du Congrès IFC/OIFQ/DÉMO forêt 2012*. 17 septembre 2012. Duchesnay, Québec. p. 82-86.

098 Bédard, S. et F. Guillemette, M. Beaudet, P. Raymond, C. Larouche et S. Tremblay, 2012. *Rehabilitation workshop - Field trip*. Visite sur le terrain à Duchesnay. 20 juin 2012. Duchesnay, Québec. 17 p.

- 099 Colas, F.**, P. Baldet et **M.S. Lamhamedi**, 2012. *Utilisation de la mesure de l'activité de l'eau sur les matériels de reproduction : pollens, semences et embryons somatiques*. Conférence présentée dans le cadre d'une mission scientifique financée par la 63^e Commission permanente de coopération franco-québécoise (projet 63.704). 24 octobre 2012. Québec, Québec. 27 p.
- 100 Colas, F.**, P. Baldet et A. Mehamha, 2012. *Mesure de l'activité de l'eau sur les semences et les pollens : bilan d'une coopération fructueuse*. Conférence présentée dans le cadre d'une mission scientifique financée par la 63^e session de la Commission permanente de coopération franco-québécoise (projet 63.704). 6 juillet 2012. Nogent-sur-Vernisson, France. 19 p.
- 101 Colas, F.**, **M.S. Lamhamedi**, M. Bettez et J. Gravel-Grenier, 2012. *Résultats préliminaires : effet de l'arbre mère sur la qualité des graines de mélèze hybride produites en verger sous abri*. Conférence présentée lors de la rencontre bilan annuelle sur le mélèze hybride. 23 mai 2012. Berthier, Québec. 20 p.
- 102 Colas, F.**, **M.S. Lamhamedi**, J. Gravel-Grenier et M. Bettez, 2012. *Effet de l'irrigation sur le développement des plants de mélèze hybride cultivés en serre*. Conférence présentée lors de la rencontre bilan annuelle sur le mélèze hybride. 23 mai 2012. Berthier, Québec. 27 p.
- 103 Duchesne, L.**, 2012. *L'influence du climat actuel et futur sur la production de sirop d'érable au Québec*. Conférence présentée lors des Vendredis forestiers multiresources organisés par l'Agence forestière de la Montérégie et l'Unité de transfert de connaissances. 22 février 2013. Saint-Hyacinthe, Québec. 33 p.
- 104 Guillemette, F.**, 2012. *Sylviculture des forêts feuillues*. Visite sur le terrain d'un dispositif de la Direction de la recherche forestière (DRF) et des opérations forestières à Duchesnay. 16 novembre 2012. Duchesnay, Québec. 6 p.
- 105 Guillemette, F.**, 2012. *Visite du dispositif de coupes progressives irrégulières forêts de feuillus*. Visite sur le terrain d'un dispositif. 21 juin 2012. Duchesnay, Québec. 4 p.
www.mrn.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Guillemette-Francois/Visite-CPI-Duchesnay-juin2012.pdf
- 106 Guillemette, F.**, 2012. *Enjeux du bois mort et de la valorisation des bois en peuplement feuillu*. Conférence présentée dans le cadre de la Mission technique de l'IRSTEA au ministère des Ressources naturelles et à ses organismes partenaires. 20 novembre 2012. Duchesnay, Québec. 31 p.
- 107 Guillemette, F.**, 2012. *Sylviculture vs exploitation de l'érablière : des balises*. Conférence présentée au personnel en région du ministère des Ressources naturelles et de la Faune, 25 avril 2012. Québec, Québec. 22 p.
- 108 Guillemette, F.** et **S. Bédard**, 2012. *Station 4 : Études sur les éclaircies au Lac Jaune dans un peuplement feuillu maintenant âgé de 41 ans*. Dans : *Tournée pré-conférence - Visite à la forêt de Duchesnay dans le cadre du Congrès IFC/OIFQ/DÉMO forêt 2012*. 17 septembre 2012. Duchesnay, Québec. p. 70-72.
- 109 Guillemette, F.** et **S. Bédard**, 2012. *Station 4 : Thinning studies at Lac Jaune in a northern hardwood stand, now age 41*. Dans : *Tournée pré-conférence - Visite à la forêt de Duchesnay dans le cadre du Congrès IFC/OIFQ/DÉMO forêt 2012*. 17 septembre 2012. Duchesnay, Québec. p. 73-75.
- 110 Guillemette, F.**, **S. Bédard** et **M. Beaudet**, 2012. *La coupe de jardinage en forêt feuillue*. Visite sur le terrain dans le cadre de la Mission technique de l'IRSTEA au ministère des Ressources naturelles et à ses organismes partenaires. 20 novembre 2012. Duchesnay, Québec. 7 p.
- 111 Lamhamedi, M.S.**, 2012. *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*. Conférence présentée lors du Colloque de transfert de connaissances et du savoir-faire en embryogenèse somatique. 22 novembre 2012. Québec, Québec. 42 p.
- 112 Lamhamedi, M.S.** et **F. Colas**, 2012. *Projets de recherche, percées technologiques, modalités de collaboration et de transfert de connaissances et de savoir-faire en production de semences et de plants forestiers au Québec*. Conférence présentée dans le cadre d'une mission scientifique financée par la 63^e session de la Commission permanente de coopération franco-québécoise (projet 63.704). 6 juillet 2012. Nogent-sur-Vernisson, France. 80 p.
- 113 Mailly, D.**, 2012. *Adapting a spatial forest simulation model for new management practices : approach and challenges*. Conférence présentée aux chercheurs du *Norwegian Forest and Landscape Institute*. 18 octobre 2012. As, Norvège. 43 p.
- 114 Moore, J.-D.**, **R. Ouimet** et **L. Duchesne**, 2012. *Le chaulage des érablières dépérissantes : un traitement efficace sur les sites peu fertiles*. Conférence présentée lors du 67^e Congrès et Salon de l'Association forestière des Cantons de l'Est. 18 au 19 octobre 2012. Victoriaville, Québec. 6 p.
- 115 Périé, C.**, 2012. *Face aux changements climatiques : quel avenir pour les arbres de la Montérégie?* Conférence présentée à l'Agence forestière de la Montérégie. 21 juin 2012. Roxton Falls, Québec. 60 p.
- 116 Périé, C.**, 2012. *Face aux changements climatiques : quel avenir pour les arbres de l'Abitibi?* Conférence présentée lors des Midis de la foresterie de l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue. 27 novembre 2012. Rouyn-Noranda, Québec. 73 p.

117 Périé, C., 2013. *Effets anticipés des changements climatiques sur la composition en espèces des forêts du Québec*. Conférence présentée lors des Vendredis forestiers multiresources de l'Agence forestière de la Montérégie et de l'Unité de transfert de connaissances. 22 février 2013. Saint-Hyacinthe, Québec. 59 p.

118 Périé, C. et D. Kneeshaw, 2013. *Fin du 21^e siècle : quelles pourraient être nos forêts?* Conférence présentée lors du colloque « Zoom sur la forêt mélangée ». 13 mars 2013. Québec, Québec. 50 p.

119 Perron, M., J. Ménérier et G. Prigent, 2012. *Le mélèze hybride au Québec : Historique de l'amélioration génétique et sylviculture*. Conférence présentée lors d'une visite de plantations de mélèze hybride organisée par la Direction régionale du ministère des Ressources naturelles. 11 octobre 2012. Dégelis, Québec. 33 p.

120 Prigent, G., 2012. *Les plantations, une voie indispensable pour les vraies AIPL*. Conférence présentée au personnel du ministère des Ressources naturelles et de la Faune. 5 avril 2012. Québec, Québec. 94 p.

121 Prigent, G., 2012. *Visite de plantations dans la région de la Mauricie et discussions sur l'éclaircie commerciale*. Document remis aux participants lors de la journée organisée par M. Michel Douville, Bureau du forestier en chef. 26 septembre 2012. Rivière-aux-rats, Québec. 7 p.

122 Thiffault, N. et **F. Hébert**, 2012. *Le nerprun bourdaine : une menace pour nos plantations?* Résumé d'une conférence présentée lors du congrès annuel de l'Association québécoise de gestion de la végétation : « Infrastructures vertes ». 23 au 25 octobre 2012. Saint-Alexis-des-Monts, Québec. 1 p.

www.mrn.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Thiffault-Nelson/Resume-conf-AQGV-oct2012.pdf

123 Thiffault, N. et V. Roy, 2012. *Living without herbicide: How Québec forestry has adapted to the forest Protection Strategy*. Conférence présentée lors du Colloque MERC/Tembec : « *Herbicide Alternatives Project* ». 15 août 2012. Rouyn-Noranda, Québec. 30 p.

124 Tremblay, S., 2012. *L'acériculture et la sylviculture, un mariage de raisons pour l'aménagement durable des érablières*. Conférence présentée au Club d'encadrement technique en acériculture de l'Est. 23 octobre 2012. Lejeune, Québec. 39 p.

125 Tremblay, S., 2012. *L'acériculture et la sylviculture, un mariage de raisons pour l'aménagement durable des érablières*. Conférence présentée lors des Journées acéricoles 2013. 11 et 26 janvier et 2 février 2013. Québec, Québec. 39 p.

126 Tremblay, S., 2012. *L'éclaircie commerciale en peuplements résineux naturels*. Affiche présentée lors d'une visite sur le terrain effectuée lors du colloque « L'éclaircie commerciale chez les résineux : Où, quand et comment? ». 25 octobre 2012. Carleton, Québec. 4 p.

127 Tremblay, S., 2012. *L'éclaircie commerciale peuplements résineux naturels*. Conférence présentée lors d'une visite sur le terrain effectuée lors du colloque « L'éclaircie commerciale chez les résineux : Où, quand et comment? » 25 octobre 2012. Carleton, Québec. 28 p.

128 Tremblay, S., 2012. *Visite sur le terrain du dispositif de Harricana sur l'éclaircie commerciale*. Affiche présentée lors du colloque annuel de l'Association forestière de l'Abitibi-Témiscamingue. 8 novembre 2012. Forêt d'enseignement de Harricana, Québec. 2 p.

129 Tremblay, S., 2012. *Visite sur le terrain du dispositif de Lejeune sur le jardinage acérico-forestier*. Affiche présentée au Club d'encadrement technique en acériculture de l'Est. 23 octobre 2012. Lejeune, Québec. 5 p.

PRÉSENTATIONS DIVERSES

130 Bédard, S. et **F. Guillemette**, 2012. *Sylviculture des feuillus à Duchesnay*. Visite sur le terrain dans le cadre du cours de sylviculture donné à l'Université Laval. 19 septembre 2012. Duchesnay, Québec. 12 p.

131 Bédard, S. et **F. Guillemette**, 2013. *Accroissement dans les peuplements feuillus jardinés : mise à jour des connaissances*. Conférence présentée lors des Conférences midi du ministère des Ressources naturelles. 27 mars 2013. Québec, Québec. 32 p.

132 Couillard, P.-L. et **P. Grondin**. *Module 2 - Les paysages forestiers naturels et leur variabilité*. Conférence présentée dans le cadre du cours sur l'aménagement écosystémique donné à l'Université Laval. 4 février 2013. Québec, Québec. 35 p.

133 Couillard, P.-L., J. Gosselin et **P. Grondin**, 2013. *Programme de connaissances sur la dynamique forestière : concepts, méthodes et applications (programme conjoint DIF-DRF)*. Conférence présentée lors d'une réunion de la Table des directeurs de l'Expertise (TDEX). 6 février 2013. Québec, Québec. 28 p.

134 Drolet, G., **L. Duchesne**, F. Müessenberger, C. Nichol, **R. Ouimet**, **C. Périé** et **J.-D. Sylvain**, 2012. *Mortalité des arbres dans les forêts du Québec : dynamique spatio-temporelle, principales causes et sensibilité face aux changements climatiques*. Conférence présentée lors d'une rencontre d'information sur les projets du Fonds Verts de la Direction de la recherche forestière. 26 septembre 2012. Québec, Québec. 19 p.

135 Duchesne, L., 2012. *L'influence du climat actuel et futur sur la production de sirop d'érable au Québec*. Conférence présentée lors des Déjeuners conférence OIFQ. 11 décembre 2012. Québec, Québec. 33 p.

- 136 Gagnon, J.**, 2012. *Effet d'un amendement de fumier de poules sur la croissance de plants 1+0 d'épinette blanche (réceptifs 45-110) et d'épinette noire (réceptifs 25-310) produits en 2011 à la pépinière de Trécesson*. Conférence présentée lors de la réunion du Comité environnement des pépinières du ministère des Ressources naturelles et de la Faune. 4 avril 2012. Québec, Québec. 32 p.
- 137 Gagnon, J.**, 2012. *Fertilisation foliaire d'urée de plants d'épinette noire 2+0 en réceptifs 25-310*. Conférence présentée lors de la réunion du Comité environnement des pépinières du ministère des Ressources naturelles. 21 novembre 2012. Québec, Québec. 41 p.
- 138 Gagnon, J.**, 2012. *Fertilisation foliaire d'urée d'épinette noire 2+0 en réceptifs 25-310*. Conférence présentée lors de la réunion du Comité environnement des pépinières du ministère des Ressources naturelles et de la Faune. 4 avril 2012. Québec, Québec. 19 p.
- 139 Gagnon, J.**, 2013. *Effets de la fertilisation foliaire d'urée sur la concentration en azote des plants d'épinette noire 2+0 en réceptifs 25-310*. Conférence présentée lors de la réunion du groupe de travail sur les normes de qualification des plants forestiers de la DGPSF. 12 février 2013. Québec, Québec. 54 p.
- 140 Grondin, P.**, P.-L. Couillard et J. Gosselin, 2012. *Dynamique forestière et climat passé - Programme de connaissance sur les paysages forestiers (MRN, programme conjoint DIF-DRF)*. Conférence présentée lors d'une rencontre d'information sur les projets du Fonds Verts de la Direction de la recherche forestière. 26 septembre 2012. Québec, Québec. 12 p.
- 141 Grondin, P.**, P.-L. Couillard, J. Gosselin, **J. Noël**, **V. Poirier**, S. Bélanger, M. Fréreau et H. Rheault, 2012. *Programme de connaissances sur la dynamique forestière au ministère des Ressources naturelles du Québec (MRNF). 1- Variabilité naturelle contemporaine et holocène des écosystèmes forestiers de la portion nord du lac Saint-Jean (région écologique 6e)*. Visite sur le terrain. 20 septembre 2012. Lac Saint-Jean, Québec. 31 p.
www.mrn.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Grondin-Pierre/Prgm-connaissances-dyn-for-sept2012.pdf
- 142 Guillemette, F.**, J.-P. Jetté et **S. Bédard**, 2012. *Groupe de travail sur la complexité structurale des peuplements feuillus - Recommandations sur l'aménagement*. Conférence présentée par vidéoconférence à la région 08 du ministère des Ressources naturelles. 3 octobre 2012. Québec, Québec. 33 p.
- 143 Laflamme, J.**, A.D. Munson, **P. Grondin**, D. Arseneault et J. Gosselin, 2013. *L'utilisation des archives d'arpentage pour la bonification des végétations potentielles*. Conférence présentée lors des Jeudis de la DRF. 17 janvier 2013. Québec, Québec. 32 p.
- 144 Ménétrier, J.** et **I. Auger**, 2012. *De la bouture à la bille, ça fait du cube!* Conférence présentée lors des Jeudis de la DRF. 29 novembre 2012. Québec, Québec. 47 p.
- 145 Périé, C.**, 2012. *Cours 101 sur la modélisation du climat et des niches écologiques - Exemple de la Montérégie*. Conférence présentée au personnel de la Direction générale des pépinières et stations piscicoles. 23 juillet 2012. Québec, Québec. 138 p.
- 146 Périé, C.**, 2012. *Effets des changements climatiques sur la répartition des espèces arborescentes au Québec*. Conférence présentée lors d'une rencontre d'information sur les projets du Fonds Verts de la Direction de la recherche forestière. 26 septembre 2012. Québec, Québec. 31 p.
- 147 Périé, C.**, **L. Duchesne**, M. Fortin et **J.-P. Saucier**, 2012. *Évaluation de la productivité potentielle des peuplements*. Conférence présentée lors d'une rencontre d'information sur les projets du Fonds Verts de la Direction de la recherche forestière. 26 septembre 2012. Québec, Québec. 6 p.
- 148 Raymond, P.** et **F. Guillemette**, 2013. *Bandes et bouleau jaune : Une option dans les peuplements à dominance feuillue?* Conférence présentée au Comité sylviculture du bouleau jaune, Direction générale de Québec. 21 mars 2013. Québec, Québec. 27 p.
- 149 Raymond, P.** et **M. Prévost**, 2013. *Microenvironnement lumineux et régénération dans les trouées sylvicoles en forêt mixte*. Conférence présentée lors des Jeudis de la DRF. 21 février 2013. Québec, Québec. 26 p.
- 150 Saucier, J.-P.**, 2012. *Développements récents de la modélisation de la croissance et du rendement pour la gestion des forêts au Québec*. Résumé d'une conférence présentée lors de la rencontre annuelle du réseau ForValueNet. 14 novembre 2012. Montréal, Québec. 1 p.
www.mrn.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Divers/Saucier-Resume-conf-annual-meet-ForValueNet-nov2012.pdf
- 151 Saucier, J.-P.**, 2012. *Développements récents de la modélisation de la croissance et du rendement pour la gestion des forêts au Québec*. Conférence présentée lors des Conférences midi du ministère des Ressources naturelles. 30 janvier 2013. Québec, Québec. 36 p.
- 152 Thiffault, N.**, 2012. *La plantation au Québec : concepts de base*. Conférence présentée dans le cadre du cours « Fondements de la foresterie (FOR-1000) » au Département des sciences du bois et de la forêt de l'Université Laval. 29 novembre 2012. Québec, Québec. 41 p.
- 153 Tremblay, S.**, 2013. *Réseau de la mesure des effets réels de l'éclaircie commerciale en peuplements résineux : résultats 5 ans après traitement*. Conférence présentée lors des Conférences midi du ministère des Ressources naturelles. 13 février 2013. Québec, Québec. 27 p.

Les publications 2012-2013

Articles scientifiques	36
Mémoires de recherche forestière	6
Notes de recherche forestière	2
Avis de recherche forestière	4
Avis technique	1
Guides	3
Logiciels	2
Rapports divers	3
Présentations - Congrès scientifiques	31
Articles de vulgarisation	2
Activités de transfert des résultats de recherche	39
Présentations diverses	24
TOTAL	153



**Ressources
naturelles**

Québec 

