

Histoires forestières du QUÉBEC

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

Le soutien SCIENTIFIQUE

*La génétique,
la reproduction et l'écologie*

*La SYLVICULTURE
et le rendement des forêts*

50 ans
INNOVATION et ÉVOLUTION
**Recherche
forestière**



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



Mot de l'éditeur et président de la SHFQ

Par Gérard Lacasse

p. 6

La recherche forestière au gouvernement du Québec en 5 phases

Par Jean-Pierre Saucier

p. 7

La génétique, la reproduction et l'écologie

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

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

Par Aurélie Sierra

p. 34

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

Par Aurélie Sierra

p. 39

La sylviculture et le rendement des forêts

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

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

Par Aurélie Sierra

p. 84

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

Par Aurélie Sierra

p. 88

Le soutien scientifique

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

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

Par Patrick Blanchet

p. 121

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

Par Aurélie Sierra

p. 126

Les directeurs de la direction de la recherche forestière

p. 130

L'avenir de la Direction de la recherche

Par Jean-Pierre Saucier

p. 131

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

p. 134

ÉDITEUR

Société d'histoire forestière
du Québec

RÉDACTEUR EN CHEF

François Rouleau

CONCEPTION VISUELLE

ET INFOGRAPHIE

ImagineMJ.com

SHFQ

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

www.shfq.ca

info@histoiresforestieres.com

LE TRAVAILLEUR SYLVICOLE au cœur de nos recherches depuis 30 ans.

Par Denise Dubeau



Denise Dubeau a travaillé comme technicienne forestière entre 1983 et 1995. Elle a complété un baccalauréat en opérations forestières en 1995, une maîtrise en sciences forestières en 1998 et un doctorat en génie industriel en 2011. Arrivée à la DRF en 1996, elle a développé une expertise dans le domaine de l'étude et la modélisation de la productivité et de la charge physique du travail.

Collaboration : Daniel Imbeau, ing. Ph.D., Philippe-Antoine Dubé, ing. Ph.D. et Luc LeBel, ing. f., M. EA, Ph. D.

LA GENÈSE

À l'époque de la transition des concessions vers les forêts domaniales, entre 1972 et 1987, le Gouvernement du Québec se chargeait des traitements sylvicoles non commerciaux, ceux qui ne génèrent pas de revenus. Parmi ces traitements, on compte la préparation de terrain, le reboisement, l'éducation des peuplements, le martelage, l'élagage et le drainage forestier. Ils étaient effectués en régie ou confiés à des tiers par contrats d'exécution. À partir de 1987, année marquée par l'entrée en vigueur la Loi sur les forêts, l'industrie forestière devenait responsable de la remise en production des aires récoltées au moyen des traitements sylvicoles non commerciaux. La valeur forfaitaire du crédit octroyé par l'État pour chaque traitement était déterminée sur la base des contrats d'exécution similaires et récents. Cette base de référence est rapidement devenue désuète, d'où le besoin d'acquérir des connaissances approfondies sur la productivité des travailleurs et les coûts d'exécution afin d'ajuster annuellement la valeur de ces crédits sur les redevances forestières.

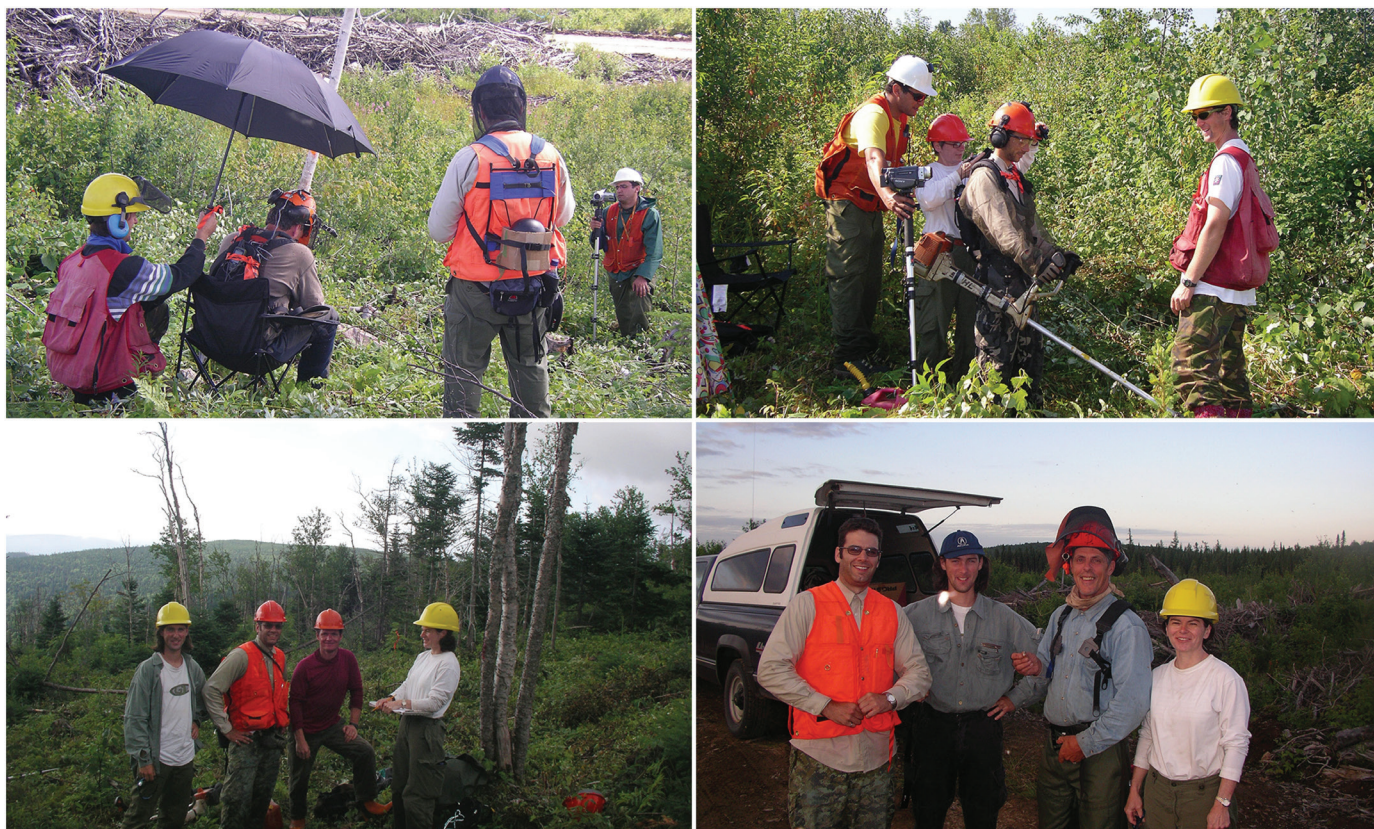
C'est pour répondre à ce besoin qu'a été mis en place le créneau de recherche sur la productivité des travailleurs sylvicoles. Cette équipe de recherche a pour mission d'élaborer des modèles pour prédire la productivité des travailleurs en fonction des variables les plus influentes. Les résultats des recherches sont destinés à supporter l'établissement et l'ajustement des taux forfaitaires pour les traitements sylvicoles non commerciaux en conjonction avec des paramètres économiques ainsi que des enquêtes de coûts menées auprès des entreprises sylvicoles.

Entre 1989 et 1999, l'équipe de recherche de Carole Labbé de la Direction de la recherche forestière (DRF) a étudié des travailleurs pratiquant l'éclaircie précommerciale, la coupe de jardinage (productivité de l'activité), et le reboisement. Entre 2000 et 2017, Denise Dubeau, de la DRF, en collaboration avec Luc LeBel, chercheur et professeur titulaire à l'Université Laval, ainsi que Daniel Imbeau chercheur et professeur titulaire à l'École Polytechnique de Montréal et Philippe-Antoine Dubé, associé de recherche à la même institution, ont étudié successivement le dégagement de la régénération

naturelle et artificielle, un programme d'entraînement physique présaison destiné aux travailleurs sylvicoles, et un système de rémunération horaire (LeBel et Dubeau 2007; Toupin et coll. 2007; Imbeau et coll. 2010; Roy et coll. 2010; Dubeau et coll. 2012). Une collaboration de ces quatre chercheurs avec Vincent Roy (DRF) a permis d'étudier à la fois l'efficacité sylvicole et la productivité des travailleurs lors de l'emploi de l'herbicide biologique Mycotech conjugué au dégagement de la régénération.

Également, nous avons collaboré avec Martin Barrette (DRF) pour étudier le niveau de naturalité de trois variantes de l'éclaircie précommerciale ainsi que les impacts des changements dans les méthodes de travail sur la productivité des débroussailliers. Par ailleurs, la cueillette de données pour deux autres traitements sylvicoles a été effectuée par des contractants appliquant les protocoles de recherche élaborés par la DRF : une étude sur le nettoyage de la régénération pour les peuplements résineux ou mixtes mal stockés en résineux recherchés ainsi qu'une étude sur les facteurs qui influencent la productivité des marteleurs. Enfin, l'éclaircie précommerciale et le reboisement ont fait l'objet d'études complémentaires visant à actualiser les études existantes.

Pour acquérir ces données, des équipes variant de 4 à 12 personnes selon les projets et composées de techniciens forestiers et d'étudiants en foresterie et en génie industriel ont visité les régions du Québec au fil des ans, bravant les aléas de la température et les difficultés inhérentes au travail en forêt. Ces précieuses données reposent sur la participation de 804 travailleurs sylvicoles entre 1990 et 2013 et des quelque 60 entreprises qui les employaient.



Quelques membres de l'équipe terrain avec des travailleurs pendant la collecte de données sur le terrain. DRF.

UNE RECHERCHE ADAPTATIVE

Les premières études effectuées entre 1989 et 1999 visaient uniquement l'estimation de la productivité des travailleurs. Dès 2000, des pénuries de main-d'œuvre se dessinaient et il est apparu encore plus important de considérer le travail humain de manière globale en additionnant des mesures de charge physique de travail aux mesures de productivité des travailleurs dans les projets de recherche.

Le premier projet de recherche à inclure ce type de mesures a été le dégagement de la régénération naturelle et artificielle en 2001. Dans ce projet, le travailleur devait porter un cardiofréquencemètre pendant toute la période d'observation de ses activités de travail dans une surface de 0,12 ha afin de mesurer sa fréquence cardiaque, l'indicateur par excellence de l'effort déployé. Afin d'estimer la quantité d'énergie consommée et de relier son niveau d'effort déployé par rapport à son maximum personnel, il fallait également procéder à l'évaluation de sa capacité cardio-respiratoire à l'aide d'un test à l'effort et mesurer la consommation d'oxygène pendant le travail. Exigences de fiabilité: le test devait être fait sur le terrain, le matin la même journée que l'étude, en habit de travail et ne pas induire une fatigue physique pour ne pas biaiser les mesures. Normalement, ce type de test est fait en salle climatisée, la fin de semaine en vêtements de sport courts et pousse le participant à son maximum, ce qui nécessite la présence d'un médecin ou d'un intervenant qualifié sur les lieux. Le test de Meyer et Flenghi a donc été retenu parce qu'il est sécuritaire pour les personnes dont on ne connaît pas la santé cardiovasculaire, est simple d'application et peut être fait à peu près partout, même en forêt entre deux nuages de moustiques! Grâce à ces mesures additionnelles, cette étude a permis d'élaborer un modèle de prédiction de la productivité des débroussaillieurs pour le dégagement de la régénération, celui qui est en application au Québec depuis 2009. Elle a également permis de constater que le dégagement de la régénération se classe parmi les travaux lourds selon le Règlement sur la santé et la sécurité au travail en raison de l'exigence physique élevée de ce travail.



Débroussaillieur en action durant l'étude sur le dégagement de la régénération. DRF.



Travailleur portant un appareil de mesure de la consommation d'oxygène pendant son travail. DRF.

En 2003, l'application de l'herbicide Mycotech, un traitement sylvicole biologique en développement à ce moment-là, a été comparée avec le dégagement manuel de la régénération. Cet herbicide se présentait sous forme de pâte argileuse contenant une culture de mycélium du champignon *Chondrostereum purpureum*. Malheureusement, un suivi après 5 ans a montré que dans les conditions opérationnelles, l'herbicide Mycotech

n'était pas efficace pour réduire significativement la repousse de feuillus qui compétitionnaient avec les résineux reboisés. La recherche a également révélé que le traitement sylvicole prenait plus du double du temps à l'hectare comparativement au dégagement manuel de la régénération et que la charge physique de travail s'alourdissait à cause de l'ajout du poids du distributeur de pâte. Même si cet herbicide s'était révélé efficace pour réduire la repousse des feuillus de compétition, la recherche a démontré qu'il n'était ni productif ni sécuritaire pour le travailleur.

DIFFUSION CIBLÉE

Les résultats de ces recherches ont été diffusés à mesure de leur disponibilité auprès du ministère, des associations d'entrepreneurs et des coopératives forestières, ainsi que des comités paritaires de santé et de sécurité en foresterie. Un atelier sur le travail forestier a été organisé à Québec en 2006 et un essai de mise en application du modèle de prédiction de la productivité des débroussailliers en dégagement de la régénération a été effectué en Mauricie en 2007.

Par la suite, une initiative de la Société d'exploitation des ressources (SER) de la Neigette a vu le jour, visant à développer et à tester un programme d'entraînement présaison afin de permettre aux travailleurs sylvicoles d'atteindre la capacité physique nécessaire pour effectuer confortablement le travail, ainsi que de réduire le risque d'accidents et de blessures. Une étude subventionnée par l'institut de recherche Robert Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) a été conduite en 2008 pour mesurer les effets de ce programme. Tous les travailleurs qui se sont entraînés pendant les 12 semaines précédant le début de la saison ont présenté un gain significatif de leur capacité physique et ont atteint un niveau supérieur à ceux qui ne l'étaient pas. Quoique ce gain était insuffisant pour amener les travailleurs au niveau requis par le travail de reboisement et de débroussaillage, la recherche a montré que l'adaptation aux conditions de travail après une longue période d'inactivité était plus facile pour les travailleurs entraînés et a démontré le potentiel que peut offrir un tel programme spécifique pour les travailleurs forestiers.

RETOUR VERS LE FUTUR : UN SECOND REGARD SUR LE REBOISEMENT

L'étude de productivité des reboiseurs effectuée de 1996 à 1999 portait sur les deux gabarits de plants les plus abondants au Québec, soit des récipients contenant 45 plants ayant une carotte racinaire de 110 cc et des plants en récipients de 67 plants avec une carotte racinaire de 50 cc. Cependant, la mise en application de la recommandation de la Stratégie de protection des forêts visant à éliminer l'application de phytocides à partir de 2001 nécessitait de modifier les stratégies de reboisement. De nouveaux gabarits de plants de fortes dimensions ont été développés afin d'offrir la possibilité de reboiser de plus gros plants lorsque la végétation compétitrice est agressive. En 2009, nous sommes retournés sur le terrain pour étudier et comparer la productivité des travailleurs avec ces nouveaux gabarits. Ici aussi, de nouvelles mesures physiologiques se sont ajoutées sur le terrain : température corporelle du travailleur, fréquence cardiaque, mesure de la consommation d'oxygène et mesure des déplacements par GPS.



Reboiseur en action pendant la mise en terre de plants de fortes dimensions. DRF.

La mesure des variations de température corporelle visait à la relier avec la fréquence cardiaque pour prédire le risque de coup de chaleur. La température centrale du travailleur était mesurée au moyen d'une capsule sonde en plastique polycarbonate biocompatible ingérée par le travailleur. À terme, cette recherche a contribué à ajuster les taux

forfaitaires du reboisement (\$/1000 plants) en fonction du gabarit à mettre en terre dès 2011. L'analyse des mesures physiologiques a permis de constater que le reboisement se classe également parmi les travaux lourds selon le règlement sur la santé et la sécurité au travail. Les mesures de consommation d'oxygène ont permis de valider notre approche mise de l'avant jusqu'à présent pour estimer la charge physique à partir de la mesure de la fréquence cardiaque par le test de Meyer et Flenghi. Les travaux d'analyse se poursuivent pour compléter l'investigation des relations entre la température corporelle et la fréquence cardiaque dans le but d'élaborer des modèles applicables en conditions opérationnelles pour diminuer le risque de coup de chaleur et augmenter la productivité des travailleurs (Dube et coll. 2015).

RECHERCHE DE LA RÉDUCTION DU NIVEAU D'EFFORT PHYSIQUE

Au terme de ces études, une constante se dessinait : les travailleurs dépensent beaucoup d'énergie (travail lourd) et travaillent à un rythme souvent trop élevé, peu importent les caractéristiques des sites ou le traitement sylvicole à l'étude. Les recherches démontrent que le mode de rémunération à forfait serait en partie responsable de ce comportement. Une étude visant à comparer la rémunération à forfait à la rémunération horaire au moyen de la mesure de la productivité et de la charge physique de travail a donc été entreprise en 2011. Un échantillon de 22 travailleurs provenant de 4 entreprises œuvrant au Québec a participé à une étude durant 10 semaines pendant laquelle des mesures physiologiques, des questionnaires, ainsi que le moment et la durée des activités de la journée ont été recueillis au début et à la fin de la période. Les travailleurs étaient payés à forfait comme à l'habitude pendant la première semaine, puis à salaire horaire pendant les 9 autres semaines de l'étude.

Malheureusement, dans cette étude, des facteurs confondants sont venus brouiller les résultats. Ce risque est toujours présent lors d'études se déroulant avec des sujets humains et sur une période de temps étendue. Toutefois, au terme des 10 semaines d'étude, la comparaison de la première et de la dernière semaine a montré que

les travailleurs avaient conservé le même niveau d'effort aux deux moments. Ils ont aussi pris la même proportion du temps en pauses par rapport au temps travaillé. Par contre, plusieurs entreprises ont choisi de traiter, à rémunération horaire, des secteurs éloignés et inaccessibles par camion forçant de longs déplacements à pied et réduisant du coup le temps disponible de travail dans la journée. Ainsi, malgré des données démontrant une baisse marquée de productivité en rémunération horaire, l'analyse a montré que cette baisse était attribuable à l'éloignement ou le niveau de difficulté de quelques secteurs.

Certaines entreprises en avaient profité pour attribuer les secteurs les moins intéressants qui normalement auraient été refusés par les travailleurs payés à forfait (ce qui démontre un des avantages de la rémunération horaire : on peut traiter même les secteurs les moins intéressants sans pénalité pour le travailleur). La dépense énergétique était également plus élevée en rémunération horaire, possiblement parce que les terrains étaient plus difficiles à traiter (secteurs moins intéressants, pentes plus marquées, longs déplacements à pied avec tout le matériel) et que les travailleurs maintenaient naturellement leur rythme de travail habituel. Enfin, cette étude a mis en évidence des changements nécessaires au plan organisationnel pour implanter une rémunération horaire avec succès : supervision plus rapprochée et ajout de mécanismes incitatifs adaptés.

ADAPTER LE TRAVAIL À UNE SYLVICULTURE EN ÉVOLUTION

L'évolution des pratiques sylvicoles amène le développement de nouveaux traitements et crée de nouveaux besoins de recherche. Ce fut le cas pour une variante du nettoielement qui consiste à couper la compétition sans faire de sélection intraspécifique : le travailleur laisse des bouquets de résineux en priorité ou bien des feuillus en l'absence de résineux à nettoyer dans la zone à traiter. Ce traitement vise les peuplements qui se régénèrent moins bien en essences désirées, mais qui offrent tout de même un potentiel forestier intéressant. Une étude de productivité des travailleurs a été effectuée sur deux ans avec la participation de 35 débroussailliers afin de comparer la productivité avec celle de l'éclaircie précommerciale systématique. Cette recherche a

servi à supporter l'établissement du nouveau modèle tarifaire pour le nettoyage de la régénération qui est actuellement en vigueur au Québec.

Le travail de martelage a aussi subi des modifications à la suite du développement de nouvelles normes sylvicoles. Ce travail implique des défis différents pour le travailleur comparativement au reboisement ou au débroussaillage. À partir d'une directive de martelage dictant la liste des essences à conserver, la qualité des arbres sur pied à rechercher, l'espacement à respecter entre les grands arbres, les critères pour la conservation d'arbres pour la faune (arbres moribonds pour les pics-bois par exemple), le marteleur doit sélectionner les arbres à couper et à conserver dans les coupes partielles principalement pratiquées dans des peuplements feuillus. C'est davantage un travail cognitif que physique. À la suite de deux années d'étude impliquant 99 marteleurs dans l'Outaouais, la Mauricie et le Témiscamingue, un modèle de prédiction de la productivité des marteleurs a été proposé et les taux forfaitaires ont été ajustés sur la base de cette recherche.



Marteleur à l'œuvre. DRF.

Étonnamment, les principaux facteurs qui influencent la productivité des marteleurs n'étaient pas la densité du peuplement ou sa composition, mais plutôt le niveau de difficulté à appliquer les directives de martelage et le type de récolte prévu (coupe de jardinage ou éclaircie commerciale). Depuis 2014, le prix par hectare martelé est établi en fonction de la complexité de la directive de martelage et du type de récolte, ce qui a provoqué des changements chez les planificateurs : on a assisté à une simplification des directives de martelage qui a eu pour effet de faciliter le travail du marteleur et d'accroître sa productivité.

CONCLUSION

Depuis bientôt 30 ans, les recherches menées à la DRF ont contribué à moduler les taux forfaitaires des traitements sylvicoles non commerciaux en fonction de la variabilité des sites à traiter. Également, ces études ont mis en évidence le haut niveau d'exigence physique de ces traitements et permis d'amorcer la recherche de solutions pour alléger la charge de travail. Des recherches sont en cours pour développer des modèles capables de déterminer le besoin de repos en temps réel tenant compte de l'effet de la chaleur sur la base de données physiologiques comme la fréquence cardiaque. Pour l'avenir, des solutions durables doivent être développées pour aider tant les travailleurs que les entreprises à mieux respecter les capacités humaines et à élaborer des modes de rémunération efficaces, sécuritaires et adaptés au travail en forêt! Avec l'appui notamment du fond de recherche du Québec (FRQ), le leadership de la DRF dans l'étude du travail forestier a favorisé le développement d'une expertise reconnue et la formation de chercheurs dans ce domaine grâce à des collaborations avec les universités.

QUELQUES RÉFÉRENCES MARQUANTES

Dube, P.A., D. Imbeau, D. Dubeau, I. Auger et M. Leone, 2015. *Prediction of work metabolism from heart rate measurements in forest work: some practical methodological issues*. *Ergonomics* 58(12) : 2040-2056.

Dubeau, D., L.G. LeBel, D. Imbeau et I. Auger, 2012. *Impacts of vegetation abundance and terrain obstacles on brushcutter performance during regeneration release*. *Northern Journal of Applied Forestry* 29(4) : 173-181.

Imbeau, D., P.-A. Dubé, D. Dubeau et L. LeBel, 2010. *Les effets d'un entraînement physique pré-saison sur le travail et la sécurité des débroussaillieurs - Étude de faisabilité d'une approche de mesure*. Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST). Études et recherches no R-664. Montréal. 61 p. [<http://www.irsst.qc.ca/files/documents/PubIRSST/R-664.pdf>].

LeBel, L.G. et D. Dubeau, 2007. *Predicting the productivity of motor-manual workers in precommercial thinning operations*. *The Forestry Chronicle* 83(2) : 215-220.

Roy, V., D. Dubeau et I. Auger, 2010. *Biological control of intolerant hardwood competition: Silvicultural efficacy of *Chondrostereum purpureum* and worker productivity in conifer plantations*. *Forest Ecol. Manage.* 259(8) : 1571-1579.

Toupin, D., L. Lebel, D. Dubeau, D. Imbeau et L. Bouthillier, 2007. *Measuring the productivity and physical workload of brushcutters within the context of a production-based pay system*. *Forest Policy and Economics* 9(8) : 1046-1055.

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



CP CONCEPT
www.cpconcept.ca

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



Conception imprimée et web



FORMULAIRE D'ADHÉSION

Société d'histoire forestière du Québec

☐ NOUVELLE ADHÉSION

☐ RENOUVELLEMENT

Nom et prénom :

Entreprise ou organisme :

Adresse :

Ville :

Code postal :

Téléphone :

Télécopieur :

Courriel (obligatoire) :

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

Commentaires et informations supplémentaires :

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

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

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

Société d'histoire forestière du Québec

2405, rue de la Terrasse, local 2101

Québec (Québec) G1V 0A6

Courriel : info@histoiresforestieres.com