

La filière de production de plants au Québec : de la semence à la plantation

BILAN D'UN COLLOQUE ORGANISÉ EN MARGE DU CARREFOUR DE LA RECHERCHE FORESTIÈRE, LE 20 FÉVRIER 2003, AU CENTRE DES CONGRÈS DE QUÉBEC

Fabienne Colas, Jean Gagnon, Benoit-Marie Gingras, Louise Labbé, Mohammed S. Lamhamedi, Nelson Thiffault, Denise Tousignant, Francine Tremblay, Michèle Bettez et Michèle Tourigny

Introduction

En 2002, les 20 pépinières privées et les six pépinières gouvernementales du Québec ont livré 153 millions de plants forestiers destinés au reboisement des forêts québécoises. La majorité des plants (90 %) était cultivée en récipients (137 millions), le reste (10 %) était issu de cultures à racines nues (16 millions). Le Québec produit surtout des plants d'essences résineuses, essentiellement issus de graines. Différentes méthodes sont utilisées, afin de fournir des plants de dimensions conventionnelles (récipients à cavités de 50 ou 110 cm³, ou à racines nues) ou des plants de fortes dimensions (PFD, récipients à cavités de plus de 200 cm³ ou encore à racines nues).

Au fil des ans, le Québec est devenu un chef de file reconnu mondialement en matière de qualité de production de semences et de plants forestiers, de même que sur le plan du reboisement. Toutefois, des exigences d'ordre environnemental, biologique ou économique, et les dernières stratégies d'aménagement des forêts nécessitent une amélioration continue des connaissances. À cet effet, un effort soutenu de recherche est réalisé, aussi bien par les équipes de la Direction de la recherche forestière (DRF) du ministère des Ressources naturelles du Québec (MRNQ) que par celles d'autres centres de recherche au Québec.

Le reboisement permet d'abord de remettre en production les superficies exploitées qui ne présentent pas une régénération naturelle jugée adéquate. Entre 15 et 20 % des superficies coupées annuellement doivent être reboisées pour garantir une régénération suffisante en quantité ou en qualité (Gagnon *et al.*, 2001). Le reboisement permet également d'augmenter le rendement des forêts naturelles. En effet, le rendement annuel moyen des forêts naturelles est généralement inférieur à 2 m³ par hectare par année (MRNQ, 2002), alors qu'il n'est pas rare d'obtenir des rendements supérieurs à 4 m³ par hectare par année avec les plantations, la productivité variant selon l'essence utilisée (Thiffault *et al.*, 2003). Cette amélioration de la productivité forestière peut encore être accrue grâce à la sélection et à la multiplication des arbres les plus performants par bouturage

de masse, et bientôt par embryogenèse somatique, de même que par le recours aux espèces à croissance rapide comme les peupliers et les mélèzes hybrides (*Larix marschlinii* ou *L. x eurolepis*).

Depuis 1982, année qui marque le début de l'implantation du réseau de vergers à graines au Québec, la proportion de plants provenant de sources améliorées est en constante progression. Bien que l'aménagement des vergers augmente le coût de production des graines, celui-ci est largement compensé par le meilleur rendement des plantations. Il devient donc essentiel de s'assurer que les lots de graines issus de vergers auront la meilleure qualité germinative possible – ce que divers traitements de semences permettent d'atteindre – afin de rentabiliser l'investissement.

À cet égard, le MRNQ met l'accent sur l'amélioration continue de la qualité des plants forestiers. La production de plants est un secteur d'activités qui exige des régies de culture précises (fertilisation, irrigation, etc.) et le recours à des outils technologiques de pointe. Cela est essentiel pour répondre aux normes de qualité les plus élevées. À cet effet, les pépiniéristes doivent régulièrement ajuster les techniques de culture ou en utiliser de nouvelles, afin de satisfaire aux nouveaux besoins du MRNQ, de l'industrie forestière et des gestionnaires de la forêt privée, tout en respectant les exigences environnementales. Dans cette optique, la recherche scientifique joue un rôle clé pour mettre au point des méthodes novatrices à l'une ou l'autre des étapes de la production en pépinière, soit de la qualité des semences jusqu'à la livraison des plants sur les sites de reboisement.

Lors de la mise en terre, les caractéristiques physiologiques, morphologiques et nutritionnelles des plants interagissent avec les facteurs de production du site (température, humidité, fertilité du sol, température de l'air, humidité relative, ensoleillement, etc.). De plus, les interactions sont influencées par les travaux sylvicoles, tels que le scarifiage et la gestion de la compétition. Ces interactions complexes ont un effet direct à court et à long terme sur la performance des plants dans les stations reboisées et, par conséquent, sur le rendement attendu des plantations (figure 1).

L'ajustement continu des techniques de la filière de production de plants, le recours à certaines biotechnologies forestières, la protection accrue de la qualité des eaux souterraines en pépinière et le suivi en plantation garantissent un produit de reboisement de la plus haute qualité, tout en favorisant le succès de l'établissement et de la croissance des plantations.

Ce colloque, organisé par la DRF et la DPSP (Direction de la production des semences et des plants) du MRNQ,

s'adressait aux producteurs et aux utilisateurs de plants forestiers, de même qu'aux spécialistes et chercheurs dans le domaine. L'événement s'est tenu à Québec, le 20 février 2003, en marge du Carrefour de la recherche forestière. Plus précisément, le colloque avait pour objectif de présenter les résultats de divers projets de recherche et de développement, dont certains sont réalisés en collaboration avec d'autres centres de recherche et des pépinières privées et publiques.

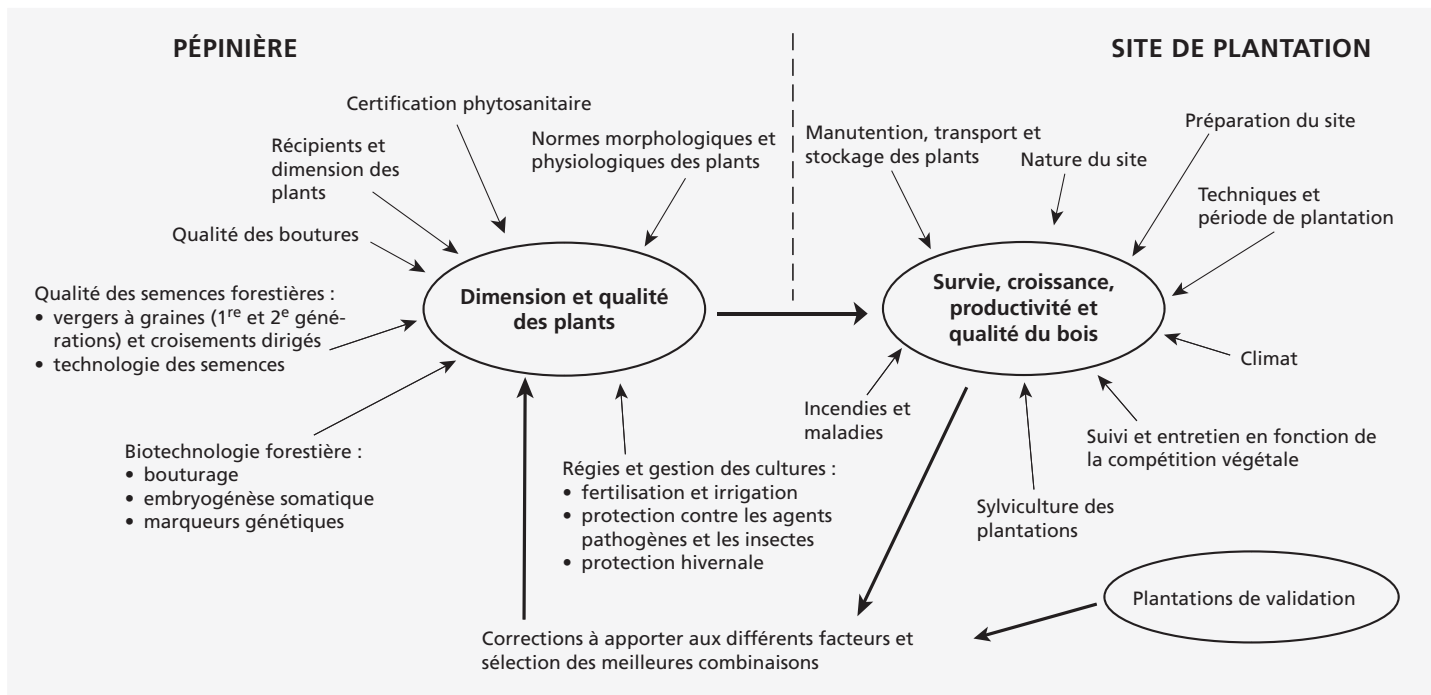


Figure 1. Principaux facteurs affectant la qualité, l'établissement, la survie, la croissance des plants et la qualité du bois (figure adaptée de Lamhamedi et Fortin, 1994).

RÉSUMÉ DES CONFÉRENCES

Germination des graines en pépinière

Approvisionner les pépinières forestières en graines de qualité : un défi permanent¹

Michèle Bettez* et Jean-Marie Johnston
Centre de semences forestières de Berthier, Forêt Québec,
ministère des Ressources naturelles

* Correspondance : michele.bettez@mrn.gouv.qc.ca

Développement de techniques pour améliorer la germination des graines de résineux¹

Fabienne Colas* et Monique Pelletier
Direction de la recherche forestière, Forêt Québec,
ministère des Ressources naturelles

* Correspondance : fabienne.colas@mrn.gouv.qc.ca

La production de plants forestiers résineux se fait encore en grande partie à partir de graines (97 %). Ainsi, chaque année, le Centre de semences forestières de Berthier (CSFB) fournit les graines d'essences résineuses et feuillues nécessaires à la production des plants pour le reboisement.

Les travaux de recherche sur les graines de résineux menés au MRNQ sont réalisés en étroite collaboration entre la DRF et le CSFB. L'objectif de ces travaux est de mettre au point des méthodes facilement applicables pour améliorer le pourcentage de germination des lots et pour résoudre les problèmes particuliers observés au CSFB. Cette collaboration entre la DRF, le CSFB et les pépinières forestières des réseaux public et privé permet un transfert rapide des résultats au plan des activités. Les essais sont principalement réalisés en milieu artificiel (germoir), mais aussi en serre et en pépinière.

À la suite d'une veille technologique dans des installations de même nature au Canada, le personnel du CSFB s'est

1. En raison de l'étroite complémentarité de leurs sujets, un seul résumé a été produit pour ces deux conférences.

interrogé sur certaines étapes de traitement des semences, en vigueur depuis la mise en place de ses équipements en 1987. Les essais préliminaires ont permis de modifier des façons de faire à certaines étapes de l'extraction, pour permettre de répondre aux objectifs ministériels de taux minimaux de germination de 90 % (cible). Les résultats se sont beaucoup améliorés, entre autres pour l'épinette blanche (*Picea glauca*) et le pin gris (*Pinus banksiana*), qui atteignent maintenant la cible visée. D'autres améliorations sur la chaîne d'extraction sont en préparation pour les autres essences forestières.

Le traitement de stratification (traitement par le froid humide), implanté en 1997 pour la livraison de lots d'épinette blanche et de pin blanc, permet de lever la dormance embryonnaire des graines, augmentant ainsi le pourcentage, la vitesse et l'uniformité de la germination. Des essais ont démontré l'avantage de ce traitement pour accélérer la germination par rapport à un traitement d'amorçage, et ce, à différentes températures de germination. Quelle que soit la température du test, les graines stratifiées germent plus rapidement que les graines seulement amorcées. Dans le cas de températures extrêmes (10 et 30 °C), les graines stratifiées ont une germination presque deux fois supérieure à celle des graines amorcées. De plus, un autre essai révèle que les graines stratifiées sont assez résistantes au gel et aux variations de température et qu'elles germent très bien, même après quatre semaines d'entreposage avant ensemencement. Cette résistance facilite la gestion de l'ensemencement printanier, alors que les températures sont parfois basses et très variables.

Par ailleurs, nous avons évalué la pertinence de cribler les graines de pin gris en vérifiant si la dimension de la graine influence celle du plant, ce qui a déjà été établi pour l'épinette blanche et le pin blanc (*Pinus strobus*). Les résultats démontrent qu'il n'y a aucun effet significatif de la taille de la graine sur le gabarit des systèmes aérien et racinaire des plants après une ou deux saisons de culture en pépinière, quel que soit le type de récipient (cavité de 50 ou 110 cm³). Le criblage des graines de pin gris n'est donc pas recommandé.

Production de plants

Variabilité spatiale de la teneur en eau du substrat, de la croissance et du lessivage des éléments minéraux lors de la production de plants d'épinette blanche (2 + 0) en récipients à parois ajourées

Louise Labbé¹, Hank Margolis¹, Mohammed S. Lamhamedi^{2*}, Debra C. Stowe¹, Mario Renaud² et Louis Blais²

¹ Centre de recherche en biologie forestière, Université Laval

² Direction de la recherche forestière, Forêt Québec, ministère des Ressources naturelles

* Correspondance : mohammed.lamhamedi@mrn.gouv.qc.ca

L'atteinte des normes de qualités morphologique et physiologique lors de la livraison des plants nécessite un savoir-faire particulier de la part des pépiniéristes du Québec, particulièrement pour les cultures extérieures d'épinette blanche 2 + 0 de fortes dimensions, produites en récipients à parois ajourées IPL 25-350A (25 cavités de 350 cm³). Cette

essence se caractérise par des écarts considérables, pour plusieurs variables de croissance, tout au long de la deuxième saison de croissance en pépinière. Les variations résultent de l'existence d'une hétérogénéité des teneurs en eau du substrat au niveau de la rhizosphère des semis. Une connaissance approfondie de cette variabilité spatiale et temporelle des teneurs en eau s'avère nécessaire pour mieux gérer l'irrigation et diminuer le lessivage des éléments minéraux, en vue de mieux préserver la qualité des eaux souterraines.

Les analyses géostatistiques ont permis de démontrer et de quantifier l'ampleur de la variabilité spatiale des teneurs en eau du substrat au niveau de la rhizosphère et des variables de croissance. Les teneurs en eau ont été mesurées par réflectométrie dans le domaine temporel (figure 2) à différentes dates d'échantillonnage. La variabilité des teneurs en eau du substrat est liée au degré d'uniformité de dispersion des gouttelettes par le système d'irrigation, aux variables environnementales et aux besoins en eau des plants. La variabilité spatiale des teneurs en eau a créé une hétérogénéité en matière de nutrition minérale, de lessivage et de croissance en hauteur. Cette dernière variable est corrélée positivement à l'intégrale des variations des teneurs en eau du substrat observées lors de la saison de croissance.

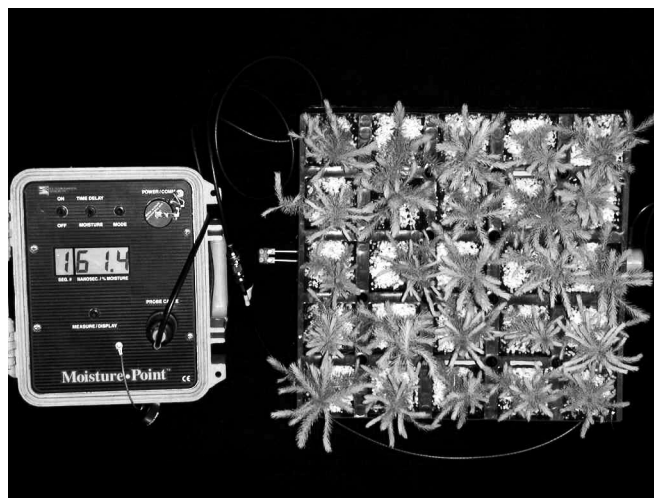


Figure 2. Nouvelle génération d'appareils (MP-917, ESI Environmental Sensors Inc., Victoria, CB, Canada) permettant de mesurer directement en temps réel la teneur en eau au niveau de la rhizosphère. Remarque : la sonde spécifique aux récipients à parois ajourées est insérée horizontalement à mi-hauteur et est dotée de deux diodes aux extrémités. La sonde peut être ajustée aux récipients à parois fermées.

La description de la variabilité spatiale et temporelle des teneurs en eau facilitera, pour les pépiniéristes, la prise de décision sur le plan de la gestion de l'irrigation quant au choix du système d'arrosage, en plus de permettre d'optimiser l'intensité d'échantillonnage des récipients avant l'irrigation. Ces résultats pourraient aussi être utilisés dans le choix d'une stratégie d'échantillonnage propre à l'évaluation de la qualité des lots de plants en pépinière forestière.

Détermination et utilisation des standards de tolérance au gel des semis d'épinette blanche (1 + 0)

Mohammed S. Lamhamedi*,
Linda Veilleux et Mario Renaud
Direction de la recherche forestière, Forêt Québec,
ministère des Ressources naturelles

* Correspondance : mohammed.lamhamedi@mrn.gouv.qc.ca

De par leur situation géographique, les pépinières forestières du Québec diffèrent sur le plan des variables environnementales qui influencent directement la croissance et l'endurcissement des semis. Ainsi, les pertes annuelles probables de plants provoquées uniquement par le gel sont évaluées entre 5 et 30 %.

Malgré l'état d'avancement de nos connaissances sur les mécanismes et la détermination de seuils de tolérance au gel des semis d'épinette blanche (1 + 0) en conditions contrôlées, les pépiniéristes ne disposent pas de standards ou de chartes de tolérance au gel qui leur permettraient de connaître le degré d'endurcissement des semis en pépinière forestière.

Des tests de congélation artificielle (4 °C, - 4 °C, - 8 °C, - 12 °C et - 20 °C) ont été effectués à l'automne, à intervalles réguliers de deux semaines, en vue d'évaluer le degré d'endurcissement des semis dans six pépinières (Trécesson, Sainte-Luce, Pampev inc., CPPFQ, Sargim inc. et Normandin) de différentes régions écologiques. En plus de l'enregistrement continu des variables environnementales dans chacune des pépinières, la cinétique de l'endurcissement des semis a été évaluée à l'aide de plusieurs variables, notamment la conductivité électrolytique (CE), l'indice de dommages des parties aériennes (I_a), les pertes en eau des racines (PE), la capacité de croissance des racines (CCR) et le ratio de matière sèche par rapport à la matière fraîche des parties aériennes (RMS).

Dans toutes les régions écologiques, les semis s'endurcissent progressivement à l'automne. Nos résultats ont démontré que le RMS ou le nombre d'heures de froid peut être utilisé quotidiennement pour mieux gérer les risques de gel et ainsi optimiser le recours aux moyens de protection les plus adéquats, notamment l'irrigation. Cette approche permettra d'améliorer la rentabilité de chaque pépinière.

Le lessivage des éléments minéraux sous les cultures produites en récipients dans les pépinières forestières

Jean Gagnon* et Daniel Girard
Direction de la recherche forestière, Forêt Québec,
ministère des Ressources naturelles

* Correspondance : jean.gagnon@mrn.gouv.qc.ca

Dans les pépinières forestières du Québec, les plants en récipients sont produits sous tunnels en 1 + 0, puis à l'extérieur en 2 + 0. Puisque les plants 2 + 0 sont exposés aux précipitations, ils sont donc plus vulnérables aux pertes d'engrais par lessivage que les plants 1 + 0. Afin de vérifier l'ampleur des pertes saisonnières d'engrais sous les cultures

extérieures, des expériences ont été réalisées depuis 1999 dans trois pépinières publiques du Québec avec des plants de fortes dimensions (PFD) d'épinette blanche 2 + 0, produits dans le récipient à parois ajourées IPL 25-350A.

Des capteurs de lessivat (figure 3), conçus pour mesurer les pertes saisonnières d'éléments minéraux sous les récipients, ont été installés dans chacun des dispositifs. En plus du suivi continu des variables environnementales (précipitations, températures, etc.; figure 4), les teneurs en eau du substrat (% v/v) ont été mesurées de mai à octobre par réflectométrie dans le domaine temporel à l'aide du MP-917.



Figure 3. Capteur conçu par la DRF pour mesurer le lessivage saisonnier des engrais sous les plants en récipients.

Les résultats des expériences montrent que les pertes en eau enregistrées sous les cultures d'épinette blanche 2 + 0 ont entraîné un lessivage important d'éléments nutritifs sous le récipient 25-350A. De plus, ces études ont démontré que le nitrate (NO_3^-) n'est pas le seul élément à avoir été lessivé, ni la seule source d'azote (N) à avoir été perdue. En effet, en plus du NH_4^+ , des pertes de P, K, Ca et Mg ont été mesurées. Ces expériences font ressortir que pour atténuer le lessivage des engrais sous les cultures extérieures en récipients, il est essentiel pour le pépiniériste de bien gérer à la fois l'irrigation et la fertilisation. Pour ce faire, il ne doit pas trop irriguer les cultures 2 + 0 de façon à maintenir des teneurs en eau dans le substrat qui ne dépassent pas 50 % (v/v). Le pépiniériste doit également éviter de maintenir des concentrations trop élevées en minéraux dans le substrat des plants 2 + 0. Cela est



Figure 4 : Station météorologique permettant de mesurer de façon continue les variables environnementales dans le dispositif d'épinette blanche 2 + 0 produite dans le récipient 25-350A à la pépinière forestière de Saint-Modeste en 2002.

possible grâce au logiciel de fertilisation *Plantec*, qui permet de fertiliser les cultures en fonction des besoins nutritifs hebdomadaires (Girard *et al.*, 2001, Langlois et Gagnon, 1993).

Le bouturage de masse : comment et pourquoi l'utilise-t-on au Québec pour la production de plants forestiers résineux ?

Denise Tousignant*

Direction de la recherche forestière, Forêt Québec,
ministère des Ressources naturelles

* Correspondance : denise.tousignant@mrn.gouv.qc.ca

À l'échelle mondiale, les plants issus de boutures sont de plus en plus utilisés pour améliorer la productivité forestière. Chaque année, 2 % de la production québécoise de plants est issue de boutures, soit environ trois millions d'épinettes noires (*Picea mariana*), d'épinettes blanches, de mélèzes hybrides et d'épinettes de Norvège (*Picea abies*). Le bouturage de masse sert à multiplier la *crème de la crème* du matériel issu des programmes d'amélioration génétique, c'est-à-dire les graines obtenues par croisements dirigés entre les meilleurs sujets disponibles. Il ne s'agit en aucun cas d'arbres génétiquement modifiés. Il convient de bien distinguer entre la multiplication de masse, où une population est amplifiée en mélange, et la multiplication clonale, où l'identité des individus est rigoureusement suivie jusqu'en plantation. Actuellement, au Québec, la multiplication clonale ne s'applique qu'aux peupliers hybrides.

Le Québec figure parmi les chefs de file mondiaux pour le bouturage de masse des résineux, tant pour les quantités produites, les techniques utilisées que pour ses coûts de revient concurrentiels. À ce chapitre, deux systèmes uniques ont été conçus : les *bouturathèques* (figure 5) et les doubles enceintes extérieures (Tousignant *et al.*, 1996, Tousignant et Rioux, 2002). Cette réussite découle de l'étroite collabo-

ration entre les recherches menées à la DRF et les activités de la Pépinière forestière de Saint-Modeste, qui a mené à de nombreuses innovations technologiques.

L'utilisation de boutures permet d'envisager des gains génétiques et économiques importants en plantation. Il y aurait donc avantage à augmenter la place des plantations de boutures dans le paysage forestier québécois de demain. Ces plantations à haut rendement, aménagées intensivement et localisées non loin des stations de transformation, atténueraient significativement la pression sur les forêts naturelles. Afin d'obtenir tous les bénéfices escomptés, il faudra toutefois porter une attention particulière à la stratégie de déploiement, au choix du site et aux traitements sylvicoles.



Figure 5 : Une des six étagères des *bouturathèques* de la pépinière forestière de Saint-Modeste. Ce système, unique au monde, a été mis au point par le ministère des Ressources naturelles du Québec. Chaque étagère comporte quatre mini-serres superposées, recouvertes de polyéthylène transparent et éclairées à l'aide de tubes fluorescents. L'enracinement des boutures peut se faire à tout moment de l'année.

Plantation

Développement racinaire et performance en plantation de plants produits en récipients à parois ajourées

Benoit-Marie Gingras*, Nicole Robert et Pascal Desjardins
Direction de la recherche forestière, Forêt Québec,
ministère des Ressources naturelles

* Correspondance : benoit-marie.gingras@mrn.gouv.qc.ca

La culture de semis en récipients entraîne parfois des malformations racinaires qui peuvent nuire à la stabilité des arbres en plantation. La production de plants dans des récipients à parois ajourées devrait toutefois permettre d'obtenir une répartition plus uniforme des racines, une stabilité plus élevée ainsi qu'une meilleure performance des arbres. Par exemple, la stabilité de l'épinette noire et de l'épinette blanche repose essentiellement sur la symétrie et la dimension des racines. Les analyses effectuées sur les racines de plants de fortes dimensions âgés de neuf ans (figure 6) démontrent que les arbres cultivés dans des récipients à parois ajourées présentent moins de défauts d'architecture associés à la motte racinaire. La symétrie et la distribution verticale des racines sont cependant semblables entre les

deux types de récipients (parois ajourées et non ajourées) en plus d'être comparables aux valeurs obtenues avec des plants naturels. Les arbres ont développé en moyenne deux racines adventives, qui sont presque toujours parmi les plus importantes du système racinaire. La croissance, la survie et les concentrations en minéraux à l'âge de huit ans sont très peu influencées par le type de récipient. Des résultats préliminaires à trois ans démontrent également que les caractéristiques des stations et la préparation du terrain influencent le développement racinaire et la performance des plants. Les études sur la stabilité qui seront entreprises à l'été 2003 permettront d'évaluer les effets des malformations des racines sur l'ancrage des arbres et sur leur capacité à résister aux bris et au renversement.

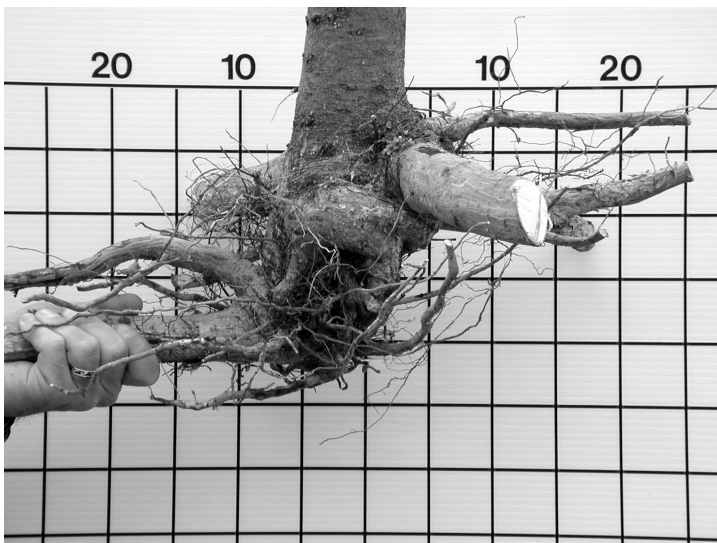


Figure 6. Système racinaire d'un plant d'épinette blanche PFD âgé de neuf ans en plantation. Ce plant a été cultivé dans le récipient 15-320 à la pépinière de Saint-Modeste.

Performance de l'épinette noire sur des stations à *Kalmia* : influence du contenu en azote et de la fertilisation.

Nelson Thiffault*

Direction de la recherche forestière, Forêt Québec, ministère des Ressources naturelles

* Correspondance : nelson.thiffault@mrn.gouv.qc.ca

À la suite d'une coupe forestière ou d'un feu, le *Kalmia angustifolia* occupe souvent les parterres (Thiffault et Grondin, 2003). Il provoque ainsi un blocage de la succession forestière. Par des interférences de diverses natures, le *Kalmia* limite la croissance des conifères en régénération. À cet égard, un projet de recherche a été entrepris, afin de quantifier les impacts de traitements culturels et sylvicoles sur la remise en production de stations à *Kalmia* par le reboisement avec l'épinette noire.

Une plantation expérimentale a été établie sur la Côte-Nord, afin d'évaluer les effets de la concentration tissulaire initiale en azote (N), de l'intensité du scarifiage et

de la fertilisation au moment de la mise en terre sur l'établissement des plants. La croissance des plants a été mesurée pendant les trois premières saisons après la plantation. L'effet du scarifiage sur la température, la teneur en eau et la fertilité du sol a également été évalué.

Les résultats montrent un effet multiplicatif de l'utilisation du scarifiage et de l'application d'un fertilisant sur les dimensions des plants. En l'absence de fertilisation, l'utilisation de plants dont la concentration tissulaire en N est plus élevée que celle des plants standards procure un avantage qui s'ajoute à celui du scarifiage. Cet avantage disparaît en présence de fertilisation.

Les résultats illustrent les liens entre les caractéristiques initiales des produits de pépinière, la sylviculture et la qualité d'établissement des plants. Ils permettront aussi de formuler des recommandations pour la sylviculture des plantations envahies par les éricacées afin que leur productivité escomptée soit assurée.

Foresterie clonale

La foresterie clonale au Québec : où en sommes-nous?

Francine Tremblay* et Abdelmalek El Meskaoui

Centre de recherche en biologie forestière, Université Laval, Québec, G1K 7P4

* Correspondance : Francine.Tremblay@sbf.ulaval.ca

L'utilisation de clones sélectionnés par les programmes d'amélioration génétique assure un plus grand gain génétique que la multiplication de masse. Or, chez nos principaux conifères d'intérêt économique, la multiplication clonale par bouturage est limitée par le vieillissement physiologique des pieds-mères. L'embryogenèse somatique est la seule voie qui permette de multiplier le même génotype à l'infini, tout en conservant ses caractéristiques juvéniles. Cette technique permet d'amener efficacement les produits de l'amélioration génétique au niveau du reboisement et de conserver dans l'azote liquide sous forme de tissus embryogènes, une copie de chaque clone testé en attendant les résultats des tests de sélection clonale. Une fois que les clones performants sont identifiés, les tissus embryogènes correspondant à ces clones sont sortis de cryoconservation et remis en culture en vue d'une production massive pour le reboisement.

Au Québec, nous avons développé et optimisé les techniques d'embryogenèse somatique chez l'épinette noire, l'épinette blanche, les mélèzes hybrides et, plus récemment, l'épinette de Norvège. Nous avons produit par ces techniques environ 20 000 plants clonaux représentant 79 clones d'épinette noire, 62 clones d'épinette blanche et 142 clones d'hybrides de mélèze. Pour l'épinette de Norvège, 190 lignées sont en cryoconservation mais les plants restent à produire. Tous les clones des espèces représentées dans les tests de sélection clonale proviennent des meilleures familles de leurs programmes respectifs d'amélioration génétique. Chacun des clones est conservé dans une banque cryogénique en

attendant les résultats des tests clonaux. Depuis deux ans, le transfert technologique des techniques développées est en cours avec la Pépinière forestière de Saint-Modeste (MRNQ), afin d'intégrer les techniques de l'embryogenèse somatique à la production de plants de reboisement. Maintenant que les techniques sont au point, il faut intensifier nos efforts pour rapidement augmenter le nombre de clones dans les tests de sélection clonale, et ce, pour toutes les espèces représentant un intérêt économique. Également, il est urgent d'intensifier les travaux visant la caractérisation physiologique des plants clonaux, que ce soit en lien avec les traitements utilisés *in vitro* ou en vue d'une sélection hyper hâtive des clones.

Synthèse et recommandations du Colloque

La majorité des plants produits au Québec sont issus de graines qui proviennent de plus en plus de sources améliorées. Ces sources permettent la production de plants à haut rendement. L'opération d'extraction des graines doit concilier pureté des lots et qualité germinative optimale. Les graines des essences dormantes, comme l'épinette blanche et le pin blanc, sont livrées stratifiées aux pépinières. Ce traitement permet une germination supérieure et plus rapide des lots, même dans des conditions printanières difficiles. Une germination plus rapide procure un avantage significatif pour la poursuite de la culture en pépinière.

En outre, le bouturage de masse sert actuellement à produire 2 % des plants résineux destinés au reboisement du territoire québécois. Les recherches ont permis de développer des systèmes de multiplication innovateurs, voire uniques. L'intérêt grandissant envers les plantations à haut rendement, cultivées sous aménagement intensif, devrait accroître la demande pour ce matériel d'élite. Afin d'en maximiser les bénéfices, une attention particulière mérite d'être portée à la stratégie de déploiement et d'aménagement des plantations de boutures.

De plus, les résultats d'embryogenèse somatique développés spécifiquement pour nos essences résineuses sont forts encourageants. Il reste à optimiser et à intégrer les différentes phases de cette technique à l'échelle de la production, et ce dans le cadre d'une foresterie clonale hautement productive.

Par ailleurs, l'irrigation par des asperseurs entraîne une variabilité spatiale des teneurs en eau du substrat au niveau de la rhizosphère des semis d'épinette blanche (2 + 0). Le suivi de la croissance et de la nutrition minérale a montré que cette essence est plus sensible aux variations extrêmes des teneurs en eau du substrat. De plus, le lessivage des éléments minéraux est fortement corrélé aux teneurs en eau du substrat. Nos résultats suggèrent que l'atteinte des normes de qualité propres à l'épinette blanche (2 + 0) exige un suivi et un contrôle très rigoureux de la gestion de l'irrigation ainsi que l'utilisation d'un système d'irrigation ayant un meilleur coefficient d'uniformité.

D'un autre côté, les études réalisées au Québec sur les pertes saisonnières d'engrais par lessivage sous les cultures extérieures en récipients (épinette blanche 2 + 0) ont

permis de démontrer que des pertes importantes d'éléments minéraux se produisent à la suite d'apports d'eau importants (précipitations, irrigations). Pour atténuer le lessivage des engrais sous les plants, il est essentiel que le pépiniériste n'irrigue pas ses cultures de façon excessive et qu'il les fertilise en fonction de leurs besoins nutritifs hebdomadaires. À cet égard, l'utilisation du logiciel de fertilisation *Plantec* permettra au pépiniériste d'atteindre cet objectif et d'assurer ainsi une protection accrue de la qualité des eaux souterraines des pépinières forestières.

Quant aux standards de tolérance au gel propres à l'épinette blanche (1 + 0), ils sont déterminés en pépinière forestière en fonction des régions écologiques. Après un calibrage réparti sur plusieurs années successives, ces standards constituent un outil très précieux d'aide à la décision en matière de protection des semis contre le gel.

Le développement des racines est également un phénomène très complexe où de nombreuses variables sont en constante interaction en plus d'être toujours en évolution. Au fil des ans, les arbres adaptent leur système racinaire pour résister le mieux possible aux différents stress subis par la partie aérienne. Les activités liées au reboisement (type de plant, préparation de terrain, mise en terre, etc.) doivent être réalisées avec soin, de manière à permettre aux plants de développer un système racinaire de qualité.

Dans cet ordre d'idées, la compétition pour les ressources environnementales influence grandement le succès de l'établissement des plants mis en terre. La nature de ces phénomènes varie selon le type de station reboisée. Sur des stations en régénération envahies par le *Kalmia angustifolia*, la nature du matériel utilisé (type de plant) et les pratiques sylvicoles de fertilisation et de scarifiage interagissent pour influencer la croissance et la survie des plants pendant les premières années qui suivent la mise en terre.

Conclusion du Colloque

Au Québec et à travers le monde, les activités de production de graines, de production de plants en pépinière et les pratiques sylvicoles en plantation étaient souvent considérées de manière indépendante. Aujourd'hui, force est de constater que ces pôles constituent les mailles d'une même chaîne et que l'optimisation de tout programme de reboisement repose sur la manière dont on gère les interactions entre ces pôles (Lamhamedi *et al.*, 2003a). Compte tenu de l'importance croissante que prendra la proportion de l'approvisionnement en matière ligneuse en provenance des plantations dans les années à venir (FAO, 2001), il importe que les efforts dans la recherche et le développement de méthodes optimales de production de plants et d'entretien des plantations soient poursuivis. Ce colloque, qui a couvert plusieurs facettes de la filière de production de plants au Québec, de même que la participation importante dont il a fait l'objet (plus de 300 personnes inscrites), reflète l'engagement et la volonté des acteurs du milieu de contribuer à ces efforts.

Pour assurer une continuité, une cohérence et une complémentarité entre les projets de recherche, des axes de recherche prioritaires et précis ont été définis, de concert avec les acteurs forestiers, afin que les semences et les plants soient de la meilleure qualité possible (Lamhamedi *et al.*, 2003a). Cela permettra, avec l'utilisation des meilleures pratiques sylvicoles, d'améliorer de façon significative la productivité forestière. Ces axes de recherche sont présentés dans les perspectives d'avenir de la situation du secteur de la production de semences, de plants et de celle de la biotechnologie forestière au Québec. ◀

Un cédérom, à diffusion restreinte, regroupant les conférences présentées dans le cadre de ce Colloque a été produit. Il est disponible à la Direction de la recherche forestière.

La majorité de ces présentations sont disponibles en ligne sur le site du Carrefour de la recherche forestière : www.mrn.gouv.qc.ca/carrefour/reboisement.asp

Références et ouvrages complémentaires

- BRAULT, N., S. Mercier et M. BETTEZ, 1996. Traitement des graines d'arbres forestiers : 2^e partie de 2. L'Aubelle, 113 : 1-12.
- FAO, 2001. Situation des forêts du monde, 2001. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, Italie, 181 p.
- GAGNON, J., G. PRÉSENT, B.-M. GINGRAS, M.S. LAMHAMED, V. ROY et G. CYR, 2001. Le reboisement : pour un avenir prometteur. Code de diffusion 2001-3049, Direction de la recherche forestière, Forêt Québec, ministère des Ressources naturelles, 8 p.
- GINGRAS, B.-M., S. RICHARD et N. ROBERT, 2002. Performance de cinq ans en plantations comparatives de plants résineux de fortes dimensions et de feuillus cultivés dans des récipients à parois ajourées. Direction de la recherche forestière, Forêt Québec, ministère des Ressources naturelles. Mémoire de recherche forestière n° 141, 100 p.
- GINGRAS, B.-M. et S. RICHARD, 1999. Bilan du développement des récipients à parois ajourées : culture des semis en pépinière et performance en plantation comparative. Direction de la recherche forestière, Forêt Québec, ministère des Ressources naturelles. Mémoire de recherche forestière n° 130, 74 p.
- GIRARD, D., J. GAGNON et C.-G. LANGLOIS, 2001. *PLANTEC* : Un logiciel pour gérer la fertilisation des plants forestiers en pépinière. Direction de la recherche forestière, Forêt Québec, ministère des Ressources naturelles. Note de recherche forestière n° 111, 8 p.
- LAMHAMED, M.S. et J.A. FORTIN, 1994. La qualité des plants forestiers : critères d'évaluation et performance dans les sites de reboisement. Dans Abourouh, M. (éd.). Actes de la première journée nationale sur les plants forestiers. Centre de recherche et d'expérimentation forestières, Rabat, Maroc. p. 35-50.
- LAMHAMED, M.S., G. LAMBANY, M. RENAUD, L. VEILLEUX et S. PLAMONDON, 2000. Gestion de l'irrigation en pépinière et évaluation des semis d'épinette blanche produits dans les récipients à parois ajourées. Direction de la recherche forestière, Forêt Québec, ministère des Ressources naturelles. Mémoire de recherche forestière n° 138, 36 p.
- LAMHAMED, M.S., L. VEILLEUX, M. RENAUD, F. TALBOT, D. GIRARD et P. LAURENDEAU, 2000. Effets de trois modes de culture (ombrière, plastique microperforé et tunnel) sur l'endurcissement des semis d'épinette blanche (1 + 0) produits à la pépinière de Trécesson. Direction de la recherche forestière, Forêt Québec, ministère des Ressources naturelles. Note de recherche forestière n° 110, 16 p.
- LAMHAMED, M.S., J. GAGNON et F. COLAS, 2003a. Recherche-développement en production de semences et de plants forestiers au Québec : principales réalisations et perspectives d'avenir. Dans Actes des Colloques du Carrefour de la recherche forestière, ministère des Ressources naturelles, Québec, p. 17-32, 19 février.
- LAMHAMED, M.S., H.A. MARGOLIS, M. RENAUD, L. VEILLEUX et I. AUGER, 2003b. Effets de différentes régies d'irrigation sur la croissance, la nutrition minérale et le lessivage des éléments nutritifs des semis d'épinette noire (1 + 0) produits en récipients à parois ajourées en pépinière forestière. Canadian Journal of Forest Research, 33 : 279-291.
- LANGLOIS, C.-G. and J. GAGNON, 1993. A global approach to mineral nutrition based on the growth needs of seedlings produced in forest tree nurseries. Dans N.J. Barrow (éd.), Plant Nutrition: from genetic engineering to field practice. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Pays-Bas. p. 303-306.
- MERCIER, S. 1996. Mécanismes de reproduction sexuée des conifères et utilisation de ces connaissances dans la production de graines améliorées : 1^{re} partie de 2. L'Aubelle, 112 : 1-12.
- MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES, 2002. Rapport sur l'état des forêts québécoises 1995-1999. Code de diffusion 2002-2073, gouvernement du Québec, MRNQ, 272 p.
- STOWE, D.C., M.S. LAMHAMED and H.A. MARGOLIS, 2001. Water relations, cuticular transpiration, and bud characteristics of air-slit containerized *Picea glauca* seedlings in response to controlled irrigation regime. Canadian Journal of Forest Research, 31 : 1922-1929.
- THIFFAULT, N. et P. GRONDIN, 2003. Envahissement des parterres de coupe par les éricacées. Dans P. Grondin et A. Cimon (éds). Les enjeux de biodiversité relatifs à la composition forestière. Direction de la recherche forestière et Direction de l'environnement forestier, ministère des Ressources naturelles. Rapport interne n° 477, p. 103-130.
- THIFFAULT, N., V. ROY, G. PRÉSENT, G. CYR, R. JOBIDON et J. MÉNÉTRIER, 2003. La sylviculture des plantations résineuses au Québec. Le Naturaliste canadien, 127 (1) : 63-80.
- TOUSIGNANT, D., P. PÉRINET et M. RIOUX, 1996. Le bouturage de l'épinette noire à la Pépinière de Saint-Modeste. Code de diffusion 2-550-25581-X, gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, 33 p.
- TOUSIGNANT, D. et M. RIOUX, 2002. Le bouturage des résineux à la pépinière de Saint-Modeste (Québec, Canada) : 10 ans de recherche, de développement et d'innovations. Dans Troisième rencontre du groupe de la Ste. Catherine, Cirad-Inra, Orléans, France, p. 65-86, 22-24 novembre 2000.



Desjardins Caisse populaire Desjardins
de L'Ancienne-Lorette

La caisse de L'Ancienne-Lorette

est heureuse de s'associer

à la Société Provancher
d'histoire naturelle du Canada

1638 rue Notre-Dame L'Ancienne-Lorette QC
Tél: (418) 872-1445 Télécopieur: (418) 872-1435