

Note de recherche forestière n° 66

Relation entre la teneur en eau de boutures d'épinette noire et la qualité de leur enracinement en « bouturathèque »

Denise TOUSIGNANT¹

F.D.C. 232.3(047.3)(714)
L.C. SD 403 .S77

Résumé

Nous avons examiné la relation entre la teneur en eau initiale de boutures de tige en voie de lignification et leur comportement à l'enracinement, en faisant 10 récoltes successives étalées sur trois semaines sur des pieds-mères d'épinette noire (*Picea mariana* [Mill.] B.S.P.) cultivés en serre. La teneur en eau des boutures au moment de la récolte a diminué de 75,4 à 67,5 % pendant le suivi des pieds-mères. Bien que le pourcentage d'enracinement et le nombre de racines n'aient pas été reliés à la teneur en eau initiale des boutures, les masses sèches des tiges et des racines après 12 semaines d'enracinement étaient étroitement corrélées à leur stade de lignification initial ($r_s = 0,730$ et $-0,799$, respectivement). Les boutures des premières récoltes ont montré une croissance des tiges, au détriment de celle des racines. En revanche, les boutures prélevées aux récoltes suivantes, à un stade de lignification plus avancé, ont produit jusqu'à trois fois plus de masse racinaire, sans exhiber de croissance visible de la tige. Ces résultats suggèrent que la teneur en eau pourrait être utilisée comme marqueur pour suivre le processus de lignification des boutures d'épinette noire et identifier le stade propice permettant de maximiser la biomasse racinaire.

Mots-clés : épinette noire, *Picea mariana*, bouturage, lignification, teneur en eau, rapport tige:racine, allocation de biomasse, marqueur physiologique.

Abstract

Relationship between water content and rooting behavior of black spruce cuttings in a bouturathèque. The relationship between initial water content of softwood stem cuttings and their rooting behavior was investigated by periodically harvesting cuttings on black spruce (*Picea mariana* [Mill.] B.S.P.) stockplants grown in a greenhouse. As lignification progressed during the three weeks of the experiment, the water content of the cuttings at harvest dropped gradually from 75,4 to 67,5 %. Although rooting percentage and root number were not significantly correlated to the initial water content of cuttings, root and stem dry mass after the 12-week rooting period were strongly correlated to their initial state, as measured by water content ($r_s = 0,730$ and $-0,799$, respectively). The less lignified cuttings from the first harvests increased their stem biomass during the rooting period and produced low root biomass. Conversely, cuttings harvested later, with more advanced lignification, produced over three times more root biomass than earlier harvests, with no apparent stem growth. These results suggest that water content could be used as a marker to follow and identify the degree of lignification of softwood black spruce stem cuttings which would favor a high root biomass.

Keywords : black spruce, *Picea mariana*, cutting propagation, lignification, water content, shoot : root ratio, biomass allocation, physiological marker.

★

★

¹ Biologiste, M.Sc., conseillère technique pour le bouturage, Pépinière forestière de Saint-Modeste, ministère des Ressources naturelles, 410, rue Principale, SAINT-MODESTE (Québec) G0L 3W0. Téléphone : (418) 862-5511. Télécopieur : (418) 862-0564.

Introduction

La pépinière forestière de Saint-Modeste participe activement au programme québécois d'amélioration génétique de l'épinette noire (*Picea mariana* [Mill.] B.S.P.) en multipliant par bouturage des semis provenant de croisements dirigés entre arbres-plus sélectionnés. Présentement, l'objectif de production se chiffre à deux millions de plants issus de boutures par année. Un système innovateur et original de bouturage hors-serre est présentement en usage à Saint-Modeste pour la production à grande échelle de boutures semi-lignifiées de conifères juvéniles (VALLÉE et NOREAU 1990). Les « bouturathèques » sont constituées de compartiments superposés, fermés hermétiquement et éclairés individuellement par des tubes fluorescents, ce qui permet une production de boutures à l'année longue. Afin d'approvisionner les « bouturathèques » de façon soutenue, de jeunes pieds-mères d'épinette noire sont cultivés en serre pendant 2 à 3 ans, sous un régime de croissance forcée et continue.

Des boutures sont prélevées continuellement sur ces pieds-mères, aux deux mois environ. Il s'agit de pousses nouvellement formées, non aoûtées et en voie de lignification. Ce matériel juvénile est apte à l'enracinement sans aucun traitement hormonal. L'aptitude à l'enracinement des boutures fluctue toutefois en fonction de leur état physiologique au moment du prélèvement. L'amélioration du taux d'enracinement des boutures, qui passe par l'utilisation de matériel végétal de la meilleure qualité possible, est une voie privilégiée pour augmenter le rendement des « bouturathèques ». Pour assurer le succès de l'enracinement, il est essentiel d'identifier avec précision, à l'aide d'un marqueur, le stade physiologique optimal pour la récolte des boutures (DIRR et HEUSER 1987). Le marqueur idéal devrait évoluer de concert avec le développement des jeunes boutures sur les pieds-mères, et atteindre une valeur-cible définie lorsque les boutures sont prêtes à être récoltées. De plus, ce marqueur devrait être peu coûteux et rapide à mesurer pour un grand nombre d'échantillons, pour permettre de prendre des décisions au moment opportun et de bien planifier les opérations de bouturage. Dans le passé à la pépinière, des tentatives de prédire le taux d'enracinement à partir de la longueur, de la coloration et de la teneur en azote des boutures ont donné des résultats variables et insatisfaisants.

Le degré de lignification des boutures d'épinette noire forcées en serre semble avoir une grande influence sur le succès de l'enracinement. Ainsi, les meilleurs taux d'enracinement (jusqu'à 90 % et plus) sont obtenus avec des boutures dont la base est semi-lignifiée, de couleur blanc crème. Des boutures dont la turgescence est excessive sont davantage vulnérables au flétrissement et aux attaques par les champignons, ce qui réduit le taux d'enracinement. Ces boutures ont également tendance à pousser excessivement en hauteur pendant la phase d'enracinement. En revanche, des boutures trop lignifiées s'enracinent moins rapidement. La recherche d'un marqueur physiologique s'est donc d'abord orientée vers le suivi et la quantification du degré de lignification des boutures d'épinette noire.

Dans des conditions naturelles, la teneur en eau des tissus végétaux reflète à la fois des changements dans le statut hydrique d'une plante et dans la quantité de matière sèche présente dans les tissus (PELLETT et WHITE 1969, LITTLE 1970, GROSSNICKLE 1989). La lignification de tissus immatures au cours d'une saison s'exprime entre autres par un abaissement de la teneur en eau des tissus, à la suite de l'épaississement des parois cellulaires, de la formation du xylème secondaire et de l'accumulation d'amidon et autres substances de réserve (CHUNG et BARNES 1980). L'endurcissement au froid des conifères après l'aoûtement est lui aussi accompagné d'une baisse de la teneur en eau et d'une augmentation de la fraction de matière sèche dans les tissus (LEVITT 1980, BIGRAS *et al.* 1989, COLOMBO 1990, CALMÉ *et al.* 1993, HANSEN et ERIKSEN 1993). Dans ce contexte, la teneur en eau des pousses terminales des conifères a été proposée comme un marqueur du degré d'endurcissement au froid de semis d'épinette noire, d'épinette blanche et de pin gris (CALMÉ *et al.* 1993).

Il a déjà été démontré qu'une relation existait entre la teneur en eau des tissus de houx (*Ilex crenata* 'Rotundifolia') et leur pourcentage d'enracinement (REIN *et al.* 1991). La teneur en eau de boutures diminuait avec la lignification des tiges, et était négativement corrélée avec le pourcentage d'enracinement des boutures. Il est possible qu'un suivi de la teneur en eau puisse aussi servir à quantifier le degré de lignification et à prédire l'aptitude à l'enracinement de jeunes boutures d'épinette noire. Ce marqueur est d'autant plus intéressant qu'il est très facile et peu coûteux à mesurer, même pour un grand nombre d'échantillons. Dans l'étude présentée ici, nous avons suivi les changements de la teneur en eau accompagnant la lignification d'une population homogène de boutures d'épinette noire, avant leur prélèvement sur des pieds-mères cultivés en serre. En même temps, nous avons vérifié, par des bouturages successifs, si la teneur en eau initiale des boutures pouvait être mise en relation avec leur comportement à l'enracinement.

Matériel et méthodes

Les 48 pieds-mères d'épinette noire utilisés pour cette étude constituent une fraction d'une population de pieds-mères de 4 ans, cultivés pour la production à grande échelle de boutures à la Pépinière forestière de Saint-Modeste. La population initiale comprenait plus de 16 000 plants provenant d'un mélange d'environ 120 familles issues de croisements dirigés. Les pieds-mères ont été successivement regroupés et repiqués dans divers types de récipients, sans que l'identité des familles ne soit suivie. Il n'est donc pas possible de retracer la composition génétique du groupe de pieds-mères utilisés dans cette étude. Cependant, comme tous les pieds-mères ont reçu les mêmes traitements culturaux, ils avaient tous un gabarit et un état physiologique comparables.

Au moment du suivi, les pieds-mères mesuraient environ 25 cm de haut. Leur forme était basse et buissonneuse, typique des pieds-mères ayant reçu de nombreuses tailles successives. En effet, pendant leurs trois premières années de croissance, ils avaient été cultivés intensivement en serre et avaient subi plusieurs prélèvements de boutures ainsi que

des tailles fréquentes. Au printemps 1993, pour leur quatrième année de culture, ils ont été repiqués dans des récipients multipots de styromousse de 12 cavités de 1000 cm³, dans un mélange de tourbe et de vermiculite. Les pieds-mères ont ensuite été placés à l'extérieur, dans des serres-tunnels. Une récolte opérationnelle de boutures a été faite sur ces plants en juillet 1993. À la fin novembre 1993, 180 pieds-mères (15 récipients de 12 plants), alors dormants, ont été rentrés dans les serres de culture. Des lampes au sodium à haute pression maintenaient une photopériode de 18 heures et une intensité lumineuse minimale d'environ 150 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ à la hauteur des plants. La température des serres était d'environ 23 °C le jour et 17 °C la nuit. Les pieds-mères ont été irrigués abondamment, deux fois par semaine ou plus si nécessaire. Entre la mi-décembre 1993 et la mi-janvier 1994, les pieds-mères ont reçu cinq applications de fertilisant, totalisant 650 ppm d'azote, 143 ppm de phosphore et 267 ppm de potassium par plant.

Les bourgeons ont débouffé de façon très uniforme, environ deux semaines après l'entrée en serre. Pendant tout le suivi, les boutures se sont développées de manière très synchronisée. Le suivi a débuté dès que les jeunes pousses avaient atteint une longueur d'environ 5 cm, et a duré jusqu'à ce qu'elles soient bien lignifiées. Visuellement, la progression de la lignification s'observait facilement à la base des boutures récoltées, qui passait graduellement du vert pâle au blanc crème, puis au beige, à mesure que l'écorce et les autres tissus de croissance secondaire se développaient. L'apex des boutures est demeuré vert et turgescence à toutes les récoltes, sans signe de formation du bourgeon terminal. Quarante-huit pieds-mères, dans quatre récipients sélectionnés aléatoirement parmi les 15 récipients au total, ont servi pour toutes les récoltes de cette étude. Les boutures récoltées lors de l'expérience mesuraient toutes entre 5 et 7 cm et provenaient de la nouvelle pousse faite en serre. La production totale était en moyenne de 37 boutures par pied-mère. Pour la totalité des récoltes de l'étude, moins du quart des boutures ont été prélevées sur chaque pied-mère. La qualité des boutures des dernières récoltes n'a pas semblé être influencée par les récoltes précédentes.

À partir du vendredi 7 janvier 1994 puis trois fois par semaine les lundis, mercredis et vendredis pendant trois semaines, nous avons échantillonné des boutures pour suivre les changements dans leur teneur en eau. Dix récoltes ont été faites au total, toujours en début de matinée et par la même personne. Nous récoltions au hasard 30 boutures sur l'ensemble des pieds-mères suivis, avec un maximum d'une bouture par pied-mère par récolte. La masse fraîche des boutures, réparties aléatoirement en trois échantillons de 10, a été mesurée immédiatement après la récolte. Les échantillons ont ensuite été placés dans une étuve à 65-70 °C pendant 48 à 72 heures, après quoi nous avons déterminé leur masse sèche. La teneur en eau de chaque échantillon composite de 10 boutures fut déterminée d'après le calcul suivant (COLOMBO 1990) :

$$\% \text{ eau} = \frac{(\text{Masse fraîche} - \text{Masse sèche})}{\text{Masse fraîche}}$$

Deux fois par semaine pendant la même période, soit les lundis et vendredis à compter du 10 janvier, nous avons récolté une quantité supplémentaire de boutures pour les faire raciner. En espaçant de la sorte les bouturages, nous cherchions à maximiser les chances d'observer des changements significatifs dans l'état des boutures d'une récolte à l'autre. Les mesures plus fréquentes de la teneur en eau des boutures n'avaient comme objectif que de mieux caractériser leur développement. Les boutures ont été insérées dans un substrat composé à 50 % de tourbe, 25 % de perlite fine et 25 % de vermiculite, contenu dans des récipients multicellulaires à cavités de 25 cm³. L'unité expérimentale correspondait à une section de 27 cavités. Les boutures n'ont reçu aucun traitement hormonal, et les aiguilles de la base ont été laissées en place, selon la technique de bouturage en vigueur à la pépinière. Les boutures ont été placées dans des bacs hermétiques à couvercle vitré (0,4 x 0,6 m), sous les lumières d'une étagère des « bouturathèques ». Les conditions d'enracinement à l'intérieur des bacs d'enracinement étaient donc comparables à celles des « bouturathèques » utilisées pour la production opérationnelle à Saint-Modeste, adaptées de VALLÉE et NOREAU (1990) : intensité lumineuse moyenne de 20-25 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ au niveau des boutures, photopériode de 20 heures, régime thermique de 20 °C le jour et 18 °C la nuit et humidité relative de plus de 95 %. Chacune des six récoltes de l'expérience comprenait trois répétitions de 27 boutures, placées dans des bacs différents. Des boutures étaient ajoutées dans les bacs à chaque bouturage, de façon à ce que le dispositif expérimental final corresponde à trois blocs complets aléatoires, en considérant les six récoltes comme des traitements. Entre la première et la sixième récolte, les espaces vides dans les bacs étaient comblés par des récipients remplis de substrat humidifié, afin de compenser l'effet de l'absence de boutures sur la circulation de vapeur d'eau dans les bacs. L'irrigation des boutures était faite deux fois par semaine ou au besoin, par vaporisation manuelle d'eau sur le feuillage et le substrat.

Dans des conditions normales, l'enracinement des boutures d'épinette noire se fait en huit semaines dans les « bouturathèques ». À la fin de cette période, les boutures ont été sorties des bacs et transférées dans des serres d'acclimatation, sous éclairage naturel, avec une thermopériode d'environ 23 °C le jour et 17 °C la nuit. Un inventaire préliminaire et non destructif de l'enracinement a été fait huit semaines après chaque récolte afin de vérifier si l'enracinement se poursuivait dans les serres d'acclimatation. Une bouture sur deux (13 boutures sur 27) a été soulevée pour vérifier la présence de racines, puis remise en place. Les taux d'enracinement à la 8^e semaine étaient sensiblement les mêmes que ceux mesurés à la 12^e semaine, et ne sont donc pas présentés ici. Nous avons ensuite caractérisé définitivement l'enracinement des 27 boutures par unité expérimentale après quatre semaines d'acclimatation, soit 12 semaines après le prélèvement (entre le 5 et le 22 avril 1994). Une bouture était considérée comme racinée si elle montrait au moins une racine de 1 mm de long. Pour chaque unité expérimentale, les boutures racinées parmi les 14 qui n'avaient pas été examinées à la 8^e semaine ont servi à déterminer le nombre moyen de racines principales (1 mm et plus) et la masse sèche moyenne des tiges et des racines.

Les boutures examinées à l'inventaire préliminaire n'ont pas été récoltées pour ces mesures, afin de ne pas biaiser les masses (l'inventaire préliminaire risque d'endommager les racines). Vu la morphologie particulière des boutures, nous avons inclus la partie de la bouture initiale enfouie dans le substrat dans la fraction de la tige. La fraction des racines ne comprenait que les racines adventives néoformées. Le rapport tige : racine a été calculé comme le rapport entre les masses sèches de la tige et des racines, ainsi définies. Cette variable permet d'évaluer le degré d'équilibre entre la pousse et les racines de la jeune bouture. Selon notre expérience en pépinière, une bouture d'épinette noire équilibrée et prête à être sortie des serres d'acclimatation devrait avoir atteint un rapport tige : racine d'au plus 7,5 après huit semaines d'acclimatation (soit 16 semaines après le prélèvement). La masse sèche des boutures non racinées n'a pas été mesurée.

Les valeurs moyennes de la teneur en eau et du rapport tige : racine ont été calculées selon COCHRAN (1977). Le rapport de deux variables continues donne un estimateur-quotient, pour lequel les formules de calcul de la moyenne et des autres paramètres doivent être modifiées. Les données de l'inventaire de la 12^e semaine ont été mises en relation avec la teneur en eau initiale moyenne des boutures par une analyse de corrélation. Nous avons utilisé le coeffi-

cient de corrélation de rang de Spearman (r_s), à cause du faible nombre d'observations dans l'analyse et parce que certaines variables, de par leur nature, ne présentaient pas une distribution normale. Ce coefficient non paramétrique permet de mettre en évidence toute relation monotone, croissante ou décroissante, linéaire ou non, entre deux variables quantitatives ou semi-quantitatives (SCHERRER 1984). Les résultats ont été interprétés après l'application d'une correction de Bonferroni, qui consiste à diviser le seuil de signification ($\alpha = 0,05$) par le nombre de coefficients de corrélation calculés, afin de ramener le risque d'erreur de type I (α) à 0,05 pour l'ensemble des comparaisons.

Résultats

Pendant la période du suivi des boutures, leur degré de lignification, d'abord très faible, n'a cessé d'augmenter. Les récoltes ont commencé vers la fin de la phase d'élongation rapide des jeunes boutures après leur débourrement, et se sont terminées lorsque la base des boutures était bien lignifiée, mais non l'apex. Les changements apparents de l'état de lignification des boutures se sont traduits par une diminution graduelle et constante de leur teneur en eau, qui est passée de 75,4 à 67,5 % en trois semaines (figure 1).

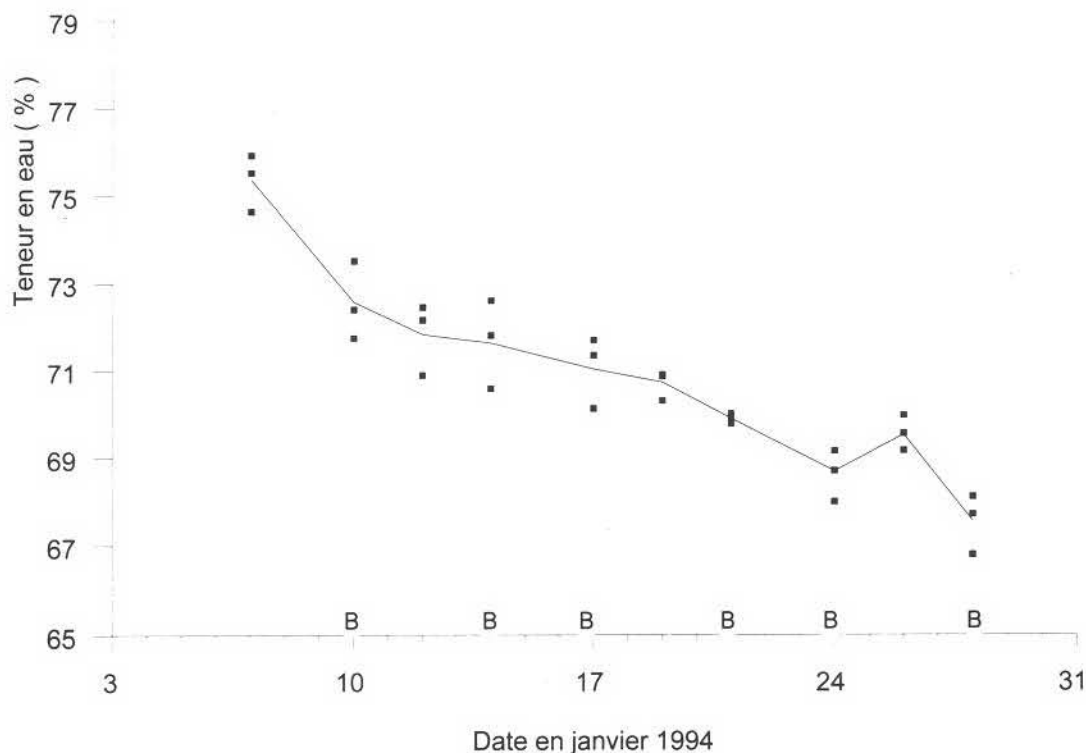


Figure 1. Évolution dans le temps de la teneur en eau des boutures d'épinette noire pendant la période du suivi en serre. Chaque point correspond à un échantillon composite de 10 boutures. Les valeurs moyennes sont reliées par la ligne brisée. La lettre B indique les dates de bouturage.

Nous n'avons pas observé de corrélations significatives entre la teneur en eau initiale des boutures et leur taux d'enracinement ($r_s = -0,263$; $p = 0,291$), ni entre la teneur en eau initiale et le nombre de racines principales ($r_s = -0,251$; $p = 0,315$).

En revanche, les changements dans l'état initial des boutures se sont traduits par de profondes modifications dans l'allocation de leur biomasse pendant l'enracinement (tableau 1). La masse sèche des tiges et des racines des boutures, 12 semaines après le prélèvement, est étroite-

ment associée à la teneur en eau initiale. En effet, on observe au tableau 2 une forte corrélation négative entre la masse sèche des racines à 12 semaines et la teneur en eau initiale des boutures ($r_s = -0,799$; $p = 0,0001$), ainsi qu'une forte corrélation positive entre la masse sèche des tiges à 12 semaines et la teneur en eau initiale ($r_s = 0,730$; $p = 0,0006$). Les boutures de la première récolte étaient peu lignifiées et ont seulement produit une moyenne de 3,90 mg de racines en 12 semaines, alors que celles du 6^e bouturage, dont la lignification était plus avancée, en ont produit trois fois plus, soit 12,9 mg (tableau 1).

Tableau 1. État des boutures d'épinette noire 12 semaines après leur prélèvement, en fonction de leur masse sèche et teneur en eau initiales. Chaque entrée correspond à la moyenne $\pm$ l'erreur-type de trois échantillons composites, sauf pour la teneur en eau et le rapport tige : racine, pour lesquels seule la moyenne est présentée

Date du bouturage	Teneur en eau initiale	Masse sèche initiale	Taux d'enracinement	Nombre de racines	Masse sèche à 12 semaines (boutures racinées)		Rapport tige : racine
(jour/mois)	(%)	(mg)	(%)		Tiges (mg)	Racines (mg)	(mg.mg ⁻¹)
10/01	72,6	121,1 $\pm$ 2,0	48,2 $\pm$ 20,4	1,40 $\pm$ 0,23	147,8 $\pm$ 12,0	3,90 $\pm$ 0,74	37,89
14/01	71,6	119,7 $\pm$ 2,9	66,7 $\pm$ 5,6	2,27 $\pm$ 0,37	141,9 $\pm$ 5,3	5,77 $\pm$ 1,16	24,59
17/01	71,0	139,1 $\pm$ 3,6	80,3 $\pm$ 1,2	1,58 $\pm$ 0,18	119,8 $\pm$ 6,4	4,58 $\pm$ 0,39	26,13
21/01	69,9	131,1 $\pm$ 3,3	61,8 $\pm$ 19,8	1,42 $\pm$ 0,24	106,8 $\pm$ 4,6	6,58 $\pm$ 1,21	16,22
24/01	68,7	120,4 $\pm$ 9,3	81,5 $\pm$ 7,7	1,93 $\pm$ 0,09	114,8 $\pm$ 1,9	8,05 $\pm$ 0,54	14,25
28/01	67,5	104,5 $\pm$ 1,0	67,9 $\pm$ 4,5	2,29 $\pm$ 0,54	108,8 $\pm$ 2,4	12,90 $\pm$ 0,74	8,47

Tableau 2. Coefficients de corrélation de Spearman (r_s) mesurés entre la teneur en eau initiale et les variables d'enracinement à 12 semaines des boutures d'épinette noire. La valeur de p est indiquée entre parenthèses ($n = 18$). Après l'application de la correction de Bonferroni, le seuil de signification (α) est de 0,0033.

	Teneur en eau initiale	Masse sèche des tiges	Masse sèche des racines	Taux d'enracinement	Nombre de racines	Rapport tige : racine
Teneur en eau initiale	1,000					
Masse sèche des tiges	0,730 (0,0006)	1,000				
Masse sèche des racines	-0,799 (0,0001)	-0,447 (0,063)	1,000			
Taux d'enracinement	-0,263 (0,291)	-0,113 (0,656)	0,115 (0,650)	1,000		
Nombre de racines	-0,251 (0,315)	0,093 (0,714)	0,409 (0,092)	0,124 (0,623)	1,000	
Rapport tige : racine	0,893 (0,0001)	0,670 (0,0024)	-0,950 (0,0001)	-0,102 (0,686)	-0,296 (0,233)	1,000

On observe un gradient décroissant entre les masses sèches à 12 semaines des tiges des boutures provenant de récoltes successives (tableau 1). Les boutures des premières récoltes, les moins lignifiées au départ, ont continué à accroître leur biomasse et à pousser en hauteur pendant la période d'enracinement. Les boutures plus lignifiées des récoltes suivantes, en revanche, n'ont pas manifesté de croissance en hauteur de la tige. Leur masse sèche à 12 semaines est égale ou inférieure à leur masse sèche initiale, ce qui suggère qu'elles ont consommé une part importante de leurs réserves nutritives pour la production des racines. La croissance des tiges pendant la phase d'enracinement semble donc s'être faite au détriment de celle des racines, et vice-versa. Il en découle que le rapport tige : racine des boutures de 12 semaines est très fortement corrélé à leur teneur en eau initiale ($r_s = 0,893$; $p = 0,0001$).

Discussion

La teneur en eau de jeunes boutures d'épinette noire sur le pied-mère a évolué de concert avec leur degré de lignification. Comme les pieds-mères ont été bien irrigués tout au long de l'expérience et que les boutures ont toujours été récoltées en début de matinée, il est peu probable que les changements observés soient explicables par des variations du statut hydrique des plants. Les observations visuelles faites pendant l'expérience ont confirmé que la base des boutures s'est progressivement lignifiée pendant le suivi. La diminution de la teneur en eau accompagne donc bien une augmentation des composés structuraux dans les cellules (ex.: lignine sur les parois secondaires du xylème). On peut supposer également que la lignification a été accompagnée d'une augmentation des substances de réserves dans les tissus. Ces phénomènes reliés à la lignification ont déjà été observés en milieu naturel sur *Pinus taeda* par CHUNG et BARNES (1980). Il semble donc possible de suivre de près la progression de la lignification des boutures en mesurant la diminution de leur teneur en eau.

Contrairement aux observations de REIN *et al.* (1991) sur *Ilex crenata*, nous n'avons pas observé de corrélation significative entre la teneur en eau initiale des boutures d'épinette noire et leur taux d'enracinement. Dans notre expérience, le taux d'enracinement a été particulièrement variable entre les répétitions pour le premier et le quatrième bouturage, comme en témoignent les erreurs-types du tableau 1. Notre expérience en pépinière suggère que de toutes les variables mesurées, le taux d'enracinement est le plus sensible aux variations de microclimat entre les bacs d'enracinement. Il est possible que ces variations aient masqué d'éventuelles corrélations entre le taux d'enracinement et les autres variables mesurées. De plus, c'est la seule variable pour laquelle les boutures non racinées aient été utilisées dans les calculs.

La corrélation entre la teneur en eau initiale et le rapport tige : racine des boutures à 12 semaines est remarquable. Bien qu'une telle corrélation n'implique pas nécessairement une relation de cause à effet entre les deux variables, elle met en évidence que l'état de lignification et l'allocation de la biomasse pendant l'enracinement sont deux phénomènes

liés entre eux, directement ou non. À 12 semaines, le rapport tige : racine des boutures de la 6^e récolte (8,5) se rapproche déjà de la valeur visée pour la 16^e semaine (7,5 ou moins), alors que les boutures des autres récoltes en sont encore très loin (14,3 à 37,9). À notre connaissance, il n'existe pas d'autre étude mettant en évidence un lien aussi fort entre les patrons d'allocation de biomasse de boutures racinées et leur degré initial de lignification. L'expérience présentée ici illustre combien il est avantageux de prélever des boutures à un stade physiologique adéquat pour obtenir un enracinement de qualité le plus rapidement possible. Des boutures d'épinette noire prélevées trop tôt, dont la teneur en eau est élevée (par exemple, celles du 10 et du 14 janvier), risquent de poursuivre leur elongation de la tige au dépens de la production de racines. Dans nos conditions de bouturage, la faible intensité lumineuse limite la photosynthèse (YUE et MARGOLIS 1993). Les plants dépendent donc largement de leurs réserves pendant la période d'enracinement. La croissance de la tige constitue par conséquent un gaspillage des ressources pour la bouture. Au contraire, des boutures dont la lignification est bien entamée au prélèvement, comme celles récoltées les 24 et 28 janvier, semblent consacrer la majorité de leurs ressources à la production de biomasse racinaire, plutôt que de pousser en hauteur. Dans une situation où les ressources sont limitées, cette stratégie leur donnerait un net avantage. La teneur en eau pourrait donc se révéler un critère intéressant pour prédire le moment propice au bouturage. En plus d'être simple et économique, elle permet l'obtention d'information dans un délai rapide, qui répond bien aux contraintes liées à la production opérationnelle de boutures.

Les observations faites ici ont sans doute été facilitées par le fait que la population de boutures était très homogène, puisque tous les bourgeons avaient débouffé sensiblement en même temps et que le développement s'est poursuivi de façon synchrone. Dans le cas d'une population de pieds-mères en culture continue en serre, les boutures sont rarement toutes à un même stade de développement au même moment. Comme de nouvelles boutures se développent alors continuellement, il est souvent difficile d'observer les changements voulus dans la teneur moyenne en eau de la population de boutures. Afin de pouvoir utiliser judicieusement la teneur en eau comme marqueur, il sera nécessaire de mettre au point des traitements culturels permettant d'uniformiser l'état des pieds-mères et celui des boutures prélevées. Par la suite, on pourra chercher à établir une valeur-cible de la teneur en eau pour identifier le stade propice au bouturage. Là encore, il sera important d'étudier comment cette valeur peut changer avec la saison, l'âge ou les conditions de culture des pieds-mères.

Remerciements

L'auteure tient à remercier le personnel de la Pépinière de Saint-Modeste, particulièrement Mme Corine Rioux et M. Luc Jolicoeur, pour leur aide technique pendant de la réalisation de cette étude. De précieux commentaires et conseils ont été reçus de Mme Carmelle Beaulieu, M. Pierre Périnet, la Dr Francine Bigras, Mme Michèle Bernier-Cardoue, M. Mikailou Sy et Mme Sophie Calmé.

Références

- BIGRAS, F.-J., J.-A. RIOUX, R. PAQUIN et H.-P. THERRIEN, 1989. *Influence de la prolongation de la fertilisation à l'automne sur la tolérance au gel et sur la croissance printanière du Juniperus chinensis 'Pfitzerana' cultivé en contenants*. *Phytoprotection* 70 : 75-84.
- CALMÉ, S., H.A. MARGOLIS et F.J. BIGRAS, 1993. *Influence of cultural practices on the relationship between frost tolerance and water content of containerized black spruce, white spruce, and jack pine seedlings*. *Can. J. For. Res.* 23 : 503-511.
- CHUNG, H.H. et R.L. BARNES, 1980. *Photosynthate allocation in Pinus taeda. II. Seasonal aspects of photosynthate allocation to different biochemical fractions in shoots*. *Can. J. For. Res.* 10 : 338-347.
- COCHRAN, W.G., 1977. *Sampling techniques*. 3rd edition. John Wiley & Sons, New York : 30-34.
- COLOMBO, S.J., 1990. *Bud dormancy status, frost hardiness, shoot moisture content, and readiness of black spruce container seedlings for frozen storage*. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115 : 302-307.
- DIRR, M.A. et C.W. HEUSER Jr., 1987. *The reference manual of woody plant propagation: from seed to tissue culture*. Varsity Press, Athens, GA : 25.
- GROSSNICKLE, S.C., 1989. *Shoot phenology and water relations of Picea glauca*. *Can. J. For. Res.* 19 : 1287-1290.
- HANSEN, J.M. et E.N. ERIKSEN, 1993. *The effect of photo-synthetic photon flux density on development of frost hardiness in top and roots of Larix leptolepis seedlings*. *Scand. J. For. Res.* 8 : 204-212.
- LEVITT, J. 1980. *Responses of plants to environmental stresses. Vol. I. Chilling, freezing, and high temperature stresses*. Academic Press, New York. 497 p.
- LITTLE, C.H.A., 1970. *Seasonal changes in carbohydrate and moisture content in needles of balsam fir (Abies balsamea)*. *Can. J. Bot.* 48 : 2021-2028.
- PELLETT, N.E. et D.B. WHITE, 1969. *Relationship of seasonal tissue changes to cold acclimation of Juniperus chinensis 'Hetzi'*. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 94 : 460-462.
- REIN, W.H., R.D. WRIGHT et D.D. WOLF, 1991. *Stock plant nutrition influences the adventitious rooting of 'Rotundifolia' holly stem cuttings*. *J. Environ. Hort.* 9 : 83-85.
- SCHERRER, B. 1984. *Biostatistique*. Gaëtan Morin Éditeur, Chicoutimi, Québec : 596-603.
- VALLÉE, G. et R. NOREAU, 1990. *La « Bouturathèque » : système de bouturage compact hors serre*. Direction de la recherche (Forêts), Ministère de l'Énergie et des Ressources. Note de recherche forestière n° 41. 6 p.
- YUE, D. et H.A. MARGOLIS, 1993. *Photosynthesis and dark respiration of black spruce cuttings during rooting in response to light and temperature*. *Can. J. For. Res.* 23 : 1150-1155.



Gouvernement du Québec
**Ministère des Ressources
naturelles**

RN95-3077

ISSN 0834-4833
ISBN 2-550-24883-X
Dépôt légal 1995

Bibliothèque nationale du Québec
Bibliothèque nationale du Canada
© 1995 Gouvernement du Québec