

PROGRAMME DE MISE EN VALEUR DES RESSOURCES DU MILIEU FORESTIER

Rapport final – volet 1

Potentiel d'utilisation du chitosane comme facteur de croissance des plants d'épinette blanche

2^{ème} saison de croissance

Présenté à :

**Ministère des Ressources naturelles, de la Faune
et des Parcs**

Unité de gestion de la Gaspésie

M. Jean-Marc Hardy, ing.f.

Marinard Biotech inc.

M^{me} Caroline Leclerc, M.Sc., biotech.

M. Serge Lacasse, dir. contrôle qualité

SARGIM inc.

M. Jean-François Lemerle, ing.f.

Et

CRCD Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine

M. Gilbert Scantland

Par :



Centre collégial de transfert de technologie en
foresterie

M. François Guillemette, ing.f., M.Sc.

Février 2004

PARTENAIRES DU PROJET

- Centre collégial de transfert de technologie en foresterie (CERFO)
M. François Guillemette, ing.f., M.Sc.
M. Donald Blouin, ing.f., M.Sc.

- Marinard Biotech Inc.
M^{me} Caroline Leclerc, M.Sc., biotechnologiste
M. Serge Lacasse, Dir. contrôle qualité

- SARGIM Inc.
M. Jean-François Lemerle, ing.f.

TABLE DES MATIÈRES

PARTENAIRES DU PROJET	I
TABLE DES MATIÈRES	II
LISTE DES FIGURES	III
LISTE DES TABLEAUX	III
REMERCIEMENTS	IV
RÉSUMÉ	V
INTRODUCTION	1
BUT ET OBJECTIFS	1
HYPOTHÈSES DE RECHERCHE	2
1. MÉTHODOLOGIE	2
1.1. DESCRIPTION DU SITE	2
1.2. DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL	2
1.3. PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL	4
1.4. PRISE DE MESURES	5
1.5. ANALYSES STATISTIQUES	5
2. RÉSULTATS	6
2.1. HAUTEUR ET DIAMÈTRE DES SEMIS	6
2.2. MORPHOLOGIE DES SEMIS	7
2.3. MASSE FINALE DES SEMIS	8
3. DISCUSSION	9
CONCLUSION	10
RÉFÉRENCES	11

LISTE DES FIGURES

Figure 1	Plan du dispositif expérimental transposé en champ pour la saison 2003.....	3
----------	---	---

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Description des traitements appliqués	4
Tableau 2	Cédule de réalisation des traitements en 2003.....	4
Tableau 3	Définition des codes de ramification.....	5
Tableau 4	Hauteur (cm) des semis d'épinette blanche après 2 saisons de croissance	6
Tableau 5	Diamètre au collet (mm) des semis d'épinette blanche après 2 saisons de croissance.....	6
Tableau 6	Ratio hauteur/diamètre (cm/mm) des semis d'épinette blanche après 2 saisons de croissance	7
Tableau 7	Fréquences d'observations des catégories de ramification par traitement après 2 saisons de croissance.....	7
Tableau 8	Nombre moyen de têtes par semis après 2 saisons de croissance	8
Tableau 9	Masse anhydre des semis par traitement	8

REMERCIEMENTS

La réalisation de cette recherche a été rendue possible grâce à la collaboration de plusieurs personnes et organismes. Nous tenons tout d'abord à remercier l'équipe de Marinard Biotech, notamment M^{me} Caroline Leclerc et M. Serge Lacasse, pour le support offert durant tout le projet. Par ailleurs, nous tenons aussi à souligner la précieuse collaboration de M. Jean-François Lemerle de la pépinière SARGIM. Ce producteur de plants forestiers a en effet permis de mener à bien ce projet en prêtant une partie de ses installations et en contribuant à la mise en place du dispositif de mesures de croissance.

Enfin, nous remercions M^{me} Annie Lelièvre pour le traitement de texte et M^{me} Claire Roy pour la révision de ce rapport.

RÉSUMÉ

Plusieurs études ont déjà été réalisées sur l'application du chitosane et de ses dérivés en milieu agricole, essentiellement sur des cultures maraîchères (Blouin *et al.*, 2002). Il a été prouvé que le chitosane peut induire la croissance racinaire et aérienne, et qu'il diminue également les risques d'infestation de champignons. Le chitosane peut même induire des réactions de défense chez les semis d'épinette noire contre un champignon pathogène de pourriture racinaire : *Cylindrocladium floridanum* (Laflamme, 2000).

Un dispositif expérimental a été mis en place en 2002 à la pépinière SARGIM, située à New-Richmond, afin d'étudier, entre autres, les effets du chitosane sur la première saison de croissance de semis d'épinette blanche en récipients 25-350-A (Patry *et al.*, 2003). En 2003, ce dispositif a été subdivisé en deux portions afin de continuer l'application des traitements sur la moitié des semis pour une deuxième année et de poursuivre le suivi de la croissance et de la morphologie sur l'ensemble des semis traités depuis 2002.

Ce suivi après deux ans a démontré que l'application de chitosane ne permettait pas d'améliorer de façon significative la dimension, la morphologie ou la masse des plants à forte dimension d'épinette blanche produits en récipients à New-Richmond. Pour toutes les variables à l'étude, les performances des semis témoins ont été équivalentes ou supérieures à celles des semis traités à différentes doses de chitosane. Le chitosane n'a donc pas permis d'améliorer la qualité des plants. Après deux années de traitements, il manque en moyenne 7 cm de hauteur aux semis en dormance pour passer de la catégorie la plus basse (catégorie C, hauteur < 27 cm) à une catégorie supérieure (MRN, 2003) pour la production de plants à forte dimension.

Ces observations corroborent les résultats d'autres études sur des épinettes au Québec. Compte tenu des effets minimes du chitosane sur la croissance des semis d'épinettes en pépinière et des coûts associés à son application, il est recommandé de ne pas appliquer de chitosane sur ces productions.

INTRODUCTION

La nécessité croissante d'assurer la protection de nos ressources naturelles invite à une utilisation plus restrictive des engrais et des fongicides d'origine chimique. Pour y parvenir, il nous faut des produits d'origine naturelle, non polluants et en mesure de remplacer les produits chimiques actuellement en usage.

Le chitosane est un polymère provenant de la chitine, protéine retrouvée à l'état naturel dans les carapaces des crustacés et des insectes. L'entreprise Marinard Biotech, de Rivière-au-Renard en Gaspésie, extrait ce produit à même les résidus de transformation de la crevette. C'est donc une fibre d'origine naturelle, biodégradable, biocompatible et non toxique qui pourrait être appliquée en remplacement des fongicides chimiques en pépinière.

En effet, plusieurs études ont déjà été réalisées sur l'application du chitosane et de ses dérivés en milieu agricole, essentiellement sur des cultures maraîchères (Blouin *et al.*, 2002). Il a été prouvé que le chitosane peut induire la croissance racinaire et aérienne, et qu'il diminue également les risques d'infestation de champignons. Le chitosane peut même induire des réactions de défense chez les semis d'épinette noire contre un champignon pathogène de pourriture racinaire : *Cylindrocladum floridanum* (Laflamme, 2000).

Un dispositif expérimental a été mis en place en 2002 à la pépinière SARGIM, située à New-Richmond, afin d'étudier, entre autres, les effets du chitosane durant la première saison de croissance sur des plants d'épinette blanche en récipients 25-350-A (Patry *et al.*, 2003). Après la première saison de croissance, l'application de 0 à 68,6 ppm de chitosane par semaine, pendant 8 ou 16 semaines (total : 90 à 550 ppm), a démontré que le chitosane pouvait entraîner des effets statistiquement significatifs, mais très faibles, sur la croissance, la morphologie et l'endurcissement au gel des plants lorsque ceux-ci sont sains et normaux. À la fin de l'automne 2002, le dispositif a été transféré du tunnel au champ. La structure des unités expérimentales a été conservée, permettant ainsi la poursuite de l'expérience en 2003.

BUT ET OBJECTIFS

Ce projet a pour but d'étudier et de suivre les effets de l'application de chitosane sur des plants d'épinette blanche de forte dimension (2-0) en récipients (25-350-A) dans les conditions de champ en pépinière. Au cours de cette 2^e année de croissance, les objectifs sont de :

- Suivre, durant la seconde saison de croissance (été 2003), les effets de l'application du chitosane en 2002 sur la croissance en hauteur, en diamètre, et en masse des plants.
- Mesurer, durant la seconde saison de croissance (été 2003), les effets d'une 2^e année d'application du chitosane sur la croissance en hauteur, en diamètre, et en masse des plants.
- Diffuser les résultats aux partenaires et différents paliers décisionnels de l'industrie et du MRNFP.

HYPOTHÈSES DE RECHERCHE

Cette deuxième phase du projet d'application de chitosane sur une production de plants à forte dimension (2-0) d'épinette blanche en récipients (25-350-A) vise à vérifier les hypothèses suivantes :

- 1- L'application de chitosane au cours de la première année affecte la hauteur, le diamètre et la morphologie des plants à la fin de la deuxième année.
- 2- L'application de chitosane au cours des deux premières années affecte la hauteur, le diamètre, la masse et la morphologie des plants.
- 3- L'application de chitosane pendant deux années a des effets plus prononcés que s'il avait été appliqué seulement la première année.

1. MÉTHODOLOGIE

1.1. DESCRIPTION DU SITE

La pépinière partenaire pour la réalisation de ce projet est la pépinière SARGIM inc. situé à New-Richmond, Québec. Cette pépinière se trouve dans la région écologique de la Côte de la Baie-des-Chaleurs, dans le domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau jaune de l'est (Grondin *et al.* 1999). Cette région constitue une zone de transition entre le golfe du Saint-Laurent (Baie-des-Chaleurs) et le relief accidenté du plateau gaspésien.

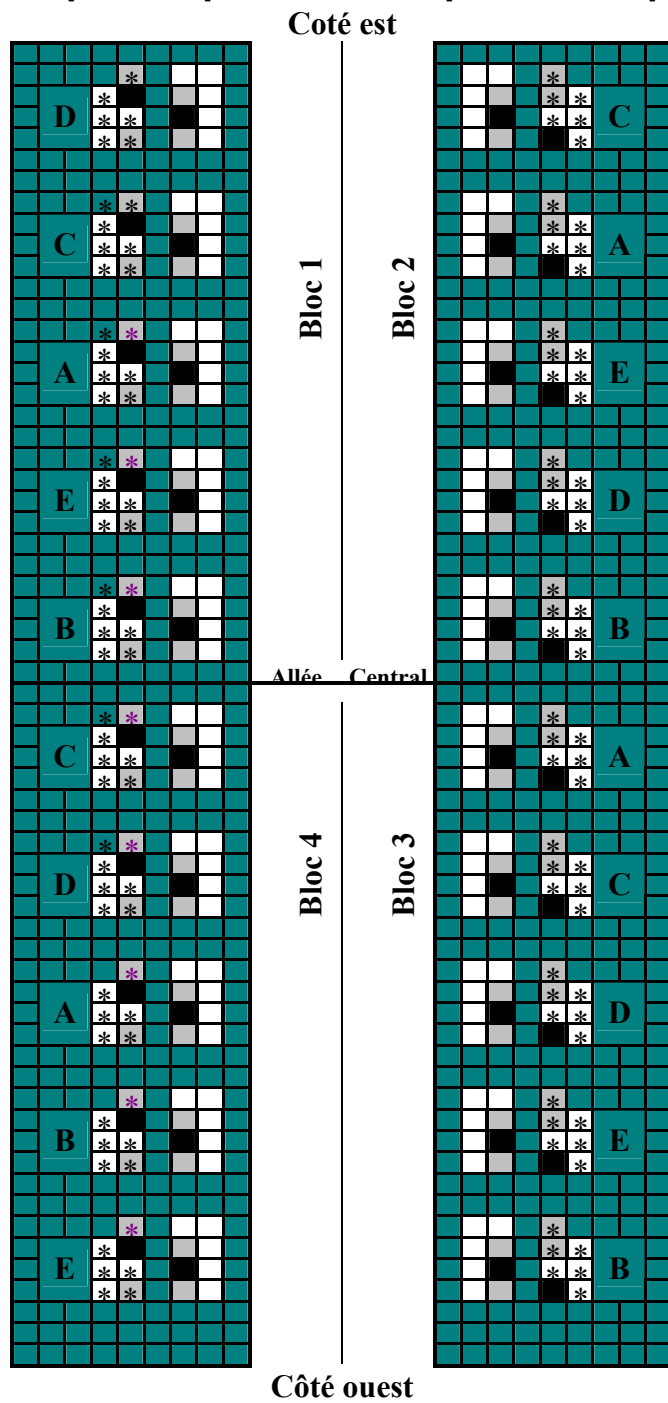
Le climat de cette région est de type subpolaire subhumide et est influencé par les masses d'air provenant de la Baie-des-Chaleurs (Robitaille et Saucier, 1998). La température annuelle moyenne y est de 2,5 °C et la saison de croissance varie entre 150 et 170 jours pour un total de 2 000 à 2 400 degrés-jours (°C) de croissance (Robitaille et Saucier, 1998). Les précipitations annuelles moyennes qui y sont rencontrées varient entre 1 000 et 1 200 mm avec une fraction nivale de 25 à 30 % (Robitaille et Saucier, 1998).

1.2. DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

Le dispositif expérimental de suivi des effets du chitosane au cours de la 2^e saison de croissance provient de celui installé en tunnel en 2002. Ce plan d'expérience en blocs complets aléatoires a été transféré en champ à la fin de la saison de croissance 2002, après le retrait des récipients utilisés pour les tests de gel. Ces derniers ont été remplacés par d'autres récipients non traités afin d'éviter les effets de bordure à l'intérieur des parcelles traitées. Ces nouveaux récipients n'ont pas été suivis.

La disposition des récipients à l'intérieur des parcelles principales a été modifiée, par rapport au plan de 2002, afin de les diviser en deux sous-parcelles (Figure 1). Les sous-parcelles situées près de l'allée centrale ont été traitées en 2003, alors que celles situées au centre des îlots n'ont pas été traitées en 2003. Étant donné que le choix des sous-parcelles à traiter en 2003 n'a pas été fait de façon aléatoire, mais plutôt de façon systématique, l'expérience a été réalisée selon un plan en tiroir systématique ou *split-block* (Collin, 2003).

Figure 1 Plan du dispositif expérimental transposé en champ pour la saison 2003



- Légende :**
- Zone tampon
 - Récipient de la zone traitée
 - Récipient traité en 2002 seulement et mesuré en 2003
 - Récipient récolté en 2002 pour les tests de gel
 - Récipient traité en 2002 et 2003, puis mesuré en 2003

1.3. PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL

Patry *et al.* (2003) ont décrit en détail le protocole utilisé en 2002 pour expérimenter le chitosane sur les semis d'épinette blanche 1-0 produits en récipients 25-350-A. L'application du chitosane, commercialisé sous le nom de Kitomer^{MD} par Marinard Biotech Inc., a été effectuée en 2003 selon ce même protocole. Cependant, les doses des traitements ont été ajustées afin de tenir compte de l'augmentation des besoins des plants (tableau 1). La cédule de réalisation de l'expérience en 2003 est présentée au tableau 2. Les pulvérisations ont été faites à l'aide d'un pulvérisateur manuel, telles qu'en 2002. Les plants ont reçu les mêmes soins que pour une production normale, il n'y a donc pas eu de changements aux cédules de fertilisations chimiques et d'irrigations par rapport aux autres productions. Le volume de solution appliquée sur chacun des traitements était toujours le même, seule la concentration en chitosane différait.

Tableau 1 Description des traitements appliqués

Code	En 2002 sur toutes les parcelles				En 2003 sur les sous-parcelles traitées			
	Traitement au chitosane		Quantité cumulée de chitosane		Traitement au chitosane		Quantité cumulée de chitosane	
	mg/cavité	Nb sem.	mg/cavité	ppm	mg/cavité	Nb sem.	mg/cavité	ppm
A	4	8	32	91	12	8	96	274
B	12	8	96	274	18	8	144	411
C	24	8	192	549	24	8	192	549
D	12	16	192	549	12	16	192	549
E	0	16	0	0	0	16	0	0

Tableau 2 Cédule de réalisation des traitements en 2003

Date	Traitements (mg/cavité)				
	A	B	C	D	E
02-06	12	18	24	12	0
11-06	12	18	24	12	0
16-06	12	18	24	12	0
23-06	12	18	24	12	0
01-07	12	18	24	12	0
08-07	12	18	24	12	0
15-07	12	18	24	12	0
22-07	12	18	24	12	0
31-07	-	-	-	12	0
07-08	-	-	-	12	0
12-08	-	-	-	12	0
19-08	-	-	-	12	0
26-08	-	-	-	12	0
02-09	-	-	-	12	0
09-09	-	-	-	12	0
16-09	-	-	-	12	0

1.4. PRISE DE MESURES

Des mesures ont été effectuées sur 4 plants-échantillons sur 2 des sept ou huit récipients traités par sous-parcelle, pour un total de 8 plants par sous-parcelle. Lorsque la cavité était initialement vide, le plan suivant, selon l'ordre de numérotation, a été sélectionné. Les mesures effectuées (et leur précision) sont :

- hauteur finale (1 cm);
- diamètre au collet final (0,1 mm);
- ramification (tableau 3);
- nombre final de branches et de têtes.

De plus, des mesures de masse anhydre des parties racinaires et aériennes ont été effectuées sur deux des plants-échantillons qui étaient les plus représentatifs de la moyenne des plants dans les sous-parcelles traitées en 2003.

Tableau 3 Définition des codes de ramification

Code	Définition
a	Peu de branches latérales
b	Semis bien équilibré et ramifié de façon équilibrée
c	Semis touffu
d	Semis très touffu (tige principale peu visible ou absente)

1.5. ANALYSES STATISTIQUES

Les analyses de variance sur les variables quantitatives continues, telle que la hauteur, ont été réalisées avec la procédure GLM du logiciel SAS version 8.02. Les résultats des analyses ont été considérés significatifs (*) à un seuil d'erreur de 5 % ($p \leq 0,0500$) et hautement significatifs (**) à un seuil d'erreur de 1 % ($p \leq 0,0100$). Lorsque les traitements ont démontré des effets significatifs, le test de Waller-Duncan a été appliqué afin de déterminer les traitements significativement différents des autres. Quant aux variables catégoriques, telle que la ramification, l'analyse a été effectuée par régression de Poisson pour des tableaux de contingence multidimensionnels avec la procédure GENMOD.

2. RÉSULTATS

2.1. HAUTEUR ET DIAMÈTRE DES SEMIS

Les applications de chitosane n'ont eu aucun effet significatif ($p = 0,5470$) sur la hauteur des semis d'épinette blanche (tableau 4). Néanmoins, les résultats affichent une tendance à la diminution de la hauteur des semis avec l'application de chitosane par rapport au témoin. En effet, à l'exception du traitement D appliqué sur deux saisons de croissance, la hauteur moyenne des semis ayant reçu du chitosane est de 1,5 à 2,8 cm inférieure à celle des témoins.

Tableau 4 Hauteur (cm) des semis d'épinette blanche après 2 saisons de croissance

Traitements	Années d'application	
	2002 seulement	2002 et 2003
A	18,9	18,8
B	18,4	18,6
C	18,5	17,5
D	17,9	20,2
E – témoin	20,4	20,3
Erreur-type : 0,9		

Les applications de chitosane n'ont eu aucun effets significatifs ($p = 0,1695$) sur le diamètre au collet des semis d'épinette blanche (tableau 5). Il n'y a pas de tendance claire qui ressort de ces résultats, contrairement à ceux sur la hauteur.

Tableau 5 Diamètre au collet (mm) des semis d'épinette blanche après 2 saisons de croissance

Traitements	Années d'application	
	2002 seulement	2002 et 2003
A	6,7	6,9
B	7,2	6,6
C	6,4	6,5
D	7,1	7,0
E – témoin	6,9	7,5
Erreur-type : 0,3		

L'interaction entre les traitements et les années d'application a eu un effet significatif ($p = 0,0346$) sur le ratio hauteur/diamètre des semis d'épinette blanche (tableau 6). Les ratios soulignés sont significativement ($0,0120 < p < 0,0319$) inférieurs à ceux en caractères gras dans le tableau 6. Parmi les semis traités seulement en 2002, les traitements B et D ont reçu une dose de 12 mg par cavité pendant 8 et 16 semaines, respectivement, alors que le traitement C en a reçu 24 mg pendant 8 semaines et le traitement E est le témoin. Les effets observés ne sont donc pas clairement structurés en relation avec les doses et les durées d'applications. Même si les probabilités observées sont faibles, les différences entre les traitements pourraient être dues au hasard seul. D'ailleurs, quoique significatives d'un point de vue statistique, ces différences ne le sont pas d'un point de vue opérationnel.

Tableau 6 Ratio hauteur/diamètre (cm/mm) des semis d'épinette blanche après 2 saisons de croissance

Traitements	Années d'application	
	2002 seulement	2002 et 2003
A	2,8	2,8
B	<u>2,5</u>	2,8
C	2,9	2,7
D	<u>2,5</u>	2,9
E – témoin	3,0	2,8
Erreur-type : 0,1		

2.2. MORPHOLOGIE DES SEMIS

La ramification des semis n'a pas été significativement associée aux traitements de chitosane ($0,5307 < p < 0,5777$) et aux années d'application ($0,1563 < p < 0,1611$) (tableau 7). De plus, le nombre moyen de têtes par semis n'a pas été significativement ($0,3847 < p < 0,7110$) affecté par les traitements (tableau 8). Le chitosane n'a donc pas eu d'effets significatifs sur la morphologie des semis.

Tableau 7 Fréquences d'observations des catégories de ramification par traitement après 2 saisons de croissance

Années d'applications	Traitements de chitosane	Codes de ramification				Total
		a	b	c	d	
2002 seulement	A	6	18	5	3	32
	B	10	14	6	2	32
	C	9	21	1	1	32
	D	5	20	7	0	32
	E	12	19	0	1	32
	Total	42	92	19	7	160
2002 et 2003	A	8	20	2	2	32
	B	6	19	5	2	32
	C	4	24	3	1	32
	D	5	26	1	0	32
	E	7	23	1	1	32
	Total	30	112	12	6	160

Tableau 8 Nombre moyen de têtes par semis après 2 saisons de croissance

Traitements	Années d'application	
	2002 seulement	2002 et 2003
A	1,5	1,3
B	1,6	1,5
C	1,1	1,4
D	1,3	1,1
E – témoin	1,1	1,2
Erreur-type : 0,2		

2.3. MASSE FINALE DES SEMIS

La masse anhydre des semis traités en 2002 et en 2003 est présentée au tableau 9. Les différents traitements n'ont eu aucun effet significatif sur la masse des parties aériennes ($p = 0,1309$) et sur la masse totale ($p = 0,0638$). Néanmoins, ces masses affichent toutes deux une tendance à être plus élevées dans le témoin que dans le traitement C, c'est-à-dire celui ayant reçu la plus forte concentration de chitosane, soit 24 mg par cavité sur une période de 8 semaines par année pendant deux ans. D'ailleurs, la masse racinaire dans le traitement C a été significativement inférieure ($p = 0,0494$) au témoin (E) et au traitement B. Les semis échantillonnés dans le traitement C étaient aussi les plus petits, tant en hauteur (tableau 4) qu'en diamètre (tableau 5), quoique ces différences n'étaient pas significatives.

Tableau 9 Masse anhydre des semis par traitement

Traitements	Masse anhydre (g)		
	Parties aériennes	Racines	Totale
A	5,7	2,4	8,2
B	7,1	3,2	10,3
C	5,3	<u>2,3</u>	7,6
D	6,7	2,8	9,4
E – témoin	6,9	3,3	10,2
Erreur-type	0,5	0,3	0,7

3. DISCUSSION

Le suivi après deux ans n'a pas démontré que l'application de chitosane pouvait améliorer de façon significative la dimension, la morphologie ou la masse des semis d'épinette blanche 2-0 produits en récipients de 350 cc à New Richmond. Pour toutes les variables à l'étude, les performances des semis témoins ont été équivalentes ou supérieures à celles des semis traités au chitosane. Le chitosane n'a donc pas permis d'améliorer la qualité des plants. Après deux années de traitements, il manque en moyenne 7 cm de hauteur aux semis en dormance (tableau 4) pour passer de la catégorie la plus basse (catégorie C, hauteur < 27 cm) à une catégorie supérieure (MRN, 2003) pour la production de plants à forte dimension.

Le suivi après 1 an (Patry *et al.*, 2003) avait démontré des tendances semblables, car les seuls effets statistiquement significatifs observés ne l'étaient pas d'un point de vue pratique. En effet, le rapport hauteur/diamètre avait été réduit d'environ 7 % dans le traitement avec la plus forte concentration de chitosane, passant d'environ 4,4 à 4,1. Or, cette variable n'est pas critique pour cette production de plants à forte dimension, car la norme ($\leq 9,0$) est facilement rencontrée. Quant à l'accroissement en diamètre des semis de deuxième année (2-0), l'effet ne représentait qu'un gain de 0,11 mm, soit environ 3 %. Encore une fois, cette variable n'est pas critique et la norme de diamètre minimal ($\geq 4,3$) est aisément rencontrée. C'est la croissance en hauteur qui est critique dans ce cas et l'application de chitosane n'a pas permis de l'améliorer, elle pourrait même la réduire légèrement. Comparativement à d'autres espèces, comme les épinettes noires, rouges et de Norvège ainsi que les pins blancs et rouges, la hauteur des plants d'épinette blanche est très variable à l'intérieur d'une même provenance. Une meilleure sélection génétique des semences, combinée avec l'utilisation de clones produits par embryogenèse somatique, pourraient augmenter significativement la hauteur moyenne des plants d'épinette blanche (Lamhamedi *et al.*, 2000).

Des volumes beaucoup plus élevés (1000 à 1375 ppm) ont été appliqués en 2003 sur la seconde saison de croissance de plants à forte dimension en récipients 25-350-A d'épinettes rouges, noires et de Norvège à Grandes-Piles en Mauricie (Guillemette, 2004). Les seuls effets significatifs furent une réduction de 2 cm de la hauteur des semis d'épinette rouge et un gain de 0,35 mm du diamètre de l'épinette de Norvège.

Compte tenu des effets minimes du chitosane sur la croissance des semis d'épinettes en pépinière et des coûts associés à son application, il est recommandé de ne pas appliquer de chitosane sur ces productions. Le seul effet significatif du chitosane qui a été répertorié pour des essences forestières québécoises (Blouin *et al.*, 2002) est l'induction de réactions de défense contre un pathogène responsable de la carie racinaire (Laflamme, 2000) sur l'épinette noire. Or, un test réalisé récemment à l'Université Laval aurait démontré que cet effet ne faisait que retarder les pertes causées par le champignon *Cylindrocladium floridanum*, mais ne réduisait pas les pertes totales (M. Guy Bussière, communication personnelle, 2004). C'est pourquoi ces chercheurs ont abandonné la possibilité d'utiliser le chitosane pour améliorer la protection des plants forestiers en pépinière.

CONCLUSION

L'application de chitosane sur des productions en pépinière de semis d'épinette blanche à forte dimension n'a pas affecté de façon significative la croissance, la morphologie ou la masse des plants. Ces observations corroborent les résultats d'autres études sur des épinettes au Québec.

Compte tenu des effets minimes du chitosane sur les productions d'épinettes en pépinière et des coûts associés à son application, il est recommandé de ne pas appliquer de chitosane sur ces productions.

RÉFÉRENCES

- Blouin, D., A. Patry, E. Boulfroy et I. Legault, 2002. Étude sur le potentiel d'utilisation du chitosane comme facteur de croissance et de protection des plants contre le gel et les maladies. Centre collégial de transfert de technologie en foresterie. Référence CERFO 2002-07. 55 p.
- Collin, J., 2003. Dispositifs expérimentaux. Notes de cours BVG-60678. Département de phytologie, Université Laval, Québec.
- Grondin, O., J. Blouin et P. Racine, 1999. Rapport de classification écologique du sous-domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau jaune de l'est. Ministère des Ressources naturelles du Québec, Direction des inventaires forestiers. Québec. 198 p.
- Guillemette, F., 2004 (en rédaction). Potentiel d'application du chitosane comme facteur biologique antifongique en pépinière. Centre collégial de transfert de technologie en foresterie.
- Laflamme, P., 2000. Évaluation du chitosane pour lutter contre la pourriture racinaire causée par *Cylindrocladium floridanum* chez l'épinette noire. Thèse de maîtrise. Faculté de foresterie et de géomatique. Université Laval. 64 p.
- Lamhamedi, M.S., H. Chamberland, P.Y. Bernier et F.M. Tremblay, 2000. Clonal variation in morphology, growth, physiology, anatomy and ultrastructure of container-grown white spruce somatic plants. *Tree Physiology* 20 : 869-880.
- MRN, 2003. Production de plants forestiers en récipients (ensemencement 2003). Annexe 3 : Normes de qualité relatives à la hauteur (H), le diamètre (D) et le rapport H/D par type de récipient et par essence. Ministère des Ressources naturelles du Québec.
- Patry, A., S. Meunier et F. Guillemette, 2003. Potentiel d'utilisation du chitosane comme facteur de croissance et de protection des plants d'épinette blanche contre le gel. Centre collégial de transfert de technologie en foresterie. Référence CERFO 2003-01. 65 p.
- Robitaille A. et J.-P. Saucier, 1998. Paysages régionaux du Québec méridional. Gouvernement du Québec, Ministère des Ressources naturelles, Direction de la gestion des stocks forestiers. 213 p.