

Dégagement chimique ou manuel de plantations d'épinette noire ? Étude de cas dans le domaine de la sapinière à bouleau blanc au Québec

par Robert Jobidon¹, François Trottier² et Lise Charette¹

Cette étude compare l'efficacité de traitements de dégagement manuel ou chimique, effectués dans des plantations d'épinette noire situées dans le domaine de la sapinière à bouleau blanc, région du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie intérieure au Québec. Trois stations expérimentales, caractérisées par une végétation de compétition dominée par le framboisier sauvage (*Rubus idaeus*), ont été retenues pour cette étude. Sur chaque station, un dispositif à blocs aléatoires comportant sept répétitions a été installé. Chaque bloc comporte quatre parcelles, chacune représentant un type de traitement : un dégagement manuel ; un dégagement manuel suivi d'un second après 2 ans ; un dégagement chimique au moyen du Vision® (Monsanto Canada) ; un témoin non dégagé. L'effet des traitements a été évalué sur la croissance de l'épinette mesurée 1, 2 et 5 ans après le traitement. Les plants d'épinette ont profité des traitements ; après 5 ans, la croissance en diamètre est supérieure de 25,2 à 42,9 %, celle en hauteur est supérieure de 12,5 à 24,8 % et celle de l'indice de volume moyen est supérieur de 89,3 à 168,6 %, comparativement aux témoins. De plus, les profils de la croissance dans le temps des plants des parcelles dégagées et témoins ne sont pas parallèles ; les plants des parcelles dégagées affichent un rythme de croissance supérieur à celui du témoin et l'écart s'accroît dans le temps. Pour les trois stations expérimentales, le dégagement chimique ne se distingue pas significativement du dégagement manuel, évalué après 5 ans sur les variables de croissance. Ce résultat est attribuable à une relativement faible reprise de la végétation après le traitement. Un second dégagement manuel a été réalisé mais pour l'une seulement des trois stations expérimentales et, dans ce cas, l'épinette a connu une croissance supérieure à celle qui suit un dégagement manuel simple. Le taux de survie n'est pas affecté significativement par l'une ou l'autre méthode de dégagement, à l'exception d'un cas attribuable à des dommages mécaniques survenus aux plants. Cette étude soutient l'hypothèse que pour des stations où la vigueur de la végétation de compétition est modérée, stations qu'on rencontre dans le domaine de la sapinière à bouleau blanc, un dégagement manuel est équivalent à un dégagement chimique en terme de croissance de l'épinette noire au cours des 5 premières années suivant le traitement.

Mots clés : compétition, dégagement manuel, dégagement chimique, épinette noire, framboisier sauvage, plantations d'épinette

This study aimed at comparing manual and chemical release treatments in black spruce plantations within the balsam fir – white birch ecosystems located in the Lower-Saint-Lawrence and inland Gaspé region of Québec. Three experimental sites characterized by competition dominated by red raspberry (*Rubus idaeus*) were selected for the study. On each site, a completely randomized block design with seven repetitions was used. Each block was composed of four plots, each representing a vegetation treatment : a manual release, a manual release to be repeated two years later, a chemical release using Vision® (Monsanto Canada), and no treatment on a control plot. The effects of treatment on spruce growth were assessed 1, 2, and 5 years after treatment. The spruce seedlings benefited from the release treatments. After five years, spruce diameter was 25.2 to 42.9% superior, height was 12.5 to 24.8% superior and the mean volume index was 89.3 to 168.6% superior to seedlings on control plots. Moreover, growth profiles over time for the released and control seedlings were not parallel; the seedlings in the released plots showed a growth rate which was superior to that of the control plots, and differences in growth trajectories increased over time. For the three experimental sites, chemical release showed no significant advantage over manual release when assessed after five years of spruce growth variables. This result is attributed to a relatively poor vegetation regrowth after treatment. A manual release treatment was applied a second time on only one of the three sites. In this case, spruce demonstrated a significantly higher growth than on plots which were only manually released once. The survival rate was not significantly affected by either of the treatments except when seedlings suffered mechanical damage. This study supports the hypothesis whereby sites located within the balsam fir – white birch ecosystems for which vigor of competing vegetation is moderate, a manual release treatment produces similar results to a chemical release treatment in terms of black spruce growth in the ensuing years.

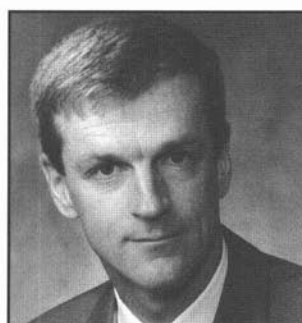
Key words : black spruce, chemical release, competition, manual release, red raspberry, spruce plantations.

¹Ministère des Ressources naturelles du Québec, Forêt Québec, Direction de la recherche forestière, 2700 rue Einstein, Sainte-Foy (Québec) G1P 3W8.

²Ministère des Ressources naturelles du Québec, Forêt Québec, Direction de l'assistance technique, 880 chemin Sainte-Foy, Québec (Québec) G1S 4X7.



Robert Jobidon



François Trottier



Lise Charette

Introduction

Sur plusieurs stations de l'est du Canada, les semis d'espèces résineuses en plantation subissent, au cours de leur période d'établissement, les effets néfastes de la compétition pour diverses ressources environnementales, principalement la lumière (Jobidon 1994, Jobidon *et al.* 1998). Ces effets se manifestent d'abord par une réduction de la croissance en diamètre, suivie d'une réduction de la croissance en hauteur et, enfin, la survie est compromise après quelques années (Jobidon et Charette 1997). Pour amoindrir ces effets, les sylviculteurs appliquent des traitements de dégagement au cours des premières années qui suivent la mise en terre. Bien que les phytocides chimiques aient démontré leur efficacité à maîtriser les espèces de compétition (Sutton 1984, Newton *et al.* 1992, Pitt *et al.* 1993), le dégagement manuel à l'aide d'une débroussailleuse est de plus en plus utilisé, à tout le moins au Québec. En 1994, le Québec adoptait une « Stratégie de protection des forêts » (Gouvernement du Québec 1994) dans laquelle l'abandon des phytocides chimiques est prévu en l'an 2001. Au cours des dernières années, un effort de recherche particulier a été consenti pour améliorer nos connaissances, tant de l'autécologie des espèces de compétition (Jobidon 1995, 1997a, 1997b), que des effets du dégagement manuel sur la croissance de l'épinette noire en plantation (Jobidon et Charette 1992, 1997).

Comme le mentionnent Jobidon et Charette (1997), la principale faiblesse du dégagement manuel réside dans la forte reprise de la végétation après la coupe, soit par rejets de souche, soit par drageonnement, soit les deux à la fois. Or cette reprise est largement subordonnée d'abord à l'importance de la végétation en place avant sa coupe et ensuite à la fertilité de la station. Les travaux de recherche réalisés au Québec sur le dégagement manuel l'ont été principalement dans le domaine de la sapinière à bouleau jaune, caractérisé notamment par des stations relativement riches. En ce qui a trait au domaine de la sapinière à bouleau blanc, nous ne possédons pas d'information précise sur les effets du dégagement manuel de plantations, malgré le fait qu'une partie importante de l'effort de reboisement au Québec se retrouve dans ce domaine écologique. De plus, il n'existe pas d'étude réalisée dans ce domaine écologique qui, à notre connaissance, ait comparé le dégagement manuel de plantations d'épinette noire à leur dégagement chimique. En Ontario, le projet écosystémique de Fallingsnow étudie les effets d'un certain nombre de traitements de la végétation en plantation d'épinette, incluant des traitements chimiques et manuels motorisés, sur les principales composantes environnementales, ainsi que sur les taux de production et les coûts (Lautenschlager *et al.* 1997).

L'étude publiée par Jobidon et Charette (1992) comportait une évaluation des effets sur la croissance de l'épinette noire d'un second dégagement effectué l'année suivant le premier; l'analyse des résultats n'a pas révélé d'effets significatifs du deuxième dégagement. L'hypothèse alors émise était qu'un second dégagement devrait se réaliser, lorsque nécessaire, quelques années après le premier de manière à ce que la réaction des semis au premier dégagement puisse s'exprimer sur une plus longue période.

La présente étude a été entreprise en 1991 pour tenter de combler ces lacunes. Plus particulièrement, elle tente d'apporter des réponses aux questions suivantes pour ce qui est du domaine de la sapinière à bouleau blanc : 1) y a-t-il bénéfice à dégager des plants d'épinette noire de la compétition ? 2) com-

ment se compare le dégagement manuel au dégagement chimique pour ce qui est de la croissance et de la survie de plants d'épinette noire, 5 ans après le traitement ? et 3) existe-t-il un avantage en ce qui concerne la croissance des plants d'épinette noire à réaliser un second dégagement manuel deux ans après le premier ?

Matériel et méthodes

Trois stations expérimentales ont été sélectionnées au cours de l'été de 1991 dans la région du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie intérieure, dans les cantons de Flynn (48° 07' latitude nord, 68° 17' longitude ouest), de Joncas (48° 40' latitude nord, 64° 46' longitude ouest) et de Pilote (46° 20' latitude nord, 66° 29' longitude ouest), noms ensuite attribués aux stations. La récolte finale du peuplement a eu lieu de 1985 à 1987 à la station Flynn, de 1983 à 1985 à la station Joncas et de 1985 à 1986 à la station Pilote. Les terrains ont été préparés par scarifiage en 1988 à la station Flynn et en 1987 aux stations Joncas et Pilote. La plantation de semis d'épinette noire, cultivés en récipients 45 – 110 cm³, a eu lieu au printemps de 1989 aux stations Flynn et Joncas et au printemps de 1988 à la station Pilote.

Sur chaque station expérimentale, un dispositif à blocs aléatoires à un facteur (dégagement) a été établi en 1991. Les niveaux du facteur, soit le dégagement chimique, manuel réalisé une fois (manuel 1x), manuel réalisé deux fois (manuel 2x) et témoin ont été attribués aléatoirement dans chaque bloc. Chaque dispositif renferme sept blocs de quatre parcelles, chacune mesurant 30 m sur 30 m. Une sous-parcelle d'échantillonnage comportant environ 15 semis d'épinette a été établie au centre de chaque parcelle; chaque semis a été identifié. En août 1991, un inventaire floristique a été réalisé dans chaque parcelle de chacune des trois stations expérimentales. Cet inventaire avait pour objectif de décrire le pourcentage de recouvrement des espèces ou groupe d'espèces occupant les parcelles. À cette même date, les semis des sous-parcelles d'échantillonnage ont été mesurés pour obtenir les valeurs du diamètre au niveau du sol (à 0,1 mm près) et de la hauteur totale (à 0,5 cm près) avant traitement. Pour les dispositifs Flynn, Joncas et Pilote, le diamètre moyen avant traitement atteint respectivement 7,2, 6,4 et 7,9 mm et la hauteur moyenne atteint 54,6, 44,8 et 53,6 cm.

Le premier traitement de dégagement a eu lieu en août 1991. Dans le cas du traitement chimique, le phytocide utilisé était le glyphosate (Vision®, Monsanto Canada) appliqué au moyen d'un pulvérisateur à barillets de type Boomjet® installé sur un débardeur, à raison de 4,5 l/ha (356 g d'ingrédients actifs par litre) dans le cas du dispositif Flynn, de 4,1 l/ha dans le cas du dispositif Joncas et de 4,4 l/ha dans le cas du dispositif Pilote. Le dégagement manuel a été réalisé à l'aide d'une débroussailleuse dans le dispositif Pilote, à l'aide d'un taille-haie dans le dispositif Flynn et à l'aide d'une machette dans le dispositif Joncas. Le second traitement de dégagement manuel n'a eu lieu que dans le dispositif Flynn au moyen d'une débroussailleuse, en août 1993; les autres dispositifs ne nécessitaient pas un second traitement. Les mesures sur les semis de la hauteur et du diamètre ont été effectuées 1, 2 et 5 ans après les traitements.

Des analyses de la covariance (ANCOVA) ont été effectuées sur les mesures après 5 ans du diamètre, de la hauteur et de l'indice de volume moyen (HD²), selon le plan d'expérience, séparément pour chaque station expérimentale, la covariable utilisée

Tableau 1. Diamètre mesuré au niveau du sol de l'épinette noire, 5 ans après dégagement chimique ou manuel, pour 3 dispositifs expérimentaux et résultats de l'analyse de la covariance (ANCOVA)

Dispositif	Source de variabilité	Diamètre moyen (mm)	ANCOVA		
			d.l.	c.m.	p
Flynn	Bloc		6	107,2	
	Diamètre initial		1	441,4	< 0,001
	Dégagement		3	174,9	< 0,001
	Dégagé vs témoin	36,2 vs 26,5	1	408,1	< 0,001
	Chimique vs manuel	33,3 vs 37,6	1	52,5	0,019
	Manuel 1x vs manuel 2x	34,6 vs 40,7	1	99,8	0,001
	Erreur expérimentale		14	7,4	
Joncas	Bloc		6	7,1	
	Diamètre initial		1	136,4	0,009
	Dégagement		2	74,5	0,022
	Dégagé vs témoin	26,8 vs 21,4	1	148,9	0,003
	Chimique vs manuel 1x	27,1 vs 26,5	1	1,1	0,789
	Erreur expérimentale		18	15,6	
Pilote	Bloc		6	10,8	
	Diamètre initial		1	461,2	< 0,001
	Dégagement		2	194,4	< 0,001
	Dégagé vs témoin	30,0 vs 21,0	1	380,9	< 0,001
	Chimique vs manuel 1x	30,4 vs 29,5	1	3,4	0,638
	Erreur expérimentale		18	15,0	

étant la valeur initiale mesurée avant le traitement de la variable considérée. Une analyse de la variance (ANOVA) a été effectuée sur le taux de survie après 5 ans. L'effet des traitements dans le temps a été considéré en effectuant des analyses de profils de croissance, soit des analyses de la covariance en mesures répétées (ANCOVAR), ayant à notre disposition les valeurs de croissance 1, 2 et 5 ans après les traitements. Les hypothèses sous-jacentes aux modèles ont été vérifiées selon les méthodes usuelles et une transformation a été appliquée lorsque cela était nécessaire. Des contrastes orthogonaux ont été construits pour répondre aux questions soulevées plus haut et testés selon une alternative unilatérale lorsque cela était applicable. Les moyennes présentées sont celles ajustées pour la covariable et, le cas échéant, ramenées à l'échelle originale selon la correction de Baskerville (Baskerville 1972).

Résultats et discussion

Avant les traitements de dégagement, les inventaires floristiques menés dans toutes les parcelles de chacun des trois dispositifs expérimentaux ont révélé une composition relativement homogène d'espèces de la succession entre les dispositifs, dominée par le framboisier sauvage. Sur la station Flynn, la végétation se compose principalement de la manière suivante, en pourcentage moyen de couverture : framboisier sauvage : de 63 à 75% de couverture; épilobe à feuilles étroites : de 7 à 14%; composante mineure (< 5%) d'espèces arbustives. Sur la station Joncas, la végétation se compose principalement de : framboisier sauvage : de 64 à 70% de couverture; épilobe à feuilles étroites : de 24 à 45%; espèces herbacées : de 14 à 38%; espèces arbustives : de 5 à 7%. Sur la station Pilote, la végétation se compose principalement de framboisier sauvage : de 71 à 79% de couverture avec une composante mineure (< 5%) d'épilobe à feuilles étroites.

Le traitement de dégagement, peu importe la méthode, a bonifié significativement la croissance en diamètre (Tableau 1) et en hauteur (Tableau 2) et l'indice de volume (Tableau 3), évalués après 5 ans. Pour la station Flynn, les plants des parcelles

dégagées ont un diamètre moyen mesuré au niveau du sol de 36,6% supérieur à celui du témoin, alors qu'il est de 25,2% supérieur à celui du témoin dans le cas de la station Joncas et de 42,9% dans celui de la station Pilote (Tableau 1). Le bénéfice de croissance en hauteur est moindre; il atteint 24,8%, 12,5% et 21,6%, comparativement au témoin, pour les stations Flynn, Joncas et Pilote, respectivement (Tableau 2). Les effets de la compétition sur la croissance sont généralement plus prononcés dans le cas du diamètre que dans le cas de la hauteur. En plus d'avoir déjà été observée chez l'épinette noire (Morris *et al.* 1990, Jobidon *et al.* 1998), cette réaction a aussi été observée chez l'épinette blanche (Brand et Janas 1988), chez le pin blanc (Brand et Janas 1988) et le pin rouge (Elliott et White 1993). On pourrait attribuer cette réaction à la phénologie des espèces de compétition, comparativement à celle de l'épinette qui complète sa croissance en hauteur alors que les espèces de compétition sont toujours en période de croissance. Par contre, l'épinette réalise sa croissance en diamètre alors que le développement des espèces de compétition est passablement complété (Brand et Janas 1988). Cette réaction pourrait aussi être attribuable à la nature homéostatique de la croissance et aux patrons d'allocation des ressources qui diffèrent entre le méristème apical et le cambium (Lanner 1985). En compétition, les épinettes ont une croissance latérale moindre des branches et une surface évaporative moindre, ce qui a pour résultante de maintenir un équilibre avec la surface de transport, soit le diamètre de la tige. L'indice de volume, variable fréquemment retenue pour apprécier les effets du dégagement (Walstad et Kuch 1987), a été de 168,6% supérieur dans les parcelles dégagées, par rapport aux témoins, à la station Flynn et de respectivement 89,3% et 101,9% aux stations Joncas et Pilote. Ces résultats traduisent l'avantage obtenu au cours des 5 premières années de dégager les plants de la compétition.

Les analyses de la covariance en mesures répétées (ANCOVAR) révèlent que les profils de la croissance dans le temps des plants des parcelles dégagées et témoins ne sont significativement pas parallèles. Pour la station Flynn, les profils

Tableau 2. Hauteur de l'épinette noire, 5 ans après dégagement chimique ou manuel, pour 3 dispositifs expérimentaux et résultats de l'analyse de la covariance (ANCOVA)

Dispositif	Source de variabilité	Hauteur moyenne (cm)	ANCOVA		
			d.l.	c.m.	p
Flynn	Bloc		6	1 186,1	
	Hauteur initiale		1	4 101,0	0,005
	Dégagement		3	1 614,5	0,025
	Dégagé vs témoin	189,6 vs 151,9	1	4 408,0	0,002
	Chimique vs manuel	181,5 vs 193,6	1	442,4	0,298
	Manuel 1x vs manuel 2x	183,3 vs 204,0	1	1 137,7	0,052
	Erreur expérimentale		14	378,0	
Joncas	Bloc		6	161,8	
	Hauteur initiale		1	3 062,7	0,004
	Dégagement		2	543,4	0,170
	Dégagé vs témoin	130,9 vs 116,4	1	1 036,4	0,035
	Chimique vs manuel 1x	129,2 vs 132,7	1	37,9	0,716
	Erreur expérimentale		18		
Pilote	Bloc		6	1 101,5	
	Hauteur initiale		1	12 022,7	< 0,001
	Dégagement		2	2 254,9	0,009
	Dégagé vs témoin	158,7 vs 130,5	1	3 983,2	0,002
	Chimique vs manuel 1x	156,3 vs 161,1	1	102,7	0,602
	Erreur expérimentale		18	365,1	

Tableau 3. Indice de volume moyen de l'épinette noire, 5 ans après dégagement chimique ou manuel, pour 3 dispositifs expérimentaux et résultats de l'analyse de la covariance (ANCOVA)

Dispositif	Source de variabilité	Indice de volume moyen (cm ³)	ANCOVA		
			d.l.	c.m.	p
Flynn	Bloc		6	0,80	
	Indice de volume (log) initial		1	2,77	< 0,001
	Dégagement		3	1,51	< 0,001
	Dégagé vs témoin	2 119,6 vs 789,2	1	3,95	< 0,001
	Chimique vs manuel	1 053,2 vs 2 400,2	1	0,39	0,052
	Manuel 1x vs manuel 2x	1 811,3 vs 3 180,4	1	0,83	0,004
	Erreur expérimentale		14	0,09	
Joncas	Bloc		6	91,1*	
	Indice de volume initial		1	1 436,3*	0,014
	Dégagement		2	863,5*	0,028
	Dégagé vs témoin	1 247,4 vs 659,0	1	1 725,5*	0,004
	Chimique vs manuel 1x	1 269,5 vs 1 225,3	1	4,7*	0,879
	Erreur expérimentale		18	196,0*	
Pilote	Bloc		6	336,7*	
	Indice de volume initial		1	5 998,3*	< 0,001
	Dégagement		2	2 586,9*	< 0,001
	Dégagé vs témoin	2 035,6 vs 1 008,3	1	5 020,6*	< 0,001
	Chimique vs manuel 1x	2 059,4 vs 2 011,9	1	10,1*	0,836
	Erreur expérimentale		18	228,1*	

* × 10³

de croissance en diamètre ($p < 0,001$), en hauteur ($p < 0,001$) et en indice de volume ($p < 0,001$) sont supérieurs dans les parcelles dégagées à ceux des parcelles témoins. Il en est de même pour la station Joncas (diamètre : $p = 0,005$; hauteur : $p = 0,032$; indice de volume moyen : $p = 0,007$) et la station Pilote (diamètre : $p = 0,001$; hauteur : $p < 0,001$; indice de volume moyen : $p < 0,001$). Cela signifie que les plants des parcelles dégagées affichent un rythme de croissance supérieur à ceux des parcelles témoins et cet écart s'accroît significativement dans le temps. Le traitement de dégagement est réputé avoir des effets qui perdurent sur de nombreuses années, comme on le constate notamment après un dégagement manuel de l'épinette noire sur une période de 10 ans (Jobidon

et Charette 1997), ou après dégagement manuel ou chimique d'une régénération naturelle de sapin baumier et d'épinette blanche sur une période de 32 ans (MacLean et Morgan 1983). Ces effets à long terme sont attribuables à la bonification du rythme de croissance conférée aux jeunes plants par le traitement de dégagement, comme la présente étude le démontre, et à l'acquisition par les jeunes plants de meilleures positions sociales au sein du peuplement, reconnues pour se conserver et se renforcer dans le temps (Riou-Nivert 1983, Jobidon et Charette 1997).

Pour les trois stations expérimentales, le dégagement chimique ne se distingue pas significativement d'un seul dégagement manuel, évalué sur les variables de croissance après 5 ans. Pour les stations Joncas et Pilote, le plus petit seuil

Tableau 4. Taux de survie de l'épinette noire, 5 ans après dégagement chimique ou manuel, pour 3 dispositifs expérimentaux et résultats de l'analyse de la variance (ANOVA)

Dispositif	Source de variabilité	Survie (%)	ANOVA		
			d.l.	c.m.	p
Flynn	Bloc		6	14,2	
	Dégagement		3	8,3	0,355
	Dégagé vs témoin	89 vs 95	1	15,3	0,161
	Chimique vs manuel	86 vs 91	1	10,3	0,247
	Manuel 1x vs manuel 2x	92 vs 90	1	0,8	0,743
	Erreur expérimentale		15	7,1	
Joncas	Bloc		6	5,5	
	Dégagement		2	3,8	0,504
	Dégagé vs témoin	92 vs 91	1	1,4	0,611
	Chimique vs manuel 1x	91 vs 94	1	5,0	0,346
	Erreur expérimentale		19	5,4	
Pilote	Bloc		6	27,2	
	Dégagement		2	52,1	0,055
	Dégagé vs témoin	87 vs 83	1	11,8	0,391
	Chimique vs manuel 1x	81 vs 94	1	78,5	0,036
	Erreur expérimentale		19	15,3	

observé p est égal à 0,602, ce qui atteste même qu'aucune tendance ne se démarque entre les deux méthodes de dégagement. Les analyses effectuées sur les profils de croissance indiquent aussi qu'il n'existe pas d'effet significatif de la méthode de dégagement; pour les stations Joncas et Pilote, le plus petit seuil observé p est égal à 0,216. Ce résultat est attribuable à une vigueur de reprise relativement faible de la végétation après le dégagement manuel, de sorte que les plants d'épinette ont exprimé une réaction de croissance équivalente entre les deux méthodes de dégagement. On reconnaissait généralement que le dégagement chimique permettait une meilleure réaction de l'espèce cultivée que le dégagement manuel, en raison d'une plus longue période d'efficacité de la maîtrise de la végétation (MacLean et Morgan 1983, Sutton 1984, Walstad et Kuch 1987). À titre d'exemple, une étude réalisée en Ontario a montré que le dégagement chimique était supérieur au dégagement manuel motorisé, évalué sur les patrons de végétation un an après le traitement. Cette différence était attribuable à une réduction plus importante de la végétation ligneuse et herbacée par le produit Vision® (Bell *et al.* 1997). Dans la présente étude, il apparaît clairement que dans le domaine écologique de la sapinière à bouleau blanc, où le dynamisme de croissance des espèces appartenant à la succession secondaire est relativement faible, l'épinette noire peut profiter autant d'un dégagement chimique que d'un dégagement manuel au cours des premières années suivant la mise en terre. À la station Flynn toutefois, un second dégagement manuel a été réalisé deux ans après le premier et a significativement bonifié la croissance en diamètre (Tableau 1) et l'indice de volume moyen (Tableau 3) de l'épinette noire, comparativement à un seul dégagement manuel. Il s'agissait du seul des trois cas où un second dégagement semblait nécessaire. L'avantage obtenu du second dégagement manuel explique l'effet significatif ($p = 0,019$) sur la croissance en diamètre dans la comparaison des traitements manuel et chimique. L'examen du Tableau 1 révèle que le diamètre moyen après 5 ans des parcelles dégagées chimiquement atteint 33,3 mm et qu'il atteint 34,6 mm pour les plants des parcelles dégagées manuellement une seule fois; ces traitements sont équivalents ($p = 0,443$; ce contraste n'apparaît pas au Tableau 1). Ainsi

le bénéfice supplémentaire, en terme de croissance, obtenu par le second dégagement manuel est attribuable au fait que les plants d'épinette ont profité d'une plus longue période de temps en régime réduit de compétition, comparativement à la situation qui prévalait dans les parcelles dégagées manuellement une seule fois, ou dans celles dégagées chimiquement. Cette réaction apparaît typique d'espèces relativement tolérantes à l'ombre comme l'épinette noire (Wagner *et al.* 1999). Ce résultat confirme l'hypothèse voulant qu'un second dégagement manuel doit être espacé du premier pour en obtenir des bénéfices sur la croissance de l'épinette noire. Cet avantage du second dégagement manuel réalisé à la station Flynn s'exprime aussi par le profil de la croissance en diamètre dans le temps qui est supérieure ($p = 0,022$) dans les parcelles dégagées deux fois, comparativement à une seule fois. Par contre, les profils de croissance dans le temps en hauteur ($p = 0,135$) et en indice de volume ($p = 0,157$) ne se distinguent pas.

Pour son développement et sa croissance, le framboisier sauvage est une espèce davantage subordonnée à la disponibilité en azote du sol, qu'à la disponibilité en lumière (Lautenschlager 1999). Ceci peut raisonnablement expliquer que sur des stations peu fertiles, comme celles de la présente étude, la coupe des tiges du framboisier ne conduise ensuite qu'à une faible vigueur de reprise, d'où l'efficacité observée du traitement chez l'épinette.

Le traitement de dégagement, qu'il soit pratiqué par une méthode manuelle ou chimique, n'a pas eu d'effets significatifs ($p > 0,161$) sur le taux de survie des plants sur chacune des trois stations expérimentales (Tableau 4). Ce résultat confirme celui obtenu dans le domaine de la sapinière à bouleau jaune pour l'épinette noire, jusqu'à 10 ans après dégagement manuel de la compétition (Jobidon et Charette 1997). Outre les causes propres au matériel végétal utilisé dans un programme de reboisement, la mortalité au stade juvénile en plantation est d'abord attribuable à la qualité de la mise en terre et à la qualité du micro-site de plantation et très peu aux forces de la compétition. De manière générale, celles-ci exercent leur influence d'abord sur la croissance et plus tardivement sur la survie des plants. Une évaluation des effets de la compétition en plan-

tation doit donc passer d'abord par l'examen de la croissance en diamètre, puis par celui de la croissance en hauteur et ensuite par l'examen de la survie. Par ailleurs, la méthode de dégagement n'a pas eu d'effets significatifs sur le taux de survie, cinq ans après le traitement, aux stations Flynn ($p = 0,247$) et Joncas ($p = 0,346$), pas plus que la réalisation d'un second dégagement manuel ($p = 0,743$) à la station Flynn (Tableau 4). À la station Pilote par contre, le taux de survie est significativement plus élevé après un dégagement manuel qu'après un dégagement chimique. Cet effet est, dans ce cas-ci, attribuable aux bris infligés aux semis par la machinerie utilisée pour réaliser le traitement de dégagement chimique.

Conclusion

Alors que les effets et les avantages pour les espèces cultivées du dégagement à l'aide de phytocides sont très bien documentés (Stewart *et al.* 1984), ceux du dégagement manuel le sont beaucoup moins. Pourtant, le Québec s'est doté d'une stratégie de réduction puis d'abandon des phytocides chimiques en milieu forestier et de remplacement de ce mode d'entretien entre autres par des dégagements manuels. En 1998 par exemple, il s'est dégagé environ 9 500 ha à l'aide de phytocides et environ 20 000 ha par méthode manuelle, ce qui traduit bien d'abord l'ampleur des superficies dégagées manuellement par rapport aux superficies totales dégagées et ensuite le besoin de préciser l'effet de ces travaux par rapport au dégagement chimique. La présente étude a été réalisée dans le domaine de la sapinière à bouleau blanc où les pressions de la compétition en plantation sont généralement moindres que ce qu'on retrouve par exemple dans celui de la sapinière à bouleau jaune. Toutefois, ces pressions existent car pour chacune des trois stations expérimentales, les plants d'épinette noire ont bénéficié du dégagement au cours des cinq premières années, en termes de croissance en diamètre (bénéfice variant de 25,2% à 42,9%), en hauteur (bénéfice variant de 12,5% à 24,8%) et en indice de volume moyen (bénéfice variant de 89,3% à 168,6%). Cinq ans après le dégagement, il apparaît que les traitements chimique et manuel, évalués par la croissance de l'épinette noire, s'équivalent. En d'autres termes, cette étude démontre qu'il est possible d'obtenir, à tout le moins pour la période d'étude en cause, une croissance en diamètre et en hauteur semblable, que le dégagement soit effectué par la méthode chimique ou manuelle. Cette similitude est attribuable à la faiblesse relative de la compétition. Sur des stations plus riches, il est probable qu'on devra envisager un second dégagement manuel pour obtenir un bénéfice de croissance équivalent à celui obtenu par un dégagement chimique. La mortalité des semis a été équivalente qu'il y ait eu ou non dégagement et aussi entre les deux méthodes de dégagement. Ce résultat confirme ceux de diverses études portant sur les effets de la compétition; la survie ne constitue pas un indicateur précoce du phénomène.

Dans tous les cas, seule la détection précoce d'une situation de compétition, basée au Québec sur les travaux de Jobidon (1992, 1994), permettra de prescrire un traitement de dégagement et sa répétition, le cas échéant, et assurera donc d'obtenir un rendement optimal. Par contre, l'effort de réduction de l'usage des phytocides est envisageable sans qu'on doive multiplier les traitements de dégagement manuel, à tout le moins sur des stations appartenant au domaine de la sapinière à bouleau blanc dominées par le framboisier sauvage.

Remerciements

Les auteurs remercier sincèrement le personnel du bureau régional du Bas-Saint-Laurent et celui de la Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine du ministère des Ressources naturelles, pour leur contribution à l'établissement et au suivi des dispositifs expérimentaux. Nous sommes également redevables à monsieur Jean-Pierre Adam pour ses conseils lors de la préparation des plans d'expérience. Enfin, nous exprimons notre gratitude à monsieur Louis Blais pour son avis sur les analyses statistiques, à monsieur Fabien Caron pour sa révision du texte ainsi qu'à messieurs René Doucet et Jean-Claude Ruel pour leurs conseils judicieux lors de la révision du manuscrit.

Références

- Baskerville, G.L.** 1972. Use of logarithmic regression in the estimation of plant biomass. *Can. J. For. Res.* 2 : 49–53.
- Bell, F.W., R.A. Lautenschlager, R.G. Wagner, D.G. Pitt, J.W. Hawkins et K.R. Ride.** 1997. Motor-manual, mechanical, and herbicide release affect early successional vegetation in northwestern Ontario. *For. Chron.* 73 : 61–68.
- Brand, D.G. et P.S. Janas.** 1988. Growth and acclimation of planted white pine and white spruce seedlings in response to environmental conditions. *Can. J. For. Res.* 18 : 320–329.
- Elliott, K.J. et A.S. White.** 1993. Effects of competition from young northern hardwoods on red pine seedling growth, nutrient use efficiency, and leaf morphology. *For. Ecol. Manage.* 57 : 233–255.
- Gouvernement du Québec.** 1994. Une stratégie. Aménager pour mieux protéger les forêts. Ministère des Ressources naturelles. Direction des programmes. 197 p.
- Jobidon, R.** 1992. Measurement of light transmission in young conifer plantations : a new technique for assessing herbicide efficacy. *North. J. Appl. For.* 9 : 112–115.
- Jobidon, R.** 1994. Light threshold for optimal black spruce (*Picea mariana*) seedling growth and development under brush competition. *Can. J. For. Res.* 24 : 1629–1635.
- Jobidon, R.** 1995. Autécologie de quelques espèces de compétition d'importance pour la régénération forestière au Québec. *Revue de littérature.* Ministère des Ressources naturelles. Direction de la recherche forestière. Mémoire de recherche forestière No 117. 180 p.
- Jobidon, R.** 1997a. Stump height effects on sprouting of mountain maple, paper birch and pin cherry – 10 year results. *For. Chron.* 73 : 590–595.
- Jobidon, R.** 1997b. Pin cherry sucker regeneration after cutting. *North. J. Appl. For.* 14 : 117–119.
- Jobidon, R. et L. Charette.** 1992. Dégagement mécanique et manuel de jeunes plantations de conifères. Étude d'efficacité cinq ans après le traitement. Ministère des Ressources naturelles. Direction de la recherche forestière. Mémoire de recherche forestière No 105. 30 p.
- Jobidon, R. et L. Charette.** 1997. Effets, après 10 ans, du dégagement manuel simple ou répété et de la période de coupe de la végétation de compétition sur la croissance de l'épinette noire en plantation. *Can. J. For. Res.* 27 : 1979–1991.
- Jobidon, R., L. Charette et P.Y. Bernier.** 1998. Initial size and competing vegetation effects on water stress and growth of *Picea mariana* (Mill.) BSP seedlings planted in three different environments. *For. Ecol. Manage.* 103 : 293–305.
- Lanner, R. M.** 1985. On the intensity of height growth to spacing. *For. Ecol. Manage.* 13 : 143–148.
- Lautenschlager, R. A.** 1999. Environmental resource interactions affect red raspberry growth and its competition with white spruce. *Can. J. For. Res.* 29 : 906–916.
- Lautenschlager, R. A., F. W. Bell, R. G. Wagner et J. A. Winters.** 1997. The Fallingsnow ecosystem project : Comparing conifer release alternatives in northwestern Ontario. *For. Chron.* 73 : 35–38.

MacLean, D.A. et M.G. Morgan. 1983. Long-term growth and yield response of young fir to manual and chemical release from shrub competition. *For. Chron.* 59 : 177-183.

Morris, D.M., G.B. MacDonald et K.M. McClain. 1990. Evaluation of morphological attributes as response variables to perennial competition for 4-year old black spruce and jack pine seedlings. *Can. J. For. Res.* 20 : 1696-1703.

Newton, M., E.C. Cole, M.L. McCormack Jr. et D.E. White. 1992. Young spruce-fir forests released by herbicides. II. Conifer response to residual hardwoods and overstocking. *North. J. Appl. For.* 9 : 130-135.

Pitt, D.G., D.G. Thompson, N.J. Payne et E.G. Kettela. 1993. Response of woody eastern Canadian forest weeds to fall foliar treatments of glyphosate and triclopyr herbicides. *Can. J. For. Res.* 23 : 2490-2498.

Riou-Nivert, P. 1983. Sélection en sylviculture : une action à mener dès la pépinière. *Forêt-Entreprise* 83 : 22-36.

Stewart, R.E., L.L. Gross et B.H. Honkala. 1984. Effects of competing vegetation on forest trees : a bibliography with abstracts. US Dep. Agric., For. Serv., Gen. Tech. Rep. WO-43.

Sutton, R.F. 1984. Plantation establishment in the boreal forest : glyphosate, hexazinone, and manual weed control. *For. Chron.* 60 : 24-28.

Wagner, R.G., G.H. Mohammed et T.L. Noland. 1999. Critical period of interspecific competition for northern conifers associated with herbaceous vegetation. *Can. J. For. Res.* 29 : 890-897.

Walstad, J.D. et P.J. Kuch (eds.). 1987. Forest vegetation management for conifer production. John Wiley & Sons, New York. 523 p.