

## Note de recherche forestière n° 77

# Résultats de dix ans concernant les éclaircies en ligne réalisées dans les plantations de la forêt de Drummondville

Gilles SHEEDY et Valère BERTRAND<sup>1</sup>

F.D.C. 232.4(047.3)(714)  
L.C. SD 408

### Résumé

Ce rapport présente les résultats de croissance et de production de 26 plantations de pin rouge, d'épinette blanche et d'épinette de Norvège de la forêt de Drummondville à la suite d'une éclaircie systématique. Dix ans après la première éclaircie, les arbres traités sont plus gros et présentent des accroissements en diamètre nettement supérieurs (1,5 à 2,8 cm selon les essences) à ceux des arbres témoins. Les gains en volume sont très variables d'un dispositif à l'autre et selon les essences (-42 à 53 m<sup>3</sup>/ha en volume total). En moyenne, l'éclaircie a permis de réduire la mortalité (de trois à quatre fois selon les essences) et de concentrer le volume sur moins de tiges (40 à 52 % selon les essences).

Mots-clés : plantation, éclaircie en ligne, croissance, production, pin rouge, *Pinus resinosa*, épinette blanche, *Picea glauca*, épinette de Norvège, *Picea abies*.

### Summary

This report presents growth and yield results for red pine and white and Norway spruce plantations of the Drummondville region. The plantations were row-thinned and ten years later, the trees of the thinned plots are bigger and present a diameter increment superior to the controls (1.5 to 2.8 cm). The volume gains are very variable between stands and species (-42 to 53 m<sup>3</sup>/ha of total volume). Row thinning has reduced mortality by three to four times depending on the species and has concentrated the volume on fewer stems (40 to 52 % depending on the species).

Key words : plantation, row thinning, growth, yield, red pine, *Pinus resinosa*, white spruce, *Picea glauca*, Norway spruce, *Picea abies*.

### Introduction

La forêt de Drummondville comprend une superficie de 2926 ha dont 1072 ha de plantations. Elle est établie sur d'anciennes terres agricoles. Le reboisement de ces terres débuta dès 1939 et se poursuivit jusqu'en 1963. Cette forêt a subi beaucoup d'interventions au cours des ans : débroussaillage, coupes de nettoyage et de dégagement, élagage, éclaircies pré-commerciales et commerciales, arrosages contre les insectes (Tenthrede de Le Conte, Charançon du pin blanc), etc. Plus de 19 essences différentes y ont été plantées; les principales sont les pins gris, rouge et blanc et les épinettes blanche et de Norvège. Cette forêt très accessible et bien située a fait l'objet de plusieurs travaux de recherches. Ainsi, la Direction de la recherche forestière participe depuis 1981, en collaboration avec la région de Trois-Rivières, à des coupes d'éclaircie réalisées dans ces plantations. Dans le cadre de ce projet, V. Bertrand a participé à l'établissement de plus de 28 dispositifs expérimentaux dans ces plantations dans le but de mesurer les effets réels des éclaircies sur la croissance.

Cette note présente une partie des résultats des mesures effectuées dans 26 dispositifs dix ans après la première éclaircie.

<sup>1</sup> Respectivement : Ing.f., M.Sc., chargé de recherches en fertilité et reboisement au Service de l'amélioration des arbres; Ing.f., M.Sc., retraité, ancien chargé de recherches sur les éclaircies commerciales et le rendement des plantations résineuses au même Service.

## Revue de littérature

Les éclaircies sont des coupes effectuées dans de jeunes peuplements afin de stimuler la croissance des arbres résiduels et d'augmenter la production ou le rendement total. L'éclaircie permet de récupérer une partie du volume qui serait autrement perdu par la mortalité (ALTHEN et STIELL 1990). En fait, il s'agit de redistribuer le potentiel de croissance du peuplement de la meilleure façon possible et d'utiliser tout le matériel de valeur marchande produit au cours de la révolution. Idéalement, l'éclaircie a pour effet principal de réduire graduellement le nombre d'arbres d'un peuplement de telle sorte qu'il possédera par exemple à 60 ans le même nombre d'arbres et à peu près le même diamètre moyen qu'il atteindrait normalement à 90 ans (VÉZINA 1968).

L'importance de l'éclaircie commerciale comme traitement sylvicole est bien reconnue en Europe et aux Etats-Unis. Ainsi, en 1985, plus de 250 000 ha ont été éclaircis en Suède et presque autant en Finlande (RYANS 1990). Juste pour la région du sud-est des Etats-Unis, on projetait d'éclaircir plus de 400 000 ha/an de plantations de pin (*Pinus taeda* L. et *Pinus elliotii* Engelm.) durant les années 80 (KNIGHT et SHEFFIELD 1980). Plus près de chez nous, au Nouveau-Brunswick, la compagnie J.D. Irving a pratiqué en 1994 des éclaircies commerciales sur plus de 1000 ha de plantations d'épinettes noire ou blanche (BRUNSDON et PELLETIER 1994). Dans la grande majorité des cas, ces éclaircies ont été réalisées dans des plantations. Au Québec, les éclaircies représentent environ 2000 ha par an et concernent pour une bonne part des peuplements naturels (RYANS 1990).

Dans les jeunes plantations résineuses, il est reconnu que les éclaircies précoces sont indispensables à la stabilité et à la croissance des peuplements (THIVOLLE-CAZAT 1984). Mais dans le contexte économique actuel, cette opération sylvicole est très souvent déficitaire ; c'est pourquoi on a recours de plus en plus à l'éclaircie systématique (en ligne ou en rangée). Dans la plupart des cas, cette dernière consiste à enlever une rangée sur deux, sur trois ou sur quatre. Cette méthode d'éclaircie est moins efficace (en terme de gain de production) que l'éclaircie sélective, mais elle est aussi moins coûteuse. Ainsi, selon LIECHTY *et al.* (1988), dans le cas du pin rouge, le type d'éclaircie appliqué semble être aussi important que l'intensité de l'éclaircie appliquée et la différence entre les deux types d'éclaircie (sélective et systématique) augmente quand on comprend le bois de sciage dans l'analyse. BALDWIN *et al.* (1989) mentionnent pour leur part que la croissance en diamètre, l'accroissement en volume et la production nette en volume par hectare des plantations de pin (*P. taeda* et *P. elliotii*) seront moindres et que la croissance sera concentrée sur les plus petits arbres si l'on éclaircit par rangée plutôt que sélectivement. Selon CREMER et MEREDITH (1976), la croissance en volume du pin *radiata* est 17 % supérieure lorsque l'éclaircie est sélective plutôt qu'en ligne. Pour sa part, ELFVING (1985) mentionne que dans le cas des plantations de pins et d'épinettes en Suède, l'accroissement en

diamètre est de seulement 4 à 6 % supérieur après l'éclaircie sélective par rapport à l'éclaircie en ligne. Ces différences seraient attribuables à la présence d'un nombre plus important de tiges de faible diamètre (après l'éclaircie) lorsque l'éclaircie est systématique. C'est pourquoi on combine souvent les avantages des deux types d'éclaircies (sélective et systématique) en procédant simultanément à une coupe systématique (par exemple une rangée sur trois) et à une éclaircie sélective dans les rangées restantes. L'éclaircie systématique (en rangée ou en ligne) coûte moins cher et facilite les opérations de terrain ; la coupe et le débardage se font sans problème et peuvent être mécanisés. C'est une opération bénéfique pour le peuplement et même si, par rapport au témoin non éclairci, la production de bois accuse parfois une légère baisse, la quantité de bois de sciage augmente nettement et les arbres sont plus gros.

Comme le mentionnent SCHÜTZ (1981) et MARTIN (1982), ce sont les jeunes peuplements qui réagissent le mieux aux interventions et ce que le traitement sylvicole a manqué en jeunesse ne pourra se rattraper entièrement par la suite. De plus, les interventions peuvent être beaucoup plus vigoureuses quand le peuplement est jeune.

ENGHARDT et MANN (1972) ont montré que la croissance en volume des plantations de pin (*P. elliotii*) âgées de 17 à 27 ans était directement liée à la surface terrière par hectare après éclaircie. La croissance en diamètre était inversement liée à la densité du peuplement.

Au Canada, plusieurs auteurs ont fait les mêmes observations : ALTHEN et STIELL (1965) pour le pin rouge, BERRY (1968) et STIELL (1970) pour l'épinette blanche. Ces auteurs recommandent par ailleurs de conserver une densité résiduelle de l'ordre de 20 à 30 m<sup>2</sup>/ha en surface terrière afin d'assurer un accroissement optimum en volume.

Selon KNIGHT et SHEFFIELD (1980), l'éclaircie des plantations de pin (*P. taeda* et *P. elliotii*) peut produire des gains en volume de l'ordre de 0 à 70 m<sup>3</sup>/ha selon la qualité de la station, l'essence et l'âge du peuplement. Comme le mentionnent ENGHARDT et MANN (1972), l'éclaircie est un traitement particulièrement efficace lorsque le but recherché est de produire des bois de sciage et de déroulage. Toutefois, même si ce traitement augmente la production, il semble que l'éclaircie soit peu rentable en termes de coûts et de bénéfices (ALTHEN *et al.* 1978). Selon LUSSIER (1990), les éclaircies et la plupart des travaux sylvicoles ne sont pas rentables pour l'entreprise privée, leur taux interne de rendement étant généralement inférieur à 3 %. Ce même auteur mentionne par contre que pour l'État, l'éclaircie peut être un traitement rentable. D'ailleurs, une étude technique de rentabilité financière du Service de l'aménagement forestier (TROTTIER 1996) montre que les éclaircies en plantation sont un traitement rentable pour l'État. La rentabilité de l'éclaircie comme traitement sylvicole dépend beaucoup de la différence de prix entre le bois de sciage et le bois à pâte. Ces dernières années, le prix du bois de sciage est nettement à la hausse.

## Matériel et méthode

### Description de la station

La forêt de Drummondville est située au sud du fleuve Saint-Laurent à environ 15 km au nord-est de Drummondville, de chaque côté (est et ouest) de la rivière Saint-François, dans le canton de Wendover, rang III, lots 51 à 89, et rang IV, lots p178 à p180 ; dans le canton de Grantham, rang I, lots p14 à p23 et lots 32 à 68; dans le canton d'Upton, rang 1, lots 40 à 53. Elle fait partie de la région écologique du Lac-Saint-Pierre (2b), domaine de l'érablière à tilleul et à bouleau jaune (THIBAUT 1985). Le sol de cette région fait partie des séries Saint-Amable, Raimbault, Bedford, Saint-Jude et Saint-Sylvère. Il est formé sur des tills remaniés et des alluvions fluvio-glaciaires constituées de limon sableux et de sable dont le drainage varie de bon à mauvais. Les relevés de la station météorologique de Nicolet indiquent que la température moyenne annuelle est de 5,1 °C et que les précipitations annuelles sont de 105 cm (LAPLANTE et CHOINIÈRE 1954). L'altitude moyenne de la forêt est de 75 m. Comme nous l'avons mentionné précédemment, les plantations de cette forêt sont pour la plupart âgées de 25 à 50 ans. Ce sont des plantations denses (espacement initial : 1,5 à 2,4 m) qui ont bénéficié de divers traitements sylvicoles. Ainsi, plusieurs de ces plantations ont été éclaircies (particulièrement entre 1981 et 1995) et la Direction de la recherche forestière en a profité pour y établir 28 dispositifs expérimentaux (77 placettes éclaircies et 56 témoins) qui concernent principalement le pin rouge, l'épinette blanche et l'épinette de Norvège.

### Dispositifs expérimentaux et traitements appliqués

À mesure que les travaux d'éclaircie étaient réalisés, les dispositifs ont été établis en collaboration avec le personnel de la Région de Trois-Rivières. Ces travaux consistaient à faire des éclaircies en ligne (une rangée sur deux, sur trois ou sur quatre) avec ou sans éclaircie sélective dans les autres rangées. Selon les superficies à traiter, les dispositifs sont constitués de deux à huit placettes d'étude de 400 m<sup>2</sup> (20 X 20 m). Environ la moitié des dispositifs a bénéficié d'une deuxième éclaircie (en ligne ou sélective). La méthode de travail qui a été utilisée pour établir ces dispositifs et les résultats préliminaires concernant une partie de ces dispositifs ont fait l'objet de divers rapports (BERTRAND 1990, 1991, 1992).

La liste des dispositifs qui font l'objet de cette note est présentée au tableau 1 et nous informe sur l'essence, l'âge des arbres, l'intensité de l'éclaircie, le nombre de placettes et les périodes de mesurages. Il faut noter dans ce tableau 1 que certains dispositifs ont été regroupés lors des compilations. Ces dispositifs sont établis dans des plantations qui ont subi les mêmes traitements et qui présentent les mêmes caractéristiques (âge, essence, site, etc.).

## Mesurage

Les arbres à l'intérieur des placettes ont été marqués à la peinture au niveau du DHP et numérotés. Ils ont été mesurés (diamètre et hauteur [une partie des arbres seulement]) avant et après l'éclaircie, puis 5 et 10 ans après. À chaque éclaircie, on a mesuré une partie des arbres abattus pour réaliser des études d'arbres (défilement) et calculer par la suite des tarifs de cubage locaux pour les diverses essences. Ces tarifs de cubage élaborés par Bertrand en collaboration avec la division de la biométrie (MM. Richard et Ménard) ont été utilisés par la suite pour déterminer les volumes total et marchand des arbres (BERTRAND 1989; notes manuscrites). Ainsi, le volume des arbres a été calculé à l'aide des formules suivantes :

pour le pin rouge :  $VT = 0,003795188 + 0,00000361 D^2 H$

$$VM = -0,005342086 + 0,0000035528 D^2 H$$

pour l'ép. blanche :  $VT = 0,004403677 + 0,000035955 D^2 H$

$$VM = -0,003944314 + 0,000035158 D^2 H$$

pour l'ép. de Norvège :  $VT = 0,0028889 + 0,0000338 D^2 H$

$$VM = -0,0062292 + 0,0000329 D^2 H$$

VT = volume total ; VM = volume marchand ;  
D = diamètre à hauteur de poitrine ; H = hauteur totale.

## Analyses statistiques

Les résultats présentés ici concernent plusieurs plantations d'âge et de composition variés. Une partie des dispositifs établis dans ces plantations ne comporte que deux placettes (une placette traitée et une placette témoin) et représente une faible superficie. Dans d'autres dispositifs, il y a eu deux éclaircies. Il existe donc beaucoup de variations entre les résultats par dispositif et par placette. Compte tenu de ces informations, les résultats ont dû être regroupés par essence afin de pouvoir procéder à une analyse statistique valable. Le plan d'expérience considéré est un plan à blocs aléatoires complets (tous les traitements sont présents dans chacun des blocs) et non équilibré (il n'y a pas le même nombre de traitements dans chacun des blocs). Les analyses ont été effectuées selon la procédure GLM du logiciel SAS, version 6.11. Les hypothèses sous-jacentes à l'analyse de la variance ont été vérifiées par une validation graphique des résidus et sont respectées. Afin de comparer les moyennes, on a utilisé l'approche des contrastes orthogonaux (à priori) :

**Tableau 1. Dispositifs d'éclaircie en ligne dans des plantations de pin rouge<sup>1</sup>**

Dispositif n°	Année de plantation	1 <sup>re</sup> éclaircie		2 <sup>e</sup> éclaircie		Nombre de PEP		Mesurages
		Date et superficie (ha)	Intensité <sup>2</sup>	Date	Intensité <sup>2</sup>	T	Écl.	
1	1947	A-1981 (2,2)	1/3 (0 %)	1989	sélectif (30 à 40 %)	2	2	A-1981, A-1986, É-1989, A-1994
2	1951-P	A-1982 (4,2)	1/3 (7 %)	A-1989	sélectif (35 %)	2	2	A-1982, A-1989, A-1994
4*	1959-P	É-1982 (2,1)	1/4 (10 %)	P-1988	sélectif + rang du centre (40 %)	1	2	A-1982, P-1988, A-1994
G2	1949-P	É-1984 (4,9)	1/4 (5-10 %)	É-1989	rang du centre + sélectif (47 %)	2	2	A-1984, A-1989, A-1994
W22	1942-P	É-1984 (7,6)	1/3 (0 %)	A-1995	sélectif (20-25 %)	4	4	A-1984, A-1989, A-1994
W23	1947-P	A-1984 (1,9)	1/4 (10 %)	É-1989	rang du centre + sélectif (45 %)	1	2	A-1984, A-1989, A-1994
W24	1952-P	É-1984 (3,9)	1/4 (6 %)	É-1989	sélectif (42 %)	2	1	A-1984, A-1989, A-1994
W25	1952-P	É-1984 (3,0)	1/4 (10-15 %)			1	2	A-1984, A-1989, A-1994
W28	1950-P	É-1984 (7,9)	1/3 (10-15 %)			2	2	A-1984, A-1989, A-1994
W29	1940-P	A-1984 (8,2)	1/4 (5-7 %)			2	2	A-1984, A-1989, A-1994

<sup>1</sup> P = printemps, É = été, A = automne.

<sup>2</sup> 1/3 et 1/4 = éclaircie systématique (on a enlevé une rangée sur trois ou sur quatre); (10 %) = éclaircie sélective (on a enlevé 10 % de la surface terrière dans les rangées restantes).

\* Il y a eu trois éclaircies dans ce peuplement (la 3<sup>e</sup> éclaircie : A-1995 sélectif [30-35 %]).

**Tableau 1 (suite). Dispositifs d'éclaircie en ligne dans des plantations d'épinette blanche et de Norvège<sup>1</sup>**

Essence	Dispositif n°	Année de plantation	1 <sup>re</sup> éclaircie		2 <sup>e</sup> éclaircie date	Intensité <sup>2</sup>	Nombre de PEP		Mesurages
			Date et superficie (ha)	Intensité <sup>2</sup>			T	Écl.	
EPB	3	1944-P	A-1982 (24,6)	1/4 (10-15 %)			3	2	A-1982, É-1989, A-1994
EPB	5	1952-P	A-1983 (3,8)	1/4 (10-15 %)	É-1989	rang du centre + sélectif (29-37 %)	2	3	A-1983, É-1989, A-1994
EPB	6	1944-P	A-1983 (9,8)	1/4 (10-15 %)			2	3	A-1983, É-1989, A-1994
EPB	8	1952-P	A-1983 (1,5)	1/4 (10-15 %)			2	3	A-1983, P-1989, A-1994
EPB	C-13	1959-P	A-1988 (13,2)	1/3 (5-10 %)			3	3	A-1989, A-1994
ÉPB	D-30	1965	A-1989 (6,2)	1/2 (5-6 %)			3	3	A-1989, A-1994
EPB	W-12	1952-P	A-1984 (12,7)	1/4 (10-15 %)	A-1989	rang du centre + sélectif (34 %)	2	3	A-1984, A-1989, A-1994
EPB	W-15	1950-P	A-1984 (2,7)	1/3 (7-10 %)	A-1995	sélectif (15-20 %)	4	4	A-1984, A-1989, A-1994
EPN + PIG	B-2	1952-P	A-1988 (8,6)	1/3 (5-10 %)	A-1995	sélectif (20-25 %)	3	4	A-1989, A-1994
EPN	G-63	1949-P	A-1984 (3,1)	1/4 (25 %)	A-1989	rang du centre + sélectif	1	1	A-1984, A-1989, A-1994
EPN	7 <sup>4</sup>	1947-P	A-1983 (17,5)	1/4 (10-15 %)	A-1989	rang du centre + sélectif (31-41 %)	4	5	A-1983, A-1989, A-1994
EPN	W11	1951-P	A-1984 (3,9)	1/4 (10-15 %)	A-1995	sélectif (35 %)	1	1	A-1984, A-1989, A-1994
EPN	W34	1951-P	A-1985 (1,2)	1/3 (10 %)			1	1	A-1985, A-1990, A-1994

<sup>1</sup> P = printemps, É = été, A = automne.

<sup>2</sup> 1/2, 1/3 et 1/4 = éclaircie systématique (on a enlevé une rangée sur deux, sur trois ou sur quatre); (10 %) = éclaircie sélective (on a enlevé 10 % de la surface terrière dans les rangées restantes).

<sup>3</sup> Résultats pour trois dispositifs regroupés (W-15 + W-16 + W-19).

<sup>4</sup> Résultats pour deux dispositifs regroupés (7 et W-10).

i) Y a-t-il un avantage à éclaircir ?

Moyenne (éclaircie 1 + éclaircie 2)/2 = moyenne (témoin)

ii) Y a-t-il un avantage à éclaircir plus d'une fois ?

Moyenne (éclaircie 1) = moyenne (éclaircie 2)

Le seuil de signification théorique considéré pour déclarer les moyennes semblables est  $\alpha = 0,05$ .

## Résultats

### Résultats des mesures dendrométriques

Les résultats sont présentés par essence aux tableaux 2 à 14 et aux figures 1 et 2. Ils montrent que l'éclaircie a permis de concentrer la croissance sur un faible nombre de tiges. Ces tiges sont plus grosses et présentent une croissance supérieure à celles des arbres témoins. Les résultats varient beaucoup selon l'essence, l'âge des arbres, l'intensité du traitement et le nombre d'éclaircies.

**Tableau 2. Résultats des analyses de la variance et de la comparaison des moyennes à l'aide de contrastes orthogonaux**

Essence	Variables	Valeur de $p$			Moyennes ajustées <sup>4</sup>			
		Effet écl. <sup>1</sup>	Contr. 1 <sup>2</sup>	Contr. 2 <sup>3</sup>	Éclaircie	Témoin	1 éclaircie	2+ éclaircies
Pin rouge	Taille				15	15	8	7
	VT/ha (m <sup>3</sup> )	< 0,01	< 0,01	0,07	446,2	732,6	(521,1	371,3)
	VM/ha (m <sup>3</sup> )	< 0,01	< 0,01	0,07	429,9	703,5	(500,0	359,9)
	ST/ha (m <sup>2</sup> )	< 0,01	< 0,01	0,04	45,7	73,3	54,1	37,3
	STM/ha (m <sup>2</sup> )	< 0,01	< 0,01	0,04	45,7	73,3	54,1	37,3
	DHP (cm)	< 0,01	< 0,01	0,01	25,1	22,6	23,7	26,6
	HT (m)	< 0,01	< 0,01	0,03	21,0	21,5	20,9	21,2
	VT/arbre (dm <sup>3</sup> )	< 0,01	0,01	< 0,01	503,0	424,2	448,7	557,4
	VM/arbre (dm <sup>3</sup> )	< 0,01	0,01	< 0,01	486,0	408,4	432,6	539,4
Épinette blanche	Taille				23	19	17	6
	VT/ha (m <sup>3</sup> )	< 0,01	< 0,01	0,12	195,0	287,9	(219,9	170,2)
	VM/ha (m <sup>3</sup> )	< 0,01	< 0,01	0,14	181,8	265,6	(204,3	159,2)
	ST/ha (m <sup>2</sup> )	< 0,01	< 0,01	0,06	27,4	41,1	(31,1	23,6)
	STM/ha (m <sup>2</sup> )	< 0,01	< 0,01	0,07	27,1	40,7	(30,8	23,5)
	DHP (cm)	< 0,01	< 0,01	0,43	19,0	17,2	(18,6	19,4)
	HT (m)	0,08	0,03	0,09	14,6	14,0 <sup>a</sup>	(14,1 <sup>a</sup>	15,0 <sup>a</sup> )
	VT/arbre (dm <sup>3</sup> )	< 0,01	0,01	0,52	215,9	173,3	(206,1	225,7)
	VM/arbre (dm <sup>3</sup> )	< 0,01	0,01	0,51	202,6	160,7	(192,8	212,4)
Épinette de Norvège	Taille				9	8	3	6
	VT/ha (m <sup>3</sup> )	< 0,01	< 0,01	< 0,01	253,7	368,6	319,0	188,3
	VM/ha (m <sup>3</sup> )	< 0,01	< 0,01	< 0,01	237,5	340,6	299,0	175,9
	ST/ha (m <sup>2</sup> )	< 0,01	< 0,01	< 0,01	33,0	48,1	41,8	24,3
	STM/ha (m <sup>2</sup> )	< 0,01	< 0,01	< 0,01	32,9	47,8	41,8	24,0
	DHP (cm)	< 0,01	< 0,01	0,45	20,7	17,8	(20,3	21,2)
	HT (m)	0,43	0,39	0,49	(16,5	16,2 <sup>a</sup> )	(16,3 <sup>a</sup>	16,7 <sup>a</sup> )
	VT/arbre (dm <sup>3</sup> )	< 0,01	0,01	0,24	275,5	199,0	(254,0	297,0)
	VM/arbre (dm <sup>3</sup> )	< 0,01	0,01	0,24	258,5	184,0	(237,9	279,2)

<sup>1</sup> Analyse de variance : y a-t-il une différence entre les résultats pour les placettes témoins et ceux des placettes éclaircies ?

<sup>2</sup> Comparaison des moyennes, 1<sup>er</sup> contraste : y a-t-il une différence entre les résultats des placettes éclaircies et ceux des placettes non éclaircies ?

<sup>3</sup> Comparaison des moyennes, 2<sup>e</sup> contraste : y a-t-il une différence entre une seule éclaircie et deux éclaircies ou plus ?

<sup>4</sup> Moyennes ajustées selon le nombre de placettes par traitement ; 1 éclaircie = placettes éclaircies une seule fois ; 2 + éclaircies = placettes éclaircies deux fois ou plus ; les moyennes entre parenthèses ne sont pas significativement différentes au seuil  $\alpha = 0,05$  ;

<sup>a</sup> Le test de comparaisons multiples ne s'applique pas dans ce cas puisque  $p > 0,05$ .

## Résultats des analyses de la variance par essence

Ces résultats sont présentés au tableau 2 ainsi que les comparaisons des moyennes (contrastes 1 et 2). Un seuil de signification observé (valeur de  $p$ ) inférieur au seuil de signification théorique fixé ( $\alpha = 0,05$ ) indique un effet significatif du facteur ou du contraste correspondant.

Pour toutes les variables ramenées à l'hectare, l'éclaircie n'apporte pas de gain (contraste 1), pour toutes les essences. Ainsi, les résultats de croissance à l'hectare dans les placettes témoins sont meilleurs que ceux des placettes éclaircies. Ce résultat est tout à fait normal compte tenu du fait que dans le cas des placettes éclaircies, les résultats portent sur un nombre beaucoup plus faible de tiges. Cependant, pour les variables unitaires (moyenne par arbre), on constate des différences significatives entre les résultats en faveur des arbres des placettes traitées.

Ainsi, le diamètre moyen des arbres des placettes traitées est significativement meilleur que celui des arbres témoins et cela pour toutes les essences. Pour ce qui est de la hauteur moyenne, les différences sont beaucoup moins importantes. On constate cependant des différences significatives dans le cas du pin rouge et de l'épinette blanche. Le tableau 2 montre que les épinettes blanches des placettes éclaircies sont plus hautes que celles des placettes témoins alors que dans le cas du pin rouge, on observe le résultat inverse.

Les résultats concernant le volume (total et marchand) moyen d'un arbre sont particulièrement intéressants. Ils montrent des différences très significatives entre le volume des arbres traités et celui des témoins et cela pour toutes les essences.

**Tableau 3. Mesures de hauteur, de diamètre et d'accroissement en diamètre, et état de santé des arbres dans dix plantations de pin rouge**

Dispositif	Âge total <sup>1</sup>	Indice <sup>2</sup> de fertilité (m)	Hauteur 1994 (cm)		Diamètre 1994 (cm)		Acc. en diamètre <sup>3</sup> (cm)		Gain en diamètre <sup>4</sup>	État de santé <sup>5</sup> p. 100					
			écl.	tém.	écl.	tém.	écl.	tém.		éclaircie	P	Bm	M	Cr	A
n°															
1*	38	7	22,0	22,0	23,2	20,3	4,7	2,0	2,7 (13 ans)	6 (3)	5 ---	---	---	---	
2*	34	7	20,5	20,9	26,9	23,0	4,5	0,8	3,7 (12 ans)	3 (5)	---	---	---	---	
4*	26	7	18,3	18,4	21,5	17,4	5,3	1,6	3,7 (12 ans)	4 (11)	1 (1)	---	---	---	
G2*	39	7	21,1	21,5	27,8	23,8	6,0	2,2	3,8 (10 ans)	---	---	---	---	---	
W22	45	6	22,5	23,0	26,1	24,3	3,5	2,0	1,5 (10 ans)	3 (9)	1 ---	---	2 (6)	---	
W23*	40	6	21,3	21,4	24,5	19,1	8,2	2,0	6,2 (10 ans)	---	4 ---	---	---	---	
W24*	36	7	21,6	22,1	30,0	26,3	6,2	2,0	4,2 (10 ans)	---	---	---	---	(2)	
W25	36	6	20,4	20,7	25,2	22,0	5,3	2,0	3,3 (10 ans)	46 (26)	4 ---	---	---	---	
W28	37	6	20,4	21,2	23,8	25,0	4,2	3,0	1,2 (10 ans)	25 (14)	---	---	6 (1)	---	
W29	47	7	22,9	23,4	25,7	24,3	3,8	2,3	1,5 (10 ans)	3 (2)	---	---	---	---	
Moyenne pondérée <sup>6</sup>	38	7	21,4	21,8	25,6	23,2	4,8	2,1	2,7	7 (7)	2 ---	---	---	---	

<sup>1</sup> Âge total lors de l'établissement des dispositifs. <sup>2</sup> Indice de fertilité en m à 15 ans. <sup>3</sup> Accroissement en diamètre. <sup>4</sup> Accroissement en diamètre des arbres des PEP éclaircies, moins l'accroissement en diamètre des arbres des PEP témoins. <sup>5</sup> P = dommages sur la pousse terminale (tête cassée ou morte, *leader*); Bm = blessure mécanique causée par l'homme, les animaux ou la machinerie; M = mourant; Cr = cime réduite; A = autres (défoliation ou coloration causées par les insectes ou les animaux); les valeurs entre parenthèses concernent les arbres témoins, les autres concernent les arbres des PEP traitées; --- indique qu'il n'y a pas de dommage. <sup>6</sup> Moyenne pondérée par le nombre de placettes des dispositifs. \* Les résultats pour ce dispositif concernent deux éclaircies.

Ces résultats montrent que pris individuellement, les arbres des placettes éclaircies sont significativement plus gros et présentent un volume (total et marchand) supérieur à celui des arbres témoins.

La deuxième éclaircie ayant eu lieu entre cinq et huit ans après la première, les effets de ce traitement sur la croissance des arbres sont moins prononcés. Ainsi, on observe des différences significatives au niveau du DHP, de la hauteur totale et du volume que pour le pin rouge. Dans ce cas, les arbres qui ont bénéficiés d'une deuxième éclaircie sont plus gros, ils sont légèrement plus hauts et présentent un volume supérieur à ceux des placettes éclaircies seulement une fois.

#### Résultats pour le pin rouge

Le résultat des compilations concernant la hauteur, le diamètre, l'accroissement en diamètre et l'état de santé des pins rouge est présenté au tableau 3. On y constate que la hauteur moyenne des arbres a été peu affectée par l'éclaircie. Ainsi, la hauteur moyenne des pins rouge dans les placettes traitées est de 21,4 m alors que celle des arbres témoins est de 21,8 m.

Par contre, le diamètre et l'accroissement en diamètre des arbres sont très affectés par l'éclaircie. En moyenne, dix ans après ce traitement (le dernier mesurage a été réalisé en 1994, dans certains cas la période est de plus de dix ans), les arbres des placettes traitées sont plus gros et présentent un gain en diamètre de 2,7 cm de plus que celui des témoins.

L'état général de santé des arbres est bon. Les principaux dommages observés concernent surtout la pousse terminale (tête cassée, tête morte, plusieurs têtes). Ces dommages concernent en moyenne 7 % des arbres, qu'ils proviennent des placettes traitées ou des témoins. Ils sont très variables d'un dispositif à l'autre (2 à 46 %). Les blessures mécaniques se retrouvent surtout dans les placettes traitées et concernent en moyenne 2 % des arbres. Les arbres mourants et ceux qui présentent une cime très réduite ou une défoliation partielle se retrouvent principalement dans les placettes témoins et ces dommages concernent en moyenne 2, 7 et 1 % des arbres respectivement.

**Tableau 4. Résultats en volume total et en volume marchand dans dix plantations de pin rouge**

Dispositif n°	Âge total <sup>1</sup>	Indice <sup>2</sup> de fertilité	Nombre de tiges/ha 1994		VT (m <sup>3</sup> /ha) 1994		VT coupé (m <sup>3</sup> /ha) éclaircie	Gain <sup>3</sup> réel en VT (m <sup>3</sup> /ha)	VM (m <sup>3</sup> /ha) 1994		VM coupé (m <sup>3</sup> /ha) éclaircie	Gain réel <sup>3</sup> en VM (m <sup>3</sup> /ha)
			écl.	tém.	écl.	tém.			écl.	tém.		
1*	38	7	800	1763	353	610	268	11	340	584	251	7
2*	34	7	400	1438	219	600	295	-86	212	578	282,5	-83,5
4*	26	7	1100	2588	353,5	556	181	-22	338	523	162	-24
G2*	39	7	413	1313	249,5	607	380,5	23	242	586	365,5	22
W22	45	6	737	1150	422	592	119	-51	408	571	112	-51
W23*	40	6	575	2200	274	652	302	-76	264	621	280	-77
W24*	36	7	300	1075	212	605	356	-37	206	586	342	-38
W25	36	6	650	1675	309	625	179	-137	298	600	169	-133
W28	37	6	838	1163	365	581	166	-50	352	561	157	-52,5
W29	47	7	812	1125	459	590	97	-34,5	444	571	93	-34
							400 t/ha)	(10 ans)			(10 ans)	
Moyenne pondérée	38	7	681	1409	347	598	209	-42	335	576	198	-42
							(840 t/ha)	(10 ans)			(10 ans)	

<sup>1</sup> Âge total lors de l'établissement des dispositifs. <sup>2</sup> Indice de fertilité en m à 15 ans. <sup>3</sup> Gain réel = (Volume des PEP éclaircies + Volume coupé) - Volume des PEP témoin. \* Les résultats pour ce dispositif concernent deux éclaircies.

**Tableau 5. Mortalité et accroissement en volume total et en volume marchand à la suite d'éclaircies dans dix plantations de pin rouge**

Dispositif n°	Mortalité nombre de t/ha (10 ans)		Mortalité en VT m³/ha (10 ans)		Acc. VT¹ (m³/ha) (5 ans)		Acc. VT¹ (m³/ha) (10 ans)		Acc. VM² (m³/ha) (5 ans)		Acc. VM² (m³/ha) (10 ans)		Gain en VT³ (m³/ha)	
	écl.	tém.	écl.	tém.	écl.	tém.	écl.	tém.	écl.	tém.	écl.	tém.	5 ans	10 ans
1*	57 (13 ans)	399	19	111	28	32	168	161 (13 ans)	27	33	167	164 (13 ans)	-4	7
2*	149⁴ (12 ans)	37	60⁴	13	75	66 (7 ans)	81	152 (12 ans)	74	65 (7 ans)	82,5	150 (12 ans)	9	-71
4*	88 (12 ans)	212	15	27	75	58 (6 ans)	232	264 (12 ans)	73	57 (6 ans)	228	262 (12 ans)	17	-32
G2*	0	137	0	55	73	96	115	123	73	95	114	123	-23	-8
W22	25	137	12	57	80	99	150	190	81	102	149	190	-19	-40
W23*	75	300	25	74	72	84	135	146	71	84	133	146	-12	-11
W24*	0	0	0	0	74	99	119	157	72	98	116	155	-25	-38
W25	25	50	9	16	63	100	125	200	62	99	123	197	-37	-75
W28	12	62	4	25	59	92	142	192	58	91	140	190	-33	-50
W29	0	87	0	38	68	69	142	155	67	68	140	154	-1	-13
Moyenne pondérée	32	132	12	44	67	83	135	167	67	83	134	166	-16	-32

¹ Acc. VT = accroissement en volume total pour la période. ² Acc. VM = accroissement en volume marchand pour la période. ³ Gain net en VT = accroissement en VT des PEP éclaircies moins celui des témoins. ⁴ Plus du tiers des arbres de la placette 4 (éclaircie) ont été renversés par un chablis le 27 août 1991. \* Les résultats pour ce dispositif concernent deux éclaircies.

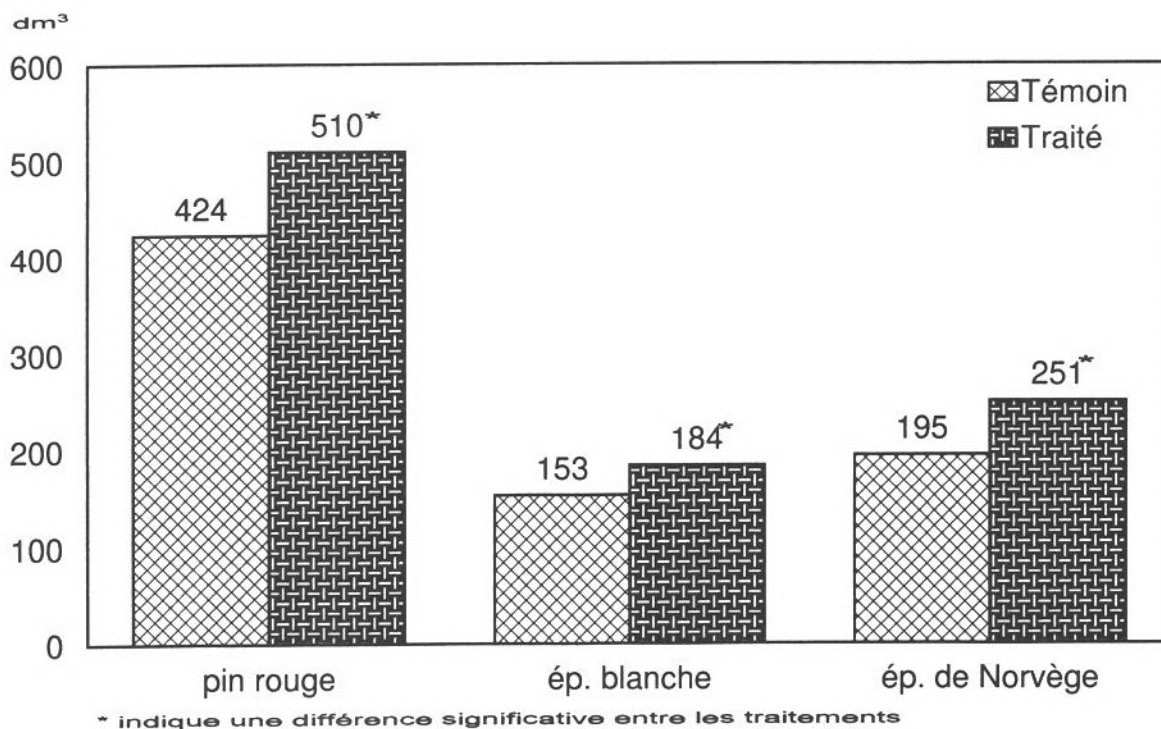


Figure 1. Volume total moyen d'une tige.

Les résultats moyens présentés au tableau 3 portent sur dix plantations et sur un total de 39 placettes. La moyenne pour l'ensemble des plantations a été pondérée par le nombre de placettes de chacun des dispositifs ; c'est aussi le cas des moyennes présentées dans tous les autres tableaux.

Les résultats concernant le nombre de tiges par hectare, le volume total, le volume marchand, le volume coupé (total et marchand) et le gain réel en volume (total et marchand) sont présentés par dispositif au tableau 4. En moyenne, après dix ans, il y a 52 % moins d'arbres dans les placettes traitées que dans les témoins. Le faible nombre de tiges par hectare dans les placettes éclaircies (681 par rapport à 1409) se traduit par des volumes total et marchand plus faibles que dans les placettes témoins. Ainsi, en moyenne, le volume total dans les placettes éclaircies est de 347 m<sup>3</sup>/ha alors que celui des placettes témoins est de 598 m<sup>3</sup>/ha. Si on tient compte du volume coupé lors des éclaircies (209 m<sup>3</sup>/ha, moyenne pondérée pour l'ensemble des dispositifs de pin rouge), on constate que sauf pour deux dispositifs (1 et G-2), les placettes témoins présentent des volumes total et marchand supérieurs à ceux des placettes éclaircies. La différence en volume total est en moyenne de 42 m<sup>3</sup>/ha, soit environ 7 %.

Le tableau 5 présente la mortalité (en nombre de tiges et en volume total par hectare) ainsi que les accroissements en volume total et marchand après 5 et 10 ans. En moyenne, la mortalité est presque quatre fois plus forte dans les placettes témoins que dans les placettes traitées (44 m<sup>3</sup>/ha par rapport à 12 m<sup>3</sup>/ha). On notera que la mortalité des placettes traitées du dispositif 2 est anormalement élevée. Ce résultat a été causé par un chablis, en août 1991, qui a renversé plus du tiers des arbres de la placette 4 (éclaircie), en plus d'endommager une partie des arbres des placettes voisines.

Les accroissements en volume total et marchand sont cependant plus faibles dans les placettes traitées. Ainsi, en moyenne, les placettes témoins présentent des gains en volume de 16 m<sup>3</sup>/ha après cinq ans (soit 24 % de plus que les placettes éclaircies) et de 32 m<sup>3</sup>/ha après dix ans (24 % de plus que les placettes éclaircies).

Il faut rappeler cependant que le volume total est réparti sur 681 arbres/ha dans le cas des placettes traitées au lieu de 1409 tiges/ha pour les placettes témoins, soit deux fois plus de tiges/ha. Ainsi, si on considère le volume total moyen d'une tige (figure 1), on constate que les arbres des placettes traitées présentent un volume nettement supérieur à celui des arbres témoins. Dans le cas du pin rouge, la différence est en moyenne de 86 dm<sup>3</sup>. Les résultats de la comparaison des moyennes (tableau 2) montrent que ces différences de croissance (diamètre, hauteur et volume) entre les traitements sont significatives. Il est donc avantageux de procéder à des éclaircies dans ces peuplements.

L'éclaircie a permis de récolter une partie de la mortalité qui serait survenue en dix ans n'eut été de ce traitement. Les résultats présentés aux tableaux 3, 4 et 5 montrent qu'il existe beaucoup de variations entre les résultats par dispositif. Ainsi, le nombre de tiges dans les placettes traitées varie de 300 à 1100 tiges/ha. Généralement, les plantations qui ont bénéficié de deux éclaircies sont celles qui présentent le moins de tiges/ha. Il en va de même pour les gains réels en volume ; ces derniers sont soit positifs, soit négatifs selon les dispositifs (figure 2).

Les résultats concernant la surface terrière sont présentés au tableau 6. Ces résultats montrent que lors de la première éclaircie, l'âge moyen des plantations était de 38 ans et qu'en moyenne, 35 % de la surface terrière a été enlevée. Une deuxième éclaircie a été réalisée (5 à 8 ans après la

**Tableau 6. Résultats en surface terrière avant et après traitement pour dix plantations de pin rouge**

Dispositif n°	Âge <sup>1</sup> total	Surface terrière (m <sup>2</sup> /ha)										Gain <sup>4</sup> réel
		1 <sup>re</sup> éclaircie				2 <sup>e</sup> éclaircie				1994		
		avant	après	partie <sup>3</sup> enlevée	Témoin	avant	après	partie <sup>3</sup> enlevée	Témoin	Traité	Témoin	
1	38	53 (1981) <sup>2</sup>	36	32	53	43 (1989)	29	32	57	35	59	7
2	34	55 (1982)	33	40	57	38 (1989)	24	36	59	23*	61	-2
4	26	57(1982)	40	30	55	45 (1988)	30	32	56	41	64	9
G2	39	59 (1984)	41	30	55	45 (1989)	21	53	60	25	60	7
W22	45	48 (1984)	33	31	49	----	----	----	----	40	55	0
W23	40	53 (1984)	34	36	60	39 (1989)	22	42	64	28	65	-2
W24	36	50 (1984)	35	30	50	39 (1989)	17	57	56	21	59	-1
W25	36	47 (1984)	23	51	55	----	----	----	----	33	64	-7
W28	37	50 (1984)	28	44	49	----	----	----	----	38	59	1
W29	47	47 (1984)	36	23	49	----	----	----	----	43	54	0
Moyenne	38	52	34	35	53	41	24	42	59	34	60	1

<sup>1</sup> Lors de la première éclaircie. <sup>2</sup> Année de l'éclaircie. <sup>3</sup> Surface terrière enlevée lors de l'éclaircie (%). <sup>4</sup> Gain réel = ST enlevée lors des éclaircies plus ST 1994 traité moins ST 1994 témoin. \* Mortalité et pertes à cause du chablis de 1991.

première) dans six plantations et elle a permis de récolter environ 41 % de la surface terrière. En 1994, dix à treize ans après la première éclaircie, on constate que dans les plantations où il y a eu deux éclaircies, les placettes traitées présentent une surface terrière équivalente, en moyenne, à la moitié (50 %) de celle des placettes témoins. Dans les plantations éclaircies une seule fois, la surface terrière des placettes traitées est environ les deux tiers (67 %) de celle des placettes témoins. Bien qu'il soit difficile d'identifier le meilleur traitement, on note que le meilleur résultat en terme de gain réel concerne une plantation qui avait 26 ans lors de la première éclaircie et dans laquelle un peu moins du tiers de la surface terrière a été enlevée.

On constate aussi que les résultats (gain réel en surface terrière) du tableau 6 sont plus positifs que ceux concernant le volume (tableau 4). Cette anomalie apparente s'explique par le fait que le tarif de cubage utilisé dans cette étude sous-estime le volume des tiges de plus de 30 cm et sous-estime donc le volume des placettes traitées. Ce point sera discuté plus loin.

## Résultats pour l'épinette blanche

Ces résultats sont présentés aux tableaux 7 à 11. Le tableau 7 montre qu'en moyenne les arbres des placettes traitées sont légèrement plus hauts que ceux des placettes témoins. Ils présentent aussi un diamètre moyen nettement supérieur à celui des arbres témoins. En dix ans, le diamètre des arbres des placettes traitées s'est accru de 1,5 cm de plus que celui des arbres témoins.

Comme dans le cas du pin rouge, on remarque au tableau 7 que les dommages concernent surtout la pousse terminale des épinettes (tête cassée, tête morte, plusieurs têtes, *leader*). En moyenne, 17 % des arbres des placettes traitées présentent de ces dommages alors que ce taux est de 21 % dans le cas des arbres témoins. Il existe aussi des blessures mécaniques qui ont affecté, en moyenne, 5 % des arbres des placettes traitées, et des dommages causés par la tordeuse des bourgeons de l'épinette se traduisant par des défoliations sur 7 % (en moyenne) des arbres des placettes traitées et 1 % des arbres témoins. Les porcs-épics ont aussi

**Tableau 7. Mesures de hauteur, de diamètre et d'accroissement en diamètre et état de santé des arbres dans dix plantations d'épinette blanche**

Dispositif n°	Âge total <sup>1</sup>	Indice <sup>2</sup> de fertilité	Hauteur 1994 (m)		Diamètre 1994 (cm)		Acc. en diamètre <sup>3</sup> (cm)		Gain en diamètre <sup>4</sup> (cm)	État de santé <sup>5</sup> (%)								
			écl.	tém.	écl.	tém.	écl.	tém.		(10 ans)	P Bm M D Cr R Pé							
3	43	11	16,5	16,0	21,3	19,8	4,2	2,7	1,5 (12 ans)	12 (23)	6 (1)	3 (8)	26 (7)	5 (29)	9 (3)	1 (2)		
5*	36	10	15,4	14,3	20,1	17,3	4,4	2,9	1,5 (11 ans)	10 (19)	1 --	-- (1)	1 (1)	-- (7)	2 --	-- --		
6	44	11	16,0	15,8	19,3	18,4	3,7	2,2	1,5 (11 ans)	3 (16)	-- --	2 (4)	18 --	1 (10)	6 (18)	1 --		
8	36	9,5	13,6	12,9	16,3	14,7	2,7	1,5	1,2 (14)	16 --	-- (1)	1 (1)	2 (1)	12 (18)	5 (2)	2 1		
C-13	35	9	11,0	11,3	13,8	13,6	1,3	1,1	0,2 (5 ans)	23 (23)	10 (5)	2 (2)	1 --	5 (12)	12 (6)	-- (1)		
D-30	29	10	10,1	10,4	16,7	15,8	2,9	1,9	1,0 (5 ans)	22 (16)	2 (6)	-- (1)	-- --	2 (1)	4 (6)	1 --		
W-12*	37	11	15,1	13,8	19,4	16,8	4,2	2,5	1,7 (29)	21 (2)	6 (2)	-- (1)	4 (1)	-- (10)	3 (2)	-- (1)		
W-15 <sup>6</sup>	39	9,5	15,1	14,9	19,4	17,2	4,3	2,3	2,0 (30)	28 (4)	18 (2)	1 (2)	1 (2)	7 (15)	8 (5)	1 (1)		
Moyenne pondérée <sup>7</sup>	37	10	14,1	13,6	18,3	16,7	3,5	2,1	1,5 (10 ans)	17 (21)	5 (2)	1 (2)	7 (1)	4 (13)	6 (4)	1 (1)		

<sup>1</sup> Âge total lors de l'établissement des dispositifs. <sup>2</sup> Indice de fertilité en m à 5 ans. <sup>3</sup> Accroissement en diamètre. <sup>4</sup> Accroissement en diamètre des arbres des PEP éclaircies - Accroissement en diamètre des arbres des PEP témoins. <sup>5</sup> P = dommages sur la pousse terminale (tête cassée ou morte, *leader*); Bm = blessure mécanique causée par l'homme, les animaux ou la machinerie; M = mourant; D = défoliation causée par la tordeuse ou autres insectes; Cr = cime réduite; R = écoulement de résine; Pé = défoliation ou blessures causées par les porcs-épics; les valeurs entre parenthèses concernent les arbres témoins, les autres concernent les arbres des PEP traitées; -- indique qu'il n'y a pas de dommage. <sup>6</sup> Résultats regroupés pour les dispositifs W-15, W-16 et W-19. <sup>7</sup> Moyenne pondérée par le nombre de placettes par dispositif. \* Les résultats pour ce dispositif concernent deux éclaircies.

causé des dommages sur environ 1 % des arbres. Comme le montre le tableau 7, ces dommages sont très variables d'une plantation à l'autre.

En moyenne, le nombre d'arbres dans les placettes témoins est de 1825 tiges/ha alors que celui des placettes traitées est de 1095 tiges/ha ; c'est une réduction de 40 % (tableau 8). On remarque que le nombre de tiges par hectare est nettement plus élevé dans les plantations d'épinette que dans celles de pin rouge (tableaux 4 et 8).

Les volumes total et marchand des placettes traitées sont, en moyenne, 28 % inférieurs à ceux des placettes témoins (201 m<sup>3</sup>/ha contre 279 m<sup>3</sup>/ha). Cependant, si on considère le volume total moyen d'une tige (figure 1), on constate que les arbres des placettes traitées présentent un volume supérieur à celui des arbres témoins. Dans le cas de l'épinette blanche, la différence est en moyenne de 31 dm<sup>3</sup>. En considérant le volume coupé lors de l'éclaircie, on constate que contrairement aux résultats obtenus pour le pin rouge, il existe un gain réel en volume total et en volume marchand en faveur des placettes éclaircies. Le gain réel moyen obtenu est de 53 m<sup>3</sup>/ha en volume total, soit 15 % de plus que le volume total des arbres témoins.

Comme pour le pin rouge, on constate au tableau 9 que la mortalité dans les placettes témoins est nettement supérieure (quatre fois plus élevée) à la mortalité observée, en moyenne, dans les placettes traitées (144 tiges/ha contre 537 tiges/ha). En volume total, la différence est en moyenne de 46 m<sup>3</sup>/ha (71 m<sup>3</sup>/ha dans les placettes témoins et 25 m<sup>3</sup>/ha dans les placettes traitées).

Les accroissements en volume total et en volume marchand, après 5 et 10 ans, sont aussi légèrement meilleurs dans les placettes traitées. Les gains quinquennaux en volume total sont en moyenne de 6 m<sup>3</sup>/ha alors que les gains décennaux sont de l'ordre de 19 m<sup>3</sup>/ha, soit 36 % de plus que pour les placettes témoins.

Il semble donc que l'éclaircie dans la majorité (six dispositifs sur huit) de ces plantations d'épinette blanche a été très favorable à la croissance des arbres. Elle a permis de récupérer une partie de la mortalité qui serait survenue en dix ans et d'augmenter la croissance des arbres résiduels de telle sorte qu'au total, il existe un gain net en volume total et en volume marchand en faveur des placettes traitées.

**Tableau 8. Résultats en volume total et en volume marchand pour dix plantations d'épinette blanche**

Dispositif n°	Âge total <sup>1</sup>	Indice <sup>2</sup> de fertilité	Nombre de tiges/ha		VT (m <sup>3</sup> /ha)		VT coupé (m <sup>3</sup> /ha) éclaircie	Gain <sup>3</sup> réel en VT (m <sup>3</sup> /ha)	VM (m <sup>3</sup> /ha)		VM coupé (m <sup>3</sup> /ha) éclaircie	Gain réel <sup>3</sup> en VM (m <sup>3</sup> /ha)
			écl.	tém.	écl.	tém.			écl.	tém.		
3	43	11	738	1106	227	283	124 (938 t/ha)	68 (12 ans)	216	267,5	113	61 (12 ans)
5*	36	10	746	1606	189	293	188 (1585 t/ha)	84 (11 ans)	178,5	273	168	74 (11 ans)
6	44	11	754	1288	189,5	284	107,5 (683 t/ha)	13 (11 ans)	179	267	98,5	10 (11 ans)
8	36	9,5	1733	1938	270	234	120 (1050 t/ha)	155 (11 ans)	248	210	107	144 (11 ans)
C-13	35	9	1859	2558	181	239	64 (1160 t/ha)	5,5 (6 ans)	158	209	47	-5 (6 ans)
D-30	29	10	1083	2158	122	222	66 (1017 t/ha)	-34 (5 ans)	110	198	57	-30 (5 ans)
W-12*	37	11	858	1863	190	321	196 (1783 t/ha)	65 (10 ans)	178,5	297	175	56 (10 ans)
W-15 <sup>4</sup>	39	9,5	1013	1869	229	338,5	100 (1156 t/ha)	-10 (10 ans)	215	315	88	-12 (10 ans)
Moyenne pondérée	37	10	1095	1825	201	279	120 (1171)	53 (10 ans)	187	256	106	47 (10 ans)

<sup>1</sup> Âge total lors de l'établissement des dispositifs. <sup>2</sup> Indice de fertilité en m à 25 ans. <sup>3</sup> Gain réel = (Volume des PEP éclaircies + Volume coupé) - Volume des PEP témoins. <sup>4</sup> Résultats regroupés pour les dispositifs W-15, W-16 et W-19. \* Les résultats pour ce dispositif concernent deux éclaircies.

**Tableau 9. Mortalité et accroissement en volume total et en volume marchand à la suite d'éclaircies dans dix plantations d'épinette blanche**

Dispositif n°	Âge total <sup>1</sup>	Mortalité nombre de tiges/ha		Mortalité en VT (m <sup>3</sup> /ha)		Acc. VT <sup>2</sup> (m <sup>3</sup> /ha)		Acc. VT <sup>2</sup> (m <sup>3</sup> /ha)		Acc. VM <sup>3</sup> (m <sup>3</sup> /ha)		Acc. VM <sup>3</sup> (m <sup>3</sup> /ha)		Gain en VT <sup>4</sup> (m <sup>3</sup> /ha)	
		écl.	tém.	écl.	tém.	écl.	tém.	écl.	tém.	écl.	tém.	écl.	tém.	5 ans	10 ans
3	43	130	468	30	95	29	14	55	26	28	17	55	30,5	15	29
		(12 ans)				(6 ans)		(12 ans)		(6 ans)		(12 ans)			
5*	36	139	628	27	86	66	59	98	85	64	62	97	91	7	13
		(11 ans)				(6 ans)		(11 ans)		(6 ans)		(11 ans)			
6	44	183	362	34	66	28	20	55	53	28	19	56	55	8	2
		(11 ans)				(6 ans)		(11 ans)		(6 ans)		(11 ans)			
8	36	196	737	23	67	58,5	17	109	42,5	59	21	109	50	41	66
		(11 ans)				(6 ans)		(11 ans)		(6 ans)		(11 ans)			
C-13	35	58	567	5	44	55	50	---	---	55	56	---	---	5	---
		(6 ans)				(6 ans)				(6 ans)					
D-30	29	17	134	2	11	46	64	---	---	43	60	---	---	-18	---
		(5 ans)				(5 ans)				(5 ans)					
W-12*	37	92	787	17	106	60	43	85	62	59	47	84	69	17	23
		(10 ans)				(5 ans)		(10 ans)		(5 ans)		(10 ans)			
W-15 <sup>5</sup>	39	287	687	51	96	53,5	54	64	70,5	53	56	65	76	-0,5	-6,5
		(10 ans)				(5 ans)		(10 ans)		(5 ans)		(10 ans)			
Moyenne pondérée	37	144	537	25	71	45	39	72	53	44	40,5	72	58	6	19
		(10 ans)				(5 ans)		(10 ans)		(5 ans)		(10 ans)			

<sup>1</sup> Âge total lors de l'établissement des dispositifs. <sup>2</sup> Acc. VT = accroissement en volume total pour la période. <sup>3</sup> Acc. VM = accroissement en volume marchand pour la période. <sup>4</sup> Gain net en VT = accroissement en VT des PEP éclaircies moins celui des témoins. <sup>5</sup> Résultats regroupés pour les dispositifs W-15, W-16 et W-19. \* Les résultats pour ce dispositif concernent deux éclaircies.

**Tableau 10. Résultats en surface terrière avant et après traitement dans dix plantations d'épinette blanche**

Dispositif n°	Âge <sup>1</sup> total	Surface terrière m/ha										Gain <sup>4</sup> réel	
		1 <sup>re</sup> éclaircie					2 <sup>e</sup> éclaircie				1994		
		avant	après	ST <sup>3</sup> enlevée	Témoin	avant	après	ST <sup>3</sup> enlevée	Témoin	Traité	Témoin		
3	43	45 (1982) <sup>2</sup>	26	42	39	---	---	---	---	28	36	11	
5	36	48 (1983)	30	38	37	35 (1989)	22	37	40	25	41	15	
6	44	37 (1983)	20	46	36	---	---	---	---	24	36	5	
8	36	47 (1983)	28	42	34	---	---	---	---	39	35	23	
C-13	35	39 (1988)	25	36	38	---	---	---	---	31	40	5	
D-30	29	32 (1989)	17	47	35	---	---	---	---	23	41	-3	
W-12	37	49 (1984)	34	31	42	39 (1989)	24	40	46	26	45	11	
W-15 <sup>5</sup>	39	44 (1984)	27	39	45	---	---	---	---	31	46	2	
Moyenne	37	43	26	40	38	37	23	39	43	28	40	9	

<sup>1</sup> Lors de la première éclaircie. <sup>2</sup> Année de l'éclaircie. <sup>3</sup> Surface terrière enlevée lors de l'éclaircie (%). <sup>4</sup> Gain réel = ST enlevée lors des éclaircies plus ST 1994 traité moins ST 1994 témoin. <sup>5</sup> Résultats regroupés pour les dispositifs W-15, W-16 et W-19.

Il existe, ici aussi, beaucoup de variations entre les résultats des plantations. Ainsi, les gains réels en volume total (figure 2) passent de -34 m<sup>3</sup>/ha (dispositif D-30) à 155 m<sup>3</sup>/ha (dispositif 8).

Les résultats concernant la surface terrière sont présentés au tableau 10. Ils montrent que lors de la première éclaircie, l'âge moyen des plantations était de 37 ans et qu'en moyenne 40 % de la surface terrière a été enlevée. Une deuxième éclaircie a été réalisée (5 et 6 ans après la première) dans deux plantations et elle a permis de récolter environ 39 % de la surface terrière.

En 1994, cinq à douze ans après la première éclaircie, on constate que dans les plantations où il y a eu deux éclaircies, les placettes traitées présentent une surface terrière équivalente, en moyenne, à 60 % de celle des placettes témoins. Dans les plantations éclaircies une seule fois, la surface terrière des placettes traitées est égale à environ 76 % de celle des placettes témoins. Le meilleur résultat en terme de gain réel concerne une plantation (dispositif 8) dans laquelle on a récolté 42 % de la surface terrière et qui avait 36 ans lors de l'éclaircie. On remarque cependant qu'en moyenne, la surface terrière des placettes avant l'éclaircie est supérieure à celle des placettes témoins.

On constate aussi que contrairement au pin rouge, les résultats (gain réel en surface terrière) du tableau 10 se comparent assez bien à ceux qui concernent le volume (tableau 8). Le diamètre moyen des épinettes étant nettement plus faible que celui du pin rouge, il y a beaucoup moins de tiges de 30 cm et plus de sorte que le tarif de cubage utilisé pour cette essence est plus précis.

#### Résultats pour l'épinette de Norvège

Ces résultats concernent six plantations âgées de 34 à 41 ans. Ils sont présentés aux tableaux 11 à 15 et aux figures 1 et 2. Le tableau 11 montre qu'en moyenne, les arbres des placettes traitées et témoins sont sensiblement de la même hauteur. Toutefois, le diamètre et l'accroissement en diamètre des arbres des placettes traitées sont supérieurs à ceux des arbres témoins. En moyenne, le gain en diamètre est de 2,8 cm.

Les résultats concernant l'état de santé des arbres montrent encore une fois que c'est la pousse terminale des arbres qui est la plus affectée. En moyenne, plus de 22 % des arbres des placettes traitées et 26 % des arbres témoins présentent des têtes cassées, des têtes mortes, des têtes multiples ou des *leaders*. Les arbres mourants et les cimes réduites se

**Tableau 11. Mesures de hauteur, de diamètre et d'accroissement en diamètre, et état de santé des arbres dans six plantations d'épinette de Norvège**

Dispositif n°	Âge total <sup>1</sup>	Indice <sup>2</sup> de fertilité	Hauteur 1994 (m)		Diamètre 1994 (cm)		Acc. en diamètre <sup>3</sup> dix ans (cm)		Gain en diamètre <sup>4</sup> dix ans (cm)	État de santé <sup>5</sup> (%)						
			écl.	tém.	écl.	tém.	écl.	tém.		P	Bm	M	Cr	R	Pé	D
7 <sup>6</sup>	41	10	17,3	16,7	22,3	18,5	6,6	3,4	3,2 (11 ans)	26 (28)	2 (1)	-- (4)	3 (13)	5 (2)	2 (7)	2 --
G-63	40	10	16,2	16,2	18,6	16,9	6,1	3,0	3,1	8 (13)	--	8 (6)	16 (10)	35 (4)	3 --	3 --
W11*	38	10,5	16,9	16,1	20,2	17,2	4,7	3,0	1,7	35 (43)	--	-- (4)	2 (7)	--	-- (1)	--
W-34	39	11,5	16,5	15,9	20,5	16,7	5,2	1,5	3,7 (9 ans)	24 (30)	--	-- (4)	-- (12)	6 (1)	6 (7)	-- (1)
B-2 EPØ*	41	9	14,2	15,9	16,4	16,6	1,2	1,1	0,1 (6 ans)	15 (16)	5 (1)	-- (6)	6 (7)	10 (4)	3 (1)	--
B-2 PIG*	34		15,7	13,4	21,6	17,1	2,4	0,3	2,1 (6 ans)							
Moyenne pondérée	40	10	16	16,3	20,0	17,5	5,8	3,0	2,8 (10 ans)	22 (26)	1 --	2 (5)	5 (10)	11 (2)	3 (3)	1 --

<sup>1</sup> Âge total lors de l'établissement des dispositifs. <sup>2</sup> Indice de fertilité en m à 25 ans. <sup>3</sup> Accroissement en diamètre. <sup>4</sup> Accroissement en diamètre des arbres des PEP éclaircies moins Accroissement en diamètre des arbres des PEP témoins. <sup>5</sup> P = dommages sur la pousse terminale (tête cassée ou morte, *leader*); Bm = blessure mécanique causée par l'homme, les animaux ou la machinerie; M = mourant; D = défoliation causée par la tordeuse ou autres insectes; Cr = cime réduite; R = écoulement de résine; Pé = blessures causées par les porcs-épics; les valeurs entre parenthèses concernent les arbres témoins, les autres concernent les arbres des PEP traitées; --- indique qu'il n'y a pas de dommage. <sup>6</sup> Résultats regroupés pour les dispositifs 7 et W-10. \* Les résultats pour ce dispositif concernent deux éclaircies.

**Tableau 12. Résultats en volume total et en volume marchand de six plantations d'épinette de Norvège**

Dispositif n°	Âge total <sup>1</sup>	Indice de fertilité <sup>2</sup>	Nombre de tiges/ha		VT <sup>3</sup> (m <sup>3</sup> /ha)		VT coupé (m <sup>3</sup> /ha)	Gain réel en VT (m <sup>3</sup> /ha)	VM <sup>5</sup> (m <sup>3</sup> /ha)		VM coupé (m <sup>3</sup> /ha)	Gain réel en VM (m <sup>3</sup> /ha)
			écl.	tém.	écl.	tém.			écl.	tém.		
7 <sup>6</sup>	41	10	690	1813	231	408,5	195	17	218	380,5	173	11
							(1542 t/ha)	(11 ans)				(11 ans)
G-63	40	10	925	2225	204,5	395	103	-88	190	364	80	-93
							(1900 t/ha)	(10 ans)				(10 ans)
W11*	38	10,5	1150	1750	317	343	34	7	297	317	32	12
							(1050 t/ha)	(10 ans)				(10 ans)
W-34	39	11,5	1150	1825	299	329,5	117,5	87	280	303	102	79
							(1250 t/ha)	(9 ans)				(9 ans)
B-2*	41	9	963	1750	165	306	109	-32	151	280	96	-33,5
							(976 t/ha)	(6 ans)				(6 ans)
EPØ			138	292	38	44	6	0	35,5	40	5	0,5
							(27 t/ha)	(6 ans)				(6 ans)
B-2*	34		1101	2042	203	350	115	-32	186,5	320	101	-33
		9					(1003 t/ha)	(6 ans)				(6 ans)
total												
Moyenne pondérée	40	10	923	1918	232	375	141	12	217	346	124	7
							(1326)	(10 ans)				(10 ans)

<sup>1</sup> Âge total lors de l'établissement des dispositifs. <sup>2</sup> Indice de fertilité en m à 25 ans. <sup>3</sup> Volume total du pin gris =  $0,0063473 + 0,00003324 D^2 H$ ; <sup>4</sup> Gain réel = (Volume des PEP éclaircies + Volume coupé) - Volume des PEP témoins.

<sup>5</sup> Volume marchand du pin gris =  $-0,0062292 + 0,00003202 D^2 H$ . <sup>6</sup> Résultats regroupés pour les dispositifs 7 et W-10.

\* Les résultats pour ce dispositif concernent deux éclaircies.

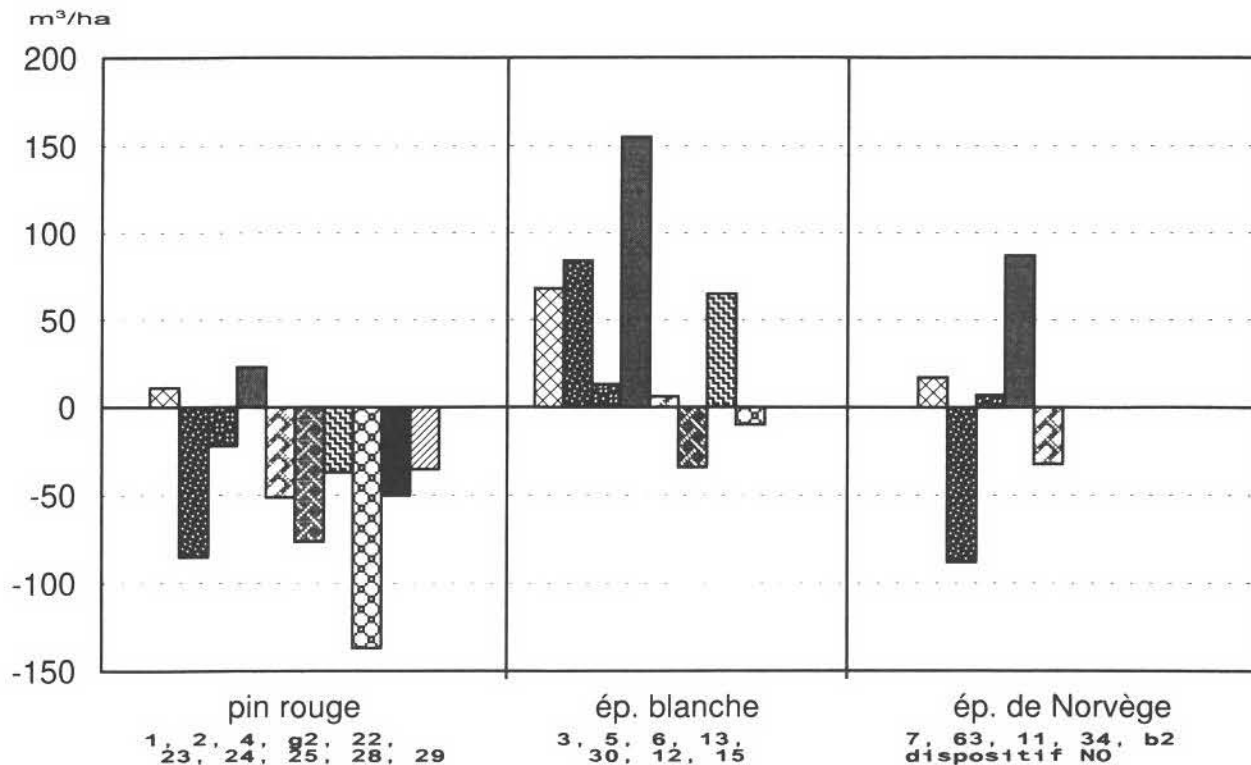


Figure 2. Variation du gain réel en volume total selon les dispositifs et les essences.

retrouvent surtout dans les placettes témoins (5 % et 10 % respectivement). Une partie des arbres a subi des dommages causés par les porcs-épics (3 % des arbres) et on constate qu'environ 1 % des arbres ont été affectés (défoliation partielle) par la tordeuse des bourgeons de l'épinette.

Le tableau 12 montre qu'en moyenne, il y a 52 % moins de tiges dans les placettes traitées que dans les placettes témoins (923 tiges/ha contre 1918 tiges/ha). Par conséquent, le volume total et le volume marchand des arbres des placettes traitées sont en moyenne 38 % plus faibles que ceux des arbres témoins (232 m<sup>3</sup>/ha et 375 m<sup>3</sup>/ha respectivement en volume total). Comme dans le cas des plantations d'épinette blanche, si on considère le volume coupé lors de l'éclaircie, on constate qu'il existe (en moyenne) un gain réel en volume total et en volume marchand en faveur des placettes traitées. Ce gain en volume total est de l'ordre de 12 m<sup>3</sup>/ha, soit 3 % de plus que le volume total des placettes témoins. On constate aussi à la figure 2 que dans trois plantations sur cinq, l'éclaircie a permis d'obtenir des gains réels en volume. D'ailleurs, les résultats concernant le volume total moyen d'une tige (figure 1) montrent que le volume moyen des épinettes de Norvège des placettes traitées est supérieur (56 dm<sup>3</sup>) à celui des arbres témoins.

Comme pour les autres plantations, le tableau 13 montre que dans les placettes traitées, la mortalité est nettement inférieure à la mortalité observée dans les placettes témoins. En volume total (en moyenne), la mortalité représente une perte de 23 m<sup>3</sup>/ha dans les placettes traitées alors qu'elle est de 75 m<sup>3</sup>/ha (trois fois plus) dans les placettes témoins.

Les accroissements en volume total et en volume marchand de cinq ans sont légèrement meilleurs pour les arbres des placettes témoins. La différence est en moyenne de 3 et 4 m<sup>3</sup>/ha respectivement, soit à peine 5 %. L'accroissement décennal en volume total est pour sa part légèrement meilleur pour les arbres des placettes éclaircies (6 m<sup>3</sup>/ha).

Ces résultats sont légèrement inférieurs à ceux de l'épinette blanche mais ils sont supérieurs à ceux du pin rouge. Il reste qu'en moyenne, l'éclaircie a permis encore une fois de concentrer la croissance sur un faible nombre de tiges et de récupérer une partie des arbres qui serait autrement perdus (par la mortalité).

Comme ce fut le cas pour le pin rouge et l'épinette blanche, on constate encore une fois l'existence de fortes variations entre les résultats des dispositifs (figure 2 et tableaux 11 à 14).

**Tableau 13. Mortalité et accroissement en volume total et en volume marchand à la suite d'éclaircies dans six plantations d'épinette de Norvège**

Dispositif n°	Âge total <sup>1</sup>	Mortalité nombre de t/ha		Mortalité en VT m <sup>3</sup> /ha		Acc. VT <sup>2</sup> (m <sup>3</sup> /ha) (5 ans)		Acc. en VT <sup>2</sup> (m <sup>3</sup> /ha) (10 ans)		Acc. en VM <sup>3</sup> (m <sup>3</sup> /ha) (5 ans)		Acc. en VM <sup>3</sup> (m <sup>3</sup> /ha) (10 ans)		Gain en VT <sup>4</sup> (m <sup>3</sup> /ha)	
		écl.	tém.	écl.	tém.	écl.	tém.	écl.	tém.	écl.	tém.	écl.	tém.	5 ans	10 ans
7 <sup>5</sup>	41	108	631	24	96	69	59	139	132	68,5	61	137	136,5	11	7
		(11 ans)				(6 ans)		(11 ans)		(6 ans)		(11 ans)			
G-63	40	50	525	8	65	45	56	93	131,5	46	59,5	88	129,5	-11	-38,5
W11*	38	100	675	20	88	184	185	262	265	173,5	169	243	244	-1	-3
W-34	39	50	500	11	79	93	66	139	74	98	77	136	78	27	65
		(9 ans)						(9 ans)				(9 ans)			
B-2 EPØ*	41	137	308	19	45	42	61	---	---	43	62,5	---	---	-19	---
		(6 ans)				(6 ans)				(6 ans)					
B-2 PIG*	34	43	0	10	0	0	0	---	---	2	3	---	---	0	---
		(6 ans)								(6 ans)					
B-2 total*		180	308	29	45	42	61	---	---	45	65,5	---	---	-19	---
		(6 ans)								(6 ans)					
Moyenne pondérée	40	122	515	23	75	62	65	143	137	63	67	138	137	-3	6

<sup>1</sup> Âge total lors de l'établissement des dispositifs. <sup>2</sup> Acc. VT = accroissement en volume total pour la période. <sup>3</sup> Acc. VM = accroissement en volume marchand pour la période. <sup>4</sup> Gain net en VT = accroissement en VT des PEP éclaircies moins celui des témoins. <sup>5</sup> Résultats regroupés pour les dispositifs 7 et W-10. \* Les résultats pour ce dispositif concernent deux éclaircies.

Les résultats concernant la surface terrière sont présentés au tableau 14. Ces résultats montrent que lors de la première éclaircie, l'âge moyen des plantations était de 39 ans et qu'en moyenne, 38 % de la surface terrière a été enlevé. Une deuxième éclaircie a été réalisée (6 ans après la première) dans une plantation et a permis de récolter 40 % de la surface terrière.

En 1994, six à douze ans après la première éclaircie, on constate que dans la plantation où il y a eu deux éclaircies (dispositif 7), la surface terrière des arbres dans les placettes traitées est équivalente à 56 % de celle des arbres témoins. Dans les plantations éclaircies une seule fois, la surface terrière des placettes traitées est égale à environ 72 % de celle des placettes témoins. Le meilleur résultat en terme de gain réel concerne une plantation (dispositif W-34) dans laquelle on a récolté 42 % de la surface terrière et qui avait 39 ans lors de l'éclaircie. On notera que la surface terrière moyenne des placettes (pour les dispositifs qui présentent un gain réel en surface terrière) avant l'éclaircie est supérieure à celle des placettes témoins et que c'est l'inverse lorsque le gain réel en surface terrière est négatif.

Comme pour le pin rouge (mais de façon moins marquée), on constate que les résultats du tableau 14 (gain réel en surface terrière) se comparent plus ou moins bien à ceux qui concernent le volume (tableau 12). Le diamètre moyen des épinettes de Norvège étant plus élevé que celui des épinettes blanches et plus faible que celui du pin rouge, il y a ici aussi une légère sous-estimation du volume due au fait que le tarif de cubage utilisé pour l'épinette de Norvège s'applique aux tiges de 30 cm et moins.

## Discussion

Les résultats qui précèdent confirment que l'éclaircie a été efficace en concentrant le volume sur un faible nombre de tiges/ha et en stimulant la croissance (particulièrement en diamètre) des arbres résiduels. Une partie de la mortalité naturelle a été récupérée lors des éclaircies et même si les gains de croissance sont très variables d'un dispositif à l'autre, l'éclaircie a eu des effets positifs dans la majorité des cas.

Comme nous l'avons mentionné précédemment, les tarifs de cubage utilisés dans ce rapport ont été élaborés par V. Bertrand en 1989 et comportent des limitations concernant le diamètre des arbres. Ainsi, dans le cas du pin rouge, le volume des arbres présentant un diamètre de plus de 30 cm est légèrement sous-estimé. Les études d'arbres qui ont été réalisées dans ces dispositifs lors des diverses éclaircies ou des mesurages subséquents seront compilées prochainement pour préciser les tarifs de cubage locaux actuels et tenir compte des tiges de 30 cm et plus.

Cette note montre par ailleurs que les pins rouge et particulièrement ceux des placettes traitées sont nettement plus gros que les épinettes du même âge et qu'une partie des pins rouges présente un diamètre supérieur à 30 cm. Il montre aussi que le nombre d'arbres dans les placettes éclaircies des plantations de pin rouge est beaucoup plus faible que ce qu'on observe pour les plantations d'épinette (681 tiges/ha pour le pin rouge; 923 tiges/ha pour l'épinette de Norvège et 1095 tiges/ha pour l'épinette blanche). Ces constatations expliquent en partie les faibles résultats (en volume total/ha) obtenus pour le pin rouge.

**Tableau 14. Résultats en surface terrière avant et après le traitement pour six plantations d'épinette de Norvège**

Dispositif n°	Âge <sup>1</sup> total	Surface terrière (m <sup>2</sup> /ha)											Gain <sup>4</sup> réel
		1 <sup>re</sup> éclaircie					2 <sup>e</sup> éclaircie				1994		
		avant	après	ST (%) <sup>3</sup>	Témoin	avant	après	ST (%) <sup>3</sup>	Témoin	Traité	Témoin		
7 <sup>5</sup>	41	45 (1983) <sup>2</sup>	30	33	44	37 (1989)	22	40	49	29	52	7	
G-63	40	35 (1984)	17	51	42	----	----	----	48	27	53	-8	
W-11	38	43 (1984)	27	37	39	----	----	----	40	40	45	11	
W-34	39	45 (1985)	26	42	42	----	----	----	44	40	44	15	
B-2 EPØ	41	37 (1988)	20	46	39	----	----	----	41	23	41	-1	
B-2 PIG	34	6 (1988)	5	17	6	----	----	----	7	5	7	-1	
Moyenne	39	35	21	38	35	27	22	40	38	27	40	4	

<sup>1</sup> Lors de la première éclaircie. <sup>2</sup> Année de l'éclaircie. <sup>3</sup> Surface terrière enlevée lors de l'éclaircie (en %). <sup>4</sup> Gain réel = ST enlevée lors des éclaircies plus ST 1994 traité moins ST 1994 témoin. <sup>5</sup> Résultats regroupés pour les dispositifs 7 et W-10.

Par ailleurs, la figure 1 montre que le volume total moyen d'une tige (volume total/ha ÷ nombre de tiges/ha) des arbres traités est significativement supérieur à celui des arbres témoins. L'augmentation est de 86 dm<sup>3</sup> pour le pin rouge, de 31 dm<sup>3</sup> pour l'épinette blanche et de 56 dm<sup>3</sup> pour l'épinette de Norvège.

On constate ainsi que c'est le pin rouge qui présente la meilleure production par tige (510 dm<sup>3</sup> pour les arbres traités), soit une production deux fois supérieure à celle de l'épinette de Norvège et presque trois fois supérieure à celle de l'épinette blanche pour un traitement semblable.

Dans le cas de l'épinette blanche, on note que les plus faibles résultats de croissance (dispositif D-30) concernent une jeune plantation (34 ans) qui a été éclaircie assez sévèrement (55 % des arbres ont été coupés). De plus, les résultats de ce dispositif et ceux du dispositif C-13 ne concernent qu'une période de cinq ans.

Nous espérons poursuivre cette étude dans d'autres plantations plus jeunes, sur d'autres sites et sur des plantations aménagées différemment afin de diversifier notre échantillonnage et éventuellement produire des tables de rendement pour des plantations aménagées.

On reconnaît volontiers que dans les dispositifs actuels, l'éclaircie aurait dû être appliquée plus tôt (à l'âge de 20 ou 30 ans). Ainsi, la compagnie Irving au Nouveau-Brunswick procède à la première éclaircie dans les plantations d'épinette à l'âge de 25 ans et prélève entre 50 et 80 m<sup>3</sup>/ha (BRUNSDON et PELLETIER 1994).

En moyenne, nos résultats concernent des plantations âgées de 40 ans lors de la première éclaircie et, dans le cas des épinettes, cette éclaircie a permis de récolter près de 100 m<sup>3</sup>/ha.

Les résultats de cette étude sont intéressants puisque la qualité des tiges dans les peuplements traités s'est nettement améliorée (tiges plus grosses, meilleure forme) et que la plupart des tiges de moins bonne qualité ont été enlevées. Dans les plantations de pin rouge les plus âgées, on a procédé aussi à des coupes sélectives pour la production de poteaux.

A partir des résultats actuels, il est difficile de recommander un traitement d'éclaircie en particulier compte tenu des nombreuses variations observées. Ainsi, les plantations ont été réalisées entre 1940 et 1965 et concernent trois essences ; la première éclaircie a été réalisée entre 1981 et 1989 selon diverses intensités (une rangée sur deux, sur trois ou sur quatre avec ou sans éclaircie sélective dans les rangées restantes) et certaines plantations ont bénéficiées d'une deuxième éclaircie qui a été réalisée entre 5 et 8 ans après la première.

Dans la plupart des cas, la première éclaircie a permis de prélever entre 30 et 40 % de la surface terrière et elle a donné de bons résultats. En moyenne, on a prélevé 40 % de la surface terrière résiduelle lors de la deuxième éclaircie. L'éclaircie est un traitement efficace car il a permis de

concentrer le volume sur un faible nombre de tiges et ces tiges sont mieux réparties et plus grosses ; elles présentent aussi une meilleure valeur marchande. De plus, l'éclaircie a permis de récolter une partie de la production.

Il est intéressant de signaler que le volume obtenu dans les placettes témoins correspond assez bien au volume estimé par les tables de production de BOLGHARI et BERTRAND (1984). Ainsi, selon ces tables, le volume total d'une plantation de pin rouge âgée de 45 ans (âge total) serait d'environ 537 m<sup>3</sup>/ha (à un espacement de 2 X 2 m et pour un indice de qualité de station de 7 m à 15 ans) alors que nous avons obtenu, en moyenne, pour des plantations âgées de 48 ans, un volume total de 598 m<sup>3</sup>/ha. Dans le cas de l'épinette blanche, on obtient respectivement les valeurs suivantes : 253 m<sup>3</sup>/ha à 45 ans (table de production) et 279 m<sup>3</sup>/ha à 47 ans (moyenne obtenue dans nos placettes témoins). Pour l'épinette de Norvège, nos résultats sont légèrement plus élevés que ceux qu'on a estimé par les tables à l'âge de 50 ans (375 m<sup>3</sup>/ha contre 359 m<sup>3</sup>/ha).

## Conclusion

Les résultats présentés ici montrent que l'éclaircie des plantations de pin rouge, d'épinette blanche et d'épinette de Norvège a eu les effets escomptés ; le volume est maintenant réparti sur moins d'arbres et ces derniers sont plus gros et représentent une plus grande valeur marchande (meilleure qualité). Une partie de la mortalité naturelle a été récupérée lors des éclaircies et même si les gains de croissance sont très variables d'un dispositif à l'autre, l'éclaircie a eu des effets significatifs, particulièrement sur le DHP et le volume total des arbres.

Dans le cas de l'épinette blanche et de l'épinette de Norvège, les résultats actuels ne permettent pas de montrer de différences significatives entre la croissance des arbres provenant des placettes éclaircies une fois et celle des arbres qui ont bénéficiés de deux éclaircies. On constate toutefois une différence significative pour le pin rouge au niveau du DHP, de la hauteur totale et du volume unitaire des arbres provenant des placettes éclaircies deux fois. Comme la deuxième éclaircie a eu lieu entre cinq et huit ans après la première, il est peut-être encore trop tôt (dans le cas des épinettes) pour déceler des différences importantes entre ces deux traitements.

Toutes les plantations présentent des gains réels en diamètre, avec des accroissements supérieurs à ceux des arbres témoins de plus de 2,7 cm (129 % d'augmentation) pour le pin rouge ; de 1,5 cm (71 % d'augmentation) pour l'épinette blanche et de 2,8 cm (93 % d'augmentation) pour l'épinette de Norvège. De plus, la mortalité dans les placettes traitées est de trois à quatre fois plus faible que dans les placettes témoins.

Le volume total/ha étant réparti sur beaucoup moins de tiges (en moyenne, 40 à 52 % moins de tiges/ha selon les essences), il est nettement plus faible dans les placettes traitées (28 à 48 % plus faible selon les essences). Les gains réels en volume (VT écl + VT coupé - VT témoin) sont très

variables ; en moyenne, dans le cas du pin rouge, ils se traduisent par une perte de 42 m<sup>3</sup>/ha (soit 7 % de moins que le volume total produit par les arbres témoins). Pour l'épinette blanche, les gains sont en moyenne de 53 m<sup>3</sup>/ha (19 % de plus que le volume des arbres témoins) alors que pour l'épinette de Norvège, ils sont de 12 m<sup>3</sup>/ha (3 % de plus que le volume des arbres témoins).

Les résultats de cette étude montrent que l'éclaircie a permis de stimuler fortement la croissance (diamètre, hauteur et volume/arbre) des arbres.

Les résultats présentés dans ce rapport auraient pu être encore meilleurs si l'éclaircie avait été réalisée sur des peuplements plus jeunes et si les tarifs de cubage utilisés avaient été plus précis (particulièrement dans le cas du pin rouge pour les tiges de plus de 30 cm).

Ces résultats se comparent assez bien avec ce que l'on retrouve dans la littérature, du moins pour ce qui est des effets de l'éclaircie sur le diamètre des arbres et la surface terrière. Ils montrent que l'éclaircie est un traitement valable et nécessaire pour produire des bois de meilleure qualité (sciage, poteaux ou autres).

La forêt de Drummondville est devenue avec le temps, à cause des nombreux aménagements et des traitements qui lui ont été appliqués, un modèle et un attrait tant pour les forestiers que pour les nombreux autres visiteurs qui apprécient la qualité des plantations, leur aspect esthétique et la présence de nombreux chevreuils et autres animaux.

## Remerciements

Les auteurs tiennent à souligner la précieuse collaboration de MM. René Kirouac et Conrad Thomassin, techn.f., responsables des travaux de terrain (établissement, mesurage et échantillonnage). Ils remercient également MM. Fernand Côté, ing.f., région de Trois-Rivières (MRN) et Pierre Jean, techn.f., de l'Unité de gestion de Shawinigan, ainsi que toutes les autres personnes de cette région qui ont participé aux travaux d'éclaircie et d'aménagement dans ces plantations et à l'établissement de ces dispositifs. Ils remercient aussi le personnel de la division de l'informatique et de la biométrie (spécialement Mme Lise Charette) de la Direction de la recherche forestière, qui a procédé aux compilations des derniers mesurages et aux analyses statistiques. Les auteurs remercient également tous ceux qui ont contribué à la correction, à l'édition et à la réalisation de ce rapport.

## ERRATA

Tabl. 2, Col. 5 L. 6	< 0,01
Tabl. 7, Note L. 1	<sup>2</sup> Indice... à 25 ans
Tabl. 10, L. 1	... m <sup>2</sup> /ha

## Références

- ALTHEN, F.W. VON, et W.M. STIELL, 1965. *Twenty-three years of management in the Rockland red pine plantation*. Canada Dept. of Forestry, Publication No. 1123. 20 p.
- ALTHEN, F.W. VON, W.M. STIELL et R.B. FORSTER, 1978. *Effects of four thinnings on the growth, yields, and financial returns of a 62-year-old red pine plantation*. Forestry Chronicle 54(5) : 253-260.
- ALTHEN, F.W. VON, et W.M. STIELL, 1990. *A red pine case history : development of the Rockland plantation from 1914 to 1986*. Forestry Chronicle 66(6) : 606-610.
- BALDWIN, V. C., D.P. FEDUCCIA et J.D. HAYWOOD, 1989. *Postthinning growth and yield of row-thinned and selectively thinned loblolly and slash pine plantations*. Can. J. For. Res. 19 : 247-257.
- BERTRAND, V., 1990. *Travaux de recherche appliquée sur l'éclaircie dans les plantations résineuses d'Hydro-Québec à Drummondville*. Colloque présenté à Drummondville aux membres des sections Champlain et Orléans de l'Institut forestier du Canada. Document non publié. Direction de la recherche forestière, MER, Québec. 12 p.
- BERTRAND, V., 1991. *Essais d'éclaircie commerciale*. Dans : Le guide de terrain : Visite - Forêt de Drummondville, Congrès 1991, O.I.F.Q. : 11-16, 5 tabl. (+ texte 6 p.).
- BERTRAND, V., 1992. *Essais d'éclaircie commerciale dans les plantations résineuses de la forêt de Drummondville*. Communication présentée à l'ACFAS. Annales de l'ACFAS (recueil des résumés de communications du 60<sup>e</sup> Congrès) : 325.
- BERRY, A.B., 1968. *How plantation white spruce responds to crown thinning*. Canadian Forest Industries, August : 20-22.
- BOLGHARI, H.A. et V. BERTRAND, 1984. *Tables préliminaires de production des principales essences résineuses plantées dans la partie centrale du sud du Québec*. Québec, MER, Service de la recherche. Mémoire de recherche forestière n<sup>o</sup> 79. 342 p.
- BRUNSDON, B. et G. PELLETIER, 1996. *Des éclaircies améliorent la dimension des pièces. Une possibilité annuelle accrue dans les plantations d'épinettes du Nord-Est*. Opérations forestières et de scierie 31(1) : 74-81.

- CREMER, K.W. et E.M. MEREDITH, 1976. *Growth of radiata pine after row thinning compared with selective thinning*. Australian Forestry 39(3) : 193-200.
- ELFVING, B., 1985. *Five year growth in a line-thinning experiment with pine and spruce*. Dans : The influence of spacing and selectivity in thinning on stand development, operations and economy. Proceedings of the meeting of IUFRO Project Group P.4.02.02, Dublin, Ireland, 24-28 Sept., 1984. Édité par G. Gallagher. Forest and Wildlife Service, Dublin : 114-121.
- ENGHARDT, H.G. et W.F. MANN, 1972. *Ten-year growth of planted slash pine after thinnings*. USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 11 p.
- KNIGHT, H. et R.M. SHEFFIELD, 1980. *Thinning opportunities in pine plantations in the southeast during the 1980's*. Dans : Thinning Southern pine plantations : integrating economics and biology. South. For. Econ. Workshop, Long Beach, Miss. : 18-26.
- LAPLANTE, L. et L. CHOINIÈRE, 1954. *Étude pédologique des sols du comté d'Yamaska*. Québec, Ministère de l'Agriculture. Bull. tech. n° 3. 151 p.
- LIECHTY, H.O., D.D. REED et G.D. MROZ, 1988. *An interim economic comparison of thinning treatments in a high site quality red pine plantation*. North. J. Appl. For. 5 : 211-215.
- LUSSIER, L.-J., 1990. *Les éclaircies sont-elles rentables ?* Dans : L'éclaircie commerciale et pré-commerciale. Colloque présenté à Amos les 7 et 8 juin, O.I.F.Q. : 122-129.
- MARTIN, B., 1982. *Penser éclaircie dès le reboisement*. R.F.F. XXXIV-4 : 305-313.
- RYANS, M., 1990. *Contraintes et possibilités pour la mécanisation des éclaircies*. Dans : L'éclaircie commerciale et pré-commerciale. Colloque présenté à Amos les 7 et 8 juin, O.I.F.Q. : 111-121.
- SCHÜTZ, J.Ph., 1981. *L'éclaircie sélective de Schädelin, évolution et pratique actuelle*. R.F.F. XXXIII(n° sp.) : 7-18.
- STIELL, W.M., 1970. *Thinning 35-year-old white spruce plantations from below : 10-year results*. Canada, Dept. of fisheries and forestry. CFS, Service Pub. No. 1258. 16 p.
- STOKES, B.J., 1992. *An annotated bibliography of thinning literature*. U.S.D.A. Forest Service, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, Louisiana. Technical Report SO-91. 178 p.
- THIBAUT, M., 1985. *Les régions écologiques du Québec méridional. Deuxième approximation*. Québec, Min. de l'Énergie et des Ress., Serv. de la rech. et Serv. de la carto. Carte au 1 : 1 250 000.
- THIVOLLE-CAZAT, A., 1984. *Première éclaircie dans le douglas*. AFOCEL, Annales de recherches sylvicoles : 339-372.
- TROTTIER, L., 1996. *Étude de rentabilité financière de plantations selon la densité du reboisement*. Québec, Min. des Ressources naturelles, Serv. de l'aménagement forestier. 37 p.
- VÉZINA, P.-É., 1968. *Pratique des techniques sylvicoles*. Notes de cours. Faculté de foresterie et de géodésie. Presses de l'Université Laval. 114 p.



Gouvernement du Québec  
Ministère des Ressources  
naturelles

**RN97-3035**

ISBN 2-550-31404-2

ISSN 0834-4833

Dépôt légal 1997

Bibliothèque nationale du Québec

Bibliothèque nationale du Canada

© 1997 Gouvernement du Québec