

## TABLE DES MATIÈRES

<b>RÉSUMÉ.....</b>	<b>II</b>
<b>REMERCIEMENTS .....</b>	<b>IV</b>
<b>TABLE DES MATIÈRES.....</b>	<b>V</b>
<b>LISTE DES FIGURES .....</b>	<b>VIII</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX .....</b>	<b>X</b>
<b>CHAPITRE I - INTRODUCTION .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Mise en contexte .....</b>	<b>2</b>
<b>1.2 Bouleau jaune.....</b>	<b>3</b>
1.2.1 Effet de la qualité du lit de germination .....	4
1.2.2 Effet de la lumière sur la germination et la croissance .....	4
<b>1.3 Espèces de compétition .....</b>	<b>5</b>
<b>1.4 Procédés de régénération de la futaie régulière et de la futaie jardinée : réponse du bouleau         jaune et des espèces de compétition.....</b>	<b>6</b>
1.4.1 Futaie régulière .....	6
1.4.1.1 Procédés par coupe à blanc.....	7
1.4.1.2 Variantes du procédé par coupe à blanc : la coupe par bandes ou par parquets .....	8
1.4.1.3 Procédés par coupes progressives uniformes.....	9
1.4.1.4 Procédés par arbres semenciers.....	10
1.4.2 Futaie jardinée .....	11
1.4.2.1 Jardinage par pieds d'arbres .....	11
1.4.2.2 Jardinage par petites trouées .....	11
1.4.3 Le scarifiage comme complément aux procédés de régénération .....	14
<b>1.5 Objectif et hypothèse de recherche.....</b>	<b>16</b>
<b>CHAPITRE II - MATÉRIEL ET MÉTHODES.....</b>	<b>17</b>
<b>2.1 Aire d'étude.....</b>	<b>18</b>
<b>2.2 Traitements sylvicoles évalués.....</b>	<b>20</b>
2.2.1 Les opérations de récolte .....	20
2.2.1.1 Dispositif de coupes avec réserve de semenciers.....	20
2.2.1.2 Dispositif de traitements proposés par le Manuel d'aménagement forestier (MRNFP 1998) suivant les principes du jardinage.....	21
2.2.1.3 Dispositif de coupes progressives d'ensemencement dont le prélèvement est basé sur l'ouverture du couvert .....	22
2.2.1.4 Dispositif de coupe progressive d'ensemencement conventionnelle dont le prélèvement est basé sur la surface terrière (CPESA) .....	23
2.2.2 La préparation de terrain .....	23
<b>2.3 Dispositif expérimental .....</b>	<b>25</b>
2.3.1 Plan d'expérience .....	25

2.3.2 Traitements .....	25
2.3.1.1 Traitement en parcelles principales : les traitements sylvicoles de récolte .....	25
2.3.1.2 Traitement en sous-parcelles : les milieux d'ensemencement .....	25
2.3.3 Variables étudiées .....	27
<b>2.4 Échantillonnage.....</b>	<b>27</b>
2.4.1 Les parcelles échantillons .....	27
2.4.2 Évaluation du couvert forestier résiduel .....	29
<b>2.5 Traitement des données .....</b>	<b>30</b>
<b>2.6 Méthodologie statistique .....</b>	<b>30</b>
<b>CHAPITRE III - RÉSULTATS .....</b>	<b>32</b>
<b>3.1 Portrait de la régénération en bouleau jaune trois ans après traitement.....</b>	<b>33</b>
3.1.1 Effets du traitement sylvicole et du milieu d'ensemencement sur la régénération en bouleau jaune .....	33
3.1.1.1 Le coefficient de distribution (CD).....	33
3.1.1.2 Le pourcentage de recouvrement (abondance).....	39
3.1.2 Évolution de la régénération en bouleau jaune depuis l'installation .....	47
<b>3.2 Portrait de la compétition .....</b>	<b>49</b>
3.2.1 Effets du traitement sylvicole et du milieu d'ensemencement sur la compétition en érable à épis et en framboisier.....	49
3.2.1.1 Le coefficient de distribution (CD) de l'érable à épis .....	49
3.2.1.2 Le coefficient de distribution (CD) du framboisier.....	55
3.2.1.3 Le pourcentage de recouvrement (abondance) de l'érable à épis .....	60
3.2.1.4 Le pourcentage de recouvrement (abondance) du framboisier.....	67
<b>CHAPITRE IV - DISCUSSION .....</b>	<b>74</b>
<b>4.1 Influence de la perturbation du sol dans les interventions testées .....</b>	<b>75</b>
4.1.1 Bouleau jaune .....	75
4.1.2 Compétition.....	77
4.1.2.1 Érable à épis.....	77
4.1.2.2 Framboisier.....	78
<b>4.2 Influence de la densité du couvert forestier résiduel dans les interventions testées.....</b>	<b>79</b>
4.2.1 Bouleau jaune .....	79
4.2.2 Compétition.....	81
4.2.2.1 Érable à épis.....	81
4.2.2.2 Framboisier.....	82
4.2.2.3 Constat .....	82
<b>4.3 Évolution du portrait de la régénération en bouleau jaune .....</b>	<b>84</b>
<b>4.4 Modèle synthèse .....</b>	<b>85</b>
<b>CHAPITRE V - CONCLUSION .....</b>	<b>88</b>
<b>CHAPITRE VI – RÉFÉRENCES CITÉES .....</b>	<b>92</b>
<b>ANNEXE A – ANALYSES DE VARIANCE TESTANT L'EFFET DU TRAITEMENT SYLVICOLE ET DU MILIEU D'ENSEMENCEMENT SUR LE COEFFICIENT DE DISTRIBUTION DE LA RÉGÉNÉRATION EN BOULEAU JAUNE .....</b>	<b>100</b>

<b>ANNEXE B - ANALYSES DE VARIANCE TESTANT L'EFFET DU TRAITEMENT SYLVICOLE ET DU MILIEU D'ENSEMENCEMENT SUR LE POURCENTAGE DE RECOUVREMENT DE LA RÉGÉNÉRATION EN BOULEAU JAUNE EN FONCTION DE LA CLASSE DE HAUTEUR .....</b>	<b>101</b>
<b>ANNEXE C - ANALYSES DE VARIANCE TESTANT L'EFFET DU TRAITEMENT SYLVICOLE ET DU MILIEU D'ENSEMENCEMENT SUR LE MAINTIEN DE LA RÉGÉNÉRATION EN BOULEAU JAUNE DE 2001 À 2003 .</b>	<b>105</b>
<b>ANNEXE D - ANALYSES DE VARIANCE TESTANT L'EFFET DU TRAITEMENT SYLVICOLE ET DU MILIEU D'ENSEMENCEMENT SUR LE COEFFICIENT DE DISTRIBUTION DE LA RÉGÉNÉRATION EN ÉRABLE À ÉPIS .....</b>	<b>106</b>
<b>ANNEXE E - ANALYSES DE VARIANCE TESTANT L'EFFET DU TRAITEMENT SYLVICOLE ET DU MILIEU D'ENSEMENCEMENT SUR LE COEFFICIENT DE DISTRIBUTION DE LA RÉGÉNÉRATION EN FRAMBOISIER .</b>	<b>107</b>
<b>ANNEXE F - ANALYSE DE VARIANCE TESTANT L'EFFET DU TRAITEMENT SYLVICOLE ET DU MILIEU D'ENSEMENCEMENT SUR LE POURCENTAGE DE RECOUVREMENT DE LA RÉGÉNÉRATION EN ÉRABLE À ÉPIS .....</b>	<b>108</b>
<b>ANNEXE G - ANALYSE DE VARIANCE TESTANT L'EFFET DU TRAITEMENT SYLVICOLE ET DU MILIEU D'ENSEMENCEMENT SUR LE POURCENTAGE DE RECOUVREMENT DE LA RÉGÉNÉRATION EN FRAMBOISIER .....</b>	<b>112</b>

## LISTE DES FIGURES

Figure 1.1	Domaines bioclimatiques du Québec - Sapinière à bouleau jaune (vert) .....	p.2
Figure 1.2	Potentiel estimé des tiges d'être parmi les dominantes des trouées en fonction de la surface d'ouverture.....	p.13
Figure 2.1	Localisation de la zone d'étude.....	p.19
Figure 2.2	Coupes avec réserve de 0 semencier/ha (Sem0), de 10 à 15 semenciers/ha, de 20 à 30 semenciers à l'hectare et de 40 à 50 semenciers/ha.....	p.20
Figure 2.3	Coupe par trouées de 500 m <sup>2</sup> (T500), 1000 m <sup>2</sup> (T1000) et 1500 m <sup>2</sup> (T1500).....	p.21
Figure 2.4	Coupe par parquets de 0,5 ha (PA05) et de 1 ha (PA1).....	p.21
Figure 2.5	Coupe de jardinage par pied d'arbre .....	p.21
Figure 2.6	Coupe progressive d'ensemencement dont le prélèvement est basé sur le retrait de 40 % du couvert (CPE40), 50 % du couvert (CPE50) et 60 % du couvert (CPE60) .....	p.22
Figure 2.7	Coupe progressive d'ensemencement conventionnelle dont le prélèvement est basé sur la surface terrière.....	p.23
Figure 2.8	Préparation de terrain par poquet.....	p.23
Figure 2.9	Plan du dispositif expérimental .....	p.26
Figure 2.10	Référence de base pour l'évaluation du pourcentage de recouvrement.....	p.29
Figure 2.11	Classement des traitements en fonction d'un gradient décroissant de luminosité.....	p.30
Figure 3.1	Coefficient de distribution (%) en bouleau jaune observé en fonction du traitement sylvicole et du milieu d'ensemencement – moyenne et intervalle de confiance.....	p.34
Figure 3.2	Pourcentage de recouvrement (%) en bouleau observé pour la classe de hauteur 0-5 cm en fonction du traitement sylvicole et du milieu d'ensemencement – moyenne et intervalle de confiance.....	p.40
Figure 3.3	Pourcentage de recouvrement (%) en bouleau observé pour la classe de hauteur 6-30 cm en fonction du traitement sylvicole et du milieu d'ensemencement – moyenne et intervalle de confiance.....	p.40
Figure 3.4	Pourcentage de recouvrement (%) en bouleau observé pour la classe de hauteur 31-100 cm en fonction du traitement sylvicole et du milieu d'ensemencement – moyenne et intervalle de confiance .....	p.40
Figure 3.5	Pourcentage de recouvrement (%) en bouleau observé pour la classe de hauteur +100 cm en fonction du traitement sylvicole et du milieu d'ensemencement – moyenne et intervalle de confiance.....	p.40
Figure 3.6	Coefficient de distribution (%) de l'érable à épis observé en fonction du traitement sylvicole et du milieu d'ensemencement – moyenne et intervalle de confiance.....	p.50

Figure 3.7	Coefficient de distribution (%) du framboiser observé en fonction du traitement sylvicole et du milieu d'ensemencement – moyenne et intervalle de confiance.....	p.56
Figure 3.8	Pourcentage de recouvrement (%) en érable à épis observé pour la classe de hauteur 0-5 cm en fonction du traitement sylvicole et du milieu d'ensemencement – moyenne et intervalle de confiance .....	p.61
Figure 3.9	Pourcentage de recouvrement (%) en érable à épis observé pour la classe de hauteur 6-30 cm en fonction du traitement sylvicole et du milieu d'ensemencement – moyenne et intervalle de confiance .....	p.61
Figure 3.10	Pourcentage de recouvrement (%) en érable à épis observé pour la classe de hauteur 31-100 cm en fonction du traitement sylvicole et du milieu d'ensemencement – moyenne et intervalle de confiance .....	p.61
Figure 3.11	Pourcentage de recouvrement (%) en érable à épis observé pour la classe de hauteur +100 cm en fonction du traitement sylvicole et du milieu d'ensemencement – moyenne et intervalle de confiance .....	p.61
Figure 3.12	Pourcentage de recouvrement (%) en framboisier observé pour la classe de hauteur 0-5 cm en fonction du traitement sylvicole et du milieu d'ensemencement – moyenne et intervalle de confiance .....	p.68
Figure 3.13	Pourcentage de recouvrement (%) en framboisier observé pour la classe de hauteur 6-30 cm en fonction du traitement sylvicole et du milieu d'ensemencement – moyenne et intervalle de confiance .....	p.68
Figure 3.14	Pourcentage de recouvrement (%) en framboisier observé pour la classe de hauteur 31-100 cm en fonction du traitement sylvicole et du milieu d'ensemencement – moyenne et intervalle de confiance .....	p.68
Figure 3.15	Pourcentage de recouvrement (%) en framboisier observé pour la classe de hauteur +100 cm en fonction du traitement sylvicole et du milieu d'ensemencement – moyenne et intervalle de confiance .....	p.68
Figure 4.1	Régénération en bouleau jaune abondante à l'intérieur du poquet et compétition en périphérie.....	p.77
Figure 4.2	Compétition en framboisier à l'intérieur des poquets - cas des trouées et des parquets .....	p.78
Figure 4.3	Absence de la régénération en bouleau jaune dans les trouées .....	p.79
Figure 4.4	Compétition entourant le poquet dans une trouée de 500 m <sup>2</sup> (T500).....	p.81
Figure 4.5	Réponse des trois espèces étudiées en fonction du gradient d'ouverture du couvert .....	p.86
Figure 5.1	Broutage des semis de bouleau jaune par le cerf de Virginie.....	p.90

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2.1	Principales caractéristiques des traitements évalués dans le cadre de la présente étude .....	p.24
Tableau 3.1	Analyse de variance testant l'effet du traitement sylvicole et du milieu d'ensemencement sur le coefficient de distribution de la régénération en bouleau jaune.....	p.34
Tableau 3.2	Test de comparaisons multiples (Waller-Duncan) réalisé avec la variable CD et portant sur les traitements sylvicoles réalisés pour le groupe de traitements sylvicoles de coupes avec réserve de semenciers .....	p.35
Tableau 3.3	Test de comparaisons multiples (Waller-Duncan) réalisé avec la variable CD et portant sur les traitements sylvicoles réalisés pour le groupe de traitements sylvicoles suivant les principes du jardinage .....	p.36
Tableau 3.4	Analyse de variance testant l'effet du traitement sylvicole et du milieu d'ensemencement sur le pourcentage de recouvrement de la régénération en bouleau jaune en fonction.....	p.41
Tableau 3.5	Test de comparaisons multiples (Waller-Duncan) réalisé avec la variable Recouvrement (%) et portant sur les traitements sylvicoles réalisés pour le groupe de traitements sylvicoles de coupes avec réserve de semenciers .....	p.42
Tableau 3.6	Test de comparaisons multiples (Waller-Duncan) réalisé avec la variable Recouvrement (%) et portant sur les traitements sylvicoles réalisés pour le groupe de traitements sylvicoles suivant les principes du jardinage.....	p.43
Tableau 3.7	Test de comparaisons multiples (Waller-Duncan) réalisé avec la variable Recouvrement (%) et portant sur les traitements sylvicoles réalisés pour le groupe de traitements sylvicoles de coupes progressives dont le prélèvement est basé sur l'ouverture du couvert.....	p.44
Tableau 3.8	Évolution du coefficient de distribution du bouleau jaune de 2001 à 2003 .....	p.48
Tableau 3.9	Analyse de variance testant l'effet du traitement sylvicole et du milieu d'ensemencement sur le coefficient de distribution de la régénération en érable à épis.....	p.51
Tableau 3.10	Test de comparaisons multiples (Waller-Duncan) réalisé avec la variable CD et portant sur les traitements sylvicoles réalisés pour le groupe de traitements sylvicoles de coupes avec réserve de semenciers .....	p.52
Tableau 3.11	Test de comparaisons multiples (Waller-Duncan) réalisé avec la variable CD et portant sur les traitements sylvicoles réalisés pour le groupe de traitements sylvicoles suivant les principes du jardinage .....	p.53
Tableau 3.12	Analyse de variance testant l'effet du traitement sylvicole et du milieu d'ensemencement sur le coefficient de distribution de la régénération en framboisier.....	p.56

Tableau 3.13	Test de comparaisons multiples (Waller-Duncan) réalisé avec la variable CD et portant sur les traitements sylvicoles réalisés pour le groupe de traitements sylvicoles suivant les principes du jardinage .....	p.58
Tableau 3.14	Analyse de variance testant l'effet du traitement sylvicole et du milieu d'ensemencement sur le pourcentage de recouvrement de la régénération en érable à épis .....	p.62
Tableau 3.15	Test de comparaisons multiples (Waller-Duncan) réalisé avec la variable Recouvrement (%) et portant sur les traitements sylvicoles réalisés pour le groupe de traitements sylvicoles de coupes avec réserve de semenciers .....	p.63
Tableau 3.16	Test de comparaisons multiples (Waller-Duncan) réalisé avec la variable Recouvrement (%) et portant sur les traitements sylvicoles réalisés pour le groupe de traitements sylvicoles suivant les principes du jardinage .....	p.64
Tableau 3.17	Test de comparaisons multiples (Waller-Duncan) réalisé avec la variable Recouvrement (%) et portant sur les traitements sylvicoles réalisés pour le groupe de traitements sylvicoles de coupes progressives dont le prélèvement est basé sur l'ouverture du couvert .....	p.65
Tableau 3.18	Analyse de variance testant l'effet du traitement sylvicole et du milieu d'ensemencement sur le pourcentage de recouvrement de la régénération en framboisier .....	p.69
Tableau 3.19	Test de comparaisons multiples (Waller-Duncan) réalisé avec la variable Recouvrement (%) et portant sur les traitements sylvicoles réalisés pour le groupe de traitements sylvicoles de coupes avec réserve de semenciers .....	p.70
Tableau 3.20	Test de comparaisons multiples (Waller-Duncan) réalisé avec la variable Recouvrement (%) et portant sur les traitements sylvicoles réalisés pour le groupe de traitements sylvicoles suivant les principes du jardinage .....	p.71
Tableau 3.21	Test de comparaisons multiples (Waller-Duncan) réalisé avec la variable Recouvrement (%) et portant sur les traitements sylvicoles réalisés pour le groupe de traitements sylvicoles de coupes progressives dont le prélèvement est basé sur l'ouverture du couvert .....	p.72

## **CHAPITRE I - INTRODUCTION**



## 1.1 Mise en contexte

Au Québec, le domaine de la sapinière à bouleau jaune s'étend de la frontière de l'Ontario jusqu'à la pointe de la Gaspésie sur plus de 98 600 km<sup>2</sup>, superficie équivalant à 6 % de l'ensemble de la province (OIFQ 1996) (figure 1.1 ; MRNF 2003b). En plus d'être une source majeure de fibre de bois pour l'industrie forestière, certaines des associations végétales qui la composent, tel la bétulaie jaune à résineux, sont parmi les plus productives de la province (Prévost 2008 ; Archambault et al. 1998). La nécessité de préserver la biodiversité et le besoin de conserver toutes les fonctions de la forêt font également partie des raisons qui justifient le maintien de la composition mixte des peuplements, objectif d'aménagement forestier maintenant reconnu au Québec (MRNFP 1992).



Figure 1.1 Domaines bioclimatiques du Québec - Sapinière à bouleau jaune (vert)

L'aménagement de cette bande de forêts mixtes pose toutefois un défi de taille parce qu'il doit tenir compte de plusieurs espèces aux caractéristiques écologiques variées (modes de reproduction et de régénération, tolérance à l'ombre, taux de croissance, longévité, etc.). S'ajoute à cette complexité le fait qu'elles occupent généralement des sites fertiles caractérisés par une forte concurrence végétale.

Au cours des dernières décennies, la coupe totale était une pratique forestière commune dans ces écosystèmes. Ces interventions ont résulté en un envahissement en espèces de compétition (Archambault et al. 1998 ; Laflèche et al. 2000) au détriment du bouleau jaune (*Betula alleghaniensis* Britt.), ou encore de l'épinette blanche (*Picea glauca* (Moench) Voss) (Prévost 2008). Avec le temps et la pratique, les forestiers ont constaté que leurs connaissances et leur expertise en matière de régénération et d'aménagement de ce type de forêt sont encore très limitées (Prévost et al. 2003).

La forêt mixte gaspésienne n'échappe à ces constats et dans le sous-domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau jaune de l'est, la régénération en bouleau jaune s'avère difficile. L'une des causes possibles expliquant ce fait serait les procédés de régénération utilisés (coupes). En effet, suite aux diverses coupes effectuées, on note peu de régénération en bouleau jaune. Ce phénomène s'expliquerait principalement par la mauvaise qualité des lits de germination pour les semences et du substrat de surface pour la survie des



semis. De plus, l'agressivité des essences de compétition, notamment l'érable à épis (*Acer spicatum* Lamb.) et le framboisier (*Rubus idaeus* L.), diminuerait les résultats escomptés en régénération désirée.

Au Québec et ailleurs, plusieurs possibilités s'offrent pour régénérer le bouleau jaune : il y a eu d'abord la coupe à diamètre limite (Beaudet et Messier 1997) et la coupe par bandes (Ruel et Pineau 1994), puis ensuite la coupe de jardinage par pied d'arbre ou par petites trouées, la coupe progressive, la coupe avec réserve de semenciers (Prévost et al. 2003) et, récemment, la coupe par parquets (MRNFP 1998) inspirée de résultats américains et d'aménagement par blocs équiennes européens. Chacune de ces méthodes présente des caractéristiques différentes et possède des modalités propres qui influencent directement la régénération en bouleau jaune. Le défi réside donc dans le fait de définir celle qui palliera le mieux aux problématiques régionales gaspésiennes.

C'est dans ce contexte qu'un groupe de forestiers oeuvrant dans le domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau jaune de l'est, regroupant l'industriel Gaston Cellard Inc., le Groupement forestier Baie-des-Chaleurs, l'unité de gestion de Caplan du ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec et le Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy, s'est proposé de relever le défi. Il s'est donc intéressé à l'écologie du bouleau jaune et des principales espèces de compétition et a implanté un important dispositif de recherche en Gaspésie (Lessard et al. 2000 ; Malenfant et al. 2001) permettant de suivre les effets réels de différentes options de régénération du bouleau jaune (Malenfant et al. 2002).

## 1.2 Bouleau jaune

Le bouleau jaune est classé comme une espèce de tolérance modérée à l'ombre et à croissance moyenne (Bellefleur et Villeneuve 1984; Beaudet et Messier 1998; Beaudet et al. 2000; Lupien 2004). Il semble cependant que les sujets en position hiérarchique inférieure peuvent rapidement être éliminés (Ouellet et Zamovican 1999). Le bouleau jaune est considéré comme une espèce qui ne produit pas de rejets de souche (Solomon et Blum 1967). Ses mécanismes de régénération sont plutôt limités à la reproduction sexuée (Ruel et Margolis 1997). La viabilité des graines de bouleau jaune dans le sol, évaluée à environ deux ans par Houle (1992), demeure très courte.

### *1.2.1 Effet de la qualité du lit de germination*

Le principal facteur affectant l'établissement du bouleau jaune semble être le lit de germination (Godman et Krefting 1960). La régénération est difficile sur sol forestier intact, couvert de sa litière (Falkenhagen 1969). La radicule du jeune semis parvient difficilement à pénétrer une litière le moins épaisse (Ruel et Pineau 1994; Drinkwater 1957). Plusieurs chercheurs (Wang 1965 dans Burton et al. 1969; Jarvis 1957 dans Falkenhagen 1969; Godman et Krefting 1960; Perala et Alm 1990) ont identifié que le meilleur lit de germination correspondait à un mélange de texture (humus-sol minéral), indépendamment du drainage ou du couvert arborescent. De façon naturelle, les monticules de chablis offrent ces conditions.

### *1.2.2 Effet de la lumière sur la germination et la croissance*

Bien que le principal facteur affectant l'établissement du bouleau jaune semble être le lit de germination, le succès de la régénération en bouleau jaune est également une affaire de contrôle du couvert (Goodhue 1969). Le bouleau jaune se régénère parfois sous couvert, mais nécessite la plupart du temps qu'une ouverture soit faite au niveau du couvert arborescent et du sous-étage (Perala et Alm 1990; Erdmann 1990 dans Beaudet et Messier 1997). Wang (1965 dans Burton et al. 1969) a par ailleurs identifié que, indépendamment des autres variables, la meilleure croissance a été observée sous un couvert de faible densité. Toutefois, une exposition excessive à la lumière peut inhiber également sa régénération (Carlton et Bazzaz. 1998). Dans une étude réalisée en Ontario, Jarvis (1957 dans Godman et Krefting 1960) a observé que la meilleure croissance en hauteur de la régénération avait été atteinte sous un couvert offrant 70 % de pleine lumière. Cette observation est appuyée par Tubbs et Metzger (1969) qui recommandent de réduire le couvert arborescent à une densité de 30 %. Wang (1965 dans Perala et Alm 1990) mentionne que la meilleure croissance en hauteur est obtenue sous un couvert allant de 29 à 50 % sur des stations à drainage frais. Quant à Logan (1965 dans Perala et Alm 1990), ses travaux indiquent que les semis de bouleau jaune les plus hauts se trouvaient sous un couvert offrant entre 25 % et 45 % de pleine lumière. Les poids les plus élevés ayant été constatés chez les semis exposés à 45 % de lumière, il est probable que le pourcentage le plus favorable à la croissance de cette essence soit plus près de 45 % que de 25 %. Cette conclusion se rapproche de celle de Godman et Krefting (1960) qui ont signalé que le gain en poids de la tige, du feuillage et des racines et la croissance moyenne en hauteur des semis de bouleau jaune étaient supérieurs lorsque l'intensité de la lumière était de 50 %. Godman et Erdmann (1985

dans Perala et Alm 1990) recommandent quant à eux un couvert de 70 à 80 %. On observe ainsi un gradient de résultats relativement large, allant d'une ouverture permettant 70 % de pleine lumière à 20 %.

La croissance du bouleau jaune semble donc déterminée par la disponibilité de la lumière. Cette observation est vraie pour la croissance des branches du haut de la cime. Les branches se trouvant dans le bas de la cime ne démontrent pas une forte croissance et cette dernière n'est pas reliée à la disponibilité en lumière. La présence de ces deux types de branches chez le bouleau jaune contribue à sa morphologie multicouche (Goulet et al. 2000). Il s'agit d'une façon de maximiser la croissance en hauteur tout en minimisant une expansion des branches les moins efficaces. Cette réaction est avantageuse dans des situations de compétition pour la lumière. Toutefois, les espèces maintenant de forts taux de croissance en hauteur en milieu ombragé présentent un fort taux de mortalité, n'allouant suffisamment pas de ressources à leur système racinaire (Kobe et al. 1995 ; Kitajima 1994 dans Beaudet et Messier 1998). Ce fait sous-entend que même s'il y a germination, la croissance et la survie du bouleau jaune nécessitent une ouverture durable ou fréquente du couvert (Seymour 1994 dans Beaudet et al. 2000), car il tolère peu, au maximum pendant trois à cinq ans (White et al. 1985), ou pas du tout les périodes de suppression. Il semble que la survie et la croissance du bouleau jaune soient menacées à moins de 10 % de lumière (Kobe et al. 1995). Ainsi, comme ses exigences en lumière augmentent très tôt, il doit être dégagé s'il est dominé par une haute régénération, sinon il est éliminé (Falkenhagen 1969; Forcier 1975 dans Beaudet et al. 2000; White et al. 1985). Ces observations permettent de croire que la compétition peut également être un facteur critique dans la régénération du bouleau jaune.

### 1.3 Espèces de compétition

Dans les peuplements du sous-domaine de la sapinière à bouleau jaune de l'est, la strate arbustive regroupe essentiellement les espèces caractéristiques des forêts de sapin baumier (*Abies balsamea* (L.) Mill.) et de bouleau jaune, soit l'érable à épis, la dryoptère spinuleuse (*Dryopteris spinulosa* (O. F. Muell) Watt.), l'if du Canada (*Taxus canadensis* Marsh.), le noisetier à long bec (*Corylus cornuta* Marsh), etc. À la suite de coupes intenses, on retrouve un parterre notamment envahi par le framboisier, l'érable à épis et le cerisier de Pennsylvanie (*Prunus pensylvanica* L.f.).

La forte présence de l'érable à épis sous couvert démontre qu'il est une composante importante du sous-bois de ce type de forêt (De Grandpré et al. 2000). Il se régénère principalement par rejets de souche, mais peut également être efficace par marcottes et semences (Post 1965; Vincent 1965). Il peut se maintenir sous couvert et dominer le peuplement après ouverture (Roberts et Dong 1993; Harvey et al. 1995; De Grandpré 1997 ; Archambault et coll. 1998) pour des périodes de 30 à 60 ans (Drinkwater 1957; Vincent 1965; Vallée et al. 1976 dans Archambault et al. 1998; Bédard et al. 1978 dans Archambault et al. 1998). Bien que l'influence de l'érable à épis comme espèce compétitrice après coupe totale soit bien documentée (Vincent 1965; Post 1965, 1969, 1970; MacLean et Morgan 1983; Jobidon 1997 ; Bourgeois et al. 2004) sa réponse aux coupes partielles demande plus d'investigation (Bourgeois et al. 2004).

L'invasion des parterres de coupe par le framboisier pose également problème. Tout comme Ruel (1992), Winder et Watson (1994 dans Archambault et al. 1998) ont observé que le framboisier colonisait fortement et rapidement les sites après ouverture du couvert. Ce rapide envahissement est largement expliqué par la présence d'une abondante banque de graines enfouies dans le sol dont la viabilité dépasserait le siècle (Whitney 1982 dans Ricard et Messier 1996). Certains auteurs (Whitney 1992 dans Ricard et Messier 1996) décrivent le framboisier comme étant probablement la plus agressive des espèces envahissantes des forêts feuillues du nord-est américain. En effet, le framboisier forme souvent une couche de végétation mono-spécifique dense qui compétitionne avec les semis en espèces désirées pour la lumière, l'eau et les nutriments du sol (Ruel 1992; Roberts and Dong 1993; Wilson and Shure 1993; Mou et al. 1993). Il semble toutefois que cette abondance ne durerait que pendant les dix premières années suivant la coupe pour ensuite se retirer (Archambault et al. 1998). La fermeture du couvert arborescent jouerait également un rôle sur son retrait (Ricard et Messier 1996).

#### **1.4 Procédés de régénération de la futaie régulière et de la futaie jardinée : réponse du bouleau jaune et des espèces de compétition**

##### **1.4.1 Futaie régulière**

Les procédés de régénération de la futaie régulière (ou équiennne) sont regroupés sous trois grands titres : les procédés par coupes à blanc, les procédés par coupes progressives et les procédés par arbres semenciers (OIFQ 1996).

#### *1.4.1.1 Procédés par coupe à blanc*

Les procédés par coupe à blanc visent à récolter la totalité des arbres marchands d'un peuplement (Ministère des Ressources naturelles Canada 1995). Dans leurs travaux visant à caractériser la succession forestière de la forêt mixte du domaine de la sapinière à bouleau jaune 20 ans après coupe à blanc, Archambault et al. (1998) arrivent à la conclusion que la coupe totale a fortement perturbé la succession naturelle. Ils affirment qu'il est peu probable que les parterres de coupe évoluent dans le sens du peuplement d'origine dans un futur raisonnable. Il semble que la coupe totale ne soit pas adéquate pour assurer le retour de la sapinière à bouleau jaune en raison de l'agressivité des espèces de compétition à envahir le parterre. Tout comme Ruel (1992) et Winder et Watson (1994 dans Archambault et al. 1998), ils ont observé que le framboisier colonisait fortement et rapidement les sites après ouverture, mais qu'il n'était abondant que durant les 10 premières années suivant la coupe pour ensuite se retirer. Quant à l'érable à épis, il devrait poursuivre son envahissement pour au moins un autre 20 à 30 ans.

Laflèche et al. (2000) se sont également penchés sur l'évaluation de la coupe totale avec protection de la régénération et des sols (CPRS) comme méthode de régénération de peuplements mélangés du domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau jaune dans l'est du Québec. Ils notent que, suite à l'ouverture du couvert, on assiste généralement à un envahissement rapide et abondant en érable à épis et en cerisier de Pennsylvanie, ce qui affecte l'abondance et la croissance de la végétation désirée. De plus, le soin apporté à la protection du sol et les grandes distances séparant les semenciers résulteraient en une faible proportion de bouleau jaune. Ils affirment en conclusion que la CPRS s'avère une pratique peu efficace pour assurer rapidement le renouvellement de peuplements mélangés de la sapinière à bouleau jaune.

Finalement, De Grandpré et al. (2000) se sont intéressés eux aussi à la succession végétale suivant la coupe à blanc de forêts du domaine de la sapinière à bouleau jaune. Ils précisent que les jeunes coupes totales sont principalement caractérisées par des espèces telles le framboisier, le cerisier de Pennsylvanie, le peuplier faux-tremble, l'érable rouge, le bouleau blanc et l'épilobe. Après 20 ans, l'abondance du framboisier, du cerisier de Pennsylvanie et de l'épilobe semble s'estomper au profit des semis d'espèces plus tolérantes à l'ombre. L'érable à épis est l'espèce qui demeure très abondante, peu importe l'âge de la coupe. Même après 20 ans, ils ont retrouvé encore des densités de plus de 20 000 tiges/ha. On observe donc que la compétition sévère induite par des espèces herbacées et des arbustes limite l'établissement et

la croissance des semences, augmente la mortalité des semis et change la composition en espèces (Gilliam et al. 1995).

Tel que mentionné précédemment, le recrutement des semis en bouleau jaune est le résultat de l'interaction entre l'abondance des semences, la distance à parcourir et la qualité du substrat. À cela s'ajoute la structure de la canopée qui influence leur croissance et le contrôle des espèces de compétition. Il semble clair que dans le cas des forêts mixtes à bouleau jaune, le procédé de régénération par coupe à blanc ou par coupe totale avec protection de la régénération et des sols ne semble pas respecter ces exigences et crée des conditions non favorables à la régénération en espèces désirées et à la croissance de semis établis (Lepage et al., 2000).

#### *1.4.1.2 Variantes du procédé par coupe à blanc : la coupe par bandes ou par parquets*

Les coupes par bandes ou par parquets sont des variantes du procédé par coupe à blanc. Elles diffèrent en fonction des superficies de récolte et de leur répartition dans l'espace. Elles répondent ainsi mieux à l'autécologie de certaines espèces et ont l'avantage de maintenir une source de semences à proximité des parterres à régénérer (Ruel et Pineau 1994).

Boivin (1975 dans Ruel et Pineau 1994) a effectué un essai de coupe par bandes dans les peuplements mélangés de bouleau jaune, sapin et épinettes. Dix ans plus tard, la régénération de bouleau jaune fut peu abondante (1000 semis/ha), faiblement distribuée (stocking de 0 à 22 %) et se retrouvait en sous-étage du cerisier de Pennsylvanie et du bouleau blanc (*Betula papyrifera* Marsh.). La reconstitution d'un peuplement semblable à celui récolté ne semblait donc pas assurée. En conséquence, dans le cas de la forêt mixte à bouleau jaune, Ruel et Pineau (1994) ne recommandent pas la coupe par bandes.

Dans un dispositif situé en Mauricie, Guillemette et al. (2003a) ont réalisé un suivi trois ans après traitement de leurs différents essais. Ils précisent que ce sont dans les parquets (1ha) sans semencier que les coefficients de distribution du bouleau jaune et de l'ensemble de la régénération commerciale sont les plus faibles comparativement aux ouvertures de plus petites tailles. La plus grande taille des parquets et l'absence de semenciers sur le parterre auraient réduit les apports de semences, défavorisé leur distribution, diminué la protection des semis contre l'insolation et stimulé davantage la compétition. C'est aussi dans ces parquets que la compétition a été la plus forte en terme de distribution et de densité totaux.

Certains auteurs notent également l'invasion des espèces de compétition dans les parquets de plus d'un acre (0,4 ha) (Dale et al. 1995 dans CERFO Date inconnue).

#### *1.4.1.3 Procédés par coupes progressives uniformes*

Le procédé par coupes progressives uniformes consiste à extraire les arbres par étape. Ainsi, on considère trois types de coupes : la coupe d'ensemencement, les coupes secondaires et la coupe définitive.

La coupe d'ensemencement est un mode de régénération où le couvert est ouvert assez uniformément sur l'ensemble de la surface à régénérer (Ministère des Ressources naturelles Canada 1995). Elle vise à la fois à favoriser la fructification ainsi qu'à créer des conditions de germination plus favorables aux espèces désirables pour le futur peuplement. On tente alors de développer une régénération dense et uniforme. La densité influencera autant la croissance que la qualité des tiges (Godman et Tubbs 1973).

Les coupes secondaires visent à supprimer les grands arbres au-dessus des taches de semis régénérés, à récolter les semenciers qui montrent des signes de faiblesse ou des dommages reçus à la suite de la coupe d'ensemencement, à assurer une protection des semis et à poursuivre l'installation des semis là où elle tarde.

Enfin, la coupe définitive élimine le peuplement résiduel avec une attention particulière à la protection des semis en place. Elle ne doit pas tarder afin de réduire les dommages d'exploitation et la concurrence de la part des semenciers eux-mêmes (Ruel et Pineau 1994).

Ward et Stephens (1997) ont démontré que le bouleau jaune est adapté à une exploitation impliquant une perturbation partielle du couvert. Le succès d'établissement du bouleau jaune est par ailleurs dépendant de cette ouverture. Les coupes partielles doivent donc imiter les perturbations naturelles en créant une ouverture du couvert. Le système de coupes progressives en deux temps devient alors très recommandé pour le bouleau jaune (Perala et Alm 1990; Ruel et Pineau 1994).

Dans leur revue de la littérature portant sur la régénération du bouleau jaune, Perala et Alm (1990) ont dressé un portrait de différents essais de coupe progressive d'ensemencement. On y constate que de bons résultats ont été obtenus suivant un gradient d'ouverture du couvert relativement large, allant d'une ouverture de 70 à 20 % de pleine lumière. De bons résultats ont également été observés par Guillemette et



al. (2003a; 2004) dans leurs essais en Mauricie et à la station écotouristique de Duchesnay. En effet, leurs suivis après la coupe d'ensemencement permettent d'observer une régénération abondante et bien distribuée en bouleau jaune, particulièrement en présence d'un scarifiage.

#### *1.4.1.4 Procédés par arbres semenciers*

Peu de travaux de coupe avec réserve de semenciers ont été documentés. Trois références touchant les forêts mixtes du domaine de la sapinière à bouleau jaune ont été trouvées. Ainsi, dans le Bas-St-Laurent, Quentin (1994) a effectué le suivi de la régénération suivant la réalisation de coupes avec réserve de semenciers de forte densité (allant jusqu'à 60 semenciers/ha) suivies de préparation de terrain. Il recommande que cette coupe soit effectuée lors d'une bonne année semencière pour permettre le choix de semenciers de qualité bien pourvus en semences, que le martelage laisse de 25 à 50 semenciers/ha bien distribués sur le parterre de coupe et qu'un scarifiage soit effectué après la chute des feuilles, mais avant la tombée de la neige.

Ruel et al. (2004) ont mis sur pied un dispositif de recherche visant à étudier le potentiel d'une approche de remise en productions de peuplements dégradés de 15 m<sup>2</sup>/ha où des semenciers sont présents. Leurs résultats indiquent que la disponibilité des semences lors des bonnes années semencières était suffisante pour que l'approche soit jugée efficace à court terme. Ils précisent qu'une perturbation des horizons superficiels du sol est nécessaire pour provoquer l'établissement des semis. La reprise vigoureuse de la végétation compétitrice indique cependant que la croissance et la survie des semis devraient faire l'objet d'études à venir.

Guillemette et al. (2003a) ont observé, en Mauricie, que les semenciers conservés dans des parquets de 1 ha ont amené une régénération en bouleau jaune plus abondante, mieux distribuée et plus haute, comparativement aux parquets sans semenciers.

Aux États-Unis, quelques essais ont été documentés dans des peuplements d'essences feuillues. Les différents auteurs (Metzger et Tubbs 1971; Tubbs et al. 1983 dans CERFO date inconnue) constatent des problèmes de survie du bouleau jaune, probablement reliés aux conditions microclimatiques et à l'envahissement par la végétation concurrente. Les auteurs considèrent que la coupe par bandes ou la coupe progressive sont de meilleures alternatives.

### 1.4.2 Futaie jardinée

En premier lieu, il convient de distinguer la futaie jardinée des autres structures irrégulières. La futaie jardinée est un cas particulier où la distribution des diamètres des tiges est équilibrée de façon à assurer un recrutement constant.

Étant donné que le bouleau jaune nécessite la création d'ouvertures pour atteindre le couvert (Payette et al. 1990; Seymour 1994 dans Beaudet et al. 2000), les systèmes de récolte de la futaie jardinée à structure verticale (jardinage par pieds d'arbres) ne semblent pas recommandés dans les cas où le traitement vise sa régénération. Les systèmes de récolte à structure horizontale, tel que la coupe de jardinage par trouées, sembleraient toutefois être une solution (Perala et Alm 1990).

#### 1.4.2.1 Jardinage par pieds d'arbres

La coupe de jardinage par pied d'arbre favorise généralement la régénération d'espèces tolérantes à l'ombre (Lamson et Smith 1991 ; Crow et Metzger 1987 dans Beaudet et Messier 1997). Toutefois, plusieurs auteurs ont noté que le bouleau jaune ne se régénérerait que sporadiquement suite à ce type d'intervention (Leak et al. 1969; Tubbs 1969; Berry 1981 dans Bédard et Majcen 2001). En effet, Crow et Metzger (1987 dans Beaudet et Messier 1997) citent le cas où, bien que le bouleau jaune eut été présent durant les quelques années suivant la coupe de jardinage, après 15 ans, la régénération était dominée par l'érable à sucre. Ainsi, Perala et Alm (1990) recommandent le jardinage par petites trouées afin d'assurer la régénération en bouleau jaune dans les peuplements de structure inéquienne. Un mélange du jardinage par pied d'arbre et du jardinage par petites trouées serait, selon plusieurs, la meilleure combinaison pour régénérer les espèces feuillues tolérantes et semi-tolérantes (Beaudet et Messier 1997) des peuplements mixtes et feuillus de structure inéquienne. Miller et al. (1995) suggèrent toutefois la création d'une variété de grandeurs et de formes d'ouvertures.

#### 1.4.2.2 Jardinage par petites trouées

Le principe de ce type d'intervention se rapporte aux *Variantes du procédé par coupe à blanc : la coupe par bandes ou par parquets*. De façon naturelle, on retrouve des semis de bouleau jaune dans les trouées, là où la régénération préétablie en érable à sucre ou en hêtre à grandes feuilles n'est pas importante. Plusieurs auteurs ont ainsi noté que le bouleau jaune se régénérerait dans les petites ouvertures du jardinage

par trouées (Marquis 1965; Leak et Filip 1977 ; Arbogast 1957 dans Bédard et Majcen 2001; Guillemette et al. 2003a). Leak et Filip (1977) ont observé le maintien d'une proportion de 25 à 33 % d'espèces semi-tolérantes et intolérantes dans un peuplement où la composition avant coupe était de 70 % d'espèces tolérantes, 25 % d'espèces semi-tolérantes et 5 % d'espèces intolérantes.

Leak (1999) a aussi démontré, avec son suivi 61 ans après traitement, que le jardinage par petites trouées dans les peuplements matures de feuillus nobles devrait maintenir de façon continue une proportion de 20 % de bouleaux et frênes et 33 % en espèces intolérantes et intermédiaires. Le patron de croissance en hauteur après la formation de l'ouverture illustre que le bouleau jaune connaît une croissance en hauteur marquée entre 5 et 15 ans après la création de la trouée (McClure et al. 2000).

Zillgitt et Eyre (1945 dans Godman et Krefting 1960) ont rapporté que la création de petites ouvertures d'au plus 0,1 acre (400 m<sup>2</sup>) était la meilleure façon de ramener un bon nombre de bouleaux jaunes. Dans les plus grandes ouvertures, l'invasion des espèces compétitrices était le facteur le plus significatif en termes de réduction du coefficient de distribution initial. Dans leur étude portant sur la dynamique naturelle des peuplements mixtes et les mécanismes intervenant dans la coexistence des espèces qui les composent, Kneeshaw et Prévost (2007) ont observé que le bouleau jaune est l'espèce la plus abondante dans les trouées de plus de 800 m<sup>2</sup>. Linteau (1948 dans Godman et Krefting 1960) indiquait qu'une ouverture du couvert arborescent qui permettrait un apport de lumière d'au moins 30 % créerait les meilleures conditions d'établissement, mais pas de croissance. Il suggère donc des ouvertures de 0,5 acre (2000 m<sup>2</sup>) lorsqu'une coupe par trouées est réalisée. Quant à Bormann et Likens (1979), ils proposent la figure suivante afin de schématiser le potentiel estimé d'être parmi les individus dominants des trouées en fonction de la surface d'ouverture, le groupe 3 représentant les espèces de tolérance intermédiaire tel le bouleau jaune. Ainsi, de toutes les publications consultées sur le sujet, on observe une certaine variabilité au niveau de la dimension des trouées à réaliser, les dimensions passant de 400 m<sup>2</sup> à 2000 m<sup>2</sup>.

Leak (1999) suggère, au lieu d'utiliser une dimension fixe de trouée, d'utiliser les grandeurs de trouées qui s'arriment aux conditions de terrain, prélevant les arbres matures et favorisant une régénération en essences désirées. Les dispositifs du CERFO (Guillemette et al. 2003a) installés en Mauricie démontrent que la taille des trouées devrait considérer la présence de l'érable à sucre dans le peuplement. Ainsi, une forte présence en érable à sucre mènerait à la création de grandes trouées (1 000 m<sup>2</sup>), alors que sa faible

présence mènerait à la création de trouées de petites dimensions (400 m<sup>2</sup>). Prévost et al. (2003) ramène la notion de scarifiage dans les trouées afin d'installer avec succès la régénération du bouleau jaune.

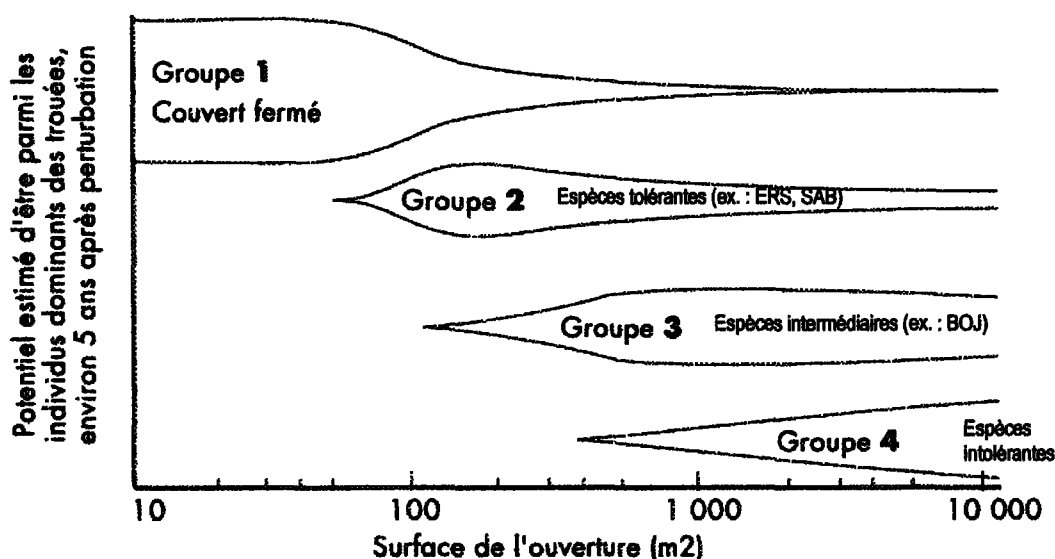


Figure 1.2 Potentiel estimé des tiges d'être parmi les dominantes des trouées en fonction de la surface d'ouverture

Les effets à long terme de la coupe de jardinage par trouées sont variables. Quoiqu'on observe souvent une bonne régénération en bouleau jaune au départ, sa survie ne semble pas assurée. La compétition et la fermeture du couvert sont les deux raisons qui semblent le plus revenir (Robitaille et Majcen 1991; Willis et Johnson 1978 dans Beaudet et Messier 1997). Même avec scarification, Willis et Johnson (1978 dans Beaudet et Messier 1997) ont observé une forte mortalité du bouleau jaune au cours des 7 années suivant la coupe.

Des coupes légères et successives sont nécessaires pour que le bouleau jaune atteigne les strates supérieures du peuplement (OIFQ 1996). Crow et Metzger (1987 dans Beaudet et Messier 1997) recommandent, dans les peuplements de feuillus nobles, de contrôler la régénération préétablie d'espèces tolérantes à l'ombre dans les trouées.

Dans le cas des bétulaies jaunes à sapin de structure inéquienne, Brown (1987 dans Beaudet et Messier 1997) préconise également le recours au jardinage par trouées, mais ajoute qu'il sera probablement nécessaire d'effectuer un dégagement des tiges en raison de la compétition exercée par l'érable à épis.

#### *1.4.3 Le scarifiage comme complément aux procédés de régénération*

L'importance de la qualité du lit de germination dans le succès de la régénération en bouleau jaune a été démontrée à la section 1.2.1. Les différents auteurs cités ont identifié que le meilleur lit de germination correspondait à un mélange de textures (humus – sol minéral). Ainsi, une des meilleures façons d'assurer un retour en bouleau jaune après coupe est d'effectuer une scarification du sol lors des opérations de récolte (Marquis 1965; Godman et Krefting 1960; Quentin 1994; Malenfant et al. 2002; Guillemette et al. 2003a; Ruel et al. 2004; Guillemette et al. 2004).

Dans les façons d'y parvenir, Kelso (1969) note qu'une récolte réalisée en été avec de la machinerie lourde scarifiant le sol préparerait des lits de germination adéquats. McGee et Birmingham (1997) indiquent que de maintenir un certain niveau de débris ligneux (sur 5 % de la surface) bien distribués peut suppléer aux préparations de terrain. Dans leurs essais de diverses méthodes de scarifiage intégrées aux opérations dans les trouées, Nolet et Poirier (2001) ont testé le scarifiage par peigne, le scarifiage par retrait des déchets, la mise à nu du sol minéral à l'aide d'une pelle sur débusqueuse (poquet) et l'absence de scarifiage (témoin). Ils ont observé que les trouées non scarifiées (témoin) semblaient offrir une quantité appréciable de bons microsites, étant donné qu'il y a eu perturbation forte du sol lors des opérations de récolte. En matière de coûts et de qualité de microsites, il semble que la méthode de scarifiage par retrait des déchets soit la plus intéressante, nécessitant 27 % moins de temps que le scarifiage par peigne et offrant une quantité équivalente de microsites de bonne qualité.

Les essais réalisés par Quentin (1994) comparent la méthode de scalpage partiel du sol au buteur et la préparation de terrain au TTS. Celui-ci arrive à la conclusion que le scalpage partiel au buteur est le traitement qui a démontré le plus d'efficacité en termes de contrôle de la végétation compétitive et de régénération en essences désirées.

Bien que certains constats semblent « clairs » en regard de la germination, il semble qu'encore trop peu d'informations soient disponibles sur l'effet du scarifiage, et plus particulièrement des poquets, sur la

croissance des semis de bouleau jaune. Il n'en demeure pas moins que ce type de préparation de terrain a largement été remis en cause. Deux suivis à court terme viennent toutefois donner quelques indices quant à son adéquation.

Ainsi, dans ses essais de remise en production par réserve de semenciers, Ruel et al. (2004) affirment que la création des poquets a eu un effet bénéfique sur l'interception de la lumière par la strate arbustive. Il semble que les poquets présentent des meilleures conditions d'humidité et de lumière que les milieux non perturbés mais que les conditions nutritives y sont inférieures. Ces dernières ne semblent toutefois pas limitatives. En effet, dans leur suivi de la régénération du bouleau jaune quatre ans après coupe, Morin et al. (2003) ont remarqué que les semis établis sur le sol minéral à l'intérieur des poquets, qui semblaient défavorisés trois ans après scarifiage, ont démontré un rattrapage au niveau de la croissance en général dès l'année suivante. Ils affirment ainsi que la création de poquets comme lit de germination semble être favorable à la croissance des semis quatre ans après la coupe. En plus d'offrir des conditions de germination adéquates par la mise à nu du sol minéral, le scarifiage par poquets diminue la pression de la végétation compétitrice.

Le scarifiage par poquet, qui permet le déracinement des espèces compétitrices tel que l'érable à épis, constitue donc une des meilleures méthodes mécaniques pour les contrôler (Guillemette et al., 2003a). Godman et Tubbs (1973) notent qu'un brûlage dirigé est également une façon peu coûteuse de retirer la végétation compétitrice et l'humus afin d'exposer le sol minéral.

Au niveau de la réceptivité des lits de germination, Godman et Krefting (1960) ont observé que l'établissement du bouleau jaune dans les lits de germination s'est fait sur trois ans. L'effet de la scarification semble disparaître après cette période. Raymond et al. (2000), dans leur étude portant sur l'effet d'une coupe d'ensemencement et du milieu de germination sur la régénération des sapinières boréales riches de seconde venue du Québec, indiquent que les lits de germination étaient toujours réceptifs 4 ans après traitement.

### 1.5 Objectif et hypothèse de recherche

La présente étude s'inscrit dans le cadre d'un projet portant sur l'essai et la comparaison de différents procédés de régénération (traitements sylvicoles) visant l'installation de la régénération en bouleau jaune et le contrôle des espèces de compétition dans des peuplements mixtes à dominance feuillue en Gaspésie.

L'objectif est de déterminer, parmi les traitements sylvicoles testés<sup>2</sup>, le pourcentage d'ouverture optimum de la canopée permettant le maintien de la régénération en bouleau jaune et le contrôle de l'érable à épis et du framboisier.

L'hypothèse de travail est que dans les coupes progressives (dont le prélèvement est basé sur un % du couvert), la présence d'un couvert partiel d'environ 50%, combiné à un scarifiage du sol, devrait :

1. Favoriser l'établissement et le développement du bouleau jaune;
2. Exercer un certain contrôle sur le développement de la compétition.

Ainsi, comparativement à tous les autres traitements disponibles, la coupe progressive d'ensemencement dont le prélèvement engendre une ouverture de 50% du couvert, combinée à un scarifiage du sol, devrait être le traitement qui pallie le mieux aux problématiques régionales.

---

<sup>2</sup> Coupe avec réserve de semenciers (0, 10 à 15, 20 à 30, 40 à 50 semenciers/ha), coupe par parquets (0,5 et 1 ha), coupe par trouées (500, 1000, 1500 m<sup>2</sup>), jardinage par pied d'arbre, coupe progressive d'ensemencement conventionnelle prélevant 40 % de la surface terrière, coupe progressive d'ensemencement conventionnelle prélevant 50 % de la surface terrière, coupe progressive d'ensemencement uniforme dont le prélèvement est basé sur une ouverture du couvert (40, 50 et 60 % de prélèvement du couvert), peuplement sans intervention de récolte (témoin).

## **CHAPITRE II - MATÉRIEL ET MÉTHODES**



## 2.1 Aire d'étude

L'aire d'étude est située dans la région administrative de la Gaspésie, à l'ouest de la Baie-des-Chaleurs, dans la municipalité d'Escuminac (figure 2.1). Les coordonnées géographiques la ceinturant sont comprises entre 48°11' et 48°12' de latitude nord et 66° 29' et 66° 32' de longitude ouest.

La zone d'étude a été sélectionnée à même les secteurs d'intervention prévus à la planification quinquennale d'aménagement forestier produite par les bénéficiaires de CAAF de l'aire commune 111.02 pour la période 1999-2003. Tous les traitements ont été réalisés dans le cadre des opérations annuelles courantes du mandataire de gestion Gaston Cellard inc.

En terme de cadre écologique de référence (OIFQ 1996), elle se situe dans la zone bioclimatique tempérée nordique, sous zone de forêt mélangée, dans le domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau jaune, sous-domaine de l'est, et plus précisément dans l'étage moyen (entre 210 et 320 m d'altitude) de la région écologique de la Côte de la Baie-des-Chaleurs (figure 1.1).

L'aire d'étude chevauche deux unités de paysage régionales, à savoir l'unité 70 (Pointe-à-la-Croix) et l'unité 109 (Rivière Nouvelle) (Robitaille et Saucier 1998). Formant un plateau entaillé de profondes vallées encaissées dont les versants sont très abrupts, le relief de ces unités est formé de hautes collines et de monts. Les dépôts de surface sont dominés par une bonne couverture de matériaux d'altération de la roche en place. Les altérites sont presque toujours épaisses et elles ont formé d'importantes accumulations de colluvions au bas des versants. Le réseau hydrique est assez dense et s'écoule en direction de la baie des Chaleurs. Les cours d'eau ceinturant l'aire d'étude sont les rivières Escuminac et Nouvelle. Les plans d'eau sont quant à eux rares.

La température annuelle moyenne est de 2,5 °C, et la saison de croissance va de 150 à 170 jours. Les précipitations annuelles moyennes vont de 900 à 1100 mm (Robitaille et Saucier 1998).

Le type écologique de la sapinière à bouleau jaune mésique de texture fine (MS13) (Lessard et al. 2000) domine dans la région et regroupe des peuplements forestiers mixtes dominés par le bouleau jaune ou le sapin baumier, issus de coupes ou d'origines non décelables.

L'association végétale faisant l'objet de l'étude est la bétulaie jaune à résineux<sup>3</sup>, se présentant comme une forêt mélangée, de structure régulière ou irrégulière, dominée par le bouleau jaune et accompagné de sapin baumier et d'épinette blanche. L'érable à sucre (*Acer saccharum* Marsh.) est présent et constant, alors que l'érable rouge (*Acer rubrum* L.) et le bouleau blanc apparaissent occasionnellement. Les groupes d'espèces indicatrices à érable à épis sont très présents (Lessard et al. 2000).

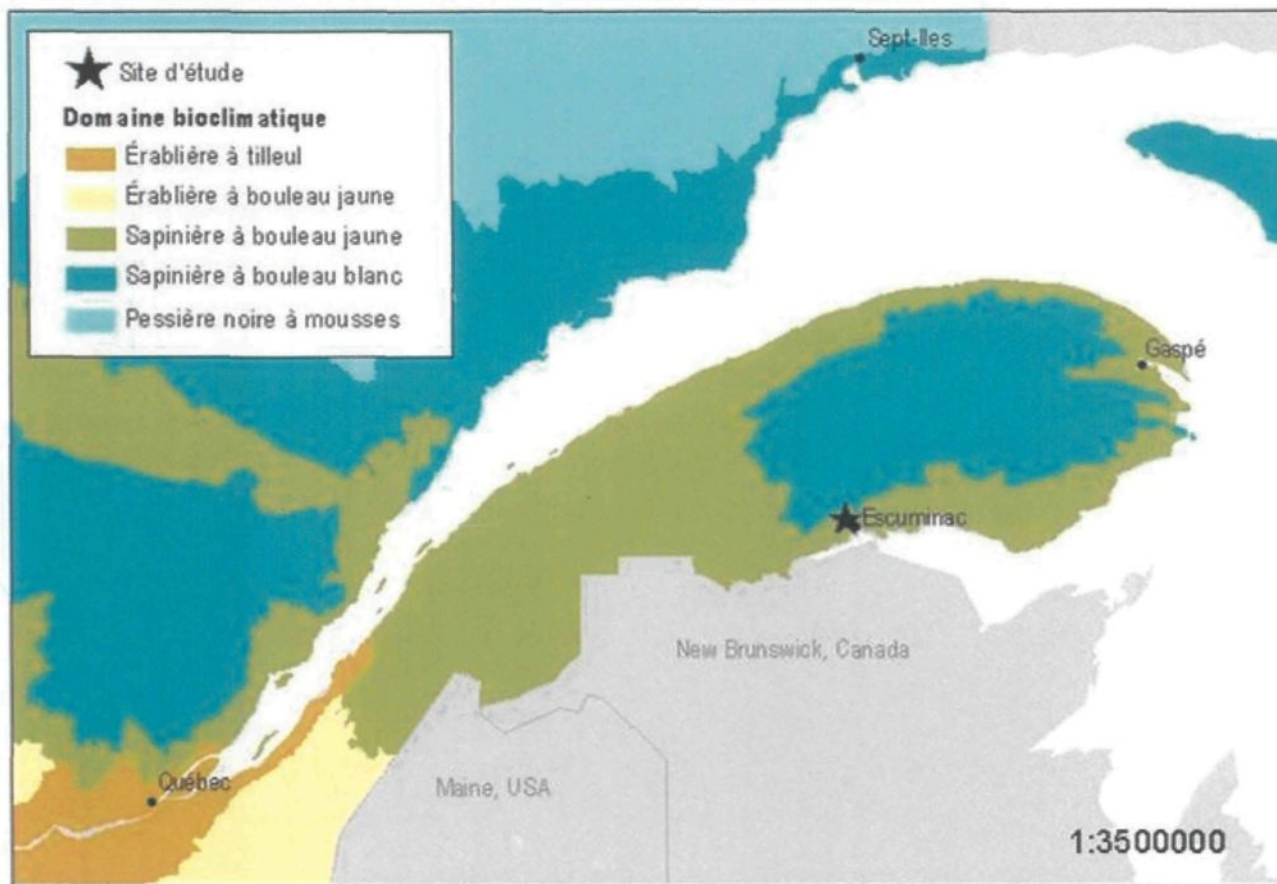


Figure 2.1 Localisation de la zone d'étude

<sup>3</sup> Appellation des strates cartographiques : BjR B3 Jin, BjR B3 Jin

## 2.2 Traitements sylvicoles évalués

### 2.2.1 Les opérations de récolte

Tel que décrit par Lessard et al. (2000) et Malenfant et al. (2001), le site d'étude regroupe quatre dispositifs, totalisant 16 traitements sylvicoles. Bien que les principales caractéristiques des traitements évalués soient brièvement présentées ici (tableau 2.1), le lecteur pourra se référer à ces deux rapports pour des précisions portant sur le choix des traitements, les caractéristiques dendrométriques de chaque bloc avant et après traitement, sur le mode de distribution des traitements ainsi que sur l'exécution de ceux-ci.

Les 16 traitements sylvicoles étudiés sont les suivants :

#### 2.2.1.1 Dispositif de coupes avec réserve de semenciers

Ce dispositif comprend quatre traitements de coupe avec réserve de semenciers variant selon les densités suivantes (figure 2.2) : 0 semencier/ha (Sem0), 10 à 15 semenciers/ha (Sem10), 20 à 30 semenciers/ha (Sem20) et 40 à 50 semenciers/ha (Sem40). Le tableau 2.1 vient préciser le pourcentage de couvert arborescent résiduel obtenu suite à la réalisation des interventions.

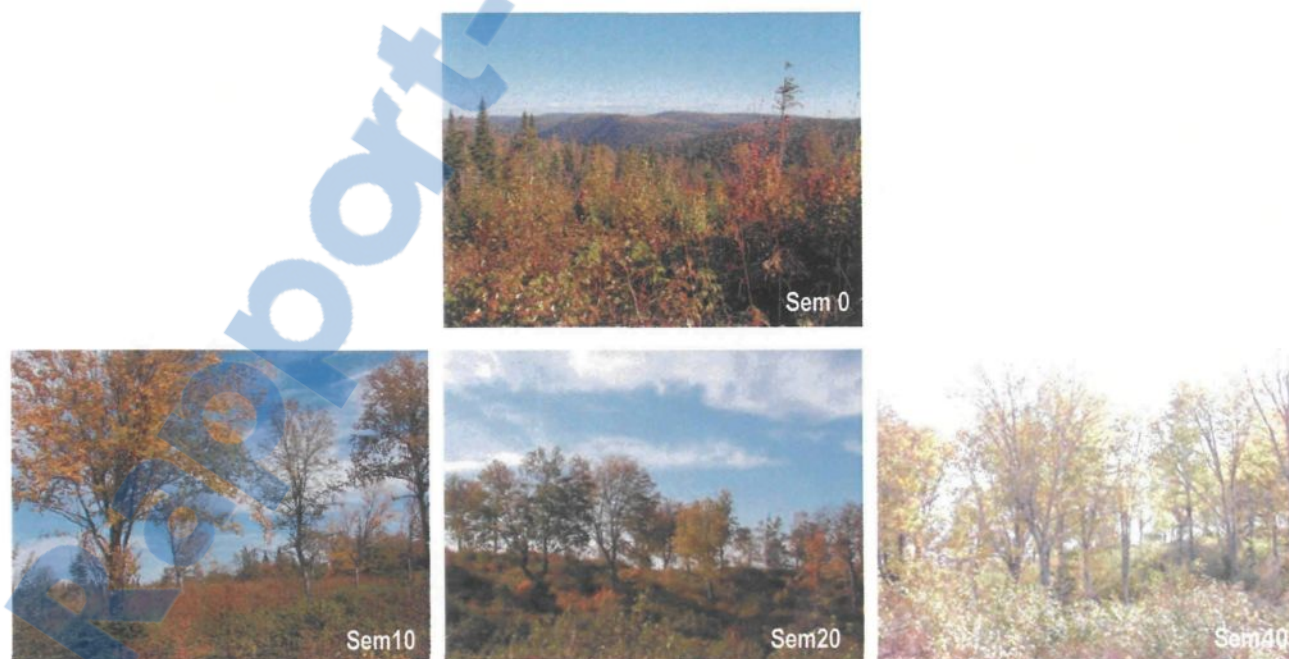


Figure 2.2 Coupes avec réserve de 0 semencier/ha (Sem0), de 10 à 15 semenciers/ha, de 20 à 30 semenciers à l'hectare et de 40 à 50 semenciers/ha



### 2.2.1.2 Dispositif de traitements proposés par le Manuel d'aménagement forestier (MRNFP 1998) suivant les principes du jardinage

Ce dispositif comprend huit traitements, à savoir le jardinage par pied d'arbre (CJ) (figure 2,5), le jardinage par trouées de 500 m<sup>2</sup> (T500), le jardinage par trouées de 1000 m<sup>2</sup> (T1000), le jardinage par trouées de 1500 m<sup>2</sup> (T1500) (figure 2.3), la coupe par parquets de 0,5 ha (PA05), la coupe par parquets de 1 ha (PA1) (figure 2.4), la coupe progressive d'ensemencement conventionnelle prélevant 50 % de la surface terrière (CPEST50) et un témoin sans intervention (Témoin). Bien que la coupe progressive d'ensemencement conventionnelle poursuive des objectifs différents des coupes suivant les principes du jardinage testées dans ce dispositif, elle a été regroupée ici sous la même appellation considérant le fait qu'il n'y a pas eu ouverture du couvert après le traitement (tableau 2.1).



Figure 2.3 Coupe par trouées de 500 m<sup>2</sup> (T500), 1000 m<sup>2</sup> (T1000) et 1500 m<sup>2</sup> (T1500)



Figure 2.4 Coupe par parquets de 0,5 ha (PA05) et de 1 ha (PA1)



Figure 2.5 Coupe de jardinage par pied d'arbre

### 2.2.1.3 Dispositif de coupes progressives d'ensemencement dont le prélèvement est basé sur l'ouverture du couvert

Ce dispositif comprend trois traitements de coupe progressive d'ensemencement dont le prélèvement est basé sur une intention d'ouverture du couvert de 40 % (CPE40), de 50 % (CPE50) et de 60 % (CPE60) (figure 2.6). Pour connaître le nombre de semenciers à l'hectare devant être laissés sur le parterre afin de traduire l'ouverture du couvert souhaitée, la projection moyenne des cimes au sol des arbres pouvant servir de semenciers (bouleau jaune de bonne qualité et de forte cime) a été mesurée. Le tableau 2.1 vient toutefois préciser que le pourcentage du couvert arborescent résiduel mesuré avec un densiomètre à la suite des interventions diffère quelque peu de l'objectif. Il demeure que les coupes progressives de ce dispositif sont celles ayant engendrées l'ouverture du couvert la plus significative.



Figure 2.6 Coupe progressive d'ensemencement dont le prélèvement est basé sur le retrait de 40 % du couvert (CPE40), 50 % du couvert (CPE50) et 60 % du couvert (CPE60)



#### 2.2.1.4 Dispositif de coupe progressive d'ensemencement conventionnelle dont le prélèvement est basé sur la surface terrière (CPESA)

Ce dispositif comprend un traitement, soit la coupe progressive d'ensemencement conventionnelle dont le prélèvement (40%) est basé sur la surface terrière (CPESA) (figure 2.7). Le tableau 2.1 vient préciser que le pourcentage de couvert arborescent résiduel obtenu suite à la réalisation des interventions pour ce dispositif se situe à mi-chemin entre les coupes progressives d'ensemencement dont le prélèvement est basé sur une ouverture du couvert et la coupe progressive conventionnelle du dispositif suivant les principes du jardinage. La figure 2.9 illustre que les blocs de ce dispositif sont des pseudo-réplicats.



**Figure 2.7 Coupe progressive d'ensemencement conventionnelle dont le prélèvement est basé sur la surface terrière**

#### 2.2.2 La préparation de terrain

Tous les traitements, à l'exception des traitements de jardinage par pied d'arbre (CJ), de coupe progressive d'ensemencement dont le prélèvement (50%) est basé sur la surface terrière (CPEST50) ainsi que du peuplement témoin (Témoin), ont fait l'objet d'une préparation de terrain par poquets (tableau 2.1). La



**Figure 2.8 Préparation de terrain par poquet (délimité par le trait noir)**

préparation de terrain par poquets consiste en une mise à nu du sol minéral réalisée de façon sporadique (figure 2.8). Dans le cadre de la présente étude, elle a été réalisée à l'automne 2000, à raison d'une densité prescrite de 300 à 400 poquets/ha, uniformément distribuée, dont la superficie mise à nue varie de 2.0 à 4,7 m<sup>2</sup>/poquet (Malenfant et al. 2002). Il est à noter que l'année semencière 2000-2001 a été qualifiée d'excellente pour le bouleau jaune. La production a été

estimée à 1 014,2 graines/m<sup>2</sup>, soit 10 142 000 graines/ha (Gestofor et al. 2002).

Dispositif	Traitements sylvicoles	Prélèvement prescrit (martelage négatif)	Maintien prescrit (martelage positif)
Coupes avec réserve de semenciers	Sem0 - 0 semenciers/ha	-	0 semenciers/ha
	Sem10 - 10 à 15 semenciers/ha	-	10 à 15 semenciers/ha
	Sem20 - 20 à 30 semenciers/ha	-	20 à 30 semenciers/ha
	Sem40 - 40 à 50 semenciers/ha	-	40 à 50 semenciers/ha
Traitements proposés par le Manuel d'aménagement forestier (1998) suivant les principes du jardinage	PA1 - Parquet de 1 ha	Récolte totale de 1 parquet de 1 ha	-
	PA05 - Parquet de 0,5 ha	Récolte totale de 1 parquet de 0,5 ha	-
	T1500 - Trouée de 1 500 m <sup>2</sup>	Martelage uniforme à 20 % de la surface terrière et récolte totale de 2 trouées de 1 500 m <sup>2</sup>	-
	T1000 - Trouée de 1 000 m <sup>2</sup>	Martelage uniforme à 20 % de la surface terrière et récolte totale de 2 trouées de 1 000 m <sup>2</sup>	-
	T500 - Trouée de 500 m <sup>2</sup>	Martelage uniforme à 20 % de la surface terrière et récolte totale de 2 trouées de 500 m <sup>2</sup>	-
	CPEST50 - Coupe progressive d'ensemencement conventionnelle	Martelage uniforme à 50 % de la surface terrière	-
	CJ - Coupe de jardinage par pied d'arbre	Martelage uniforme à 25 % de la surface terrière	-
	Témoin	Aucun prélèvement	-
Coupes progressives d'ensemencement dont le prélèvement est basé sur l'ouverture du couvert	CPE60	-	Maintien de 40 % de couvert (1 bouleau jaune à tous les 12 m = 70 bouleaux jaunes/ha)
	CPE50	-	Maintien de 50 % de couvert (1 bouleau jaune à tous les 10,5 m = 90 bouleaux jaunes/ha)
	CPE40	-	Maintien de 60 % de couvert (1 bouleau jaune à tous les 9 m = 120 bouleaux jaunes/ha)
Coupe progressive d'ensemencement conventionnelle dont le prélèvement est basé sur la surface terrière	CPESA - progressive d'ensemencement conventionnelle	Martelage uniforme à 40 % de la surface terrière	-

\* Déterminé à l'aide d'un densièmètre convexe

Tableau 2.1 Principales caractéristiques des traitements évalués dans le cadr

## 2.3 Dispositif expérimental

### 2.3.1 Plan d'expérience

Le plan d'expérience comprend 4 dispositifs, chacun établi en blocs aléatoires complets et parcelles divisées (split-plot) où deux niveaux de traitement ont été appliqués, soit les traitements sylvicoles de récolte en parcelles principales ainsi que les milieux d'ensemencement en sous-parcelles. Chaque dispositif comporte 3 blocs et totalise, dans l'ensemble, 96 unités expérimentales (3 blocs x 16 traitements sylvicoles en parcelles principales x 2 milieux d'ensemencement en sous-parcelles). La figure de la page suivante illustre la répartition des traitements (figure 2.9).

### 2.3.2 Traitements

#### 2.3.1.1 Traitement en parcelles principales : les traitements sylvicoles de récolte

En considérant les quatre dispositifs, un total de 16 traitements sylvicoles ont été testés, à savoir :

- Les coupes avec réserve de semenciers de 0, 10 à 15, 20 à 30 et 40 à 50 semenciers/ha ;
- Les traitements proposés par le Manuel d'aménagement forestier (MRNFP 1998) suivant les principes du jardinage dont les coupes par trouées de 500, 1000 et 1500 m<sup>2</sup>, les coupes par parquets de 0,5 et 1 ha, la coupe de jardinage par pied d'arbre, la coupe progressive d'ensemencement conventionnelle prélevant 50 % de la surface terrière, les peuplements servant de témoin ;
- Les coupes progressives d'ensemencement dont le prélèvement est basé sur une ouverture de 40, 50 et 60 % du couvert arborescent ;
- La coupe progressive d'ensemencement conventionnelle prélevant 40 % de la surface terrière ;

#### 2.3.1.2 Traitement en sous-parcelles : les milieux d'ensemencement

Deux milieux d'ensemencement ont été étudiés, à savoir :

- À l'intérieur du poquet (sur sol scarifié);
- À l'extérieur du poquet (sur litière perturbée par les opérations de récolte).



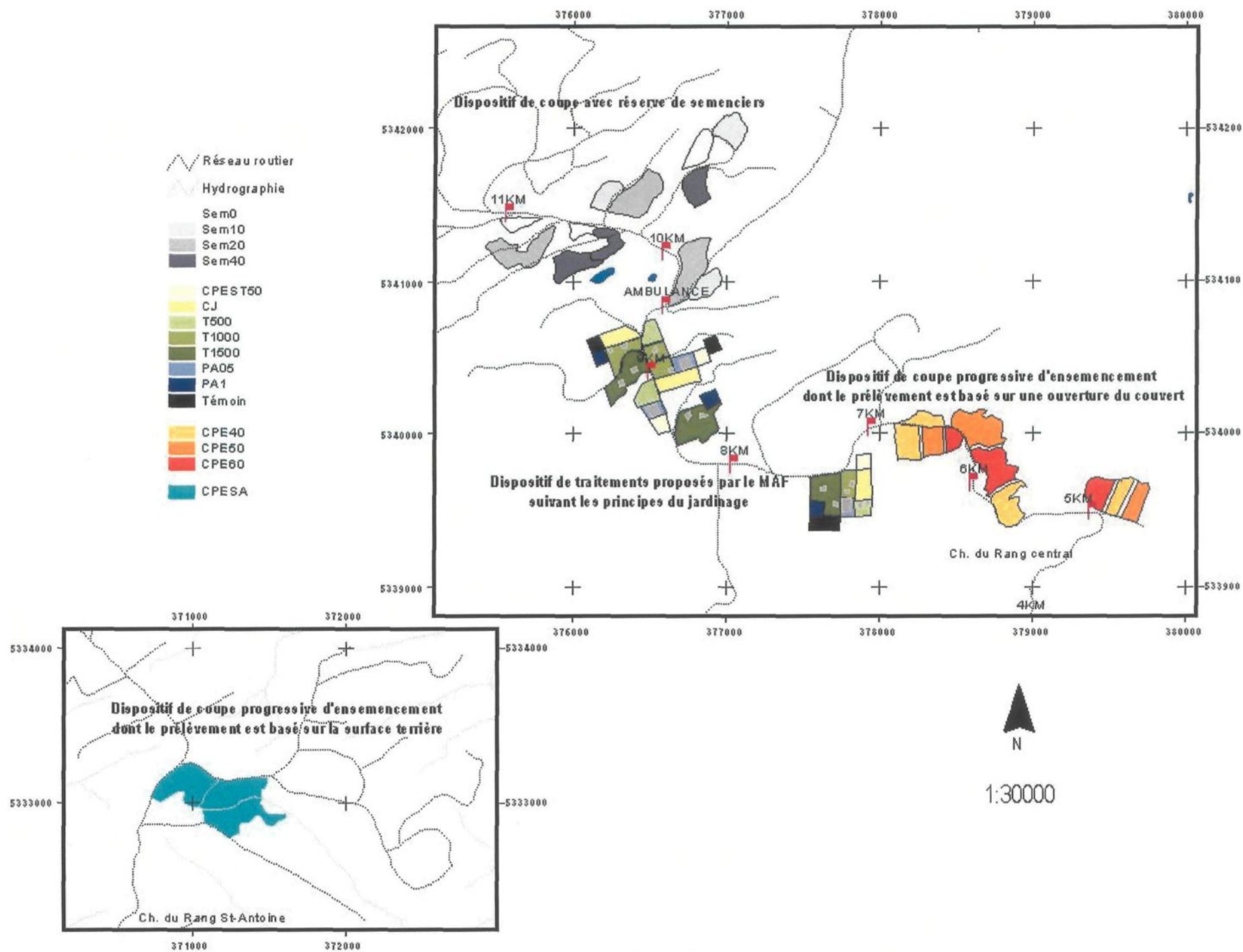


Figure 2.9 Plan du dispositif expérimental

### 2.3.3 Variables étudiées

Deux variables ont été étudiées, à savoir :

1. Le coefficient de distribution, variable permettant de qualifier la distribution de la régénération;
2. Le pourcentage de recouvrement, variable permettant de qualifier l'abondance de la régénération.

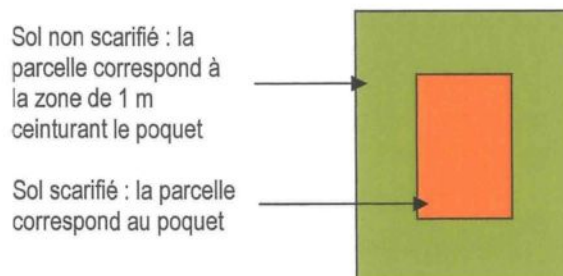
Ces variables ont été notées par essence et par classe de hauteur de la régénération. Les classes de hauteur utilisées sont les suivantes : 0 à 5 cm, 6 à 30 cm, 31 à 100 cm, plus de 100 cm. Aux fins du présent mémoire, seules les données concernant le bouleau jaune seront présentées pour les espèces commerciales et seules les données concernant l'érable à épis et le framboisier seront présentées pour les espèces de compétition.

## 2.4 Échantillonnage

### 2.4.1 Les parcelles échantillons

Les parcelles échantillons permanentes, au nombre de 20 par unité expérimentale, ont été distribuées de façon systématique au moment du premier suivi réalisé à l'automne 2001 afin de couvrir uniformément l'ensemble de l'unité expérimentale. Elles ont donc fait l'objet d'une relecture dans le cadre de la présente étude.

Ainsi, dans chacun des seize traitements sylvicoles, des données étaient prélevées dans les deux milieux d'ensemencement. Sur sol scarifié, la parcelle échantillon correspondait au poquet. La dimension de la parcelle variait de 2 à 4,7 m<sup>2</sup>, pour une moyenne de 3 m<sup>2</sup>. Sur sol non scarifié, la parcelle échantillon correspondait au pourtour du poquet, soit 1 m en périphérie du poquet.



Les données prélevées dans chaque parcelle échantillon correspondaient au pourcentage de recouvrement par essence et par classe de hauteur. Les coefficients de distribution (CD) ont été calculés en effectuant la sommation du nombre de parcelles présentant l'espèce (ou l'une des espèces) sur le nombre de parcelles réalisées par unité d'échantillonnage. Étant donné qu'il est impossible de ramener le CD à une même échelle comparable, les placettes correspondant à la dimension variable du poquet, il faut être conscient que ce paramètre est intimement lié à la taille de la parcelle; il y a donc davantage de chance de trouver un semi dans un poquet de grande dimension versus un de plus petite dimension, et donc plus de chance de trouver un semis à l'extérieur du poquet (1m tout le tour) qu'à l'intérieur. Ce dernier élément est par ailleurs le plus critique. En effet, lorsque les deux milieux d'ensemencement sont comparés, deux tailles de placettes différentes sont comparées, ce qui introduit un biais. Lorsque les coefficients de distribution sont supérieurs dans les poquets, l'impact n'est pas critique puisque la différence réelle serait simplement supérieure. Par contre, lorsque c'est l'inverse, à savoir lorsque les coefficients de distribution sont supérieurs à l'extérieur des poquets, on ne peut être certain que l'effet est vraiment dû au milieu de germination.

Pour les trois traitements n'ayant pas fait l'objet de préparation de terrain par poquet, à savoir le jardinage par pied d'arbre, la coupe progressive d'ensemencement conventionnelle prélevant 50 % de la surface terrière ainsi que le peuplement servant de témoin, la prise de données est demeurée essentiellement la même, à l'exception qu'étant donné l'absence de poquets, des parcelles de 1,69 m de rayon ont été établies.

Vu le caractère visuel de la prise de données en ce qui concerne l'évaluation du pourcentage de recouvrement, une première journée de calibration s'est avérée nécessaire. La référence de base pour l'évaluation de cette donnée correspond à la figure 2.10. Une attention particulière a été portée afin qu'il ne puisse y avoir de différence significative entre les traitements attribuables à l'interprétation des personnes. Ainsi, tous les lecteurs ont participé à l'évaluation d'au moins une des trois répétitions pour chacun des traitements.

La prise de données s'est déroulée du 8 au 26 septembre 2003, soit à la fin de la troisième saison de croissance de la régénération. Afin de s'assurer du déroulement complet des activités d'inventaire avant la chute des feuilles, le travail de terrain s'est déroulé à raison d'une équipe de quatre personnes ayant une productivité moyenne de 8 unités expérimentales/jour-équipe. Le plus grand défi lié à la prise de données a

été de retrouver les poquets identifiés parmi la haute et dense compétition. Il s'agissait en fait du principal facteur limitant la productivité.

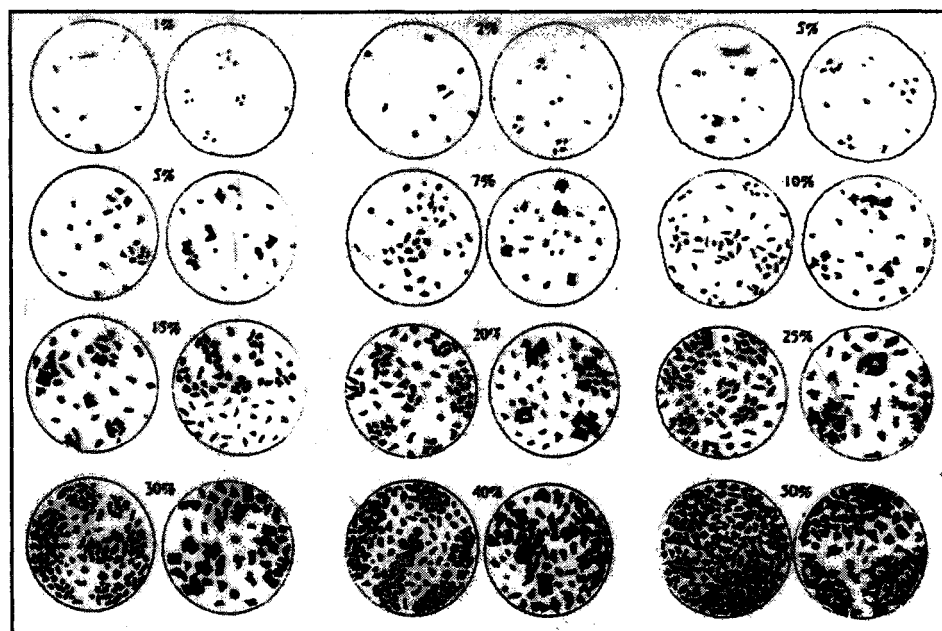


Figure 2.10 Référence de base pour l'évaluation du pourcentage de recouvrement

#### 2.4.2 Évaluation du couvert forestier résiduel

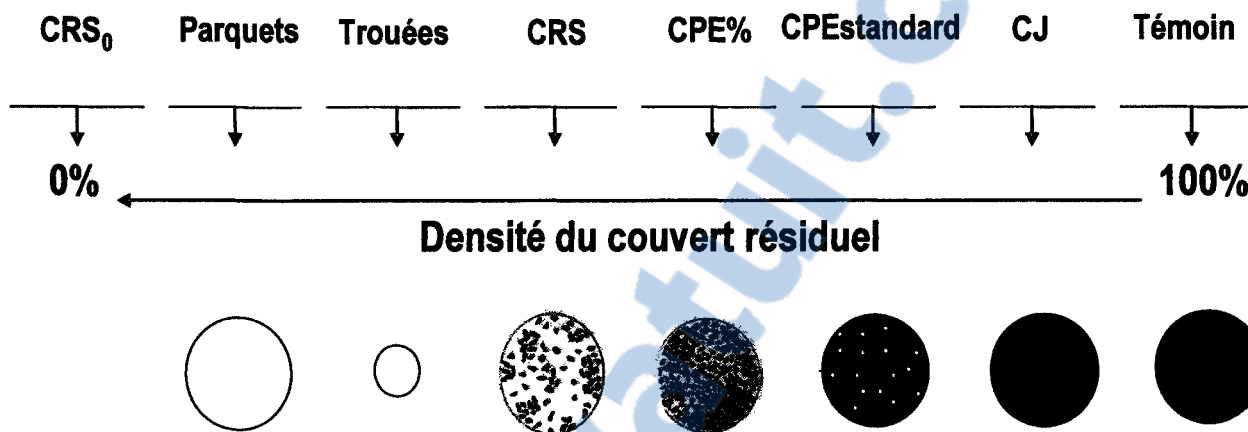
Le couvert forestier résiduel observé dans les différents traitements sylvicoles varie selon une échelle constante et devrait permettre de suivre l'installation de la régénération en fonction d'un gradient de lumière au sol (Malenfant et al. 2002).

Tel que discuté dans le rapport final pour l'année 2001 (Malenfant et al. 2002), les coupes de jardinage (CJ) et les coupes progressives d'ensemencement conventionnelles (CPEST50, CPESA) n'ont pas engendré une augmentation significative de la luminosité au sol. En effet, tel qu'indiqué au tableau 2.1, le pourcentage de recouvrement du couvert arborescent déterminé à l'aide d'un densiomètre sphérique convexe se situe au-delà de 85 % pour ces traitements. Parmi les coupes partielles ayant affecté significativement le couvert, on trouve les coupes progressives dont le prélèvement était basé sur une ouverture du couvert de 40, 50 et 60 %, suivies des coupes avec réserve de semenciers.

Les parquets et les trouées présentent un pourcentage de couvert résiduel nul, ce qui ne signifie pas que ces traitements puissent être considérés comme des coupes totales. Dans ces cas, la proximité des

semenciers et la petitesse des trouées créées devraient constituer un microclimat propice à la croissance des semis.

Toutes les données sont présentées en respectant le gradient décroissant de luminosité (figure 2.11) afin d'illustrer les différentes tendances induites par les conditions de lumière de la façon suivante :



## 2.5 Traitement des données

Les données d'inventaire prélevées correspondent aux pourcentages de recouvrement par espèce et par classe de hauteur. Ces données permettent également de déterminer les coefficients de distribution retrouvés dans les différents traitements, à l'intérieur et à l'extérieur des poquets. Les coefficients de distribution (CD) ont été calculés en effectuant un décompte de présences d'espèces sur le nombre total de parcelles effectuées.

Le jeu de données prélevées en 2001 a également été utilisé afin d'observer l'évolution de la régénération en bouleau jaune, soit de la première à la troisième saison de croissance.

## 2.6 Méthodologie statistique

Des analyses statistiques ont été réalisées sur les paramètres de recouvrement et de distribution afin de comparer l'effet des traitements sylvicoles et du milieu d'ensemencement (intérieur ou extérieur des poquets) sur la régénération en bouleau jaune et sur la compétition en érable à épis et framboisier. Pour ce faire, trois types d'analyse ont été réalisés :

- l'analyse de variance à un facteur;
- l'analyse de variance à plusieurs facteurs;
- test de comparaisons multiples.

Les analyses ont été réalisées sur la base de la théorie des modèles mixtes où les traitements sylvicoles et le milieu d'ensemencement (poquet ou hors poquet) constituaient les facteurs fixes, alors que les répétitions de ces traitements, de même que les parcelles échantillons, constituaient les facteurs aléatoires. Toutes les analyses ont été réalisées à l'aide de la procédure GLM du progiciel SAS, version 8.0 (SAS Institute 2001). Pour l'ensemble des résultats présentés, l'effet des traitements sylvicoles et du milieu d'ensemencement est considéré significatif à un seuil de 5 % et hautement significatif à un seuil de 1 %. Aucune transformation de données n'a été nécessaire puisque les postulats de l'analyse de variance ont été respectés.

Dans les cas où des différences significatives ont été dénotées, les moyennes statistiquement différentes les unes des autres ont été déterminées à l'aide du test de comparaisons multiples Waller-Duncan (LSD de Bayes) (Collin 2005).

### CHAPITRE III - RÉSULTATS

Le chapitre qui suit illustre les résultats obtenus en regard de l'effet des traitements sylvicoles et du milieu d'ensemencement sur la régénération du bouleau jaune et de la compétition, et ce, trois ans après application des traitements.

Tous les tableaux et figures présenteront les résultats sous la même forme, soit en fonction d'un gradient décroissant de lumière au sol engendrée par les différents traitements sylvicoles (figure 2.10) ainsi qu'en fonction du milieu d'ensemencement (poquet et hors poquet). Cette première façon de faire devrait permettre de suivre la régénération du bouleau jaune et de la compétition en fonction de l'ouverture ou de la fermeture du couvert.

### **3.1 Portrait de la régénération en bouleau jaune trois ans après traitement**

#### *3.1.1 Effets du traitement sylvicole et du milieu d'ensemencement sur la régénération en bouleau jaune*

##### *3.1.1.1 Le coefficient de distribution (CD)*

La figure 3.1 montre que la régénération en bouleau jaune est présente dans tous les traitements sylvicoles. C'est la CPE dont le prélèvement amène une ouverture du couvert de 50 % (CPE50) qui présente le meilleur CD (100%) alors que la coupe de jardinage par pied d'arbre (CJ) affiche le CD le plus faible (38%). À l'exception des traitements utilisant les trouées (T500, T1000 et T1500), tous les traitements sylvicoles ayant subi une préparation de terrain par poquet affichent des CD supérieurs à 80 %.

Afin de maintenir une cohérence entre le dispositif de recherche tel que conçu sur le terrain et les analyses statistiques, les analyses de variance ont été réalisées pour chacun des groupes de traitements sylvicoles (tableau 3.1) : les coupes avec réserves de semenciers (Sem0, Sem10, Sem20 et Sem40), les traitements proposés par le Manuel d'aménagement forestier (MRNFP 1998) suivant les principes du jardinage (PA1, PA05, T1500, T1000, T500, CPE50ST, CJ, Témoin), les coupes progressives dont le prélèvement est basé sur l'ouverture du couvert forestier (CPE60, CPE50, CPE40) et la coupe progressive dont le prélèvement est basé sur la surface terrière (CPE SA). Elles seront donc présentées tour à tour, puis sous forme de synthèse.



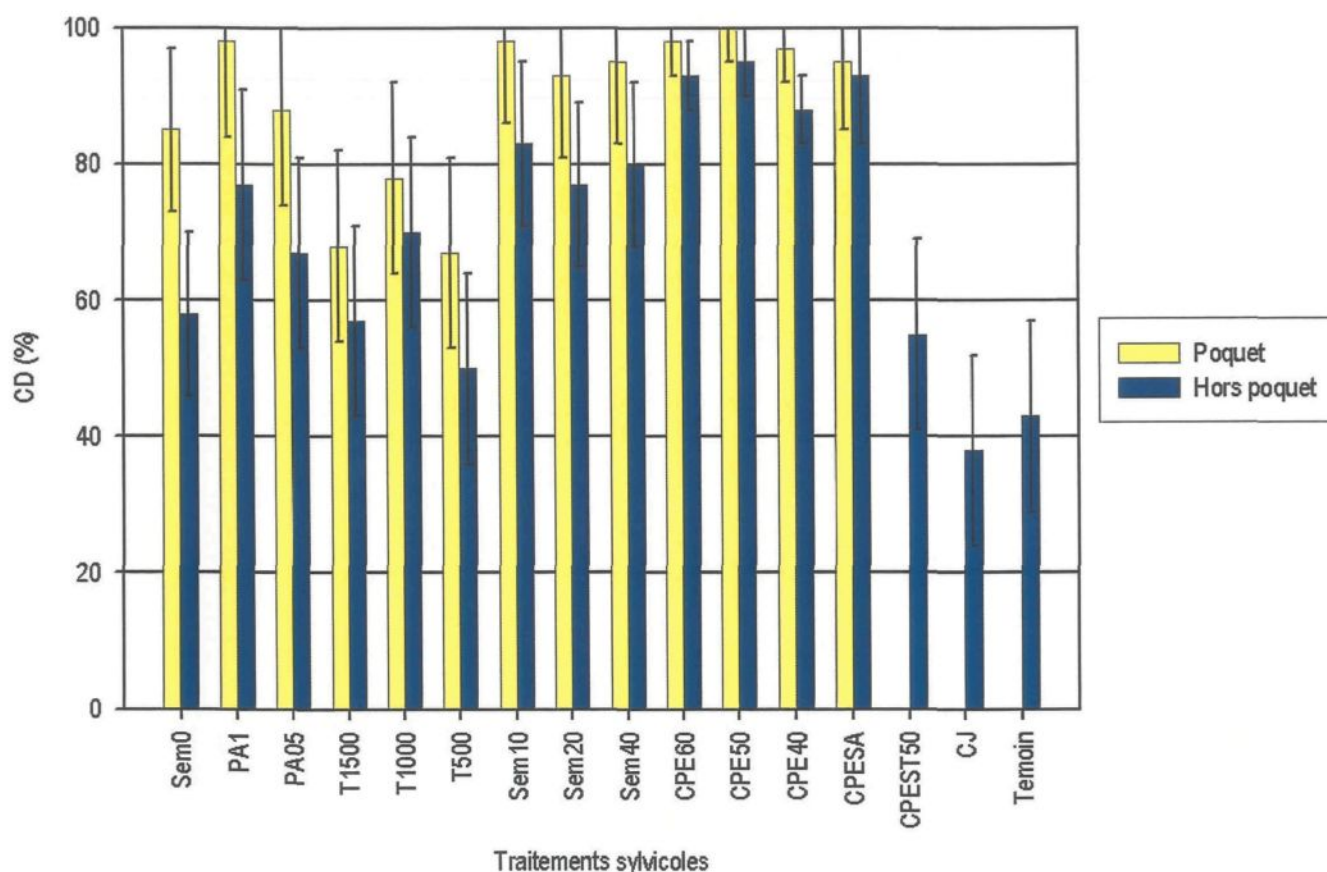


Figure 3.1 Coefficient de distribution (%) en bouleau jaune observé en fonction du traitement sylvicole et du milieu d'ensemencement – moyenne et intervalle de confiance

Tableau 3.1 Analyse de variance testant l'effet du traitement sylvicole et du milieu d'ensemencement sur le coefficient de distribution de la régénération en bouleau jaune (réf. Annexe A)

Cd			
Groupe	Traitement sylvicole	Milieu d'ensemencement	Traitement sylvicole*Milieu
Coupe avec réserve de semenciers (Sem0, Sem10, Sem20, Sem40)	*	**	NS
Coupe de jardinage (PA1, PA05, T1500, T1000, T500, CPEST50, CJ, Témoin)	**	**	(NS)
Coupe progressive % ouverture du couvert (CPE60, CPE50, CPE40)	NS	*	NS
CPE SA		NS	

\*, \*\*, NS : Ces symboles viennent préciser s'il existe des différences significatives (\* à un seuil de 5 %), hautement significatives (\*\* à un seuil de 1 %) ou non significatives (NS).

### 3.1.1.1.1 Les coupes avec réserve de semenciers

L'analyse de variance réalisée pour ce groupe de traitements sylvicoles indique que la densité de semenciers laissée sur le parterre de coupe (tableau 3.1) est un facteur qui influence la distribution de la régénération en bouleau jaune. L'analyse indique également une influence marquée du milieu d'ensemencement. L'interaction traitement sylvicole\*milieu d'ensemencement n'est pas significative.

Ainsi, le test de comparaisons multiples effectué (tableau 3.2) vient préciser que l'influence de la densité de semenciers sur la distribution de la régénération en bouleau jaune est observable en terme de présence ou d'absence de semenciers. En effet, qu'il y ait 10, 20 ou 40 semenciers à l'hectare laissés sur le parterre de coupe, toutes les intensités testées semblent assurer des CD de régénération en bouleau jaune comparables. Toutefois, bien que l'absence de semenciers (0sem) sur le parterre de coupe ait permis d'atteindre un CD de 85 % à l'intérieur des poquets et de 58% à l'extérieur des poquets (figure 3.1), le traitement Sem0 est significativement moins performant que les trois autres à assurer une régénération uniformément distribuée.

En ce qui a trait à l'influence du milieu d'ensemencement, les quatre intensités de coupe avec réserve de semenciers testées permettent de démontrer les mêmes tendances, à savoir que la préparation de terrain par poquet assure un meilleur CD de la régénération en bouleau jaune que l'absence de préparation.

**Tableau 3.2 Test de comparaisons multiples (Waller-Duncan) réalisé avec la variable CD et portant sur les traitements sylvicoles réalisés pour le groupe de traitements sylvicoles de coupes avec réserve de semenciers**

CD	
Sem0	B
Sem10	A
Sem20	A
Sem40	A

Les traitements sylvicoles ayant la même lettre ne sont pas significativement différents.

### 3.1.1.1.2 Les traitements proposés par le Manuel d'aménagement forestier (MRNFP 1998) suivant les principes du jardinage

L'analyse de variance réalisée pour ce système indique qu'il existe des différences hautement significatives entre les traitements testés en regard de la distribution de la régénération en bouleau jaune (tableau 3.1). Il existe également une différence hautement significative entre les milieux d'ensemencement. Bien que

l'interaction traitement sylvicole\*milieu d'ensemencement semble significative, elle s'explique par le fait que trois traitements (CPE50ST, CJ, Témoin) n'ont tout simplement pas subi de préparation de terrain par poquets. Des contrastes à priori auraient probablement pu permettre de calculer correctement l'effet de cette interaction. Toutefois, comme la figure 3.1 démontre le même type de réponse entre tous les traitements sylvicoles de ce groupe en ce qui a trait à l'influence du milieu d'ensemencement, cette interaction sera considérée ici comme non significative.

Ainsi, le test de comparaisons multiples effectué (tableau 3.3) vient préciser quelles sont les différences significatives entre les traitements sylvicoles. Les traitements créant une ouverture totale du couvert (parquets et trouées) alliées à une préparation de terrain permettent d'assurer une meilleure distribution de la régénération en bouleau jaune que les traitements n'ouvrant que faiblement le couvert (coupe progressive basée sur un prélèvement de la surface terrière CPEST50, coupe de jardinage par pied d'arbre CJ) ou que le témoin. Les traitements n'ouvrant que faiblement le couvert se comportent de façon analogue au témoin.

La figure 3.1 illustre une tendance dans la distribution de la régénération en bouleau jaune liée à la grandeur de l'ouverture. En effet, il semble que les ouvertures du couvert les plus grandes permettent d'assurer une meilleure distribution de la régénération en bouleau jaune que les ouvertures les plus petites. La validité de cette tendance est confirmée par le test de comparaisons multiples, qui indiquent que les parquets affichent en général des résultats significativement plus élevés que les trouées.

**Tableau 3.3 Test de comparaisons multiples (Waller-Duncan) réalisé avec la variable CD et portant sur les traitements sylvicoles réalisés pour le groupe de traitements sylvicoles suivant les principes du jardinage**

CD	
PA1	A
PA05	A B
T1500	C D
T1000	B C
T500	D
CPEST50	E
TÉMOIN	E
CJ	E

Les traitements sylvicoles ayant la même lettre ne sont pas significativement différents.

#### ***3.1.1.1.3 Les coupes progressives dont le prélèvement est basé sur l'ouverture du couvert (CPE60%, CPE50%, CPE40%)***

L'analyse de variance réalisée pour les traitements utilisant cette approche (tableau 3.1) indique qu'il n'existe pas de différence significative entre les trois niveaux d'ouverture du couvert créée en regard de la distribution de la régénération du bouleau jaune. En effet, que le couvert forestier soit ouvert de 40, de 50 ou de 60 %, toutes les intensités testées semblent assurer des CD de régénération en bouleau jaune comparables.

Il existe toutefois une différence significative entre les différents milieux d'ensemencement qui indique qu'une préparation de terrain par poquet permet d'assurer une meilleure distribution de la régénération en bouleau jaune.

L'interaction traitement sylvicole\*milieu d'ensemencement n'est pas significative.

#### ***3.1.1.1.4 La coupe progressive dont le prélèvement est basé sur la surface terrière***

L'analyse de variance réalisée pour ce traitement (tableau 3.1) indique que la préparation de terrain par poquet n'a pas permis d'obtenir un coefficient de distribution en bouleau jaune plus élevé.

#### ***3.1.1.1.5 L'ensemble des traitements***

Bien qu'aucune analyse de variance n'ait pu être réalisée pour l'ensemble des traitements, considérant qu'ils sont regroupés selon quatre dispositifs distincts, la figure 3.1 a été bâtie afin de permettre les comparaisons entre les groupes de traitements sylvicoles à l'aide des intervalles de confiance.

L'observation générale des résultats permet de circonscrire les traitements sylvicoles selon trois catégories de performance. Les traitements de la première catégorie, qui comprend les coupes progressives (CPE60, CPE50, CPE40, CPESA), les coupes avec réserves de semenciers (Sem10, Sem20, Sem40) ainsi que les parquets d'une superficie de 1 ha (PA1), semblent assurer des coefficients de distribution de la régénération en bouleau jaune semblables entre eux et supérieurs aux autres traitements. En effet, toutes les valeurs se situent au-delà de 90 %. La coupe par parquets d'une superficie de 0,5 ha (PA05), affichant une valeur moyenne de 88 %, semble faire le pont entre cette 1<sup>ère</sup> catégorie et la suivante, soit les trouées.

De façon générale, les traitements de la 2e catégorie, qui comprend les trouées de 500, 1 000 et 1 500 m<sup>2</sup> (T500, T1000, T1500), semblent se comporter de façon comparable entre eux en regard de la distribution de la régénération en bouleau jaune. Les coefficients de distribution obtenus se trouvent entre 67 et 78 %. Bien qu'ils offrent de moins bonnes performances que les traitements mentionnés précédemment, ils permettent d'assurer une meilleure distribution de la régénération que les traitements n'engendrant pas d'ouverture du couvert (3e catégorie), soit la coupe de jardinage par pied d'arbres (CJ) et le témoin. Ces derniers ont des valeurs inférieures à 43 % de coefficient de distribution. La coupe progressive (CPEST50) réalisée par prélèvement de la surface terrière sans scarifiage, affichant une valeur moyenne de 55 %, semble faire le pont entre la 2e et la 3e catégorie.

### 3.1.1.2 Le pourcentage de recouvrement (abondance)

Alors que la section précédente nous informait de la distribution de la régénération en bouleau jaune trois ans après traitement, cette section discutera de son abondance. Tel que décrit précédemment, le concept d'abondance utilise ici la donnée du pourcentage de recouvrement au sol observé en bouleau jaune. L'évaluation du pourcentage de recouvrement comprend quatre classes de hauteur, à savoir les classes de 0 à 5 cm, de 6 à 30 cm, de 31 à 100 cm et de plus de 100 cm.

Les figures 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, montrent que l'abondance en bouleau jaune varie selon les traitements sylvicoles et selon le milieu d'ensemencement. À l'exception des données présentées pour la classe de hauteur de plus de 100 cm, où les faibles pourcentages de recouvrement observés indiquent qu'on ne retrouve qu'une ou que quelques tiges, on observe des patrons d'abondance similaires entre les différentes classes de hauteur. En effet, peu importe les classes de hauteur du bouleau jaune, ce sont les CPE amenant une ouverture du couvert de 40 % et de 50 % qui affichent les plus grandes valeurs d'abondance en semis, pouvant atteindre jusqu'à 34 % de recouvrement à l'intérieur des poquets. On note également que le scalpage du sol a permis à un nombre plus élevé de semis de germer.

Toujours afin de maintenir une cohérence entre le dispositif de recherche tel que conçu sur le terrain et les analyses statistiques, les analyses de variance ont été réalisées pour chacun des groupes de traitements sylvicoles et chacune des classes de hauteur (tableau 3.4) : les coupes avec réserves de semenciers (Sem0, Sem10, Sem20 et Sem40), les traitements proposés par le Manuel d'aménagement forestier (MRNFP 1998) suivant les principes du jardinage (PA1, PA05, T1500, T1000, T500, CPE50ST, CJ, Témoin), les coupes progressives dont le prélèvement est basé sur l'ouverture du couvert forestier (CPE60, CPE50, CPE40) et la coupe progressive dont le prélèvement est basé sur la surface terrière (CPE SA). Elles seront donc présentées tour à tour, puis sous forme de synthèse.

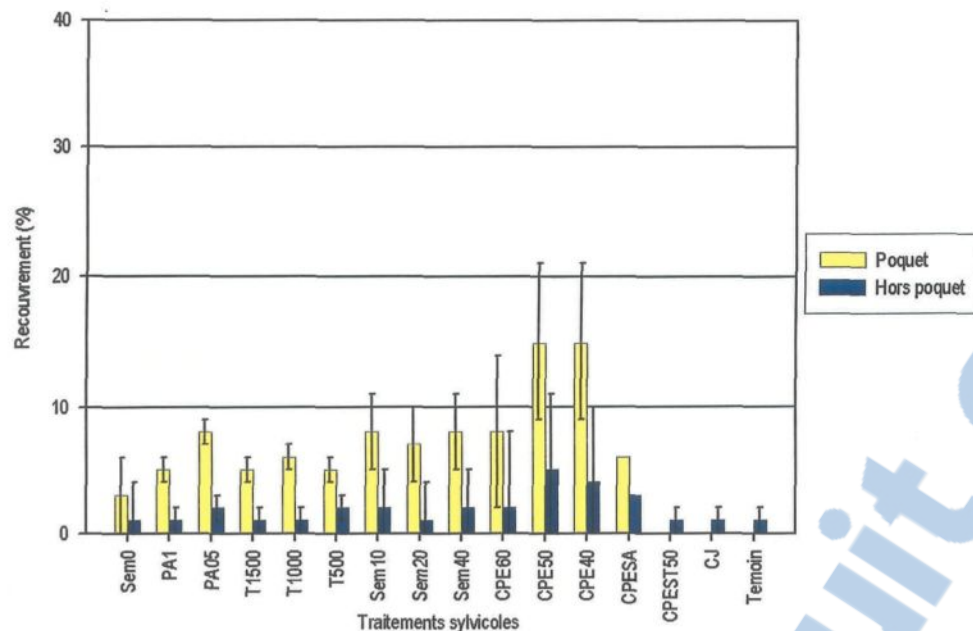


Figure 3.2 Pourcentage de recouvrement (%) en bouleau observé pour la classe de hauteur 0-5 cm en fonction du traitement sylvicole et du milieu d'ensemencement - moyenne et intervalle de confiance

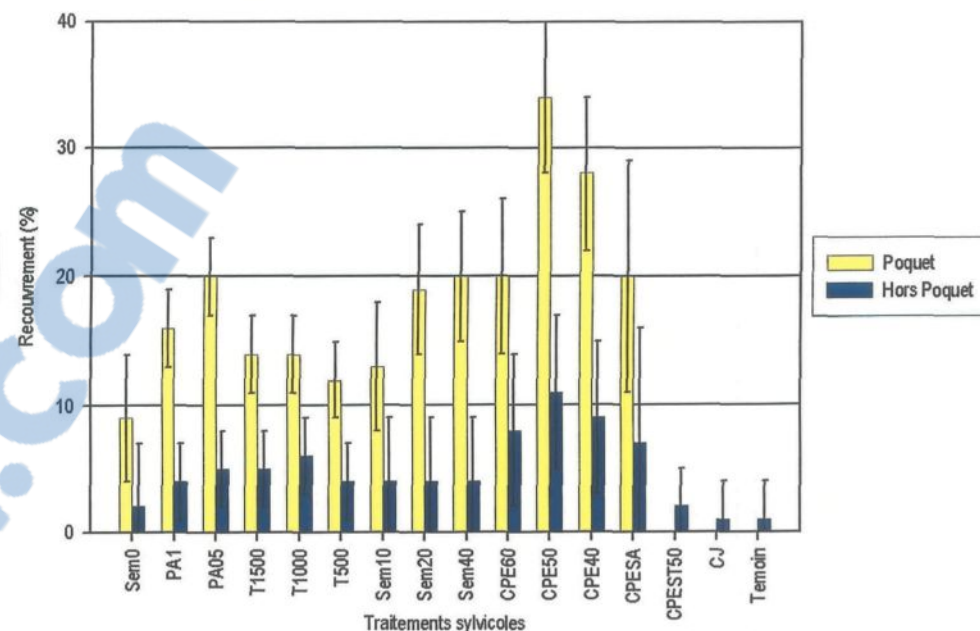


Figure 3.3 Pourcentage de recouvrement (%) en bouleau observé pour la classe de hauteur 6-30 cm en fonction du traitement sylvicole et du milieu d'ensemencement - moyenne et intervalle de confiance

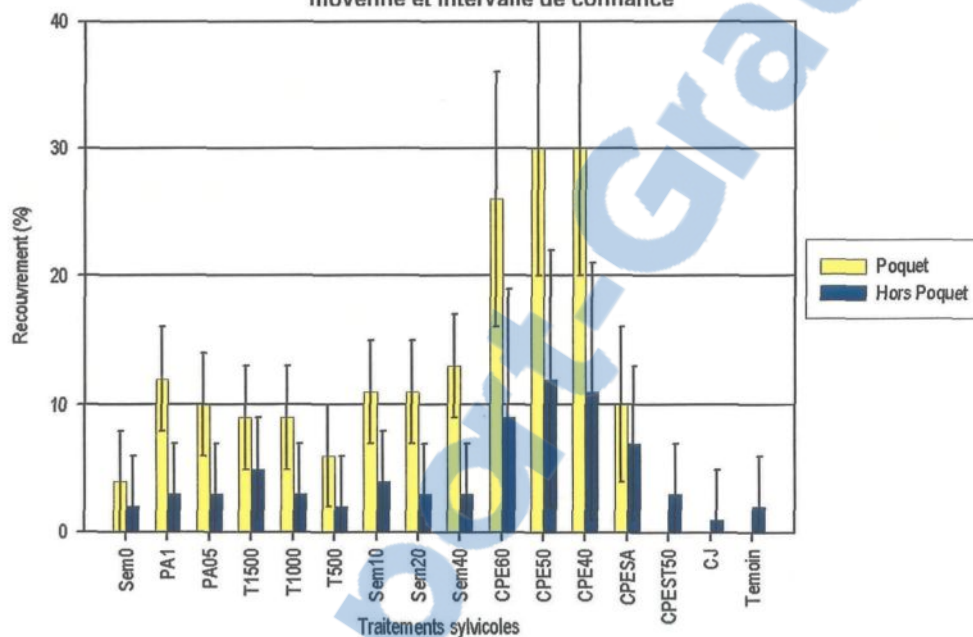


Figure 3.4 Pourcentage de recouvrement (%) en bouleau observé pour la classe de hauteur 31-100 cm en fonction du traitement sylvicole et du milieu d'ensemencement - moyenne et intervalle de confiance

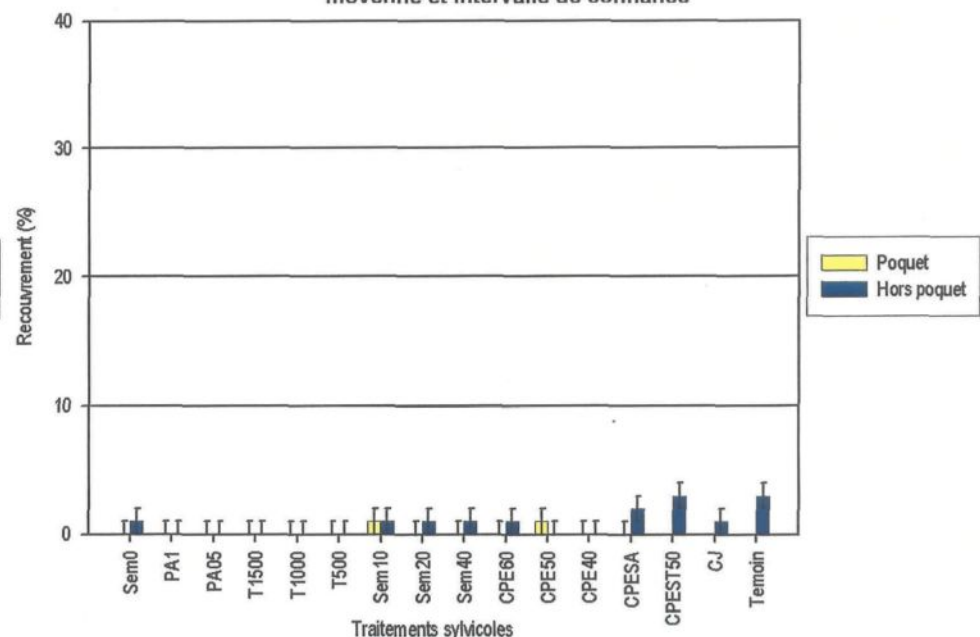


Figure 3.5 Pourcentage de recouvrement (%) en bouleau observé pour la classe de hauteur +100 cm en fonction du traitement sylvicole et du milieu d'ensemencement - moyenne et intervalle de confiance

**Tableau 3.4 Analyse de variance testant l'effet du traitement sylvicole et du milieu d'ensemencement sur le pourcentage de recouvrement de la régénération en bouleau jaune en fonction (réf. Annexe B)**

Groupe	Traitement sylvicole				Milieu d'ensemencement				Traitement sylvicole*Milieu			
	0-5 cm	6-30 cm	31- 100 cm	+100 cm	0-5 cm	6-30 cm	31- 100 cm	+100 cm	0-5 cm	6-30 cm	31- 100 cm	+ 100 cm
Coupe avec réserve de semenciers (Sem0, Sem10, Sem20, Sem40)	NS	*	*	NS	**	**	**	*	NS	NS	NS	NS
Coupe de jardinage (PA1, PA05, T1500, T1000, T500, CPEST50, CJ, Témoin)	**	**	**	NS	**	**	**	*	(NS)	(NS)	NS	NS
Coupe progressive % ouverture du couvert (CPE60, CPE50, CPE40)	NS	*	NS	NS	**	**	**	NS	NS	NS	NS	NS
CPE SA					**	*	NS	NS				

\*, \*\*, NS : Ces symboles viennent préciser s'il existe des différences significatives (\* à un seuil de 5 %), hautement significatives (\*\* à un seuil de 1 %) ou non significatives (NS).

#### 3.1.1.2.1 Les coupes avec réserve de semenciers

L'analyse de variance réalisée pour ce groupe de traitements sylvicoles indique que la densité de semenciers laissés sur le parterre de coupe (tableau 3.4) est un facteur qui influence l'abondance de la régénération en bouleau jaune. L'analyse indique également une influence hautement significative du milieu d'ensemencement. L'interaction traitement sylvicole\*milieu d'ensemencement n'est pas significative.

Ainsi, le test de comparaisons multiples effectué (tableau 3.5) vient préciser que l'influence de la densité de semenciers sur l'abondance de la régénération en bouleau jaune est surtout observable en terme de présence ou d'absence de semenciers. En effet, bien que la coupe avec réserve de 40 semenciers à l'hectare affiche des résultats plus élevés que les autres, le test ne détecte pas de différence significative entre les densités de 10, de 20 ou de 40 semenciers à l'hectare laissés sur le parterre de coupe. Ces données d'abondance vont dans le même sens que les données de distribution de la régénération.



En ce qui a trait à l'influence du milieu d'ensemencement, les quatre intensités de coupe avec réserve de semenciers testées permettent de démontrer les mêmes tendances, à savoir que la préparation de terrain par poquet assure une plus grande abondance de la régénération en bouleau jaune que l'absence de préparation.

**Tableau 3.5 Test de comparaisons multiples (Waller-Duncan) réalisé avec la variable Recouvrement (%) et portant sur les traitements sylvicoles réalisés pour le groupe de traitements sylvicoles de coupes avec réserve de semenciers**

	Recouvrement			
	0-5 cm	6-30 cm	31-100 cm	+ 100 cm
Sem0		A	A	
Sem10		A B	B	
Sem20		B	B	
Sem40		B	B	

Les traitements sylvicoles ayant la même lettre ne sont pas significativement différents.

#### *3.1.1.2.2 Les traitements proposés par le Manuel d'aménagement forestier (MRNFP 1998) suivant les principes du jardinage*

L'analyse de variance réalisée pour ce système indique qu'il existe un effet marqué des traitements testés en regard d'abondance de la régénération en bouleau jaune (tableau 3.4). Il existe également une influence marquée du milieu d'ensemencement. Bien que l'interaction traitement sylvicole \* milieu d'ensemencement semble significative, elle s'explique par le fait que trois traitements (CPE50ST, CJ, Témoin) n'ont tout simplement pas subi de préparation de terrain par poquets. Des contrastes à priori auraient probablement pu permettre de calculer correctement l'effet de cette interaction. Toutefois, comme les figures 3.2, 3.3 et 3.4 démontrent le même type de réponse entre les traitements sylvicoles en ce qui concerne l'influence du milieu d'ensemencement, cette interaction sera considérée comme non significative.

Ainsi, le test de comparaisons multiples effectué (tableau 3.6) vient préciser qu'il existe des différences hautement significatives entre les traitements sylvicoles pour les trois premières classes de hauteur (0-5 cm, 6-30 cm, 31-100 cm) de la régénération. Le traitement créant une ouverture totale du couvert sur 0,5 ha (PA05), allié à une préparation de terrain, permet d'assurer une plus grande abondance de la régénération en bouleau jaune que tous les autres traitements (trouées, coupe progressive basée sur un prélèvement de la surface terrière CPEST50, coupe de jardinage par pied d'arbre) ou que le témoin. Les traitements n'ouvrant que faiblement le couvert (coupe progressive basée sur un prélèvement de la surface terrière CPEST50, coupe de jardinage par pied d'arbre) se comportent de façon analogue au témoin.

Les figures 3.2, 3.3 et 3.4 illustrent une tendance liée à la grandeur de l'ouverture dans la génération de l'abondance de la régénération en bouleau jaune. En effet, il semble que les ouvertures du couvert les plus grandes permettent d'assurer une plus grande abondance en bouleau jaune que les ouvertures les plus petites. L'abondance diminue avec la réduction de la superficie de l'ouverture. La validité de cette tendance est confirmée par le test de comparaisons multiples, qui indiquent que le parquet de 0,5 ha a des résultats significativement plus élevés que les trouées.

En ce qui a trait à l'influence du milieu d'ensemencement, tous les traitements testés ayant subi une préparation de terrain par poquet permettent de démontrer les mêmes tendances, à savoir que la préparation de terrain par poquet assure une plus grande abondance de la régénération en bouleau jaune que l'absence de préparation.

**Tableau 3.6 Test de comparaisons multiples (Waller-Duncan) réalisé avec la variable Recouvrement (%) et portant sur les traitements sylvicoles réalisés pour le groupe de traitements sylvicoles suivant les principes du jardinage**

	Recouvrement			
	0-5 cm	6-30 cm	31-100 cm	+ 100 cm
PA1	B	B	A	
PA05	A	A	A	
T1500	B	B	A	
T1000	B	B	A	
T500	B	B	A B	
CPEST50	C	C	B	
CJ	C	C	B	
TÉMOIN	C	C	B	

Les traitements sylvicoles ayant la même lettre ne sont pas significativement différents.

#### *3.1.1.2.3 Les coupes progressives dont le prélèvement est basé sur l'ouverture du couvert (CPE60%, CPE50%, CPE40%)*

Bien que la CPE créant une ouverture du couvert de 50 % (CPE50) affiche les résultats les plus élevés (34 %) en terme d'abondance, l'observation des figures 3.3, 3.4 et 3.5 permet de constater que la CPE créant une ouverture du couvert de 40% (CPE40) permet d'atteindre des niveaux d'abondance de régénération en bouleau jaune fort similaires à ceux de la CPE50. L'analyse de variance réalisée pour ces traitements (tableau 3.9) vient confirmer cette observation et permet également de constater que la CPE créant une ouverture du couvert de 60 %, bien que faiblement moins performante que la CPE50, ne semble pas significativement moins apte que la CPE40 à créer une abondance.

Il existe toutefois une différence hautement significative entre les différents milieux d'ensemencement, indiquant qu'une préparation de terrain par poquet permet d'assurer une plus forte abondance de régénération en bouleau jaune qu'un sol non perturbé.

L'interaction traitement sylvicole\*milieu d'ensemencement n'est pas significative.

**Tableau 3.7 Test de comparaisons multiples (Waller-Duncan) réalisé avec la variable Recouvrement (%) et portant sur les traitements sylvicoles réalisés pour le groupe de traitements sylvicoles de coupes progressives dont le prélèvement est basé sur l'ouverture du couvert**

	Recouvrement			
	0-5 cm	6-30 cm	31-100 cm	+ 100 cm
CPE60		B		
CPE50		A		
CPE40		A B		

Les traitements sylvicoles ayant la même lettre ne sont pas significativement différents.

#### 3.1.1.2.4 La coupe progressive dont le prélèvement est basé sur la surface terrière

L'analyse de variance réalisée pour ce traitement indique ici que la préparation de terrain par poquet a permis de créer une plus forte abondance de régénération en bouleau jaune.

#### 3.1.1.2.5 L'ensemble des traitements

Bien qu'aucune analyse de variance n'ait pu être réalisée pour l'ensemble des traitements, les figures 3.2, 3.3, 3.4 et 3.5 ont été bâties afin de permettre les comparaisons entre les groupes de traitements sylvicoles à l'aide des intervalles de confiance.

La figure 3.2 présente les résultats et intervalles de confiance du pourcentage de recouvrement en bouleau jaune de 0 à 5 cm de hauteur. On peut y observer que les traitements de CPE créant des ouvertures du couvert de 40 (CPE40) et de 50 % (CPE50) sont nettement plus performants à créer une abondance de semis de 0 à 5 cm trois ans après traitement que les autres traitements, notamment en ce qui a trait au groupe de traitements proposés par le manuel d'aménagement suivant les principes du jardinage (PA1, PA05, T1500, T1000, T500, CPEST50, CJ). Les coupes avec réserve de semenciers (Sem0, Sem10, Sem20, Sem40) ainsi que la CPE créant une ouverture du couvert de 60% (CPE60) semble faire le pont entre les deux.

Au niveau de l'abondance du bouleau jaune de la classe de hauteur de 6 à 30 cm, on observe à la figure 3.3 que la CPE créant une ouverture du couvert de 50 % (CPE50) offre une abondance plus élevée en bouleau jaune (34 %) que tous les autres traitements (à l'exception de la CPE40). La CPE créant une ouverture du couvert de 40 % (CPE40) offre quant à elle des résultats comparables aux coupes avec réserve de semenciers (Sem0, Sem10, Sem20, Sem40) et aux parquets de 0,5 ha (PA05). Ces derniers se distinguent clairement de la plus petite trouée (T500).

En ce qui concerne les semis en bouleau jaune de la classe de hauteur de 31 à 100 cm, soit ceux qui comptent parmi les plus vigoureux et les plus prometteurs, leur abondance (figure 3.4) est encore une fois plus élevée dans les CPE créant des ouvertures du couvert de 40 (CPE40) et de 50 % (CPE50) que dans tous les autres traitements (à l'exception de la CPE60). Le CPE créant une ouverture du couvert de 60 % (CPE60) offre un résultat comparable aux coupes avec réserve de semenciers de 40 semenciers/ha (Sem40). On observe ici que les performances des différents traitements à assurer une forte abondance de régénération en bouleau jaune se distinguent de plus en plus fortement en fonction de la classe de hauteur observée. De plus, une certaine tendance semble se dessiner dans les traitements de jardinage à l'effet que l'abondance des semis diminue avec la fermeture des ouvertures.

Finalement, en ce qui concerne la classe de plus de 100 cm de hauteur (figure 3.5), on retrouve, en moyenne, un à quelques individus de bouleau jaune dans les poquets des CPE créant une ouverture du couvert de 50 % (CPE50) et des coupes avec réserve de semenciers de 10 semenciers/ha (Sem10). À l'extérieur des poquets, le bouleau jaune de cette classe de hauteur est présent dans toutes les coupes avec réserve de semenciers (Sem0, Sem10, Sem20, Sem40) ainsi que dans tous les traitements à faible prélèvement (CPESA, CPEST50, CJ, Témoin). Les faibles résultats obtenus pour cette classe de hauteur rappellent que le présent suivi a été effectué 3 ans après traitement.

En regard du milieu d'ensemencement, on observe que les préparations de terrain par poquet ont eu des impacts dans la création d'une abondance de régénération en bouleau jaune trois ans après leurs réalisations (figures 3.2, 3.3, 3.4 et 3.5).

Bien que la CPE créant une ouverture du couvert de 50 % semble être le traitement le plus performant à créer une cohorte abondante de semis dans les classes de hauteur de plus de 5 cm, l'observation générale des résultats (figures 3.2, 3.3, 3.4 et 3.5) permet de circonscrire les traitements sylvicoles selon trois catégories de performance. Les traitements de la 1ère catégorie, qui comprend les coupes progressives

créant une ouverture du couvert de 40, 50 et 60 % (CPE60, CPE50, CPE40), semblent assurer une abondance semblable entre elles et supérieure aux autres traitements. De façon générale, les traitements de la 2e catégorie, qui comprend les coupes avec réserves de semenciers (Sem10, Sem20, Sem40) ainsi que les coupes par parquet (PA1 et PA05), semblent se comporter de façon comparable entre eux. Bien qu'ils offrent de moins bonnes performances que les traitements mentionnés précédemment, ils permettent d'assurer une plus grande abondance que les trouées (T1500, T1000, T500) ainsi que les traitements n'engendrant pas d'ouverture du couvert (3e catégorie), soit la coupe progressive dont le prélèvement est basé sur la surface terrière (CPEST50), la coupe de jardinage par pied d'arbres (CJ) et le témoin. Ces derniers ont des valeurs inférieures à 5 % de recouvrement.

### **3.1.2 Évolution de la régénération en bouleau jaune depuis l'installation**

Pour apprécier l'évolution de la régénération dans le temps (maintien, perte ou gain), le coefficient de distribution de la régénération en bouleau jaune obtenu dans le cadre du suivi 2003 (3 ans après traitement) a été comparé à celui du suivi 2001 (1 an après traitement). Il convient de rappeler que l'échantillonnage réalisé en 2003 consistait en une relecture des placettes permanentes installées et réalisées en 2001. La méthode d'échantillonnage utilisée est donc identique pour les deux années de même que la façon dont le coefficient de distribution a été déterminé.

Une analyse de variance a donc été réalisée afin d'observer si la soustraction du CD obtenu en 2001 à celui obtenu en 2003 était significativement différente de 0. Une différence observée au seuil de 5% indiquait que le CD avait significativement augmenté ou diminué. L'absence de différence significative indiquait un maintien du CD en bouleau jaune dans le temps.

Le tableau 3.8 montre les résultats obtenus concernant l'évolution du coefficient de distribution en bouleau jaune de 2001 à 2003. On peut y constater qu'à l'intérieur des poquets, tous les traitements ont maintenu leur coefficient de distribution de régénération en bouleau jaune, à l'exception des trouées (T500, T1000, T1500). Les CD obtenus en 2003 pour ces traitements sont significativement inférieurs à ceux obtenus en 2001.

À l'extérieur des poquets, toutefois, seuls des gains en bouleau jaune ont été notés, particulièrement dans les coupes par parquet.

Tableau 3.8 Évolution du coefficient de distribution du bouleau jaune de 2001 à 2003 (réf. Annexe C)

Traitements sylvicoles	Poquet	Hors poquet
SEM0	*	*
PA1	*	+
PA05	*	+
T1500	-	*
T1000	-	+
T500	-	*
SEM10	*	*
SEM20	*	*
SEM40	*	*
CPE60	*	*
CPE50	*	*
CPE40	*	*
CPE SA	*	+
CPE ST50		*
CJ		*
Temoin		+

\* stable, + gain, - perte

## 3.2 Portrait de la compétition

### 3.2.1 Effets du traitement sylvicole et du milieu d'ensemencement sur la compétition en érable à épis et en framboisier

#### 3.2.1.1 Le coefficient de distribution (CD) de l'érable à épis

La figure 3.6 illustrent les coefficients de distribution de l'érable à épis. De façon générale, on y note que l'érable à épis est fortement présent et bien distribué ( $CD > 80\%$ ) dans la majorité des traitements, à l'exception de la coupe avec réserve de 0 semencier/ha (45 %) et des parquets de 0,5 ha (72%) et 1 ha (77%).

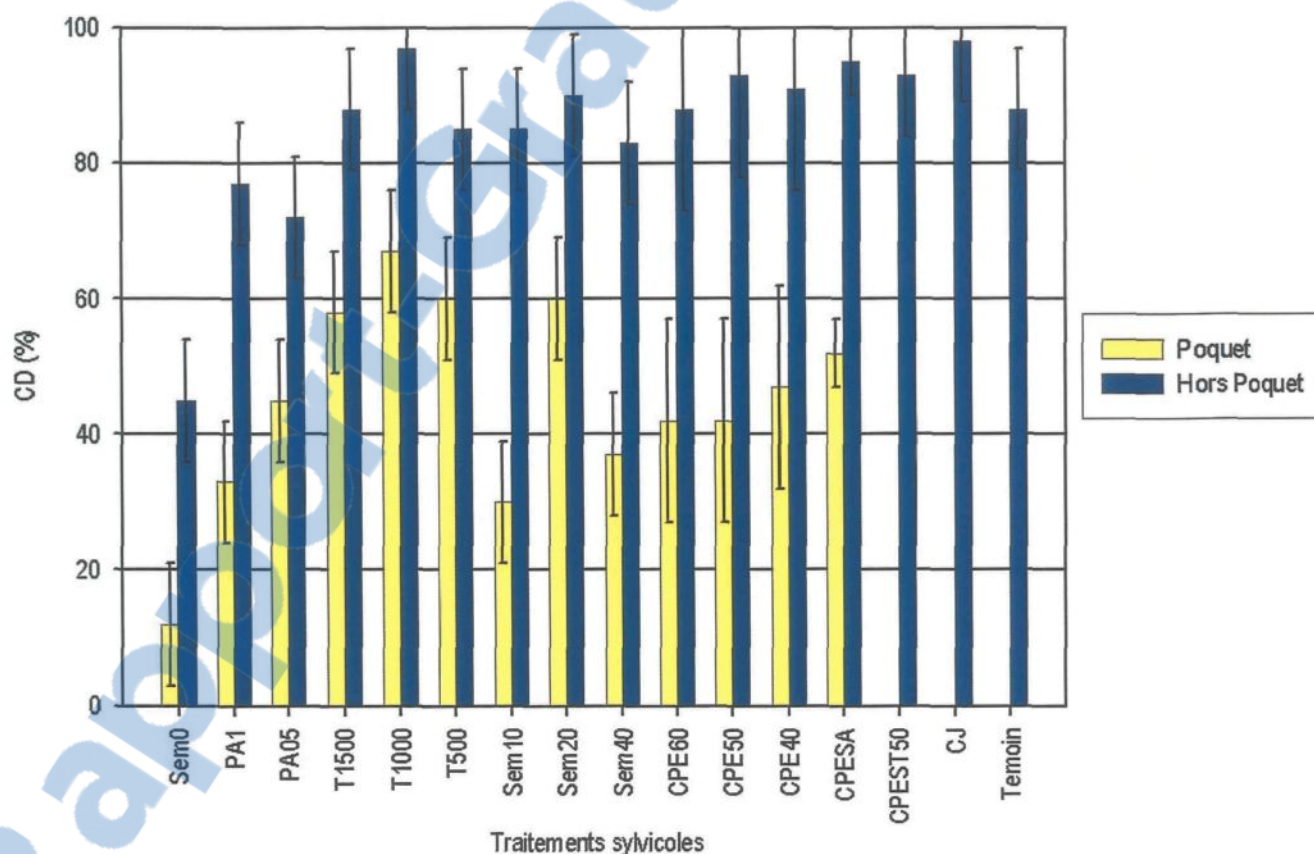
Lors du suivi un an après traitement, il a été noté que le scarifiage du sol par poquets avait permis une élimination ponctuelle des tiges compétitrices à l'intérieur des poquets, laissant ainsi le temps aux semis en essences désirées de s'établir (Malenfant et al. 2002). La figure 3.6 illustrent que l'effet de la préparation de terrain par poquets sur l'élimination de la compétition en érable à épis est encore appréciable trois ans après intervention. En effet, le coefficient de distribution en érable à épis est systématiquement plus élevé à l'extérieur des poquets qu'à l'intérieur. Bien que la confirmation de ces résultats apparaisse évidente sur le terrain, il convient de demeurer vigilant quant à l'interprétation de ces derniers. En effet, et tel que mentionné précédemment, la taille des parcelles utilisée au moment de l'échantillonnage était différente selon que l'on se trouvait à l'intérieur ou à l'extérieur des poquets; il y avait donc davantage de chance de trouver un semis à l'extérieur du poquet (1m tout le tour) qu'à l'intérieur. Lorsque les coefficients de distribution sont supérieurs dans les poquets, comme dans le cas du bouleau jaune, l'impact n'est pas critique puisque la différence réelle serait simplement supérieure. Par contre, lorsque c'est l'inverse, à savoir lorsque les coefficients de distribution sont supérieurs à l'extérieur des poquets, comme dans le cas présent, on ne peut être certain que l'effet est vraiment dû au milieu de germination. Toutefois, comme Guillemette et al. (2003a) ont observé le même type de réponse dans une expérimentation comparable réalisée en Mauricie, il semble raisonnable de considérer les résultats avec une certaine confiance.

Les niveaux les plus bas de compétition par l'érable à épis ( $<30\%$ ) à l'intérieur des poquets sont retrouvés dans les traitements de coupe avec réserve de semenciers de faible densité (Sem0 et Sem10), alors que les niveaux les plus élevés ( $>50\%$ ) sont retrouvés dans les trouées (T500, T1000, T1500), la coupe avec réserve de 20 semenciers/ha (Sem20) et la coupe progressive dont le prélèvement est basé sur la surface terrière (CPE SA).



Afin de maintenir une cohérence entre le dispositif de recherche tel que conçu sur le terrain et les analyses statistiques, les analyses de variance (tableau 3.9) ont été réalisées pour chacun des groupes de traitements sylvicoles : les coupes avec réserves de semenciers (Sem0, Sem10, Sem20 et Sem40), les traitements proposés par le Manuel d'aménagement forestier (MRNFP 1998) suivant les principes du jardinage (PA1, PA05, t1500, t1000, T500, CPE50ST, CJ, Témoin), les coupes progressives dont le prélèvement est basé sur l'ouverture du couvert (CPE60, CPE50, CPE40) et la coupe progressive dont le prélèvement est basé sur la surface terrière (CPE SA). Elles seront donc présentées tour à tour, puis sous forme de synthèse.

Figure 3.6 Coefficient de distribution (%) de l'érable à épis observé en fonction du traitement sylvicole et du milieu d'ensemencement – moyenne et intervalle de confiance



**Tableau 3.9 Analyse de variance testant l'effet du traitement sylvicole et du milieu d'ensemencement sur le coefficient de distribution de la régénération en érable à épis (réf. Annexe D)**

Cd			
Groupe	Traitement sylvicole	Milieu d'ensemencement	Traitement sylvicole*Milieu
Coupe avec réserve de semenciers (Sem0, Sem10, Sem20, Sem40)	**	**	NS
Coupe de jardinage (PA1, PA05, T1500, T1000, T500, CPEST50, CJ, Témoin)	**	**	** (NS)
Coupe progressive % ouverture du couvert (CPE60, CPE50, CPE40)	NS	**	NS
CPE SA		**	

\*, \*\*, NS : Ces symboles viennent préciser s'il existe des différences significatives (\* à un seuil de 5 %), hautement significatives (\*\* à un seuil de 1 %) ou non significatives (NS).

### 3.2.1.1.1 Les coupes avec réserve de semenciers

L'analyse de variance réalisée pour ce groupe de traitements sylvicoles indique que la densité de semenciers laissés sur le parterre de coupe (tableau 3.9) est un facteur qui influence la distribution de la compétition en érable à épis. L'analyse indique également une influence marquée du milieu d'ensemencement. L'interaction *traitement sylvicole\*milieu d'ensemencement* n'est pas significative.

Ainsi, le test de comparaisons multiples effectué (tableau 3.10) vient préciser que l'influence de la densité de semenciers sur la distribution de la compétition en érable à épis est surtout observable en terme de présence ou d'absence d'arbres semenciers laissés sur le parterre. En effet, l'absence d'arbre semencier a permis un plus grand contrôle de la distribution de l'érable à épis qu'un maintien d'arbres sur le parterre de coupe.

En ce qui a trait à l'influence du milieu d'ensemencement, toutes les intensités de coupe avec réserve de semenciers testées permettent de démontrer les mêmes tendances, à savoir que la préparation de terrain par poquet a un impact positif sur le contrôle de la distribution de l'érable à épis.

**Tableau 3.10 Test de comparaisons multiples (Waller-Duncan) réalisé avec la variable CD et portant sur les traitements sylvicoles réalisés pour le groupe de traitements sylvicoles de coupes avec réserve de semenciers**

CD	
Sem0	A
Sem10	C
Sem20	B
Sem40	C

Les traitements sylvicoles ayant la même lettre ne sont pas significativement différents.

### 3.2.1.1.2 Les traitements proposés par le Manuel d'aménagement forestier (MRNFP 1998) suivant les principes du jardinage

L'analyse de variance réalisée pour ce système indique qu'il existe de fortes différences significatives entre les traitements testés en regard de la distribution de la compétition en érable à épis (tableau 3.9). Il existe également une différence marquée entre les milieux d'ensemencement. Bien que l'interaction traitement sylvicole\*milieu d'ensemencement semble significative, elle s'explique par le fait que trois traitements (CPEST50, CJ, Témoin) n'ont tout simplement pas subi de préparation de terrain par poquets. Comme la figure 3.6 démontre le même type de réponse entre les traitements sylvicoles en ce qui concerne l'influence du milieu d'ensemencement, cette interaction sera considérée comme non significative.

Ainsi, le test de comparaisons multiples effectué (tableau 3.11) vient préciser les différences entre les traitements sylvicoles. Les traitements créant une ouverture totale du couvert, à savoir les parquets (PA05, PA1) et les trouées (T500, T1000, T1500), permettent d'assurer un meilleur contrôle de la compétition en érable à épis que les traitements n'ouvrant que faiblement le couvert (coupe progressive basée sur un prélèvement de la surface terrière CPEST50, coupe de jardinage par pied d'arbre CJ) ou que le Témoin. Les traitements n'ouvrant que faiblement le couvert se comportent de façon analogue au témoin.

La figure 3.6 illustre une tendance dans la distribution de la compétition en érable à épis liée à la grandeur de l'ouverture. En effet, il semble que les ouvertures du couvert les plus grandes (parquets), alliées à une préparation de terrain, permettent un meilleur contrôle de la compétition en érable à épis que les ouvertures les plus petites (trouées). La validité de cette tendance est confirmée par le test de comparaisons multiples, qui indiquent que les parquets ont des CD significativement plus faibles que les trouées. La distribution de la compétition en érable à épis augmente donc de façon inversement proportionnelle avec le diamètre d'ouverture du couvert.

En ce qui a trait à l'influence du milieu d'ensemencement, toutes les interventions ayant subi une préparation de terrain permettent de démontrer les mêmes tendances, à savoir que la préparation de terrain par poquet a un impact positif sur le contrôle de la distribution de l'érable à épis.

**Tableau 3.11 Test de comparaisons multiples (Waller-Duncan) réalisé avec la variable CD et portant sur les traitements sylvicoles réalisés pour le groupe de traitements sylvicoles suivant les principes du jardinage**

CD	
PA1	A
PA05	A
T1500	B
T1000	C
T500	B
CPEST50	D
CJ	D
TÉMOIN	D

Les traitements sylvicoles ayant la même lettre ne sont pas significativement différents.

#### *3.2.1.1.3 Les coupes progressives dont le prélèvement est basé sur l'ouverture du couvert (CPE60%, CPE50%, CPE40%)*

L'analyse de variance réalisée pour les traitements utilisant cette approche (tableau 3.9) indique qu'il n'existe pas de différence significative entre les trois niveaux d'ouverture du couvert testés en regard de la distribution de la compétition de l'érable à épis. En effet, que le couvert soit ouvert de 40, de 50 ou de 60 %, toutes les intensités testées semblent assurer des CD semblables.

Il existe toutefois une différence significative entre les différents milieux d'ensemencement qui indique qu'une préparation de terrain par poquet a un impact positif sur le contrôle de la distribution de la compétition en l'érable à épis.

L'interaction traitement sylvicole\*milieu d'ensemencement n'est pas significative.

#### *3.2.1.1.4 La coupe progressive dont le prélèvement est basé sur la surface terrière*

L'analyse de variance réalisée pour ce traitement (tableau 3.9) indique ici que la préparation de terrain par poquet a également un impact positif sur le contrôle de la distribution de la compétition en l'érable à épis.

### 3.2.1.1.5 L'ensemble des traitements

Bien qu'aucune analyse de variance n'ait pu être réalisée pour l'ensemble des traitements, la figure 3.6 a été bâtie afin de permettre les comparaisons entre les groupes de traitements sylvicoles à l'aide des intervalles de confiance.

L'observation générale des résultats permet de faire ressortir trois tendances en regard des traitements. D'abord, lorsqu'on observe les résultats obtenus à l'extérieur des poquets, on note que les traitements engendrant une ouverture totale du couvert sur 0,5 ha et plus (Sem0, PA1, PA05) affichent des CD plus faibles que tous les autres traitements (T1500, T1000, T500, Sem10, Sem20, Sem40, CPE60, CPE50, CPE40, CPESA, CJ, Témoin), ces derniers affichent des résultats comparables. Ainsi, l'ouverture totale du couvert semble assurer un plus grand contrôle de la distribution en érable à épis sur sol non perturbé que les trouées ou les traitements avec maintien de couvert.

Lorsqu'on observe les résultats obtenus à l'intérieur des poquets, soit où il y a eu élimination ponctuelle des tiges compétitrices suite à la préparation de terrain, on note que les traitements engendrant une ouverture totale du couvert sur 0,5 ha et plus (Sem0, PA1, PA05) et ceux maintenant un couvert partiel oscillant entre 40 et 60 % de recouvrement au sol affichent des CD plus faibles que les traitements par trouées (T500, T1000, T1500).

On note une différence marquée de l'occurrence en érable à épis selon le milieu d'ensemencement. Toutes les interventions ayant subi une préparation de terrain par poquets se comportent de façon analogue, à savoir que la préparation de terrain par poquet a un impact positif sur le contrôle de la distribution de l'érable à épis.

Finalement, les traitements amenant de grandes ouvertures, tels les parquets (PA05, PA1) ou les coupes totales sans réserve d'arbres semenciers (Sem0), ainsi que les traitements maintenant un couvert partiel oscillant entre 40 et 60 % de recouvrement au sol (CPE40, CPE50, CPE60), alliés à une préparation de terrain pas poquet, semblent être moins propices au développement de l'érable à épis que les autres (T500, T1000, T1500, Sem10, Sem20, Sem40, CPE SA, CPEST50, CJ, Témoin).

### 3.2.1.2 Le coefficient de distribution (CD) du framboisier

La figure 3.7 illustrent les coefficients de distribution de la compétition en framboisier. De façon générale, on y note qu'il est fortement présent et bien distribué ( $CD > 80\%$ ) dans tous les traitements ayant engendré une ouverture du couvert de plus de 50 %. À l'inverse, on note une faible occurrence du framboisier ( $CD < 30\%$ ) dans les secteurs offrant de fortes conditions d'ombrage (coupe progressive dont le prélèvement est basé sur un % de la surface terrière, la coupe de jardinage par pied d'arbres ainsi que le témoin). C'est le traitement Témoin qui affiche le plus faible CD avec une valeur 0.

Contrairement à l'érable à épis, les CD obtenus pour le framboisier n'affichent pas de différence marquée selon le milieu d'ensemencement. Toutefois, l'impact d'un biais potentiel dû à la méthode d'échantillonnage est à considérer. En effet, la taille des parcelles utilisée au moment de l'échantillonnage était différente selon que l'on se trouvait à l'intérieur ou à l'extérieur des poquets; il y avait donc davantage de chance de trouver un semis à l'extérieur du poquet (1m tout le tour) qu'à l'intérieur. Lorsque les coefficients de distribution sont supérieurs dans les poquets, l'impact n'est pas critique. Lorsque c'est l'inverse, à savoir lorsque les coefficients de distribution sont supérieurs à l'extérieur des poquets, on ne peut être certain que l'effet est vraiment dû au milieu de germination. Dans le cas présent, à savoir lorsque les coefficients de distribution semblent relativement équivalents dans les deux milieux de germination, on ne peut être certain qu'il n'y a pas d'effet du traitement de préparation de terrain par poquet sur l'occurrence en framboisier. Il est donc possible que la préparation de traitement n'ait eu aucun effet ou, comme dans le cas du bouleau jaune, ait eu un effet positif.

Afin de maintenir une cohérence entre le dispositif de recherche tel que conçu sur le terrain et les analyses statistiques, les analyses de variance ont été réalisées pour chacun des groupes de traitements sylvicoles : les coupes avec réserves de semenciers (Sem0, Sem10, Sem20 et Sem40), les traitements proposés par le Manuel d'aménagement forestier (MRNFP 1998) suivant les principes du jardinage (PA1, PA05, T1500, T1000, T500, CPE50ST, CJ, Témoin), les coupes progressives dont le prélèvement est basé sur l'ouverture du couvert (CPE60, CPE50, CPE40) et la coupe progressive dont le prélèvement est basé sur la surface terrière (CPE SA). Elles seront donc présentées tour à tour, puis sous forme de synthèse.



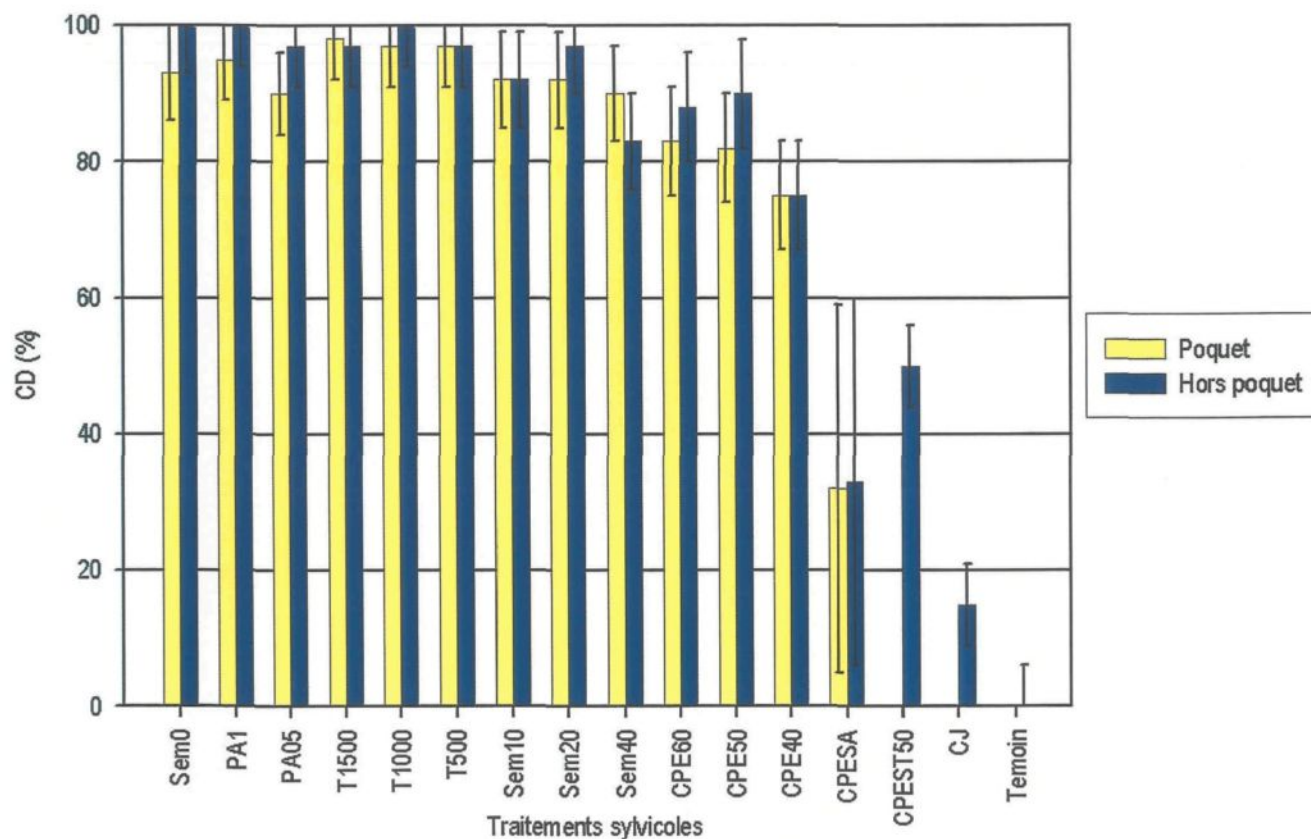


Figure 3.7 Coefficient de distribution (%) du framboisier observé en fonction du traitement sylvicole et du milieu d'ensemencement – moyenne et intervalle de confiance

Tableau 3.12 Analyse de variance testant l'effet du traitement sylvicole et du milieu d'ensemencement sur le coefficient de distribution de la régénération en framboisier (réf. Annexe E)

Cd			
Groupe	Traitement sylvicole	Milieu d'ensemencement	Traitement sylvicole*Milieu
Coupe avec réserve de semenciers (Sem0, Sem10, Sem20, Sem40)	NS	NS	NS
Coupe de jardinage (PA1, PA05, T1500, T1000, T500, CPEST50, CJ, Témoin)	**	**	(NS)
Coupe progressive % ouverture du couvert (CPE60, CPE50, CPE40)	NS	*	NS
CPE SA		*	

\*, \*\*, NS : Ces symboles viennent préciser s'il existe des différences significatives (\* à un seuil de 5 %), hautement significatives (\*\* à un seuil de 1 %) ou non significatives (NS).



### *3.2.1.2.1 Les coupes avec réserve de semenciers*

L'analyse de variance réalisée pour ce groupe de traitements sylvicoles indique que la densité de semenciers laissés sur le parterre de coupe (tableau 3.12) n'est pas un facteur qui influence la distribution de la compétition en framboisier. L'analyse indique également qu'il n'y a pas d'influence marquée du milieu d'ensemencement. L'interaction traitement sylvicole\*milieu d'ensemencement n'est pas significative.

Ainsi, tous les traitements de ce groupe se comportent de façon analogue.

### *3.2.1.2.2 Les traitements proposés par le Manuel d'aménagement forestier (MRNFP 1998) suivant les principes du jardinage*

L'analyse de variance réalisée pour ce système indique qu'il existe des différences hautement significatives entre les traitements testés en regard de la distribution de la compétition en framboisier (tableau 3.12). Bien qu'il semble exister une différence marquée entre les milieux d'ensemencement, cette différence n'apparaît plus présente une fois les trois traitements n'ayant pas subi de préparation de terrain par poquets retirés de l'analyse (figure 3.7). L'interaction traitement sylvicole\*milieu d'ensemencement semble significative.

Ainsi, le test de comparaisons multiples effectué (tableau 3.13) vient préciser les différences significatives entre les traitements sylvicoles. Contrairement au cas de l'érable à épis, les traitements créant une ouverture totale du couvert (parquets et trouées) assurent des CD en framboisier comparables entre eux et nettement supérieurs ( $CD > 90\%$ ) aux traitements avec faible prélèvement (coupe progressive dont le prélèvement est basé sur un % de la surface terrière CPEST50, la coupe de jardinage par pied d'arbres CJ ainsi que le témoin).

Lorsqu'on compare les traitements avec faible prélèvement entre eux, on observe que plus le prélèvement est faible, plus faible sont les CD en framboisier. Ainsi, la CPEST50 génère une plus grande distribution de la compétition en framboisier que la CJ, qui elle génère une plus grande distribution que le Témoin.

**Tableau 3.13 Test de comparaisons multiples (Waller-Duncan) réalisé avec la variable CD et portant sur les traitements sylvicoles réalisés pour le groupe de traitements sylvicoles suivant les principes du jardinage**

CD	
PA1	A
PA05	A
T1500	A
T1000	A
T500	A
CPEST50	B
CJ	C
TÉMOIN	D

Les traitements sylvicoles ayant la même lettre ne sont pas significativement différents.

#### *3.2.1.2.3 Les coupes progressives dont le prélèvement est basé sur l'ouverture du couvert (CPE60%, CPE50%, CPE40%)*

L'analyse de variance réalisée pour les traitements utilisant cette approche (tableau 3.12) indique qu'il n'existe pas de différence significative entre les trois niveaux d'ouverture du couvert créée en regard de la distribution de la compétition en framboisier. En effet, que le couvert forestier soit ouvert de 40, de 50 ou de 60 %, toutes les intensités testées semblent assurer des CD comparables.

Il existe toutefois une différence significative entre les différents milieux d'ensemencement qui indique qu'une préparation de terrain par poquet a un impact positif sur le contrôle de la distribution de la compétition en framboisier.

L'interaction traitement sylvicole\*milieu d'ensemencement n'est pas significative.

#### *3.2.1.2.4 La coupe progressive dont le prélèvement est basé sur la surface terrière*

L'analyse de variance réalisée pour ce traitement indique ici que la préparation de terrain par poquet n'a pas d'impact positif sur le contrôle de la distribution de la compétition en framboisier.

#### *3.2.1.2.5 L'ensemble des traitements*

Bien qu'aucune analyse de variance n'ait pu être réalisée pour l'ensemble des traitements, la figure 3.7 a été bâtie afin de permettre les comparaisons entre les groupes de traitements sylvicoles à l'aide des intervalles de confiance.

L'observation générale des résultats permet de noter que les traitements engendrant une ouverture totale du couvert (PA1, PA05, T1500, T1000, T500, Sem0, Sem10, Sem20, Sem40) affichent des CD plus élevés que les traitements maintenant un couvert partiel oscillant entre 40 et 60 % de recouvrement au sol (CPE60, CPE50, CPE40), qui eux ont des CD plus élevés que les traitements avec faible prélèvement (CPESA, CPEST50, CJ, Témoin). Ainsi, et contrairement au cas de l'érable à épis, on observe que la distribution de la compétition en framboisier augmente de façon proportionnelle avec l'ouverture du couvert.

Finalement, on note peu de différence d'occurrence en framboisier selon le milieu d'ensemencement. Toutes les interventions à l'exception des coupes progressives dont le prélèvement est basé sur l'ouverture du couvert, qu'elles aient subi une préparation de terrain par poquets ou non, se comportent de façon analogue, à savoir que la préparation de terrain par poquet ne semble pas avoir eu d'impact sur le contrôle de la distribution en framboisier. L'impact d'un potentiel biais méthodologique, tel que discuté plus haut, vient renforcer cette tendance. Il est donc possible que la préparation de traitement n'ait eu aucun effet sur la germination du framboisier ou, comme dans le cas du bouleau jaune, ait eu un effet positif sur son *occurrence*.

### 3.2.1.3 Le pourcentage de recouvrement (abondance) de l'érable à épis

Alors que la section précédente nous informait de la distribution de la compétition trois ans après traitement, cette section présente son abondance. Tel que décrit précédemment, le concept d'abondance utilise ici la donnée du pourcentage de recouvrement au sol observé pour chaque essence donnée. L'évaluation du pourcentage de recouvrement comprend quatre classes de hauteur, à savoir les classes de 0 à 5 cm, de 6 à 30 cm, de 31 à 100 cm et de plus de 100 cm.

Les figures 3.8, 3.9, 3.10 et 3.11 caractérisent le type de compétition en illustrant les pourcentages de recouvrement de l'érable à épis par classe de hauteur observés pour chaque traitement sylvicole en fonction du milieu d'ensemencement. De façon générale, on y note que la compétition par les petites tiges, soit celles de la classe de hauteur de 0 à 5 cm et celle de 6 à 30 cm, semble négligeable et ne dépasse pas 2 % de recouvrement au sol. Il s'agit donc ici davantage de présence d'une tige que de recouvrement.

Quant aux tiges de forte dimension, soit celles qui risquent de faire ombrage aux semis en bouleau jaune, le portrait est différent. Les pourcentages de recouvrement de la classe de hauteur de 30 à 100 cm varient entre 0 et 2 % à l'intérieur du poquet, et entre 2 et 12 % à l'extérieur des poquets, alors que ceux de la classe de hauteur de plus de 100 cm varient de 0 à 12 % à l'intérieur du poquet, et de 4 à 35 % à l'extérieur du poquet. L'abondance de l'érable à épis est systématiquement plus élevée à l'extérieur des poquets qu'à l'intérieur, peu importent les classes de hauteur. L'élimination ponctuelle des tiges compétitrices à l'intérieur des poquets semble donc encore appréciable après trois ans. On note également que les pourcentages de recouvrement les plus élevés sont observés dans la coupe de jardinage (CJ), et les moins élevés dans la coupe totale sans réserve de semenciers (Sem0).

Toujours afin de maintenir une cohérence entre le dispositif de recherche tel que conçu sur le terrain et les analyses statistiques, les analyses de variance ont été réalisées pour chacun des groupes de traitements sylvicoles et chacune des classes de hauteur (tableau 3.14) : les coupes avec réserves de semenciers (Sem0, Sem10, Sem20 et Sem40), les traitements proposés par le Manuel d'aménagement forestier (MRNFP 1998) suivant les principes du jardinage (PA1, PA05, T1500, T1000, T500, CPE50ST, CJ, Témoin), les coupes progressives dont le prélèvement est basé sur l'ouverture du couvert (CPE60, CPE50, CPE40) et la coupe progressive dont le prélèvement est basé sur la surface terrière (CPE SA). Elles seront donc présentées tour à tour, puis sous forme de synthèse.

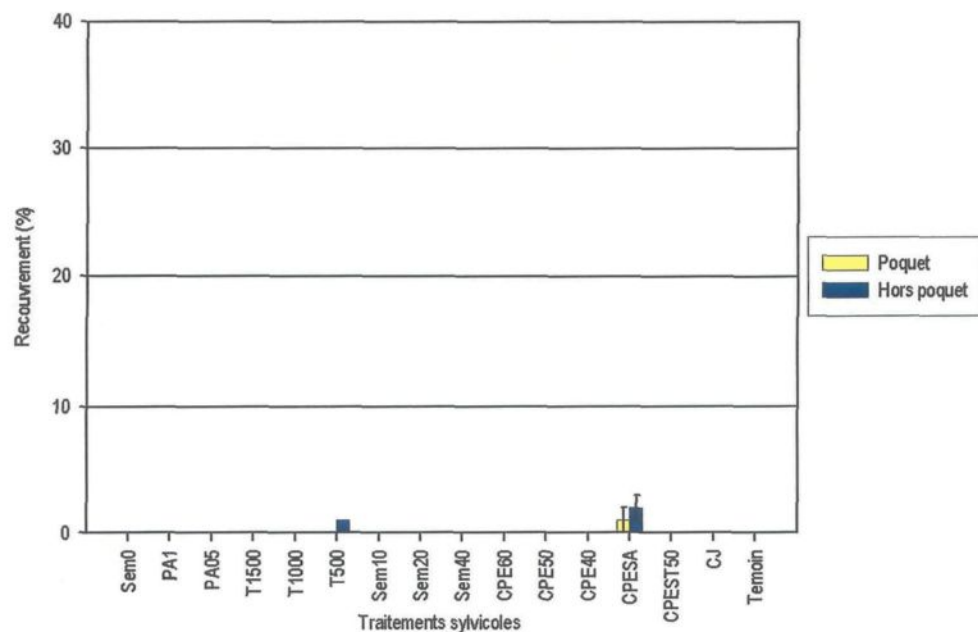


Figure 3.8 Pourcentage de recouvrement (%) en érable à épis observé pour la classe de hauteur 0-5 cm en fonction du traitement sylvicole et du milieu d'ensemencement – moyenne et intervalle de confiance

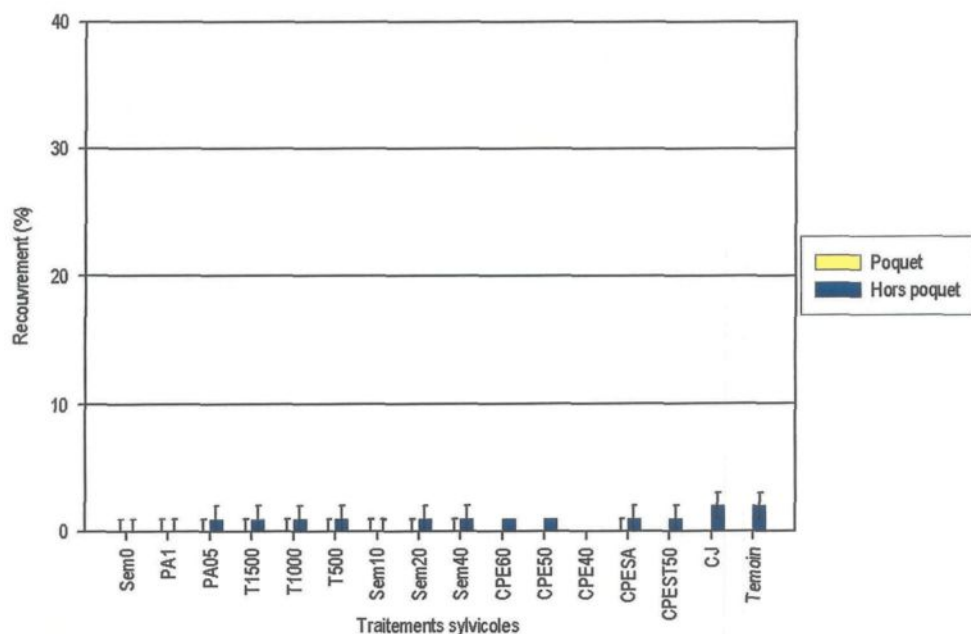


Figure 3.9 Pourcentage de recouvrement (%) en érable à épis observé pour la classe de hauteur 6-30 cm en fonction du traitement sylvicole et du milieu d'ensemencement – moyenne et intervalle de confiance

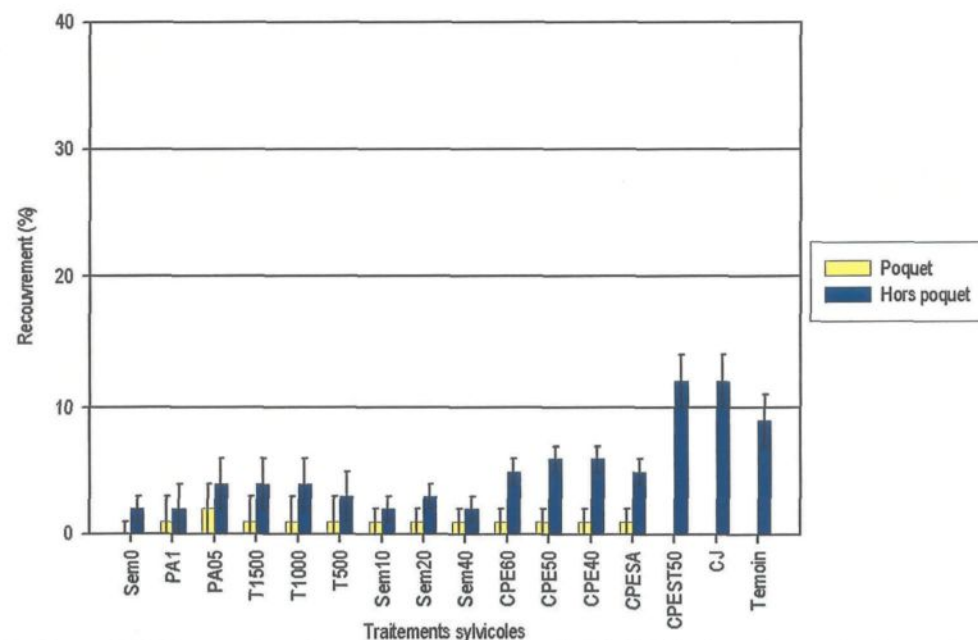


Figure 3.10 Pourcentage de recouvrement (%) en érable à épis observé pour la classe de hauteur 31-100 cm en fonction du traitement sylvicole et du milieu d'ensemencement – moyenne et intervalle de confiance

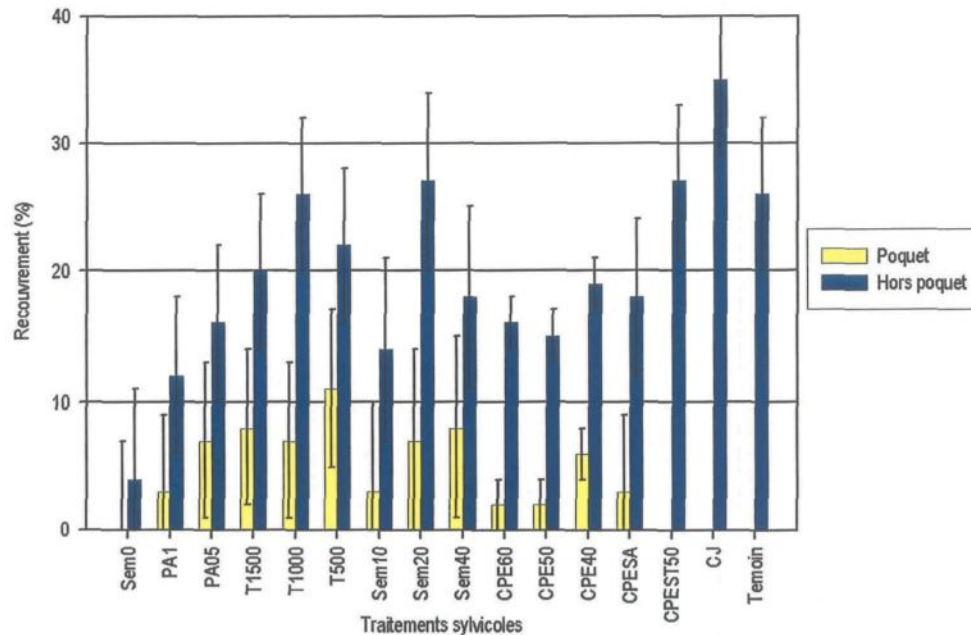


Figure 3.11 Pourcentage de recouvrement (%) en érable à épis observé pour la classe de hauteur +100 cm en fonction du traitement sylvicole et du milieu d'ensemencement – moyenne et intervalle de confiance

**Tableau 3.14 Analyse de variance testant l'effet du traitement sylvicole et du milieu d'ensemencement sur le pourcentage de recouvrement de la régénération en érable à épis (réf. Annexe F)**

Groupe	Traitement sylvicole				Milieu d'ensemencement				Traitement sylvicole*Milieu			
	0-5 cm	6-30 cm	31- 100 cm	+100 cm	0-5 cm	6-30 cm	31- 100 cm	+100 cm	0-5 cm	6-30 cm	31- 100 cm	+ 100 cm
Coupe avec réserve de semenciers (Sem0, Sem10, Sem20, Sem40)	NS	NS	NS	**	NS	*	**	**	NS	NS	NS	NS
Coupe de jardinage (PA1, PA05, T1500, T1000, T500, CPEST50, CJ, Témoin)	NS	NS	**	**	NS	*	**	**	** (NS)	** (NS)	** (NS)	** (NS)
Coupe progressive % ouverture du couvert (CPE60, CPE50, CPE40)	NS	*	NS	*	NS	**	**	**	NS	NS	NS	NS
CPE SA					NS	NS	**	*				

\*, \*\*, NS : Ces symboles viennent préciser s'il existe des différences significatives (\* à un seuil de 5 %), hautement significatives (\*\* à un seuil de 1 %) ou non significatives (NS).

### 3.2.1.3.1 Les coupes avec réserve de semenciers

L'analyse de variance réalisée pour ce groupe de traitements sylvicoles indique que la densité de semenciers laissés sur le parterre de coupe (tableau 3.14) est un facteur qui influence l'abondance de la compétition en érable épis de la classe de hauteur de plus de 100 cm. L'analyse indique également une influence très marquée du milieu d'ensemencement. L'interaction *traitement sylvicole\*milieu d'ensemencement* n'est pas significative.

Ainsi, le test de comparaisons multiples effectué (tableau 3.15) vient préciser que l'influence de la densité de semenciers sur l'abondance de la compétition en érable à épis est surtout observable en terme de forte présence ou d'absence de semenciers. Ces données d'abondance vont dans le même sens que les données de distribution de la régénération. En effet, l'absence d'arbre semencier a permis un plus grand contrôle de l'abondance de l'érable à épis qu'un maintien d'arbres à une densité de 40 à 50 semenciers à l'hectare sur le parterre de coupe (figure 3.11) et ce pour l'érable à épis de forte dimension, soit de plus de 100 cm.



En ce qui a trait à l'influence du milieu d'ensemencement, la préparation de terrain par poquet a eu un impact positif hautement significatif sur le contrôle de l'abondance de l'érable à épis de plus 30 cm de hauteur.

**Tableau 3.15 Test de comparaisons multiples (Waller-Duncan) réalisé avec la variable Recouvrement (%) et portant sur les traitements sylvicoles réalisés pour le groupe de traitements sylvicoles de coupes avec réserve de semenciers**

	Recouvrement			
	0-5 cm	6-30 cm	31-100 cm	+ 100 cm
Sem0				A
Sem10				A B
Sem20				C
Sem40				B C

Les traitements sylvicoles ayant la même lettre ne sont pas significativement différents.

### 3.2.1.3.2 Les traitements proposés par le Manuel d'aménagement forestier (MRNFP 1998) suivant les principes du jardinage

L'analyse de variance réalisée pour ce système indique qu'il existe des différences hautement significatives entre les traitements testés en regard d'abondance de la compétition en érable à épis de plus de 100 cm (tableau 3.14). Il existe également une différence marquée d'abondance de la compétition en érable à épis de plus de 30 cm entre les milieux d'ensemencement. Bien que l'interaction traitement sylvicole \* milieu d'ensemencement semble significative, elle s'explique par le fait que trois traitements (CPEST50, CJ, Témoin) n'ont tout simplement pas subi de préparation de terrain par poquets. Cette interaction sera considérée comme non significative.

Ainsi, le test de comparaisons multiples effectué (tableau 3.16) vient préciser les différences significatives d'abondance en érable à épis entre les traitements sylvicoles pour les classes de hauteur de 31 à 100 cm et de 100 cm et plus. Globalement, les traitements créant une ouverture totale du couvert (parquets et trouées), combinés à une préparation de terrain, semblent contrôler plus efficacement l'abondance en érable à épis que les traitements maintenant un couvert (CPEST50, CJ). Ces derniers se comportent d'ailleurs de façon analogue au Témoin.

Lorsqu'on s'intéresse précisément aux traitements créant une ouverture totale du couvert, à savoir les parquets (PA05, PA1) et les trouées (T500, T1000, T1500) (figure 3.11), on remarque une tendance dans l'abondance de la compétition en érable à épis de plus de 100 cm de hauteur liée à la grandeur de l'ouverture. En effet, il semble que les ouvertures du couvert les plus grandes (PA05, PA1) permettent un



meilleur contrôle de la compétition en érable à épis que les ouvertures les plus petites (T500, T1000, T1500). La validité de cette tendance est confirmée par le test de comparaisons multiples.

En ce qui a trait à l'influence du milieu d'ensemencement, l'analyse de la variance indique que la préparation de terrain par poquet a eu un effet hautement significatif sur le contrôle de l'abondance de l'érable à épis de plus 30 cm de hauteur. L'élimination ponctuelle des tiges compétitrices à l'intérieur des poquets est encore appréciable trois ans après intervention.

**Tableau 3.16 Test de comparaisons multiples (Waller-Duncan) réalisé avec la variable Recouvrement (%) et portant sur les traitements sylvicoles réalisés pour le groupe de traitements sylvicoles suivant les principes du jardinage**

	Recouvrement			
	0-5 cm	6-30 cm	31-100 cm	+ 100 cm
PA1			A	A
PA05			B	A B
T1500			A B	A B
T1000			A B	B
T500			A B	B
CPEST50			C	C
CJ			C	C
TÉMOIN			C	C

Les traitements sylvicoles ayant la même lettre ne sont pas significativement différents.

### 3.2.1.3.3 Les coupes progressives dont le prélèvement est basé sur l'ouverture du couvert (CPE60%, CPE50%, CPE40%)

Bien que la CPE créant une ouverture du couvert forestier de 50 % (CPE50) affiche le résultat le plus faible (15 %) en terme d'abondance en érable à épis de plus de 100 cm, le test de comparaisons multiples vient préciser qu'il n'y pas de différence significative entre une ouverture du couvert de 50% ou une de 60 % (Tableau 3.17).

Il existe toutefois une différence hautement significative entre les différents milieux d'ensemencement, indiquant qu'une préparation de terrain par poquet permet de restreindre l'abondance de la compétition en érable à épis (Tableau 3.14).

L'interaction traitement sylvicole\*milieu d'ensemencement n'est pas significative.

**Tableau 3.17 Test de comparaisons multiples (Waller-Duncan) réalisé avec la variable Recouvrement (%) et portant sur les traitements sylvicoles réalisés pour le groupe de traitements sylvicoles de coupes progressives dont le prélèvement est basé sur l'ouverture du couvert**

	Recouvrement			
	0-5 cm	6-30 cm	31-100 cm	+ 100 cm
CPE60		A		A
CPE50		A		A
CPE40		B		B

Les traitements sylvicoles ayant la même lettre ne sont pas significativement différents.

#### 3.2.1.3.4 La coupe progressive dont le prélèvement est basé sur la surface terrière

Comme pour les autres groupes de traitements, l'analyse de la variance réalisée pour ce traitement (tableau 3.14) indique ici que la préparation de terrain par poquet permet de restreindre, de façon hautement significative, l'abondance de la compétition en érable à épis, notamment dans les classes de hauteur de plus de 30 cm.

#### 3.2.1.3.5 L'ensemble des traitements

Bien qu'aucune analyse de variance n'ait pu être réalisée pour l'ensemble des traitements, les figures 3.8, 3.9, 3.10 et 3.11 ont été bâties afin de permettre les comparaisons entre les groupes de traitements sylvicoles à l'aide des intervalles de confiance.

Comme l'abondance de la compétition en érable à épis dans les classes de hauteur de 0 à 5 cm et de 6 à 30 cm est très faible, et que ces classes de hauteur ne sont pas les plus problématiques en regard de la pression qu'elles exercent sur la régénération en bouleau jaune, seule l'abondance de l'érable à épis de forte dimension (classes de 31 à 100 cm et de 100 cm et plus) sera discutée.

Ainsi, en ce qui concerne l'effet des traitements sylvicoles sur l'abondance de la compétition en érable à épis de forte dimension, on observe que dans les traitements avec ouvertures totales du couvert, l'abondance varie de façon inversement proportionnelle à la superficie de l'ouverture. En effet, la coupe totale sans réserve de semenciers (Sem0) est le traitement qui a offert le plus bas niveau d'abondance en érable à épis, suivi des parquets de 1ha (PA1), des parquets de 0,5 ha (PA05), et finalement des trouées (T1500, T1000, T500).

Dans les traitements avec maintien d'un couvert, on retrouve une plus faible abondance en érable à épis dans les traitements ayant maintenus entre 40 et 70 % de couvert (SEM40, CPE60, CPE50, CPE40) que dans les traitements maintenant un couvert de plus de 80 % (CPEST50, CJ) ou que le Témoin.

Le gradient suivant illustre la performance de tous les traitements selon un ordre croissant en partant avec celui qui exerce le meilleur contrôle de l'abondance de la compétition en érable à épis de forte dimension, et donc qui possède les plus faibles pourcentages de recouvrement: coupe avec réserve de semenciers de faible densité (Sem0, Sem10), parquets (PA1, PA05), coupe progressive créant une ouverture du couvert entre 60 et 40 % (CPE50, CPE60, CPE40), coupe avec réserve de semenciers de forte densité (Sem40), trouées (T1500, T500, T1000), coupe avec maintien d'un couvert de 80 % et plus (CPEST50, CJ).

En ce qui concerne l'effet du milieu d'ensemencement sur l'abondance de la compétition en érable à épis de forte dimension, on observe que l'abondance de l'érable à épis est systématiquement plus élevée à l'extérieur des poquets qu'à l'intérieur et ce pour tous les traitements. Cet effet est qualifié de hautement significatif pour la majorité des traitements, et ce, trois ans après traitements.

### 3.2.1.4 Le pourcentage de recouvrement (abondance) du framboisier

Les figures 3.12, 3.13, 3.14 et 3.15 caractérisent la compétition en framboisier en illustrant les pourcentages de recouvrement par classe de hauteur en fonction du traitement sylvicole et du milieu d'ensemencement. De façon générale, on y note que la compétition par les petites tiges, soit celles de la classe de hauteur de 0 à 5 cm et celles de 6 à 30 cm, semble négligeable et ne dépasse pas 4 % de recouvrement au sol. Il s'agit donc ici davantage de présence d'une ou de quelques tiges éparses que de recouvrement.

Quant aux tiges de forte dimension, soit celles qui risquent de faire ombrage aux semis en bouleau jaune, le portrait est différent. Les pourcentages de recouvrement de la classe de hauteur de 31 à 100 cm varient entre 1 et 21 % à l'intérieur du poquet, et entre 0 et 16 % à l'extérieur des poquets, alors que ceux de la classe de hauteur de plus de 100 cm varient de 1 à 62 % à l'intérieur du poquet, et de 0 à 65 % à l'extérieur du poquet.

Toujours en regard des tiges de framboisier de forte dimension, on note que les valeurs de recouvrement les plus élevés sont observés dans les coupes engendrant une ouverture totale du couvert, à savoir la coupe par parquets de 1 ha (PA1), et les moins élevés dans le traitement témoin (sans prélèvement).

Toujours afin de maintenir une cohérence entre le dispositif de recherche tel que conçu sur le terrain et les analyses statistiques, les analyses de variance ont été réalisées pour chacun des groupes de traitements sylvicoles et chacune des classes de hauteur (tableau 3.18) : les coupes avec réserves de semenciers (Sem0, Sem10, Sem20 et Sem40), les traitements proposés par le Manuel d'aménagement forestier (MRNFP 1998) suivant les principes du jardinage (PA1, PA05, T1500, T1000, T500, CPEST50, CJ, Témoin), les coupes progressives dont le prélèvement est basé sur l'ouverture du couvert (CPE60, CPE50, CPE40) et la coupe progressive dont le prélèvement est basé sur la surface terrière (CPE SA). Elles seront donc présentées tour à tour, puis sous forme de synthèse.

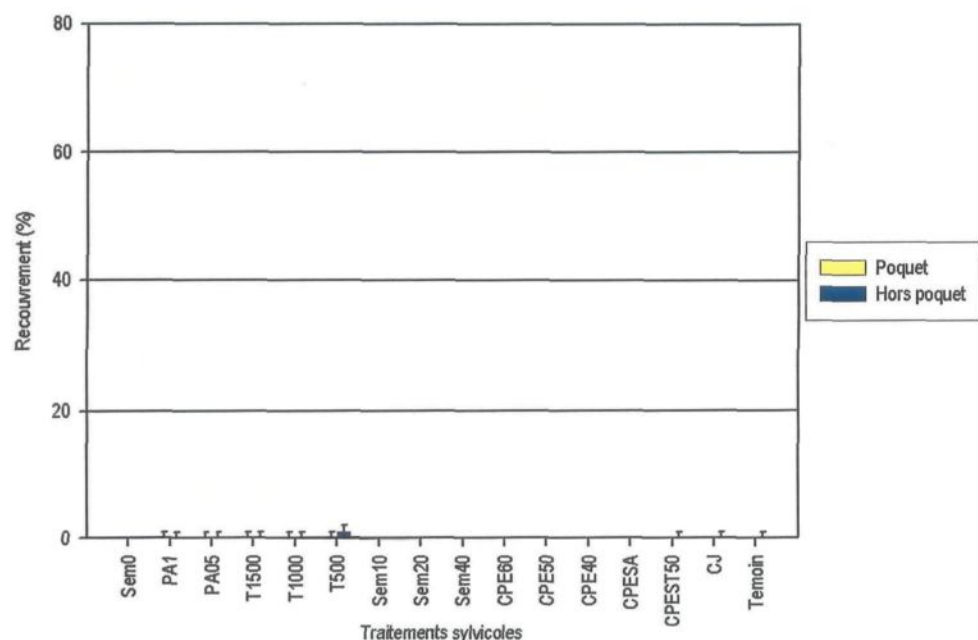


Figure 3.12 Pourcentage de recouvrement (%) en framboisier observé pour la classe de hauteur 0-5 cm en fonction du traitement sylvoicole et du milieu d'ensemencement – moyenne et intervalle de confiance

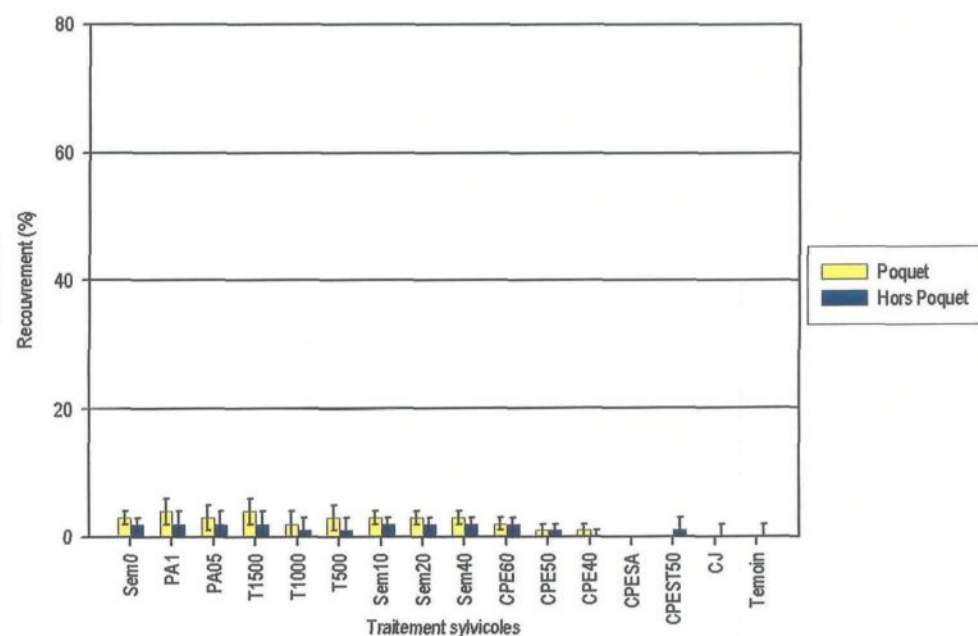


Figure 3.13 Pourcentage de recouvrement (%) en framboisier observé pour la classe de hauteur 6-30 cm en fonction du traitement sylvoicole et du milieu d'ensemencement – moyenne et intervalle de confiance

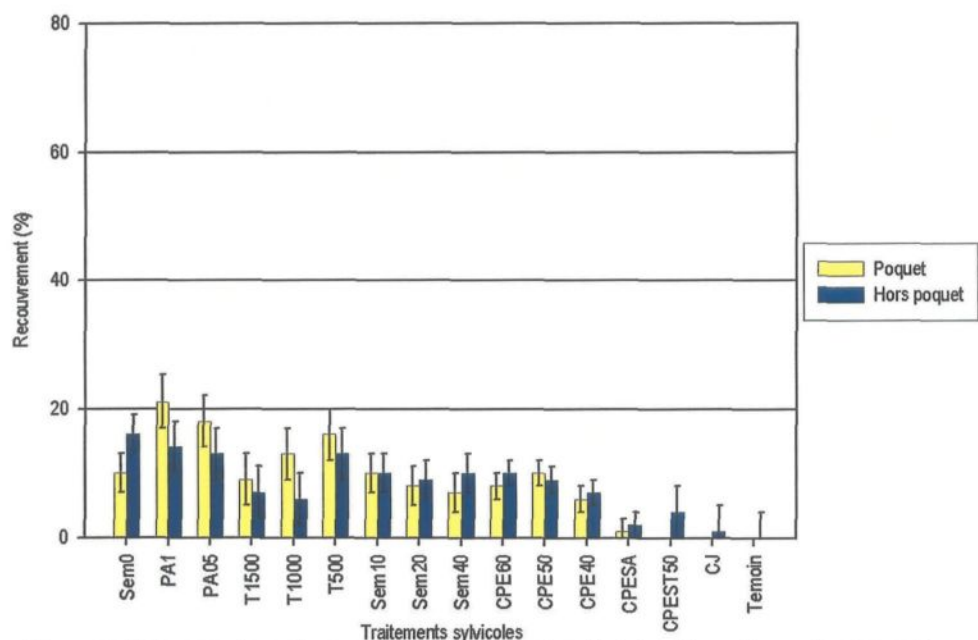


Figure 3.14 Pourcentage de recouvrement (%) en framboisier observé pour la classe de hauteur 31-100 cm en fonction du traitement sylvoicole et du milieu d'ensemencement – moyenne et intervalle de confiance

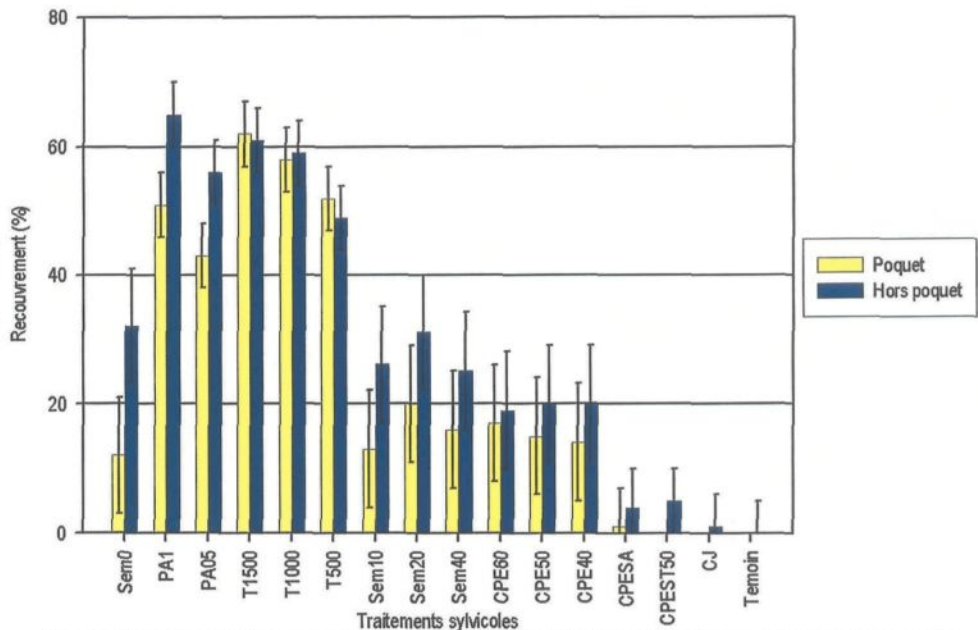


Figure 3.15 Pourcentage de recouvrement (%) en framboisier observé pour la classe de hauteur +100 cm en fonction du traitement sylvoicole et du milieu d'ensemencement – moyenne et intervalle de confiance

**Tableau 3.18 Analyse de variance testant l'effet du traitement sylvicole et du milieu d'ensemencement sur le pourcentage de recouvrement de la régénération en framboisier (réf. Annexe G)**

Groupe	Traitement sylvicole				Milieu d'ensemencement				Traitement sylvicole*Milieu			
	0-5 cm	6-30 cm	31- 100 cm	+100 cm	0-5 cm	6-30 cm	31- 100 cm	+100 cm	0-5 cm	6-30 cm	31- 100 cm	+ 100 cm
Coupe avec réserve de semenciers (Sem0, Sem10, Sem20, Sem40)	NS	NS	*	NS	NS	NS	*	**	NS	NS	NS	NS
Coupe de jardinage (PA1, PA05, T1500, T1000, T500, CPEST50, CJ, Témoin)	NS	**	**	**	NS	*	**	NS	NS	NS	NS	** (NS)
Coupe progressive % ouverture du couvert (CPE60, CPE50, CPE40)	NS	NS	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CPE SA					NS	NS	NS	NS				

\*, \*\*, NS : Ces symboles viennent préciser s'il existe des différences significatives (\* à un seuil de 5 %), hautement significatives (\*\* à un seuil de 1 %) ou non significatives (NS).

#### 3.2.1.4.1 Les coupes avec réserve de semenciers

L'analyse de variance réalisée pour ce groupe de traitements sylvicoles indique que la densité de semenciers laissés sur le parterre de coupe (tableau 3.18) est un facteur qui influence l'abondance de la compétition en framboisier de la classe de hauteur de 31 à 100 cm. L'analyse indique également une influence très marquée du milieu d'ensemencement. L'interaction traitement sylvicole\*milieu d'ensemencement n'est pas significative.

Ainsi, le test de comparaisons multiples effectué (tableau 3.19) vient préciser que l'influence de la densité de semenciers sur l'abondance de la compétition en framboisier est observable en terme de présence ou d'absence de semenciers. En effet, la présence d'arbres semenciers a permis un plus grand contrôle de l'abondance en framboisier que leur retrait complet sur le parterre de coupe (figure 3.14) et ce pour le framboisier de 31 à 100 cm seulement.

En ce qui a trait à l'influence du milieu d'ensemencement, la préparation de terrain par poquet a eu un impact significatif sur le contrôle de l'abondance du framboisier de plus 30 cm de hauteur.

**Tableau 3.19 Test de comparaisons multiples (Waller-Duncan) réalisé avec la variable Recouvrement (%) et portant sur les traitements sylvicoles réalisés pour le groupe de traitements sylvicoles de coupes avec réserve de semenciers**

	Recouvrement			
	0-5 cm	6-30 cm	31-100 cm	+ 100 cm
Sem0			A	
Sem10			B	
Sem20			B	
Sem40			B	

Les traitements sylvicoles ayant la même lettre ne sont pas significativement différents.

#### 3.2.1.4.2 Les traitements proposés par le Manuel d'aménagement forestier (MRNFP 1998) suivant les principes du jardinage

L'analyse de variance réalisée pour ce système indique qu'il existe des différences hautement significatives entre les traitements testés en regard d'abondance de la compétition en framboisier de plus de 30 cm (tableau 3.18). Il existe également une différence marquée d'abondance de la compétition en framboisier de 6 à 100 cm de hauteur entre les milieux d'ensemencement. Bien que l'interaction traitement sylvicole \* milieu d'ensemencement semble significative, elle s'explique par le fait que trois traitements (CPEST50, CJ, Témoin) n'ont tout simplement pas subi de préparation de terrain par poquets. Cette interaction sera considérée comme non significative.

Ainsi, le test de comparaisons multiples effectué (tableau 3.20) vient préciser qu'il existe des différences hautement significatives d'abondance en framboisier entre les traitements sylvicoles pour les classes de hauteur de 6 à 30 cm, de 31 à 100 cm et de 100 cm et plus. Globalement, les traitements créant une ouverture totale du couvert, à savoir les parquets (PA05, PA1) et les trouées (T500, T1000, T1500), semblent générer une plus grande abondance en framboisier que les traitements maintenant un couvert (CPEST50, CJ). Ces derniers se comportent d'ailleurs de façon analogue au Témoin.

Lorsqu'on s'intéresse précisément aux traitements créant une ouverture totale du couvert, à savoir les parquets (PA05, PA1) et les trouées (figures 3.23 et 3.24), on remarque une tendance dans l'abondance de la compétition en framboisier de plus de 30 cm de hauteur liée à la grandeur de l'ouverture. En effet, il semble que les ouvertures du couvert les plus grandes (PA05, PA1), engendrent un plus fort niveau de



compétition en framboisier que les ouvertures les plus petites (T500, T1000, T1500). La validité de cette tendance est confirmée par le test de comparaisons multiples (tableau 3.20).

En ce qui a trait à l'influence du milieu d'ensemencement, l'analyse de la variance indique que la préparation de terrain par poquet a eu un effet significatif et hautement significatif sur l'abondance en framboisier de 6 à 30 cm et de 31 à 100 cm de hauteur respectivement.

**Tableau 3.20 Test de comparaisons multiples (Waller-Duncan) réalisé avec la variable Recouvrement (%) et portant sur les traitements sylvicoles réalisés pour le groupe de traitements sylvicoles suivant les principes du jardinage**

	Recouvrement			
	0-5 cm	6-30 cm	31-100 cm	+ 100 cm
PA1		A	A	A
PA05		A B	A	B
T1500		A	B	A
T1000		B C	B	A
T500		A B C	A	B
CPEST50		C	C	C
CJ		C	C	C
TÉMOIN		C	C	C

Les traitements sylvicoles ayant la même lettre ne sont pas significativement différents.

#### 3.2.1.4.3 Les coupes progressives dont le prélèvement est basé sur l'ouverture du couvert (CPE60%, CPE50%, CPE40%)

L'analyse de variance réalisée pour ce système indique qu'il existe une différence hautement significative entre les traitements testés en regard de l'abondance de la compétition en framboisier de 31 à 100 cm (tableau 3.18). Le test de comparaisons multiples effectué (tableau 3.21) vient en effet préciser que cette différence d'abondance en framboisier distingue la CPE créant une ouverture du couvert de 40% (CPE40) des autres, puisque c'est elle qui génère la plus faible abondance en framboisier pour la classe de hauteur de 31 à 100 cm. Il n'y a toutefois pas de différence significative entre les trois intensités testées pour les autres classes de hauteur.

Il n'existe pas de différence marquée d'abondance de la compétition en framboisier entre les milieux d'ensemencement.

L'interaction traitement sylvicole\*milieu d'ensemencement n'est pas significative.

**Tableau 3.21 Test de comparaisons multiples (Waller-Duncan) réalisé avec la variable Recouvrement (%) et portant sur les traitements sylvicoles réalisés pour le groupe de traitements sylvicoles de coupes progressives dont le prélèvement est basé sur l'ouverture du couvert**

	Recouvrement			
	0-5 cm	6-30 cm	31-100 cm	+ 100 cm
CPE60			A	
CPE50			A	
CPE40			B	

Les traitements sylvicoles ayant la même lettre ne sont pas significativement différents.

#### 3.2.1.4.4 La coupe progressive dont le prélèvement est basé sur la surface terrière

L'analyse de variance réalisée pour ce traitement (tableau 3.18) indique qu'il n'existe pas de différence marquée d'abondance de la compétition en framboisier entre les milieux d'ensemencement.

#### 3.2.1.4.5 L'ensemble des traitements

Bien qu'aucune analyse de variance n'ait pu être réalisée pour l'ensemble des traitements, les figures 3.12, 3.13, 3.14 et 3.15 ont été bâties afin de permettre les comparaisons entre les groupes de traitements sylvicoles à l'aide des intervalles de confiance.

Comme l'abondance de la compétition en framboisier dans les classes de hauteur de 0 à 5 cm et de 6 à 30 cm est très faible, et que ces classes de hauteur ne sont pas les plus problématiques en regard de la pression qu'elles exercent sur la régénération en bouleau jaune, seule l'abondance du framboisier de forte dimension (classes de 31 à 100 cm et de 100 cm et plus) sera discutée.

L'observation des résultats indique que l'effet des traitements sylvicoles sur l'abondance de la compétition en framboisier de forte dimension est un facteur de forte influence. En effet, dans les traitements avec ouvertures totales du couvert, on note que l'abondance varie en fonction de la superficie de l'ouverture. En effet, plus grande est l'ouverture, plus grande est l'abondance. La coupe par parquet (PA1, PA05) est le traitement qui a offert le haut niveau d'abondance en framboisier, suivi des trouées (T1500, T1000, T500).

Dans les traitements avec maintien d'un nombre de semenciers ou d'un couvert, on retrouve une plus forte abondance en framboisier dans les coupes avec réserve de semenciers et les coupes progressives ayant maintenus entre 40 et 60 % de couvert (SEM40, CPE60, CPE50, CPE40) que dans les traitements maintenant un couvert de plus de 80 % (CPESA, CPEST50, CJ) ou que le Témoin.

Tous groupes de traitements confondus, on observe que l'abondance du framboisier varie de façon proportionnelle avec l'ouverture du couvert. En effet, l'abondance du framboisier de plus de 31 cm augmente avec l'ouverture du couvert.

En ce qui concerne l'effet du milieu d'ensemencement sur l'abondance de la compétition en framboisier de forte dimension, on observe peu de différence significative après 3 ans. En effet, il semble que la préparation de terrain ait eu peu d'influence sur l'abondance de la compétition en framboisier, à l'exception de quelques cas. Ces derniers ne permettent toutefois pas de tirer de conclusion claire.

## **CHAPITRE IV - DISCUSSION**

Il est reconnu que chaque espèce végétale possède ses propres exigences de germination. Alors que certaines préfèrent le sol minéral mis à nu en raison des faibles dimensions de leurs graines, d'autres tolèrent bien divers substrats tels les litières de feuilles, le bois en décomposition, etc. Alors que certaines exigent une ouverture importante du couvert arborescent, d'autres se régénèrent bien à l'ombre. Les pages qui suivent analysent l'effet des conditions de sol et de lumière créées par les différents traitements sylvicoles testés sur la distribution ainsi que sur l'abondance du bouleau jaune, de l'érable à épis et du framboisier et ce, trois ans après interventions.

#### **4.1 Influence de la perturbation du sol dans les interventions testées**

##### **4.1.1 Bouleau jaune**

Bien que les méthodes de scarifiage attestant du succès d'établissement de semis en bouleau jaune ne fassent pas encore l'objet de recommandations consensuelles, le présent suivi permet d'affirmer que l'utilisation du poquet favorise l'installation de la régénération en bouleau jaune.

En moyenne, le coefficient de distribution (CD) de la régénération en bouleau jaune est de 14 % supérieur à l'intérieur des poquets qu'à l'extérieur des poquets. Les analyses de variance testant l'effet du milieu d'ensemencement sur le CD de la régénération en bouleau jaune ont démontré un effet de la préparation de terrain par poquet hautement significatif pour les groupes de traitements de coupes avec réserve de semenciers et ceux suivant les principes du jardinage, et significatif pour le groupe des coupes progressives uniformes dont le prélèvement est basé sur une ouverture du couvert allant de 40 à 60 % uniformément répartie. La perturbation du sol s'est avérée particulièrement bénéfique dans les traitements de coupe avec réserve de semenciers (Sem0, Sem10, Sem20, Sem40) et de coupe par parquet de 0,5 ha (PA05) et de 1 ha (PA1) où la préparation de terrain par poquet a permis d'assurer une excellente distribution du bouleau jaune sur le parterre de coupe en affichant un coefficient supérieur à 80 %.

Il semble toutefois que la création de poquets ne soit pas toujours nécessaire pour assurer une distribution satisfaisante en bouleau jaune. En effet, de bons CD ont tout de même été obtenus dans les traitements de coupe progressive à l'extérieur des poquets. Il est par ailleurs intéressant de regarder de plus près les deux traitements de coupes progressives d'ensemencement dont le prélèvement est basé sur un pourcentage de la surface terrière, à savoir la CPESA et la CPEST50 (figure 3.1). Dans les faits, ces deux

traitements s'apparentent en terme de prélèvement mais seule la CPESA a fait l'objet d'une préparation de terrain par poquet. Ainsi, après l'intervention de récolte réalisée à l'aide d'une débusqueuse, une machinerie (pelle mécanique) est retournée sur le parterre de coupe pour réaliser les poquets. Hypothétiquement, le CD observé hors poquet dans la CPESA aurait dû être comparable à celui observé dans la CPEST50. Or, la CPESA affiche un CD à l'extérieur des poquets de 93 % alors que la CPEST50 affiche une valeur de 55 %. La figure 3.2 vient par ailleurs préciser une différence entre les deux. Ces observations laissent à penser que la simple circulation d'une machinerie sur le parterre d'une coupe progressive d'ensemencement réalisée en été peut parfois être suffisante pour assurer une régénération uniformément répartie sur l'ensemble du parterre. Dans ses travaux, Kelso (1969) note d'ailleurs qu'une récolte réalisée en été avec de la machinerie lourde scarifiant le sol préparerait des lits de germination adéquats pour le bouleau jaune.

L'analyse de variance testant l'effet du milieu d'ensemencement sur le pourcentage de recouvrement de la régénération en bouleau jaune (abondance) démontre que la préparation de terrain par poquet a eu un effet hautement significatif sur la création d'une cohorte abondante de semis de bouleau jaune dans tous les groupes de traitements. De façon générale, la préparation de terrain par poquets a permis à un nombre beaucoup plus élevé de semis de germer en faisant passer le pourcentage de recouvrement de 2 à 8 % pour les semis de la classe de 0 à 5 cm de hauteur, de 6 à 18 % pour les semis de la classe de 6 à 30 cm et de 5 à 14 % pour les semis de la classe de 31 à 100 cm.

Bien que la création de poquets ne semble pas toujours nécessaire pour assurer une bonne distribution en bouleau jaune dans les coupes progressives d'ensemencement, elle semble jouer un rôle déterminant pour assurer une cohorte abondante de semis en bouleau jaune.

Ces observations corroborent les travaux de plusieurs auteurs (Marquis 1965; Godman et Krefting 1960; Quentin 1994; Malenfant et al. 2002; Guillemette et al. 2003a; Ruel et al. 2004; Guillemette et al. 2004) qui indiquent que dans un contexte de production de matière ligneuse, où l'on tente de récolter avant que le peuplement devienne vulnérable au chablis et où on limite les pertes de matière ligneuse au sol, une des meilleures façons d'assurer un retour en bouleau jaune après coupe est d'effectuer une scarification du sol lors des opérations de récolte.

### 4.1.2 Compétition

Lors du suivi un an après traitement, il a été noté que le scarifiage du sol par poquets avait permis une élimination ponctuelle des tiges compétitrices, laissant ainsi le temps aux semis en essences désirées de s'établir (Malenfant et al. 2002) (figure 4.1). Ces observations étaient valables pour l'ensemble des espèces de compétition.

#### 4.1.2.1 Érable à épis

L'érable à épis a probablement été l'espèce de compétition qui a le plus souffert des opérations de préparation de terrain par poquet; son coefficient de distribution avait chuté suite au scarifiage par poquet et très peu de nouvelles tiges avaient émergé un an après traitement (Malenfant et al. 2002). Comme les tiges restantes, situées à l'extérieur des poquets, étaient majoritairement des tiges de forte taille susceptibles de profiter de l'ouverture du couvert créée par certains traitements sylvicoles et de porter ombrage aux semis de bouleau jaune, leur suivi était déterminant dans l'évaluation du succès des traitements.



**Figure 4.1 Régénération en bouleau jaune abondante à l'intérieur du poquet et compétition en périphérie**

Le présent suivi permet d'affirmer que l'utilisation du poquet agit toujours, trois ans après intervention, sur l'occurrence et l'abondance de l'érable à épis. Les analyses de variance testant l'effet du milieu d'ensemencement sur le coefficient de distribution (CD) et le pourcentage de recouvrement (abondance) de la compétition en érable à épis ont démontré un effet de la préparation de terrain par poquet hautement significatif pour tous les groupes de traitements. De façon générale, l'utilisation du poquet a fait passer le CD moyen de 84 % à 45 %. On note ainsi une différence marquée de l'occurrence en érable à épis selon le milieu d'ensemencement.

L'utilisation de poquets semble donc utile pour assurer au bouleau jaune un milieu de croissance restreignant la compétition en d'érable à épis. Cette pratique a en effet permis à un nombre peu élevé de tiges de germer ou de se développer. Même trois ans après intervention, le niveau de compétition engendrée par de nouvelles tiges d'érable à épis (à l'intérieur du poquet) n'a pas rattrapé celui des tiges préétablies (à l'extérieur du poquet).



Ces résultats vont dans le même sens que ceux obtenus lors d'un suivi deux ans après traitement réalisé dans un dispositif comparable dans la région de la Mauricie où Guillemette et al. (2003a) ont observé que le scarifiage avait permis de réduire la densité et le recouvrement de l'érable à épis. Ainsi, bien que l'érable à épis puisse créer des rejets vigoureux lorsqu'il est coupé ou blessé, un scarifiage qui permet de le déraciner constitue une des meilleures méthodes mécaniques pour le contrôle (Guillemette et al. 2003a).

#### 4.1.2.2 Framboisier

Les analyses de variance testant l'effet du milieu d'ensemencement sur le coefficient de distribution (CD) et le pourcentage de recouvrement (abondance) de la compétition en framboisier démontrent peu de différence selon le milieu d'ensemencement trois ans après traitement.

Dans le cas de la distribution du framboisier, la préparation de terrain a eu pour effet de la restreindre de façon significative seulement dans les CPE. Malgré ce fait, le niveau de compétition engendrée demeure tout de même problématique (CD >80 %).

La préparation de terrain par poquet a toutefois permis de réduire l'abondance de la compétition en framboisier de forte taille (plus de 30 cm) dans les coupes avec réserve de semenciers alors qu'elle l'a favorisé dans les traitements où l'ensoleillement direct (coupe par parquets (PA05, PA1) et trouées (T500, T1000, T1500)) permet la germination des graines enfouies (figure 4.2). Ce constat rejoint les travaux de Roberts et Dong (1993) et de Guillemette et al. (2003a) qui ont observé que l'émergence des semis de cette espèce est supérieure lorsque la couche d'humus est enlevée et que la luminosité est suffisante. Mou et al. (1993) ont par ailleurs observé que l'abondance du framboisier augmente généralement avec la sévérité de la perturbation du sol suivant les opérations de récolte.

Ainsi, contrairement au cas de la compétition en érable à épis, l'utilisation de poquets ne semble pas utile pour assurer un milieu de croissance restreignant le framboisier. Trois ans après intervention, le



Figure 4.2 Compétition en framboisier à l'intérieur des poquets - cas des trouées et des parquets

niveau de compétition engendrée par le framboisier est généralement aussi problématique à l'intérieur qu'à l'extérieur des poquets.

## 4.2 Influence de la densité du couvert forestier résiduel dans les interventions testées

### 4.2.1 *Bouleau jaune*

Le tableau 3.1 et la figure 3.1 présentés au chapitre précédent ont indiqué que la régénération en bouleau jaune était présente dans tous les traitements sylvicoles testés. C'est toutefois la coupe progressive d'ensemencement dont le prélèvement est basé sur une ouverture du couvert de 50 % (CPE50) qui affiche le meilleur coefficient de distribution (CD) en bouleau jaune. Ce résultat est cependant comparable aux deux autres coupes progressives d'ensemencement du même type (CPE40 CPE60), aux coupes avec réserve de semenciers et aux coupes par parquets. Les traitements créant une ouverture totale du couvert de type « trouées » ainsi que les traitements dont le couvert n'a été que faiblement ouvert et n'ayant pas subi de préparation de terrain (CPEST50, CJ, Témoin) sont les traitements qui se sont avérés être les moins performants à assurer une bonne distribution de la régénération en bouleau jaune (figure 4.3).



Figure 4.3 Absence de la régénération en bouleau jaune dans les trouées

C'est notamment au niveau de l'abondance en bouleau jaune que s'observent de fortes différences significatives entre les traitements sylvicoles testés. Peu importe la classe de hauteur de la régénération en bouleau jaune à laquelle on se réfère (0-5 cm, 6-30 cm, 31-100 cm, plus de 100 cm), c'est la coupe progressive d'ensemencement dont le prélèvement est basé sur une ouverture du couvert de 50 % (CPE50) qui présente la plus grande abondance de semis en bouleau jaune. Il demeure que la CPE40 ne semble pas significativement moins performante. Ce fait pourrait être attribuable à l'application du traitement, la mesure du couvert résiduel mesuré à l'aide du densiomètre étant comparable. Viennent en second rang les coupes avec réserve de semenciers où des différences entre les densités de semenciers ont été peu ou pas significativement notables. Les traitements créant une ouverture totale du couvert de type « trouées » (T500, T1000, T1500) et « parquets » (PA05, PA1) ainsi que les traitements dont le



couvert n'a été que faiblement ouvert et n'ayant pas subi de préparation de terrain (CPEST50, CJ, Témoin) sont significativement les moins performants.

Les résultats obtenus pour les traitements dont le couvert n'a été que faiblement ouvert (CPEST50, CJ, Témoin) sont corroborés par plusieurs auteurs. En effet, plusieurs ont noté que le bouleau jaune ne se régénérait que sporadiquement suite à ce type d'intervention (jardinage par pied d'arbre) (Leak et al. 1969; Tubbs 1969; Berry 1981 dans Bédard et Majcen 2001).

Les résultats obtenus en regard de la coupe par trouées (T500, T1000, T1500) ne vont toutefois pas dans le sens des recommandations généralement émises. Alors que plusieurs auteurs rapportent que la création de petites ouvertures, allant de 400 m<sup>2</sup> à 2000 m<sup>2</sup>, est la meilleure façon de ramener un bon nombre de bouleaux jaunes (Perala et Alm 1990; Zillgitt et Eyre 1945 (dans Godman et Krefting 1960); Linteau 1948 (dans Godman et Krefting 1960); Bormann et Likens 1979, Brown 1987 (dans Beaudet et Messier, 1997); Beaudet et Messier 1997, Guillemette et al. 2003a), les résultats du présent suivi indique que ce type de traitement est l'un des moins performants pour assurer une cohorte abondante et bien distribuée de régénération en bouleau jaune, si on le compare aux systèmes par coupe progressive dont le prélèvement est basé sur une ouverture du couvert ou par arbres semenciers.

Quant aux coupes avec réserve de semenciers, peu d'essais ont été documentés. Toutefois, quelques études, telles celles de Quentin (1994) et de Ruel et al. (2004), indiquent que le traitement de coupe avec réserve de semenciers (25 à 50 semenciers/ha (Quentin, 1994); 15 m<sup>2</sup>/ha (Ruel et al. (2004)) suivi d'une scarification du sol apparaît une alternative peu coûteuse et efficace pour la remise en production des aires dégradées feuillues et mélangées. Leurs résultats indiquent que dans l'ensemble, la disponibilité des semences lors des bonnes années semencières était suffisante pour que l'approche soit jugée efficace à court terme. Aux États-Unis, quelques essais ont été documentés dans des peuplements d'essences feuillues. Les différents auteurs (Metzger et Tubbs 1971; Tubbs et al. 1983 dans CERFO Date inconnue) constatent des problèmes de survie du bouleau jaune, probablement reliés aux conditions microclimatiques et à l'envahissement par la végétation concurrente et considèrent que la coupe progressive est une meilleure alternative.

Ainsi, et tel que proposé par quelques auteurs (Ruel et Pineau 1994), les résultats du présent suivi suggèrent le recours au système de régénération par coupes progressives uniformes pour assurer la

présence des espèces désirables comme le bouleau jaune dans les peuplements mixtes à bouleau jaune sur station de première qualité, où un fort niveau de compétition est attendu. Ce système a également fait ses preuves dans les Adirondacks pour régénérer le bouleau jaune et l'érable à sucre (Kelty et Nyland 1981) et est également suggéré par Tritton et Sendack (1995 dans Beaudet et Messier 1997) pour aménager les érablières à bouleau jaune dégradées par des coupes à diamètre limite répétées.

#### 4.2.2 Compétition

##### 4.2.2.1 Érable à épis

Que ce soit au niveau de son abondance ou de sa distribution, l'érable à épis est fortement présent dans une majorité de traitements sylvicoles testés. Toutefois, les traitements amenant une ouverture totale du couvert sur 0,5 ha et plus (Sem0, PA1, PA05) semblent être moins propices à son développement que les autres traitements. Lorsqu'on combine l'effet de la préparation de terrain à l'effet du couvert, on note que la coupe progressive d'ensemencement, dont le prélèvement est basé sur une ouverture du couvert allant de 40 à 60 % uniformément répartie, rejoint la performance des traitements amenant une ouverture totale du couvert sur 0,5 ha et plus.

Ainsi, en ce qui concerne l'érable à épis, on retrouve une plus forte occurrence dans les trouées ainsi que les traitements dont le couvert n'a été que faiblement ouvert et n'ayant pas subi de préparation de terrain (CPEST50, CJ, Témoin). Bien qu'on note un envahissement moins important dans les CPE ayant fait l'objet d'une préparation de terrain, ce sont dans les grandes ouvertures (0,5 ha et plus) que l'érable à épis présente le moins de risques de surplomber la régénération.

Ces résultats vont dans le même sens que les travaux de Prévost (2008) qui a observé, 5 ans après intervention, que le développement de l'érable à épis dans les coupes totales avait été inférieur à celui observé dans les coupes partielles.

Ces résultats sont également corroborés par les travaux de Bourgeois et al. (2004) qui ont observé que les conditions créées par des coupes partielles uniformes ne semblent pas avoir engendré une augmentation



Figure 4.4 Compétition entourant le poquet dans une trouée de 500 m<sup>2</sup> (T500)

significative de l'érable à épis comparativement au témoin, contrairement à ce qui s'observe pour les travaux de coupes par petites trouées ((Ghent 1958 dans Bourgeois et al. 2004 ; Lei and Lechowicz 1990; Aubin 2005).

#### 4.2.2.2 *Framboisier*

L'observation des résultats a permis de constater que la densité du couvert forestier résiduel sur l'occurrence et l'abondance en framboisier est un facteur de forte influence.

Contrairement à l'érable à épis, on observe, pour le framboisier, une occurrence et une abondance grandissante à mesure que s'ouvre le couvert. Une plus grande agressivité est toutefois observable dans les trouées et les parquets que dans la coupe totale n'ayant préservé aucun semencier (Sem0). Bien qu'on note un certain envahissement dans les CPE et les CRS, le maintien d'un couvert uniformément réparti limite la compétition en framboisier.

Ces résultats arrivent aux mêmes conclusions que Archambault et al. (1998), Ruel (1992) et Winder et Watson (1994 dans Archambault et al. 1998) qui ont observé que le framboisier colonisait fortement et rapidement les sites après ouverture du couvert. Ils notent toutefois que le framboisier n'est abondant que durant les 10 premières années suivant la coupe pour ensuite se retirer. Cette rapide invasion est largement expliquée par la présence d'une abondante banque de graines enfouies dans le sol, pouvant être viable pendant plus de 100 ans (Whitney 1982 dans Ricard et Messier 1996).

#### 4.2.2.3 *Constat*

Bien que l'érable à épis soit plus abondant et mieux distribué à mesure que le couvert se ferme et que le framboisier réponde à un patron inverse, on note un envahissement important de ces deux espèces dans les trouées (figures 3.18 et 3.20). On observe également un envahissement dans les coupes avec réserve de semenciers et les coupes progressives d'ensemencement, mais de façon significativement moins importante, notamment dans le cas des coupes progressives d'ensemencement dont le prélèvement est basé sur une ouverture du couvert allant de 40 à 60 % uniformément répartie.

Il semble que les trouées aient créé les conditions parfaites à l'explosion de la compétition, que ce soit en érable à épis ou en framboisier. L'effet combiné de ces espèces de compétition risque fort de nuire à la croissance des semis de bouleau jaune installés. Certains auteurs (Whitney 1992 dans Ricard et Messier

1996) décrivent le framboisier comme étant probablement la plus agressive des espèces envahissantes des forêts feuillues du nord-est américain. En effet, le framboisier forme souvent une couche de végétation mono-spécifique dense qui compétitionne avec les semis en espèces désirées pour la lumière, l'eau et les nutriments du sol (Ruel 1992; Roberts and Dong 1993; Wilson and Shure 1993; Mou et al. 1993). Mais alors qu'on peut s'attendre à un retrait de la compétition en framboisier à court terme (Archambault et al. 1998; Ruel 1992; Winder et Watson 1994 dans Archambault et al. 1998) dû à la fermeture et couvert (Ricard et Messier 1996), tel n'est pas le cas pour l'érable à épis. Il est maintenant reconnu que l'érable à épis peut coloniser des parterres de coupe pour des périodes de 30 à 60 ans (Vincent 1965; Vallée et al. 1976 dans Archambault et al. 1998; Bédard et al. 1978 dans Archambault et al. 1998).

La coupe progressive d'ensemencement uniforme dont le prélèvement est basé sur un pourcentage du couvert arborescent allant de 40 à 60 % semble être le traitement plus efficace au niveau du contrôle de la compétition.

### 4.3 Évolution du portrait de la régénération en bouleau jaune

L'observation des résultats portant sur l'évolution de la régénération en bouleau jaune depuis son installation en 2001 a permis de constater qu'à l'intérieur des poquets, tous les traitements ont maintenu leur coefficient de distribution, à l'exception des coupes par trouées. Ces résultats coïncident avec les forts succès de distribution et d'abondance des principales espèces compétitrices obtenus dans ces traitements. On peut alors penser que la création des trouées a permis aux semis de bouleau jaune de s'installer, mais que les forts niveaux de compétition qui s'ensuivirent sont responsables de la perte d'occurrence en bouleau jaune trois ans après traitement (figure 4.6).

Ces constats vont dans le sens des résultats attendus par certains auteurs ayant documenté la coupe par trouées. En effet, quoiqu'on observe souvent une bonne régénération en bouleau jaune au départ, sa survie n'est pas assurée. Le niveau de compétition est une des raisons qui semble le plus revenir (Robitaille et Majcen 1991; Willis et Johnson 1978 dans Beaudet et Messier 1997). Même avec scarification, Willis et Johnson (1978 dans Beaudet et Messier 1997) ont observé une forte mortalité du bouleau jaune au cours des sept années suivant la coupe. Dans le présent suivi, cette mortalité est observée trois ans seulement après interventions.



#### 4.4 Modèle synthèse

Tel que mentionné précédemment, le présent suivi se devait d'illustrer l'influence de la perturbation du sol et de la densité du couvert forestier résiduel, engendrée par les différents traitements sylvicoles testés, sur la distribution ainsi que sur l'abondance du bouleau jaune et de la compétition trois ans après intervention.

À la lumière des résultats, il semble clair que de tous les traitements sylvicoles testés, ce sont les coupes progressives d'ensemencement uniformes dont le prélèvement est basé sur une ouverture du couvert allant de 40 à 50 % (CPE40 et CPE50), alliées à une scarification du sol, qui créent les meilleures conditions d'installation et de développement en bouleau jaune. Ce système semble également être le plus efficace au niveau du contrôle de la compétition.

La figure qui suit (figure 4.5) illustre la réponse des trois espèces étudiées en regard du gradient d'ouverture. On y remarque que les traitements affichant les plus grandes abondances de régénération en bouleau jaune sont également ceux qui contrôlent le mieux la compétition. Un simple coup d'œil suffit à confirmer la performance des coupes progressives d'ensemencement uniformes dont le prélèvement est basé sur une ouverture du couvert allant de 40 à 50 % comparativement au système de régénération par trouées (T500, T1000, T1500) ou aux interventions n'ouvrant que faiblement le couvert (CPESA, CPEST50, CJ, Témoin).

Le suivi trois ans après traitement semble en effet indiquer que les trouées et les parquets de 0,5 ha ne sauront être en mesure d'assurer une régénération suffisante en bouleau jaune. Les résultats obtenus démontrent que ces traitements créent toutefois les conditions parfaites à l'explosion de la compétition, qu'elle soit en érable à épis ou en framboisier. L'effet combiné de ces espèces risque fort de nuire à la croissance des semis installés dans les trouées. Une mortalité des semis est par ailleurs notable dans ces traitements, et ce, trois ans seulement après traitement.

Ainsi, bien que le principal facteur affectant l'établissement du bouleau jaune semble être le lit de germination et que le développement de la régénération en bouleau jaune semble également être une affaire de couvert, il apparaît clair que le contrôle de la compétition en érable à épis et en framboisier est une composante importante dont il faut tenir compte lorsqu'on souhaite maintenir le bouleau jaune une fois ce dernier installé.

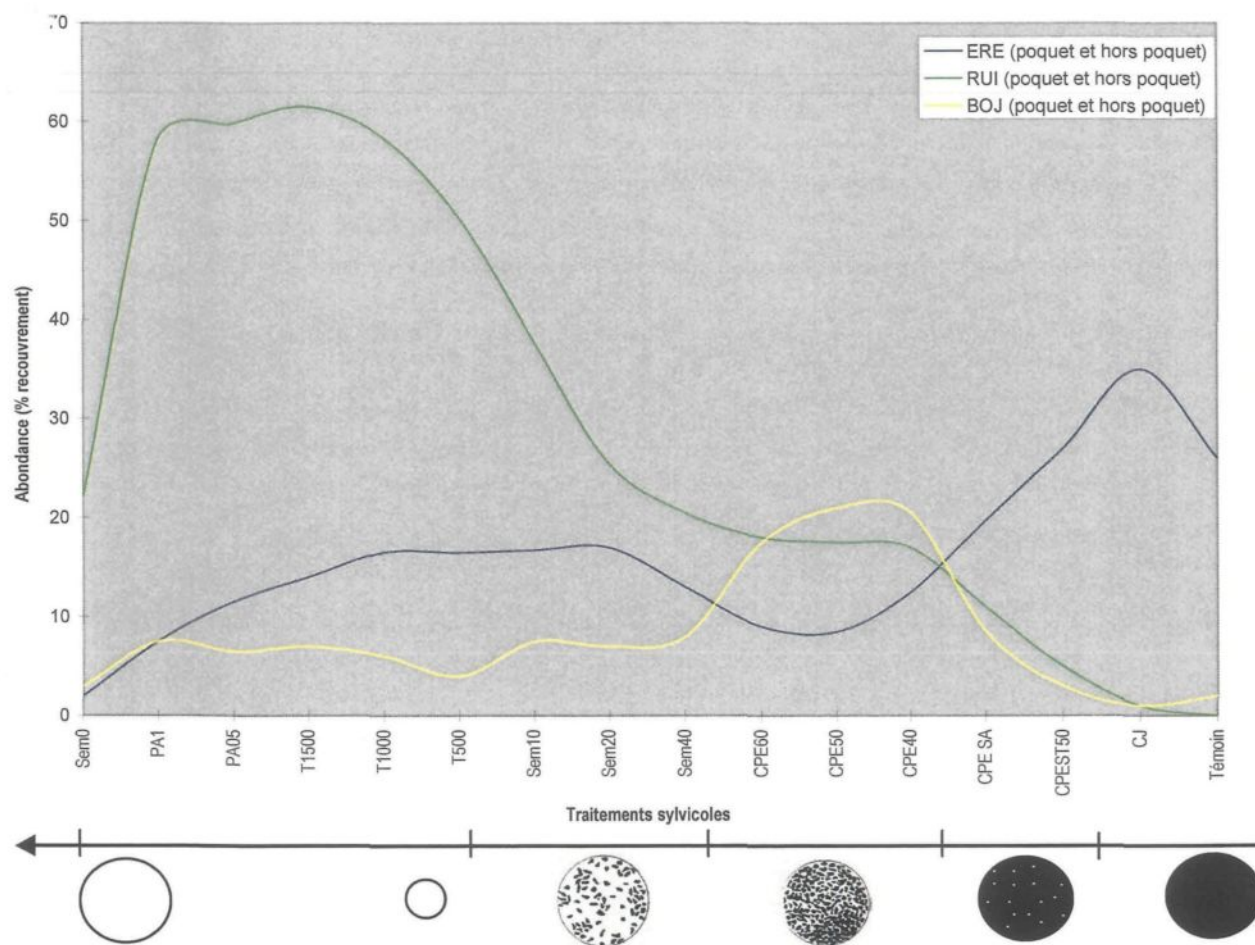


Figure 4.5 Réponse des trois espèces étudiées en fonction du gradient d'ouverture du couvert

Alors que les résultats obtenus par Guillemette et al. (2003a), dans un dispositif comparable installé dans la région de la Mauricie, suggèrent l'utilisation de la petite trouée (1H) scarifiée comme procédé optimal de régénération du bouleau jaune et de contrôle de la compétition en érable à épis, les résultats du présent suivi indiquent le contraire. La coupe progressive d'ensemencement dont le prélèvement est basé sur une ouverture du couvert allant de 40 à 50 % uniformément distribuée, suivi d'une préparation de terrain, semble plutôt être le traitement tout indiqué pour assurer le retour du bouleau jaune dans les peuplements mixtes à bouleau jaune de la Gaspésie.

Bien que moins performantes que les coupes progressives d'ensemencement, les coupes avec réserve de semenciers de différentes densités (Sem10, Sem20, Sem40) ainsi que la coupe par parquets de 1 ha (PA1) semblent être une alternative envisageable lorsque la coupe progressive n'est pas possible.

## **CHAPITRE V - CONCLUSION**

La présente étude s'inscrit dans le cadre d'un projet portant sur l'essai et la comparaison de différents traitements sylvicoles visant l'installation de la régénération en bouleau jaune dans des peuplements mixtes du sud de la Gaspésie. Elle consistait en un suivi de la régénération de quatre dispositifs, comprenant seize traitements sylvicoles.

L'objectif spécifique de l'étude était de déterminer, trois ans après intervention, le pourcentage d'ouverture optimum de la canopée permettant le maintien de la régénération en bouleau jaune et le contrôle de l'érable à épis et du framboisier.

L'hypothèse soutenant que la coupe progressive dont le prélèvement engendre une ouverture du couvert de 50%, combinée à un scarifiage du sol, est le traitement qui favorise le mieux l'établissement et le développement du bouleau jaune et exerce le meilleur contrôle sur le développement de la compétition a été confirmée. En effet, c'est dans ce traitement que les meilleurs résultats de distribution et d'abondance de la régénération en bouleau jaune ont été observés, comparativement à tous les autres traitements testés. C'est également dans ce traitement que le plus grand contrôle de la compétition a été constaté, toutes essences confondues. Ainsi, le présent suivi suggère que la coupe progressive est le traitement qui pallie le mieux aux problématiques régionales, comparativement à tous les autres traitements disponibles.

À la lumière des observations faites dans le cadre de la présente étude, on constate que la densité du couvert arborescent a une forte influence sur l'abondance du bouleau jaune, et, dans une moindre mesure, sur sa distribution. Passé 60 % de couverture résiduelle (CPE40), on observe un déclin dans l'abondance de semis retrouvés, ce qui est représentatif du caractère semi-tolérant du bouleau jaune.

La densité du couvert arborescent a également une forte influence sur le contrôle de la compétition en érable à épis et en framboisier. Bien que ces deux espèces répondent à un patron inverse, le maintien d'un couvert partiel (50%) uniformément distribué semble présenter un optimum de contrôle.

On observe également que l'utilisation du poquet a une forte influence sur l'abondance de la régénération en bouleau jaune et sur le contrôle de l'érable à épis. L'utilisation du poquet ne semble toutefois pas utile pour assurer un milieu de croissance limitant le framboisier. Trois ans après intervention, le niveau de compétition engendré par le framboisier est généralement aussi problématique à l'intérieur qu'à l'extérieur

des poquets. Dans l'ensemble toutefois, on peut escompter une diminution significative de la compétition en alliant la conservation d'un couvert partiel uniformément distribué et la création de poquets.

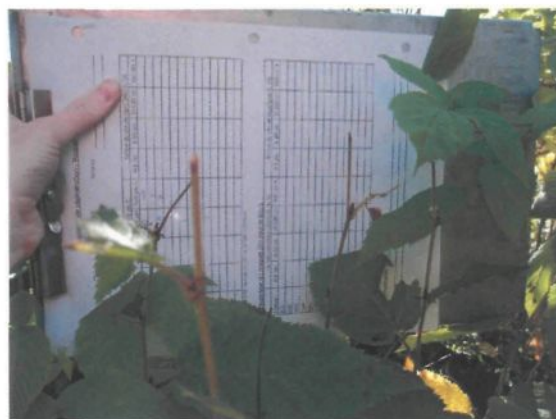
Il est reconnu dans la littérature que la germination des graines de bouleau jaune nécessite des conditions particulières. En ce sens, nos résultats rejoignent ceux déjà observés ailleurs au Québec, de même qu'aux États-Unis, c'est-à-dire qu'un plus grand nombre de semis sont retrouvés lorsqu'une conservation du couvert est alliée à une mise à nu du sol minéral.

Le présent suivi a toutefois permis de constater que le contrôle de la compétition est un facteur critique quant à la survie des semis en bouleau jaune. En effet, le système par trouées, bien qu'ayant permis la régénération d'une cohorte abondante de bouleaux jaunes un an après intervention, a créé des conditions également propices au développement de la compétition. Ainsi, trois ans après intervention, on y observe un fort taux de mortalité en bouleau jaune.

Dans une optique de gestion du risque, si le but de l'intervention est de régénérer le bouleau jaune dans le domaine de la sapinière à bouleau jaune du sud de la Gaspésie, la coupe par trouées ne semble pas être le système de régénération à privilégier.

Bien que moins performantes, les coupes avec réserve de semenciers de densités allant de 10 à 50 semenciers/ha semblent être une alternative envisageable lorsque la coupe progressive n'est pas possible.

Une observation n'a pu être approfondie dans le cadre de la présente étude, mais devra faire l'objet de questionnements dans les suivis subséquents. Elle concerne les dommages faits aux semis de bouleau jaune. En effet, le broutage des semis par le cerf de Virginie et le lièvre d'Amérique a largement été noté et semblait maintenir la régénération en bouleau jaune en deçà de 100 cm (figure 5.1). Il conviendra alors d'évaluer si le broutage répété des semis de bouleau jaune compromet leur survie.



**Figure 5.1 Broutage des semis de bouleau jaune par le cerf de Virginie**

Il est encore trop tôt pour statuer du succès de la régénération du bouleau jaune dans les différents traitements testés mais des pistes intéressantes quant aux conditions de réussite ont été amenées. Les suivis prévus pour les prochaines années seront déterminants pour l'évaluation du succès des différents traitements testés et le développement des scénarios sylvicoles appropriés.

Tel qu'il l'a été démontré en introduction, le caractère semi-tolérant du bouleau jaune sous-entend que même s'il y a germination et établissement, sa croissance et sa survie devraient nécessiter une ouverture durable ou fréquente du couvert. Ainsi, il faudra déterminer à quel moment réaliser la coupe finale dans les coupes progressives d'ensemencement et les coupes avec réserve de semenciers et déterminer si une séquence de travaux de dégagement et d'éducation est nécessaire.



## CHAPITRE VI – RÉFÉRENCES CITÉES

- ARCHAMBAULT, L., J. MORISSETTE et M. BERNIER-CARDOU. 1998. *Forest succession over a 20-year period following clearcutting in balsam fir – yellow birch ecosystems of eastern Québec, Canada*. *Forest Ecology and Management* 102 (1998) 61-74.
- AUBIN, I. 2005. Population structure and growth acclimation of mountain maple along a successional gradient in the southern boreal forest. *Écoscience* 1195-6860, volume 12, no 4 (2005), p. 540-548.
- BEAUDET, M. et C. MESSIER. 1997. *Le bouleau jaune en peuplements feuillus et mixtes : autécologie, dynamique forestière et pratiques sylvicoles*. Forêt modèle du Bas-St-Laurent, 56 p.
- BEAUDET, M. et C. MESSIER. 1998. *Growth and morphological responses of yellow birch, sugar maple, and beech seedlings growing under a natural light gradient*. *Can. J. For. Res.* 28:1007-1015.
- BEAUDET, M., C. MESSIER, D.W. HILBERT, E. LO, Z.M. WANG et M.J. LECHOWICZ. 2000. *Leaf and plant-level carbon gain in yellow birch, sugar maple, and beech seedlings from contrasting forest light environments*. *Can. J. For. Res.* 30:390-404.
- BÉDARD, S. et Z. MAJCEN. 2001. *Ten-year response of sugar maple-yellow birch-beech stands to selection cutting in Québec*. *Northern Journal of Applied Forestry*. 18:119-126.
- BELLEFLEUR, P. et M. VILLENEUVE. 1984. *Évolution des taux de croissance juvénile d'espèces forestières sous trois régimes expérimentaux de compétition*. *Ann. Sci. For.* 41:427-438.
- BORMANN, F.H. et G.E. LIKENS. 1979. *Pattern and Process in a Forested Ecosystem*. 253p. Springer-Verlag, New York.
- BOURGEOIS, I., C. MESSIER et S. BRAIS, 2004. *Mountain maple and balsam fir early response to partial and clear-cut harvesting under aspen stands of northern Quebec*. *Can. J. For. Res.* 34: 2049-2059 (2004).
- BURTON, D.H., H.W. ANDERSON et L.F. RILEY. 1969. *Natural regeneration of yellow birch in Canada*. In: *Birch symposium proceedings*. 1969 August 19-21. Durham, NH, Upper Darby, PA. USDA For. Serv., Northeast. For. Exp.
- CARLTON, G.C. et F.A. BAZZAZ. 1998. *Regeneration of three sympatric birch species on experimental hurricane blowdown microsites*. *Ecological Monographs*. 68:99-120.
- CENTRE D'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHE EN FORESTERIE DE SAINTE-FOY INC. (CERFO) (Date inconnue). *Revue de littérature sur les procédés de régénération du bouleau jaune dans la forêt feuillue*. Site Web visité le 09/10/2002 [<http://produits.cerfo.qc.ca/down/doc/revlitboj.html>].
- COLLIN, J., 2005. *BVG-60678 Dispositifs expérimentaux – Notes de cours*. Sainte- Foy (Québec): Université Laval.
- DE GRANDPRÉ, L., L. ARCHAMBAULT et J. MORISSETTE. 2000. *Early understory successional changes following clearcutting in the balsam fir-yellow birch forest*. *Ecoscience*. 7:92-100.

- DRINKWATER, M.H. 1957. *The tolerant hardwood forests of northern Nova Scotia*. For. Branch, Forest Research Division, Can. Dept. of North. Affairs and National Res., p. Technical Note No. 57.
- FALKENHAGEN, E.R. 1969. *Génécologie du bouleau jaune (Betula alleghaniensis Britt.) – Localisation et description sylvicole préliminaire des arbres-parents*. Laboratoire de recherches forestières, région de Québec, Ministère des Pêches et des Forêts, direction générale des forêts. Rapport interne Q-16.
- FARRAR, J. L. 1996. *Les Arbres du Canada*. Fides et le Service canadien des forêts, Ressources naturelles Canada, 502 p.
- GESTOFOR et L'UNITÉ DE GESTION PORTNEUF-LAURENTIDES DE FORÊT QUÉBEC. 2002. *Sylviculture adaptée aux bétulaies jaunes résineuses dégradées*. 3<sup>e</sup> atelier SSAM (Systèmes sylvicoles adaptés à la forêt mélangée). 34 p.
- GILLIAM, F.S., N.L. TURRILL et M.B. ADAMS. 1995. *Herbaceous-Layer and Overstory Species in Clear-cut and Mature Central Appalachian Hardwood Forests*. Ecol. Appl. 5 (4): 947-955.
- GODMAN, R. M. et L. W. KREFTING. 1960. Factors important to yellow birch establishment in upper Michigan. Lake States Forest Experiment Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture and Branch of Wildlife Research, Bureau of Sport Fisheries and Wildlife, U.S. Department of the Interior.
- GODMAN, R. M. et C. H. TUBBS. 1973. *Establishing even-age northern hardwood regeneration by the shelterwood method – A preliminary guide*. North Central Forest Experiment Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture, Research Paper NC-99.
- GOODHUE, S. 1969. *Birch management on New Hampshire State lands – In: Birch symposium proceedings*. 1969 August 19-21. Durham, NH, Upper Darby, PA. USDA For. Serv., Northeast. For. Exp. Stn.: 169-171.
- GOULET, J., C. MESSIER et E. NIKINMAA. 2000. *Effect of branch position and light availability on shoot growth of understory sugar maple and yellow birch saplings*. Canadian Journal of Botany. 78:1077-1085.
- GUILLEMETTE, F., D. BLOUIN, G. LESSARD et A. PATRY. 2003a. *Suivi après trois ans – installation de la régénération naturelle dans un peuplement mixte à dominance feuillue de la région de la Mauricie (dispositif du lac Marcotte)*. CERFO (Centre collégial de transfert de technologie en foresterie), présenté au ministère des Ressources naturelles du Québec, unité de gestion du Bas-Saint-Maurice et Gérard Crête et fils inc., 39 p.
- GUILLEMETTE, F., G. LESSARD, D. BLOUIN et A. PATRY. 2003b. *Suivi après 2 ans – détermination des conditions de réussite de la CPE dans les peuplements à dominance résineuse de la forêt mixte (dispositif du lac Belette)*. CERFO (Centre collégial de transfert de technologie en foresterie), présenté au ministère des Ressources naturelles du Québec, unité de gestion du Bas-Saint-Maurice et Gérard Crête et fils inc., 40 p.

- GUILLEMETTE, F., D. BLOUIN, G. LESSARD et S. MORISSETTE. 2004. *Suivi de coupe progressive d'ensemencement 1 an après intervention à la Station écotouristique de Duchesnay..* CERFO (Centre collégial de transfert de technologie en foresterie), présenté au ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs du Québec, unité de gestion de Portneuf-Laurentides et Adélar Goyette et fils ltée, 32 p.
- HARVEY, B., A. LEDUC, et Y. BERGERON. 1995. *Early post-harvest succession in relation to site type in the southern boreal forest.* Can. J. For. Res 25:1658–1672.
- HOULE, G. 1992. *The reproductive ecology of Abies balsamea, Acer saccharum and Betula alleghaniensis in the Tantaré Ecological Reserve, Québec.* Centre d'études nordiques et Département de biologie, Université Laval, Sainte-Foy, Québec, Canada. Journal of Ecology 1992, 80, 611-623.
- JOBIDON, R. 1997. *Stump height effect on sprouting of mountain maple, paper birch and pin cherry: 10 years results.* For. Chron. 73(5): 590-595.
- KELSO, E.G. 1969. *Birch management on the White Mountain national forest – In: Birch symposium proceedings.* 1969 August 19-21. Durham, NH, Upper Darby, PA. USDA For. Serv., Northeast. For. Exp. Stn.: 165-168.
- KELTY, M. J. et R. D. NYLAND. 1981. *By Shelterwood Cutting And Control of Deer Density.* Journal of Forestry – January 1981, Northeastern Forest Experiment Station, USDA Forest Service, and the Wildlife Management Institute.
- KNEESHAW, D.D. et M. PRÉVOST, 2007. *Natural canopy gap disturbances and their role in maintaining mixed-species forests of central Québec.* Canada. Can. J. For. Res. 37: 1534-1544 (2007).
- KOBE, R.K., S.W. PACALA, J.A. SILANDER Jr et C.D. CANHAM. 1995. *Juvenile tree survivor as a component of shade tolerance.* Écol. Appl. 5:2: 517-532.
- LAFLECHE, V., J.-C. RUEL et L. ARCHAMBAULT. 2000. *Évaluation de la coupe avec protection de la régénération et des sols comme méthode de régénération des peuplements mélangés du domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau jaune de l'Est du Québec, Canada.* The Forestry Chronicle. 76:653-663.
- LAMSON, N.I. et H.C. SMITH. 1991. *Stand development and yields of Appalachian hardwood stands managed with single-tree selection for at least 30 years.* Res. Pap. NE-655. U.S.D.A., Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station. Radnor, PA.
- LEAK, W.B. 1999. *Species composition and structure of a northern hardwood stand after 61 years of group/patch selection.* Northern Journal of Applied Forestry. 16:151-153.
- LEAK, W.B. et S.M. FILIP. 1977. *Thirty-eight years of group selection in New England northern hardwoods.* J. For. 75, 641–643.

- LEAK, W.B., D.S. SOLOMON et S.M. FILIP. 1969. *A silvicultural guide for northern hardwoods in the Northeast*. USDA For. Serv. Res. Pap. NE-143. 34p.
- LEI, T.T. et M.J. LECHOWICZ. 1990. *Shade adaptation and shade tolerance in saplings of three Acer species from eastern North America*. *Oecologia*, 84(2): 224–228.
- LEPAGE, P.T., C.D. CANHAM, K.D. COATES et P. BARTEMUCCI. 2000. *Seed abundance versus substrate limitation of seedling recruitment in northern temperate forests of British Columbia*. *Can. J. For. Res.* 30:415-427.
- LESSARD, G., D. BLOUIN et A. PATRY, 2000. *Comparaison de différents traitements sylvicoles pour l'installation de la régénération en essences tolérantes et intermédiaires dans des peuplements à dominance feuillue (bouleau jaune)*, Centre collégial de transfert de technologie en foresterie (CERFO), 2000-01. 38 p. + 7 annexes
- LUPIEN, P. 2004. *Des feuillus nobles en Basse-Mauricie*. Guide de mise en valeur. Fonds d'information, de recherche et de développement de la forêt privée mauricienne (FIRDFPM). Syndicat des producteurs de bois de la Mauricie. Shawinigan. 248p.
- 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.* 1:77-183.
- MALENFANT, A., G. PARDIAC, G. JOHNSON, G. LESSARD et D. BLOUIN, 2001. *Essai de différents traitements sylvicoles pour l'installation de la régénération en bouleau jaune dans des peuplements mixtes à dominance feuillue*. Groupement forestier Baie-des-Chaleurs et CERFO, New Richmond, 44 p.
- MALENFANT, A., A. PATRY, D. BLOUIN et G. LESSARD. 2002. *Comparaison de différents traitements sylvicoles pour l'installation de la régénération en bouleau jaune dans des peuplements mixtes à dominance feuillue – Suivi 2001*. Groupement forestier Baie-des-Chaleurs, New Richmond, 73 p.
- MARQUIS, D.A. 1965. *Scarifying soil during logging to increase birch reproduction*. *The Northern Logger*. 14:24 et 42.
- McCLURE, J.W., T.D. LEE et W.B. LEAK. 2000. *Gap capture in northern hardwoods: patterns of establishment and height growth in four species*. *Forest ecology and management*. 127:181-189.
- McGEE, G.G. et J.P. BIRMINGHAM. 1997. *Decaying logs as germination sites in northern hardwood forests*. *Northern Journal of Applied Forestry*. 14:178-182.
- METZGER, F.T. et C.H. Tubbs. 1971. *The influence of cutting method on regeneration of second-growth northern hardwoods*. *J. Forest.* 69 (9): 559–564.
- MILLER, G.W., T.M. SCHULER et H.C. SMITH, 1995. *Method for applying group selection in central Appalachian hardwoods*. Res. Pap. NE-696. U.S.D.A. Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station. Radnor, PA.

- MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES CANADA. 1995. Terminologie de la sylviculture au Canada. 2<sup>e</sup> édition. Ottawa : Ressources naturelles Canada. Service canadien des forêts. Direction générale des politiques, de l'économie et des affaires internationales. 114 p.
- MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES, DE LA FAUNE ET DES PARCS (MRNFP). 1992. *Manuel d'aménagement forestier*. Direction des programmes forestiers du ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, Québec, (Québec).
- MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES, DE LA FAUNE ET DES PARCS (MRNFP). 1998. *Manuel d'aménagement forestier (3<sup>e</sup> édition) et Documents d'annexes*. Direction des programmes forestiers du ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, Charlebourg (Québec). 122p.
- MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES, DE LA FAUNE ET DES PARCS (MRNFP). 2003. *Manuel d'aménagement forestier (4<sup>e</sup> édition)*. Direction des programmes forestiers du ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, Charlebourg (Québec).
- MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES ET DE LA FAUNE (MRNF) – Zones de végétation et domaines bioclimatiques du Québec. 2003b. (Internet). Québec : Gouvernement du Québec; (cité le 12 août 2008). Disponible au : <http://www.mrnf.gouv.qc.ca/forets/connaissances/connaissances-inventaire-zones-carte.jsp>
- MORIN, A., M. BEAUDET, C. MERCIER, D. KNEESHAW et J.-C. RUEL. 2003. *Morphologie, croissance et survie des semis de bouleau jaune en parquets, 4 ans après coupe*, secteur du lac Deréy, La Tuque, aire commune 043-04, résultats préliminaires (année 2 de 3). Groupe de recherche en écologie forestière interuniversitaire, rapport présenté à Commonwealth plywood Ltée, 47 p.
- MOU, P., T.J FAHEY et J.W. HUGHES. 1993. *Effects of soil disturbance on vegetation recovery and nutrient accumulation following whole-tree harvest of a northern hardwood ecosystem*. J. Appl. Ecol. 1993; 30:661-675.
- NOLET, P. et J. POIRIER. 2001. *Essai opérationnel de diverses méthodes de scarifiage intégré aux opérations dans les trouées et mise en place d'un dispositif de suivi*. Institut québécois d'aménagement de la forêt feuillue. 24 p.
- NOLET, P., F. DOYON et S. SOUGVINSKY. 2001. *Guide pour la remise en production des sites à vocation bouleau jaune mal régénérés après coupe à diamètre limite et coupe progressive d'ensemencement dans la région de Lanaudière*. Institut québécois d'aménagement de la forêt feuillue. 38 p.
- ORDRE DES INGÉNIEURS FORESTIERS DU QUÉBEC (OIFQ). 1996. *Manuel de foresterie*. Les Presses de l'Université Laval, ISBN 2-7637-7479-2, 1428 p.
- OUELLET, D. et ZARNOVICAN, R. 1988. *La conduite des jeunes peuplements de bouleaux jaunes (Betula alleghaniensis Britton) : caractéristiques morphologiques*. Can. J. For. Res., 1988 (19) : 992-996.

- OUELLET, D. et R. ZARNOVICAN. 1990. *La conduite des jeunes peuplements de bouleaux jaunes (Betula alleghaniensis Britton)*. L'Aubelle - février 1990. Projet de croissance et production, Forêts Canada, Région de Québec.
- PAYETTE, S., L. FILION et A. DELAWAIDE. 1990. *Disturbance regime of a cold temperate forest as deduced from tree-ring patterns : the Tantaré Ecological Reserve, Quebec*. Can. J. For. Res. 20:1228-1241.
- PERALA, D. A. et A. A. ALM, 1990. *Regeneration Silviculture of Birch: A Review*. For. Ecol. Manage 32: 39-77.
- POST, L. J. 1965. *Vegetative Reproduction of Mountain Maple*. Publication no. 1097. Department of Forestry. Fredericton, New Brunswick.
- POST, L.J. 1969. *Vegetative reproduction and the forest control of mountain maple*. Pulp and Paper Canada, 70: 115-117.
- POST, L.J. 1970. *Dry-matter production of mountain maple and balsam fir in northwestern New Brunswick*. Ecology, 51(3): 548-550.
- PRÉVOST, M., V. ROY et P. RAYMOND. 2003. *Sylviculture et régénération des forêts mixtes du Québec (Canada) : une approche qui respecte la dynamique naturelle des peuplements*. Note de recherche forestière no 125, Direction de la recherche forestière, Sainte-Foy (Québec).
- PRÉVOST, M. 2008. *Effect of cutting intensity on microenvironmental conditions and regeneration dynamics in yellow birch – conifer stands*. Can. J. For. Res. 38: 317-330 (2008).
- QUENTIN, B. 1994. *Expérimentation de divers traitements sous couvert pour favoriser la régénération d'essences désirées en peuplements feuillus et mélangés, dégradés à base d'érables et de bouleaux jaunes*. Félix Huard inc., région Est-du-Québec, projet no 1019.
- RAYMOND, P., J.-C. RUEL et M. PINEAU. 2000. *Effet d'une coupe d'ensemencement et du milieu de germination sur la régénération des sapinières boréales riches de seconde venue du Québec*. The Forestry Chronicle. 76:643-652.
- RICARD, J.-P. et C. MESSIER. 1996. *Abundance, growth and allometry of red raspberry (Rubus idaeus L.) along a natural light gradient in a northern hardwood forest*. Forest Ecology and Management 81 (1996) p. 153-160.
- ROBERTS, M.R. et H. DONG. 1993. *Effects of soil organic layer removal on regeneration after clear-cutting a northern hardwood stand in New Brunswick*. Can. J. For. Res. 1993; 23:2093-2100.
- ROBITAILLE A. et J.-P. SAUCIER. 1998. *Paysage régionaux du Québec méridional*. Ministère des ressources naturelles du Québec, Direction de la gestion des stocks forestiers et Direction des relations publiques. Sainte-Foy (Québec) : Les Publications du Québec. 213p.



- ROBITAILLE L. et Z. MAJCEN. 1991. *Traitements sylvicoles visant à favoriser la régénération et la croissance du bouleau jaune*. L'Aubelle fév. :10-12.
- RUEL J.-C. 1992. *The impact of competing raspberry (Rubus idaeus L.) and hardwood light demanders on balsam fir [Abies balsamea (L.) Mill.] seedling growth*. Can.J. For. Res. 1992; 22 (9): 1408-1416.
- RUEL, J.-C. et H. MARGOLIS. 1997. *Sylviculture (FOR-20157) – Document d'accompagnement*. Université Laval.
- RUEL, J.-C. et M. PINEAU. 1994. *La coupe à blanc par bandes et la coupe progressive : état actuel des connaissances*. Colloque ACFAS, Université Laval, département de foresterie, Sainte-Foy (Québec), p. 31-43.
- RUEL, J.-C., P. GASTALDELLO, V. LAFLÈCHE, J.-M. LUSSIER, D. PARÉ et L. ARCHAMBAULT. 2004. *Remise en production de peuplements mixtes dégradés avec présence de semenciers*. Département des sciences du bois et de la forêt de l'Université Laval et Centre de foresterie des Laurentides – Ressources naturelles Canada, 6 p.
- SAS Institute. 2001. SAS/STAT user's guide, release 8.0. SAS Institute, Inc. Cary, N.C.
- SOLOMON, D.S. et B.M. BLUM. 1967. *Stump sprouting of four northern hardwoods*. North-eastern Forest experiment station. Upper Darby. PA. U.S. Forest Service Research paper NE-59, pp. 1-13.
- TUBBS, C. H. et F. T. METZGER. 1969. *Regeneration of Northern Hardwoods Under Shelterwood Cutting*. The Forestry Chronicle, October 1969, Northern Hardwoods Laboratory, North Central Forest Experiment Station, U.S. Department of Agriculture, Forest Service. Marquette, Michigan, ODC 231 : 221.21.
- VINCENT, A. B. 1965. *Growth habits of mountain maple in the Ontario clay belt*. Forestry Chronicle 41:330–344.
- WARD, J.S. et G.R. STEPHENS. 1997. *Survival and growth of yellow birch (Betula alleghaniensis) in southern New England*. Can. J. For. Res. 27:156-165.
- WILSON, A.D. et D.J. SHURE. 1993. *Plant competition and nutrient limitation during early succession in the southern Appalachian Mountains*. Am. Midl. Nat. 129, 1–9.
- WHITE, P.S., M.D. MACKENZIE et R.T. BUSING. 1985. *Natural disturbance and gap phase dynamics in southern Appalachian spruce-fir forests*. Can. J. For. Res. 15:233-240.

## ANNEXE A – ANALYSES DE VARIANCE TESTANT L'EFFET DU TRAITEMENT SYLVICOLE ET DU MILIEU D'ENSEMENCEMENT SUR LE COEFFICIENT DE DISTRIBUTION DE LA RÉGÉNÉRATION EN BOULEAU JAUNE

### Dispositif de Coupe avec réserve de semenciers (Sem0, Sem10, Sem20, Sem40)

Source	d.l.	Sommes des carrés	Carrés moyens	F	Probabilité > F
Bloc	2	0,17312500	0,08656250	10,01	0,0066
Traitement sylvicole	3	0,12708333	0,04236111	4,90	0,0322
Traitement sylvicole * Bloc	6	0,17604167	0,02934028	3,39	0,0571
Milieu d'ensemencement	1	0,20166667	0,20166667	23,33	0,0013
Traitement sylvicole * Milieu d'ensemencement	3	0,01416667	0,00472222	0,55	0,6644
Erreur résiduelle	8	0,06916667	0,00864583		

### Dispositif de Coupe de jardinage (PA1, PA05, T1500, T1000, T500, CPEST50, CJ, Témoin)

Source	d.l.	Sommes des carrés	Carrés moyens	F	Probabilité > F
Bloc	2	0,16760417	0,08380208	6,29	0,0097
Traitement sylvicole	7	3,07895833	0,43985119	32,99	<,0001
Traitement sylvicole * Bloc	14	0,27572917	0,01969494	1,48	0,2255
Milieu d'ensemencement	1	0,88020833	0,88020833	66,02	<,0001
Traitement sylvicole * Milieu d'ensemencement	7	0,28895833	0,04127976	3,10	0,0290
Erreur résiduelle	16	0,21333333	0,01333333		

### Dispositif de Coupe progressive uniforme basée sur un % ouverture du couvert (CPE60, CPE50, CPE40)

Source	d.l.	Sommes des carrés	Carrés moyens	F	Probabilité > F
Bloc	2	0,01361111	0,00680556	4,90	0,0548
Traitement sylvicole	2	0,00777778	0,00388889	2,80	0,1384
Traitement sylvicole * Bloc	4	0,00472222	0,00118056	0,85	0,5422
Milieu d'ensemencement	1	0,01680556	0,01680556	12,10	0,0132
Traitement sylvicole * Milieu d'ensemencement	2	0,00111111	0,00055556	0,40	0,6870
Erreur résiduelle	6	0,00833333	0,00138889		

### Dispositif de Coupe progressive uniforme basée sur un % de la surface terrière (CPESA)

Source	d.l.	Sommes des carrés	Carrés moyens	F	Probabilité > F
Bloc	2	0,00333333	0,00166667	1,00	0,5000
Milieu d'ensemencement	1	0,00041667	0,00041667	0,25	0,6667
Erreur résiduelle	2	0,00333333	0,00166667		

## ANNEXE B - ANALYSES DE VARIANCE TESTANT L'EFFET DU TRAITEMENT SYLVICOLE ET DU MILIEU D'ENSEMENCEMENT SUR LE POURCENTAGE DE RECOUVREMENT DE LA RÉGÉNÉRATION EN BOULEAU JAUNE EN FONCTION DE LA CLASSE DE HAUTEUR

### Dispositif de Coupe avec réserve de semenciers (Sem0, Sem10, Sem20, Sem40) – Classe de hauteur 0-5CM

Source	d.l.	Sommes des carrés	Carrés moyens	F	Probabilité > F
Bloc	2	20.1175000	10.0587500	1.99	0.1995
Traitement sylvicole	3	35.8745833	11.9581944	2.36	0.1475
Traitement sylvicole * Bloc	6	52.1691667	8.6948611	1.72	0.2346
Milieu d'ensemencement	1	153.5204167	153.5204167	30.30	0.0006
Traitement sylvicole * Milieu d'ensemencement	3	13.5212500	4.5070833	0.89	0.4869
Erreur résiduelle	8	40.5333333	5.0666667		

### Dispositif de Coupe avec réserve de semenciers (Sem0, Sem10, Sem20, Sem40) – Classe de hauteur 6-30CM

Source	d.l.	Sommes des carrés	Carrés moyens	F	Probabilité > F
Bloc	2	54,88000000	27,44000000	2,40	0,1529
Traitement sylvicole	3	178,02458330	59,34152780	5,18	0,0279
Traitement sylvicole * Bloc	6	133,63666670	22,27277780	1,95	0,1885
Milieu d'ensemencement	1	841,35041670	841,35041670	73,49	<,0001
Traitement sylvicole * Milieu d'ensemencement	3	100,78458330	33,59486110	2,93	0,0993
Erreur résiduelle	8	91,59000000	11,44875000		

### Dispositif de Coupe avec réserve de semenciers (Sem0, Sem10, Sem20, Sem40) – Classe de hauteur 31-100CM

Source	d.l.	Sommes des carrés	Carrés moyens	F	Probabilité > F
Bloc	2	21,0025000	10,5012500	1,23	0,3422
Traitement sylvicole	3	97,11000000	32,3700000	3,79	0,0585
Traitement sylvicole * Bloc	6	86,09750000	14,3495833	1,68	0,2428
Milieu d'ensemencement	1	291,20666670	291,2066667	34,11	0,0004
Traitement sylvicole * Milieu d'ensemencement	3	47,63666670	15,8788889	1,86	0,2147
Erreur résiduelle	8	68,30666670	8,5383333		

### Dispositif de Coupe avec réserve de semenciers (Sem0, Sem10, Sem20, Sem40) – Classe de hauteur +100 CM

Source	d.l.	Sommes des carrés	Carrés moyens	F	Probabilité > F
Bloc	2	1,54083333	0,77041667	1,86	0,2171
Traitement sylvicole	3	1,70458333	0,56819444	1,37	0,3194
Traitement sylvicole * Bloc	6	6,81916667	1,13652778	2,74	0,094
Milieu d'ensemencement	1	3,30041667	3,30041667	7,97	0,0224
Traitement sylvicole * Milieu d'ensemencement	3	0,42125000	0,14041667	0,34	0,7979
Erreur résiduelle	8	3,31333333	0,41416667		

**Dispositif de Coupe de jardinage (PA1, PA05, T1500, T1000, T500, CPEST50, CJ, Témoin) – Classe de hauteur 0-5 CM**

Source	d.l.	Sommes des carrés	Carrés moyens	F	Probabilité > F
Bloc	2	9.6816667	4.8408333	5.42	0.0160
Traitement sylvicole	7	134.7931250	19.2561607	21.54	<.0001
Traitement sylvicole * Bloc	14	22.5150000	1.6082143	1.80	0.1299
Milieu d'ensemencement	1	92.6852083	92.6852083	103.68	<.0001
Traitement sylvicole * Milieu d'ensemencement	7	42.0664583	6.0094940	6.72	0.0008
Erreur résiduelle	16	14.3033333	0.8939583		

**Dispositif de Coupe de jardinage (PA1, PA05, T1500, T1000, T500, CPEST50, CJ, Témoin) – Classe de hauteur 6-30 CM**

Source	d.l.	Sommes des carrés	Carrés moyens	F	Probabilité > F
Bloc	2	83.125417	41.562708	9.18	0.0022
Traitement sylvicole	7	1025.083125	146.440446	32.34	<.0001
Traitement sylvicole * Bloc	14	200.531250	14.323661	3.16	0.0150
Milieu d'ensemencement	1	605.630208	605.630208	133.74	<.0001
Traitement sylvicole * Milieu d'ensemencement	7	282.448125	40.349732	8.91	0.0002
Erreur résiduelle	16	72.456667	4.528542		

**Dispositif de Coupe de jardinage (PA1, PA05, T1500, T1000, T500, CPEST50, CJ, Témoin) – Classe de hauteur 31-100 CM**

Source	d.l.	Sommes des carrés	Carrés moyens	F	Probabilité > F
Bloc	2	127.0429167	63.5214583	7.20	0.0059
Traitement sylvicole	7	351.8281250	50.2611607	5.69	0.0019
Traitement sylvicole * Bloc	14	312.7437500	22.3388393	2.53	0.0389
Milieu d'ensemencement	1	252.5418750	252.5418750	28.61	<.0001
Traitement sylvicole * Milieu d'ensemencement	7	78.2631250	11.1804464	1.27	0.3263
Erreur résiduelle	16	141.220000	8.826250		

**Dispositif de Coupe de jardinage (PA1, PA05, T1500, T1000, T500, CPEST50, CJ, Témoin) – Classe de hauteur +100 CM**

Source	d.l.	Sommes des carrés	Carrés moyens	F	Probabilité > F
Bloc	2	0.79625000	0.39812500	0.32	0.7305
Traitement sylvicole	7	16.04250000	2.29178571	1.84	0.1471
Traitement sylvicole * Bloc	14	24.20375000	1.72883929	1.39	0.2612
Milieu d'ensemencement	1	8.67000000	8.67000000	6.98	0.0178
Traitement sylvicole * Milieu d'ensemencement	7	18.27333333	2.61047619	2.10	0.1038
Erreur résiduelle	16	19.88666667	1.24291667		

**Dispositif de Coupe progressive uniforme basée sur un % ouverture du couvert (CPE60, CPE50, CPE40) – Classe de hauteur de 0-5 CM**

Source	d.l.	Sommes des carrés	Carrés moyens	F	Probabilité > F
Bloc	2	84.6533333	42.3266667	2.59	0.1542
Traitement sylvicole	2	104.6933333	52.3466667	3.21	0.1128
Traitement sylvicole * Bloc	4	128.3433333	32.0858333	1.97	0.2188
Milieu d'ensemencement	1	414.7200000	414.7200000	25.42	0.0024
Traitement sylvicole * Milieu d'ensemencement	2	24.5733333	12.2866667	0.75	0.5107
Erreur résiduelle	6	97.8766667	16.3127778		

**Dispositif de Coupe progressive uniforme basée sur un % ouverture du couvert (CPE60, CPE50, CPE40) – Classe de hauteur de 6-30 CM**

Source	d.l.	Sommes des carrés	Carrés moyens	F	Probabilité > F
Bloc	2	9.901111	4.950556	0.28	0.7679
Traitement sylvicole	2	228.814444	114.407222	6.38	0.0327
Traitement sylvicole * Bloc	4	164.882222	41.220556	2.30	0.1733
Milieu d'ensemencement	1	1458.000000	1458.000000	81.31	0.0001
Traitement sylvicole * Milieu d'ensemencement	2	73.470000	36.735000	2.05	0.2098
Erreur résiduelle	6	107.590000	17.931667		

**Dispositif de Coupe progressive uniforme basée sur un % ouverture du couvert (CPE60, CPE50, CPE40) – Classe de hauteur de 31-100 CM**

Source	d.l.	Sommes des carrés	Carrés moyens	F	Probabilité > F
Bloc	2	337.047778	168.523889	3.07	0.1205
Traitement sylvicole	2	26.001111	13.000556	0.24	0.7959
Traitement sylvicole * Bloc	4	159.962222	39.990556	0.73	0.6035
Milieu d'ensemencement	1	1443.635556	1443.635556	26.33	0.0022
Traitement sylvicole * Milieu d'ensemencement	2	3.201111	1.600556	0.03	0.9714
Erreur résiduelle	6	328.943333	54.823889		

**Dispositif de Coupe progressive uniforme basée sur un % ouverture du couvert (CPE60, CPE50, CPE40) – Classe de hauteur de +100 CM**

Source	d.l.	Sommes des carrés	Carrés moyens	F	Probabilité > F
Bloc	2	0.50777778	0.25388889	0.91	0.4516
Traitement sylvicole	2	1.33444444	0.66722222	2.39	0.1722
Traitement sylvicole * Bloc	4	1.25888889	0.31472222	1.13	0.4252
Milieu d'ensemencement	1	0.22222222	0.22222222	0.80	0.4064
Traitement sylvicole * Milieu d'ensemencement	2	1.15444444	0.57722222	2.07	0.2072
Erreur résiduelle	6	1.67333333	0.27888889		

**Dispositif de Coupe progressive uniforme basée sur un % de la surface terrière (CPESA) – Classe de hauteur 0-5 CM**

Source	d.l.	Sommes des carrés	Carrés moyens	F	Probabilité > F
Bloc	2	2.12333333	1.06166667	70.78	0.0139
Milieu d'ensemencement	1	14.41500000	14.41500000	961.00	0.0010
Erreur résiduelle	2	0.03000000	0.01500000		

**Dispositif de Coupe progressive uniforme basée sur un % de la surface terrière (CPESA) – Classe de hauteur 6-30 CM**

Source	d.l.	Sommes des carrés	Carrés moyens	F	Probabilité > F
Bloc	2	2.23000000	1.11500000	0.09	0.9139
Milieu d'ensemencement	1	239.4016667	239.4016667	20.23	0.0460
Erreur résiduelle	2	23.6633333	11.8316667		

**Dispositif de Coupe progressive uniforme basée sur un % de la surface terrière (CPESA) – Classe de hauteur 31-100 CM**

Source	d.l.	Sommes des carrés	Carrés moyens	F	Probabilité > F
Bloc	2	20.25000000	10.12500000	2.00	0.3333
Milieu d'ensemencement	1	9.12666667	9.12666667	1.80	0.3114
Erreur résiduelle	2	10.12333333	5.06166667		

**Dispositif de Coupe progressive uniforme basée sur un % de la surface terrière (CPESA) – Classe de hauteur +100 CM**

Source	d.l.	Sommes des carrés	Carrés moyens	F	Probabilité > F
Bloc	2	1.11000000	0.55500000	3.00	0.2500
Milieu d'ensemencement	1	2.16000000	2.16000000	11.68	0.0760
Erreur résiduelle	2	0.37000000	0.18500000		

## ANNEXE C - ANALYSES DE VARIANCE TESTANT L'EFFET DU TRAITEMENT SYLVICOLE ET DU MILIEU D'ENSEMENCEMENT SUR LE MAINTIEN DE LA RÉGÉNÉRATION EN BOULEAU JAUNE DE 2001 À 2003

### Dispositif de Coupe avec réserve de semenciers (Sem0, Sem10, Sem20, Sem40)

Source	d.l.	Sommes des carrés	Carrés moyens	F	Probabilité > F
Bloc	2	0.00895833	0.00447917	0.80	0.4837
Traitement sylvicole	3	0.02041667	0.00680556	1.21	0.3669
Traitement sylvicole * Bloc	6	0.00270833	0.00045139	0.08	0.9968
Milieu d'ensemencement	1	0.00000000	0.00000000	0.00	1.0000
Traitement sylvicole * Milieu d'ensemencement	3	0.00750000	0.00250000	0.44	0.7278
Erreur résiduelle	8	0.04500000	0.00562500		

### Dispositif de Coupe avec réserve de semenciers (Sem0, Sem10, Sem20, Sem40)

Source	d.l.	Sommes des carrés	Carrés moyens	F	Probabilité > F
Bloc	2	0.02822917	0.01411458	0.89	0.4283
Traitement sylvicole	7	0.95645833	0.13663690	8.66	0.0002
Traitement sylvicole * Bloc	14	0.57760417	0.04125744	2.61	0.0341
Milieu d'ensemencement	1	0.93520833	0.93520833	59.26	<.0001
Traitement sylvicole * Milieu d'ensemencement	7	1.01479167	0.14497024	9.19	0.0001
Erreur résiduelle	16	0.25250000	0.01578125		

### Dispositif de Coupe progressive uniforme basée sur un % ouverture du couvert (CPE60, CPE50, CPE40)

Source	d.l.	Sommes des carrés	Carrés moyens	F	Probabilité > F
Bloc	2	0.00861111	0.00430556	1.35	0.3285
Traitement sylvicole	2	0.00194444	0.00097222	0.30	0.7484
Traitement sylvicole * Bloc	4	0.01222222	0.00305556	0.96	0.4936
Milieu d'ensemencement	1	0.00500000	0.00500000	1.57	0.2575
Traitement sylvicole * Milieu d'ensemencement	2	0.00083333	0.00041667	0.13	0.8801
Erreur résiduelle	6	0.01916667	0.00319444		

### Dispositif de Coupe progressive uniforme basée sur un % de la surface terrière (CPESA)

Source	d.l.	Sommes des carrés	Carrés moyens	F	Probabilité > F
Bloc	2	0.00083333	0.00041667	0.08	0.9286
Milieu d'ensemencement	1	0.00166667	0.00166667	0.31	0.6349
Erreur résiduelle	2	0.01083333	0.00541667		



## ANNEXE D - ANALYSES DE VARIANCE TESTANT L'EFFET DU TRAITEMENT SYLVICOLE ET DU MILIEU D'ENSEMENCEMENT SUR LE COEFFICIENT DE DISTRIBUTION DE LA RÉGÉNÉRATION EN ÉRABLE À ÉPIS

### Dispositif de Coupe avec réserve de semenciers (Sem0, Sem10, Sem20, Sem40)

Source	d.l.	Sommes des carrés	Carrés moyens	F	Probabilité > F
Bloc	2	0,18583333	0,09291667	20,27	0,0007
Traitement sylvicole	3	0,68531250	0,22843750	49,84	<,0001
Traitement sylvicole * Bloc	6	0,03750000	0,00625000	1,36	0,3333
Milieu d'ensemencement	1	1,02093750	1,02093750	222,75	<,0001
Traitement sylvicole * Milieu d'ensemencement	3	0,06114583	0,02038194	4,45	0,0406
Erreur résiduelle	8	0,03666667	0,00458333		

### Dispositif de Coupe avec réserve de semenciers (Sem0, Sem10, Sem20, Sem40)

Source	d.l.	Sommes des carrés	Carrés moyens	F	Probabilité > F
Bloc	2	0,00322917	0,00161458	0,31	0,7399
Traitement sylvicole	7	0,81312500	0,11616071	22,08	<,0001
Traitement sylvicole * Bloc	14	0,27593750	0,01970982	3,75	0,0067
Milieu d'ensemencement	1	0,28520833	0,28520833	54,22	<,0001
Traitement sylvicole * Milieu d'ensemencement	7	4,34812500	0,62116071	118,09	<,0001
Erreur résiduelle	16	0,08416667	0,00526020		

### Dispositif de Coupe progressive uniforme basée sur un % ouverture du couvert (CPE60, CPE50, CPE40)

Source	d.l.	Sommes des carrés	Carrés moyens	F	Probabilité > F
Bloc	2	0,02527778	0,01263889	1,10	0,3928
Traitement sylvicole	2	0,00527778	0,00263889	0,23	0,802
Traitement sylvicole * Bloc	4	0,01555556	0,00388889	0,34	0,8438
Milieu d'ensemencement	1	1,02722222	1,02722222	89,11	<,0001
Traitement sylvicole * Milieu d'ensemencement	2	0,00361111	0,00180556	0,16	0,8584
Erreur résiduelle	6	0,06916667	0,01152778		

### Dispositif de Coupe progressive uniforme basée sur un % de la surface terrière (CPESA)

Source	d.l.	Sommes des carrés	Carrés moyens	F	Probabilité > F
Bloc	2	0,00083333	0,00041667	1,00	0,5000
Milieu d'ensemencement	1	0,28166667	0,28166667	675,99	0,0015
Erreur résiduelle	2	0,00083333	0,00041667		

## ANNEXE E - ANALYSES DE VARIANCE TESTANT L'EFFET DU TRAITEMENT SYLVICOLE ET DU MILIEU D'ENSEMENCEMENT SUR LE COEFFICIENT DE DISTRIBUTION DE LA RÉGÉNÉRATION EN FRAMBOISIER

### Dispositif de Coupe avec réserve de semenciers (Sem0, Sem10, Sem20, Sem40)

Source	d.l.	Sommes des carrés	Carrés moyens	F	Probabilité > F
Bloc	2	0,00145833	0,00072917	0,27	0,7706
Traitement sylvicole	3	0,03281250	0,01093750	4,04	0,0508
Traitement sylvicole * Bloc	6	0,07187500	0,01197917	4,42	0,0287
Milieu d'ensemencement	1	0,01260417	0,01260417	4,65	0,0631
Traitement sylvicole * Milieu d'ensemencement	3	0,00447917	0,00149306	0,55	0,6614
Erreur résiduelle	8	0,02166667	0,00270833		

### Dispositif de Coupe avec réserve de semenciers (Sem0, Sem10, Sem20, Sem40)

Source	d.l.	Sommes des carrés	Carrés moyens	F	Probabilité > F
Bloc	2	0,00541667	0,00270833	0,96	0,4028
Traitement sylvicole	7	8,49494792	1,21356399	431,49	<,0001
Traitement sylvicole * Bloc	14	0,03458333	0,00247024	0,88	0,5927
Milieu d'ensemencement	1	0,05005208	0,05005208	17,80	0,0007
Traitement sylvicole * Milieu d'ensemencement	7	0,37119792	0,05302827	18,85	<,0001
Erreur résiduelle	16	0,04500000	0,00281250		

### Dispositif de Coupe progressive uniforme basée sur un % ouverture du couvert (CPE60, CPE50, CPE40)

Source	d.l.	Sommes des carrés	Carrés moyens	F	Probabilité > F
Bloc	2	0,02194444	0,01097222	3,16	0,1155
Traitement sylvicole	2	0,01361111	0,00680556	1,96	0,2213
Traitement sylvicole * Bloc	4	0,08722222	0,02180556	6,28	0,0245
Milieu d'ensemencement	1	0,02722222	0,02722222	7,84	0,0312
Traitement sylvicole * Milieu d'ensemencement	2	0,00194444	0,00097222	0,28	0,7651
Erreur résiduelle	6	0,02083333	0,00347222		

### Dispositif de Coupe progressive uniforme basée sur un % de la surface terrière (CPESA)

Source	d.l.	Sommes des carrés	Carrés moyens	F	Probabilité > F
Bloc	2	0,04750000	0,02375000	4,38	0,1857
Milieu d'ensemencement	1	0,00041667	0,00041667	0,08	0,8075
Erreur résiduelle	2	0,01083333	0,00541667		

## ANNEXE F - ANALYSE DE VARIANCE TESTANT L'EFFET DU TRAITEMENT SYLVICOLE ET DU MILIEU D'ENSEMENCEMENT SUR LE POURCENTAGE DE RECOUVREMENT DE LA RÉGÉNÉRATION EN ÉRABLE À ÉPIS

### Dispositif de Coupe avec réserve de semenciers (Sem0, Sem10, Sem20, Sem40) – Classe de hauteur 0-5CM

Source	d.l.	Sommes des carrés	Carrés moyens	F	Probabilité > F
Bloc	2	0.00083333	0.00041667	1.00	0.4096
Traitement sylvicole	3	0.00125000	0.00041667	1.00	0.4411
Traitement sylvicole * Bloc	6	0.00250000	0.00041667	1.00	0.4852
Milieu d'ensemencement	1	0.00041667	0.00041667	1.00	0.3466
Traitement sylvicole * Milieu d'ensemencement	3	0.00125000	0.00041667	1.00	0.4411
Erreur résiduelle	8	0.00333333	0.00041667		

### Dispositif de Coupe avec réserve de semenciers (Sem0, Sem10, Sem20, Sem40) – Classe de hauteur 6-30CM

Source	d.l.	Sommes des carrés	Carrés moyens	F	Probabilité > F
Bloc	2	1.33583333	0.66791667	2.27	0.1656
Traitement sylvicole	3	1.11500000	0.37166667	1.26	0.3503
Traitement sylvicole * Bloc	6	1.89750000	0.31625000	1.08	0.4488
Milieu d'ensemencement	1	1.70666667	1.70666667	5.80	0.0426
Traitement sylvicole * Milieu d'ensemencement	3	1.37000000	0.45666667	1.55	0.2747
Erreur résiduelle	8	2.35333333	0.29416667		

### Dispositif de Coupe avec réserve de semenciers (Sem0, Sem10, Sem20, Sem40) – Classe de hauteur 31-100CM

Source	d.l.	Sommes des carrés	Carrés moyens	F	Probabilité > F
Bloc	2	1.52333333	0.76166667	1.63	0.2547
Traitement sylvicole	3	3.54833333	1.18277778	2.53	0.1305
Traitement sylvicole * Bloc	6	2.96666667	0.49444444	1.06	0.4566
Milieu d'ensemencement	1	18.37500000	18.37500000	39.34	0.0002
Traitement sylvicole * Milieu d'ensemencement	3	0.10833333	0.03611111	0.08	0.9705
Erreur résiduelle	8	3.73666667	0.46708333		

### Dispositif de Coupe avec réserve de semenciers (Sem0, Sem10, Sem20, Sem40) – Classe de hauteur +100 CM

Source	d.l.	Sommes des carrés	Carrés moyens	F	Probabilité > F
Bloc	2	158.1475000	79.0737500	3.09	0.1011
Traitement sylvicole	3	748.7916667	249.5972222	9.76	0.0047
Traitement sylvicole * Bloc	6	134.2058333	22.3676389	0.88	0.5521
Milieu d'ensemencement	1	741.4816667	741.4816667	29.01	0.0007
Traitement sylvicole * Milieu d'ensemencement	3	187.6316667	62.5438889	2.45	0.1386
Erreur résiduelle	8	204.486667	25.560833		

**Dispositif de Coupe de jardinage (PA1, PA05, T1500, T1000, T500, CPEST50, CJ, Témoin) – Classe de hauteur 0-5 CM**

Source	d.l.	Sommes des carrés	Carrés moyens	F	Probabilité > F
Bloc	2	0.23166667	0.11583333	1.29	0.3032
Traitement sylvicole	7	0.67145833	0.09592262	1.07	0.4277
Traitement sylvicole * Bloc	14	1.34166667	0.09583333	1.06	0.4479
Milieu d'ensemencement	1	0.07520833	0.07520833	0.84	0.3742
Traitement sylvicole * Milieu d'ensemencement	7	0.64979167	0.09282738	1.03	0.4475
Erreur résiduelle	16	1.44000000	0.09000000		

**Dispositif de Coupe de jardinage (PA1, PA05, T1500, T1000, T500, CPEST50, CJ, Témoin) – Classe de hauteur 6-30 CM**

Source	d.l.	Sommes des carrés	Carrés moyens	F	Probabilité > F
Bloc	2	1.93791667	0.96895833	3.33	0.0617
Traitement sylvicole	7	3.30583333	0.47226190	1.62	0.1993
Traitement sylvicole * Bloc	14	3.89541667	0.27824405	0.96	0.5289
Milieu d'ensemencement	1	1.61333333	1.61333333	5.55	0.0316
Traitement sylvicole * Milieu d'ensemencement	7	16.81333333	2.40190476	8.26	0.0003
Erreur résiduelle	16	4.65333333	0.29083333		

**Dispositif de Coupe de jardinage (PA1, PA05, T1500, T1000, T500, CPEST50, CJ, Témoin) – Classe de hauteur 31-100 CM**

Source	d.l.	Sommes des carrés	Carrés moyens	F	Probabilité > F
Bloc	2	4.4887500	2.2443750	0.97	0.3986
Traitement sylvicole	7	146.1264583	20.8752083	9.07	0.0001
Traitement sylvicole * Bloc	14	29.2279167	2.0877083	0.91	0.5691
Milieu d'ensemencement	1	98.3268750	98.3268750	42.71	<.0001
Traitement sylvicole * Milieu d'ensemencement	7	485.9614583	69.4230655	30.15	<.0001
Erreur résiduelle	16	36.8366667	2.3022917		

**Dispositif de Coupe de jardinage (PA1, PA05, T1500, T1000, T500, CPEST50, CJ, Témoin) – Classe de hauteur +100 CM**

Source	d.l.	Sommes des carrés	Carrés moyens	F	Probabilité > F
Bloc	2	19.805417	9.902708	0.36	0.7012
Traitement sylvicole	7	436.410000	62.344286	2.29	0.0811
Traitement sylvicole * Bloc	14	873.471250	62.390804	2.29	0.0575
Milieu d'ensemencement	1	143.520833	143.520833	5.26	0.0357
Traitement sylvicole * Milieu d'ensemencement	7	4956.115833	708.016548	25.95	<.0001
Erreur résiduelle	16	436.463333	27.278958		

**Dispositif de Coupe progressive uniforme basée sur un % ouverture du couvert (CPE60, CPE50, CPE40) – Classe de hauteur 0-5 CM**

Source	d.l.	Sommes des carrés	Carrés moyens	F	Probabilité > F
Bloc	2	0.01000000	0.00500000	0.69	0.5364
Traitement sylvicole	2	0.01000000	0.00500000	0.69	0.5364
Traitement sylvicole * Bloc	4	0.02000000	0.00500000	0.69	0.6238
Milieu d'ensemencement	1	0.00222222	0.00222222	0.31	0.5992
Traitement sylvicole * Milieu d'ensemencement	2	0.01444444	0.00722222	1.00	0.4219
Erreur résiduelle	6	0.04333333	0.00722222		

**Dispositif de Coupe progressive uniforme basée sur un % ouverture du couvert (CPE60, CPE50, CPE40) – Classe de hauteur 6-30 CM**

Source	d.l.	Sommes des carrés	Carrés moyens	F	Probabilité > F
Bloc	2	0.70777778	0.35388889	8.97	0.0157
Traitement sylvicole	2	0.44777778	0.22388889	5.68	0.0413
Traitement sylvicole * Bloc	4	0.42888889	0.10722222	2.72	0.1319
Milieu d'ensemencement	1	1.12500000	1.12500000	28.52	0.0018
Traitement sylvicole * Milieu d'ensemencement	2	0.26333333	0.13166667	3.34	0.1060
Erreur résiduelle	6	0.23666667	0.03944444		

**Dispositif de Coupe progressive uniforme basée sur un % ouverture du couvert (CPE60, CPE50, CPE40) – Classe de hauteur 31-100 CM**

Source	d.l.	Sommes des carrés	Carrés moyens	F	Probabilité > F
Bloc	2	7.30777778	3.65388889	3.37	0.1046
Traitement sylvicole	2	1.08111111	0.54055556	0.50	0.6307
Traitement sylvicole * Bloc	4	1.61555556	0.40388889	0.37	0.8210
Milieu d'ensemencement	1	98.46722222	98.46722222	90.75	<.0001
Traitement sylvicole * Milieu d'ensemencement	2	0.84777778	0.42388889	0.39	0.6926
Erreur résiduelle	6	6.51000000	1.08500000		

**Dispositif de Coupe progressive uniforme basée sur un % ouverture du couvert (CPE60, CPE50, CPE40) – Classe de hauteur +100 CM**

Source	d.l.	Sommes des carrés	Carrés moyens	F	Probabilité > F
Bloc	2	8.31444444	4.15722222	2.33	0.1788
Traitement sylvicole	2	33.32111111	16.66055556	9.32	0.0144
Traitement sylvicole * Bloc	4	86.29888889	21.57472222	12.07	0.0050
Milieu d'ensemencement	1	877.80500000	877.80500000	491.00	<.0001
Traitement sylvicole * Milieu d'ensemencement	2	2.20333333	1.10166667	0.62	0.5710
Erreur résiduelle	6	10.726667	1.787778		

**Dispositif de Coupe progressive uniforme basée sur un % de la surface terrière (CPESA) – Classe de hauteur 0-5 CM**

Source	d.l.	Sommes des carrés	Carrés moyens	F	Probabilité > F
Bloc	2	0.70333333	0.35166667	1.00	0.5000
Milieu d'ensemencement	1	0.42666667	0.42666667	1.21	0.3855
Erreur résiduelle	2	0.70333333	0.35166667		

**Dispositif de Coupe progressive uniforme basée sur un % de la surface terrière (CPESA) – Classe de hauteur 6-30 CM**

Source	d.l.	Sommes des carrés	Carrés moyens	F	Probabilité > F
Bloc	2	0.26333333	0.13166667	0.87	0.5353
Milieu d'ensemencement	1	0.32666667	0.32666667	2.15	0.2799
Erreur résiduelle	2	0.30333333	0.15166667		

**Dispositif de Coupe progressive uniforme basée sur un % de la surface terrière (CPESA) – Classe de hauteur 31-100 CM**

Source	d.l.	Sommes des carrés	Carrés moyens	F	Probabilité > F
Bloc	2	2.12333333	1.06166667	6.57	0.1322
Milieu d'ensemencement	1	25.62666667	25.62666667	158.52	0.0062
Erreur résiduelle	2	0.32333333	0.16166667		

**Dispositif de Coupe progressive uniforme basée sur un % de la surface terrière (CPESA) – Classe de hauteur +100 CM**

Source	d.l.	Sommes des carrés	Carrés moyens	F	Probabilité > F
Bloc	2	113.40333333	56.70166667	10.84	0.0845
Milieu d'ensemencement	1	330.04166667	330.04166667	63.09	0.0155
Erreur résiduelle	2	10.46333333	5.23166667		

## ANNEXE G - ANALYSE DE VARIANCE TESTANT L'EFFET DU TRAITEMENT SYLVICOLE ET DU MILIEU D'ENSEMENCEMENT SUR LE POURCENTAGE DE RECOUVREMENT DE LA RÉGÉNÉRATION EN FRAMBOISIER

**Dispositif de Coupe avec réserve de semenciers (Sem0, Sem10, Sem20, Sem40) – Classe de hauteur 0-5CM**

Source	d.l.	Sommes des carrés	Carrés moyens	F	Probabilité > F
Bloc	2	0.07750000	0.03875000	2.21	0.1717
Traitement sylvicole	3	0.03458333	0.01152778	0.66	0.6000
Traitement sylvicole * Bloc	6	0.08916667	0.01486111	0.85	0.5669
Milieu d'ensemencement	1	0.05041667	0.05041667	2.88	0.1281
Traitement sylvicole * Milieu d'ensemencement	3	0.02458333	0.00819444	0.47	0.7126
Erreur résiduelle	8	0.14000000	0.01750000		

**Dispositif de Coupe avec réserve de semenciers (Sem0, Sem10, Sem20, Sem40) – Classe de hauteur 6-30CM**

Source	d.l.	Sommes des carrés	Carrés moyens	F	Probabilité > F
Bloc	2	10.70333333	5.35166667	6.69	0.0196
Traitement sylvicole	3	2.32125000	0.77375000	0.97	0.4542
Traitement sylvicole * Bloc	6	10.83000000	1.80500000	2.26	0.1421
Milieu d'ensemencement	1	3.76041667	3.76041667	4.70	0.0620
Traitement sylvicole * Milieu d'ensemencement	3	0.43458333	0.14486111	0.18	0.9063
Erreur résiduelle	8	6.40000000	0.80000000		

**Dispositif de Coupe avec réserve de semenciers (Sem0, Sem10, Sem20, Sem40) – Classe de hauteur 31-100CM**

Source	d.l.	Sommes des carrés	Carrés moyens	F	Probabilité > F
Bloc	2	61.38083333	30.69041667	6.54	0.0207
Traitement sylvicole	3	74.77666667	24.92555556	5.31	0.0263
Traitement sylvicole * Bloc	6	83.36583333	13.89430556	2.96	0.0791
Milieu d'ensemencement	1	39.52666667	39.52666667	8.42	0.0198
Traitement sylvicole * Milieu d'ensemencement	3	32.79000000	10.93000000	2.33	0.1508
Erreur résiduelle	8	37.53333333	4.69166667		

**Dispositif de Coupe avec réserve de semenciers (Sem0, Sem10, Sem20, Sem40) – Classe de hauteur +100 CM**

Source	d.l.	Sommes des carrés	Carrés moyens	F	Probabilité > F
Bloc	2	340.425833	170.212917	3.37	0.0866
Traitement sylvicole	3	128.471667	42.823889	0.85	0.5051
Traitement sylvicole * Bloc	6	1882.150833	313.691806	6.22	0.0108
Milieu d'ensemencement	1	1056.026667	1056.026667	20.93	0.0018
Traitement sylvicole * Milieu d'ensemencement	3	114.473333	38.157778	0.76	0.5492
Erreur résiduelle	8	403.610000	50.451250		



**Dispositif de Coupe de jardinage (PA1, PA05, T1500, T1000, T500, CPEST50, CJ, Témoin) – Classe de hauteur 0-5 CM**

Source	d.l.	Sommes des carrés	Carrés moyens	F	Probabilité > F
Bloc	2	1.35500000	0.67750000	2.95	0.0810
Traitement sylvicole	7	2.20645833	0.31520833	1.37	0.2815
Traitement sylvicole * Bloc	14	3.82166667	0.27297619	1.19	0.3659
Milieu d'ensemencement	1	0.13020833	0.13020833	0.57	0.4621
Traitement sylvicole * Milieu d'ensemencement	7	2.01479167	0.28782738	1.25	0.3316
Erreur résiduelle	16	3.67000000	0.22937500		

**Dispositif de Coupe de jardinage (PA1, PA05, T1500, T1000, T500, CPEST50, CJ, Témoin) – Classe de hauteur 6-30 CM**

Source	d.l.	Sommes des carrés	Carrés moyens	F	Probabilité > F
Bloc	2	40.71125000	20.35562500	11.38	0.0008
Traitement sylvicole	7	72.06666667	10.29523810	5.76	0.0018
Traitement sylvicole * Bloc	14	39.73208333	2.83800595	1.59	0.1867
Milieu d'ensemencement	1	13.86750000	13.86750000	7.76	0.0132
Traitement sylvicole * Milieu d'ensemencement	7	6.61250000	0.94464286	0.53	0.8007
Erreur résiduelle	16	28.61000000	1.78812500		

**Dispositif de Coupe de jardinage (PA1, PA05, T1500, T1000, T500, CPEST50, CJ, Témoin) – Classe de hauteur 31-100 CM**

Source	d.l.	Sommes des carrés	Carrés moyens	F	Probabilité > F
Bloc	2	130.825417	65.412708	6.06	0.0110
Traitement sylvicole	7	2061.088125	294.441161	27.28	<.0001
Traitement sylvicole * Bloc	14	485.661250	34.690089	3.21	0.0139
Milieu d'ensemencement	1	159.505208	159.505208	14.78	0.0014
Traitement sylvicole * Milieu d'ensemencement	7	76.113125	10.873304	1.01	0.4617
Erreur résiduelle	16	172.666667	10.791667		

**Dispositif de Coupe de jardinage (PA1, PA05, T1500, T1000, T500, CPEST50, CJ, Témoin) – Classe de hauteur +100 CM**

Source	d.l.	Sommes des carrés	Carrés moyens	F	Probabilité > F
Bloc	2	20.47875	10.23937	0.66	0.5326
Traitement sylvicole	7	34151.05917	4878.72274	312.30	<.0001
Traitement sylvicole * Bloc	14	1785.21458	127.51533	8.16	<.0001
Milieu d'ensemencement	1	59.85333	59.85333	3.83	0.0680
Traitement sylvicole * Milieu d'ensemencement	7	595.00000	85.00000	5.44	0.0024
Erreur résiduelle	16	249.94667	15.62167		

**Dispositif de Coupe progressive uniforme basée sur un % ouverture du couvert (CPE60, CPE50, CPE40) – Classe de hauteur 0-5 CM**

Source	d.l.	Sommes des carrés	Carrés moyens	F	Probabilité > F
Bloc	2	0.00111111	0.00055556	0.50	0.6297
Traitement sylvicole	2	0.00111111	0.00055556	0.50	0.6297
Traitement sylvicole * Bloc	4	0.00555556	0.00138889	1.25	0.3836
Milieu d'ensemencement	1	0.00222222	0.00222222	2.00	0.2070
Traitement sylvicole * Milieu d'ensemencement	2	0.00111111	0.00055556	0.50	0.6297
Erreur résiduelle	6	0.00666667	0.00111111		

**Dispositif de Coupe progressive uniforme basée sur un % ouverture du couvert (CPE60, CPE50, CPE40) – Classe de hauteur 6-30 CM**

Source	d.l.	Sommes des carrés	Carrés moyens	F	Probabilité > F
Bloc	2	0.90333333	0.45166667	0.99	0.4265
Traitement sylvicole	2	3.72000000	1.86000000	4.06	0.0768
Traitement sylvicole * Bloc	4	7.60666667	1.90166667	4.15	0.0600
Milieu d'ensemencement	1	0.00222222	0.00222222	0.00	0.9468
Traitement sylvicole * Milieu d'ensemencement	2	0.05777778	0.02888889	0.06	0.9395
Erreur résiduelle	6	2.75000000	0.45833333		

**Dispositif de Coupe progressive uniforme basée sur un % ouverture du couvert (CPE60, CPE50, CPE40) – Classe de hauteur 31-100 CM**

Source	d.l.	Sommes des carrés	Carrés moyens	F	Probabilité > F
Bloc	2	21.81777778	10.90888889	6.22	0.0344
Traitement sylvicole	2	38.69777778	19.34888889	11.04	0.0098
Traitement sylvicole * Bloc	4	67.14555556	16.78638889	9.58	0.0089
Milieu d'ensemencement	1	4.20500000	4.20500000	2.40	0.1724
Traitement sylvicole * Milieu d'ensemencement	2	5.69333333	2.84666667	1.62	0.2731
Erreur résiduelle	6	10.51666667	1.7527778		

**Dispositif de Coupe progressive uniforme basée sur un % ouverture du couvert (CPE60, CPE50, CPE40) – Classe de hauteur 100 CM**

Source	d.l.	Sommes des carrés	Carrés moyens	F	Probabilité > F
Bloc	2	101.5077778	50.7538889	1.34	0.3304
Traitement sylvicole	2	6.9144444	3.4572222	0.09	0.9140
Traitement sylvicole * Bloc	4	802.6222222	200.6555556	5.30	0.0359
Milieu d'ensemencement	1	86.6805556	86.6805556	2.29	0.1812
Traitement sylvicole * Milieu d'ensemencement	2	15.4744444	7.7372222	0.20	0.8207
Erreur résiduelle	6	227.330000	37.888333		

**Dispositif de Coupe progressive uniforme basée sur un % de la surface terrière (CPESA) – Classe de hauteur 0-5 CM**

Source	d.l.	Sommes des carrés	Carrés moyens	F	Probabilité > F
Bloc	2	0,00000000	0,00000000		
Milieu d'ensemencement	1	0,00000000	0,00000000		
Erreur résiduelle	2	0,00000000	0,00000000		

**Dispositif de Coupe progressive uniforme basée sur un % de la surface terrière (CPESA) – Classe de hauteur 6-30 CM**

Source	d.l.	Sommes des carrés	Carrés moyens	F	Probabilité > F
Bloc	2	0.01333333	0.00666667	0.33	0.7500
Milieu d'ensemencement	1	0.13500000	0.13500000	6.75	0.1217
Erreur résiduelle	2	0.04000000	0.02000000		

**Dispositif de Coupe progressive uniforme basée sur un % de la surface terrière (CPESA) – Classe de hauteur 31-100 CM**

Source	d.l.	Sommes des carrés	Carrés moyens	F	Probabilité > F
Bloc	2	0.22333333	0.11166667	0.27	0.7866
Milieu d'ensemencement	1	0.42666667	0.42666667	1.04	0.4158
Erreur résiduelle	2	0.82333333	0.41166667		

**Dispositif de Coupe progressive uniforme basée sur un % de la surface terrière (CPESA) – Classe de hauteur +100 CM**

Source	d.l.	Sommes des carrés	Carrés moyens	F	Probabilité > F
Bloc	2	9.17333333	4.58666667	0.90	0.5275
Milieu d'ensemencement	1	15.36000000	15.36000000	3.00	0.2254
Erreur résiduelle	2	10.24000000	5.12000000		