



**Institut Québécois d'Aménagement
de la Forêt Feuillue**

**Suivi d'un dispositif expérimental sur l'enrichissement
en essences nobles après coupe jardinatoire
par trouées dans la région de Lanaudière :
résultats après une saison de croissance**

**Rapport technique
préparé par**

**Daniel Bouffard, M.Sc.
Éric Forget, ing.f., M.Sc.
Sylvain Delagrangé, Ph.D**

pour

Benoît Couture, ing.f.

**Agence régionale de mise en valeur
des forêts privées de Lanaudière**

Mars 2006

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier spécialement Messieurs Benoît Couture et Denis Routhier de l'Agence régionale de mise en valeur des forêts privées de Lanaudière pour l'appui technique et professionnel apporté en cours de projet. Nous tenons également à souligner le travail efficace et consciencieux des conseillers forestiers ainsi que l'implication des propriétaires privées chez lesquels le dispositif expérimental a été implanté.

Table des matières

Remerciements.....	1
Table des matières.....	2
Table des tableaux.....	3
Table des figures.....	4
Mise en contexte.....	5
Méthodologie.....	6
Sites d'étude.....	6
Le dispositif expérimental.....	6
Les paramètres évalués.....	8
Analyses statistiques.....	10
Résultats.....	12
Hauteur initiale des semis au moment de la plantation.....	12
Hauteur des semis après une saison de croissance.....	14
Diamètre initial des semis au moment de la plantation.....	15
Diamètre des semis après une saison de croissance.....	16
La mortalité.....	17
Le broutage.....	18
Mortalité terminale.....	20
Relations entre l'état initial des semis et l'herbivorie et la mortalité terminale.....	21
Discussion.....	22
Conclusion.....	24
Références.....	25
ANNEXES.....	26

Table des tableaux

Tableau 1. Caractéristiques écologiques des sites sélectionnées pour le projet d'enrichissement en essences de feuillus nobles	7
Tableau 2. Description des trouées avec la nature de leur dépôt de surface	9
Tableau 3. Sources et degrés de liberté associés au dispositif expérimental utilisé	11
Tableau 4. Références aux codes utilisés dans le document	12
Tableau 5. Présentation des probabilités et des valeurs de F provenant des ANOVA utilisées pour détecter si les plants reboisés de chacune des essences présentaient des différences de hauteur initiale entre les propriétaires, les trouées de dimensions différentes ou encore entre les positions à l'intérieur des trouées.....	13
Tableau 6. Présentation des probabilités et des valeurs de F provenant des ANOVA utilisées pour déterminer la force des inférences au niveau des propriétaires, de la dimension des trouées et de la position dans celles-ci sur les proportions de mortalité, de broutage et de mortalité terminale	18
Tableau 7. Coefficients de corrélation de Spearman entre l'état initial des semis de chêne rouge, de pin blanc et de cerisier tardif et leur niveau d'herbivorie et de mortalité terminale après une saison de croissance.....	21

Table des figures

Figure 1. Exemple d'une parcelle échantillon de 10 m de rayon utilisée dans le dispositif expérimental.....	10
Figure 2. Hauteur initiale des semis de cerisier tardif en fonction de la dimension des trouées.....	13
Figure 3. Hauteur initiale des semis de chêne rouge en fonction de la dimension des trouées et de la position dans celles-ci.....	13
Figure 4. Hauteur initiale des semis de pin blanc en fonction de la dimension des trouées et de la position dans celles-ci.....	14
Figure 5. Hauteur des semis de pin blanc chez chacun des propriétaires après une saison de croissance.....	14
Figure 6. Hauteur des semis de pin blanc en fonction de la position dans les trouées.....	15
Figure 7. Diamètre initial des semis de chêne rouge en fonction de la dimension des trouées et de la position dans celles-ci.....	16
Figure 8. Diamètre des semis de pin blanc après une saison de croissance en fonction des positions dans les trouées.....	16
Figure 9. Diamètre des semis de chêne rouge après une saison de croissance en fonction des positions dans les trouées.....	17
Figure 10. Diamètre des semis de cerisier tardif après une saison de croissance en fonction des positions dans les trouées.....	17
Figure 11. Proportion de broutage des semis de chêne rouge chez les différentes propriétaires à la fin de la première saison de croissance.....	19
Figure 12. Proportion de broutage des semis de cerisier tardif selon le positionnement dans les trouées à la fin de la première saison de croissance.....	19
Figure 13. Proportion de broutage des semis de chêne rouge selon le positionnement dans les trouées à la fin de la première saison de croissance.....	19
Figure 14. Proportion de broutage des semis de pin blanc selon le positionnement dans les trouées à la fin de la première saison de croissance.....	20
Figure 15. Proportion de mortalité terminale des semis de cerisier tardif chez les différents propriétaires à la fin de la première saison de croissance.	20
Figure 16. Proportion de mortalité terminale des semis de cerisier tardif en fonction de la dimension des trouées à la fin de la première saison de croissance.	21

Mise en contexte

La forêt privée de Lanaudière contribue de plus en plus à l'approvisionnement des usines régionales de transformation du bois, notamment en essences de feuillus durs de qualité. En effet, la demande pour ces essences ne cesse d'augmenter alors que les contraintes à l'exploitation s'accumulent sur les terres publiques. Aussi, l'historique de coupe dans cette région fait en sorte qu'une bonne proportion du territoire est recouverte de forêt de moindre qualité qui fournit un rendement sous-optimal en billes de qualité.

Dans ce contexte, l'Institut québécois d'Aménagement de la Forêt feuillue (IOAFF) a été mandaté par l'Agence régionale de mise en valeur des forêts privées de Lanaudière pour élaborer, mettre en place et faire le suivi d'un dispositif expérimental dans le cadre de la réalisation d'un projet de volet II du Programme de mise en valeur des ressources du milieu forestier. Ce projet, déposé au printemps 2004, visait à mettre en place des sites d'expérimentation et de démonstration sur l'enrichissement en essences de feuillus nobles et de pin blanc à l'intérieur de trouées effectuées dans des peuplements faiblement stockés en essences feuillues de qualité. Le but recherché par ce projet était d'expérimenter de nouvelles pratiques sylvicoles d'enrichissement, d'assainissement et d'amélioration de la qualité des peuplements. Le dispositif expérimental mis en place par l'IOAFF au printemps de 2005 a pour objectifs principaux à court, moyen et long terme :

- ✍ D'améliorer les connaissances en matière d'aménagement visant la production de bois feuillu de qualité ;
- ✍ D'expérimenter de nouvelles techniques sylvicoles axées sur la mise en valeur du potentiel feuillu de la région de Lanaudière ;
- ✍ D'accroître la production des bois feuillus de qualité dans la région de Lanaudière ;
- ✍ De promouvoir l'aménagement visant la production de bois de qualité en mettant en place des sites de démonstration ;
- ✍ De démontrer au monde municipal les avantages liés à la mise en valeur des forêts feuillues ;
- ✍ D'augmenter les superficies aménagées de manière à favoriser la production de bois de qualité.

Méthodologie

Sites d'étude

La présente étude a été réalisée au nord de Montréal dans un secteur comprenant les municipalités de Ste-Émilie-de-l'Énergie, St-Gabriel, Chertsy, St-Calixte, Ste-Julienne et St-Cuthbert. Parmi les sept sites sélectionnés pour effectuer de l'enrichissement en essences feuillues nobles et pin blanc, six sont situés dans l'unité de paysage régionale « Saint-Jérôme » alors que le dernier se retrouve dans l'unité de « Val David » (Robitaille et Saucier 1998). Étant localisée majoritairement une sous-région méridionale du domaine bioclimatique de l'érablière à bouleau jaune (Saucier *et al.* 1998), la zone d'étude est caractérisée au niveau du dépôt par la présence d'un till indifférencié épais (50 – 100 cm) sur les coteaux et dans les dépressions séparant les collines. Un till mince occupe les collines les plus élevées où il est parfois percé d'affleurements rocheux. Une portion importante des dépôts composés de tills indifférenciés est caractérisée par une forte pierrosité. Le relief, relativement peu accidenté avec une altitude moyenne de 213 m, est formé de coteaux et de collines aux versants en pente généralement faible où la nature du substrat rocheux est de nature cristalline (Robitaille et Saucier 1998). La température et les précipitations annuelles moyennes observées dans cette unité de paysage sont comprises respectivement entre 2.5 et 5.0 °C et entre 900 et 1100 mm (avec 25 % sous forme de neige), alors que la longueur de la saison de croissance se situe entre 180 et 190 jours. Selon Robitaille et Saucier (1998), la végétation potentielle des sites mésiques est l'érablière à bouleau jaune ou encore en certaines occasions l'érablière à tilleul, alors que les sommets mieux drainés sont colonisés par l'érablière à hêtre.

Le dispositif expérimental

L'objectif principal du dispositif expérimental mis en place dans cette étude vise à mieux comprendre, au sein de peuplements de différentes natures, l'influence de la dimension des trouées et le positionnement à l'intérieur de ces dernières sur la croissance, la survie et la qualité des plants reboisés en essences dites nobles.

Sept peuplements, d'une superficie minimale de quatre hectares et dont la composition est à dominance de feuillus tolérants ou encore constituée d'un mélange de feuillus tolérants, intolérants et d'essences résineuses (Tableau 1), ont été sélectionnés chez des propriétaires dynamiques et sensibilisés à l'importance de la protection et du maintien du dispositif expérimental sur plusieurs années. Les peuplements choisis, de structure inéquienne sans perturbations majeurs depuis au moins dix ans et localisés à mi-pente, étaient tous situés dans le piedmont de Lanaudois sur un till indifférencié. Le Tableau 1 montre également le positionnement de ces peuplements dans le système de classification écologique du Québec.

Les peuplements sélectionnés ont été soumis à une coupe jardinatoire par trouées réalisée à l'hiver ou au printemps de 2005. Des trouées circulaires de 10 ou 17 mètres de rayon ont été effectuées sur 15 à 17% de la superficie totale des peuplements. La répartition des trouées, supposée aléatoire, a été réalisée par l'aménagiste forestier. La délimitation du pourtour des trouées a été effectuée à partir du fût des arbres situés en périphérie, et non en fonction de l'étendue de la cime. La distance minimale entre les trouées devait correspondre à au moins la dimension des trouées. Tous les arbres de plus de 10 cm au DHP ont été récoltés alors que les tiges non désirées ayant un DHP inférieur à 10 cm ont été rabattues au sol. Un jardinage par pied d'arbre avec amélioration de la qualité du peuplement a été pratiqué en dehors des trouées avec un niveau de prélèvement d'environ 20%.

L'utilisation de trouées de dimensions variables permet d'agir sur la composition végétale future du mélange d'espèces s'établissant à l'intérieur des trouées (Leak et Filip 1977 ;

Tableau 1. Caractéristiques écologiques des sites sélectionnés pour le projet d'enrichissement en essences de feuillus nobles

Classification écologique	Propriétaires						
	Bournival (A)	Lafortune (B)	Quévillon (C)	Homsy I (D)	Homsy II (E)	Lessard (F)	Paquin (G)
	Ste-Julienne	St-Émilie	St-Cuthbert	St-Calixte	St-Calixte	Chertsey	St-Gabriel
Domaine bioclimatique	3	3	3	3	3	3	3
Région écologique	C	C	C	C	C	C	C
Sous région écologique	M	M	M	M	M	T	M
District écologique	Collines du Lac Pontbriand	Collines du Lac Noir	Coteaux Rivière du Chicot	Collines du Lac Pontbriand	Collines du Lac Pontbriand	Hautes collines du Lac des Îles	Coteaux Rivière du Chicot
Essences dominantes	ERR, ERS, PET, BOP	ERS, ERR, PET, BOP, SAB, EPB	ERS, HEG	ERS, ERR, HEG	PEG, ERS, ERR	ERR, PET, SAB, BOP, EPB	ERR, BOP, SAB

Smith 1981 ; Philipps et Shure 1990 ; McClure et Lee 1993 ; Dale et al. 1995 ; Gray et Spies 1996 ; Jenkins et Parker 1998). C'est pourquoi, dans le cadre de cette étude, deux dimensions de trouées ont été retenues afin d'en tester l'impact. Le choix des rayons de 10 et 17 m amène une différenciation réelle de la taille des trouées en terme de superficie (315 et 908 m²). De plus, compte tenu de la précision réelle qu'il est possible d'obtenir par la méthode de délimitation par les fûts (plus ou moins deux mètres sur le rayon), ces deux dimensions permettraient l'obtention de deux populations de trouées bien distinctes (Tableau 2). Par ailleurs, les trouées de 10 m de rayon tendent à s'approcher de la dimension de la plupart des trouées observée en milieu naturelle où la superficie dépasse rarement 200 m² (Runkle 1982 ; Payette et al. 1990 ; Beaudet et Messier 1997). Quant aux trouées plus grandes (17 m de rayon), elles sont reconnues pour favoriser notamment la réinstallation du pin blanc et du chêne rouge, deux des essences étudiées dans ce projet. Les caractéristiques des trouées, ainsi que des dépôts de surface qu'on y retrouve, sont présentées au Tableau 2. Pour les besoins de l'étude, trois trouées de 10 et 17 m de rayon ont été aléatoirement choisies dans chaque peuplement parmi l'ensemble des trouées réalisées.

Selon York et al. (2003), la croissance des semis à l'intérieur d'une trouée varie peu selon l'axe est-ouest rendant ainsi l'échantillonnage inutile à ce niveau. Il en est autrement pour les portions sud, centre et nord d'une trouée (Denslow et al. 1990 ; Demetry 1995 ; Palik et al. 1997 ; York et al. 2003). Par conséquent, quatre secteurs ont été installés et délimités en tenant compte des positions géographiques mentionnées précédemment (Figure 1). Afin d'obtenir un espacement suffisant entre chaque secteur à l'intérieur d'une trouée, les dimensions suivantes ont été attribuées aux différentes zones de reboisement en tenant compte de leur positionnement : i) 2 x 10 m pour les secteurs sud (S), nord (N) et en nord extérieur (NE) et ii) 4 x 8 m pour la portion centrale (C) (Figure 1).

Les 42 trouées sélectionnées dans le cadre du projet, six par propriétaire, ont été reboisées avec du chêne rouge, du pin blanc et du cerisier tardif, trois essences bien adaptées au climat régional et au dépôt dominant du piedmont Lanaudois. Les semis utilisés provenaient de la pépinière de Berthierville et étaient adaptés aux sous-régions écologiques 3ct et 3cm. La densité du reboisement dans les trouées était de l'ordre de 2 500 plants à l'hectare (2 x 2 m). Le reboisement de quatre semis par essence dans les positions sud, nord et nord-est et de cinq semis en milieu de trouée, tous distribués de façon aléatoire, a permis d'obtenir le nombre nécessaire de plants vivants après une saison de croissance (trois individus par essence et par position) pour mener à bien les analyses statistiques.

Les paramètres évalués

À la fin du printemps 2005, peu de temps après le reboisement et juste avant le débourrement des plants, trois semis de chêne rouge, de pin blanc et de cerisier tardif ont été sélectionnés aléatoirement au niveau de chaque position (soit un total de 1 508 plants) et identifiés afin de les distinguer de la régénération naturelle et d'en assurer le suivi à moyen terme. Au même moment, des données de croissance - la hauteur (hauteur initiale) et le diamètre au collet (diamètre initial) - ont été prises sur tous les plants suivis.

Après une saison de croissance, c'est-à-dire en septembre 2005, la hauteur et le diamètre au collet ont été remesurés en plus de noter l'état (mort ou vivant) des semis ainsi que la présence de broutage et de mortalité terminale. Les proportions de mortalité, de broutage et de mortalité terminale pour les trois essences ont été calculées pour chaque position à l'intérieur de chacune des trouées.

Tableau 2. Description des trouées avec la nature de leur dépôt de surface

Propriétaire	Caractéristiques des trouées				Nature des dépôts		
	No	Dimension (m)	Exposition	Pente (%)	Type	Pierrosité	Épaisseur (cm)
Bournival (A)	1	E-O(32),N-S(33)	-	-	1aY	Forte	50-100
	2	E-O(31),N-S(31)	E-O	0-5	1aY	Forte	50-100
	3	E-O(20),N-S(22)	N-S	0-5	1aY	Forte	50-100
	4	E-O(34),N-S(31)	N-S	5-10	1aY	Forte	50-100
	5	E-O(20),N-S(21)	E-O	0-5	1aY	Forte	50-100
	6	E-O(23),N-S(21)	E-O	5-10	1aY	Forte	50-100
Lafortune (B)	7	E-O(20),N-S(20)	E-O	15-25	1a	Nulle	> 100
	8	E-O(32),N-S(37)	N	10-15	1a	Nulle	> 100
	9	E-O(30),N-S(32)	-	-	1aY	Nulle	50-100
	10	E-O(21),N-S(25)	E-O	0-5	1aY	Nulle	50-100
	11	E-O(34),N-S(33)	E-O	15-25	1aY	Nulle	50-100
	12	E-O(26),N-S(20)	E-O	15-25	1aY	Nulle	50-100
Quévillon (C)	13	E-O(32),N-S(34)	E-O	0-5	R1a	Forte	< 50
	14	E-O(20),N-S(20)	E-O	0-5	R1a	Forte	< 50
	15	E-O(33),N-S(33)	-	-	R1a	Forte	< 50
	16	E-O(34),N-S(34)	N	0-5	R1a	Forte	< 50
	17	E-O(21),N-S(21)	-	-	R1a	Forte	< 50
	18	E-O(20),N-S(21)	E-O	0-5	R1a	Forte	< 50
Homsy I (D)	19	E-O(34),N-S(35)	N-S	0-5	1aY	Forte	50-100
	20	E-O(34),N-S(30)	NO-SE	5-10	1aY	Forte	50-100
	21	E-O(30),N-S(29)	N-S	0-5	1aY	Forte	50-100
	22	E-O(22),N-S(20)	N-S	0-5	1aY	Forte	50-100
	23	E-O(20),N-S(20)	O-E	5-10	1aY	Forte	50-100
	24	E-O(24),N-S(20)	O-E	35	1aY	Forte	50-100
Homsy II (E)	25	E-O(34),N-S(34)	O-E	15-25	1aY	Forte	50-100
	26	E-O(32),N-S(32)	N-S	5-10	1aY	Forte	50-100
	27	E-O(34),N-S(34)	N-S	5-10	1aY	Forte	50-100
	28	E-O(20),N-S(22)	N-S	0-5	1aY	Forte	50-100
	29	E-O(23),N-S(22)	O-E	0-5	1aY	Forte	50-100
	30	E-O(20),N-S(20)	O-E	0-5	1aY	Forte	50-100
Lessard (F)	31	E-O(23),N-S(20)	S-N	0-5	1a	Forte	> 100
	32	E-O(36),N-S(34)	N-S	0-5	1a	Forte	> 100
	33	E-O(35),N-S(35)	E-O	5-10	1a	Forte	> 100
	34	E-O(20),N-S(20)	S-N	5-10	1a	Forte	> 100
	35	E-O(35),N-S(35)	E-O	5-10	1a	Forte	> 100
	36	E-O(21),N-S(20)	-	-	1a	Forte	> 100
Paquin (G)	37	E-O(33),N-S(34)	N-S	0-5	1a	Forte	> 100
	38	E-O(32),N-S(32)	Butte	5-10	1a	Forte	> 100
	39	E-O(31),N-S(32)	Butte	15-20	1a	Forte	> 100
	40	E-O(19),N-S(21)	E-O	10-15	1a	Forte	> 100
	41	E-O(19),N-S(22)	E-O	10-15	1a	Forte	> 100
	42	E-O(19),N-S(22)	E-O	15-20	1a	Forte	> 100

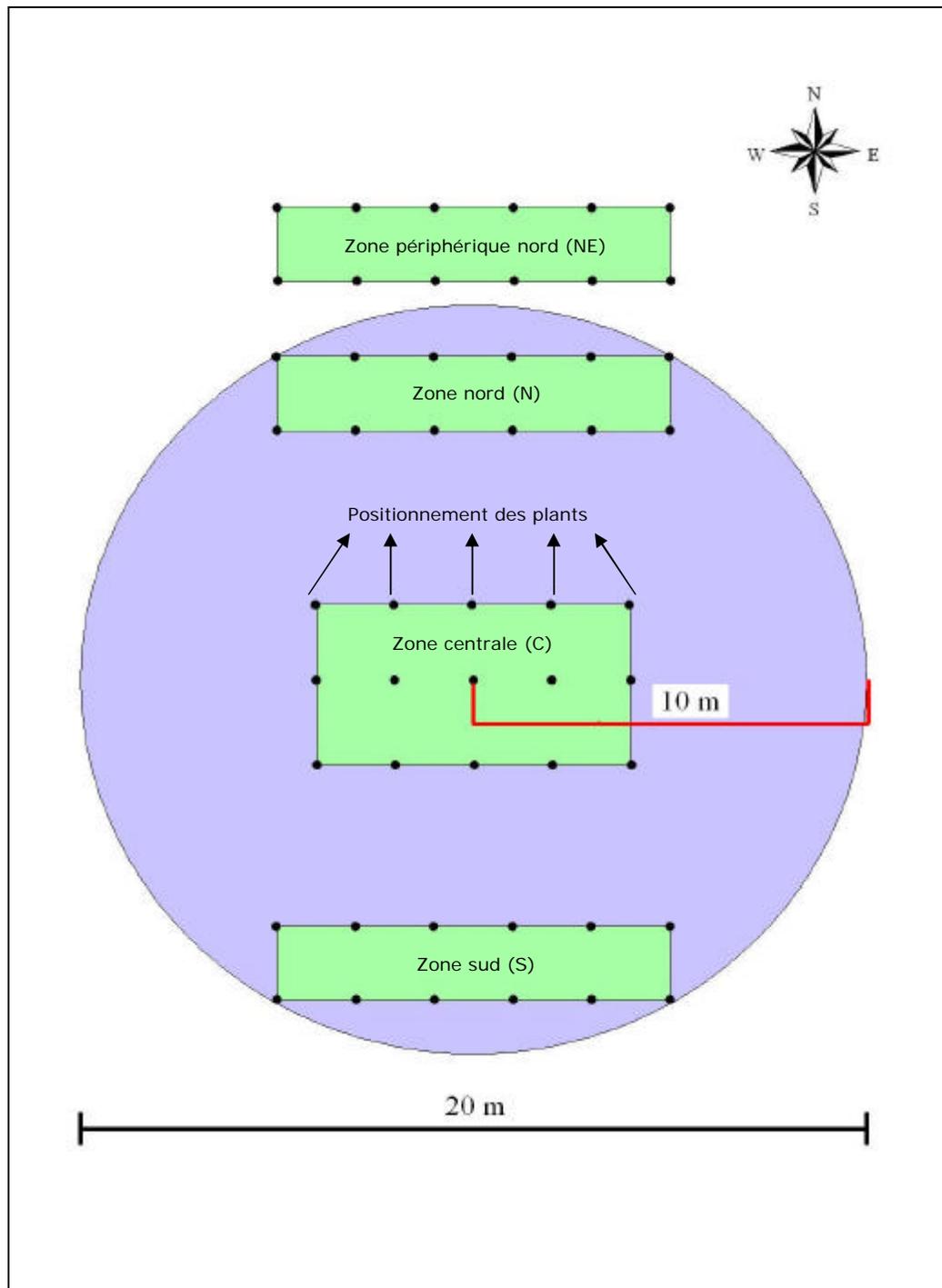


Figure 1. Exemple d'une parcelle échantillon de 10 m de rayon utilisée dans le dispositif expérimental.

Analyses statistiques

Les données de ce projet de recherche ont été analysées avec l'aide du logiciel NCSS 2001 (Hintze 2002). L'effort d'échantillonnage pour ce dispositif expérimental a été établi à partir de la distribution de Fisher-Snedecor. Ainsi, il a été évalué qu'un nombre de six

peuplements s'avérait suffisant pour avoir des résultats statistiques précis. Par soucis de sécurité, nous avons tout de même opté pour un échantillonnage de huit peuplements. Toutefois, pour des raisons de non-conformité, un des peuplements sélectionnés a du être éliminé avant analyses et aucun résultat n'est présenté pour ce dernier.

Dans le dispositif expérimental retenu, les peuplements au nombre de 7 représentaient les blocs alors que le diamètre des trouées et le positionnement des plants dans celles-ci correspondaient aux facteurs principaux de variation. Dans le but de détecter l'effet des facteurs principaux, plusieurs types d'analyses de variance (ANOVA) ont été utilisés. D'abord, l'effet de chaque source de variation (Peuplement, Diamètre, Position) a été testé isolément (tableaux présentés dans le corps du texte). Ensuite, des ANOVA ont été réalisées dans un contexte où la variabilité entre bloc (c'est-à-dire entre les peuplements) était soustraite de l'erreur expérimentale (Tableau 3), et ce afin de tester l'effet d'interaction entre les facteurs principaux (Dimension et Position). Tous les résultats de ces dernières ANOVA sont présentés dans les annexes 1, 2 et 3 pour éviter la surcharge de tableaux dans le texte. L'importance et le sens des relations entre le broutage et la mortalité terminale avec les hauteurs et les diamètres initiaux ont été évalués avec les coefficients de corrélation de Spearman. Un seuil alpha de 0.05 a été utilisé pour l'ensemble des analyses statistiques. Les comparaisons entre les moyennes ont été réalisées selon la méthode de Bonferoni. Par ailleurs, la signification des différents codes utilisés dans la présentation des résultats est illustrée au Tableau 4.

Il est important de noter qu'un examen de la hauteur initiale et du diamètre initial des plants reboisés a permis de déceler un problème d'uniformité dans l'état initial des plants reboisés. Une exploration plus approfondie des données a démontré que pour chacune des trois essences, un peuplement (différent pour chaque essence) avait été reboisé avec des plants dont l'état initial (hauteur et/ou diamètre) était significativement différent de tous les autres peuplements. Une mise en garde est donc nécessaire au sujet de l'inférence des résultats concernant la croissance en hauteur et en diamètre des semis après une saison de croissance. Cette mise en garde devra également être considérée pour les années à venir. Face à ce problème d'uniformité dans l'état initial des semis, des ANOVA ont également été réalisées en l'absence des données des peuplements responsables de cette situation (un peuplement pour chaque essence). Ces analyses permettaient d'obtenir une confirmation de l'effet des facteurs et de leur interaction une fois que toute source confondante de variation - ici des états initiaux différents entre les peuplements - était omise. Les résultats de ces analyses ne sont pas reportées dans ce document du fait qu'ils convergeaient vers des conclusions analogues. Par ailleurs, le dispositif expérimental retenu a nécessité la réalisation de moyennes de moyennes (moyenne des trois répliquats de chaque diamètre de trouée par propriétaires étant eux même la moyenne des mesures de 3 semis par position). L'inférence statistique ne porte donc pas sur la moyenne des semis individuels, mais bien sur la moyenne d'un ensemble de semis dans la même position. Enfin, un problème d'hétéroscédasticité a aussi été détecté chez les trois essences au niveau de la mortalité suite à la présence d'un très grand nombre de valeurs nulles. Malheureusement, cette problématique n'a pu être corrigée d'aucune manière.

Tableau 3. Sources et degrés de liberté associés au dispositif expérimental utilisé

Sources	Degrés de liberté
Blocs (Peuplements)	6
D (Diamètres des trouées)	1
Blocs x D	6
P (Positions dans les trouées)	3
Blocs x P	18
D x P	3
Erreur	18

Tableau 4. Références aux codes utilisés dans le document

Paramètres	Codes utilisés
Noms des propriétaires	
Bournival	A
Lafortune	B
Quévillon	C
Homsy I	D
Homsy II	E
Lessard	F
Paquin	G
Dimensions des trouées	
10 m	10
17 m	17
Positions dans les trouées	
Sud	S
Centre	C
Nord	N
Périphérie nord	NE

Résultats

Hauteur initiale des semis au moment de la plantation

La moyenne de la hauteur des semis reboisés est respectivement de 65.19, 24.64 et 50.53 cm pour le chêne rouge, le pin blanc et le cerisier tardif. La variabilité de la hauteur chez les plants reboisés est assez importante pour les trois espèces. L'examen de la hauteur de l'ensemble des plants révèlent des écarts de l'ordre de 122.5 cm (18 à 140.5) pour le chêne, de 24.1 cm (13.5 à 37.6) pour le pin et de 78.3 cm (19.0 à 97.3) pour le cerisier. Quant à la hauteur moyenne par propriétaire, elle varie de 59.26 à 72.72 cm pour le chêne, de 23.54 à 26.37 cm pour le pin et de 45.98 à 53.94 cm pour le cerisier (Annexe 4).

L'analyse de la hauteur initiale révèle qu'il y avait des différences significatives, sinon une forte tendance, entre les différents propriétaires et cela pour les trois essences (Tableau 5). Toutefois, ces différences, probablement dues à des différences de lots de semis entre propriétaires au moment de la plantation, sont peu accentuées puisque cet effet n'est pas perceptible au niveau de l'analyse de variance en blocs aléatoires complets (Annexes 1, 2, et 3). De tels résultats impliquent tout de même que les interprétations des inférences statistiques sur la croissance en hauteur des semis après une saison de croissance, et même pour les années ultérieures, devront tenir compte de ces différences à l'état initial. Ce problème de différence de hauteur initiale est également présent chez le cerisier au niveau de la dimension des trouées. Les plants de cette essence ont tendance à être plus grand dans les grandes trouées (Tableau 5 et Figure 2). Par ailleurs, on note chez le chêne rouge un patron de distribution de la hauteur initiale différent entre les trouées de 10 et 17 m pour la position NE en comparaison avec les autres localisations (Figure 3). Cependant, la présence de cette interaction est due au hasard puisque l'ensemble des semis reboisés chez un propriétaire avait la même origine. La présence d'une autre interaction presque significative, cette fois-ci chez le pin blanc, est également attribuable au hasard (Figure 4).

Tableau 5. Présentation des probabilités et des valeurs de F provenant des ANOVA utilisées pour détecter si les plants reboisés de chacune des essences présentaient des différences de hauteur initiale entre les propriétaires, les trouées de dimensions différentes ou encore entre les positions à l'intérieur des trouées

Essence		Propriétaires		Diamètre des trouées		Position dans les trouées	
		Hauteur initiale	Diamètre initial	Hauteur initiale	Diamètre initial	Hauteur initiale	Diamètre initial
Chêne rouge	<i>p</i>	0.0787	0.0000	0.0509	0.4872	0.2418	0.4575
	<i>F</i>	1.93	5.07	3.87	0.48	1.41	0.87
Pin blanc	<i>P</i>	0.0002	0.0000	0.0495	0.3161	0.9131	0.2752
	<i>F</i>	4.64	6.58	3.92	1.01	0.18	1.30
Cerisier tardif	<i>p</i>	0.0118	0.0000	0.0751	0.5543	0.7309	0.6424
	<i>F</i>	2.84	5.36	3.21	0.35	0.43	0.56

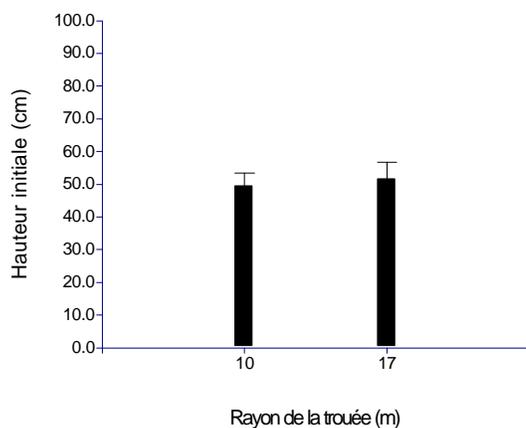


Figure 2. Hauteur initiale des semis de cerisier tardif en fonction de la dimension des trouées.

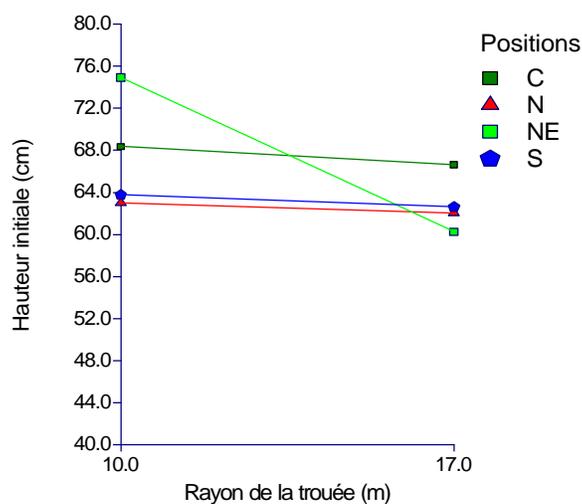


Figure 3. Hauteur initiale des semis de chêne rouge en fonction de la dimension des trouées et de la position dans celles-ci.

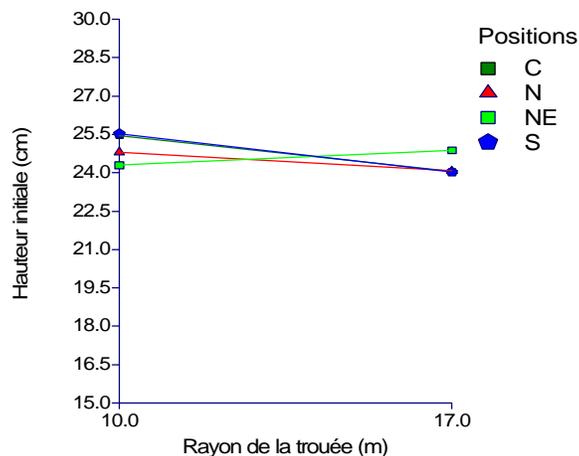


Figure 4. Hauteur initiale des semis de pin blanc en fonction de la dimension des trouées et de la position dans celles-ci.

Hauteur des semis après une saison de croissance

Il n'existe aucune différence de hauteur chez les semis de chêne après une saison de croissance entre les peuplements, les trouées de différentes dimensions et la position des plants à l'intérieur des trouées (Annexe 1). Les hauteurs moyennes des plants de chêne et de cerisier au niveau de chaque peuplement après une saison de croissance sont inférieures aux valeurs mesurées lors de la plantation (Annexe 4). En ce qui concerne le pin blanc, la hauteur des semis après une saison de croissance, plus élevée que celle notée au moment de la plantation et ce pour tous les peuplements (32.01 à 39.29 cm), est significativement différente entre les propriétaires mais également entre certaines positions (Annexe 2 et Figures 5 et 6). La différence de hauteur observée entre les peuplements ne semble pas due à l'état initial puisque ce ne sont pas nécessairement les mêmes peuplements qui présentent les plus grandes hauteurs après une saison de croissance (Figure 5 et Annexe 4). Ainsi, la significativité de l'inférence à ce niveau est imputable au plus petit gain en hauteur des semis observé après un an chez Paquin (peuplement G). En ce qui concerne l'effet de la position dans les trouées pour le pin, on note une hauteur plus petite dans la partie nord extérieur (NE) après une saison de croissance en comparaison avec les trois autres localisations (Figure 6).

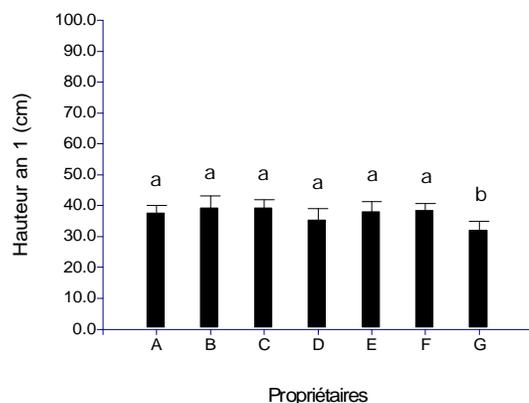


Figure 5. Hauteur des semis de pin blanc chez chacun des propriétaires après une saison de croissance.

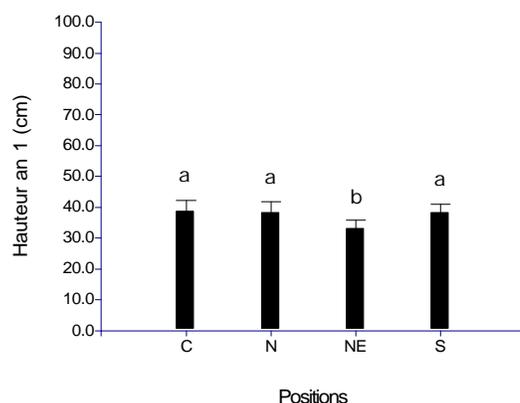


Figure 6. Hauteur des semis de pin blanc en fonction de la position dans les trouées.

Diamètre initial des semis au moment de la plantation

Le diamètre moyen des semis reboisés est respectivement de 8.29, 6.07 et 5.10 mm pour le chêne, le pin et le cerisier. Au même titre que la hauteur initiale, l'examen du diamètre de l'ensemble des plants révèle des écarts importants de l'ordre de 2.35 mm (6.91 à 9.26) pour le chêne, de 0.88 mm (5.56 à 6.44) pour le pin et de 1.47 mm (4.19 à 5.66) pour le cerisier. Les diamètres moyens par propriétaire vont de 7.53 à 9.34 mm pour le chêne, de 5.34 à 6.51 mm pour le pin blanc et de 4.44 à 5.67 mm pour le cerisier (Annexe 4).

Il est normal que la prise de données de croissance sur les semis immédiatement après la plantation révèle aussi des différences de diamètre pour les trois essences entre les différents propriétaires (Tableau 5) puisque ce paramètre est fortement corrélé à la croissance en hauteur. Toutefois, ces différences sont peu accentuées pour toutes les essences puisque l'on constate la présence uniquement de tendances au niveau des ANOVA en blocs aléatoires complets (Annexes 1 et 2). Au même titre que la hauteur initiale, les interprétations des analyses de variance portant sur la croissance en diamètre des semis après une saison de croissance, et même pour les années ultérieures, devront être effectuées avec prudence. Par ailleurs, on observe pour le chêne un patron de distribution du diamètre initial différent entre les trouées de 10 et 17 m au niveau de la position centrale (C) (Figure 7). La présence de cette interaction ou encore de l'effet position en ce qui concerne le cerisier ne peut être attribuée qu'au hasard.

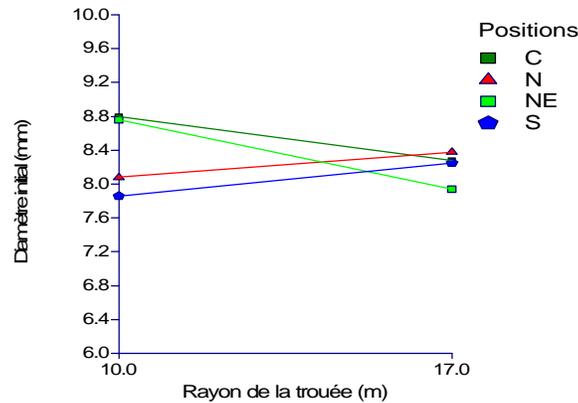


Figure 7. Diamètre initial des semis de chêne rouge en fonction de la dimension des trouées et de la position dans celles-ci.

Diamètre des semis après une saison de croissance

Les diamètres moyens des plants des trois essences reboisées au niveau de chaque propriétaire sont tous supérieurs, après une saison de croissance, aux valeurs mesurées lors de la plantation (Annexe 4). Ce constat est particulièrement évident pour le pin blanc. Le diamètre moyen des semis reboisés après une saison de croissance est respectivement de 8.77, 7.37 et 6.04 mm pour le chêne, le pin et le cerisier, ces valeurs correspondant à des gains de croissance de l'ordre 5.8, 21.4 et 18.4%. Quant aux diamètres moyens par propriétaire, ils vont de 8.52 à 9.78 mm pour le chêne, de 7.37 à 8.05 mm pour le pin et de 5.66 à 6.45 mm pour le cerisier (Annexe 4).

Les différences presque significatives observées chez le chêne et le pin entre certains peuplements au niveau du diamètre initial se sont estompées après une saison de croissance, alors qu'un effet de la localisation des semis dans la trouée sur la croissance diamétrale est apparu (Annexes 1 à 3). Cet effet montre pour le moment que la périphérie nord des trouées est moins favorable que les autres positions pour le développement du diamètre des semis de pin blanc (Figure 8). Une tendance similaire est observée chez le cerisier, alors qu'un diamètre plus grand semble caractériser les semis de pin situés en milieu de trouées (Figures 9 et 10).

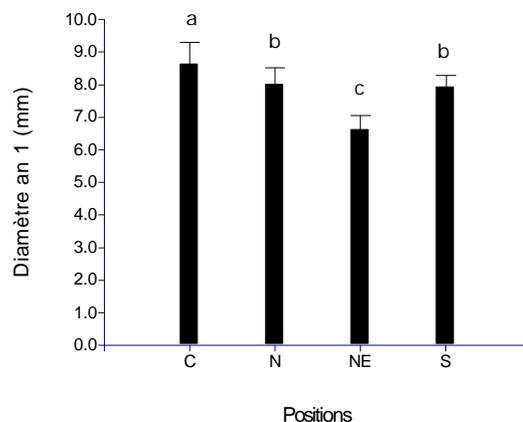


Figure 8. Diamètre des semis de pin blanc après une saison de croissance en fonction des positions dans les trouées.

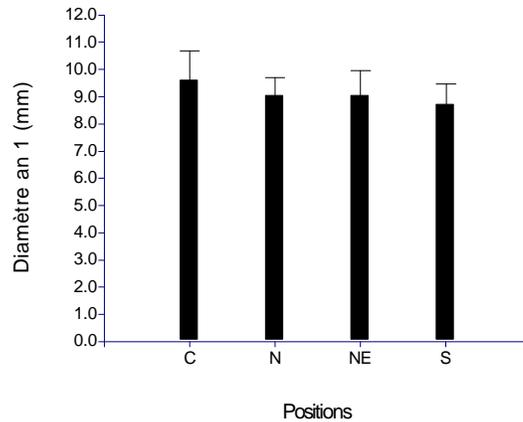


Figure 9. Diamètre des semis de chêne rouge après une saison de croissance en fonction des positions dans les trouées.

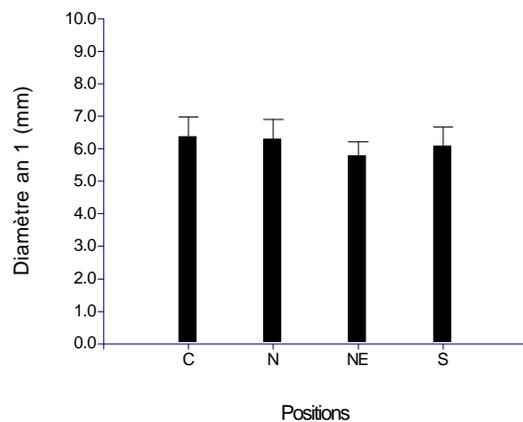


Figure 10. Diamètre des semis de cerisier tardif après une saison de croissance en fonction des positions dans les trouées.

La mortalité

La mortalité observée dans les trouées après la première saison de croissance est faible chez chacune des essences reboisées avec des taux avoisinant 4.07% pour le chêne, 1.59% pour le pin et 1.19% pour le cerisier. Aucun des peuplements reboisés ne présente un pourcentage de mortalité supérieur à 9% lorsque toutes les essences sont confondues. Les propriétaires Lafortune (B) et Homsy II (E) présentent les taux de mortalité les plus élevés pour le chêne. Quant à Bournival (A) et Paquin (G), ils présentent les taux de mortalité les plus élevés respectivement pour le pin blanc et le cerisier.

Les résultats des ANOVA en blocs aléatoires complets (Annexes 1 à 3) et des ANOVA à un seul facteur (Tableau 6) ne montrent aucune différence de mortalité entre les peuplements, les trouées de différentes dimensions et la position des plants à l'intérieur de ces mêmes trouées, et ce pour les trois essences.

Tableau 6. Présentation des probabilités et des valeurs de F provenant des ANOVA utilisées pour déterminer la force des inférences au niveau des propriétaires, de la dimension des trouées et de la position dans celles-ci sur les proportions de mortalité, de broutage et de mortalité terminale

Essence		Propriétaires			Diamètre des trouées		
		Mortalité	Broutage	Mortalité terminale	Mortalité	Broutage	Mortalité terminale
Chêne rouge	<i>p</i>	0.3402	0.0000	0.2195	0.9236	0.8494	0.8155
	<i>F</i>	1.14	20.18	1.40	0.01	0.04	0.05
Pin blanc	<i>P</i>	0.5548	0.0358	0.4849	0.1994	0.5965	0.7045
	<i>F</i>	0.82	2.32	0.92	1.66	0.28	0.14
Cerisier tardif	<i>p</i>	0.0710	0.0207	0.0000	0.1535	0.4209	0.1360
	<i>F</i>	1.98	2.58	6.13	2.06	0.65	2.24
Essence		Positions dans les trouées					
		Mortalité	Broutage	Mortalité terminale			
Chêne rouge	<i>p</i>	0.1048	0.0624	0.3558			
	<i>F</i>	2.08	2.49	1.09			
Pin blanc	<i>P</i>	0.1217	0.0000	0.2719			
	<i>F</i>	1.96	10.87	1.31			
Cerisier tardif	<i>p</i>	0.2043	0.0373	0.2116			
	<i>F</i>	1.55	2.89	1.52			

Le broutage

L'intensité du broutage varie d'une essence à l'autre mais aussi entre les peuplements pour une même essence. Ainsi, la proportion de plants broutés de chêne pour l'ensemble du dispositif est de 18.66% avec des niveaux oscillant entre 1.38 à 48.61% entre les différents peuplements (Annexe 4). Les propriétaires Homsy I (D) et II (E) présentent les plus fortes proportions de broutage pour cette espèce suivi de Lessard (F). Pour le pin blanc, le taux général de broutage est relativement faible avec 3.87% et aucun peuplement ne dépassant la barre du 10%. Les peuplements de Homsy I (D) et Paquin (G) montrent les taux de broutage les plus élevés pour cette espèce. L'herbivorie affecte également de façon significative les plants de cerisier tardif avec un taux général dépassant les 9%. Parmi tous les peuplements reboisés, on note des taux de broutage se situant entre 2.77% et 20.14% (Annexe 4), les propriétaires les plus touchés étant Homsy I (D), Lafortune (B) et Paquin (G).

Les résultats des ANOVA en blocs aléatoires complets montrent que le niveau de broutage chez le chêne rouge varie significativement entre les peuplements et qu'aucune différence n'existe chez les trois espèces entre les trouées de dimensions différentes (Annexes 1 à 3 et Figure 11). Les différences de niveau d'herbivorie sur le chêne entre les peuplements dévoilées par l'ANOVA à facteur unique (Tableau 6) s'avèrent peu accentuées puisque cet effet n'est pas perceptible au niveau de l'ANOVA en blocs aléatoires complets (Annexe 1). Par ailleurs, la localisation des semis à l'intérieur des trouées semble influencer le niveau de broutage chez toutes les essences, particulièrement le cerisier tardif (Tableau 6 et Annexes 1 à 3). Ainsi, les plants de cerisier localisés au centre des trouées sont davantage broutés que ceux situés en périphérie nord (NE) (Figure 12). Cette tendance s'observe également

pour le chêne alors que chez le pin on observe un phénomène plutôt opposé où le broutage le plus intensif a lieu à l'extérieur de la trouée (Figures 13 et 14).

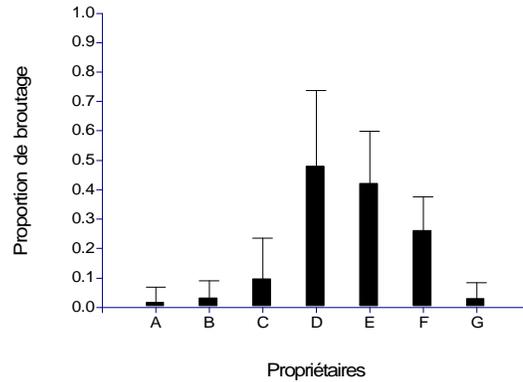


Figure 11. Proportion de broutage des semis de chêne rouge chez les différentes propriétaires à la fin de la première saison de croissance.

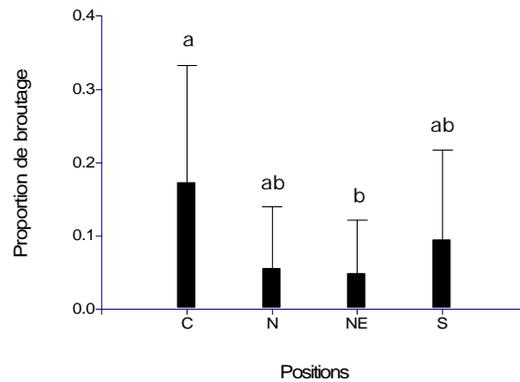


Figure 12. Proportion de broutage des semis de cerisier tardif selon le positionnement dans les trouées à la fin de la première saison de croissance.

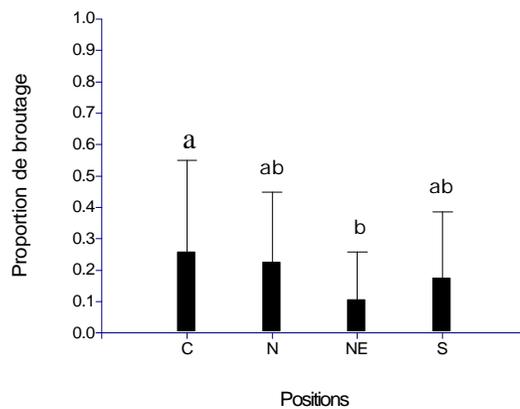


Figure 13. Proportion de broutage des semis de chêne rouge selon le positionnement dans les trouées à la fin de la première saison de croissance.

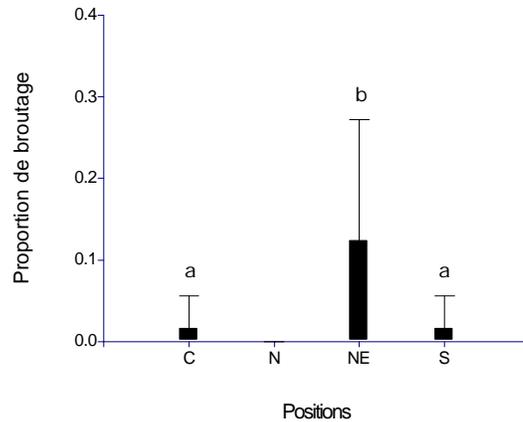


Figure 14. Proportion de brouillage des semis de pin blanc selon le positionnement dans les trouées à la fin de la première saison de croissance.

Mortalité terminale

Au même titre que le brouillage, la mortalité terminale est beaucoup plus présente chez les essences feuillues, avec respectivement 71.76% et 49.31% des semis de chêne et de cerisier touchés, en comparaison avec le pin blanc où ce phénomène s'avère plutôt rare (0.99%). Par ailleurs, la variabilité entre les peuplements est particulièrement élevée pour le cerisier (29.17 à 70.83%) (Annexe 4), où les propriétaires Lessard (F) et Paquin (G) présentant les taux les plus élevés, si on la compare avec celle observée chez le chêne (62.5 à 79.17%) ou encore le pin blanc (0 à 2.78%).

Les résultats des ANOVA en blocs aléatoires complets montrent uniquement que la mortalité terminale chez le cerisier a tendance à se comporter différemment au niveau de certains peuplements et entre les deux dimensions de trouées (Annexes 1 à 3 et Figures 15 et 16). La forte présence de mortalité terminale du cerisier chez Lessard (F) semble expliquer la tendance observée au niveau des peuplements (Figure 15). Quant aux plants localisés dans les trouées de 17 m, ils donnent l'impression d'être plus touchés que ceux situés dans les trouées de dimension inférieure (Figure 16).

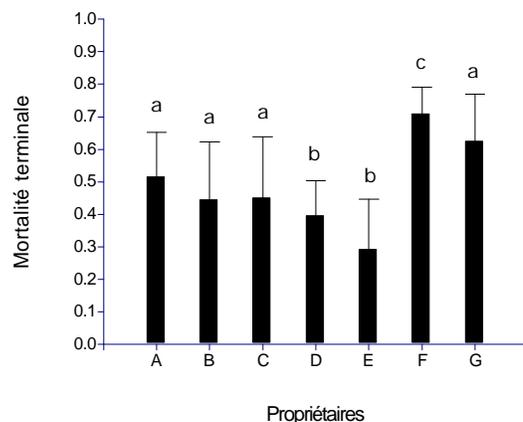


Figure 15. Proportion de mortalité terminale des semis de cerisier tardif chez les différents propriétaires à la fin de la première saison de croissance.

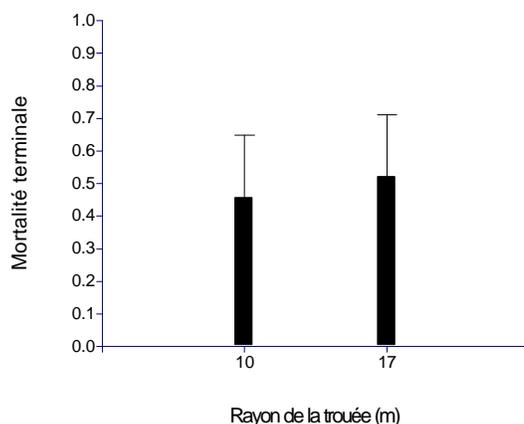


Figure 16. Proportion de mortalité terminale des semis de cerisier tardif en fonction de la dimension des trouées à la fin de la première saison de croissance.

Relations entre l'état initial des semis et l'herbivorie et la mortalité terminale

L'utilisation des coefficients de corrélation de Spearman entre les données de croissance et le broutage ou la mortalité terminale révèle chez le chêne rouge que le broutage ou la descente de cime augmente avec la dimension initiale des plants (Tableau 7). Un résultat similaire est noté pour le cerisier à partir du diamètre initial des plants. Par ailleurs, c'est plutôt une relation négative qui caractérise le diamètre initial des plants de pin blanc et la proportion de broutage. Le fait que le sens des relations entre le broutage et les données de croissance initiales soit resté similaire pour toutes les essences après une saison de croissance soutient l'idée à savoir que, bien que parfois très répandue sur le territoire d'étude, l'herbivorie fut de façon générale de faible intensité (Tableau 7).

Tableau 7. Coefficients de corrélation de Spearman entre l'état initial des semis de chêne rouge, de pin blanc et de cerisier tardif et leur niveau d'herbivorie et de mortalité terminale après une saison de croissance

Paramètres	Chêne rouge		Pin blanc		Cerisier tardif	
	Broutage	Mortalité terminale	Broutage	Mortalité terminale	Broutage	Mortalité terminale
Diamètre initial	0.3238	0.1203	-0.4451	0.0062	-0.0707	0.4208
	0.0149	0.3771	0.0006	0.9638	0.6045	0.0012
Hauteur initiale	0.1983	0.5043	-0.0729	-0.0021	0.0935	0.1376
	0.1429	0.0000	0.5935	0.9875	0.4931	0.3120
Diamètre an 1	0.2786	-0.1884	-0.4742	-0.0604	0.2754	0.0306
	0.0376	0.1428	0.0002	0.6583	0.0399	0.8229
Hauteur an 1	0.2735	0.2306	-0.5134	-0.1426	0.1456	-0.2302
	0.0414	0.0873	0.0000	0.2946	0.2842	0.0878

Discussion

Les différences significatives de hauteur et de diamètre observées au moment du reboisement entre certains peuplements pour toutes les essences sont imputables en partie au hasard mais aussi à la procédure d'approvisionnement. Sur ce dernier point, il est à noter que le ramassage des plants à la pépinière de Berthierville, par les conseiller forestiers, a eu lieu sur une plage de temps relativement longue. Ce décalage au niveau de la récupération des plants a eu pour conséquence possible un reboisement avec des semis de plus faible dimension par les premières équipes des conseillers forestiers. Cette situation s'explique par le fait que les plants de plus faible dimension sont plus faciles à reboiser et que les budgets alloués à ce type de traitement sylvicole sont fixes, c'est-à-dire indépendants de la dimension des plants. Par ailleurs, cette variabilité de la distribution de l'état initial des semis est également liée au hasard puisque les peuplements impliqués diffèrent selon l'espèce reboisée. Le hasard constitue aussi la seule raison valable pouvant expliquer la distribution plus ou moins aléatoire observée au niveau de la hauteur initiale et du diamètre initial des plants entre certaines positions ou encore entre les trouées de dimensions différentes. En effet, dans ces cas précis, la source d'approvisionnement était la même pour chaque propriétaire.

Suite au constat d'un problème de distribution aléatoire des plants, l'interprétation des résultats touchant la hauteur et le diamètre après une saison de croissance a été faite avec précaution afin de s'assurer que les effets observés ne soient pas liés à une problématique d'état initial des semis. Cependant, la forte présence à la fois du broutage et de la mortalité terminale chez les essences feuillues reboisées a eu pour conséquence d'uniformiser la hauteur après une saison de croissance, et par le fait même d'évacuer le problème de différences dans l'état initial des semis.

Pour le pin blanc, le fait que les plants les plus hauts après une saison de croissance ne soient pas nécessairement ceux qui étaient les plus grands initialement donne davantage de poids à l'inférence statistique. La petite taille des semis de pin blanc observée chez Paquin semble davantage liée à la qualité du site qu'à une présence accrue du broutage ou de la mortalité terminale dans ce secteur. Par ailleurs, le fait que la croissance en hauteur des semis de pin blanc soit fortement associée à la position dans la trouée (c'est-à-dire par la disponibilité en lumière) n'est guère surprenant puisque cette essence est considérée comme étant une espèce héliophile ou encore semi-tolérante à l'ombre. Les gains de croissance en diamètre chez le chêne et le cerisier, malgré une présence importante du broutage et de la mortalité terminale chez ces espèces, suggèrent que ces phénomènes ont soit affectés graduellement ou encore de façon subite mais tardivement les plants, permettant ainsi le développement du système racinaire et dans une moindre mesure une certaine croissance diamétrale. Le plus faible gain de croissance diamétrale observé chez le chêne par rapport au cerisier ou au pin blanc s'explique aisément par les très forts taux de broutage (appétence élevée pour le chevreuil) et de mortalité terminale notés chez cette essence. Par ailleurs, il n'est guère surprenant d'observer chez le cerisier tardif et le pin blanc, tous deux essences héliophiles, une croissance diamétrale qui augmente avec le niveau d'ensoleillement journalier, celui-ci étant le plus élevé dans la portion centrale des trouées, suivi des secteurs nord, sud et finalement en sous-couvert. Des résultats similaires ont été observés par certains chercheurs pour différentes espèces (Denslow et al. 1990 ; Demetry 1995 ; Palik et al. 1997 ; York et al. 2003). Pour le chêne rouge, un patron légèrement différent semble prendre place après seulement une saison de végétation avec une croissance assez intéressante notée au niveau de la portion nord extérieur. Il semble donc que les conditions lumineuses en périphérie nord de la trouée puissent se rapprocher de l'optimal de la capacité photosynthétique (environ 30% de la pleine lumière) chez cette essence semi-tolérante (Sander 2006).

La faible mortalité observée chez les trois essences reboisées constitue un bon indicateur de la qualité du reboisement qui a été effectué dans le cadre de ce projet. Bien que très présent chez le chêne et le cerisier, il semble que le broutage ait été effectué de façon peu

agressive sur les plants expliquant ainsi les faibles taux de mortalité observés. La forte capacité du chêne rouge et du cerisier tardif à produire des pousses proleptiques suite à la mortalité terminale vont également dans ce sens. Le niveau d'appétence élevé du chêne rouge, et dans une moindre mesure du cerisier tardif, pour le cerf de Virginie explique les forts taux de broutage observés chez ces essences. Les différences notables de broutage du chêne rouge observées entre certains peuplements peuvent être associées à l'importance de certaines populations régionales de cervidés. Les résultats de cette étude montrent également que le repérage des plants est beaucoup plus aisé dans les trouées qu'en sous-couvert. Cette situation s'explique probablement de deux façons : 1) premièrement, l'absence d'un couvert végétal bien développé dans les trouées (absence de compétition) et 2) deuxièmement, par la routine de déplacement des cervidés qui utilisent les trouées et les chemins qui les relie comme axes de déplacement. Quant au niveau de broutage plus élevé du pin blanc sous couvert, cette situation s'explique par le fait que cette espèce a été broutée plutôt par le lièvre d'Amérique que par le cerf de Virginie. Ainsi, ce petit mammifère a une stratégie d'alimentation fort différente de celle du cerf en n'accédant que très rarement aux milieux ouverts. Il a plutôt tendance à se nourrir dans les lisières boisées où le couvert de fuite est rapidement accessible. La présence d'une forte mortalité terminale chez le chêne peut s'expliquer de plusieurs façons. Un choc post-reboisement issu de la grande dimension initiale des plants, d'où un déséquilibre entre le système racinaire et la portion épigée de la tige, combiné ou non à des conditions climatiques non favorables après plantation peut occasionner un tel phénomène. En fait, il est connu que les jeunes plants de chêne rouge ont la capacité de sacrifier, en partie ou en totalité et en présence de conditions jugées préjudiciables (feu, gel, broutage, etc.), leur partie épigée en faveur de l'établissement du système racinaire. Par ailleurs, le chêne rouge est également très sensible au développement de la moisissure racinaire lors de la production en pépinière. Une fois les plants récupérés à la pépinière, cette moisissure peut se développer rapidement sur le système racinaire des plants à reboiser lorsque le délai avant la plantation est trop long et que la température extérieure est trop élevée, situation qui s'est probablement produite dans le cadre de cette étude.

Conclusion

L'IQAFF est heureuse de participer au projet (mise en place et suivi) sur l'enrichissement en essences de feuillus nobles et de pin blanc à l'intérieur de trouées effectuées dans des peuplements faiblement stockés en essences feuillues de qualité dans la région de Lanaudière. On observe déjà après une première saison de croissance des résultats forts intéressants bien qu'il soit trop tôt pour émettre des recommandations, certaines tendances observées risquant d'évoluer tout autrement avec le temps (York et al. 2003). Toutefois, nous sommes déjà en mesure de voir que ce projet aura des répercussions intéressantes sur l'acquisition de nouvelles connaissances sur les problématiques liées à l'enrichissement en essences nobles en milieu naturel. Il est également intéressant de constater le fort niveau d'implication dans ce projet de l'Agence régionale des forêts privées de Lanaudière, des propriétaires de lots privés et des différents partenaires municipaux.

Références

- Beaudet, M. et C. Messier. 1997.** Le bouleau jaune en peuplements feuillus et mixtes : autoécologie, dynamique forestière et pratiques sylvicoles. Groupe de recherche en écologie forestière (GREF), Université du Québec à Montréal. 56 p.
- Dale, M.E., H.C. Smith et J.N. Pearcy. 1995.** Size of clearcut opening affects species composition, growth rate, and stand characteristics. USDA For. Serv. Res. Pap. NE-698.
- Demetry, A. 1995.** Regeneration patterns within canopy gaps in a giant sequoia-mixed conifer forest : implications for forest restoration. M. Sc. Thesis. Northern Arizona University, Flagstaff, AZ.
- Denslow, J.S., J.C. Schultz, P.M. Vitousek et B.R. Strain. 1990.** Growth responses of tropical shrubs to treefall gap environments. *Ecology* (Tempe) 7: 165-179.
- Gray, A.N. et T.A. Spies. 1996.** Gap size, within-gap position and canopy structure effects on conifer seedling establishment. *J. Ecol.* 84 (5): 635-645.
- Hintze, J. L. 2001.** NCSS 2001. Number cruncher statistical systems. Kayville, Utah.
- Jenkins, M.A. et G.R. Parker. 1998.** Composition and diversity of woody vegetation in silvicultural openings in southern Indiana forests. *For. Ecol. Manage.* 109: 57-74.
- Leak, W.B. et S.M. Filip. 1977.** Thirty-eight years of group selection in New England northern hardwoods. *J. For.* 75 (10): 641-643.
- McClure, J.W. et T.D. Lee. 1993.** Small-scale disturbance in a northern hardwood forest : effects on tree species abundance and distribution. *Can. J. For. Res.* 23: 1347-1360.
- Palik, B.J., R.J. Mitchell, G. Houseal et N. Pederson. 1997.** Effects of canopy structure on resource availability and seedling responses in a longleaf pine ecosystem. *Can. J. For. Res.* 27 (9): 1458-1464.
- Payette, S., L. Filion et A. Delwaide. 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.
- Phillips, D.L. et D.J. Shure. 1990.** Patch-size effects on early succession in southern Appalachian forests *Ecology* 71 : 204-212.
- Robitaille, A. et J.-P. Saucier. 1998.** Paysages régionaux du Québec méridional. Publications du Québec, Sainte-Foy, Québec.
- Runkle, J.R. 1982.** Patterns of disturbance in some old-growth mesic forests of eastern North America. *Ecology* 63(5): 1533-1546.
- Saucier, J.-P., J.F. Bergeron, P. Grondin et P. Robitaille. 1998.** Les régions écologiques du Québec méridional (3e version): un des éléments du système hiérarchique de classification écologique du territoire mis au point par le ministère des Ressources naturelles du Québec. *L'Aubelle* 124: 1-12.
- Smith, H.C. 1981.** Diameters of clearcut openings influence central Appalachian hardwood stem development – a 10-year study. USDA For. Serv. Res. Pap. NE-476.
- York, R.A., J.J. Battles et R.C. Heald. 2003.** Edge effects in mixed conifer group selection openings: tree height response to resource gradients. *For. Ecol. Manage.* 179 : 107-121.

ANNEXES

ANNEXE I

**Résultats des analyses statistiques en blocs aléatoires complets
pour chacun des paramètres mesurés sur les plants de chêne rouge reboisés**

Hauteur initiale des plants – Chêne rouge				
Sources de variation	df	Somme des carrés	F	p
Peuplements (Blocs)	6	871.15	1.00	0.4223
Diamètres (D)	1	300.40	5.21	0.0625
Blocs x D	6	345.67		
Positions (P)	3	310.86	1.26	0.3184
Blocs x P	18	1482.29		
D x P	3	473.74	3.28	0.0450
Erreur	18	867.24		

Diamètre initial des plants – Chêne rouge				
Sources de variation	df	Somme des carrés	F	p
Peuplements (Blocs)	6	18.51	3.55	0.0710
Diamètres (D)	1	0.37	0.53	0.4941
Blocs x D	6	4.18		
Positions (P)	3	1.77	1.00	0.4141
Blocs x P	18	10.56		
D x P	3	3.78	4.35	0.0179
Erreur	18	5.21		

Hauteur an 1 des plants – Chêne rouge				
Sources de variation	df	Somme des carrés	F	p
Peuplements (Blocs)	6	679.38	1.04	0.4076
Diamètres (D)	1	63.68	0.69	0.4393
Blocs x D	6	557.30		
Positions (P)	3	149.84	1.03	0.4025
Blocs x P	18	872.09		
D x P	3	82.76	0.76	0.5291
Erreur	18	650.23		

Diamètre an 1 des plants – Chêne rouge				
Sources de variation	df	Somme des carrés	F	p
Peuplements (Blocs)	6	8.66	0.83	0.4938
Diamètres (D)	1	0.10	0.14	0.7223
Blocs x D	6	4.26		
Positions (P)	3	5.64	2.99	0.0582
Blocs x P	18	11.32		
D x P	3	3.97	2.28	0.1145
Erreur	18	10.47		

Proportion de mortalité – Chêne rouge				
Sources de variation	df	Somme des carrés	F	p
Peuplements (Blocs)	6	0.043	0.90	0.4631
Diamètres (D)	1	0	0	0.9818
Blocs x D	6	0.037		
Positions (P)	3	0.035	1.43	0.2677
Blocs x P	18	0.148		
D x P	3	0.002	0.25	0.8589
Erreur	18	0.047		

Proportion de broutage – Chêne rouge				
Sources de variation	df	Somme des carrés	F	p
Peuplements (Blocs)	6	1.849	5.09	0.0365
Diamètres (D)	1	0.006	0.43	0.5359
Blocs x D	6	0.087		
Positions (P)	3	0.181	3.60	0.0338
Blocs x P	18	0.301		
D x P	3	0.034	0.56	0.6455
Erreur	18	0.363		

Mortalité terminale – Chêne rouge				
Sources de variation	df	Somme des carrés	F	p
Peuplements (Blocs)	6	0.223	0.55	0.6377
Diamètres (D)	1	0.001	0.19	0.6757
Blocs x D	6	0.025		
Positions (P)	3	0.062	0.69	0.5714
Blocs x P	18	0.539		
D x P	3	0.083	1.25	0.3211
Erreur	18	0.398		

ANNEXE II

**Résultats des analyses statistiques en blocs aléatoires complets
pour chacun des paramètres mesurés sur les plants de pin blanc reboisés**

Hauteur initiale des plants – Pin blanc				
Sources de variation	df	Somme des carrés	F	p
Peuplements (Blocs)	6	50.77	2.42	0.1366
Diamètres (D)	1	8.08	1.75	0.2345
Blocs x D	6	27.77		
Positions (P)	3	1.05	0.37	0.7733
Blocs x P	18	16.91		
D x P	3	9.69	2.77	0.0718
Erreur	18	21.03		

Diamètre initial des plants – Pin blanc				
Sources de variation	df	Somme des carrés	F	p
Peuplements (Blocs)	6	7.08	3.96	0.0583
Diamètres (D)	1	0.22	0.58	0.4765
Blocs x D	6	2.29		
Positions (P)	3	0.84	1.73	0.1958
Blocs x P	18	2.91		
D x P	3	0.45	1.49	0.2508
Erreur	18	1.79		

Hauteur an 1 des plants – Pin blanc				
Sources de variation	df	Somme des carrés	F	P
Peuplements (Blocs)	6	325.18	6.49	0.0229
Diamètres (D)	1	0.64	0.10	0.7662
Blocs x D	6	39.55		
Positions (P)	3	298.45	25.11	0.0000
Blocs x P	18	71.32		
D x P	3	19.20	2.30	0.1118
Erreur	18	50.08		

Diamètre an 1 des plants – Pin blanc				
Sources de variation	df	Somme des carrés	F	P
Peuplement (Blocs)	6	4.35	1.93	0.1934
Diamètres (D)	1	0.97	2.82	0.1439
Blocs x D	6	2.05		
Positions (P)	3	30.08	56.44	0.0000
Blocs x P	18	3.20		
D x P	3	0.17	0.46	0.7115
Erreur	18	2.25		

Proportion de mortalité – Pin blanc				
Sources de variation	df	Somme des carrés	F	P
Peuplement (Blocs)	6	0.011	0.42	0.7152
Diamètres (D)	1	0.004	1.41	0.2797
Blocs x D	6	0.015		
Positions (P)	3	0.012	2.00	0.1501
Blocs x P	18	0.037		
D x P	3	0.005	1.24	0.3240
Erreur	18	0.026		

Proportion de broutage – Pin blanc				
Sources de variation	df	Somme des carrés	F	p
Peuplement (Blocs)	6	0.066	1.24	0.3405
Diamètres (D)	1	0.002	0.19	0.6814
Blocs x D	6	0.059		
Positions (P)	3	0.137	5.81	0.0058
Blocs x P	18	0.142		
D x P	3	0.005	0.62	0.6112
Erreur	18	0.053		

Mortalité terminale – Pin blanc				
Sources de variation	df	Somme des carrés	F	p
Peuplement (Blocs)	6	0.008	0.33	0.7725
Diamètres (D)	1	0.0002	0.10	0.7663
Blocs x D	6	0.014		
Positions (P)	3	0.006	1.53	0.2414
Blocs x P	18	0.023		
D x P	3	0.004	1.00	0.4155
Erreur	18	0.025		

ANNEXE III

**Résultats des analyses statistiques en blocs aléatoires complets
pour chacun des paramètres mesurés sur les plants de cerisier tardif reboisés**

Hauteur initiale des plants – Cerisier tardif				
Sources de variation	df	Somme des carrés	F	p
Peuplements (Blocs)	6	329.10	1.01	0.4222
Diamètres (D)	1	62.57	4.24	0.0850
Blocs x D	6	88.45		
Positions (P)	3	32.45	0.60	0.6214
Blocs x P	18	322.80		
D x P	3	26.69	0.49	0.6921
Erreur	18	325.42		

Diamètre initial des plants – Cerisier tardif				
Sources de variation	df	Somme des carrés	F	P
Peuplements (Blocs)	6	7.81	1.47	0.2793
Diamètres (D)	1	0.084	0.37	0.5648
Blocs x D	6	1.35		
Positions (P)	3	0.56	0.85	0.4852
Blocs x P	18	3.93		
D x P	3	0.097	0.11	0.9536
Erreur	18	5.33		

Hauteur an 1 des plants – Cerisier tardif				
Sources de variation	df	Somme des carrés	F	p
Peuplements (Blocs)	6	441.50	1.33	0.3149
Diamètres (D)	1	3.45	0.16	0.7048
Blocs x D	6	131.02		
Positions (P)	3	121.77	1.29	0.3077
Blocs x P	18	565.76		
D x P	3	38.02	0.68	0.5729
Erreur	18	333.09		

Diamètre an 1 des plants – Cerisier tardif				
Sources de variation	df	Somme des carrés	F	P
Peuplements (Blocs)	6	3.68	0.82	0.4984
Diamètres (D)	1	0.18	0.88	0.3851
Blocs x D	6	1.20		
Positions (P)	3	3.04	2.64	0.0808
Blocs x P	18	6.91		
D x P	3	0.16	0.21	0.8886
Erreur	18	4.50		

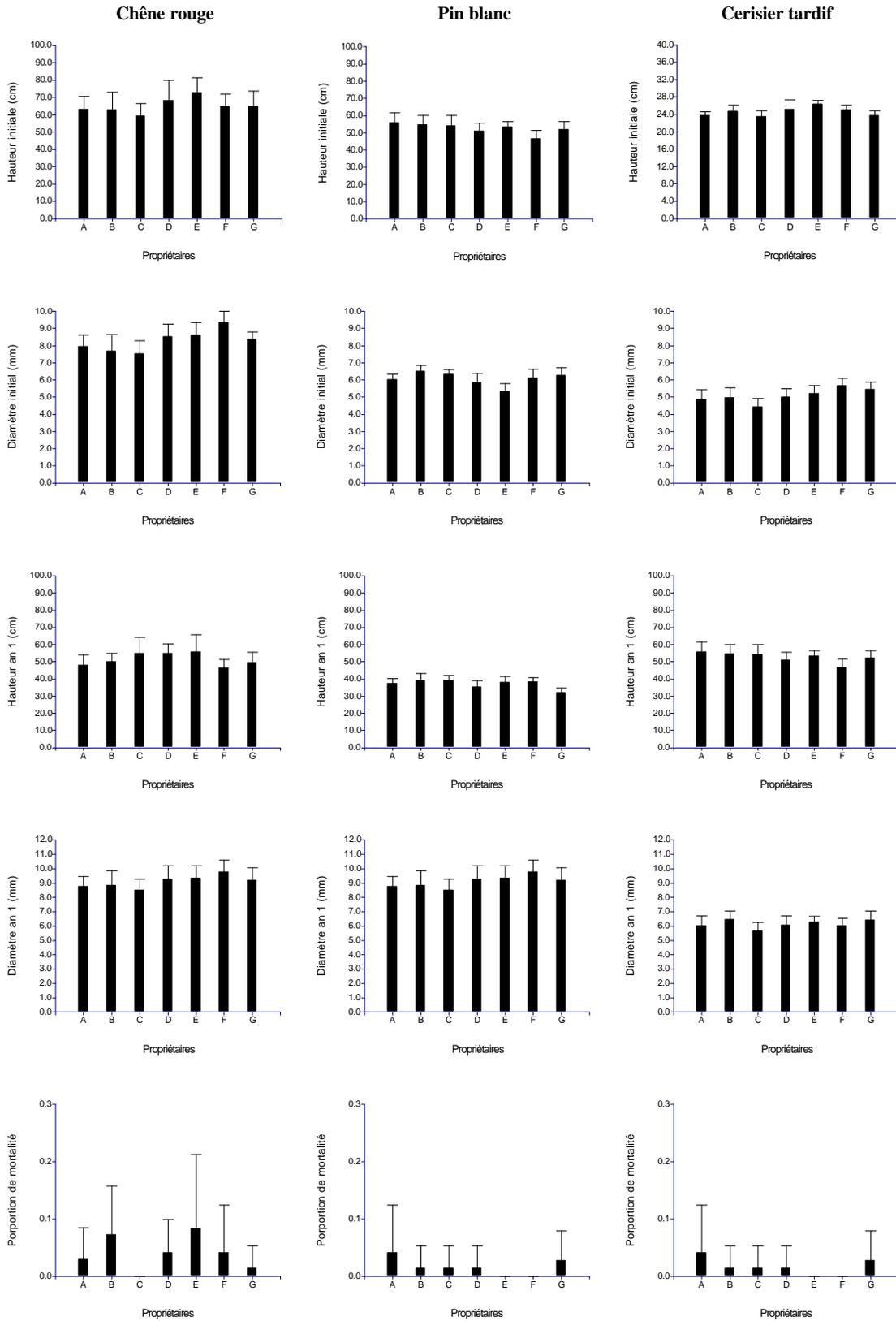
Proportion de mortalité – Cerisier tardif				
Sources de variation	df	Somme des carrés	F	P
Peuplements (Blocs)	6	0.020	0.88	0.4715
Diamètres (D)	1	0.004	3.69	0.1030
Blocs x D	6	0.006		
Positions (P)	3	0.008	1.83	0.1778
Blocs x P	18	0.026		
D x P	3	0.005	1.41	0.2719
Erreur	18	0.022		

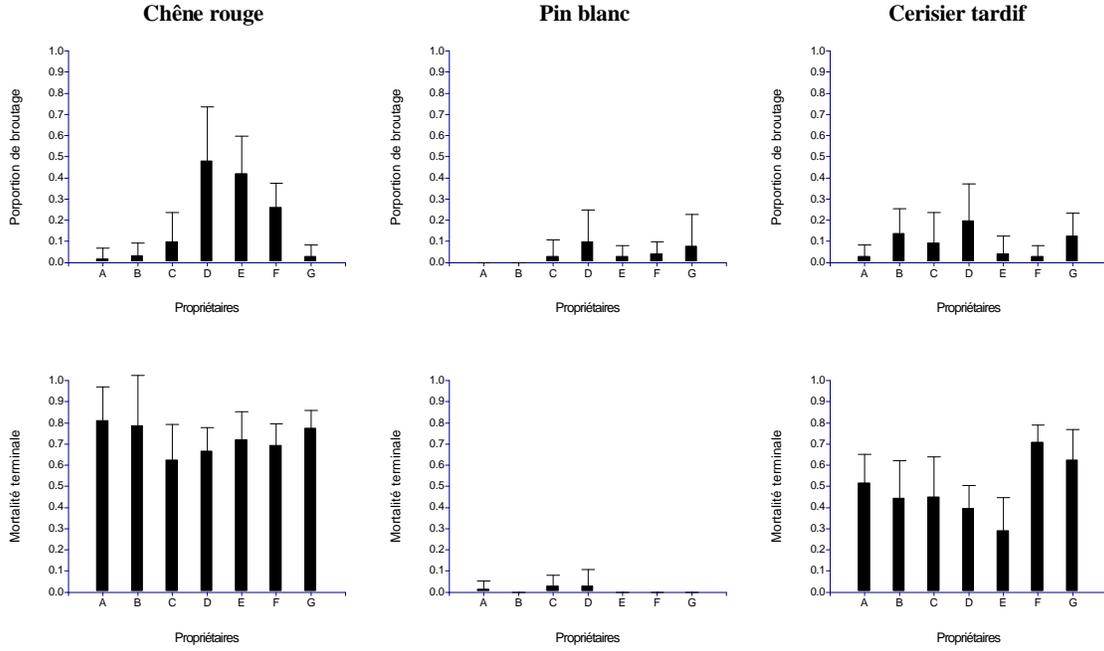
Proportion de broutage – Cerisier tardif				
Sources de variation	df	Somme des carrés	F	P
Peuplements (Blocs)	6	0.197	0.95	0.4424
Diamètres (D)	1	0.009	2.64	0.1551
Blocs x D	6	0.020		
Positions (P)	3	0.136	3.79	0.0288
Blocs x P	18	0.215		
D x P	3	0.038	1.11	0.3709
Erreur	18	0.207		

Mortalité terminale – Cerisier tardif				
Sources de variation	df	Somme des carrés	F	P
Peuplements (Blocs)	6	0.950	3.39	0.0770
Diamètres (D)	1	0.058	4.64	0.0746
Blocs x D	6	0.076		
Positions (P)	3	0.127	1.52	0.2425
Blocs x P	18	0.501		
D x P	3	0.011	0.24	0.8702
Erreur	18	0.280		

ANNEXE IV

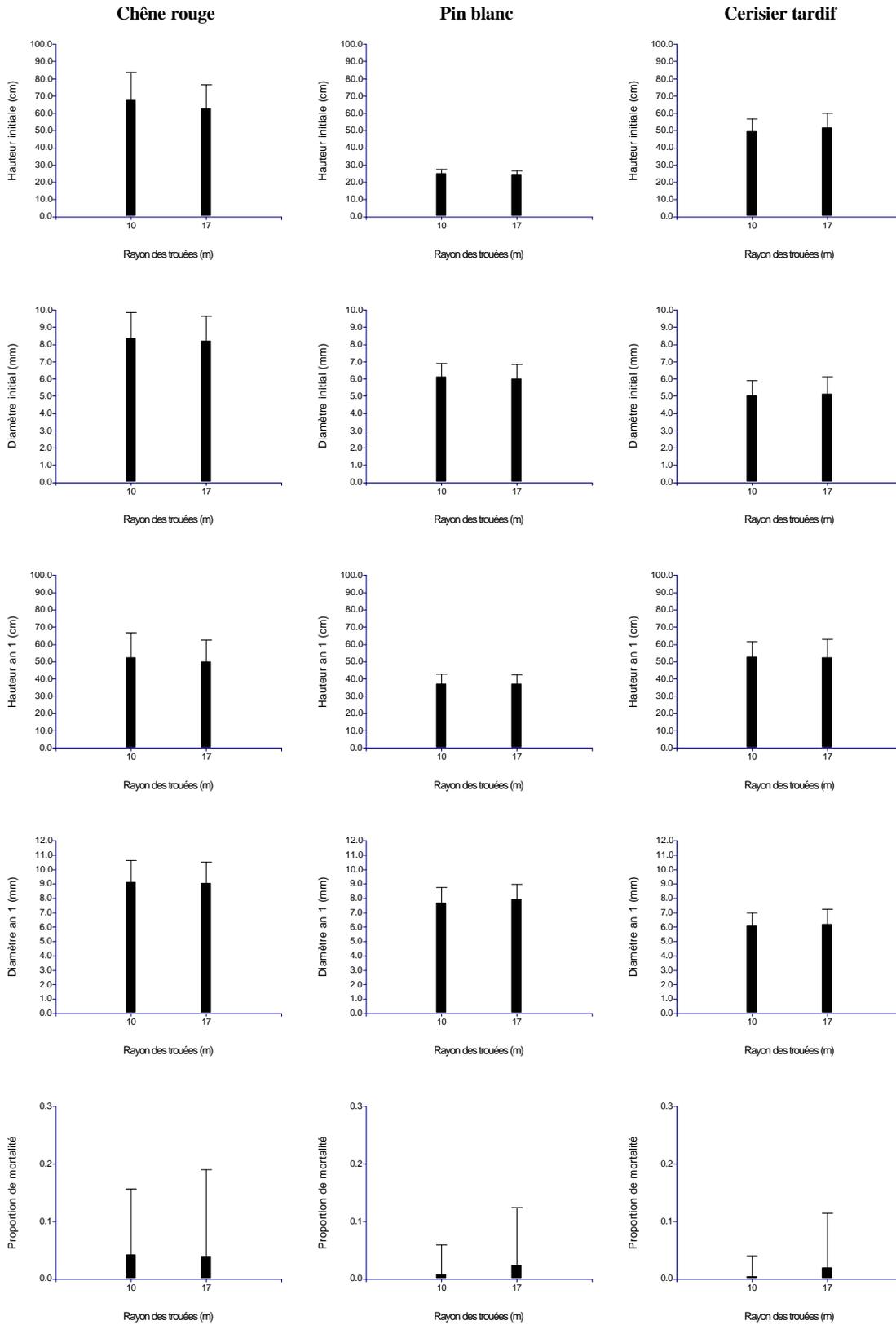
Valeurs moyennes des paramètres mesurés chez le de chêne rouge, le pin blanc et le cerisier tardif pour les différents propriétaires (Moyennes calculées à partir de la moyenne de trois semis par position ; voir le tableau 4 pour les codes)

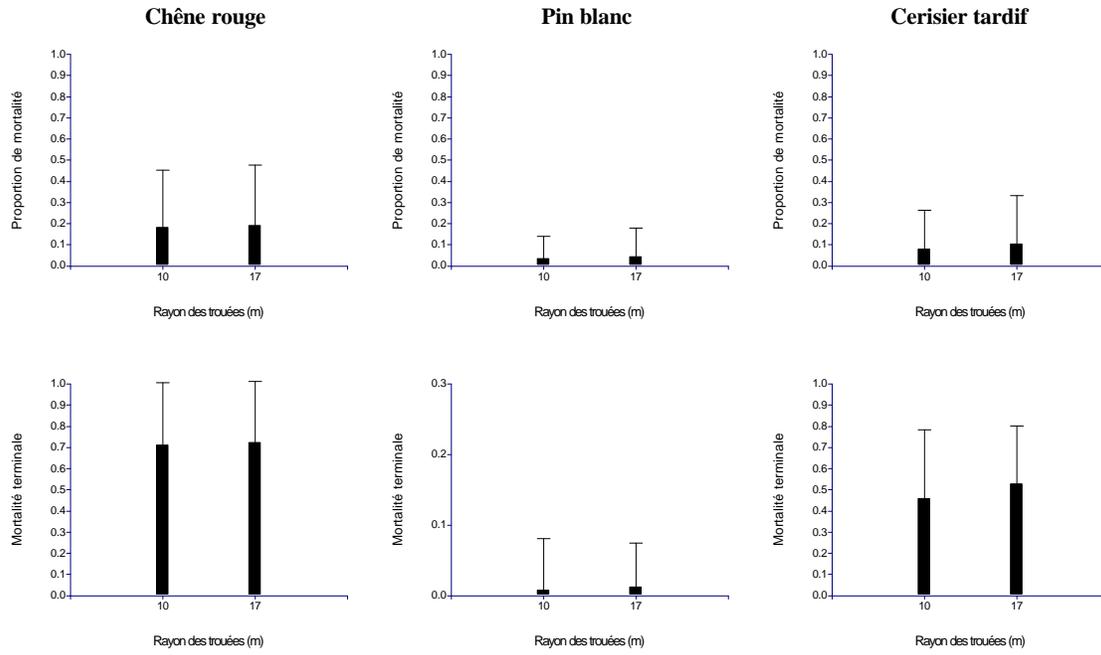




ANNEXE V

Valeurs moyennes des paramètres mesurés chez le de chêne rouge, le pin blanc et le cerisier tardif par dimension des trouées (Moyennes calculées à partir de la moyenne de trois semis par position ; voir le tableau 4 pour les codes)





ANNEXE VI

**Valeurs moyennes des paramètres mesurés chez le de chêne rouge, le pin blanc
et le cerisier tardif par position dans les trouées (Moyennes calculées à partir
de la moyenne de trois semis par position ; voir le tableau 4 pour les codes)**

