

*Évaluation de la croissance et de la mortalité des érablières  
de la région de Lanaudière après jardinage :  
une approche dendrochronologique*

Rapport présenté par :

Éric Forget, ing.f., M. Sc.

Philippe Nolet, M.Sc.

Yves Jardon, Ph.D.

Frédéric Doyon, ing.f., Ph.D.

Institut Québécois d'Aménagement de la Forêt Feuillue



À

M. Alain Bergeron, ing.f.  
Ministère des Ressources naturelles de la Faune et des Parcs  
Unité de gestion Assomption-Matawin

Et

M. Éric Harnois, ing.f.  
Louisiana-Pacifique Canada

Juin 2004

## **Résumé**

### ***Évaluation de la croissance et de la mortalité des érablières de la région de Lanaudière : une approche dendrochronologique***

Éric Forget, ing.f., M. Sc., Philippe Nolet, M.Sc., Yves Jardon, Ph.D., Frédérik Doyon, ing.f., Ph.D.

IQAFF, 58, rue Principale, Ripon, Québec, J0V 1V0

La coupe de jardinage est le traitement sylvicole le plus couramment employé dans les forêts feuillues québécoises. Or, les effets du jardinage sur la croissance, la mortalité et la dynamique de régénération des peuplements forestiers autant à court qu'à long terme sont très mal connus. Réalisée à l'aide d'analyses dendrochronologiques, cette étude vise à enrichir nos connaissances relativement à l'effet de ce traitement sur la croissance des arbres dans les érablières de la région de Lanaudière. Douze peuplements d'érablière et d'érablière à bouleau jaune de la région de St-Donat ont été échantillonnés à l'été 2003 onze années après réalisation des coupes de jardinage par les industriels. Une augmentation de l'ordre de 30 % à 50 % de la croissance diamétrale moyenne des tiges après coupe par rapport à la croissance avant coupe a été obtenue. Les petites tiges de hêtre et de bouleau jaune, les moyennes tiges de hêtre et les grosses tiges de bouleau jaune ont le mieux profiter de l'éclaircie. Les niveaux de croissance du bouleau jaune et du hêtre sont de beaucoup supérieurs à celui de l'érable à sucre sur les sites inventoriés. L'effet d'éclaircie du traitement de jardinage a été presque immédiat et perdure toujours 10 ans après traitement. L'accroissement brut obtenu dans le cadre de cette étude ( $0,43 \text{ m}^2/\text{ha}$ ) est semblable à ceux obtenus ailleurs au Québec. Les taux de mortalité obtenus sont comparables à ceux obtenus par Bédard et Majcen (2003) dans des dispositifs expérimentaux de la DRF mais cependant plus faibles que ceux obtenus par Bédard et Brassard (2002) dans les parcelles d'effets réels. Cet écart est probablement dû à l'exclusion des sentiers de débusquage de l'échantillonnage et à l'aire d'étude située sur de bons sites à érablière. De manière générale, nos résultats suggèrent que le maintien d'une surface terrière plus faible dans les peuplements et l'utilisation de régimes de martelage qui favorisaient l'établissement et la

croissance du bouleau jaune permettrait d'augmenter la productivité de ces forêts. Nos résultats démontrent que les classes de cimes pourraient servir comme indicateur de la croissance lors d'un éventuel martelage positif des tiges à dégager afin d'aider à prévoir la réaction des tiges à l'éclaircie. Des travaux supplémentaires devront être réalisés afin de déterminer la durée complète de l'effet de l'éclaircie et de calibrer les classes de cime pour augmenter leur corrélation avec la croissance des tiges.

## **Remerciements**

Nous tenons en premier lieu à remercier Mary-Ève Drapeau et Louis Tanguay de la firme Opti-Vert qui ont exécuté avec diligence les travaux terrain, ainsi que Srdjan Ostojic, Josée Deslandes et Dominic Sénécal pour la préparation et la lecture des échantillons. Nous souhaitons également témoigner notre reconnaissance à Christian Messier de l'UQAM d'avoir mis ses laboratoires à notre disposition ainsi qu'à François Lorenzetti et Daniel Bouffard de l'IQAFF qui, par leurs conseils judicieux, ont également contribué à la réussite de ce projet.

Ce projet a été réalisé grâce à l'apport financier du ministère des Ressources naturelles de la Faune et des Parcs par le biais de son programme de mise en valeur des ressources du milieu forestier (PMVRMF) Volet I.

## TABLE DES MATIÈRES

<b>RÉSUMÉ.....</b>	<b>II</b>
<b>REMERCIEMENTS.....</b>	<b>IV</b>
<b>LISTE DES FIGURES.....</b>	<b>VI</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX.....</b>	<b>VII</b>
<b>LISTE DES ANNEXES.....</b>	<b>VII</b>
<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
<b>MÉTHODOLOGIE .....</b>	<b>3</b>
LOCALISATION ET CARACTÉRISTIQUES DU SECTEUR D'ÉTUDE.....	3
HISTORIQUE ET CARACTÉRISTIQUES DES PEUPELEMENTS ÉCHANTILLONNÉS.....	3
INSTALLATION DE LA PARCELLE ET PRISE DE DONNÉES .....	4
TRAVAUX DE LABORATOIRE .....	6
<b>ANALYSES.....</b>	<b>7</b>
ACCROISSEMENT EN DIAMÈTRE.....	7
ESTIMATION DE L'ANNÉE DE MORTALITÉ DES TIGES MORTES.....	8
RELATION ANNÉE DE MORTALITÉ VS CARACTÉRISTIQUES DES TIGES MORTES .....	10
ACCROISSEMENT .....	10
<b>RÉSULTATS.....</b>	<b>12</b>
ACCROISSEMENT EN DIAMÈTRE.....	12
ESTIMATION DE L'ANNÉE DE MORTALITÉ DES TIGES MORTES.....	17
TRAITEMENT.....	21
ACCROISSEMENTS ANNUELS BRUT ET NET .....	21
ACCROISSEMENT EN FONCTION DE LA SURFACE TERRIÈRE RÉSIDUELLE.....	24
<b>CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS.....</b>	<b>26</b>
<b>LITTÉRATURE CITÉE.....</b>	<b>28</b>

## **Liste des figures**

Figure 1 - Gauge .....	5
Figure 2 - Classes de cime.....	5
Figure 3 - Croissance diamétrale moyenne en fonction du diamètre pour les périodes avant et après coupe pour les tiges d'érable à sucre et de bouleau jaune.....	14
Figure 4 - Croissance diamétrale moyenne pour les tiges d'érable à sucre de vigueur 1 .....	14
Figure 5 - Croissance en diamètre moyenne par année (1988 à 2002) pour le bouleau jaune, le hêtre et l'érable à sucre des 11 peuplements traités en 1992. La ligne verte identifie l'année à laquelle le traitement de jardinage a été effectué.....	15
Figure 6 - Croissance en diamètre moyenne par année (1988 à 2002) par classe de cime pour l'érable à sucre des 11 peuplements traités en 1992.....	16
Figure 7 – Relation entre l'accroissement en diamètre annuel avant et après coupe et l'indice de compétition évalué à la gauge .....	16
Figure 8 – Mortalité annuelle (la bar indique la surface terrière et le chiffre le nombre de tiges mortes) en fonction du nombre d'année après la coupe .....	17
Figure 9 – Accroissement des survivants, recrutement, mortalité, accroissements brut et net par peuplements .....	22
Figure 10 – Surface terrière annuelle des survivants, des recrues, de la mortalité ainsi que de l'accroissement brut et net pour les strates ER et ERBJ. Les bars indiquent les écarts-types.....	23
Figure 11 – Surface terrière annuelle des survivants, des recrues, de la mortalité ainsi que de l'accroissement brut et net de l'ensemble des douze peuplements échantillonnés. Les bars indiquent les écarts-types. ....	23
Figure 12 – Accroissement des survivants et accroissement net en fonction de la surface terrière du peuplement après coupe.....	25
Figure 13 - Accroissement des survivants en fonction de la surface terrière du peuplement avant et après coupe.....	25

## **Liste des tableaux**

Tableau 1 - Caractéristiques et localisation des parcelles.....	4
Tableau 2 –Accroissement annuel moyen en diamètre (mm) par essence et par période, et changement (%) par rapport à la croissance avant coupe.....	12
Tableau 3 – Résultats de l’analyse de variance à mesures répétées avec comme variable dépendante la croissance des trois périodes quinquennales et l’essence comme facteur .....	13
Tableau 4 – Caractéristiques et année de mortalité des tiges mortes.....	18
Tableau 5 – Surface terrière (m2/ha) avant traitement, après traitement et 10 ans après traitement ainsi que le prélèvement pour les 12 peuplements échantillonnés .....	21

## **Liste des annexes**

Annexe 1 – Analyses dendrochronologiques.....	29
---	----

## **Introduction**

La coupe de jardinage est le traitement sylvicole le plus couramment utilisé dans les forêts feuillues québécoises : les forestiers y ont eu recours pour traiter plus de 400 000 ha de forêt depuis une dizaine d'années. Or, les effets du jardinage sur la croissance, l'évolution de la qualité, la mortalité et la dynamique de régénération des peuplements forestiers autant à court qu'à long terme sont très mal connus. Des différences importantes ont été remarquées entre l'accroissement net après 5 ans des peuplements jardinés par les industriels forestiers (voir Bédard & Brassard 2002) et les prévisions provenant des études de la Direction de la Recherche Forestière (DRF) sur le jardinage (voir Bédard & Majcen 2003; Majcen 1997; Majcen & Richard 1992; Majcen 1995). Bédard et Brassard (2002) ont identifié la mortalité comme étant la cause principale de cet écart. Et le manque à gagner est appréciable : la mortalité représente plus de 70 % de l'accroissement brut comparativement à moins de 35 % dans les dispositifs de la DRF. Selon ces estimations, en supposant ces taux constants, les rotations anticipées de 25 ans se transformeront en rotations de plus de 50 ans, soit une diminution de moitié de la possibilité! L'évaluation des effets réels pour le jardinage par le ministère de la Faune et du Parc du Québec a été effectuée en remesurant après 5 ans des parcelles échantillons établies avant traitement en 1995 et 1996. Dans le cadre de la présente étude nous évaluons l'effet de la coupe de jardinage en utilisant une approche dendrochronologique. La dendrochronologie a comme avantages 1) de permettre l'évaluation de la croissance brut sur une base annuelle, 2) pour une période de 10 ans, 3) en plus de ne pas contraindre l'échantillonnage au nombre et la grandeur des parcelles pré établies.

Il est urgent de connaître avec précision l'effet des traitements de jardinage réalisés au cours des dernières années. Ces nouvelles connaissances nous permettrons d'améliorer l'efficacité des traitements effectués en forêt feuillue et d'augmenter la précision des modèles servant entre autres à calculer la possibilité forestière.

La présente étude vise à évaluer par l'utilisation de la dendrochronologie :

- 1) l'accroissement annuel brut des peuplements jardinés au cours des dix ans suivant la coupe ;
- 2) le taux recrutement des nouvelles tiges ;

- 3) la mortalité annuelle au cours de 10 années suivant la coupe ;
- 4) le délai de réponse de la croissance au traitement ;
- 5) la différence entre les strates ERBJ et ER pour ces 4 processus.

## **Méthodologie**

### **Localisation et caractéristiques du secteur d'étude**

L'étude s'est déroulée dans des peuplements forestiers à proximité du village de St-Donat dans la région de Lanaudière (feuillet 31J08SO et 31J08SE). Ce territoire, situé à une centaine de kilomètres au nord de Montréal, est caractérisé par un relief très accidenté et formé de hautes collines dont l'amplitude altitudinale moyenne atteint près de 200m et la pente moyenne près de 20 % (Robitaille et Saucier 1998). Les tills épais et mince se rencontrent en proportions à peu près égales et couvrent environ le tiers de la superficie (Robitaille et Saucier 1998). Le secteur d'étude fait partie du domaine de l'érablière à bouleau jaune (Gosselin et al. 1999).

### **Historique et caractéristiques des peuplements échantillonnés**

Les peuplements choisis pour l'échantillonnage possèdent les caractéristiques suivantes :

- 1) appellation cartographique ER (érablière) ou ERBJ (érablière à bouleau jaune), B2 (densité 60 % à 80 % et hauteur 17-22 mètres), VIN (peuplement d'âge vieux et de structure inéquienne),<sup>1</sup>
- 2) coupe partielle en 1992 (1990 pour un peuplement) et
- 3) dépôts de till épais.

Les cartes écoforestières du 3<sup>ème</sup> inventaire décennal du MRNFP ont été utilisées pour cibler des peuplements potentiels. L'épaisseur du dépôt de till a fait l'objet d'une validation terrain sur chaque parcelle avant le début de l'échantillonnage. Un total de 12 peuplements ont été échantillonnés à raison de six peuplements pour chacune des strates ER et ERBJ (Tableau 1). Trois parcelles échantillons ont été localisées aléatoirement dans chacun des peuplements pour un total de 36 parcelles de 625 m<sup>2</sup> (rayon de 14,10 mètres). Les parcelles étaient localisées de façon à éviter les zones à forte concentration de sentiers de débusquage.

---

<sup>1</sup> Exceptions : un peuplement était classé d'âge 90 et un autre de densité A.

Tableau 1 - Caractéristiques et localisation des parcelles

Bloc	Parcelle	Strate	Feuillet	GPS_E	GPS_N	Tige Centre*		Date	Année coupe
						Distance (m)	Azimut (°)		
1	1	ERBJ	31J08SE	257 463	5 127 237	1,24	nord	04-nov-03	1992
1	2	ERBJ	31J08SE	257 570	5 127 322	2,04	nord	05-nov-03	1992
1	3	ERBJ	31J08SE	257 668	5 127 212	2,63	nord	05-nov-03	1992
2	4	ER	31J08SO	243 390	5 130 005	1,63	nord	08-nov-03	1992
2	6	ER	31J08SO	243 241	5 130 429	6,98	nord	06-nov-03	1992
2	7	ER	31J08SO	243 373	5 129 842	3,7	nord	08-nov-03	1992
3	8	ER	31J08SO	239 668	5 130 312	4,45	nord	07-nov-03	1992
3	9	ER	31J08SO	239 621	5 130 240	4,2	nord	07-nov-03	1992
3	10	ER	31J08SO	239 686	5 130 142	2,09	nord	07-nov-03	1992
4	11	ERBJ	31J08SO	239 580	5 132 845	2,27	nord	09-nov-03	1992
4	12	ERBJ	31J08SO	239 546	5 132 925	3,71	nord	09-nov-03	1992
4	13	ERBJ	31J08SO	239 469	5 133 006	2,11	nord	09-nov-03	1992
5	14	ERBJ	31J08SO	239 085	5 130 616	2,07	nord	10-nov-03	1992
5	15	ERBJ	31J08SO	239 176	5 130 675	3,64	nord	10-nov-03	1992
5	16	ERBJ	31J08SO	239 232	5 130 442	3,71	nord	10-nov-03	1992
6	17	ERBJ	31J08SO	242 272	5 128 751	2,42	nord	11-nov-03	1992
6	18	ERBJ	31J08SO	242 208	5 128 858	2,8	nord	11-nov-03	1992
6	19	ERBJ	31J08SO	242 240	5 128 956	2,75	nord	11-nov-03	1992
7	20	ERBJ	31J08SO	241 442	5 126 558	2,05	nord	12-nov-03	1992
7	21	ERBJ	31J08SO	241 466	5 126 648	2,45	nord	12-nov-03	1992
7	22	ERBJ	31J08SO	241 567	5 126 545	2,49	nord	12-nov-03	1992
8	23	ERBJ	31J08SO	244 235	5 128 090	2,59	nord	13-nov-03	1992
8	24	ERBJ	31J08SO	244 323	5 128 120	2,01	nord	13-nov-03	1992
8	25	ERBJ	31J08SO	244 346	5 128 033	2,22	nord	13-nov-03	1992
9	26	ER	31J08SE	258 400	5 127 540	1,81	nord	28-nov-03	1992
9	27	ER	31J08SE	258 408	5 127 442	2,07	nord	28-nov-03	1992
9	28	ER	31J08SE	258 395	5 127 350	3,29	nord	28-nov-03	1992
10	29	ER (A2)	31J08SE	257 271	5 127 161	1,55	nord	27-nov-03	1992
10	30	ER (A2)	31J08SE	257 420	5 127 088	2,18	nord	27-nov-03	1992
10	31	ER (A2)	31J08SE	257 520	5 126 985	1,83	nord	27-nov-03	1992
11	32	ER	31J08SE	257 717	5 127 549	1,65	nord	29-nov-03	1992
11	33	ER	31J08SE	257 776	5 127 472	1,85	nord	29-nov-03	1992
11	34	ER	31J08SE	257 865	5 127 401	1,33	nord	29-nov-03	1992
12	35	ER (90)	31J08SO	240 326	5 129 855	2,32	nord	30-nov-03	1990
12	36	ER (90)	31J08SO	240 389	5 129 929	3,15	nord	30-nov-03	1990
12	37	ER (90)	31J08SO	240 336	5 129 981	1,72	nord	30-nov-03	1990

\* Correspond à la distance et l'azimut entre le point central de la parcelle et la tige numéro 1.

### Installation de la parcelle et prise de données

Chacun des arbres vivants de plus de 9 cm dans un rayon de 14,10 mètres du centre de la parcelle a dans un premier temps été numéroté à la peinture. L'essence, le diamètre à hauteur de poitrine, la vigueur (selon le système 1, 2, 3p, 3s, 4) (MRN 2003), le niveau de compétition selon la mé-

thode de la gauge<sup>2</sup> (Figure 1) et le classe de cime (Figure 2) de chacune de ces tiges ainsi que les coordonnées spatiales GPS du point centre étaient consignés. La moitié des tiges présentes dans la parcelle, choisie aléatoirement était carottée (avec un maximum de 12 arbres par parcelle) à raison de trois carottes par arbre prises au diamètre à hauteur de poitrine (DHP). Le diamètre des arbres a été pris à l'aide d'un pied à coulisse. La classification des cimes s'est fait en évaluant la grosseur et la densité actuelles de la cime par rapport à la cime potentiel maximale d'une tige du même diamètre. Les seuils approximatifs sont : A pour 80 % et plus, B 60 à 80 %, C de 30 à 60 % et D de 0 à 30 %.

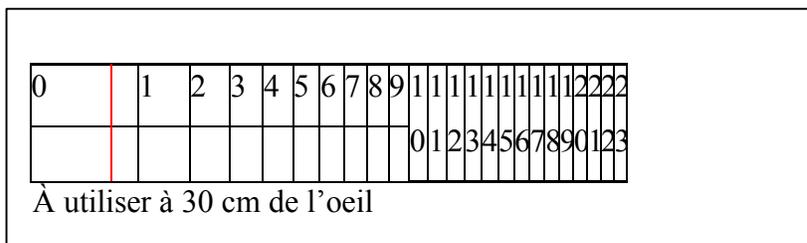


Figure 1 - Gauge

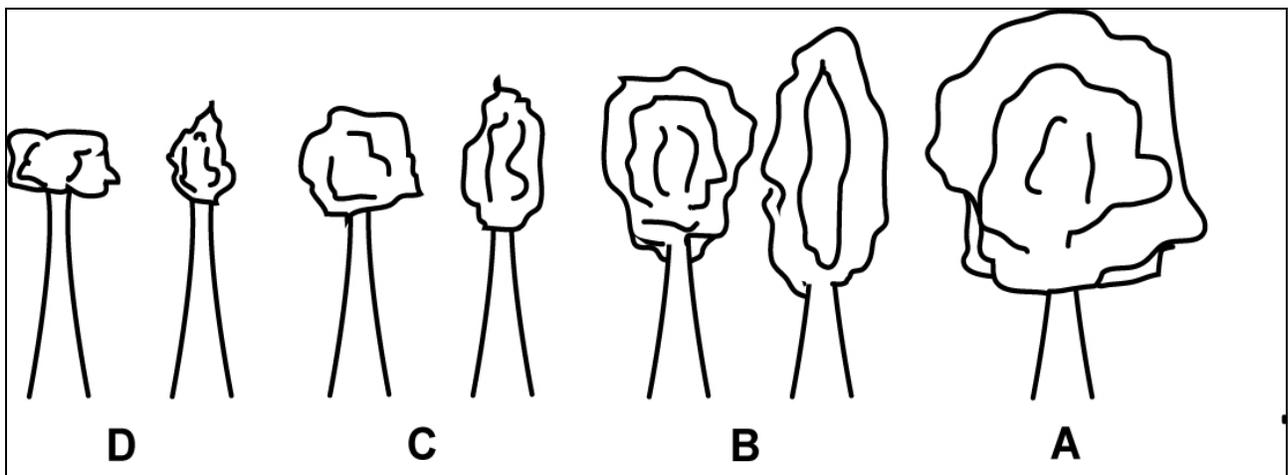


Figure 2 - Classes de cime

Chacun des arbres morts dont la souche se trouvait à l'intérieur de la parcelle était dans un premier temps numéroté, puis l'information suivante consignée : l'essence, le DHP, le type de

<sup>2</sup> Ce système considère à la fois la hauteur relative de chacune des tiges-compétition avec la tige-sujet et le ratio DHP/distance des tiges-compétition.

mortalité (cassure, mort sur pied), la position de l'arbre (debout ou couché), le pourcentage du tronc couvert d'écorce, le pourcentage de l'écorce présente qui est solidement attachée au tronc, le pourcentage de brindilles de moins de 3cm et de moins de 3mm ainsi que le pourcentage de racines fines des arbres renversés. Par la suite, une galette était prélevée au DHP à l'aide d'une scie à chaîne. Dans le cas où le niveau de dégradation de la tige était trop avancé, la galette a été prélevée à un endroit plus sain de la tige. Lorsque le prélèvement était tout simplement impossible, aucune galette n'était prélevée.

Chacune des souches à l'intérieur de la parcelle a été numérotée à la peinture et le diamètre à hauteur de souche (30 cm de hauteur) mesuré. Finalement, deux arbres vivants dominants pour chaque peuplement étaient choisis à l'extérieur des parcelles et une galette de chacun de ces arbres était prélevée afin de développer une chronologie maîtresse.

## Travaux de laboratoire

### *Préparation des échantillons*

Les trois carottes récoltées sur chaque arbre échantillonné ainsi que les galettes des arbres vivants et morts ont dans un premier temps été séchées à l'air libre, puis les carottes ont été collées à des languettes de bois avant d'être sablées successivement avec du papier abrasif de 150 grains/po<sup>2</sup>, 400 grains/po<sup>2</sup> et 600 grains/po<sup>2</sup>.

### *Mesures*

À l'aide d'une binoculaire et d'une table de numérisation électronique, la largeur des cernes des échantillons a été mesurée avec une précision de 10 microns. Le nombre de cernes de croissance mesuré variait en fonction du type d'échantillons : 18 cernes de croissance pour les carottes, 80 pour les galettes d'arbres vivants et 50 pour les galettes d'arbres morts. Deux séries de mesures (rayons) ont été prises sur chacune des galettes d'arbres vivants et sur les galettes d'arbres morts lorsque la qualité de la galette le permettait. Les carottes ou les rayons sur les galettes dont la lecture était impraticable à cause de leur qualité (pourriture, etc.) ont été éliminées. Les fentes ayant apparues lors du séchage ont été mesurées et leur largeur soustraite de la largeur du cerne.

## **Analyses**

La croissance annuelle de chacune des tiges échantillonnées a été évaluée pour les cinq années avant coupe et les 10 années suivant la coupe en faisant la moyenne arithmétique de la largeur des cernes de chacune des trois carottes. Le rétrécissement des carottes lors du séchage a été corrigé en ajoutant à la largeur mesurée des cernes le pourcentage de rétrécissement de l'érable à sucre (*Acer saccharum* Marsh.) selon son axe radial (4,8 % selon Haygreen and Bowyer 1982). Cette valeur de croissance radiale a été multipliée par deux afin d'obtenir une croissance en diamètre.

### Accroissement en diamètre

Pour les analyses de croissance en diamètre, les tiges échantillonnées provenant des 11 peuplements dont la coupe a été réalisée en 1992 ont été utilisées (donc en excluant les tiges du peuplement 12), soient 279 tiges d'érable à sucre, 46 tiges de hêtre (*Fagus grandifolia* Ehrh.), 32 tiges de bouleau jaune (*Betula Alleghaniensis* Britt.) et six des autres essences feuillues (frêne noir (*Fraxinus nigra* Marsh.), érable rouge (*Acer rubrum* L.) et peuplier faux-tremble (*Populus tremuloides* Michx.)). Des compilations ont été réalisées par périodes quinquennales : 1-5 ans avant coupe, 1-5 ans après coupe et 6-10 ans après coupe. Une analyse de variance (ANOVA) à mesures répétées a été calculée afin de vérifier si la croissance varie entre les trois groupes d'essences et entre les trois périodes quinquennales.

Afin de connaître la croissance diamétrale des tiges en fonction de leur diamètre, les tiges ont été regroupées selon quatre classes de diamètre (10-20 cm, 20-30cm, 30-40 cm, 40-50 cm, 50cm et plus) et la moyenne calculée selon les périodes avant et après coupe et par essence. La période avant coupe comprend les cinq années avant coupe alors que la période après coupe est composée des 10 années suivant la coupe. Le même calcul a également été réalisé en utilisant uniquement les tiges d'érable à sucre de vigueur 1.

Une analyse de régression linéaire a été effectuée afin d'évaluer la relation entre la croissance en diamètre des tiges avant et après coupe avec l'indice de compétition mesuré avec la gauge. Afin de diminuer la variabilité au niveau des essences et des tiges, seulement les tiges d'érable à sucre de vigueur 1 ont été utilisées.

Afin d'étudier l'évaluation du taux de croissance au fil des ans, la croissance moyenne par année a été calculée par essence pour les cinq années précédant la coupe et les dix années suivant la coupe. Des compilations de la croissance en diamètre ont aussi été réalisées en calculant la moyenne de la croissance des tiges d'érable à sucre selon les classes de cime.

### Estimation de l'année de mortalité des tiges mortes

#### *Chronologie maîtresse – arbres vivants*

Les échantillons vivants de chaque espèce ont été traités ensemble en vue de vérifier la qualité des mesures, leur datation et la présence de cernes absents ou d'anomalies de mesure. Une chronologie maîtresse a été créée à l'aide des mesures des arbres vivants ainsi validées afin de servir de référence pour dater les arbres morts. Les deux opérations s'effectuent par interdatation à l'aide du logiciel (COFECHA, ITRDB) provenant de l'université d'Arizona à Tucson, Arizona, É.U. Le programme divise les séries mesurées en segments, dans notre cas de 30 ans. Le programme déplace chaque segment le long d'une fenêtre de 21 ans par pas d'un an, soit dix ans avant et dix ans après les mesures datées introduites. Le programme calcule la corrélation entre les mesures à chaque pas. Dans le rapport de sortie, le logiciel indique la meilleure place pour chaque segment en fonction de la moyenne linéarisée. Après correction des séries, l'opération est répétée, ceci jusqu'à l'obtention de résultats optimisés. Parallèlement, une comparaison des courbes, individuelles avec la moyenne est faite à l'écran pour s'assurer que la correspondance trouvée par le logiciel est valable; nous vérifions ainsi la correspondance entre les creux et les pics. De plus, nous déterminons certains cernes caractéristiques permettant de vérifier l'interdatation faites par le logiciel. Les cernes caractéristiques sont des cernes particulièrement étroits ou larges correspondant à des années précises et reflétant des événements marquants : années plus froides ou plus sèches que la normale, épidémies d'insectes, feux, inondations etc.. Nous avons relevé comme cernes étroits caractéristiques pour les feuillus 1953 et 1974 qui correspondraient à des années épidémiques de la livrée des forêts. Pour les résineux nous avons relevé 1976 qui correspond à la dernière épidémie de la tordeuse des bourgeons de l'épinette dans la région (Jardon 2001).

### *Datation des arbres morts*

Après avoir créé une chronologie maîtresse par groupes d'essences des arbres vivants, nous avons daté les arbres morts en suivant le même procédé. Pour les échantillons morts, nous avons déterminé une année de mortalité temporaire correspondante à l'année située au milieu de la dernière fenêtre mobile de 20 ans, soit 1993. Nous avons cherché le pas où la corrélation était la meilleure entre les séries mortes et les séries vivantes. Il est important d'interdater les arbres morts d'une espèce avec des arbres vivants de la même espèce à cause des particularités de croissance de chacune. À défaut, il est possible de comparer les mêmes sous-genres entre eux (feuillu et résineux), mais avec des résultats moins probants. Comme nous n'avons aucune série vivante pour les résineux, une chronologie provenant de la mesure de 18 épinettes blanches pour la même région (Parc du Mont-Tremblant) (Jardon 2001) a servi de comparaison.

### *Difficultés particulières*

Parmi les feuillus, l'érable à sucre est l'espèce la plus difficile à dater au microscope, à mesurer et à interdater. Plusieurs rayons ne pouvant être interdatés ont été rejetés. Le rayon présentant la meilleure corrélation a été retenue comme donnant la meilleure estimation de l'année de mortalité. L'année de mortalité a été admise quand la corrélation obtenue se situait à l'intérieur de l'intervalle de confiance de 99%. Les autres datations ont été considérées comme probables si la correspondance des courbes semblait bonne à l'écran, même si la corrélation dépassait l'intervalle de confiance. La datation par dendrochronologie a une précision de  $\pm 1$  an. Par contre la lecture des cernes de croissance peut poser des difficultés selon l'espèce. Les limites entre le bois final et initial, bois d'automne et de printemps, séparant deux années de croissance peuvent être plus ou moins claires. Chez les résineux la limite abrupte entre les deux cernes est évidente. Cette limite chez le feuillu est beaucoup moins claire. La datation est aussi faussée par la capacité de certaines espèces à produire de cernes absents. Ce phénomène se retrouve principalement chez les espèces d'ombre comme l'érable et comme le sapin et se produit principalement lorsque l'arbre est sujet à un fort niveau de compétition. Les cernes absents peuvent aussi se produire lors de période d'intense défoliation causée par les épidémies d'insectes. Pour contrecarrer ce phénomène il importe d'avoir un nombre important d'échantillons vivants pour identifier toutes les années possibles de cernes absents et pour interdater les arbres morts avec les vivants.

### Relation année de mortalité vs caractéristiques des tiges mortes

Afin de vérifier si une relation existe entre les caractéristiques des tiges mortes et leur année de mortalité telle qu'estimée par dendrochronologie, une analyse de régression multiple a été réalisée en utilisant uniquement les tiges mortes d'érable à sucre. La variable dépendante est le nombre d'années depuis la mort de l'individu et les variables indépendantes sont : le pourcentage de la tige couverte par de l'écorce, le pourcentage de l'écorce solidement attachée à la tige, le pourcentage des branches de 3 cm et moins présentes, le pourcentage de brindilles de moins 3 mm présentes, le niveau de dégradation du bois.

### Accroissement

Voici la définition des paramètres calculés au niveau du peuplement :

- ? Accroissement des survivants : la somme des différences en surface terrière entre 2002 et 1993 (ou 2000 et 1991 pour le peuplement coupé en 1990) des tiges de plus de 9 cm de DHP au moment de la coupe ;
- ? Gain en recrues : surface terrière dix ans après coupe des tiges dont le DHP a dépassé 9 cm au cours des dix années suivant la coupe ;
- ? Accroissement brut : la somme de l'accroissement des survivants et des recrues durant les dix années suivant la coupe ;
- ? Perte en mortalité : somme de la surface terrière des tiges mortes durant les dix années suivant la coupe ;
- ? Accroissement net : accroissement brut moins la mortalité ;
- ? Surface terrière coupée : somme de la surface terrière de la conversion du diamètre à hauteur de souche en DHP de chacune des souches de la parcelle ;
- ? Surface terrière avant coupe : somme de la surface terrière des survivants 10 ans avant coupe, de celles des tiges mortes et des tiges coupées.

L'estimation de l'accroissement des survivants a été réalisée en multipliant l'accroissement des tiges de plus de 9 cm 10 ans avant la coupe mesurées dans chaque parcelle par le ratio de la surface terrière total de la parcelle sur la surface terrière des tiges échantillonnées dans la parcelle. Par exemple, si l'accroissement des tiges mesurées est de 0,2 m<sup>2</sup>/ha/an et que 10 m<sup>2</sup>/ha des 20 m<sup>2</sup>/ha de la parcelle ont été mesurés, l'accroissement total serait de 0,4 m<sup>2</sup>/ha/an. L'estimation

de la surface terrière en recrue s'est fait de la même manière mais en utilisant la surface terrière des recrues (tiges ayant dépassé 9 cm durant les 10 ans suivant la coupe) échantillonnées. La perte de surface terrière annuelle due à la mortalité correspond à la surface terrière des tiges datées par dendrochronologie et dont l'année de mortalité se situe dans les dix années suivant le traitement de jardinage. Une analyse comparative a également été réalisée en considérant comme mortes durant cette période l'ensemble des tiges dont il a été possible de récolter une galette. 354 tiges survivantes et 51 recrues ont été mesurées sur l'ensemble des 36 parcelles. Des compilations ont été réalisées au niveau du peuplement (en faisant la moyenne des trois parcelles), de la strate (la moyenne de 18 parcelles) ainsi que globalement (la moyenne des 36 parcelles). L'accroissement des tiges survivantes, le recrutement et la mortalité ont fait l'objet d'une analyse de variance multivariée (MANOVA) afin de déterminer si une différence significative existe entre les strates ER et ERBJ pour chacun de ces facteurs.

Afin de vérifier la relation entre la croissance d'un peuplement et sa surface terrière résiduelle, une analyse de corrélation linéaire a été effectuée. La croissance des peuplements a été évaluée en termes 1) d'accroissement en surface terrière absolue des tiges survivantes et 2) d'accroissement annuel net.

L'ensemble des analyses statistiques ont été effectuées à l'aide du logiciel NCSS (Hintze 1999). Les tests sont reconnus comme significatifs lorsque leur seuil est inférieur ou égal à 0,05.

## **Résultats**

### **Accroissement en diamètre**

Une augmentation de l'ordre de 30 % à 50 % de la croissance en diamètre annuelle moyenne des tiges après coupe par rapport à la croissance avant coupe a été obtenue pour l'érable à sucre, le hêtre et le bouleau jaune (Tableau 2). Le hêtre semble profiter le mieux de l'éclaircie; alors que sa croissance était comparable à celle du bouleau jaune avant coupe, elle l'excède par 0,58 mm/an en moyenne durant les dix années ultérieures à la coupe. L'écart de croissance entre le hêtre et l'érable à sucre qui était de 0,79 mm/an avant coupe passe à 1,42 mm/an pour les 10 ans suivant la coupe. Les résultats de l'analyse statistique démontrent qu'une différence significative de la croissance existe entre les groupes d'essences et entre les différentes périodes quinquennales, et confirme qu'il existe une interaction entre l'essence et la période (Tableau 3). D'autre part, il est difficile de tirer des conclusions à partir du groupe des autres feuillus puisqu'il compte seulement six tiges et comprend plusieurs essences.

Tableau 2 – Croissance annuelle moyenne en diamètre (mm) par essence et par période, et changement (%) par rapport à la croissance avant coupe

Essence	5 années avant coupe (mm/an)	1 à 5 ans après coupe		6 à 10 ans après coupe		Nombre de tiges
		(mm/an)	(%)	(mm/an)	(%)	
Érable à sucre	1,98	2,79	+41 %	2,80	+41 %	279
Hêtre	2,77	4,10	+48 %	4,29	+55 %	46
Bouleau jaune	2,71	3,43	+27%	3,74	+38 %	32
Autres feuillus	2,92	2,91	-0 %	2,98	+2 %	6
<b>Moyenne pondérée</b>	<b>2,16</b>	<b>3,02</b>	<b>+40 %</b>	<b>3,07</b>	<b>+42 %</b>	<b>363</b>

Tableau 3 – Résultats de l'analyse de variance à mesures répétées avec comme variable dépendante la croissance des trois périodes quinquennales et l'essence comme facteur

Variables	Degrés de liberté	Somme des carrés	F-Ratio	Probabilité
Essence	2	260	27,5	<0,001
Tiges (Essence)	396	1870		
Période	2	140	91,99	<0,001
Essence * Période	4	13	4,29	0,002
Tiges (Essence) * Période	789	601		
Erreur	0			
Total	1193	2966		

Les patrons de croissance en fonction du diamètre diffèrent considérablement entre les essences (Figure 3). De manière générale, l'écart entre la croissance avant et après traitement va en diminuant avec l'augmentation du diamètre des tiges. C'est dans la classe de 10-20 cm et pour le hêtre et le bouleau jaune que la différence entre la croissance des tiges avant et après traitement est la plus grande : 2,36 mm pour le hêtre, 2,67 mm pour le bouleau jaune et 1,25 mm pour l'érable à sucre. Pour la classe 20-30 cm, l'écart entre les taux de croissance est considérablement réduit pour le bouleau jaune et l'érable à sucre alors que pour le hêtre l'écart observé pour la classe précédente est presque maintenu. Il est intéressant de noter que c'est le bouleau jaune, l'essence la moins tolérante à l'ombre, qui maintient le plus grand écart entre les courbes avant et après coupe pour les tiges de 25 cm et plus. De manière générale, ce sont les petites tiges de hêtre et de bouleau jaune, les moyennes tiges de hêtre et les grosses tiges de bouleau jaune qui semblent le plus profiter de l'éclaircie provoquée par une coupe de jardinage.

Si l'on ne considère que les tiges d'érable à sucre de vigueur 1, le patron est observé est semblable à celui de l'ensemble des tiges d'érable à sucre mais avec un écart plus grand entre la croissance avant et après traitement des tiges de 10-20 cm. Aussi, les croissances mesurées sont beaucoup plus fortes, passant par exemple de 1,4 mm à 1,8 mm et de 2,7 mm à 3,2 mm respectivement pour les périodes avant coupe et après coupe pour ces mêmes tiges (Figure 4). Ces résultats sont comparables à ceux de Majcen (2003) qui, dans des dispositifs expérimentaux du sud du Québec et pour toutes essences confondues, a constaté des différences significatives entre la croissance des tiges survivantes des secteurs coupés avec celles des secteurs témoins seulement pour les tiges de 9 à 30 cm.

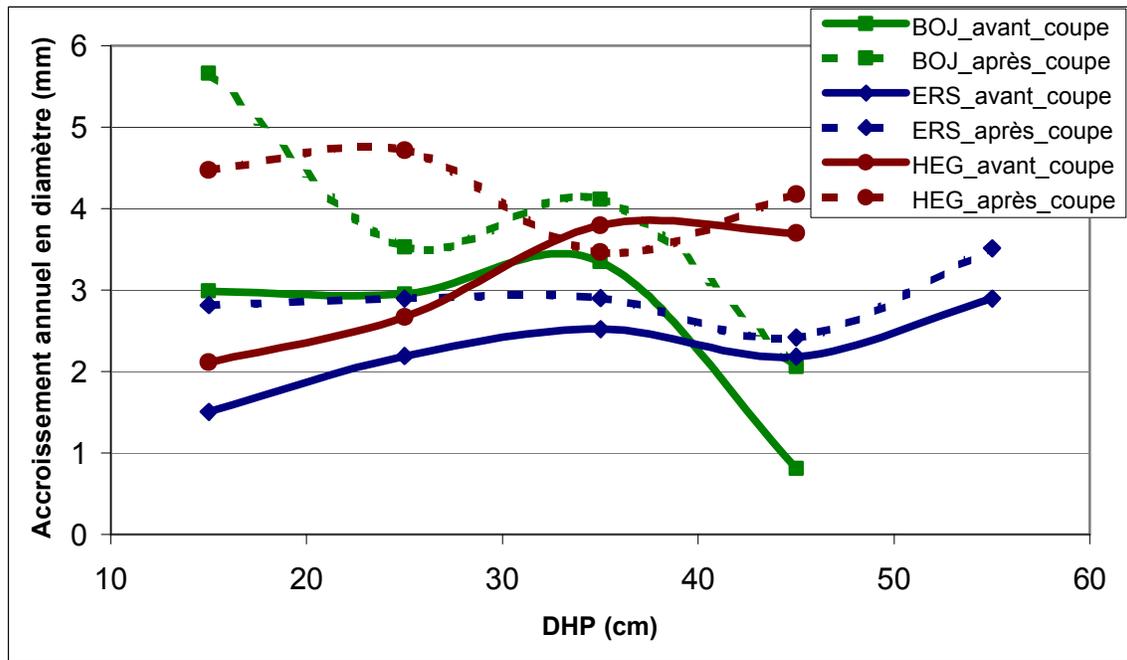


Figure 3 - Croissance diamétrale moyenne en fonction du diamètre pour les périodes avant et après coupe pour les tiges d'érable à sucre et de bouleau jaune

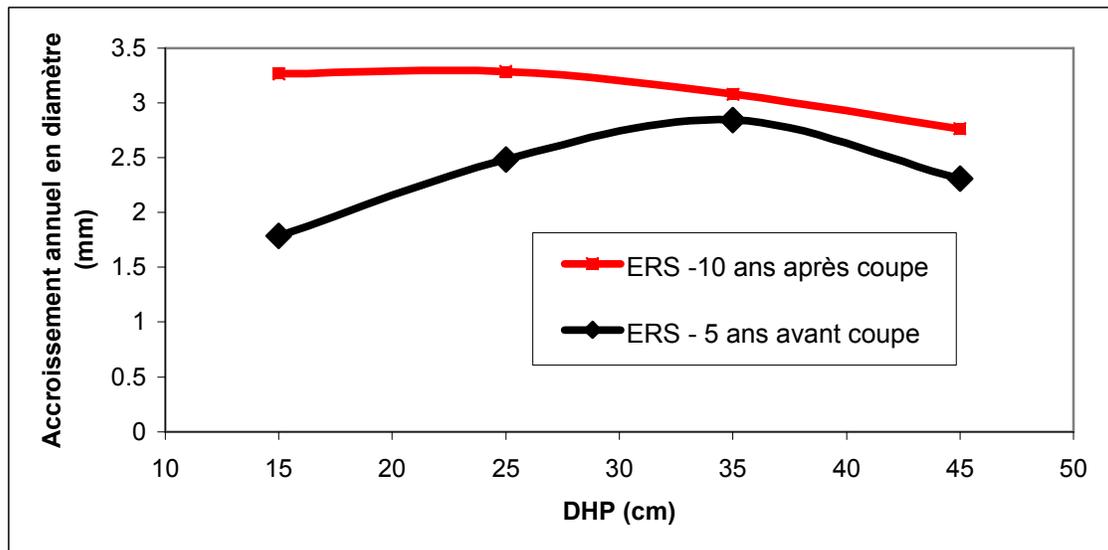


Figure 4 - Croissance diamétrale moyenne pour les tiges d'érable à sucre de vigueur 1

Les analyses de croissance sur une base annuelle montrent une augmentation de la croissance suite à l'éclaircie et ce, pour les trois essences étudiées (Figure 5). Bien que l'effet de l'éclaircie

soit partiellement masqué par les effets environnementaux, les résultats permettent de déceler une augmentation de la croissance dès la première année après coupe. Après les trois ou quatre années ultérieures au traitement, la croissance s'estompe progressivement bien qu'un taux de croissance au-dessus du taux d'avant traitement perdure au-delà de 10 années après coupe. Il est intéressant de noter que ces résultats ont été obtenus avec un traitement de jardinage dont les tiges étaient prélevées principalement en fonction de leurs défauts (sans égard à leur répartition spatiale).

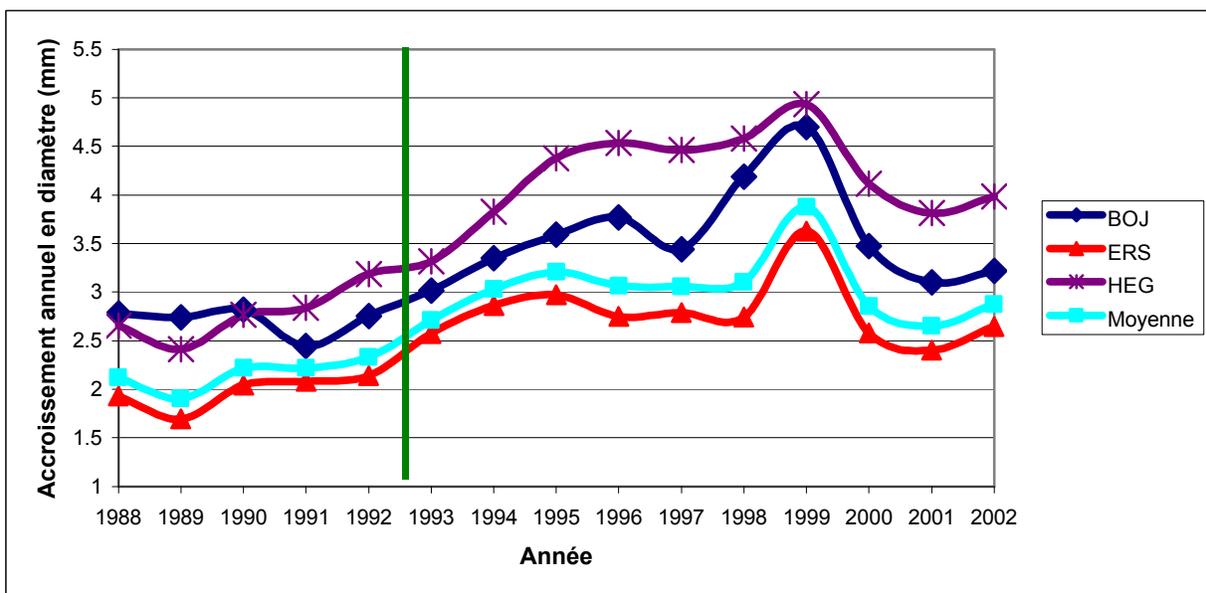


Figure 5 - Croissance en diamètre moyenne par année (1988 à 2002) pour le bouleau jaune, le hêtre et l'érable à sucre des 11 peuplements traités en 1992. La ligne verte identifie l'année à laquelle le traitement de jardinage a été effectué.

L'analyse de la croissance des tiges d'érable à sucre en fonction de leur classe de cime démontre que ce critère est un assez bon indicateur de la croissance passée et présente des tiges. En effet, la croissance en 2002 des tiges classées A est près du double de celles classées D (Figure 6). Il est aussi intéressant de noter que les cimes telles que classées en 2002 sont également un indicateur assez fidèle de la croissance en 1988, soit cinq ans avant le traitement; l'écart entre les moyennes des classes de cimes A, B et C est plus grand en 2002 qu'en 1988.

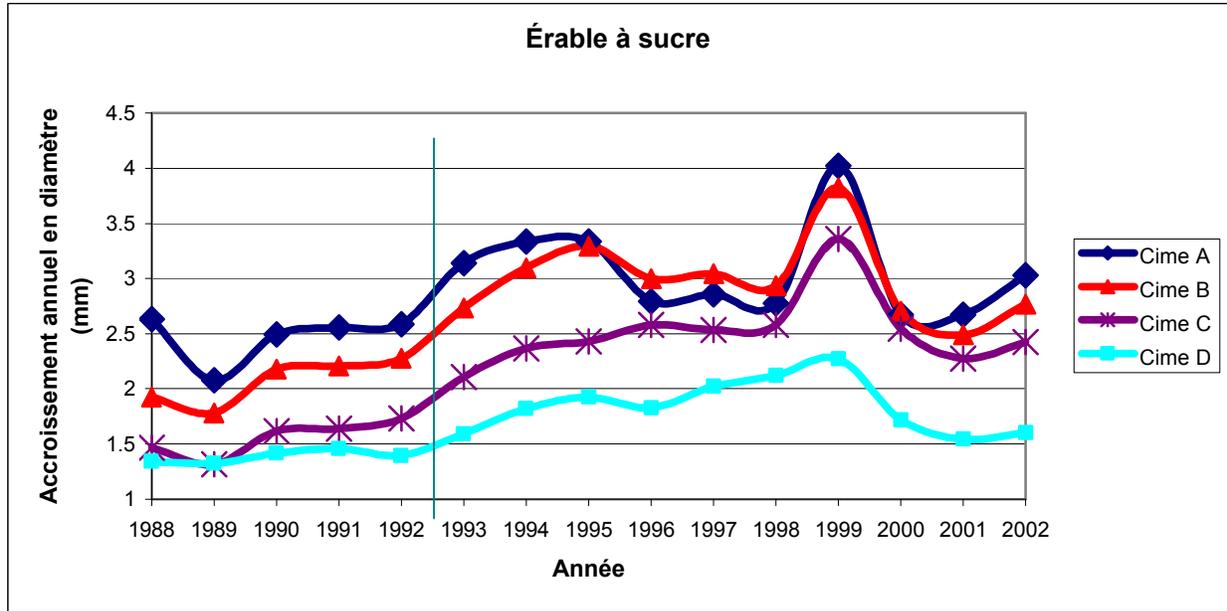


Figure 6 - Croissance en diamètre moyenne par année (1988 à 2002) par classe de cime pour l'érable à sucre des 11 peuplements traités en 1992

La relation entre l'indice de compétition évalué la gauge et l'accroissement des tiges d'érable à sucre avant coupe a été trouvée significative ( $p=0,003$ ), bien que cette variable n'explique qu'une faible proportion de la variabilité de la croissance ( $R^2=0,07$ ). Cet indice de compétition est un moins bon indicateur de la croissance des tiges que ceux précédemment identifiés par Forget et Nolet (2003) pour l'érable à sucre et le bouleau jaune. La même relation avec la croissance des tiges après traitement est non significative.

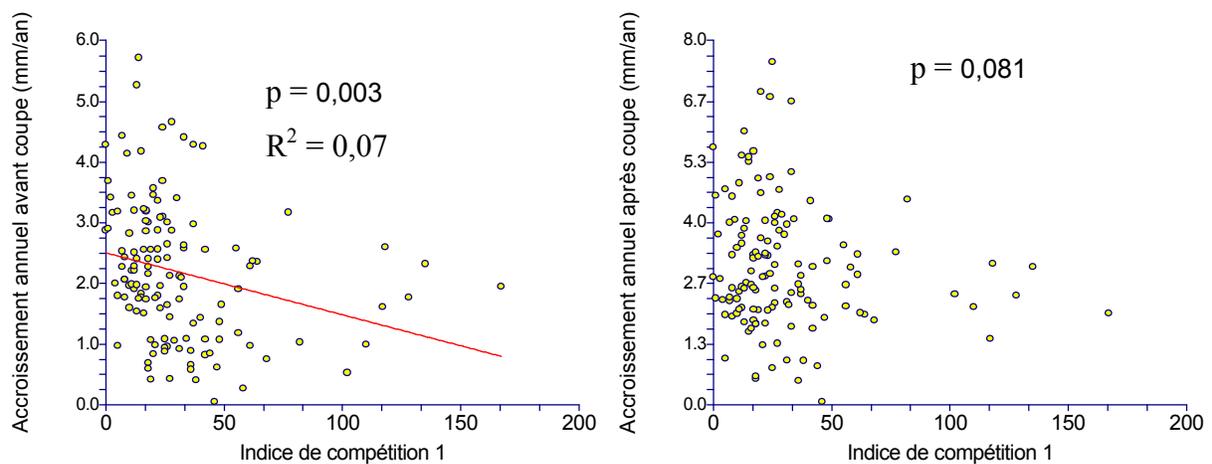


Figure 7 – Relation entre l'accroissement en diamètre annuel avant et après coupe et l'indice de compétition évalué à la gauge

### Estimation de l'année de mortalité des tiges mortes

L'analyse dendrochronologique des galettes récoltées sur les arbres morts a révélé que ceux-ci étaient morts entre 1984 et 2003 (Tableau 4). La grande majorité (88 %) des tiges mortes datées présentent un niveau de confiance de 99%. La surface terrière en tiges mortes évaluée grâce à l'analyse dendrochronologique montre une mortalité annuelle en surface terrière variant d'aucune tige morte pour la première année après coupe à 0,086 m<sup>2</sup>/ha (Figure 8). Les chronologies sont présentées à l'Annexe 1.

L'analyse de régression multiple n'a révélé aucune relation significative ( $p=0,56 > 0,05$ ) entre les caractéristiques des tiges mortes et leur année de mortalité, même en incluant seulement les tiges d'érable à sucre dans les analyses. Il semble que 1) des facteurs non contrôlés tels que le nombre d'années passées au sol et le type de mortalité (lente dans le cas d'une mort due à la compétition vs rapide lors d'un bris de tige) et 2) l'échantillonnage d'arbres morts de plusieurs essences différentes, lesquelles possèdent des caractéristiques variables de résistance à la pourriture, affectent de manière importante le taux de décomposition d'une tige. Ainsi, bien que ces caractéristiques aient permis l'estimation du nombre d'année depuis la mort d'une tige lorsque évalué sur une longue période, les indicateurs s'avèrent non significatifs pour l'évaluation de la mortalité sur un horizon de 10 ans.

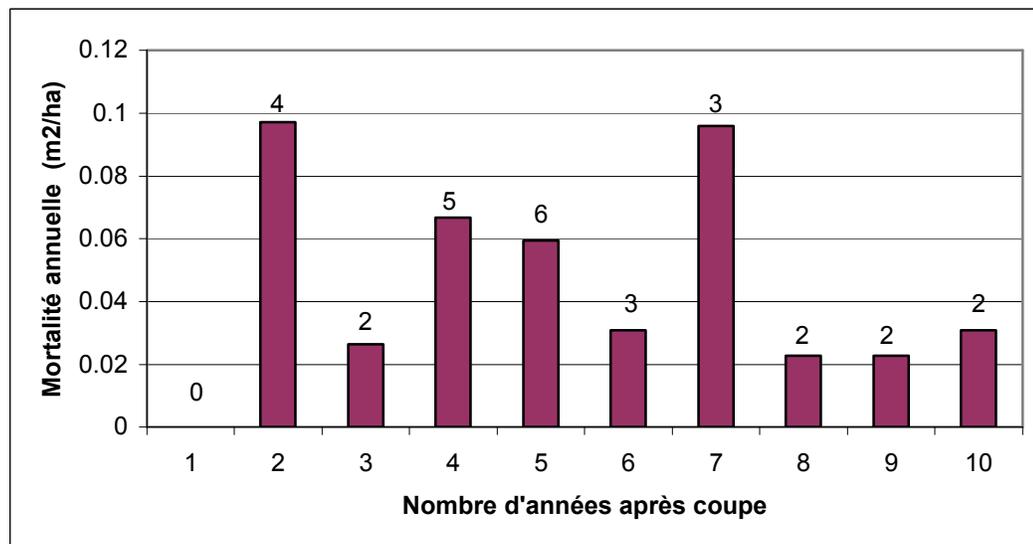


Figure 8 – Mortalité annuelle (la bar indique la surface terrière et le chiffre le nombre de tiges mortes) en fonction du nombre d'année après la coupe

Tableau 4 – Caractéristiques et année de mortalité des tiges mortes.

Parcelle	Tige	Essence	Chronologie utilisée	Dhp	Position	Ecorce présente (%)	Ecorce attachée (%)	Apparence <sup>3</sup>	Brindilles (3cm et -) présentent (%)	Brindilles de 3mm et - (%)	Galette	Année de mortalité	Niveau de confiance à 99%
1	2	BOJ	BOJ	27	Debout	60	5	3	0	0	oui	1992	*
1	3	EPB	EPB	22	Couché	80	10	3	25	0	oui	2003	*
1	4	ERS	ERS	16	Couché	90	10	1	25	0	oui	1989	*
1	5	ERS	ERS	17	Couché	75	25	1	0	0	oui	1996	*
1	6	ERS		14	Couché	50	40	3	5	0	oui		
1	7	ERS	ERS	17	Couché	50	40	3	0	0	oui	1991	*
2	1	EPR	EPR	19	Couché	90	100	2	70	0	oui	1986	*
2	2	ERR	ERR	11	Couché	60	70	2	0	0	oui	1998	*
2	3	SAB	SAB	27	Couché	60	40	2	20	0	oui	1994	*
2	4	SAB	SAB	17	Couché	100	100	2	60	0	oui	2000	*
3	1	SAB	SAB	16	Debout	100	100	1	10	0	oui	1997	*
3	2	SAB	SAB	10	Couché	90	90	3	15	0	oui	1990	*
3	3	SAB		24	Couché	80	50	5	15	0	oui		
3	4	ERP		11	Couché	70	80	5	0	0	non		
3	5	SAB	SAB	19	Debout	100	100	1	90	80	oui	2001	*
3	6	EPR	EPR	18	Couché	100	100	1	80	5	oui	1985	*
3	7	EPR	EPR	13	Couché	100	95	1	80	5	oui	1997	*
3	8	SAB		11	Couché	100	95	1	75	0	oui		
4	1	HEG		22	Debout	1	100	4	0	0	non		
4	2	SAB	SAB	31	Couché	40	50	4	5	0	oui	1992	*
4	3	BOJ	BOJ	17	Debout	50	30	2	0	0	oui	1997	---
4	4	ERS		35	Couché	60	50	4	0	0	non		
6	1	BOJ		32	Debout	50	40	4	0	0	non		
6	2	EPR	EPR	37	Debout	60	30	4	1	0	non	1994	*
8	1	ERS		32	Debout	40	20	4	0	0	non		
8	2	ERS		37	Debout	80	75	4	0	0	non		

<sup>3</sup> Les classes d'apparence du bois 1 à 5 correspondent respectivement à : saine, plutôt saine, neutre, plutôt blanchâtre, blanchâtre.

10	1	ERS	ERS	44	Debout	90	95	2	90	80	oui	1999	*
10	2	ERS	ERS	14	Debout	100	90	2	0	0	oui	1996	---
10	3	ERS	ERS	27	Debout	80	75	2	10	2	oui	1999	*
11	1	BOJ	BOJ	19	Debout	95	90	3	0	0	oui	1994	*
12	1	ERS		35	Debout	40	80	2	0	0	oui		
12	2	ERS		35	Debout	30	70	3	0	0	oui		
13	1	ERS	ERS	10	Debout	5	50	2	2	1	oui	2002	*
13	2	ERS		16	Couché	60	50	4	0	0	oui		
13	3	ERS		13	Couché	40	50	4	0	0	non		
14	1	SAB		24	Debout	80	40	5	0	0	non		
14	2	SAB		28	Debout	50	50	4	40	2	non		
14	3	SAB	SAB	26	Couché	80	80	3	40	5	oui	1995	*
14	4	SAB		29	Couché	70	40	4	35	2	non		
14	5	SAB	SAB	25	Couché	40	40	3	1	0	oui	1997	*
14	6	SAB	SAB	19	Couché	95	100	3	30	15	oui	2000	*
14	7	SAB		23	Couché	20	0	4	15	0	non		
14	8	ERS	ERS	19	Couché	90	90	3	0	0	oui	1990	*
15	1	ERS		45	Debout	60	40	5	0	0	non		
15	2	ERS		11	Couché	60	10	5	0	0	non		
15	3	SAB		18	Couché	20	0	4	2	0	oui	1994	
15	4	ERS	ERS	9	Debout	60	50	1	0	0	oui	1999	*
15	5	ERS		12	Couché	80	60	5	0	0	non		
20	1	ERS		34	Debout	80	75	5	0	0	non		
20	2	ERS		12	Couché	80	50	1	0	0	oui	1992	
20	3	ERS	ERS	17	Debout	90	75	1	10	3	oui	1990	*
20	4	ERS		13	Couché	60	50	3	0	0	non		
21	1	EPR	EPR	19	Debout	90	50	4	20	5	oui	1998	*
22	1	ERS		58	Debout	80	40	5	0	0	non		
22	2	ERS		17	Couché	30	5	5	0	0	non		
23	1	ERS		11	Debout	75	50	5	0	0	non		
23	2	ERS		12	Debout	90	90	5	0	0	non		
24	1	ERS		13	Debout	95	90	5	0	0	oui	1996	
25	1	BOJ		20	Debout	95	75	5	0	0	non		
26	1	EPR		28	Debout	90	50	5	0	0	non		
26	2	HEG		37	Debout	50	40	5	0	0	non		

27	1	ERS	ERS	11	Debout	50	40	3	0	0	oui	1984	---
27	2	ERS		36	Debout	80	80	4	0	0	non		
28	1	HEG	HEG	20	Debout	40	30	3	0	0	oui	1998	*
29	1	ERS	ERS	9	Debout	80	90	3	0	0	oui	1995	*
29	2	ERR		27	Debout	5	0	4	0	0	non		
29	3	ERS		13	Debout	80	60	5	0	0	non		
29	4	ERR	ERS	14	Debout	80	60	4	0	0	non	1988	*
29	5	ERR		23	Debout	50	60	4	0	0	non		
30	1	EPB	EPB	28	Debout	40	50	1	80	60	oui	2002	*
30	2	HEG		30	Debout	50	60	4	0	0	oui		
30	3	HEG		26	Couché	70	50	3	0	0	non		
30	4	EPB	EPB	14	Debout	70	40	2	90	40	oui	1990	*
30	5	HEG	HEG	13	Debout	50	20	2	0	0	oui	1997	*
30	6	ERS	ERS	9	Couché	90	80	2	1	1	oui	1990	---
31	1	BOJ		12	Couché	80	80	5	0	0	non		
32	1	ERS		27	Debout	90	90	5	0	0	non		
32	2	EPR	EPR	21	Couché	70	80	4	40	0	oui	1984	*
32	3	ERS	ERS	17	Couché	80	80	4	0	0	oui	2001	---
33	1	HEG		30	Couché	20	10	5	0	0	non		
33	2	EPR		24	Debout	100	100	3	95	80	non		
34	1	HEG		25	Debout	90	90	5	0	0	non		
35	1	ERS		38	Debout	90	80	5	0	0	non		
35	2	ERS	ERS	33	Debout	50	60	4	10	0	oui	1994	*
35	3	ERS	ERS	14	Couché	90	90	4	0	0	oui	1995	*
35	4	ERS		39	Debout	95	90	3	0	0	oui	1989	
36	1	ERS		43	Debout	95	95	5	0	0	non		
37	1	ERS		9	Debout	90	80	5	0	0	non		
37	2	ERS		31	Debout	50	60	4	10	0	oui		
37	3	ERS		78	Couché	90	90	4	0	0	non		
37	4	ERS	ERS	13	Debout	95	90	3	0	0	oui	1994	*

## Traitement

La surface terrière avant coupe des 12 peuplements échantillonnés évaluée à l'aide des trois parcelles de 1/16 ha variait de 19,8 à 29,2 m<sup>2</sup>/ha avec une moyenne de 22,5 m<sup>2</sup>/ha (Tableau 5). Le taux prélèvement moyen observé est de 26 %, soit 6,1 m<sup>2</sup>/ha. Dix ans après coupe, la surface terrière moyenne atteignait 20,3 m<sup>2</sup>/ha pour un gain de 3,4 m<sup>2</sup>/ha, soit 20 % de la surface terrière après coupe et 56 % du prélèvement.

Tableau 5 – Surface terrière (m<sup>2</sup>/ha) avant traitement, après traitement et 10 ans après traitement ainsi que le prélèvement pour les 12 peuplements échantillonnés

Strate	Peuplement	Avant traitement	Prélèvement		Après traitement	10 ans après
			m <sup>2</sup>	%		
ERBJ	1	20,9	4,6	22%	16,4	19,9
ER	2	22,0	7,0	32%	15,0	19,6
ER	3	21,3	6,1	28%	15,3	18,2
ERBJ	4	20,4	5,2	26%	15,2	19,8
ERBJ	5	19,6	4,8	24%	14,8	17,6
ERBJ	6	24,9	6,2	25%	18,8	22,4
ERBJ	7	19,9	5,2	26%	14,6	19,6
ERBJ	8	22,3	8,8	39%	13,5	18,3
ER	9	24,8	5,9	24%	18,9	22,9
ER	10	29,0	9,2	32%	19,8	23,1
ER	11	22,5	5,5	24%	17,0	20,9
ER	12	22,8	4,5	20%	18,4	21,5
	<b>Moyenne</b>	<b>22,5</b>	<b>6,1</b>	<b>27%</b>	<b>16,5</b>	<b>20,3</b>

## Accroissements annuels brut et net

L'accroissement annuel des tiges survivantes par peuplement varie de 0,32 à 0,48 m<sup>2</sup>/ha, le recrutement de 0,02 à 0,08 m<sup>2</sup>/ha et la mortalité de 0 à 0,12 m<sup>2</sup>/ha (Figure 9). Les valeurs extrêmes d'accroissement brut sont 0,35 m<sup>2</sup>/ha et 0,52 m<sup>2</sup>/ha alors que celles de l'accroissement net sont de 0,27 m<sup>2</sup>/ha et 0,50 m<sup>2</sup>/ha. Le résultat des compilations par strates démontre des valeurs d'accroissement, de recrutement, de mortalité et d'accroissements brut et net semblables pour les strates ER et ERBJ (Figure 10), observations confirmées par les analyses statistiques (Wilks' Lambda = 0,90 ; p > 0,1 pour l'ensemble des variables).

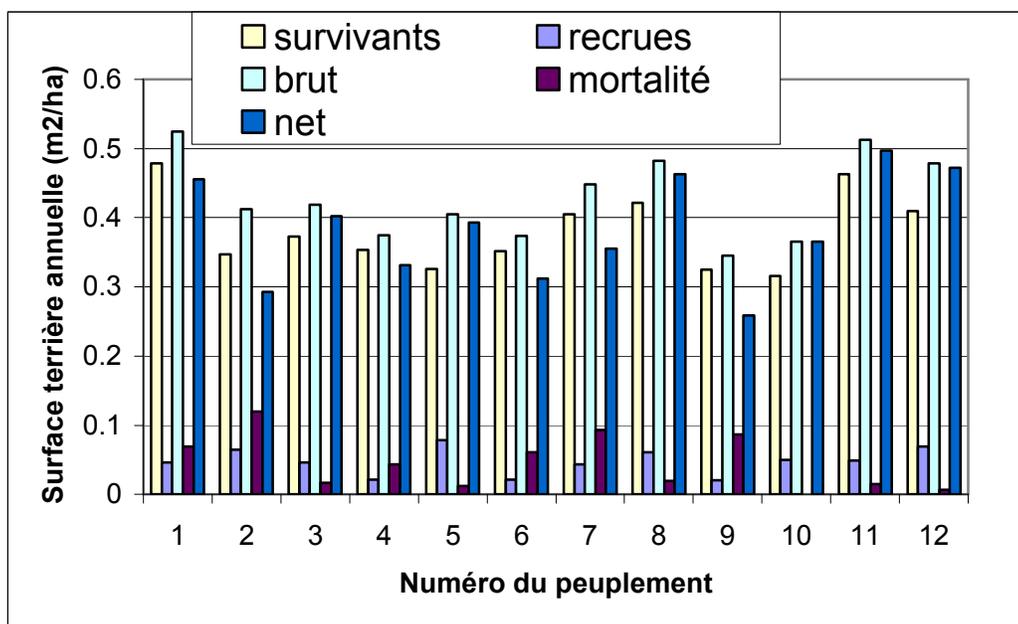


Figure 9 – Accroissement des survivants, recrutement, mortalité, accroissements brut et net par peuplements.

Les taux moyens annuels pour l'ensemble des 36 parcelles sont de 0,38 m<sup>2</sup>/ha pour l'accroissement des survivants, de 0,05 m<sup>2</sup>/ha pour le recrutement et de 0,05 m<sup>2</sup>/ha pour la mortalité. Les accroissements brut et net sont donc respectivement de 0,43 m<sup>2</sup>/ha et 0,38 m<sup>2</sup>/ha (Figure 11). Les résultats obtenus pour l'accroissement brut sont semblables aux résultats obtenus par Bédard & Majcen (2003) dans un dispositif expérimental et à ceux de Bédard & Brassard (2002) dans les parcelles des effets réels, soit respectivement 0,46 m<sup>2</sup>/ha et de 0,41 à 0,43 m<sup>2</sup>/ha. Par contre, le taux de mortalité obtenu de 0,05 m<sup>2</sup>/ha est plus faible que ceux présentés précédemment par Bédard et Brassard (2002) pour les effets réels (0,29 à 0,32 m<sup>2</sup>/ha) et se rapprochent plutôt de ceux obtenus par Bédard et Majcen (2003) dans les dispositifs expérimentaux de la DRF (0,11 m<sup>2</sup>/ha). Même en considérant l'ensemble des tiges mortes dont l'on pouvait prélever une galette comme étant morte durant les dix ans suivant la coupe, le taux de mortalité (0,07 m<sup>2</sup>/ha) demeure beaucoup plus faible. Ce taux de mortalité plus faible peut s'expliquer par deux raisons principales. Premièrement, le fait d'avoir exclu de l'échantillonnage les sentiers de débusquage élimine les secteurs les plus susceptibles aux blessures de débusquage, à la compaction et aux roulières causées par la machinerie lourde et donc à la mortalité. Aussi, contrairement à l'étude sur les effets réels, les sites échantillonnés étaient tous de bons sites à érablière, comme le

témoigne la moyenne d'accroissement des survivants relativement élevée à 0,43 m<sup>2</sup>/ha. Ces sites sont donc possiblement moins susceptibles à la mortalité.

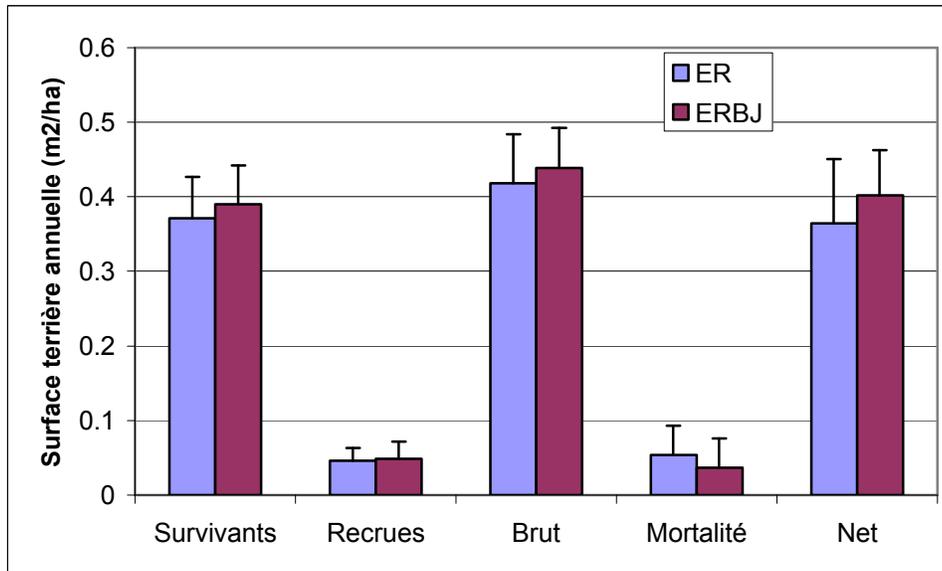


Figure 10 – Surface terrière annuelle des survivants, des recrues, de la mortalité ainsi que de l'accroissement brut et net pour les strates ER et ERBJ. Les bars indiquent les écarts-types.

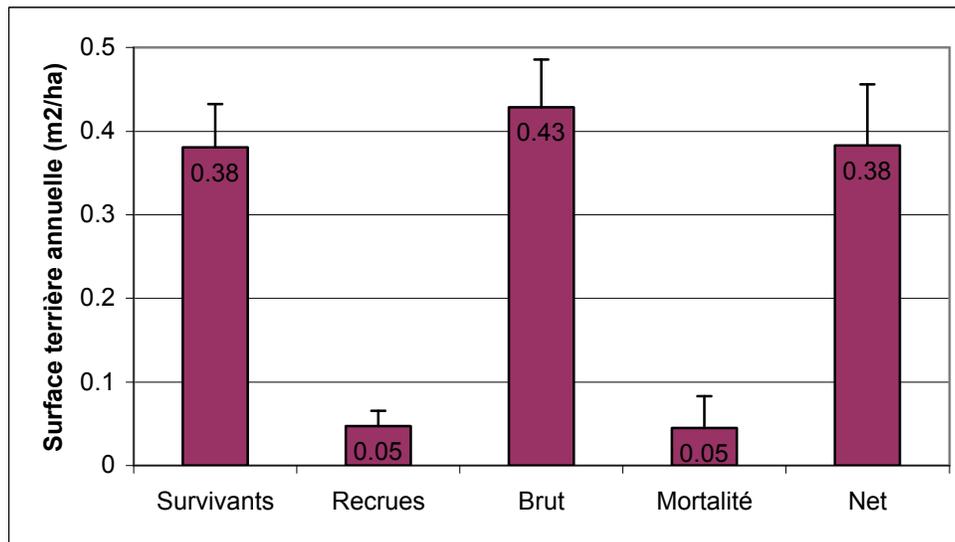


Figure 11 – Surface terrière annuelle des survivants, des recrues, de la mortalité ainsi que de l'accroissement brut et net de l'ensemble des douze peuplements échantillonnés. Les bars indiquent les écarts-types.

### Accroissement en fonction de la surface terrière résiduelle

L'analyse de régression linéaire calculée entre l'accroissement en surface terrière des tiges et la surface terrière des peuplements après coupe montre que, bien que la relation soit non significative à 5%, l'accroissement a tendance à être plus élevé avec une baisse de la surface terrière résiduelle du peuplement (Figure 12). De plus, bien que l'absence d'indépendance entre la surface terrière des parcelles avant et après coupe nous empêche de procéder à des analyses statistiques, l'arrangement sur un même graphique de la relation entre les accroissements et les surfaces terrières avant coupe et après coupe de chacun des peuplements est révélateur. En effet, ce graphique démontre une forte relation entre l'accroissement absolu et la surface terrière du peuplement (Figure 13). En comparaison, Majcen (1995) n'avait obtenu aucune tendance entre l'accroissement des arbres survivants et la surface terrière résiduelle avec des parcelles de 0,5 ha. Il semble donc que l'évaluation de la croissance à l'aide de parcelles de 1/16 ha (0,0625 ha) permette de capter une variabilité inapparente lorsque les données de croissance sont compilées au 0,5 ha. Le fait que la surface terrière absolue ait tendance à augmenter avec la diminution de la surface terrière du peuplement à l'échelle du 1/16 ha nous permet de penser que la répartition spatiale du prélèvement est importante et pourrait avoir un effet sur la croissance globale du peuplement. Aussi, en réduisant la surface terrière autour des tiges d'avenir à 16 m<sup>2</sup> ou en deçà, on pourrait 1) obtenir une croissance annuelle en surface terrière supérieure, 2) obtenir un gain en croissance qui serait maintenu sur une plus longue période, 3) s'assurer que la croissance est imputée à des tiges de qualité supérieure. Ces résultats supportent l'approche de martelage exprimé par Doyon et al. (2003, jardinage durable) qui vise à favoriser la croissance des tiges ayant le meilleur potentiel à reconstituer le capital bois d'œuvre. Des études plus détaillées à ce sujet seront nécessaires au cours des prochaines années pour identifier quelle est la surface terrière résiduelle et la rotation qui optimiserait la productivité.

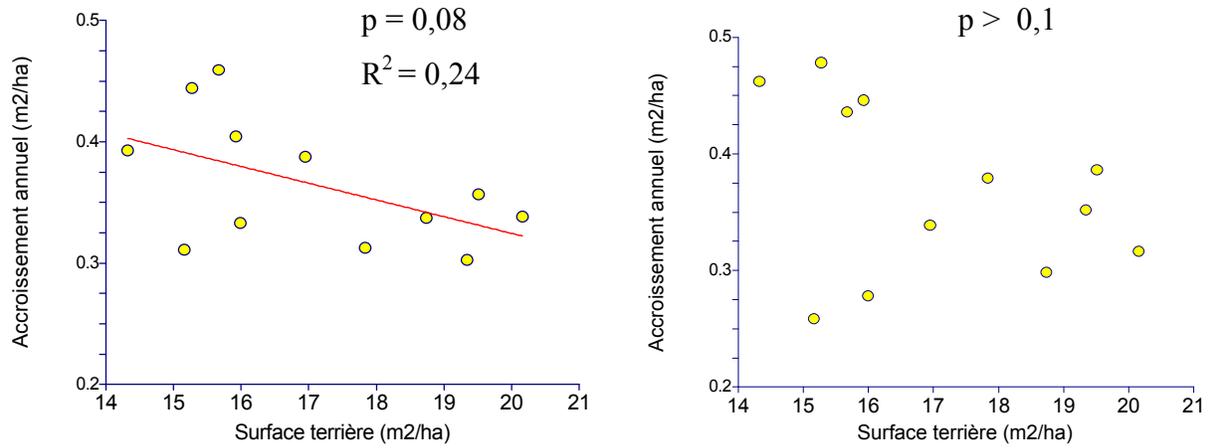


Figure 12 – Accroissement des survivants et accroissement net en fonction de la surface terrière du peuplement après coupe

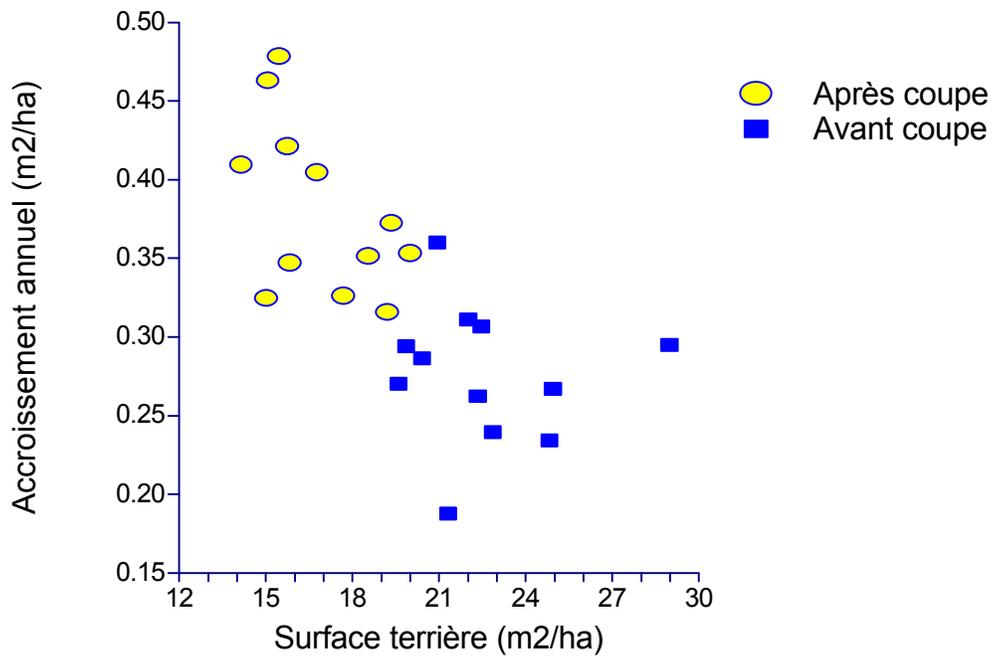


Figure 13 - Accroissement des survivants en fonction de la surface terrière du peuplement avant et après coupe

## **Conclusion et recommandations**

Plusieurs résultats importants ressortent de cette étude :

- 1) Les résultats montrent que l'effet d'éclaircie du traitement de jardinage sur la croissance en diamètre des tiges est presque immédiat et perdure au-delà de 10 ans. Il serait intéressant de faire le suivi à plus long terme des parcelles établies dans le cadre de ce projet afin de déterminer la durée complète de l'effet de l'éclaircie.
- 2) La classe de cime est un bon indicateur de la croissance passée et présente des tiges d'érable à sucre en dépit du fait qu'il s'agissait d'un premier essai de l'utilisation de ces classes de cimes. Cet indicateur, qui a l'avantage d'être rapide à évaluer, pourrait être utilisé lors d'un éventuel martelage positif des tiges à dégager afin d'aider à prévoir la réaction des tiges à l'éclaircie. Un meilleur calibrage des classes pourrait permettre de parfaire cet indicateur et d'augmenter sa corrélation avec la croissance des tiges.
- 3) Une augmentation de l'ordre de 30 % à 50 % de la croissance diamétrale moyenne des tiges pour les dix années après coupe par rapport à la croissance avant coupe a été obtenue. Aussi, l'accroissement absolu en surface terrière des survivants a tendance à être plus élevé avec une diminution de la surface terrière résiduelle du peuplement. Ces observations militent en faveur de la détermination de zones d'aménagement intensif, c'est-à-dire des zones où les prélèvements réalisés seraient plus faibles et jumelés à des rotations plus courtes de manière à maintenir une surface terrière moindre.
- 4) De manière générale, ce sont les petites tiges de hêtre et de bouleau jaune, les moyennes tiges de hêtre et les grosses tiges de bouleau jaune qui semblent le mieux profiter de l'éclaircie provoquée par une coupe de jardinage. Cette forte réaction du hêtre au traitement de jardinage tel que réalisé présentement est inquiétante puisqu'elle suggère que l'envahissement du hêtre, qui est pour l'instant surtout visible dans la strate gaulis, s'étendra rapidement aux classes de plus forts diamètres au cours des prochaines années.
- 5) Le niveau de croissance de bouleau jaune est de beaucoup supérieur à celui de l'érable à sucre sur les sites inventoriés. L'utilisation de traitements sylvicoles qui favorisent l'établissement et la croissance de cette essence sur les sites qui lui sont favorables pourrait être un moyen peu coûteux d'augmenter la productivité de certains peuplements.

- 6) L'accroissement brut obtenu dans le cadre de cette étude est semblable à ceux obtenus dans d'autres études autant dans des dispositifs expérimentaux que dans des parcelles d'effets réels. Le taux de mortalité obtenu est comparable à celui obtenu par Bédard et Majcen (2003) dans des dispositifs expérimentaux et plus faible que celui obtenu par Bédard et Brassard (2002) dans les parcelles d'effets réels. Cet écart est probablement dû à l'exclusion des sentiers de débusquage de l'échantillonnage et à l'aire d'étude située sur de bons sites à érablière.

Les travaux de l'IQAFF dans le cadre de cette étude aura permis de mieux connaître les effets des traitements de jardinage tel que pratiqué par les industriels dans la région de Lanaudière. En interprétant ces résultats, il est important de garder en tête que cette étude a été réalisée sur des sites et strates précis et que la généralisation des résultats doit être fait avec prudence.

## **Littérature citée**

- Bédard, S. et Brassard, F. 2002. Les effets réels des coupes de jardinage dans les forêts publiques du Québec en 1995 et 1996. Ministère des Ressources naturelles du Québec, Direction de la recherche forestière et direction des programmes forestiers. 15 p.
- Bédard, S. et Majcen, Z. 2003. Growth following single-tree selection cutting in Québec northern hardwoods. *The forestry chronicle*, 79 : 898-905.
- Doyon F., Nolet P. et Sabbagh. P. 2003 Principes et mise en application du jardinage durable par la sylviculture par objectifs. Institut Québécois d'Aménagement de la Forêt Feuillue. 25p.
- Forget, É. et Nolet, P. 2003. Étude de l'effet de l'environnement de compétition et des caractéristiques de cime sur la croissance de l'érable à sucre et du bouleau jaune. Institut Québécois d'Aménagement de la Forêt Feuillue. 29 p.
- Haygreen, J.G., Bowyer, J.L., Davis K.P. 1982. Forest products and wood science - an introduction. The Iowa State University Press, Ames, Iowa.
- Jardon, Y. 2001 Analyses temporelles et spatiales des épidémies de la tordeuse des bourgeons de l'épinette au Québec. Université du Québec à Chicoutimi, Thèse de Doctorat en Sciences de l'environnement.
- Majcen, Z. 1995. Résultats après 10 ans d'un essai de coupe jardinatoire dans une érablière. Gouvernement du Québec, Ministère des Ressources naturelles, direction de la recherche forestière.
- Majcen, Z. 1997. Coupe de jardinage et coupe de succession dans trois secteurs forestiers: accroissement décennal en surface terrière et état de la régénération. Gouv. du Québec, min. des Ress. nat., Dir. de la rech. for.
- Majcen, Z. et Richard, Y. 1992. Résultats après 5 ans d'un essai de coupe de jardinage dans une érablière. *Canadian journal of forest research*, 22: 1623-1629.
- MRN 2003 Méthodes d'échantillonnage pour les inventaires d'intervention et pour les suivis des interventions forestières Exercice 2004-05 - Juillet 2003. Ministère des Ressources naturelles du Québec, Direction des programmes forestiers. 425 p.
- Robitaille, A. et Saucier, J.-P. 1998. Paysages régionaux du Québec méridional. Les publications du Québec, Ste-Foy, Québec.

Annexe 1 – Analyses dendrochronologiques

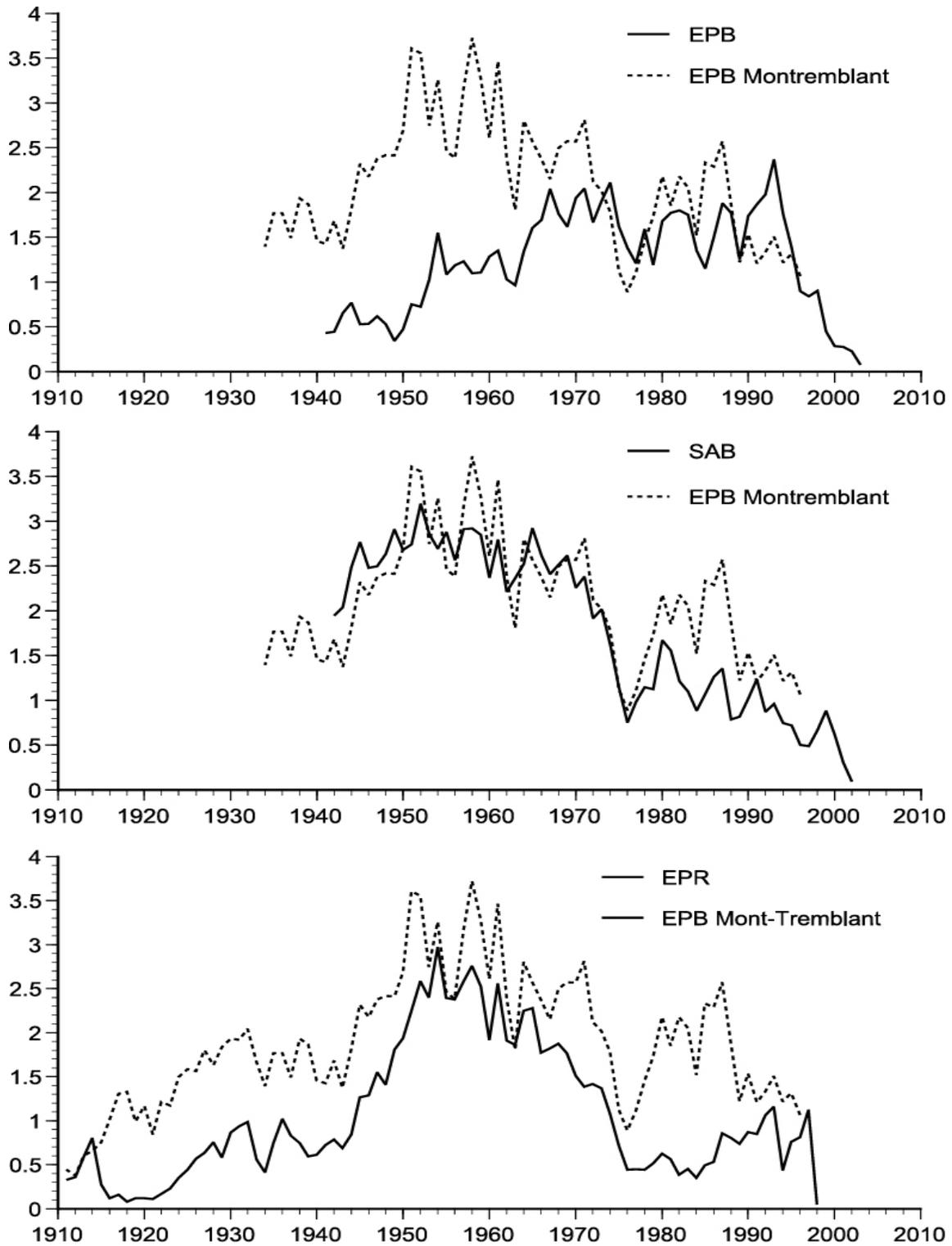


Figure : Moyenne des séries mesurées résineuses vivantes et mortes

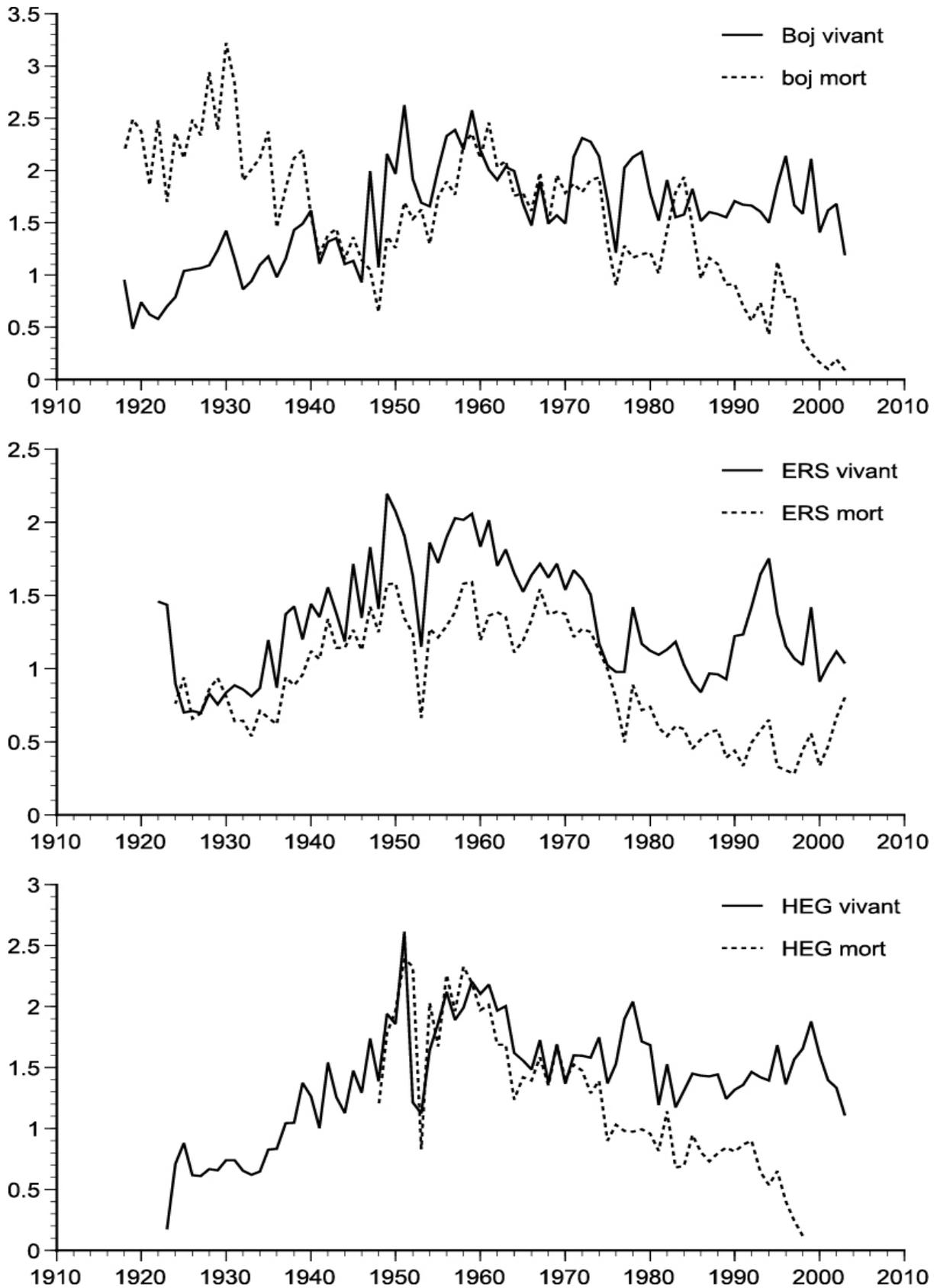


Figure : Moyenne des séries mesurées feuillues vivantes et mortes