

# **Étude de l'effet de l'intensité de prélèvement sur les blessures aux tiges résiduelles lors de coupes de jardinage**

Rapport présenté par :

Éric Forget, ing.f., M.Sc.  
Frédéric Doyon, ing.f., Ph.D.  
Philippe Nolet, B.Sc., M.Sc.

Institut Québécois d'Aménagement de la Forêt Feuillue



à

Pierre Robitaille, ing.f.  
Ministère des Ressources naturelles, U.G. Estrie (05)

et

Petr Smetenka, ing. f.  
Fontaine et Fils Inc.

Mai 2002

## **Remerciements**

Nous tenons en premier lieu à remercier Petr Smetenka et Michel Vachon de Fontaine et Fils Inc. pour l'intérêt porté au projet et l'aide apportée tout au long de sa réalisation. Nous voulons également souligner le travail terrain méticuleux effectué par Martin Poirier, Sophie Grignon, Laurence Batalon et Normand Rodier, ainsi que le support de Régis Pouliot au niveau géomatique et de Mikailou Sy pour les analyses statistiques. Enfin, nous désirons souligner la collaboration de Pierre Robitaille et Pierre Giroux du Ministère des Ressources naturelles qui fut très appréciée lors du démarrage du projet. Les fonds nécessaires pour la réalisation de cette étude provenaient du Ministère des Ressources naturelles, par le biais du Programme de mise en valeur des ressources du milieu forestier (PMVRMF) Volet I.

## Résumé

### **ÉTUDE DES FACTEURS AFFECTANT LES BLESSURES AUX TIGES RÉSIDUELLES LORS DE COUPES DE JARDINAGE EN ÉRABLIÈRE**

Éric Forget<sup>1</sup>, Frédérik Doyon<sup>1</sup>, Philippe Nolet<sup>1</sup>

<sup>1</sup>IQAFF, 88, rue Principale, St-André-Avellin, Québec, J0V 1W0

La coupe de jardinage nécessite des entrées répétées au cours de la révolution. Or, à chacune de ces interventions, une proportion des tiges résiduelles subit des blessures, diminuant du même coup la valeur du peuplement résiduel et compromettant l'atteinte des objectifs d'aménagement. Le but premier de cette étude est de vérifier dans quelle mesure une diminution du prélèvement influencera la quantité de blessures aux tiges résiduelles. Le peuplement choisi pour l'étude est une vieille érablière à bouleau jaune de structure inéquienne dans le domaine de l'érablière à bouleau jaune avec une surface terrière initiale moyenne de 28,9 m<sup>2</sup>/ha. Pour chacun des douze blocs, de 20 à 35 % de la surface terrière a été prélevée. La proportion de la surface terrière résiduelle des tiges avec une blessure importante ou très importante est de 12 % globalement, et varie par bloc de 5,5 % à 20,3 %, à l'exception du bloc 2a qui atteint 37 %. Une relation entre le pourcentage de prélèvement et les blessures a été obtenue mais cette relation est très faible dans le spectre de prélèvement étudié. Aussi, la pente influence la quantité de blessure au tronc des arbres. Plus des deux tiers (en surface terrière) des blessures inventoriées affectaient le tronc alors que seulement 31 % étaient des blessures affectant potentiellement la vigueur des tiges (blessures au houppier ou au système racinaire). Les blessures affectaient plus les tiges de diamètre 40 cm et plus que les tiges des trois autres classes de diamètre inférieurs. Strictement du point de vue des blessures aux tiges résiduelles, une diminution de l'intensité du prélèvement en érablière semble donc justifiée, d'autant plus que des rotations plus courtes pourraient favoriser la récupération d'une plus grande partie de la valeur des tiges blessées lors de l'entrée précédente (Nyland 1991).

**Table des matières**

<b>REMERCIEMENTS .....</b>	<b>ii</b>
<b>RÉSUMÉ.....</b>	<b>iii</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX .....</b>	<b>v</b>
<b>LISTE DES FIGURES .....</b>	<b>vi</b>
<b>LISTE DES ANNEXES .....</b>	<b>vi</b>
<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
<b>MÉTHODOLOGIE .....</b>	<b>2</b>
SECTEURS D'ÉTUDE.....	2
TRAITEMENTS .....	2
OPÉRATIONS FORESTIÈRES .....	4
INVENTAIRES .....	4
CALCUL DES VARIABLES DÉPENDANTES .....	6
CALCUL DES VARIABLES INDÉPENDANTES .....	7
ANALYSES STATISTIQUES .....	10
<b>RÉSULTATS .....</b>	<b>13</b>
DESCRIPTION DU SECTEUR D'ÉTUDE ET DES BLOCS .....	13
ANALYSES AU NIVEAU DES BLOCS.....	14
ANALYSE AU NIVEAU DES PARCELLES .....	17
<b>DISCUSSION.....</b>	<b>24</b>
<b>CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS .....</b>	<b>26</b>
<b>LITTÉRATURE CITÉE.....</b>	<b>27</b>

## **Liste des tableaux**

TABLEAU 1 – CRITÈRES DÉFINISSANT UNE BLESSURE IMPORTANTE <sup>1</sup> .....	7
TABLEAU 2 – MOYENNES, PAR BLOC, DE LA SURFACE TERRIÈRE (S.T.) INITIALE, DE LA S.T. COUPÉE (%), DE LA S.T. RÉSIDUELLE (M <sup>2</sup> ), DE L'INDICE D'INÉQUIENNITÉ, DU DHP ET DE LA PENTE.....	13
TABLEAU 3 – MOYENNES, MINIMUMS, MAXIMUMS ET ÉCARTS-TYPES DES VARIABLES INDÉPENDANTES AU NIVEAU DES PARCELLES. ....	14
TABLEAU 4 – STATISTIQUES DES MODÈLES DE RÉGRESSION LOGISTIQUE ET STATISTIQUES DES PARAMÈTRES POUR LES VARIABLES BLESSURES IMPORTANTES, BLESSURES, BLESSURES AU TRONC ET BLESSURES DE VIGU EUR. 18	
TABLEAU 5 – NIVEAU DE PROBABILITÉ, COEFFICIENT DE DÉTERMINATION (R <sup>2</sup> ) ET ÉQUATION DES VARIABLES INDÉPENDANTES SIGNIFICATIVES AVEC LA GRAVITÉ DES BLESSURES AUX RACINES CALCULÉS AVEC LA STEPWISE REGRESSION .....	19
TABLEAU 6 – NIVEAU DE PROBABILITÉ, COEFFICIENT DE DÉTERMINATION (R <sup>2</sup> ) ET ÉQUATION DE LA VARIABLE INDÉPENDANTE SIGNIFICATIVE AVEC LA GRAVITÉ DES BLESSURES AU HOUPPIER CALCULÉS AVEC LA STEPWISE REGRESSION .....	19
TABLEAU 7 – NIVEAU DE PROBABILITÉ, COEFFICIENT DE DÉTERMINATION (R <sup>2</sup> ) ET ÉQUATION DE LA VARIABLE INDÉPENDANTE SIGNIFICATIVE AVEC LA GRAVITÉ DES BLESSURES D'ABATTAGE CALCULÉS AVEC LA STEPWISE REGRESSION .....	19
TABLEAU 8 – POURCENTAGE DES TIGES BLESSÉES ET GRAVITÉ MOYENNE POUR CHAQUE TYPE DE BLESSURE . ....	21

## **Liste des figures**

FIGURE 1 – LOCALISATION DU SECTEUR D'ÉTUDE .....	3
FIGURE 2 – COMPARTIMENTS ET BLOCS.....	4
FIGURE 3 – EXEMPLES DE CALCUL DE LA DISTANCE AU CHEMIN DE DÉBARDAGE .....	8
FIGURE 4 – EXEMPLE DE CALCUL DE LA DISTANCE EN AMONT DE LA PARCELLE .....	9
FIGURE 5 – CALCUL DE LA VARIABLE « SUPERFICIE DES ZONES DE RÉCOLTE ».....	9
FIGURE 6 – PROPORTION DE LA SURFACE TERRIÈRE AVEC BLESSURES MINEURES, IMPORTANTES ET TRÈS IMPORTANTES PAR BLOC AVEC LE POURCENTAGE DE PRÉLÈVEMENT MOYEN DU BLOC.....	15
FIGURE 7 – PROPORTION DE LA SURFACE TERRIÈRE COMPORTANT DES BLESSURES IMPORTANTES EN FONCTION DE LA PROPORTION DE LA SURFACE TERRIÈRE PRÉLEVÉE.....	16
FIGURE 8 - PROPORTION DE LA SURFACE TERRIÈRE COMPORTANT DES BLESSURES IMPORTANTES EN FONCTION DE LA SURFACE TERRIÈRE PRÉLEVÉE.....	16
FIGURE 9 - PROPORTION DE LA SURFACE TERRIÈRE COMPORTANT DES BLESSURES IMPORTANTES EN FONCTION DE LA SURFACE TERRIÈRE RÉSIDUELLE.....	16
FIGURE 10 - PROPORTION DE LA SURFACE TERRIÈRE COMPORTANT DES BLESSURES IMPORTANTES EN FONCTION DE DU FACTEUR Q.....	16
FIGURE 11 - PROPORTION DE LA SURFACE TERRIÈRE COMPORTANT DES BLESSURES IMPORTANTES EN FONCTION DE LA PENTE MOYENNE DU BLOC.....	16
FIGURE 12 - PROPORTION DE LA SURFACE TERRIÈRE COMPORTANT DES BLESSURES IMPORTANTES EN FONCTION DU DIAMÈTRE À HAUTEUR DE POITRINE MOYEN DES TIGES PRÉLEVÉES .....	16
FIGURE 13 – PROPORTION DE LA SURFACE TERRIÈRE RÉSIDUELLE BLESSÉE AU TRONC EN FONCTION DE LA PENTE MOYENNE DU BLOC (%).....	17
FIGURE 14 – GRAVITÉ DES BLESSURES AUX RACINE EN FONCTION DE LA SURFACE TERRIÈRE RÉSIDUELLE AU NIVEAU DES BLOCS.....	19
FIGURE 15 - GRAVITÉ DES BLESSURES AU HOUPPIER EN FONCTION DE DIAMÈTRE À HAUTEUR DE POITRINE MOYEN DES TIGES PRÉLEVÉES.....	20
FIGURE 16 - – GRAVITÉ DES BLESSURES D'ABATTAGE EN FONCTION DU RATIO DIAMÈTRE /DISTANCE.....	20
FIGURE 17 – POURCENTAGE DE BLESSURES MINEURES, IMPORTANTES ET TRÈS IMPORTANTES PAR CLASSES DE DIAMÈTRE .....	22
FIGURE 18 – NOMBRE DE TIGE COUPÉES ET RÉSIDUELLES PAR CLASSES DE DIAMÈTRE ET POURCENTAGE DES TIGES COUPÉES PAR CLASSE DE DIAMÈTRE.....	23

## **Liste des annexes**

ANNEXE 1 – RÉSULTATS DE L'INVENTAIRE AU PRISMEPOST -MARTELAGE POUR CHACUN DES 12 BLOCS .....	29
--	----

## **Introduction**

Les peuplements à dominance de feuillus tolérants sont généralement traités par coupes de jardinage. Ce traitement vise à favoriser la croissance des tiges résiduelles et à augmenter la proportion des tiges de qualité pour la production de bois d'œuvre (MRN 1997). L'effet de ce traitement sur la croissance de la forêt résiduelle et sur sa régénération a été étudié au Québec entre autres par Majcen (1995, 1997) et Brown (1980), et son utilisation comporte plusieurs avantages (Majcen et al. 1990).

La coupe de jardinage nécessite des entrées répétées au cours de la révolution. Or, à chacune de ces interventions, une proportion des tiges résiduelles subit des blessures, diminuant du même coup la valeur du peuplement résiduel et compromettant l'atteinte des objectifs d'aménagement. La sévérité de l'impact des blessures dans un peuplement donné dépend de plusieurs facteurs.

Premièrement, le choix du pourcentage de prélèvement aura un impact direct sur la fréquence des entrées, et donc sur la quantité de blessures. À ce sujet, les normes du MRN permettent un prélèvement en coupe de jardinage variant de 25 % à 35 % (tout en conservant une surface terrière résiduelle de 16m<sup>2</sup>/ha) (MRN 1999a), bien que certaines unités de gestion comme celle de l'Estrie contraignent les industrielles à des prélèvements plus faibles. Sachant que dans le contexte d'une révolution de moins de 20 ans la plupart des tiges blessées peuvent être récupérées sans une perte importante de leur valeur économique (Lavallée 1967), le scénario d'un prélèvement moins intense / rotation plus courte semble pouvoir être bénéfique. Le pourcentage de prélèvement est l'autre facteur qui peut influencer ce scénario et il fait l'objet de la présente étude. En effet, on se doit de mieux comprendre la relation entre le pourcentage de prélèvement et la proportion de la surface terrière résiduelle blessée afin de s'assurer qu'une diminution du prélèvement ne provoquera pas une augmentation de la proportion de la surface terrière résiduelle blessée.

Le but premier de cette étude est donc de vérifier quelle serait la conséquence d'une diminution du prélèvement sur les blessures aux tiges résiduelles (en proportion et en valeur absolue). En second lieu, on s'intéresse à l'effet de la structure sur l'incidence des blessures, à la caractérisation des blessures ainsi qu'à la proportion des tiges blessées par classes de diamètre.

## **Méthodologie**

### **Secteurs d'étude**

L'étude a été réalisée en Estrie, dans la Municipalité de Frontenac près de la frontière de l'État du Maine. Le secteur d'étude est couvert par un till épais et fait partie du domaine de l'érablière à bouleau jaune (Figure 1). Le peuplement choisi est une vieille érablière à bouleau jaune de structure inéquienne identifié 10770-006 sur le plan annuel. Il est situé sur une pente modérée d'exposition sud.

Du secteur de coupe de 102 ha, 4 compartiments de superficies d'environ 5 ha chacun ont été délimités sur le terrain pour une aire d'étude totale de 23,3 ha. Afin de minimiser l'interaction entre les compartiment et entre blocs lors de la coupe, un axe des compartiments a été placé parallèlement à la pente. Aussi, pour empêcher que le débardage d'arbres provenant de l'extérieur influence les résultats de l'étude, la ligne de fond des compartiments d'étude a été juxtaposée avec celle des secteurs de coupe. Chacun des 4 compartiments ont été divisé en 3 parties, résultant en un total de 12 blocs (Figure 2).

### **Traitements**

Les quatre compartiments sont donc composés de 3 blocs, auxquels ont été associé aléatoirement trois intensités de prélèvement : 18 %, 25 % et 32 %. Les blocs 1c, 2b, 3c et 4b ont été martelés à 18 %, les blocs 1b, 2a, 3b et 4c à 25 % alors que les blocs 1a, 2c, 3a et 4a ont été martelés à une intensité de 32 %. Bien que réalisé avec plus de minutie que lors de travaux de martelage réguliers pour le compte d'une compagnie forestière, le martelage de ces superficies a été effectué de manière conventionnel en marquant les arbres de peinture bleue à hauteur de poitrine et à la souche. Les normes provinciales du MRN pour le martelage ainsi que les directives régionales ont été suivis. Afin de vérifier les intensités de marquage pour chacun des blocs, 8 à 10 points de prisme ont réalisés aléatoirement sur le secteur. Dans les cas où l'intensité du martelage différait de plus de 2 % de l'objectif, le martelage était réajusté sur l'ensemble du bloc et l'inventaire de vérification repris. Les résultats de l'inventaire au prisme post-martelage sont présentés à l'Annexe 1.





Figure 1 – Localisation du secteur d'étude

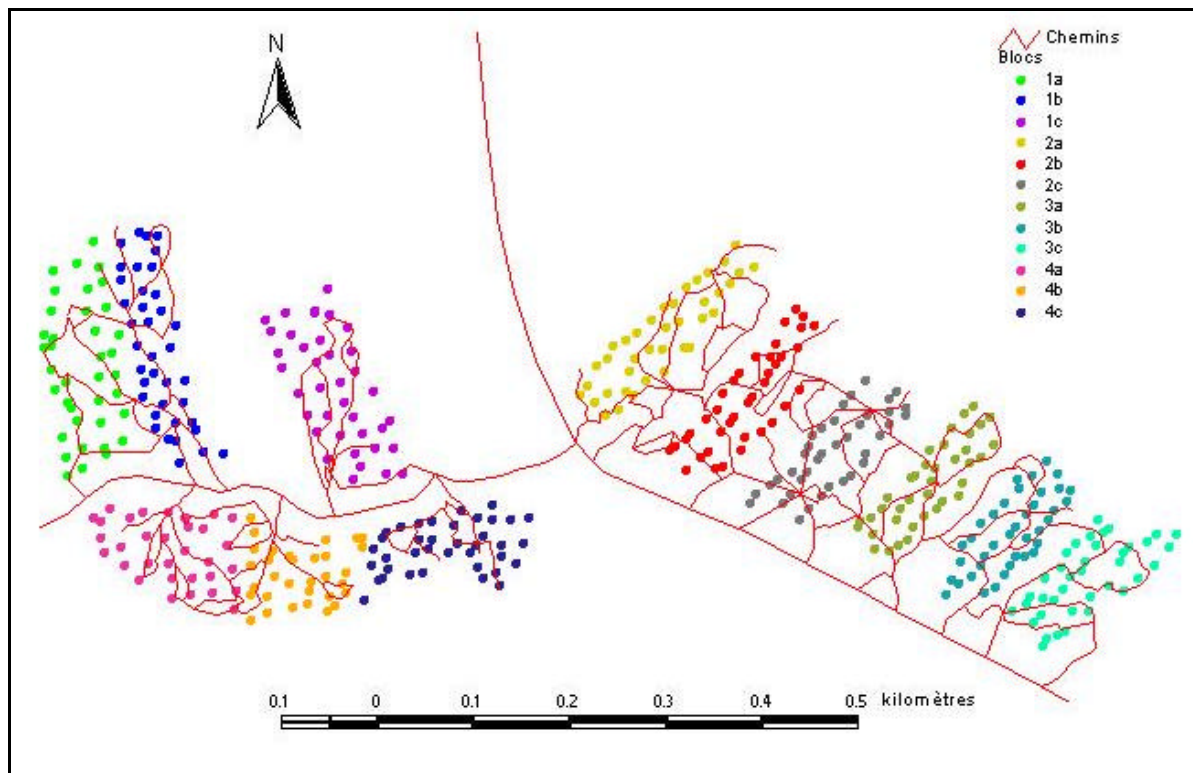


Figure 2 – Compartiments et blocs

### Opérations forestières

L'abattage a été réalisé manuellement et le débardage à l'aide d'une débusqueuse à câbles par deux équipes de bûcherons aux mois de septembre et d'octobre 2001. Une équipe était composée de deux hommes alors que la deuxième était constituée d'un seul bûcheron. Afin de s'assurer que les travaux exécutés dans le cadre de cette étude soient le plus représentatifs possible de ce qui est réalisé couramment par l'industrie, les bûcherons n'ont pas été informés de la présence d'un dispositif expérimental sur ce site.

### Inventaires

Afin d'évaluer la proportion des tiges blessées et la gravité des blessures, 10 parcelles à rayon fixe de 11,28 mètres réparties systématiquement ont été inventoriées à l'intérieur de chacun des 12 blocs, sauf les blocs 4a, 4b qui en avaient un nombre moindre en raison de leur dimension.

Pour chacune des tiges vivantes de la parcelle, les renseignements suivants étaient recueillis :

- ? l'essence de la tige
- ? le diamètre à hauteur de poitrine de la tige par classes de 2 cm
- ? le type de blessure – au tronc, au système racinaire ou au houppier
- ? la superficie des blessures au tronc et le pourcentage des blessures au système racinaire et au houppier
- ? la pente au centre de la parcelle.

En plus des parcelles à rayon fixe, 30 parcelles au prisme ont été inventoriées dans chaque bloc pour un total de 360 parcelles. De ces parcelles, 15 utilisaient une tige blessée comme point-centre alors que les 15 autres utilisaient une tige non blessée. Pour localiser ces parcelles sur le terrain, 30 points étaient dans un premier temps réparties systématiquement sur la superficie du bloc. Ensuite, pour 15 de ces points, la tige blessée la plus près était identifiée et choisie pour être utilisée comme tige-sujet de la placette. Pour les 15 autres points, la tige non blessée la plus près était identifiée comme point centrale. Un grand nombre de ces parcelles au prisme étaient nécessaires afin de permettre l'analyse du pourcentage de prélèvement et l'effet de la proximité des sentiers de débardage sur les chances des blessures d'une tige. De ces parcelles au prisme, les renseignements suivants pour chacune des tiges ou souches étaient relevés :

- ? l'essence
- ? le diamètre à hauteur de poitrine ou diamètre à hauteur de souche pour les tiges abattues par classes de 2 cm
- ? la superficie des blessures au tronc et la cause de la blessure (abattage ou débardage)
- ? le pourcentage des blessures au système racinaire et à la cime
- ? la distance de la tige ou de la souche au centre de la parcelle
- ? la pente au centre de la parcelle
- ? l'état de la tige : coupée ou non coupée
- ? l'état de la tige : martelée ou non martelée

Les diamètres à hauteur de souche mesurés pour les arbres coupés ont été convertis en dhp pour les calculs subséquents en utilisant les facteurs de conversion de l'annexe F du manuel « Méthodes d'échantillonnage pour les suivis des interventions forestières – exercice 1999-2000 » (MRN 1999b). La position géographique de chacun des chemins de débardage a été prélevée à l'aide d'un système de localisation par satellites (GPS).

## Calcul des variables dépendantes

### *Types de blessures*

Lors de l'inventaire, les blessures ont été inventoriées selon qu'elles étaient des blessures de débardage, d'abattage, de blessures au houppier ou aux racines. Puisque l'impact d'une blessure à la tige provenant du débardage et de l'abattage est semblable du point de vue économique, ces blessures ont été regroupées sous l'appellation de blessures au tronc. De la même manière, les blessures au houppier et aux racines ont été regroupées en blessures de vigueur pour les calculs statistiques.

### *Gravité des blessures*

La gravité des blessures a été calculée selon la définition d'une blessure importante du MRN pour la classification de la vigueur des tiges (MRN, 1999). Conformément à la directive du MRN, toutes les combinaisons des blessures au tronc, au houppier et aux racines contribuent au déclassement d'une tige. Pour ce faire, l'importance (en proportion) de la blessure par rapport à la norme du MRN est calculée pour chaque blessure. Par exemple, si 1/6 de la cime d'un arbre est détruite alors que la norme du MRN tolère jusqu'à un tiers de la cime (MRN, 1999), on dira que cette blessure équivaut à 50 % d'une blessure importante et aura une valeur de gravité de 50. Toutes les blessures infligées à une tige sont ainsi cumulées afin d'obtenir une valeur de gravité globale pour la tige. Par exemple, si sur le même arbre on retrouve également une blessure de gravité 100 aux racines, la valeur des blessures pour la tige sera alors de 50 pour le houppier et de 100 pour la blessure aux racines pour un total de 150. Voici les trois niveaux de gravité de blessure définis dans le cadre de cette étude :

Blessure mineure : l'ensemble des blessures subies par l'arbre excède la moitié de la définition de blessure importante du MRN (Tableau 1) ; valeur de gravité globale 1 à 99.

Blessure importante : l'ensemble des blessures subies par l'arbre égale ou excède la définition de blessure importante du MRN (Tableau 1) ; valeur de gravité globale 100 à 199.

Blessure très importante : Les blessures excèdent deux fois la définition de blessure importante du MRN (Tableau 1) ; valeur de gravité globale excède 200.

Tableau 1 – Critères définissant une blessure importante <sup>1</sup>

Tronc	Houppier	Racines
Surface d'aubier exposée est plus grand que : <u>DHP</u> <u>Aubier</u> 10 @ 20 cm ? 50 cm <sup>2</sup> 22 @ 30 cm ? 150 cm <sup>2</sup> 32 cm et plus ? 300 cm <sup>2</sup>	1/3 de la cime détruite	1/3 du système racinaire détruit (profonde ornière)

<sup>1</sup>Extrait du document « Méthodes d'échantillonnage pour les suivis des interventions forestières – exercice 1999-2000 » (MRN 1999b).

### *Proportion et valeur de gravité moyenne des différents types de blessures*

Ces calculs ont été réalisés en utilisant les données provenant des parcelles à rayon fixe.

### Calcul des variables indépendantes

#### *Dhp moyens*

Afin de calculer le dhp moyen des tiges prélevées et non prélevées provenant des parcelles au prisme, la moyenne des dhp a été pondérée avec un facteur d'arbre par classe de diamètre.

#### *Facteur q*

Le facteur q «est une constante égale au rapport entre le nombre de tiges dans une classe de diamètre et le nombre de tiges dans la classe suivante » (Majcen et al. 1990). Ce facteur a été utilisé afin de caractériser la structure de peuplement des différents blocs. Le diamètre des tiges allant de 12 cm à 60 cm a été utilisé pour ce calcul. Plus les valeurs de q sont élevées, plus les courbes du nombre de tiges par classes de dhp sont abruptes.

#### *Ratio dhp-distance des tiges coupées*

La valeur du ratio dhp-distance pour une parcelle a été calculée en faisant la moyenne, pour chacune des tiges coupées, de la division de son dhp par la distance entre cette tige et le point centre de la parcelle. La valeur de dhp utilisée est estimée à partir du diamètre à hauteur de souche.

### *Distance au chemin de débardage*

Distance (en mètres) du centre de la parcelle jusqu'au chemin de débardage par lequel le bois récolté a été débardé (Figure 3). Ces distances ont été évaluées dans ArcView pour chacune des parcelles.

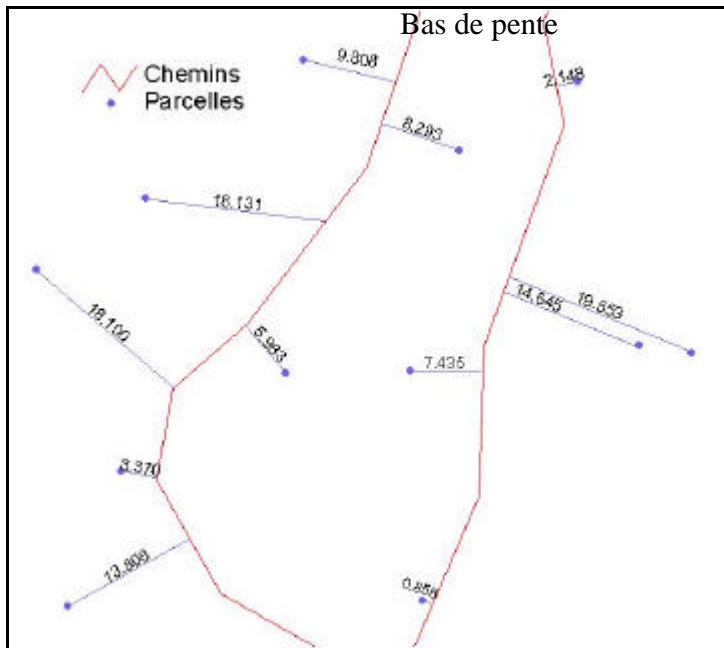


Figure 3 – Exemples de calcul de la distance au chemin de débardage

### *Distance en amont*

La variable distance en amont a été calculée en cumulant la distance (en mètres) à partir du centre de la parcelle jusqu'au point le plus loin à partir duquel le débardage des bois pourrait se faire en passant à proximité de la parcelle (Figure 4). Cette variable se veut proportionnelle au volume de bois débusqué à proximité de la parcelle. Les distances ont été évaluées dans ArcView pour chacune des parcelles.

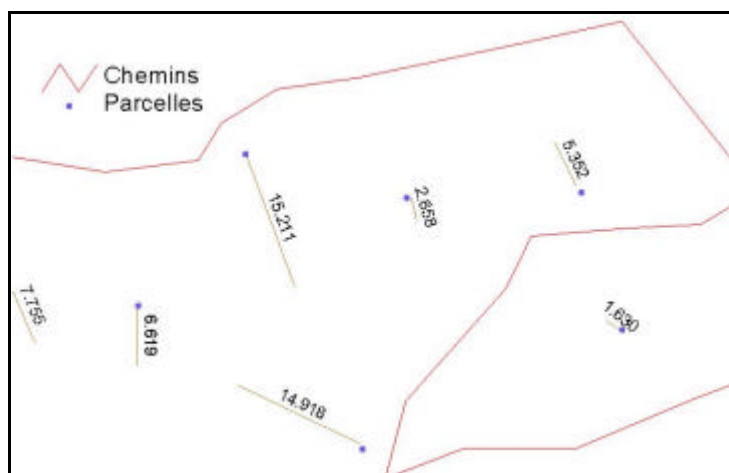


Figure 4 – Exemple de calcul de la distance en amont de la parcelle.

### *Superficie des zones de récolte*

Pour chacune des parcelles dont le centre est situé à moins de 2,5 mètres du centre d'un sentier de débardage répertorié, la superficie de forêt récoltée dont les arbres débardés passent par ce point a été estimée à l'aide du logiciel ArcView (Figure 5).

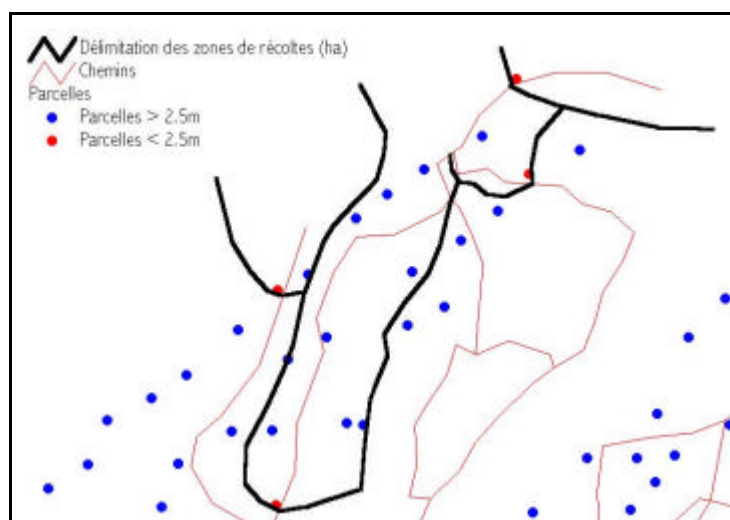


Figure 5 – Calcul de la variable «Superficie des zones de récolte ».

## Analyses statistiques

### *Analyses au niveau des blocs*

Dans un premier temps, nous avons vérifié, au niveau des blocs, l'effet du prélèvement et de la structure du peuplement sur la quantité de blessures infligée aux tiges résiduelles. Puisque des différences importantes ont été observées entre la surface terrière martelée et celle prélevée pour les blocs 2A, 3C et 4C, l'utilisation des réplicats de l'intensité de coupe et les analyses ANOVA prévues au départ ont dû être remplacées par des analyses de régression. Ces analyses ont été effectuées à l'aide du logiciel NCSS avec les variables indépendantes suivantes :

- ? le prélèvement (en pourcentage de la surface terrière initiale)
- ? le prélèvement (surface terrière par hectare)
- ? la surface terrière résiduelle moyenne (en m<sup>2</sup> / ha)
- ? le facteur q
- ? le diamètre moyen des arbres prélevés
- ? la pente

Les variables dépendantes utilisées sont : la proportion de la surface terrière résiduelle avec blessure importante, la proportion des blessures au tronc et la proportion de blessure de vigueur. La définition de blessure importante dans cette étude correspond à la norme du MRN. Puisqu'il s'agit avec cette analyse d'identifier les tendances au niveau des blocs, les moyennes par bloc ont été utilisées pour chacune de ces variables. Les analyses réalisées au niveau des blocs ont l'avantage de permettre de déceler l'effet du pourcentage de prélèvement globalement sur l'ensemble du bloc et non de devoir expliquer les blessures par un ensemble de variables au niveau des parcelles.

### *Analyses au niveau des parcelles*

Afin de comprendre l'effet sur les blessures de certains facteurs tels que la distance au chemin de débardage ou la grosseur moyenne des tiges abattues, il était nécessaire de réaliser des analyses à l'échelle des parcelles. Deux types d'analyses ont été réalisées à cette échelle. La première,



réalisée à l'aide de la régression logistique<sup>1</sup> du logiciel SPSS (1997), vise à identifier les facteurs influençant la probabilité qu'une tige subisse 1) une blessure selon la définition du MRN, 2) une blessure (quelle soit mineure, importante ou très importante), 3) une blessure au tronc (d'abattage ou de débusquage) et 4) une blessure affectant la vigueur (racines ou houppier). Le pouvoir prédictif du modèle pour les régressions logistiques peut être évalué à l'aide du log du ratio de vraisemblance (-2LL). Le ratio du -2LL expliqué sur le -2LL total exprime la proportion de la déviance de la variable dépendante expliquée par les variables significatives. Pour les statistiques des paramètres, le Rao's score est un indicateur de la force de la relation entre la variable indépendante testée et la variable dépendante. Plus la valeur est éloignée de 0, plus la relation est forte. Aussi, cette même régression logistique a été utilisée afin de vérifier la relation entre la probabilité que la tige-sujet d'une parcelle dont le centre est situé près d'un chemin de débardage (moins de 2,5 mètres du centre) soit blessée au tronc, et la superficie de forêt récoltée dont le débardage passe près de cette parcelle (variable superficie des zones de récolte).

La deuxième analyse a été réalisée avec la « stepwise regression » du logiciel NCSS afin d'identifier les facteurs influençant la gravité des quatre types de blessures. Cette analyse a été réalisée en utilisant seulement les tiges avec une blessure du type correspondant à chacune des analyses. Des graphiques de la relation entre certaines variables indépendantes et dépendantes sont aussi présentés. Les variables indépendantes testées sont les suivantes :

---

<sup>1</sup> La régression est une technique largement utilisée en statistique et qui sert à estimer la relation mathématique entre une ou plusieurs variables explicatives et une variable dépendante. Une régression logistique est utilisée lorsque la variable dépendante est catégorique, c'est-à-dire non continue (par exemple de types de blessure). Lorsque plus d'une variable explicative sont incluses au modèle, on parle alors de régression logistique multiple.

- ? le prélèvement moyen (en % de la surface terrière) au niveau du bloc ;
- ? la surface terrière résiduelle ;
- ? la pente moyenne du bloc ;
- ? le prélèvement (en % de la surface terrière) au niveau de la parcelle
- ? le prélèvement (en m<sup>2</sup>) au niveau de la parcelle
- ? la pente au niveau de la parcelle ;
- ? le dhp de la tige-sujet ;
- ? le dhp maximal des tiges coupées ;
- ? le dhp moyen des tiges coupées ;
- ? le dhp maximal des tiges vivantes ;
- ? le dhp moyen des tiges vivantes ;
- ? le ratio hauteur/distance moyen des arbres coupés ;
- ? la distance jusqu'au chemin de débardage;
- ? la distance en amont de la parcelle ;

#### *La distribution des diamètres des tiges blessées*

Des tests de Khi-carré ont été réalisés entre les classes de diamètre afin de vérifier si la proportion de tiges blessées est significativement différente entre les classes. Pour ces analyses, les données provenant des parcelles à rayon fixe ont été utilisées.

#### *Probabilité de blessure le long des sentiers*

Une analyse par régression logistique a été réalisée afin de vérifier si une relation existe entre la superficie des zones de récolte associées à une parcelle le long d'un sentier de débardage et la probabilité que la tige-sujet de cette parcelle soit blessée.

## Résultats

### Description du secteur d'étude et des blocs

#### *Conditions initiales*

La surface terrière initiale moyenne pour le secteur d'étude était de 28,9 m<sup>2</sup>/ha alors que celle des blocs pris individuellement variait de 25,3 m<sup>2</sup>/ha à 31,1 m<sup>2</sup>/ha (Tableau 2). La pente moyenne des blocs varie de 24 % à l'intérieur du bloc 2a à seulement 6,9 % pour le bloc 4a. L'indice q varie de 1,127 pour le bloc 2a à 1,213 au bloc 4a.

Tableau 2 – Moyennes, par bloc, de la surface terrière (s.t.) initiale, de la s.t. coupée (%), de la s.t. résiduelle (m<sup>2</sup>), de l'indice d'inéquienité, du dhp et de la pente.

Bloc	Surface terrière initiale (m <sup>2</sup> /ha)	Surface terrière prélevée (%)	Surface terrière résiduelle (m <sup>2</sup> /ha)	Indice q	Pente moyenne (%)
1a	27,2	33,9	18,0	1,211	12
1b	25,3	25,4	18,9	1,189	8
1c	27,7	23,5	21,2	1,186	16
2a	28,2	31,7	19,3	1,127	24
2b	30,2	19,8	24,2	1,130	20
2c	31,6	35,0	20,6	1,151	23
3a	27,7	32,7	18,7	1,149	23
3b	31,1	29,1	22,1	1,140	20
3c	31,1	27,2	22,6	1,159	21
4a	30,7	33,6	20,4	1,213	7
4b	27,9	20,4	22,2	1,148	10
4c	28,6	30,9	19,8	1,160	11

#### *Opérations forestières*

Le prélèvement réel des différents blocs varie d'un minimum de 19,8% au bloc 2b à un maximum de 35,0 % au bloc 2c (Tableau 2). Globalement pour le secteur d'étude, le prélèvement moyen est de 28,7 % (Tableau 3). La surface terrière résiduelle des différents blocs quant à elle varie de 18,0 m<sup>2</sup> à 24,2 m<sup>2</sup> avec une moyenne globale pour le secteur d'étude de 20,6 m<sup>2</sup>/ha. Le dhp moyen des tiges prélevées est de 41,2 cm alors que celui des tiges résiduelles est de 24,3 cm, pour un écart de près de 17 cm entre les deux valeurs moyennes. Les valeurs moyennes pour la distance au chemin de débardage et la distance en amont sont semblables, respectivement de 9,6 mètres et de 10,1 mètres.

Les résultats du positionnement des sentiers de débardage montrent un système de sentiers assez loin de la disposition théorique optimale de sentiers (Figure 2). La topographie joue évidemment un rôle important relativement à ces résultats.

Tableau 3 – Moyennes, minimums, maximums et écarts-types des variables indépendantes au niveau des parcelles.

Variable	Moyenne	Minimum	Maximum	Écart-type
Pente (%)	16,5	0	39	8,84
Dhp maximal des tiges prélevées (cm)	62,5	23	108	16,2
Dhp maximal des tiges non prélevées (cm)	53,5	24	100	13,0
Dhp moyen des tiges prélevées (cm)	41,2	21,5	80,3	10,1
Dhp moyen des tiges non prélevées (cm)	24,3	18,4	53,3	5,8
Ratio dhp / distance (cm)	4,8	2,6	29,1	3,1
Surface terrière prélevée (%)	28,7	5,9	66,7	11,0
Surface terrière résiduelle par parcelle (m <sup>2</sup> )	20,6	6	40	5,8
Distance au chemin de débardage (mètres)	9,6	0,02	39,8	8,7
Distance en amont (mètres)	10,1	0,76	60,8	8,3
Superficie récoltée en amont de la parcelle (ha)	0,4	0,04	1,88	0,4

### Analyses au niveau des blocs

La proportion de la surface terrière résiduelle des tiges avec une blessure importante ou très importante par bloc varie de 5,5 % à 20,3 %, à l'exception du bloc 2a qui atteint 37 % (Figure 6). En surface terrière absolue, ces blessures correspondent à des valeurs allant de 1,0 à 7,2 m<sup>2</sup> par hectare.

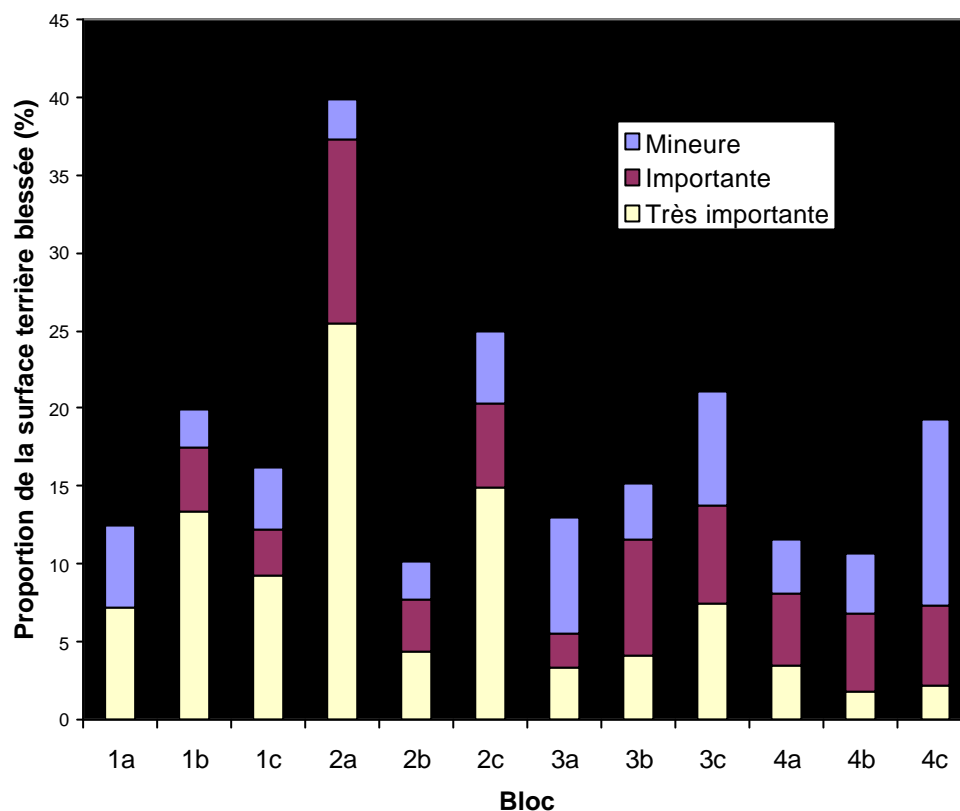


Figure 6 – Proportion de la surface terrière avec blessures mineures, importantes et très importantes par bloc avec entre parenthèses le pourcentage de prélèvement moyen du bloc.

Au niveau des blocs, il n'existe aucune relation entre les six variables testées et la proportion des tiges résiduelles blessées (Figure 7 à 12) ni avec la proportion de la surface terrière résiduelle avec des blessures de vigueur. Il existe cependant une relation significative entre la pente moyenne des blocs et la proportion des tiges résiduelles avec une blessure au tronc ( $p=0,0488$  ;  $R^2=0,33$ ) (Figure 13).

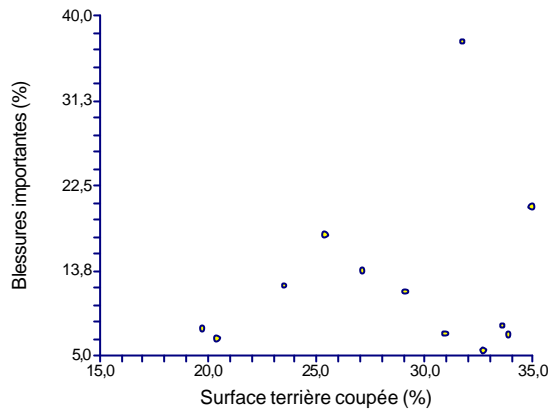


Figure 7 – Proportion de la surface terrière comportant des blessures importantes en fonction de la proportion de la surface terrière prélevée.

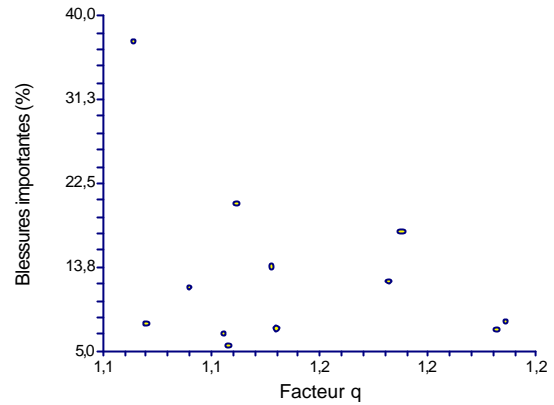


Figure 10 - Proportion de la surface terrière comportant des blessures importantes en fonction de du facteur q.

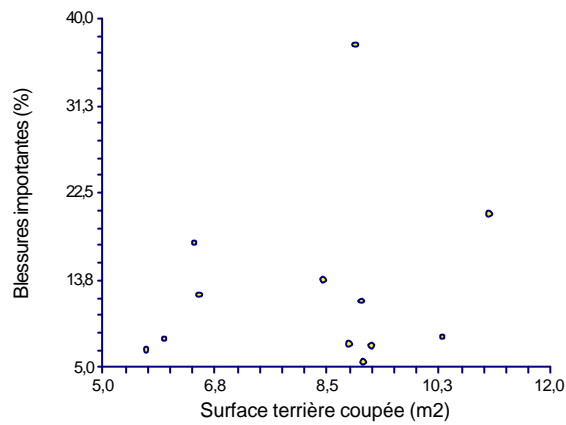


Figure 8 - Proportion de la surface terrière comportant des blessures importantes en fonction de la surface terrière prélevée

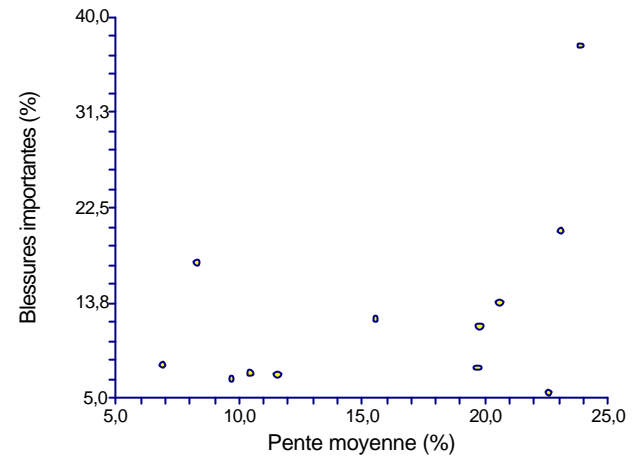


Figure 11 - Proportion de la surface terrière comportant des blessures importantes en fonction de la pente moyenne du bloc

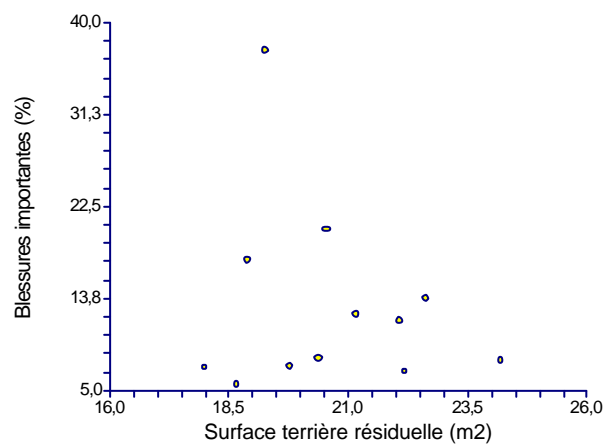


Figure 9 - Proportion de la surface terrière comportant des blessures importantes en fonction de la surface terrière résiduelle

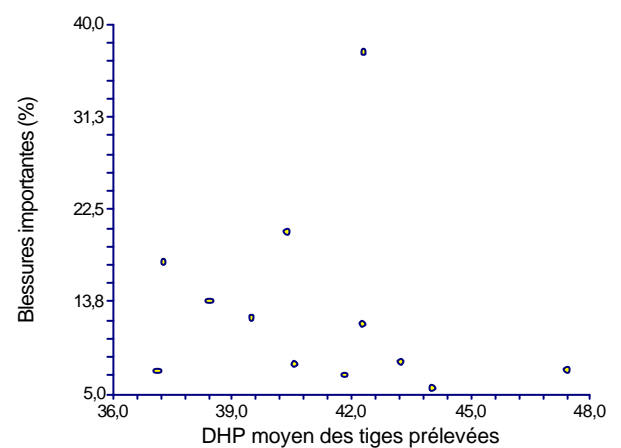


Figure 12 - Proportion de la surface terrière comportant des blessures importantes en fonction du diamètre à hauteur de poitrine moyen des tiges prélevées.

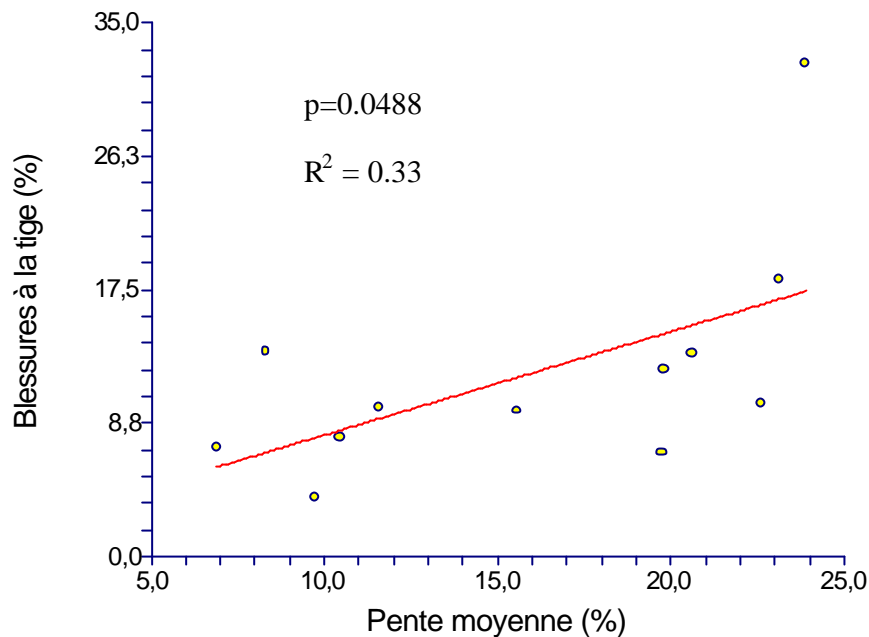


Figure 13 – Proportion de la surface terrière résiduelle blessée au tronc en fonction de la pente moyenne du bloc (%)

### Analyse au niveau des parcelles

#### *Probabilité de blessure*

L'analyse de régression logistique a permis de vérifier que la variable surface terrière prélevée au niveau des parcelles a un effet significatif sur la proportion de blessures importantes. De façon globale, il y a une augmentation de la probabilité que la tige-sujet subisse une blessure importante avec une augmentation du pourcentage de la surface terrière prélevée à l'intérieur de cette parcelle. Une très faible proportion (1,1 %) du  $-2LL$  de départ est expliquée par cette variable ce qui indique que la probabilité de blessure est très peu modifiée par cette variable (Tableau 4). Pour les variables dépendantes blessures et blessures à la tige, aucune des variables indépendantes testées ne s'est révélée significativement corrélée avec elles. Aussi, le dhp de la plus grosse tige à l'intérieur de la parcelle est significativement corrélé avec la probabilité que la tige-sujet subisse une blessure de vigueur (blessures aux racines et au houppier) ce qui indique que plus le dhp de la plus grosse tige est élevée, plus les chances de blessure de ce type sont grandes. Pour cette régression, le log du ratio de vraisemblance expliqué par la variable diamètre de la plus grosse tige est aussi très faible (1,9 %).

Tableau 4 – Statistiques des modèles de régression logistique et statistiques des paramètres pour les variables blessures importantes, blessures, blessures au tronc et blessures de vigueur.

	Blessures importantes		Blessures		Blessures au tronc		Blessures de vigueur	
	Sign.	Rao's score	Sign.	Rao's score	Sign.	Rao's score	Sign.	Rao's score
DHP de la tige-sujet	n.s.		n.s.		.0517	-.0626	n.s.	
Surface terrière prélevée (bloc)	n.s.		n.s.		n.s.		n.s.	
Pente moyenne par bloc	n.s.		n.s.		n.s.		n.s.	
Pente	n.s.		n.s.		n.s.		n.s.	
DHP maximal des tiges coupées	n.s.		n.s.		n.s.		<b>.0354</b>	<b>.1032</b>
DHP maximal des tiges vivantes	n.s.		n.s.		n.s.		n.s.	
DHP moyen des tiges coupées	n.s.		n.s.		n.s.		n.s.	
DHP moyen des tiges vivantes	n.s.		n.s.		n.s.		n.s.	
Ratio DHP/proximité	n.s.		n.s.		n.s.		n.s.	
Distance en amont	n.s.		n.s.		n.s.		n.s.	
Distance au chemin de débardage	n.s.		n.s.		n.s.		n.s.	
Equipe de bûcherons	n.s.		n.s.		n.s.		n.s.	
Surface terrière prélevée (%)	<b>.0305</b>	<b>.0774</b>	n.s.		n.s.		n.s.	
Surface terrière résiduelle (m2)	n.s.		n.s.		n.s.		n.s.	
% du log du ratio de vraisemblance expliqué par les variables indépendantes		1,1 %		0 %		0 %		1,9 %

n.s. : non-significative à 5 %

### *Superficie*

Les analyses par régression logistique démontre qu'il n'existe pas de relation entre la superficie de forêt récoltée dont le volume passe par la parcelle et la probabilité que la tige-sujet de cette parcelle soit blessée au tronc.

### *Gravité des blessures*

Les analyses ont permis de constater une relation significative entre d'une part la gravité des blessures aux racines et d'autre part le dhp de la tige-sujet, la surface terrière résiduelle moyenne par bloc et le dhp moyen des tiges prélevées (Tableau 5). De manière générale, un faible dhp de la tige-sujet, un fort dhp des tiges prélevées et un faible prélèvement au niveau du bloc (Figure 14) augmenteront la gravité des blessures aux racines. Pour ce qui est de la gravité des blessures au houppier, la seule variable significative est le dhp moyen des tiges prélevées (Tableau 6) et la sévérité de ces blessures ont tendance à diminuer avec l'augmentation du dhp (Figure 15). Aucune relation n'a été trouvée significative avec la gravité des blessures de débardage alors que pour la gravité des blessures d'abattage, le ratio dhp/distance a été trouvé significatif (Tableau 7). Ce résultat démontre que plus le ratio dhp/distance est élevé, plus la gravité des blessures d'abattage a tendance à être grave.



Tableau 5 – Niveau de probabilité, coefficient de détermination ( $R^2$ ) et équation des variables indépendantes significatives avec la gravité des blessures aux racines calculés avec la stepwise regression

Variable	$R^2$ cumulatif	Niveau de probabilité
Surface terrière résiduelle au niveau du bloc (A)	0,16	=0,008
DHP de la tige-sujet (B)	0,30	?0,001
DHP moyen des tiges prélevées (C)	0,42	=0,009

$-323 + 19 * A - 3.5 * B + 2.8 * C$

Tableau 6 - Niveau de probabilité, coefficient de détermination ( $R^2$ ) et équation de la variable indépendante significative avec la gravité des blessures au houppier calculés avec la stepwise regression

Variable	$R^2$ cumulatif	Niveau de probabilité
DHP moyen des tiges prélevées (A)	0,21	=0,0435

$-75 + 5.35 * A$

Tableau 7 - Niveau de probabilité, coefficient de détermination ( $R^2$ ) et équation de la variable indépendante significative avec la gravité des blessures d'abattage calculés avec la stepwise regression

Variable	$R^2$ cumulatif	Niveau de probabilité
Ratio diamètre/distance (A)	0,29	=0,003

$-127 + 68 * A$

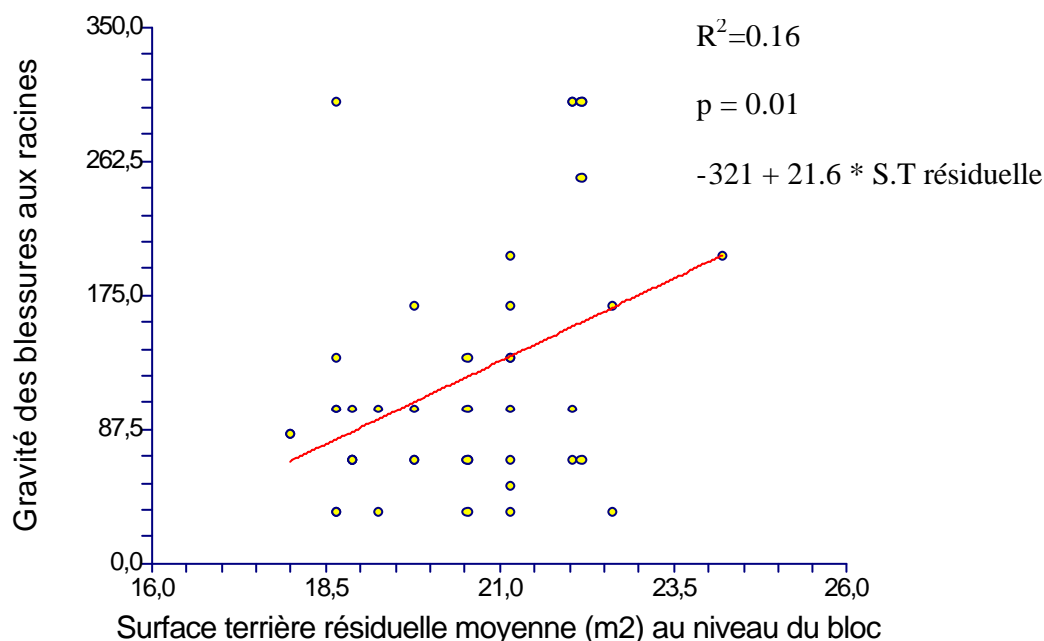


Figure 14 – Gravité des blessures aux racine en fonction de la surface terrière résiduelle au niveau des blocs.

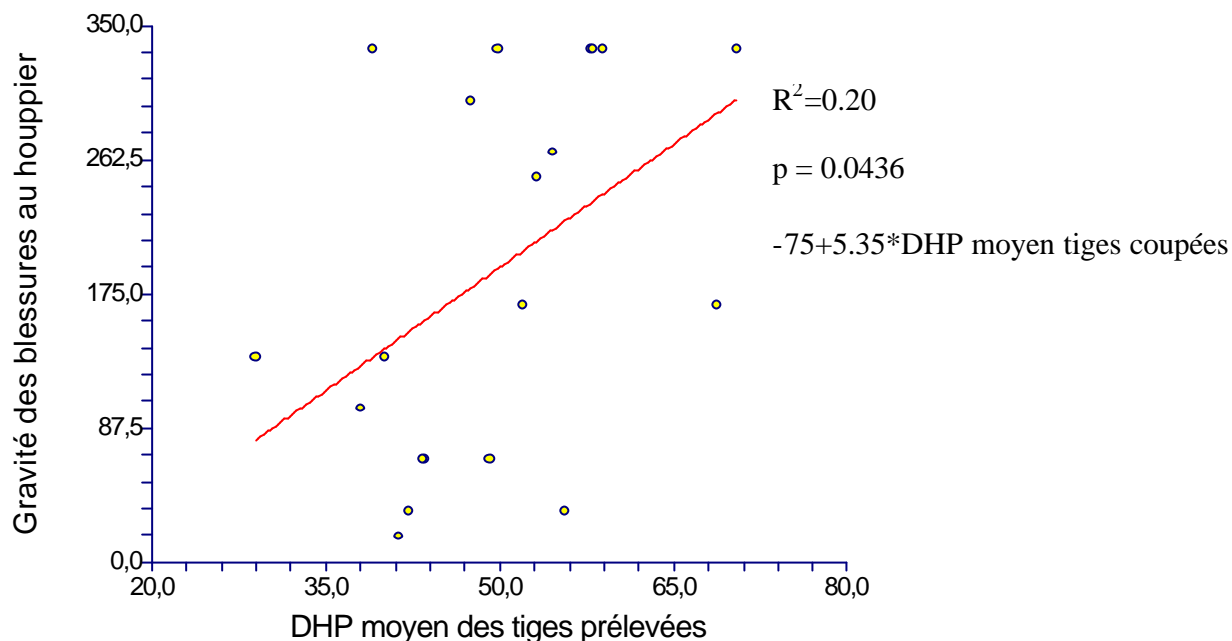


Figure 15 - Gravité des blessures au houppier en fonction de diamètre à hauteur de poitrine moyen des tiges prélevées.

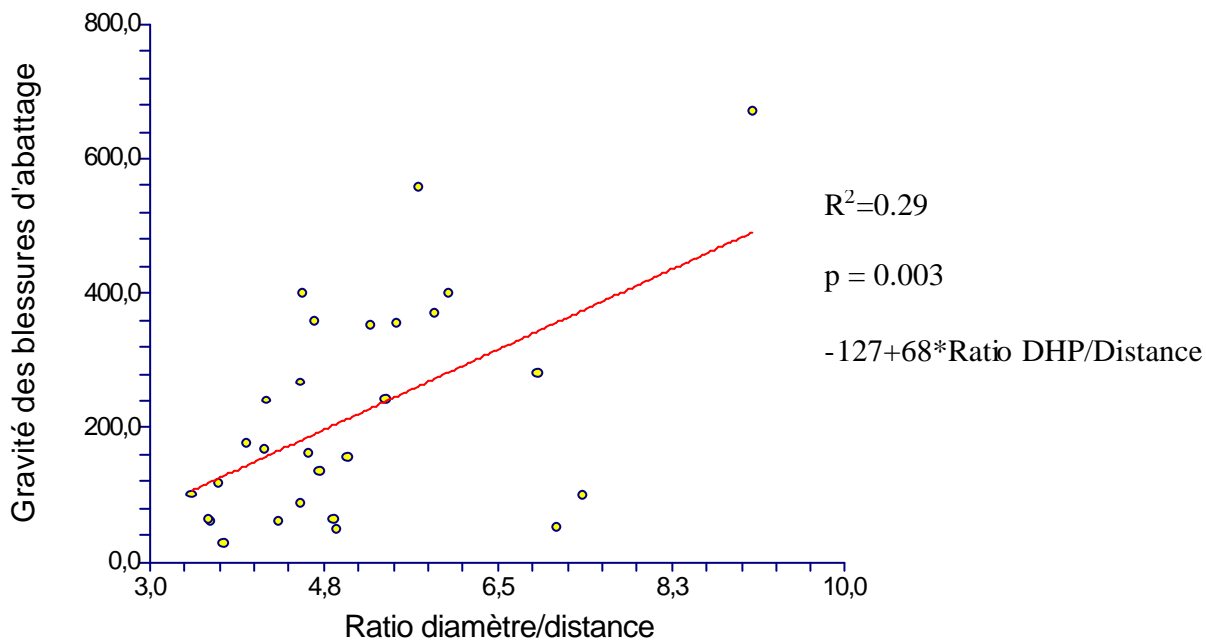


Figure 16 - – Gravité des blessures d'abattage en fonction du ratio diamètre/distance.

*Proportion et gravité des différents types de blessures*

Plus des deux tiers (en surface terrière) des blessures inventoriées affectaient le tronc alors que seulement 31 % étaient des blessures affectant potentiellement la vigueur des tiges (Tableau 8). Globalement, les blessures de débardage comptent donc pour un peu plus de la moitié des blessures totales et sont en moyenne les blessures les plus sévères.

Tableau 8- Pourcentage des tiges blessées et gravité moyenne pour chaque type de blessure .

Types de blessures	Blessures au tronc 69 %		Blessures au houppier ou aux racines 31 %	
	Abattage	Débardage	Houppier	Racines
%	19 %	81 %	9 %	91 %
Gravité	234	305	152	112

*La distribution des diamètres des tiges blessées*

Les résultats de l'analyse de Khi-carré de la distribution des blessures par classes de diamètre montrent une différence significative ( $p=0.01$ ) entre les tiges de diamètre 40 cm et plus et les trois autres classes de diamètre inférieurs. Par contre, la proportion des tiges blessées de blessures très importantes est la moins élevée pour la classe de 40 cm et plus.

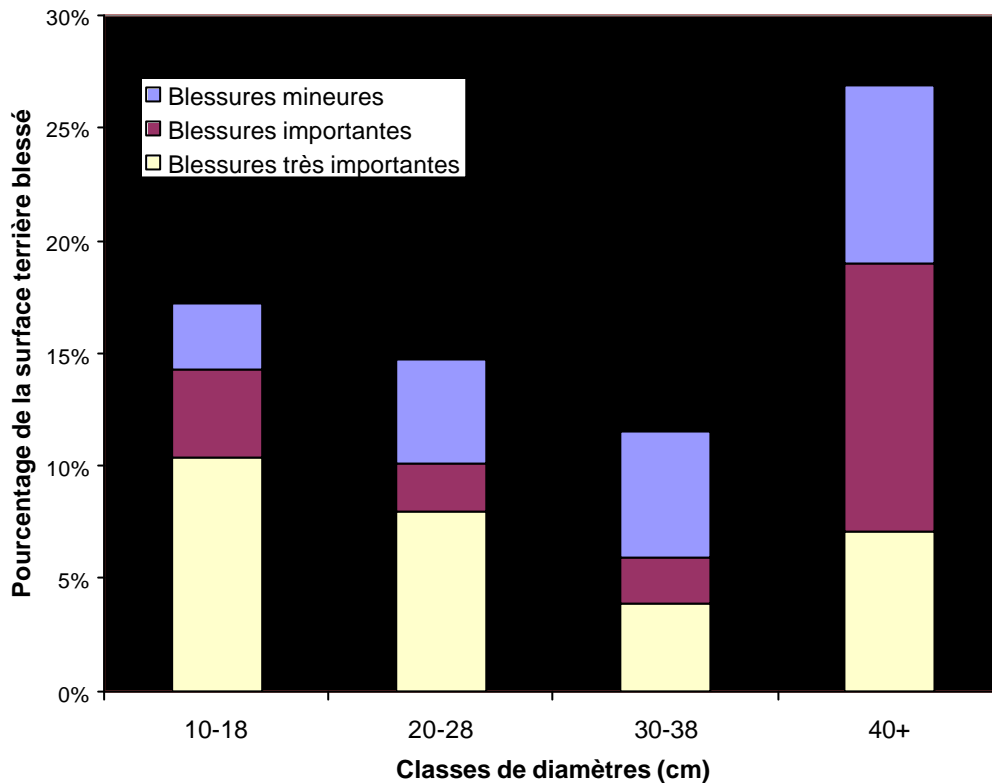


Figure 17 – Pourcentage de blessures mineures, importantes et très importantes par classes de diamètre.

#### *Prélèvement par classes de diamètres*

L'analyse de la distribution du nombre de tige par classe de diamètre initiale montre une distribution en J inversée, conforme à ce à quoi on pourrait s'attendre d'une érablière inéquienne (Figure 7). Le prélèvement par classe de diamètre varie de 4 % pour les diamètre 10-18 jusqu'à 72 % pour la classe 70-78 cm. Le prélèvement est donc plus important dans les classes de diamètre de plus forte dimension.

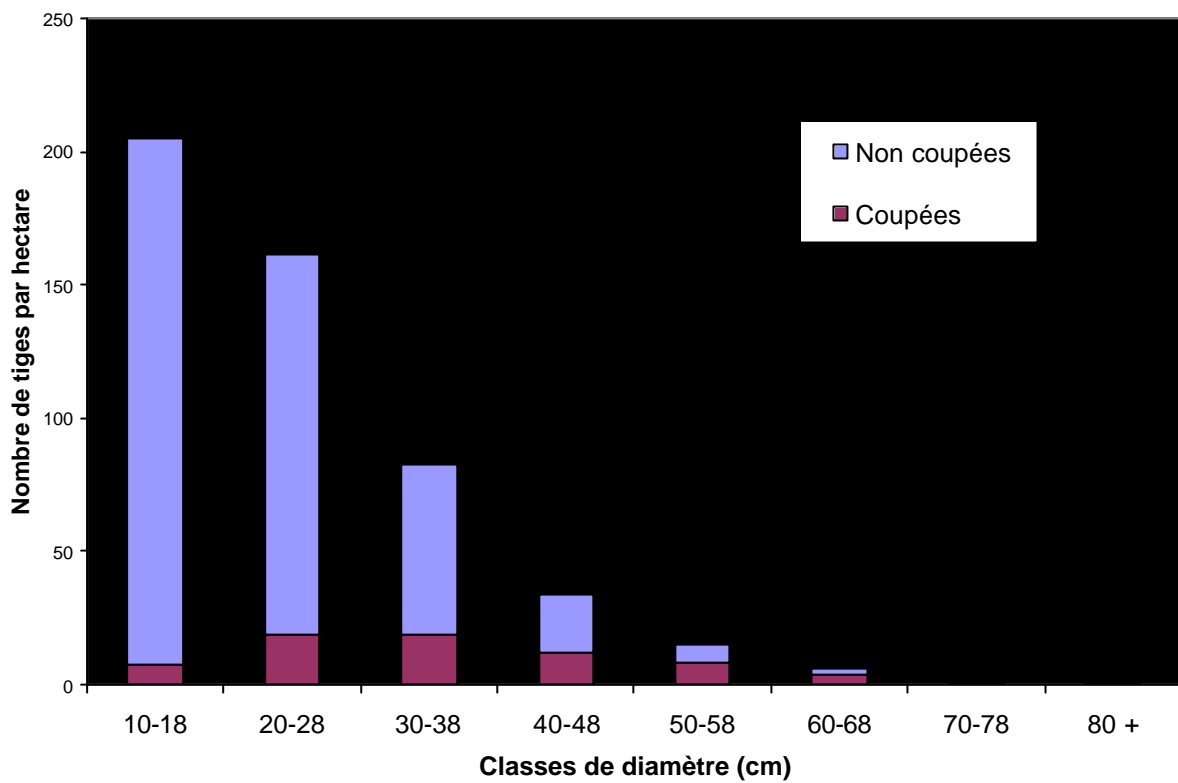


Figure 18 – Nombre de tige coupées et résiduelles par classes de diamètre et pourcentage des tiges coupées par classe de diamètre.

## **Discussion**

La proportion de la surface terrière résiduelle avec blessures importantes (norme du MRN) sur l'ensemble du secteur d'étude est de 12 %, ce qui est plus faible que les valeurs rapportées par plusieurs auteurs dans des conditions semblables: 1) Nyland (1991) mentionne que l'on peut s'attendre à ce que 25% de la surface terrière résiduelle soit sévèrement blessée, et la définition que cet auteur utilise est plus restrictive que celle du MRN 2) Nichols et al. (1994) rapporte qu'environ 20 % des tiges sont blessées 3) Majcen (1995) obtient environ 10 % de la surface terrière blessée dans un dispositif expérimental 4) Lavallée (1966) rapporte que 33% à 44 % des tiges sont blessées.

L'absence de relation au niveau des blocs entre les variables d'intensité de coupe et la proportion de tiges blessées révèle qu'on peut s'attendre à peu ou pas d'effet d'un changement d'intensité de prélèvement sur l'incidence de blessures lorsque le prélèvement varie d'environ 20 % à 35 %. Les résultats des analyses faites à l'échelle de la parcelle semblent corroborer ces résultats. En effet, la probabilité qu'une tige subisse une blessure importante est significativement reliée avec la surface terrière prélevée, mais cette relation est tellement faible qu'en pratique, quelle que soit le prélèvement (dans le spectre étudié), le pourcentage de blessure aux tiges résiduelles demeure le même. De plus, si on considère l'ensemble des blessures en incluant celles de gravité inférieure à la norme du MRN, alors aucune corrélation n'existe entre la probabilité qu'une tige soit blessée et les variables testées. Ces résultats sont différents de ceux obtenus par Majcen (1995), qui a observé que la proportion de la surface terrière blessée augmente avec l'intensité de la coupe. Cependant, Majcen avait étudié des intensités de prélèvement différentes et deux de ces intensités étaient supérieures à 35 %.

Le fait d'obtenir une relation significative entre la pente moyenne des blocs et la proportion des tiges blessées au tronc dans un secteur, où les pentes les plus fortes sont somme toute pas très abruptes, est révélateur. Il serait même logique de penser que cet effet serait accentué sur un terrain plus abrupte. Le fait que la pente n'ait pas été trouvée significative comme variable indépendante avec la proportion de blessures au tronc à l'échelle de la parcelle est explicable par le fait que sur un terrain inégal, il est possible pour les bûcherons d'éviter les secteurs abruptes.

Les résultats révèlent que pour les tiges avec blessures aux racines, la gravité diminue avec l'augmentation du dhp des tiges. Ce résultat est dû au fait que plusieurs petites tiges ont été

renversées par la débusqueuse lors des opérations forestières et que ce type de blessure est plus grave que des blessures au système racinaire provenant d'ornières. Le fait que les blessures aux racines soient plus sévères lorsque le prélèvement moyen au niveau du bloc diminue est difficilement explicable. Il s'agit peut-être de l'effet du changement des conditions du site suite à des précipitations abondantes de pluie ou qu'il est plus difficile d'éviter les jeunes perches lorsque le prélèvement est moins fort.

Il semble à première vue surprenant de ne pas avoir obtenu de corrélation entre les variables liées aux opérations forestières (distance au chemin de débardage, distance en amont, superficie de la zone de récolte) et la probabilité d'obtenir des blessures comme l'a obtenu Nichols (1994). En effet, il serait logique que les tiges les plus éloignées des sentiers soient moins affectées par les opérations de débardage (tronc et racines). Ces résultats peuvent être expliqués par la très grande fréquence des sentiers – les placettes réparties aléatoirement étaient en moyenne à 10 mètres des sentiers – et par la distribution non systématique des sentiers. Puisque la majorité des blessures infligées aux tiges résiduelles sont des blessures de débusquage (56 %) et que ces blessures ont tendance à être les plus graves et à être susceptibles aux infections par les micro-organismes (puisque à moins d'un mètre au dessus du niveau du sol (Nyland 1991), c'est ce type de blessures qui aura sans aucun doute l'impact le plus important sur la valeur économique des tiges.

Une différence de 15 cm entre la moyenne des dhp des tiges prélevées et celle des tiges résiduelles a été obtenue. Le prélèvement plus intense dans les classes de plus forte dimension aura comme effet de changer la structure du peuplement résiduel mais n'aura pas d'effet sur la surface terrière résiduelle blessée.

## **Conclusion et recommandations**

Cette étude aura permis de vérifier qu'une diminution du prélèvement dans un peuplement feuillu a comme effet de diminuer l'incidence de blessures. Du strict point de vue des blessures aux tiges résiduelles, une diminution de l'intensité du prélèvement en érablière semble donc justifiée, d'autant plus que des rotations plus courtes pourraient favoriser la récupération d'une plus grande partie de la valeur des tiges blessées lors de l'entrée précédente (Nyland 1991).

Cette étude a démontré que la majorité des blessures sont causées par le débardage des tiges et que ces blessures au tronc des arbres sont aussi les plus graves. Conséquemment, elles auront un effet important sur la valeur du peuplement résiduel. Or, on a remarqué une grande quantité de sentiers sur le parterre de coupe et une distribution un peu inattendue de ceux-ci. En effet, plusieurs sentiers étaient de forme circulaire et se joignaient entre eux pour former des boucles. Ces observations permettent de recommander une diminution de la superficie des sentiers et une meilleure planification de la localisation des sentiers avant coupe de manière à les garder le plus linéaire possible. Ces recommandations ont déjà été faites par plusieurs auteurs (Anderson 1991 ; Nyland 1991; Lamson 1988; Dey 1991 Lamson 1988). D'autres moyens ont déjà été proposés afin de diminuer l'incidence et la gravité des blessures de débardage :

- favoriser l'utilisation de petits équipement de débardage (Nyland 1991; Smith 1994)
- entrer dans les sentiers avec des angles de moins de 45 degrés (Nyland 1991)
- diminuer au minimum les coupes en forêt feuillue entre les mois de mai et août (Anderson 1991)
- couper les fourches et grosses branches des arbres avant le débardage d'arbres en longueur (Nyland 1991; Smith 1994)



## **Littérature citée**

- Anderson, H.W. 1991. Some implications of logging damage in the tolerant hardwood forests of Ontario. Dans : Logging damage : the problems and practical solutions. J.A. Rice Ed. Ministry of Natural Resources, Ontario Forest Research Institute, Forest Research Report No 117. P3-19.
- Brown, J.-L. 1980. Le rôle de l'écologie dans l'économie et dans l'exploitation forestière. Relations, vol. 40, no 464, pp.298-299.
- Dey, D. 1991. Careful logging, partial cutting and the protection of terrestrial and aquatic habitats. Dans : Logging damage : the problems and practical solutions. J.A. Rice Ed. Ministry of Natural Resources, Ontario Forest Research Institute, Forest Research Report No 117. P 53-69.
- Hintze, J.L., 1999. NCSS 2000. User's guide-1. Number cruncher statistical systems. Kaysville, Utah. 570 p.
- Lamson, N.I. et H.C. Smith. 1988. Effect of logging wounds on diameter growth of saw-log size appalachian hardwood crop trees. USDA Forest Service, Northeastern Forest Experimental Station, Research Paper NE-616.
- Lavallée, A., 1966. Caries et colorations des essences décidues dans la forêt expérimentale de Dudswell. Ministère des Forêts, Communication réservée Q-2. 25 p.
- Lavallée, A. 1967. Caries et colorations de deux essences décidues dans la forêt expérimentales de Thurso. Direction générale des forêts, Région de Québec. Communication réservée Q-6. 24 p.
- Majcen, Z. 1997. Coupe de jardinage et coupe de succession dans trois secteurs forestiers : accroissement décennal en surface terrière et état de la régénération. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, direction de la recherche forestière. Mémoire de recherche forestière no 129. 48 p.

- Majcen, Z. 1995. Résultats après 10 ans d'un essai de coupe de jardinage dans une érablière. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, direction de la recherche forestière. Mémoire de recherche forestières no 122. 32 p.
- Majcen, Z., Y. Richard, M. Ménard, et Y. Grenier. 1990. Choix des tiges à marquer pour le jardinage d'érablières inéquiennes – Guide technique. Gouvernement du Québec, ministère de l'Énergie et des ressources, direction de la recherche et du développement. Mémoire de recherche forestières no 96. 96 p.
- Ministère des Ressources naturelles du Québec. 1997. Manuel d'Aménagement Forestier. 3<sup>ème</sup> édition. Québec. 121 p. + annexes.
- Ministère des Ressources naturelles du Québec. 1999 (a). Instructions relatives à l'application du règlement sur la valeur des traitements sylvicoles admissibles en paiements de droits. Exercice 1999-2000. Direction de l'assistance technique, Division des traitements sylvicoles. 67 p.
- Ministère des Ressources naturelles du Québec. 1999 (b). Méthodes d'échantillonnage pour les suivis des interventions forestières – exercice 1999-2000. 201 p.
- Nichols, M.T., R.C. Jr. Lemin et W.D. Ostrofsky. 1994. The impact of two harvesting systems on residueal stems in a partially cut stand of northern hardwood. Canadian Journal of Forest Research. 24 : 350-357.
- Nyland, R.D., 1991. Careful logging in Northern hardwoods. Dans : Logging damage : the problems and practical solutions. J.A. Rice Ed. Ministry of Natural Resources, Ontario Forest Research Institute, Forest Research Report No 117. P 29-51.
- Smith, H.C., G.W. Miller, et T.M. Schuler, 1994. Closure of logging wounds after 10 years. USDA Forest Service, Northeastern Forest Experimental Station, Research Paper NE-692. 6 p.
- SPSS Inc. 1997. SPSS 8.0 for Windows.

## Annexe 1 – Résultats de l'inventaire au prisme post-martelage pour chacun des 12 blocs

Blocs		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	S.T ini.	S.T. mart.	S.T. rési.	% mart.	Obj.
1	A Tiges mart.	5	4	4	3	5	5	5	7	4	3	4	5	28,5	9,0	19,5	31,6	32
	Nb. de tiges	15	10	14	14	16	15	19	17	13	12	11	15					
1	B Tiges mart.	5	4	2	4	5	3	5	2	3	2	4	4	29,0	7,2	21,8	24,7	25
	Nb. de tiges	20	15	9	16	17	10	17	10	15	13	17	15					
1	C Tiges mart.	3	3	4	3	3	1	3	4	2	2	2	2	27,0	5,3	21,7	19,8	18
	Nb. de tiges	9	13	19	13	16	17	12	10	12	12	13	16					
2	A Tiges mart.	4	2	4	5	3	3	3	3	4	4			28,6	7,0	21,6	24,5	25
	Nb. de tiges	10	13	14	18	15	16	16	13	14	14							
2	B Tiges mart.	3	2	3	2	1	3	1	4	2	3			26,8	4,8	22,0	17,9	18
	Nb. de tiges	19	10	15	13	9	15	10	17	11	15							
2	C Tiges mart.	4	5	6	7	3	4	5	5	5	6			31,4	10,0	21,4	31,8	32
	Nb. de tiges	11	15	21	19	14	12	15	17	15	18							
3	A Tiges mart.	5	6	5	5	6	5	2	4	4	5			28,2	9,4	18,8	33,3	32
	Nb. de tiges	14	13	13	20	17	13	9	16	10	16							
3	B Tiges mart.	4	4	4	4	4	2	2	2	4	4			27,6	6,8	20,8	24,6	25
	Nb. de tiges	14	15	14	11	13	14	15	17	16	9							
3	C Tiges mart.	4	2	3	3	2	3	3	2	4	2			30,2	5,6	24,6	18,5	18
	Nb. de tiges	21	10	17	16	10	16	14	14	20	13							
4	A Tiges mart.	5	5	6	3	4	4	5	4	3	5	8	8	31,2	10,0	21,2	32,1	32
	Nb. de tiges	16	14	16	11	12	14	15	17	16	16	20	20					
4	B Tiges mart.	3	1	4	3	1	3	3	2	3	3	3	3	30,7	5,3	25,3	17,4	18
	Nb. de tiges	15	12	16	13	11	17	24	14	14	16	15	17					
4	C Tiges mart.	3	3	5	4	6	4	1	5	4	3			32,8	7,6	25,2	23,2	25
	Nb. de tiges	14	15	18	15	18	14	15	17	21	17							