



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

**Effets des blessures d'exploitation sur la qualité des tiges et du  
bois : Synthèse de la littérature existante**

Rapport produit et rédigé par :

Anick Patry, ing. f.

Frédéric Doyon, ing. f., M. Sc.

Philippe Nolet, B. Sc., M. Sc.

Présenté à :

Les Industries Davidson inc.

et

Ministère des Ressources naturelles, U.G. 071 (Coulonge)

**Février 2000**

## **REMERCIEMENTS**

Nous tenons à remercier spécialement M. Daniel Pin et Dr Danny Rioux pour leur participation à la révision du document et leurs commentaires constructifs.

## **RÉSUMÉ**

Les coupes partielles telles les coupent de jardinage et les éclaircies commerciales occasionnent inévitablement des blessures aux tiges résiduelles d'un peuplement. En fait, le nombre de blessures occasionnées aux tiges résiduelles est un paramètre important lorsqu'on juge de la qualité d'un traitement de coupe partielle. Cependant, il est bien peu connu comment ces blessures aux arbres affectent réellement la qualité future des tiges et du bois. Ce rapport vise à combler cette lacune en rassemblant l'information existante sur le sujet pour les forêts feuillues du Nord-Est américain.

La revue de la littérature nous apprend que l'impact des blessures et de leur évolution (chancre, carie et coloration) dépend du type de blessures, de la saison à laquelle celle-ci a été effectuée, de la nature de la plaie, de l'essence et de l'âge de la tige blessée. La majorité des blessures continue d'évoluer et d'élargir un à deux ans après la coupe. En fait, plusieurs ne se déclarent que plus tard à cause des blessures sous l'écorce comme suite à un contrecoup. Pour la comparaison entre les essences, cette revue fut surtout concentrée sur trois essences ayant une importance économique, soit l'érable à sucre, le bouleau jaune et le pin blanc. De la comparaison de ces trois essences il faut retenir que le bouleau jaune est le plus prompt à carier suite à une blessures alors que le pin blanc est plus sujet à la coloration du bois. À la lecture de ces informations, des recommandations ont été apportées en ce qui concerne la saison de récolte, la période de rotation entre les passages, la planification des activités d'abattage et de débardage, la formation des travailleurs, ainsi que la vérification de la qualité du traitement.

## TABLES DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS.....	I
RÉSUMÉ.....	I
LISTE DES TABLEAUX .....	IV
LISTE DES FIGURES.....	IV
1.0 PROBLÉMATIQUE .....	1
2.0 CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES .....	2
2.1 LA BLESSURE.....	2
2.1.1 Types de blessure .....	2
2.1.2 Susceptibilité des arbres aux blessures .....	3
2.1.3 Infection des plaies.....	3
2.1.4 Sévérité des blessures et évaluation des dommages d'un peuplement .....	5
2.2 EFFET DES BLESSURES SUR LA QUALITÉ DES TIGES .....	7
2.2.1 Étendue de la carie et de la coloration dans les billes blessées au tronc.....	7
2.2.2 Étendue de la carie et de la coloration dans les tiges ayant subi un bris de cime ou de branches .....	8
2.2.3 Croissance des tiges blessées .....	8
2.3 IMPACT DU TYPE D'INTERVENTIONS SYLVICOLES SUR LE NIVEAU DE DOMMAGES .....	8
3.0 IMPACT DES BLESSURES D'EXPLOITATION SUR LA QUALITÉ DU BOIS DE QUELQUES ESSENCES .....	10
3.1 ÉRABLE À SUCRE .....	10
3.2 BOULEAU JAUNE.....	11
3.3 PIN BLANC .....	12
3.4 AUTRES ESSENCES FEULLUES .....	13
3.4.1 Chêne rouge, Tilleul d'Amérique .....	13
3.4.2 Cerisier tardif.....	13
3.4.3 Érable rouge.....	13
3.4.4 Hêtre à grandes feuilles .....	13
3.4.5 Bouleau à papier.....	13

<b>4.0 RECOMMANDATIONS D'AMÉNAGEMENT.....</b>	<b>14</b>
4.1 SAISON DES OPÉRATIONS DE RÉCOLTE .....	14
4.2 ROTATION ENTRE LES PASSAGES .....	14
4.3 PRÉPARATION DES OPÉRATIONS DE RÉCOLTE .....	14
4.3.1 <i>Martelage</i> .....	14
4.3.2 <i>Débardage</i> .....	15
4.4 OPÉRATIONS DE RÉCOLTE .....	15
4.4.1 <i>Abattage</i> .....	15
4.4.2 <i>Débardage</i> .....	15
4.5 FORMATION DES ÉQUIPES .....	15
4.6 VÉRIFICATION DE LA QUALITÉ DES TRAVAUX .....	16
<b>5.0 CONCLUSION.....</b>	<b>17</b>
<b>ANNEXE : FICHE DESCRIPTIVE DES ARTICLES CITÉS.....</b>	<b>18</b>

## **LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1. Niveau de sévérité des différentes blessures d'exploitation.....	6
Tableau 2. Progression de la carie et de la coloration associées aux blessures d'exploitation chez l'érable à sucre.....	10
Tableau 3. Progression de la carie et de la coloration associées aux blessures d'exploitation chez le bouleau jaune.....	11
Tableau 4. Progression de la carie et de la coloration associées aux blessures d'exploitation chez le pin blanc.....	12

## **LISTE DES FIGURES**

Figure 1. Courbe exprimant la susceptibilité des tiges aux blessures en fonction de la saison.....	4
--	---

## 1.0 PROBLÉMATIQUE

Les coupes partielles telles les coupent de jardinage et les éclaircies commerciales occasionnent inévitablement des blessures aux tiges résiduelles d'un peuplement. Il est bien connu que les blessures naturelles aux arbres peuvent affecter la qualité future des tiges et du bois; on peut ainsi penser qu'il en est de même pour les blessures engendrées par les opérations forestières.

Malgré le fait que les coupes partielles représentent la majorité des interventions forestières en forêt feuillue, on ne dispose que de fort peu d'informations sur l'effet des divers types de blessures d'exploitation sur la qualité des tiges et du bois. Les objectifs du présent rapport sont, d'une part, de rassembler l'information existante sur le sujet pour les forêts feuillues du nord-est américain et, d'autre part, de jeter les bases si nécessaire, d'une étude pour combler les lacunes identifiées.

Pour ce faire, une revue de la littérature existante a été faite. Cette dernière a permis d'identifier les études ayant été produites sur ce sujet au Canada, dans les provinces du Québec, de l'Ontario et des Maritimes, et aux États-Unis, dans les états compris dans les régions de la Nouvelle Angleterre et des Grands Lacs. Des fiches synthèse ont par la suite été produites à partir de ces mêmes études. Ces fiches sont présentées en annexe du document. Pour chaque document recensé, les fiches indiquent le lieu de recherche, les essences étudiées, la méthodologie utilisée et les principaux résultats obtenus.

Un résumé des principales conclusions de ces recherches est présenté dans les pages qui suivent. Ce résumé présente quelques considérations générales sur les blessures d'exploitation : type de blessures, susceptibilité des arbres aux blessures, infection des plaies, évaluation des dommages, ... pour ensuite citer quelques observations spécifiques à l'effet des blessures sur la qualité des billes de quelques essences feuillues (l'érable à sucre et le bouleau jaune, principalement) et d'une essence résineuse (le pin blanc). Finalement, des recommandations d'aménagement qui permettront de réduire l'impact des blessures sur la qualité du bois sont formulées.

---

## 2.0 CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

La mécanisation des opérations qu'a connue l'industrie forestière lors des dernières décennies a entraîné, dans les peuplements soumis à des régimes de coupes partielles, une importante augmentation du nombre de blessures faites aux tiges résiduelles. En effet, les machines utilisées étant plus rapides et imposantes, la sévérité des blessures et les conséquences qu'ont ces dernières sur la qualité future des tiges sur pied et des futurs approvisionnements s'en retrouvent modifiées.

Certaines considérations générales peuvent être formulées sur les blessures d'exploitation sans égard à l'espèce ayant subi les dommages. Ces considérations se rapportent non seulement aux caractéristiques principales des blessures mais, également, au rôle qu'elles jouent dans l'apparition de la coloration et de la carie dans la bille.

### 2.1 La blessure

#### 2.1.1 Types de blessure

La littérature distingue deux types de blessure engendrés par l'exploitation forestière (16) : les blessures d'abattage et les blessures de débardage. Les blessures d'abattage regroupent principalement les dommages engendrés par les activités de coupe; elles incluent les bris de cimes ou de branches ou encore l'arrachement de l'écorce sur les tiges laissées sur pied. Ce type de blessure peut endommager les tiges résiduelles sur une grande surface puisque les arbres, en tombant, peuvent arracher des lambeaux d'écorce sur une importante longueur (15). Les blessures d'abattage sont fréquentes dans les peuplements jardinés, où les tiges abattues sont généralement des arbres faisant partie de la classe des dominants et des codominants (16).

Les blessures de débardage comprennent pour leur part les lésions faites au tronc et aux racines<sup>1</sup> des tiges résiduelles et induites par le passage de la machinerie ou par le débardage du bois en

---

<sup>1</sup> Exposition du cambium, cannelures pénétrant le bois, arbres penchés, racines brisées ou écorchées.

longueur. Ces blessures, généralement confinées dans la partie inférieure de la bille<sup>2</sup>, posent un risque d'infection élevé en raison de leur position près du sol, de la proportion plus élevée de la circonférence affectée et de leur profondeur qui peut parfois atteindre le bois de cœur. Comme les surfaces exposées par les blessures de débardage demeurent ouvertes plus longtemps, le volume moyen affecté par ce type de blessure ainsi que les pertes encourues en raison de celles-ci peuvent s'avérer importants (6, 7).

### 2.1.2 Susceptibilité des arbres aux blessures

La susceptibilité des arbres aux blessures d'exploitation varie selon les saisons. Ainsi, au printemps, lorsque le cambium est actif, les parois des cellules sont minces et flexibles : un impact peut alors suffire à les fragmenter et il s'en suit une cicatrice (15). Dans un tel cas, un décollement de l'écorce est à prévoir dans un laps de temps qui varie selon la force de l'impact subi.

La résistance aux chocs du cambium suit une courbe qui prend la forme d'une parabole inversée : elle décroît lors de la montée de la sève, pour atteindre un minimum au début de juin, puis se remet à augmenter pour revenir à la normale vers la mi-août. Pour l'érable à sucre, par exemple, cette résistance minimale (et donc susceptibilité maximale aux blessures) est observée du début de mois de mai à la fin du mois de juillet (15). Une fois l'activité cambiale ralentie, les arbres sont encore susceptibles aux blessures, mais il faut une force plus élevée pour produire les mêmes niveaux de dommages (15, 16). Le fait d'éviter les opérations durant la période de montée de la sève peut par conséquent permettre de réduire les blessures au tronc causées par les opérations forestières.

### 2.1.3 Infection des plaies

Une fois l'aubier exposé, celui-ci risque d'être infecté par des micro-organismes. La décomposition du bois par les champignons de carie est un processus lent et complexe dans lequel se succèdent plusieurs espèces qui y jouent chacune un rôle bien précis : les micro-organismes pionniers

---

<sup>2</sup> Lorsque les opérations sont faites en été, on peut prévoir que le tiers des cicatrices recensées sur les tiges seront des blessures de débardage et seront situées dans les premiers 180 cm au-dessus du niveau du sol (1, 16).

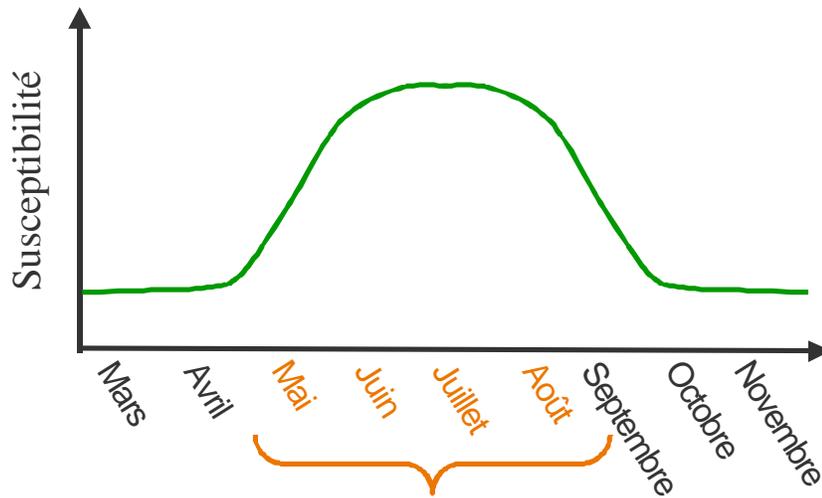


Figure 1. Courbe exprimant la susceptibilité des tiges aux blessures en fonction de la saison. Les mois en orange constituent la saison d'activité cambiale accrue.

altèrent chimiquement la fibre, ce qui la rend susceptible aux champignons de carie qui eux, dissolvent le bois à mesure que la blessure vieillit (15). Différents micro-organismes peuvent être associés aux blessures tout dépendant de la saison pendant laquelle la blessure a été occasionnée et du temps écoulé depuis la blessure (10).

La prolifération des micro-organismes sur une blessure dépend du milieu sur lequel ceux-ci évoluent. Une surface humide constitue généralement un milieu propice à l'infection par divers champignons et bactéries. Les blessures recouvertes d'écorce de même que celles qui sont en contact avec le sol sont les blessures posant les plus grands risques d'infection puisque de tels milieux conservent la plaie humide (8, 14, 15, 16). Sous de telles conditions, les défenses naturelles de l'arbre contre la carie ne sont pas suffisantes pour prévenir l'invasion (15). Les blessures de débardage qui pénètrent le bois présentent également un risque élevé puisqu'elles permettent à un grand nombre de champignons de carie de s'installer à l'intérieur de la tige (11). Toutes les blessures ne sont cependant pas automatiquement susceptibles d'être infectées. En effet, les cicatrices sèches (de couleur claire) représentent un milieu non propice à l'infection.

L'arbre ne réagit pas passivement à l'infection. Lorsqu'il y a exposition du cambium, il y a formation d'un tissu de protection coloré, imprégné de poly phénols, qui rend le bois imperméable à l'humidité (9, 16). Cette barrière protège la tige de la dessiccation mais limite également l'invasion par des champignons. Dans ces conditions, la formation de bois sans défaut peut être possible si le taux de cicatrisation est suffisant pour refermer la blessure dans un certain laps de temps.

La cicatrisation des plaies varie selon la dimension de la blessure et le niveau de carie près du cambium. Chez certaines essences résineuses, le bois formé lors de la cicatrisation peut avoir un grain courbé, contenir des inclusions d'écorces et présenter un contenu excessif en résine (14).

#### 2.1.4 Sévérité des blessures et évaluation des dommages d'un peuplement

Il est important de pouvoir classer le niveau de sévérité des blessures afin de déterminer objectivement les dommages subis par un peuplement lors de l'exploitation. Outre les cas des tiges brisées ou penchées qui sont par définition des blessures jugées sévères, le niveau d'importance des blessures peut être prédit par l'étendue de la surface endommagée. Plus cette surface est grande, plus les risques d'infection par des micro-organismes pathogènes sont élevés, et par conséquent, plus la blessure peut être jugée sévère. Dans cette optique, les critères du tableau suivant peuvent être utilisés comme indicateurs pour déterminer le niveau de sévérité des blessures d'exploitation (16).

**Tableau 1. Niveau de sévérité des différentes blessures d'exploitation**

<b>Définition de la blessure</b>	<b>Dois être considérée sévère...</b>
Arrachement de l'écorce	S'il y a exposition du cambium <sup>3</sup> sur : ? Plus de 585 cm <sup>2</sup> pour le bouleau jaune ? Plus de 975 cm <sup>2</sup> pour les autres essences
Bris de branches	Si le diamètre de la branche est de plus de 7,5 cm
Dommages aux racines	Si plus de 25 % du système racinaire est mis à nu ou a été rompu
Tige brisée	Sur tous les arbres
Arbre penché	Sur tous les arbres

Afin de mieux évaluer la sévérité réelle des dommages, il est nécessaire de retarder l'inventaire des tiges blessées de 1 à 2 ans. Ceci permet généralement une meilleure évaluation des dommages (17) car les blessures de certaines essences, comme le bouleau jaune, continuent à s'élargir pendant un certain temps après qu'elles se soient produites (8, 17). De même, certaines tiges ayant reçu des contrecoups peuvent cacher leurs blessures en conservant leur écorce pendant une période plus ou moins longue (15), ce qui rend l'évaluation réelle de l'étendue des blessures plus difficile.

Tel que mentionné dans le point précédent, les blessures au tronc ne dégénèrent pas nécessairement toutes en carie, mais toutes amènent de la coloration. Aussi, que la carie se développe ou non, une coloration sera présente, ce qui affectera la valeur marchande de la bille (16). Lorsque l'on désire évaluer s'il y a présence ou non de carie, l'apparence de la blessure est, dans bien des cas, un bon indicateur du niveau d'importance du défaut interne (4, 3, 7, 15) : une surface de couleur noire, moelleuse et humide, est, dans la plupart des cas, révélatrice de la présence de carie à l'intérieur de la tige.

Le niveau de dommage rencontré à l'échelle d'un peuplement est généralement proportionnel au nombre initial de tiges réparties dans chaque classe de diamètre. Sous un régime

<sup>3</sup> Certains chercheurs considèrent sévère toute blessure exposant plus du tiers de la circonférence du tronc. L'aire de la surface exposée demeure toutefois la méthode la plus utilisée dans la littérature pour qualifier l'étendue des blessures.

inéquienne, on peut s'attendre à ce que 25 % des tiges soient sévèrement blessé, et que 15 % du nombre total de tiges de moins de 13 cm de diamètre soient éliminé (16).

## 2.2 Effet des blessures sur la qualité des tiges

### 2.2.1 Étendue de la carie et de la coloration dans les billes blessées au tronc

L'étendue verticale des colonnes de coloration et de carie est extrêmement variable d'une espèce à l'autre et est, règle générale, plus étendue en-dessous de la blessure qu'au-dessus (3). Ceci explique pourquoi les bris de branches ou de cime constituent des vecteurs im portants de carie pour l'ensemble de la tige, ce qui n'est pas le cas des blessures aux racines qui, elles, affectent seulement une partie de la bille de pied.

Le niveau de carie et de coloration présent dans un arbre ayant subi une blessure à un moment précis dépend, entre autres considérations, de l'étendue de la surface blessée initialement, du temps écoulé depuis la blessure, du micro-organisme pathogène et du taux de cicatrisation de l'espèce (3, 12, 15). Les blessures âgées de moins de 30 ans ne présentent habituellement pas des niveaux avancés de carie (4). La présence sur la tige d'autres défauts importants (un chicot de branche, par exemple) peut cependant augmenter considérablement l'importance du défaut interne et par le fait même, le niveau de carie dans la bille (4).

À l'intérieur d'une période donnée, ce sont les blessures les plus larges qui sont associées à une plus grande proportion de bois carié et à une plus grande perte de valeur des planches (1, 8, 11, 16). Une forte dimension de la blessure initiale engendre également un taux d'avancée de la carie plus grand (6, 7). Comme la majorité des cicatrices de moins de 2.5 cm de largeur se referment au cours des 10 années qui suivent la coupe, celles-ci ne représentent pas un risque élevé pour la carie (8). Il en est de même pour les blessures de moins de 68 cm<sup>2</sup> qui servent rarement de porte d'entrée à la carie (1, 5).

Les cernes annuels formés après la blessure n'ont généralement pas de coloration (3, 4, 16). Le tissu de protection formé après la blessure contribue à cet état de fait en séparant le bois coloré du bois sain et en conservant le niveau de carie dans le cœur de la tige (9, 15). Les gélivures peuvent toutefois rouvrir les cicatrices et augmenter par le fait même le niveau de carie (15).

### 2.2.2 Étendue de la carie et de la coloration dans les tiges ayant subi un bris de cime ou de branches

Les cimes brisées lors de l'abattage des arbres voisins constituent une porte d'entrée idéale pour la carie car elles retiennent l'humidité et contribuent ainsi à créer un site propice à l'infection (5, 15). Il en est de même pour les branches brisées lors des opérations de coupe. Ces branches peuvent avoir un effet important sur le diamètre de la colonne de coloration présente dans la partie supérieure des billes et au cœur de la tige (1, 3). Le diamètre de la branche cassée semble être un bon indicateur pour prédire l'importance de la coloration et de la carie qui sera présente dans la tige. Chez le bouleau jaune, toutes les branches cassées de plus de 10 cm de diamètre amènent de la carie dans le tronc dans une période de 20 ans, tandis que celles de 4 à 6 cm présentent un risque intermédiaire. Les branches cassées de moins de 4 cm de diamètre sont rarement vecteurs de carie (7). Pour l'érable à sucre, les branches de moins de 10 cm ne semblent pas être vecteurs de carie (1).

### 2.2.3 Croissance des tiges blessées

Chez plusieurs feuillus, les blessures d'exploitation faites au tronc n'affectent pas la croissance en diamètre des tiges lors des années suivant la coupe (12). Chez d'autres essences comme le pin blanc, une perte de croissance dans la région blessée peut être à prévoir pour au moins la décennie subséquente (14).

Bien qu'elles affectent peu la croissance, les blessures entraînent habituellement une déformation dans les tiges blessées. Des fentes peuvent, par exemple, se former en-dessous et au-dessus de la blessure, affectant ainsi la qualité de la bille sur au moins une face (4). Chez d'autres essences, là où l'écorce a été arrachée et le cambium détruit, des calcs, des inclusions d'écorce et des cernes de croissance discontinus peuvent être détectés (11). Du bois de compression peut également être retrouvé dans les tiges ayant subi des bris de racines et qui se sont retrouvées penchées par la suite (11).

## 2.3 Impact du type d'interventions sylvicoles sur le niveau de dommages

Le type de traitement sylvicole comme tel a peu d'influence sur la quantité de coloration que peut présenter une bille ayant subi une blessure (13). C'est plutôt l'intensité du prélèvement qui est déterminante dans l'évaluation du niveau de dommages subi par un peuplement. En règle générale, plus l'intensité de l'aménagement est élevée, plus les passages de la machinerie sont fréquents dans le

peuplement et plus le risque de blessures aux tiges résiduelles est augmenté (16). Les pertes encourues par ces blessures peuvent alors être limitées par la récolte des tiges blessées dans un délai de 20 ans (6).

### 3.0 IMPACT DES BLESSURES D'EXPLOITATION SUR LA QUALITÉ DU BOIS DE QUELQUES ESSENCES

#### 3.1 Érable à sucre

Chez l'érable à sucre, les blessures amenant les plus grandes pertes en volume sont les branches cassées, dont le taux de progression de la carie est de 7,6 cm/année vers le bas (5), et les blessures au tronc. Les blessures aux racines ne semblent pas pour leur part constituer un danger à moyen terme, car elles amènent rarement de la coloration dans la bille de pied, et ce, même 10 ans après la blessure (8).

Parmi les facteurs qui contribuent à prédire les volumes de coloration et de carie que peut présenter une tige d'érable à sucre, notons l'âge et la dimension de la blessure, de même que la proximité d'autres points d'entrée pour la carie (3, 4). Avec le temps, ces blessures évoluent; la carie et la coloration progressent (Tableau 2)

**Tableau 2. Progression de la carie et de la coloration associées aux blessures d'exploitation chez l'érable à sucre**

Temps écoulé depuis la blessure	Phénomène observable
5 ans	Apparition de la coloration (2, 1) : dans 14 % des cas, cette coloration se poursuit jusque dans la partie sciable de la bille (2).
8 ans	Près des deux tiers des blessures présentent de la carie (6). Lorsqu'elle est présente, la carie a une longueur égale au double de la longueur de la blessure (5).
10 ans	Plus du trois quarts des blessures présentent de la carie (6). Cette carie amène comme répercussion le déclassement de certaines billes (généralement moins de 10 %) ainsi qu'une réduction du volume brut sciable (1, 8).
20 ans	La carie a progressé vers le cœur de la tige : toutes les blessures entraînent une perte de valeur des planches (1).

### 3.2. Bouleau jaune

Comme c'est le cas pour l'érable à sucre, les bris de cime ou de branches et les blessures au tronc sont d'importants vecteurs de carie chez le bouleau jaune. À ces causes peuvent s'ajouter les blessures de racines qui ont une grande influence sur le volume de coloration retrouvé dans la bille de pied des tiges blessées chez cette essence (8).

Le bouleau jaune présente des progressions radiale et longitudinale de la carie plus rapides que l'érable à sucre (6, 8) : la carie qui pénètre par les branches cassées, par exemple, progresse en moyenne à un rythme de 14 cm/an vers le bas pour des arbres âgés de 50 ans et peut atteindre un rythme de 27 cm/an pour des arbres plus vieux (7) (Tableau 3). Cela correspond, pour des tiges d'un même âge, à un rythme de progression deux fois plus rapide pour cette essence. Chez le bouleau jaune, le volume de coloration présent dans une tige blessée est principalement fonction du nombre d'années écoulé depuis la blessure (3) (Tableau 3).

**Tableau 3. Progression de la carie et de la coloration associées aux blessures d'exploitation chez le bouleau jaune**

Temps écoulé depuis la blessure	Phénomène observable
5 ans	Toutes les tiges blessées présentent une coloration : dans 44 % des cas, cette coloration se retrouve dans la partie sciable de la bille (2). Une colonne de carie de longueur égale à celle de la blessure peut, dans certains cas, être observée (7). Toutes les blessures de plus de 1250 cm <sup>2</sup> ont une forte probabilité d'avoir de la carie (2).
8 ans	Près du tiers des blessures présentent de la carie (6). Le niveau de carie dépend de la dimension de la blessure : les blessures de moins de 323 cm <sup>2</sup> ont moins de 50 % des chances de présenter de la carie, alors que celles de plus de 323 cm <sup>2</sup> en ont 90 % (5).
10 ans	La carie accompagne plus du trois quarts des blessures (6) et s'étend sur le double de la longueur de la plaie (7). La carie a de plus grandes répercussions sur la qualité des tiges que sur celle des planches (8). La coloration provenant des racines s'est transmise à la bille de pied sur le quart des tiges blessées (2).
20 ans	Presque toutes les blessures sont sévèrement cariées et d'importantes pertes sont à prévoir (7). Dans certains cas, des diamètres de blessures aussi faibles que 28 cm <sup>2</sup> peuvent être considérés comme indicateur de carie (7).
25 ans	Une coloration importante sur plus de la moitié de la longueur marchande des billes peut être relevée sur plus du trois quarts des tiges blessées (7).

### 3.3 Pin blanc

Les défauts internes les plus importants chez le pin blanc sont généralement associés aux cimes brisées et aux blessures au tronc qui sont en contact avec le sol minéral (arrachements de l'écorce et cannelures subis lors des opérations d'abattage et de débardage) (11, 14). Par opposition, les blessures amenant le moins de défauts sont les blessures aux racines et les branches cassées (11). De toutes les blessures au tronc, l'exposition du cambium sur plus de 25 % de la circonférence, sur 30 cm ou plus de longueur ou d'une dimension de plus de 163 cm<sup>2</sup> est l'un des types de blessures qui amène le plus de coloration et de carie dans la tige (11). La progression de la coloration est très rapide et en dedans de 5 ans deux tiers des tiges blessées présentent de la coloration du bois (Tableau 4).

**Tableau 4. Progression de la carie et de la coloration associées aux blessures d'exploitation chez le pin blanc**

Temps écoulé depuis la blessure	Phénomène observable
5 ans	Près des deux tiers des tiges blessées présentent de la coloration. Le tiers des blessures sont cariées, ce qui représente moins de 1 % du volume marchand brut. <i>Stereum sanguinolentum</i> [Alb. And Schw. Ex Fr.] Fr. est le champignon le plus fréquemment isolé des blessures (11).
10 ans	Neuf tiges blessées sur 10 possèdent de la coloration et quatre sur dix ont un degré avancé de carie (14). Les pertes peuvent représenter jusqu'à 3 % du volume marchand brut de ces tiges. La déformation des tiges causée par la destruction du cambium s'étend en moyenne sur 4 m de longueur et sur 0.2 m de largeur (14).
20-30 ans	Les volumes nets sciés pourraient être réduits de 15 à 20 % si le rythme de carie présent 10 ans après la coupe se maintient (14).

### 3.4 Autres essences feuillues

#### 3.4.1 Chêne rouge, Tilleul d'Amérique

Chez le chêne rouge, un début de coloration autour de la blessure peut être observé 4 semaines après une blessure faite en été ou en automne (10). Chez les deux essences, les blessures petites (moins de 325 cm<sup>2</sup>) peuvent se refermer entre 5 et 10 ans après la coupe alors que celles de plus de 1290 cm<sup>2</sup> le font entre 15 et 20 ans après la coupe. 10 ans après la coupe, le taux moyen de fermeture est de 75 % ou plus (17).

#### 3.4.2 Cerisier tardif

C'est la seule espèce qui ne réussit pas à refermer des blessures de moins de 325 cm<sup>2</sup> en 10 ans : après cette période, seules 32 % des blessures sont refermées (17).

#### 3.4.3 Érable rouge

Toutes les tiges ayant des blessures de plus de 198 cm<sup>2</sup> entraînent de la carie dans la tige, 8 ans après la coupe (5).

#### 3.4.4 Hêtre à grandes feuilles

Quatre semaines après la blessure, la coloration consiste en une mince bande autour de la blessure (10).

#### 3.4.5 Bouleau à papier

Des colonnes de coloration de 6 à 15 cm de longueur peuvent être observées de part et d'autre des blessures âgées de 4 semaines. Comparativement au hêtre à grandes feuilles et au chêne rouge, c'est l'essence qui démontre la progression la plus rapide de la coloration (10).

#### **4.0 RECOMMANDATIONS D'AMÉNAGEMENT**

Afin de réduire l'incidence de la carie et de la coloration et d'en minimiser les pertes dans les peuplements qui doivent faire l'objet de coupes partielles, certains auteurs ont émis des recommandations. Nous les avons organisées selon les six thèmes suivants : la saison de récolte, la rotation entre les passages,

##### 4.1 Saison des opérations de récolte

Une bonne façon de réduire les dommages aux tiges résiduelles d'un peuplement consiste à éviter les opérations lors des périodes de forte activité cambiale (17). Toutefois, même en évitant les périodes de montée de la sève, tout régime de coupe qui conserve des tiges résiduelles pose le risque de blesser ces mêmes tiges. Une sélection judicieuse de la saison permet aussi d'effectuer les opérations lorsque le sol est sec ou gelé, ce qui permet une meilleure manœuvrabilité de la machinerie (16). Cependant, en période hivernale, quoique le risque d'affecter la zone cambiale est réduit, les branches sont plus sujettes au cassement puisque moins flexibles qu'en été.

##### 4.2 Rotation entre les passages

Il a été recommandée de réduire à un maximum de 20 ans le laps de temps écoulé entre les récoltes (6). En effet, les pertes encourues par les blessures peuvent alors être limitées puisque c'est au-delà d'un délai de 20 ans que les pertes de volume occasionnées par la carie sont importantes. Cependant, d'un autre côté, en réduisant la période de rotation entre les passages, on augmente la production des blessures dans un peuplement. Reste à savoir quel serait le bilan entre ces deux effets opposés.

##### 4.3 Préparation des opérations de récolte

###### 4.3.1 Martelage

L'utilisation d'un martelage opérationnel a été recommandé pour minimiser les pertes. Un martelage positif tiendrait compte des différences de susceptibilité, de valeur des essences et de la vigueur des tiges. Il est reconnu que marquer les tiges à laisser plutôt que celles à enlever permet au débardeur de porter une attention particulière aux tiges d'avenir (17, 12). Ainsi, on récoltera

prioritairement les arbres endommagés lors de la rotation précédente (17) et on choisira d'endommager les espèces de moindre valeur lorsqu'il est impossible d'éviter les dommages (17).

#### 4.3.2 Débardage

Pour le débardage, il est bon d'identifier certaines tiges qui serviront à absorber les coups ou qui serviront de pivot dans les courbes. Ces tiges seront récoltées à la fin des opérations (11, 12, 17). Les sentiers devraient être délimités en prenant soin d'éviter les secteurs détremés et devraient être tracé de façon à utiliser des lignes droites, éviter les courbes et prévoir une largeur de sentiers suffisamment grande pour le passage de la machinerie (11, 12, 16, 17).

### 4.4 Opérations de récolte

#### 4.4.1 Abattage

L'abattage doit se faire de façon directionnelle en tenant compte des trouées naturelles pour minimiser les dommages (11, 16, 17).

#### 4.4.2 Débardage

Lorsque possible, on doit utiliser un porteur sinon, la plus petite machinerie possible lors du débardage (16, 17). Il est recommandé de tronçonner le bois en billots et de couper les fourches et les grosses branches avant le débardage en longueur (16, 17), particulièrement lorsque le nombre de tiges résiduelles du peuplement est élevé (11). La longueur utilisée diminuera en fonction de l'augmentation de la densité résiduelle (17). Les équipes de débardage doivent entrer dans les sentiers à un angle de 45 degrés ou moins (16).

### 4.5 Formation des équipes

Il est important d'effectuer une sélection judicieuse des opérateurs et former les équipes de récolte afin qu'elles puissent reconnaître les classes de qualité des billes (11, 17) avant la saison de récolte. Il est aussi recommandé de superviser les équipes pour au moins les 2 premières semaines d'opérations (11, 17) pour vérifier si les informations ont été assimilées et sont mise en pratique. L'utilisation d'un système qui impose des incitatifs à réduire les dommages (bonus, pénalités, reconnaissances) favorise la mise en pratique des concepts enseignés.

---

#### 4.6 Vérification de la qualité des travaux

Puisque plusieurs blessures n'apparaîtront qu'après les opérations, il est recommandé d'attendre 1 à 2 ans après la récolte avant de procéder à la vérification. De plus, puisque les espèces ne réagissent pas de la même façon aux blessures, il est suggéré un système qui définisse différents seuils d'acceptabilité des blessures selon les espèces.

## 5.0 CONCLUSION

Les blessures d'exploitation créées par l'abattage ou le débardage des tiges possèdent différents niveaux de sévérité qui peuvent différer selon la dimension de la blessure, la position sur la tige et l'espèce. Ces blessures, lorsqu'elles exposent le cambium des arbres, posent un risque d'infection par différents micro-organismes qui entraîneront subséquemment de la coloration et de la carie dans la tige.

Pour être représentative du niveau réel de dommages, l'évaluation des blessures subies par un peuplement devrait être faite au moins 1 an après la coupe et devrait tenir compte de la sévérité de la blessure ainsi que du rythme de progression de la coloration et de la carie selon les espèces. Ainsi, les blessures subies par des essences dont le niveau d'avancée de la carie est rapide devraient être considérées plus sévères que pour celles qui possèdent un rythme de progression plus lent. Les branches cassées lors de l'abattage devraient également être surveillées de près puisqu'elles représentent l'un des principaux vecteurs de carie dans la partie supérieure de la tige et que le rythme de progression de la carie provenant de ce type de blessures est particulièrement élevé. À ce sujet, plusieurs auteurs soulèvent un questionnement quant à l'utilisation de l'élagage en jeune âge, particulièrement pour les espèces qui s'élaguent mal naturellement, afin de diminuer les risques de coloration associés aux bris de branches.

Comme les blessures d'exploitation sont engendrées par les activités humaines, l'importance des dommages qu'elles créent sont sous le contrôle de l'aménagiste. Des modifications au niveau de la planification des opérations et des procédés de récolte peuvent en limiter les impacts. À ce sujet, plusieurs techniques peuvent être mises à profit pour aider à réduire les niveaux de dommages et les pertes associées à la carie. Les effets réels des recommandations énoncées dans ce document n'ont cependant pas été vérifiés. Reste à savoir lesquelles de celles-ci risquent de porter le plus fruit et cela dans quelles conditions. En effet, bien que certaines de ces recommandations puissent être très efficace au niveau de la réduction du nombre tiges blessées ou bien de la perte de volume subséquemment aux blessures, un équilibre entre une productivité optimale des opérations et un niveau acceptable de dommages reste toutefois encore à trouver.

**ANNEXE : FICHE DESCRIPTIVE DES ARTICLES CITÉS**

1	Hesterberg, G.A. 1957. <i>Deterioration of sugar maple following logging damage</i> .....	19
2	Benzie, J.W., G. Hesterberg et J.H. Ohman. 1963. <i>Pathological effects of logging damage four years after selective cutting in old-growth northern hardwoods</i> .....	21
3	Shigo, A.L. 1965. <i>The pattern of decays and discolorations in northern hardwoods</i> .....	23
4	Shigo, A.L. 1966. <i>Decay and discoloration following logging wounds on northern hardwoods</i> .....	25
5	Lavallée, A. 1966. <i>Caries et colorations des essences décidues dans la forêt expérimentale de Dudswell</i> .....	27
6	Lavallée, A. 1967. <i>Caries et colorations de deux essences décidues dans la forêt expérimentale de Thurso</i> .....	30
7	Lavaliée, A., et M. Lortie. 1968. <i>Relationships between external features and trunk rot in living yellow birch</i> .....	33
8	Ohman, J.H. 1970. <i>Value loss from skidding wounds in sugar maple and yellow birch</i> .....	36
9	Sharon, E.M. 1973. <i>Some histological features of Acer saccharum wood formed after wounding</i> .....	39
10	Shigo, A.L. 1976. <i>Microorganisms isolated from wounds inflicted on red maple, paper birch, american beech, and red oak in winter, summer, and autumn</i> .....	40
11	Whitney, R..D. et L.G. Brace. 1979. <i>Internal defect resulting from logging wounds in residual white pine trees</i> .....	43
12	Lamson, N.I., et H.C. Smith, 1988. <i>Effects of logging wounds on diameter growth of sawlog-size Appalachian hardwood crop trees</i> .....	46
13	Mielke, A., et D.A. Charrette. 1989. <i>Silvicultural influence on heartwood discoloration in sugar maple</i> .....	47
14	Whitney, R..D. 1991. <i>Quality of eastern white pine 10 years after damage by logging</i> .....	49
15	Anderson, H.W. 1991. <i>Some implications of logging damage in the tolerant hardwood forests of Ontario</i> .....	51
16	Nyland, R..D. 1991. <i>Careful logging in northern hardwoods</i> .....	53
17	Smith, H.C., G.W. Miller, et T.M. Schuler. 1994. <i>Closure of logging wounds after 10 years</i> .....	56

1. HESTERBERG, G.A., 1957. *DETERIORATION OF SUGAR MAPLE FOLLOWING LOGGING DAMAGE*. USDA FOREST SERVICE, LAKE STATES FOREST EXPERIMENT STATION, STATION PAPER NO 51. 58 p.

**ASPECTS ÉTUDIÉS**

Carie et coloration en fonction de l'âge des blessures

**LIEU D'ÉTUDE**

Michigan, USA

**ESSENCE ÉTUDIÉE**

Érable à sucre

**MÉTHODOLOGIE**

252 tiges ayant été affectées par des blessures d'exploitation ont été recensées. Un suivi des blessures et de la croissance des tiges s'est déroulé à raison d'un inventaire à chaque 5 ans durant 25 ans. 2 classes d'âge de blessures ont été suivies par l'étude : les blessures de 10 ans et celles de 20 ans. Toutes les cicatrices de plus de 323 cm<sup>2</sup> et les branches cassées de plus de 10 cm de diamètre ont été identifiés comme sites probables d'infection.

Le niveau de carie des 252 billes a été déterminé après leur sciage et était ensuite associé à l'un des types de blessure suivant : 1) arrachement mécanique de l'écorce dans la partie inférieure du tronc ; 2) arrachement de l'écorce dans la partie supérieure du tronc ; 3) bris de branches.

Les billes ont été sciées de façon à confiner la blessure sur une face. L'ampleur de la carie et de la coloration ont ensuite été mesurées. Un grade a été associée à chaque planche en fonction de ce qu'elle était et de ce qu'elle aurait été sans la présence du défaut causé par la blessure.

**RÉSULTATS**

Le patron d'étendue de la carie semble montrer que celle-ci progresse rapidement longitudinalement le long de la tige, mais qu'elle se déplace vers le cœur à un rythme beaucoup moins rapide. Pour les blessures âgées de 10 ans, près de 92 % de l'incidence de carie peut être expliquée par la largeur de la blessure : 50 % des tiges montraient de la carie lorsque la cicatrice faisait plus de 18 cm de largeur. De même pour les blessures de 20 ans, 80 % de l'incidence de carie est expliquée par la largeur de la blessure originale. À cet âge, 50 % des blessures montraient de la carie lorsque la

blessure originale faisait 10 cm de largeur et 100 % des blessures de plus de 18 cm de largeur étaient infectées. La quantité de bois perdu lors du sciage semblait également reliée à la largeur des blessures. 10 ans après qu'il y ait eu blessure, 11 % du volume brut des planches était dégradé. Dans cet échantillonnage, 9 % des billes ont été déclassées.

Tableau 1 : Pourcentage des blessures infectées dans les classes d'âge de 10 et 20 ans

Surface blessée et situation dans la bille	Blessures âgées de 10 ans			Blessures âgées de 20 ans		
	Total	Total carié	% carié	Total	Total carié	% carié
<u>Plus de 323 cm<sup>2</sup></u>						
0 - 2,43 m de hauteur	34	18	53	18	15	83
Plus de 2.43 m	33	21	64	25	18	72
<u>323 cm<sup>2</sup> ou moins</u>						
0 - 2,43 m de hauteur	34	0	0	25	3	12
Plus de 2.43 m	56	1	2	38	3	8
<b>TOTAL</b>	157	40	-	106	39	-

À la lumière de ces résultats, les points suivants ont pu être soulignés :

- ? des rotations de 10 ans produiront moitié moins de bois de rebut dû aux blessures d'exploitation que les rotations de 20 ans ;
- ? la largeur des blessures semble être une bonne façon d'évaluer les futures pertes dues à la carie ;
- ? un nombre relativement faible de blessures deviennent infectées après 10 ans sur des blessures de moins de 8 cm de largeur ;
- ? le bris de branches est une cause importante de carie dans la partie supérieure des billes d'érable à sucre ;
- ? le bris de branches de moins de 10 cm de diamètre ne semble pas affecter le niveau de carie ou de coloration : après 10 ans, 97 % des tiges blessées en étaient exemptes.

2. BENZIE, J.W., G. HESTERBERG ET J.H. OHMAN, 1963. *PATHOLOGICAL EFFECTS OF LOGGING DAMAGE FOUR YEARS AFTER SELECTIVE CUTTING IN OLD-GROWTH NORTHERN HARDWOODS*. JOURNAL OF FORESTRY 61 (10) : 786-792.

#### **ASPECTS ÉTUDIÉS**

Influence des blessures d'exploitation sur le classement des billes et sur les pertes en volume marchand brut.

#### **LIEU D'ÉTUDE**

Michigan, USA

#### **ESSENCES ÉTUDIÉES**

Bouleau jaune, Érable à sucre

#### **MÉTHODOLOGIE**

Cinq ans après la coupe, 16 bouleaux jaunes et 7 érables à sucre ont été disséqués. Le classement de chaque bille a été fait selon ce qu'elle aurait dû être sans la blessure et ce qu'elle était réellement. Les billes ont été sciées à une épaisseur de 2.5 cm. Les planches ont également été classées selon ce qu'elle aurait dû être sans la blessure et ce qu'elles étaient réellement.

#### **RÉSULTATS**

Chacune des 23 tiges à l'étude possédait de la carie ou de la coloration qui originait de la blessure. Dans la plupart des cas, la carie ou la coloration ne pénétrait pas le cœur et demeurait concentrée dans la dossè. Lorsque la coloration ou la carie pénétrait plus loin, il y avait une diminution de grade mais pas de volume. Dans 44 % des bouleaux jaunes, la carie et la coloration atteignaient la partie sciabale de la bille. 14 % des érables à sucre avaient de la coloration dans la partie sciabale mais sans que cela n'influence leur grade.

Tableau 1. Proportion de billes blessées de bouleau jaune et d'érable à sucre présentant ou non un défaut

Résultats	Bouleau jaune		Érable à sucre	
	Nombre de bille	% du total des billes	Nombre de billes	% du total des billes
Aucune carie ou coloration	9	56	6	86
Carie ou coloration n'ayant pas amené de déclassement	3	19	1	14
Carie ou coloration ayant amené un déclassement	4	25	0	0
Total	16	100	7	100

Il semble exister une relation entre la dimension de la blessure chez le bouleau jaune et l'établissement des champignons de carie. 31% des bouleaux jaunes avaient des blessures de plus de 1250 cm<sup>2</sup> et de la carie s'est développée sur chacun d'eux. Les autres blessures observées chez le bouleau jaune avaient toutes des dimensions de moins de 500 cm<sup>2</sup>. Après 5 ans, la carie de racines ne s'était pas propagée dans la bille mais chez le bouleau jaune, la coloration provenant des racines s'était transmise à la bille sur 44 % des arbres.

3. SHIGO, A.L., 1965. *THE PATTERN OF DECAYS AND DISCOLORATIONS IN NORTHERN HARDWOODS*. PHYTOPATHOLOGY 55 : 648- 652.

### **ASPECTS ÉTUDIÉS**

Étendue de la carie et de la coloration suite à des blessures diverses

### **LIEU D'ÉTUDE**

New Hampshire et Pennsylvanie, USA

### **ESSENCES ÉTUDIÉES**

Bouleau jaune, Érable à sucre, Érable rouge, Bouleau à papier, Hêtre à grandes feuilles et Frêne d'Amérique.

### **MÉTHODOLOGIE**

1200 tiges d'espèces à pores diffus d'un diamètre variant entre 15 et 61 cm et montrant des défauts externes ont été abattues, coupées en billes de 2,44 m, puis ont été disséquées à l'aide d'une scie à chaîne. La coupe était dirigée en fonction des défauts externes. Les principaux défauts considérés étaient les blessures d'exploitation, les chicots de branches, et en ce qui concerne les rejets de tiges, la présence de blessures sur l'arbre parent. L'âge des blessures de même que le diamètre de l'arbre au moment de la blessure ont été notés. Des blocs de bois carié ou coloré ainsi que du bois apparemment non infecté ont été récoltés et mis sous culture pour en connaître les principaux pathogènes. Pour fins de comparaison avec des espèces à zone poreuse, 15 chênes et 20 cerisiers tardifs ont également été disséqués en Pennsylvanie

### **RÉSULTATS**

Les cicatrices ayant des faces claires et sèches présentaient généralement peu de coloration. Dans tous les échantillons, lorsque de la carie était présente, elle était toujours entourée de coloration. L'étendue verticale des colonnes de coloration et de carie était extrêmement variable d'une espèce à l'autre. Celle-ci semblait dépendre de la dimension de la blessure, de l'âge de la blessure, du micro-organisme pathogène, du taux de cicatrisation et possiblement d'autres facteurs. L'examen des tiges disséquées indique que l'étendue de la coloration et de la carie est limitée par le diamètre de la tige lorsque l'arbre est blessé ou lorsqu'une branche meurt. Les tissus formés après ne sont généralement pas affectés jusqu'à ce qu'une autre blessure ne survienne. Les colonnes de

coloration foncée sont généralement plus étendues en dessous de la blessure qu'au-dessus. Les branches mortes les plus sont celles qui ont le plus grand effet sur le diamètre de la colonne de coloration. Dans les tissus colorés, 3 micro-organismes ont été détectés : 1) des hyménomycètes (issus du bois carié), des non-hyménomycètes et des bactéries. Le bois coloré était généralement humide lorsque des bactéries étaient présentes. Les arbres mûrs formant de petites branches qui s'élaguent rapidement en jeune âge (cas du bouleau à papier) ont de très petites colonnes de coloration dans le cœur. À l'opposé, les arbres ayant développé de larges branches en jeune âge et dont l'élagage s'est mal effectué ont un cœur coloré beaucoup plus large (cas du bouleau jaune). Une différence évidente entre les essences à zone poreuse et celles à pores diffus est la formation d'un bois de cœur foncé autour de la blessure. Dans le cas des espèces à pores diffus, le bois de cœur formé après la blessure conserve généralement une teinte claire.

4. SHIGO, A.L., 1966. *DECAY AND DISCOLORATION FOLLOWING LOGGING WOUNDS ON NORTHERN HARDWOODS*. USDA FOREST SERVICE, NORTHEASTERN FOREST EXPERIMENT STATION, RESEARCH PAPER NE-47. 43 p.

#### **ASPECTS ÉTUDIÉS**

Variables permettant de prédire l'étendue future de la carie et de la coloration

#### **LIEU D'ÉTUDE**

New Hampshire, USA

#### **ESSENCES ÉTUDIÉES**

Érable à sucre, Bouleau jaune, Hêtre à grandes feuilles, Érable rouge, Bouleau à papier, Frêne d'Amérique.

#### **MÉTHODOLOGIE**

331 tiges de 15 à 65 cm de diamètre possédant des blessures infligées il y a entre 2 et 60 ans ont été abattues puis disséquées.

#### **RÉSULTATS**

L'apparence de la cicatrice était le meilleur indicateur du niveau d'importance de défaut interne. Une cicatrice foncée était associée à des blessures profondes ou exposées à l'ombre. Une cicatrice de couleur claire et sèche indiquait peu de carie et de coloration (blessures peu profondes et /ou exposées en plein soleil). Des fentes se sont formées sur certains arbres au-dessus et en dessous des blessures. Ces autres défauts associés aux blessures étaient généralement confinés à la face blessée. Les tissus formés après la blessure n'étaient généralement pas affectés par la carie ou la décoloration. L'expansion de la coloration ou de la carie dépendait de l'âge de la blessure de sa sévérité et de sa dimension. Certaines variables expliquaient en partie un changement dans le volume de coloration et de carie présent dans une tige.

- ? Pour le bouleau jaune : le volume de coloration est fonction du nombre d'années depuis la blessure.
- ? Pour l'érable à sucre : le volume de coloration et de carie sont fonction du nombre d'années depuis la blessure, de la proximité d'autres points d'entrée de la carie, de la dimension de la blessure.

? Pour le hêtre à grandes feuilles : le volume de coloration et de carie sont fonction de la dimension de la blessure et du nombre d'années depuis la blessure.

Généralement, des niveaux avancés de carie ne sont pas associés à des caries de moins de 30 ans. De la carie et de la coloration importantes peuvent toutefois être associées aux blessures sur des arbres possédant déjà des défauts importants (particulièrement les chicots de branches). Par conséquent, la présence de défauts sur l'arbre avant la coupe influence le taux de formation de défauts additionnels associés aux blessures. Les événements qui débutent lorsqu'un arbre est blessé et continuent jusqu'à ce que le bois soit détruit dépendent grandement d'une chose : le temps. C'est cette variable qui semble être la plus importante.

Pour le hêtre la variable la plus importante était la dimension de la blessure car cette essence est souvent attaquée par des insectes et des maladies. Peu de corrélations ont été trouvées entre le volume de carie et les variables récoltées. Le bouleau jaune avait souvent des cicatrices blanches associées à peu de carie ou de coloration. Cependant, la coloration lorsqu'elle était présente avançait rapidement chez cette essence, en opposition avec l'érable à sucre où la coloration et la carie avançaient peu rapidement. Pour le bouleau jaune et pour le hêtre, les variables à l'étude expliquent mieux l'étendue de la coloration que celle de la carie. Les feuillus durs semblent différer des autres essences concernant leur susceptibilité à la coloration. Les variables récoltées expliquaient peu la quantité de carie trouvée chez le bouleau jaune. A peu près la moitié de la variation de coloration associée au bouleau et à la coloration et la carie chez l'érable et le hêtre était expliquée par les variables mesurées. La carie et la coloration ne peuvent donc pas être expliquées ou prédites par la mesure de facteurs externes seulement.

5. LAVALLÉE, A., 1966. *CARIES ET COLORATIONS DES ESSENCES DÉCIDUES DANS LA FORÊT EXPÉRIMENTALE DE DUDSWELL*. MINISTÈRE DES FORÊTS, RÉGION DE QUÉBEC. COMMUNICATION RÉSERVÉE Q-2. 25 P.

#### **ASPECTS ÉTUDIÉS**

Fréquence des blessures, volumes des pertes et modes d'entrée.

#### **LIEU D'ÉTUDE**

Cantons de l'Est

#### **ESSENCES ÉTUDIÉES**

Bouleau jaune, érable à sucre, érable rouge

#### **MÉTHODOLOGIE**

7 ans après une coupe partielle, 109 bouleaux jaunes, 51 érables à sucre et 31 érables rouges âgés de 50 ans ont été disséqués. Les caractéristiques des blessures ont été prises en note. La catégorie des blessures mécaniques regroupe essentiellement les écorchures subies lors des travaux de coupe et résultant de la chute des arbres abattus.

#### **RÉSULTATS**

Les branches cassées constituent la catégorie la plus fréquente de blessures. Pour sa part, la fréquence de blessures mécaniques ne varie pas d'une essence à l'autre et le pourcentage d'arbres affectés par au moins une de ces blessures est de 33 à 40 %.

Au moins 50 % des arbres blessés 8 ans auparavant cachaient une carie de tronc. Pour des blessures du même âge, la dimension de la blessure influençait directement la fréquence des caries. Sur le tronc de bouleau jaune, les blessures qui exposaient le bois sur une surface de moins de 323 cm<sup>2</sup> avaient moins de 50 % des chances d'être suivies de carie. Si la surface de bois exposée était de plus de 323 cm<sup>2</sup>, il y avait en moyenne 85 % de chances de trouver de la carie sous la blessure. Dans le cas de l'érable à sucre et de l'érable rouge, l'échantillonnage est insuffisant pour trouver une relation aussi nette.

Pour un nombre comparable de tiges à l'hectare, l'érable à sucre présentait un volume carié et un volume de bois coloré supérieur à au bouleau jaune. Le nombre d'érables avec colonnes de

coloration était également plus grand. Pour le bouleau jaune comme pour l'érable à sucre, 8 ans après qu'il y ait eu blessure, la carie atteignait une longueur égale au double de la longueur du bois exposé.

Tableau 1. Fréquence des blessures observées à la forêt de Dudswell dans un peuplement éclairci 8 ans plus tôt

Surface exposée (cm <sup>2</sup> )	Bouleau jaune		Érable à sucre		Érable rouge	
	Total examiné	% avec carie	Total examiné	% avec carie	Total examiné	% avec carie
Moins de 68	22	22.7	11	18.2	9	11.1
68-197	17	35.3	14	71.3	4	75.0
198-326	16	43.7	7	57.1	5	100.0
327-584	10	80.0	7	71.3	1	100.0
585-842	8	87.5	-	-	-	-
842 et plus	7	100.0	9	100.0	5	100.0

Les caries ayant pénétré par 59 branches cassées dans le bouleau jaune ont avancé en moyenne de 12,7 cm /an vers le bas de l'arbre. Dans l'érable à sucre, la carie progressait en moyenne de 7,6 cm/an d'après l'étude de 15 branches cassées dont l'âge était connu. Pour l'érable rouge la moyenne d'avancée par an était de 10,7 cm

D'après nos observations, les blessures exposant moins de 68 cm<sup>2</sup> ne servent pas souvent d'accès à la carie. Les blessures qui exposent entre 327 et 842 cm<sup>2</sup> semblent plus dangereuses et les blessures de plus de 842 cm<sup>2</sup> dégénèrent dans presque tous les cas en des caries de tronc. La fréquence des caries qui pénètrent le tronc à la suite de blessures mécaniques peut suivre les mêmes tendances pour les trois essences, mais le volume de carie est plus important chez le bouleau jaune que chez l'érable à sucre.

Les organismes pathogènes ont plus de chance de pénétrer une branche cassée suite à des travaux en forêt que celle s'étant élaguée naturellement. Les branches d'un certain diamètre cassées le long du tronc lors des opérations sont une menace de carie importante.

---

Malgré le grand nombre de nœuds et de branches cassées, les pertes les plus importantes sont associées aux blessures mécaniques et aux gélivures. Les blessures de 8 à 10 ans sur le tronc du bouleau jaune et de l'érable à sucre servent de porte d'entrée à la carie dans la majorité des cas où la surface de bois exposée dépasse 326 cm<sup>2</sup>.

6. LAVALLÉE, A., 1967. *CARIES ET COLORATIONS DE DEUX ESSENCES DÉCIDUES DANS LA FORÊT EXPÉRIMENTALE DE THURSO*. DIRECTION GÉNÉRALE DES FORÊTS, RÉGION DE QUÉBEC. COMMUNICATION RÉSERVÉE Q-6. 24 P.

**ASPECTS ÉTUDIÉS**

Fréquence des blessures, volumes des pertes et valeur des tiges d'avenir.

**LIEU D'ÉTUDE**

Outaouais

**ESSENCES ÉTUDIÉES**

Bouleau jaune, Érable à sucre

**MÉTHODOLOGIE**

25 ans après une coupe partielle, 215 érables à sucre et 103 bouleaux jaunes âgés entre 50 et 200 ans ont été disséqués. Les caractéristiques des blessures ont été prises en note. La catégorie des blessures mécaniques regroupe essentiellement les écorchures subies lors des opérations de débardage ou résultant de la chute des arbres abattus.

**RÉSULTATS**

Les blessures mécaniques arrivent au 2<sup>e</sup> rang en ce qui concerne la fréquence de l'ensemble des différentes blessures relevées lors des inventaires. Le volume moyen des caries qui découlent des blessures mécaniques est beaucoup plus grand que celui des caries qui pénètrent par les branches cassées et par les nœuds. Souvent ces caries affectent des billes de bonne valeur commerciale. Le pourcentage de bouleau jaune affecté par des blessures était de 26 % contre 45 % pour l'érable à sucre.

Tableau 1. Fréquence des blessures observées à la forêt expérimentale de Thurso dans un peuplement éclairci 25 ans auparavant

<b>Catégorie de blessures</b>	<b>Érable à sucre</b>	<b>Bouleau jaune</b>
Branches cassées	373	238
Nœuds	112	35
Blessures mécaniques	114	34
Gélivures	77	14
Chancres au tronc	39	4
Fentes à la base	20	6
Blessures diverses	19	7
<b>Total</b>	<b>754</b>	<b>338</b>
Arbres sans blessure	8	6

Il existe une relation entre la surface de bois mise à nu et la fréquence des caries à l'intérieur du tronc. Si la surface exposée dépasse 580 cm<sup>2</sup>, il existe en moyenne 90 % des chances de trouver de la carie sous la blessure alors que ce pourcentage diminue à 50 % lorsque la surface exposée est de moins de 580 cm<sup>2</sup>.

Tableau 2. Proportion des tiges cariées en fonction de la dimension des blessures

Surface exposée	Érable à sucre		Bouleau jaune	
	Total examiné	% avec carie	Total examiné	% avec carie
580 cm <sup>2</sup> et moins	75	68.0	22	50.0
Plus de 580 cm <sup>2</sup>	39	92.3	12	100.0

Les blessures mécaniques de toutes dimensions âgées de moins de 10 ans étaient suivies d'une carie dans 63 % des cas pour l'érable à sucre et dans 33% des cas pour le bouleau jaune. Pour les caries de plus de 10 ans, ce pourcentage grimpe à 80 et 86 % respectivement. Il semble que la carie progresse plus rapidement chez le bouleau jaune que chez l'érable à sucre. Les dimensions de la blessure influencent non seulement la fréquence mais aussi le taux de développement de la carie.

Tableau 3. Progression de la carie en fonction de l'âge des blessures et de leur dimension

	Érable à sucre		Bouleau jaune	
	580 cm <sup>2</sup> et moins	580 cm <sup>2</sup> et plus	580 cm <sup>2</sup> et moins	581 cm <sup>2</sup> et plus
	Blessures récentes			
Nombre de blessures	5	-	3	-
Surface moyenne (cm <sup>2</sup> )	226	-	213	-
Avancée de la carie (cm/an)	25.40	-	23.11	-
	Vieilles blessures			
Nombre de blessures	43	28	9	9
Surface moyenne (cm <sup>2</sup> )	226	1413	297	1594
Avancée de la carie (cm/an)	23.62	28.70	19.56	33.78

Une concentration de blessures visibles sur le tronc signifie souvent un cœur coloré à l'intérieur. Dans une forêt exploitée, les blessures mécaniques et les gélivures entraînent des pertes plus importantes que les branches cassées car les surfaces exposées sont plus grandes et demeurent ouvertes plus longtemps. Le laps de temps entre les éclaircies ne devrait pas être plus long que 20 ans si on veut minimiser les pertes qui découlent des blessures.

7. LAVALLÉE, A., ET M. LORTIE, 1968. *RELATIONSHIPS BETWEEN EXTERNAL FEATURES AND TRUNK ROT IN LIVING YELLOW BIRCH*. THE FORESTRY CHRONICLE 44(2) : 5-10.

### ASPECTS ÉTUDIÉS

Incidence de la carie et de la coloration en relation avec les blessures naturelles et mécaniques.

### LIEU D'ÉTUDE

Outaouais et Cantons de l'Est, Québec.

### ESSENCES ÉTUDIÉES

Bouleau jaune

### MÉTHODOLOGIE

Deux sites, l'un situé en Outaouais et l'autre dans les Cantons de l'Est ont été inventoriés. 153 tiges de bouleau jaune âgées entre 50 et 70 ans d'un diamètre variant entre 12.7 et 25.4 cm ont été disséquées dans les Cantons de l'Est. De même, en Outaouais, 102 tiges âgées entre 50 et 200 ans et dont le diamètre variait entre 12.7 et 45.7 cm ont été abattues. Les tiges ont été abattues pour vérifier l'ampleur des défauts internes. Avant la dissection une classification préliminaire des défauts externes avait été faite. Des données sur les tiges, les blessures, la coloration et la carie ont été récoltées.

### RÉSULTATS

Les branches brisées, les chicots de branches et les tiges brisées étaient de loin les défauts les plus nombreux.

Tableau 1. Fréquence des blessures observées en forêt exploitée

Défait externe	Nb de tiges examinées	% du total examiné	Défait accompagné de carie (%)
Branches cassées	491	55.0	36.4
Blessures mécaniques	124	13.9	54.1

Les blessures mécaniques bien qu'elles aient une incidence moins importante affectaient des parties plus précieuses de la tige et amenaient un plus grand volume de pertes. Les larges blessures exposant plus de 580 cm<sup>2</sup> d'aubier étaient presque toujours accompagnées de carie tandis que celles d'une surface variant entre 65 et 323 cm<sup>2</sup> amenaient de la carie dans 35 à 50 % des cas.

Les blessures de 20 ans amenaient d'importantes pertes alors que celles de 10 ans n'avaient pas encore sérieusement affecté le bois. Les cicatrices foncées présentaient plus de carie que les cicatrices claires.

Les blessures mécaniques vieilles de 5 ans montraient une colonne de carie de longueur égale à la blessure. Celles âgées de 10 ans ont révélé une extension de la carie du double de la dimension de la blessure alors que celles de 20 ans étaient sévèrement cariées. Lorsque la surface de bois exposée par une blessure mécanique de plus de 580 cm<sup>2</sup> le rythme de carie était plus rapide que pour des blessures plus petites.

Pour le bouleau jaune, toutes les branches cassées de plus de 10 cm de diamètre ont amené de la carie dans le tronc. Dans les Cantons de l'Est, des diamètres de blessures aussi faibles que 6 cm pouvaient être considérés comme indicateur de carie. Les branches cassées ou les chicots d'un diamètre entre 4 et 6 cm présentaient un risque intermédiaire de carie alors que celles de moins de 4 cm étaient rarement vecteurs de carie.

La carie qui a pénétré par les branches cassées a avancé à un rythme de 14 cm/an dans les Cantons de l'Est. Pour des arbres plus vieux en Outaouais, la carie pénétrant par les branches cassées avançait à un rythme de 27 cm/an. L'extension linéaire de la carie était plus rapide lorsqu'elle pénétrait par des branches de plus de 10 cm de diamètre. Une coloration importante sur plus de la moitié de la longueur marchande a été notée sur 77 % des bouleaux jaunes à l'étude. Des 23 % restants, seules des sections de coloration ont été retrouvées. Il a été observé que les arbres possédant de petites colonnes de coloration avait un élagage naturel avancé en jeune âge.

Tableau 2 . Progression de la carie en fonction de l'âge des blessures et de leur dimension

Type de blessure	Blessures récentes (moins de 10 ans)				Vieilles blessures (plus de 10 ans)			
	Nb de blessures	Diamètre moyen (cm) ou surface (cm <sup>2</sup> )	Avancée de la carie (cm/an)	Âge moyen des arbres	Nb de blessures	Diamètre moyen (cm) ou surface (cm <sup>2</sup> )	Avancée de la carie (cm/an)	Âge moyen des arbres
<i>Branches cassées</i>								
10.4 cm ou plus	6	14.0	21.6	82	8	17.3	51.1	163
6.6 à 10.3 cm	15	7.9	19.8	62	7	8.9	32.3	141
6.5 cm et moins	51	4.1	14.0	50	6	5.1	6.6	51
<i>Blessures mécaniques</i>								
584 cm <sup>2</sup> et plus	10	1677	26.9	47	17	1284	37.8	123
326 à 583 cm <sup>2</sup>	7	406	20.8	45	4	439	10.7	77
325 cm <sup>2</sup> et moir	15	168	16.0	49	11	174	12.4	71

8. OHMAN, J.H., 1970. *VALUE LOSS FROM SKIDDING WOUNDS IN SUGAR MAPLE AND YELLOW BIRCH*. JOURNAL OF FORESTRY 68 (4) : 226-230.

#### **ASPECTS ÉTUDIÉS**

Pertes économiques engendrées par les blessures d'exploitation dans une période de 10 ans

#### **LIEU D'ÉTUDE**

Michigan, USA

#### **ESSENCES ÉTUDIÉES**

Érable à sucre, Bouleau jaune.

#### **MÉTHODOLOGIE**

50 bouleaux et 34 érables ont été sélectionnés pour examen, 10 ans après une coupe partielle. Ces arbres mesuraient entre 25 et 65 cm de diamètre. Les billes ont été récoltées puis classées selon les normes. 62 % des bouleaux jaunes et 47 % des érables à sucre ont été déclassés en raison de leurs blessures. Les billes ont été sciées de façon à minimiser l'impact des défauts associés aux blessures. Les planches ont ensuite été classées selon ce qu'elles étaient et selon ce qu'elles auraient été si elles n'avaient pas eu ce défaut

#### **RÉSULTATS**

Les pertes de valeur associées au peuplement ont été faibles quoique pour certains individus, elles étaient élevées. Ces pertes correspondaient à 2.1 % de la valeur potentielle des billes et à 0.6 % de la valeur potentielle estimée pour les planches. En général, le bouleau jaune était plus sévèrement affecté par les blessures de débardage que l'érable à sucre et les deux espèces ont réagi différemment aux blessures. La position de la blessure sur la tige influence la perte de valeur : une blessure faite sur la moins belle face de la bille a peu d'impact alors qu'une autre faite sur la plus belle face entraîne un déclasserment. Les blessures aux racines étaient associées à 10 % des pertes de valeur des planches mais n' affectaient pas le classement des billes.

Tableau 1. Effet des blessures sur la valeur des billes

Essence	Nb d'arbres blessés à la tige	Nb de billes possédant une blessure	Perte de valeur (%)	Nb de billes avec une perte de valeur
Bouleau jaune	23	25 <sup>1</sup>	11.9	4
Érable à sucre	16	16	1.3	1
Total	39	41	9.2	5

Tableau 2. Effet des blessures sur la valeur des planches

Essence	Nb d'arbres blessés à la tige	Nb de billes possédant une blessure	Perte de valeur (%)	Nb de planches avec une perte de valeur
Bouleau jaune	23	25	3.9	8
Érable à sucre	16	16	2.5	11
Total	39	41	3.4	19

Aucune blessure sur 29 érables à sucre ne présentait d'expansion verticale de la carie des racines à la bille de pied et aucun érable à sucre ne présentait de carie ou de coloration. Par contre, 28 % des blessures de racines sur 38 bouleaux jaunes présentaient de la coloration et/ou de la carie dans leur bille de pied. La bille de pied était généralement exempte de coloration ou de carie si :

- ? la blessure de racine faisait plus de 312 cm<sup>2</sup>;
- ? la blessure était à plus de 1.2 m de la tige (30 % des blessures aux racines à l'intérieur de 1.2 m ont amené un défaut dans la bille de pied);
- ? la blessures étaient en contact avec le sol minéral (47 % des blessures en contact avec le sol étaient associées avec un défaut).

Chez le bouleau jaune, 74 % des blessures touchant le sol, à l'intérieur de 1.2 m de la tige et de plus de 312 cm<sup>2</sup> ont amené de la coloration ou de la carie dans la bille de pied. Les blessures à la tige étaient plus importantes pour le bouleau jaune que pour l'érable à sucre. 20 % des tiges blessées

de bouleau jaune et 34 % des tiges d'érable à sucre ont subi une perte de valeur des planches. Huit % des cicatrices se sont refermées pendant la période de 10 ans et toutes celles qui l'ont fait provenaient de blessures de moins de 2,5 cm de largeur. Plusieurs blessures de bouleau jaune ont continué d'élargir après la coupe puis leur dimension s'est stabilisée. Aucune perte n'a été associée aux blessures cicatrisées. La dimension de la blessure était étroitement reliée à la perte de la valeur des planches pour les 2 espèces. 66 % des blessures de plus de 312 cm<sup>2</sup> ont amené des réductions de valeur.

9. SHARON, E.M., 1973. *SOME HISTOLOGICAL FEATURES OF ACER SACCHARUM WOOD FORMED AFTER WOUNDING*. CANADIAN JOURNAL OF FOREST RESEARCH 3 : 83-89.

**ASPECTS ÉTUDIÉS**

Changements chimiques et morphologiques dans le bois formé après une blessure.

**LIEU D'ÉTUDE**

New Hampshire, USA

**ESSENCE ÉTUDIÉE**

Érable à sucre

**MÉTHODOLOGIE**

Afin de déterminer la relation qui existe entre la coloration du bois après la formation d'une blessure, 5 érables à sucre ont été examinés. Quatre arbres dont le diamètre variait entre 15 et 28 cm à 1.5 m de hauteur ont été blessés mécaniquement puis artificiellement inoculés, ont été abattus et disséqués 5 ans plus tard. Le cinquième arbre de 30 cm de diamètre avait été blessé mécaniquement 25 ans auparavant. Des rondelles ont été récoltées au-dessus et en dessous de la blessure pour analyse.

**RÉSULTATS**

Dans les cerne annuels formés après la blessure, un tissu différent s'est formé. Les premières 10 à 15 rangées de cellules formées après la blessure possédaient une forme irrégulière, une paroi plus épaisse et renfermaient des gommés. Vers la fin du cerne annuel, les cellules étaient normales. À 50 cm en dessous et au-dessus de la blessure, les changements morphologiques étaient moins évidents que les changements chimiques. Les résultats de cette étude démontrent qu'après blessure, le cambium forme des cellules autres que celles qui constituent le cal et forment un tissu distinct. Ce tissu sépare le bois coloré formé par la blessure du bois sain formé après la blessure. Ce tissu pourrait avoir un rôle de protection.

10. SHIGO, A.L., 1976. *MICROORGANISMS ISOLATED FROM WOUNDS INFLICTED ON RED MAPLE, PAPER BIRCH, AMERICAN BEECH, AND RED OAK IN WINTER, SUMMER, AND AUTOMN.* PHYTOPATHOLOGY 66 : 559-563.

#### **ASPECTS ÉTUDIÉS**

Succession des micro-organismes sur des blessures infligées en différentes saisons.

#### **LIEU D'ÉTUDE**

Maine, USA.

#### **ESSENCES ÉTUDIÉES**

Érable rouge, Bouleau à papier, Hêtre à grandes feuilles, Chêne rouge

#### **MÉTHODOLOGIE**

Des trous de 5 cm de profondeur et de 1.3 cm de diamètre ont été percés à des hauteurs de 0,5, 1,0, 1,5 et 2,0 m du sol dans 27 érables rouges, 5 bouleaux à papier, 5 hêtres à grandes feuilles et 5 chênes rouges. De 3 à 48 trous ont été percés sur le même arbre et alignés de façon à ce qu'aucun ne soit dans le même axe vertical. Deux arbres de chaque espèce ont reçu quatre blessures en différents temps de l'année puis les tiges ont été abattues chacune après un certain laps de temps variant entre quelques semaines à quelques mois après la blessure. Une isolation a été effectuée et des copeaux ont été coupés à partir des billes puis comparées à des arbres sains.

#### **RÉSULTATS**

Les micro-organismes associés à des blessures âgées de 1, 2, 3 et 4 semaines faites en hiver, en été et en automne étaient différents. Pour les blessures âgées de 1, 2, 3 et 4 semaines faites en été, les bactéries et *Cytospora* spp. étaient le plus fréquemment retrouvés. Pour celles faites en automne, c'est plutôt *Phialophora* spp. et des bactéries qui étaient le plus souvent isolées. Peu de bactéries ont été retrouvées dans les blessures hivernales. *Cytospora* spp. a été fréquemment isolé.

Tableau 1. Type de micro-organisme présent sur des blessures âgées de 4 semaines en fonction de la saison d'inoculation

Micro-organisme	Période	Copeaux présentant des micro-organismes (%)			
		Érable rouge	Bouleau à papier	Hêtre à grandes feuilles	Chêne rouge
Bactérie	Hiver	6	14	17	6
	Été	64	97	63	65
	Automne	56	72	97	64
<i>Phialophora</i> spp.	Hiver	0.5	0	1	0
	Été	16	10	0	5
	Automne	15	35	22	0
<i>Cytospora</i> spp.	Hiver	17	19	30	3
	Été	3	0	0	0
	Automne	26	15	7	1
<i>Ceratocystis</i> spp.	Hiver	0	0	0	0
	Été	11	61	31	73
	Automne	0	0	0	0

Aucune coloration n'a été associée aux blessures hivernales. Les colonnes de coloration observées en été et en automne étaient semblables à celles observées sur toute autre blessure. Sur le bouleau, des colonnes de coloration de 6 à 15 cm de longueur ont été observées de part et d'autre des blessures âgées de 4 semaines. Dans le hêtre, la coloration consistait en une mince bande autour de la blessure. Dans le chêne, il y avait un début de coloration autour de la blessure.

Après 5 mois, les bactéries étaient présentes sur les blessures infligées en hiver mais peu de champignons ont été isolés. Sur l'érable rouge *Phialophora* spp. et *Fusarium* spp. ont été isolés 5 à 6 mois après la blessure. Sur les blessures de 7, 8, 9 et 10 semaines faites en été, les bactéries, *Ceratocystis* sp. et *Graphium* sp. sont les micro-organismes qui ont été le plus fréquemment isolés.

Les résultats indiquent que les bactéries et les champignons non-hyménomycètes infectent rapidement les blessures infligées en été et en automne. Ils suggèrent également que *Ceratocystis* spp.

requiert des blessures fraîches non infectées par d'autres micro-organismes pour pouvoir s'implanter. Ceci concorde avec d'autres études qui démontrent que *Ceratocystis* spp. colonise les blessures fraîches alors que les hyménomycètes colonisent les vieilles blessures déjà colonisées par d'autres micro-organismes. Le fait que les insectes soient le principal agent disperseur de *Ceratocystis* spp. est une raison pouvant expliquer que seules les blessures infligées en été et en automne possédaient ce micro-organisme.

11. WHITNEY, R.D. ET BRACE L.G., 1979. *INTERNAL DEFECT RESULTING FROM LOGGING WOUNDS IN RESIDUAL WHITE PINE TREES*. THE FORESTRY CHRONICLE

**ASPECTS ÉTUDIÉS**

Qualité des tiges dans le peuplement résiduel 5 ans après les opérations d'abattage et de débardage.

**LIEU D'ÉTUDE**

Ontario

**ESSENCE ÉTUDIÉE**

Pin blanc

**MÉTHODOLOGIE**

Un peuplement a été traité pour en dégager le pin blanc qui croissait en sous-couvert. Un plan de coupe a été fait et les équipes ont été entraînées dans le but de minimiser les blessures. Au moment de la coupe, les blessures ont été classifiées et leur fréquence par type de blessure a été déterminée. 5 ans après la coupe, 7 des types les plus graves de blessures ont été soumis à un échantillonnage. 70 arbres (10 arbres par type de blessures) ont alors été abattus. La longueur et la largeur de la coloration et/ou de la carie associée(s) à ces blessures ont été mesurées. La longueur de la tige affectée par ce défaut a également été prise en note.

**RÉSULTATS**

5 ans après la coupe, en moyenne moins de 1 % du volume brut de la tige était cariée ou décolorée pour chacun des 7 types de blessures étudiées (blessures d'abattage ou de débardage). Les pertes associées à ces blessures étaient très faibles pour tous les types de blessures. Les blessures qui ont amené le plus de coloration et de carie sont les arrachements de l'écorce dus à l'abattage sur plus de 25 % de la circonférence, plus de 30 cm de longueur ou d'une dimension de plus de 163 cm<sup>2</sup>, les cannelures dans le bois dus au débardage ainsi que les cimes brisées. 30 % de tous les arbres blessés et 70 % des arbres possédant des cannelures possédaient des champignons de carie. À l'opposé, aucune des racines déformées ou des branches brisées n'avaient amené de la carie dans la tige.

De la coloration était associée à 63 % des blessures et à l'exception des racines déformées et des branches cassées, plus de 65 % de chaque type de blessure avait du bois coloré. La dimension

moyenne des écorchures infectées par des champignons de carie (0.135 m<sup>2</sup>) était significativement plus grande que celle des blessures non infectées (0.054 m<sup>2</sup>).

Tableau 1. Dimensions moyennes des blessures non infectées

Type de blessure	Dimension avec carie (m <sup>2</sup> )	Dimension sans carie (m <sup>2</sup> )
Cime brisée	0.009	0.009
Écorchure d'abattage	0.135 **	0.054
Écorchure de débardage à la tige	0.108	0.135
Écorchure de débardage à la racine	0.063	0.072
Cannelure	0.173	0.027

\*\* Significativement différente de la blessure non infectée

*Stereum sanguinolentum* était le champignon le fréquemment isolé des blessures. De tous les types de blessures, les cannelures créées lors du débardage étaient celles qui permettaient au plus grand nombre de champignons de carie de s'installer à l'intérieur de la tige. Du bois de compression a été retrouvé dans toutes les tiges qui ont subi des déformations des racines et qui se sont retrouvées penchées par la suite. Sur la base des échantillons récoltés, 5 ans après la coupe, 0.25 % du volume des tiges était affecté par la carie. Toutefois, un sciage attentif aurait pu réduire les pertes à 2 ou 3 % du volume marchand brut.

Si les tiges résiduelles avaient été récoltées 5 ans après la coupe initiale, les pertes auraient été négligeables. Toutefois, les colonnes de carie détectées dans une large proportion des tiges est indicateur du niveau de carie qui pourrait se développer lors des prochaines décennies. La déformation considérable des tiges blessées est à prévoir. Là où l'écorce a été arrachée et le cambium détruit, des cals, de l'écorce incarnée et des cernes de croissance discontinus ont été détectés. Les arbres penchés qui formeront du bois de compression risquent également d'être déclassés. Les défauts internes les plus nombreux dans cette étude étaient associés aux écorchures à l'écorce lors des opérations d'abattage et de débardage, aux cannelures dans le tronc et aux cimes brisées. Ces blessures amenaient également le milieu le plus propice à l'entrée de champignon de carie.

Tableau 2. Caractéristiques des différentes blessures observées 5 ans après la coupe

Type de blessure	Nb d'arbres	Âge moyen (années)	DHP moyen (cm)	Hauteur moyenne (m)	Volume brut moyen (m <sup>3</sup> )	Volume moyen (% du volume brut)		
						Carie <sup>1</sup>	Coloration	D'origine naturelle
Écorchure sur le tronc dû à un arbre qui tombe	10	65	16.5	13.5	0.176	0.56	0.63	0.11
% des tiges						20	90	20
Cannelure due au débardage	10	66	22.9	16.8	0.378	0.48	0.39	1.27
% des tiges						70	70	20
Cime brisée	6	67	21.6	13.2	0.274	0.17	0.63	0.70
% des tiges						33	66	33
Éraflure au tronc lors du débardage	10	70	21.6	16.2	0.294	0.13	0.30	-
% des tiges						30	80	0
Éraflure aux racines dues au débardage	6	65	24.6	19.5	0.543	0.12	0.50	0.15
% des tiges						33	66	33
Déformation des racines	6	68	20.3	15.3	0.339	-	0.01	1.30
% des tiges						0	17	33
Branches cassées	6	65	22.4	17.1	0.512	-	0.16	-
% des tiges						0	17	0
Tous les types	54	67	21.1	15.9	0.342	0.25	0.39	0.64
% des tiges						30	63	19

<sup>1</sup> Les volumes de coloration et de carie ont été mesurés séparément et peuvent donc s'additionner

Les pratiques qui permettront de diminuer la proportion de bois coloré ou carié incluent :

- ? une sélection judicieuse et un entraînement des équipes;
- ? une supervision des équipes pour au moins les 2 premières semaines des opérations;
- ? une délimitation des sentiers de débardage avant le début des opérations;
- ? l'identification de tiges qui serviront à absorber les coups et qui seront récoltées à la fin des opérations;
- ? un abattage effectué en tenant compte des trouées naturelles;
- ? le tronçonnement du bois en billots avant de le débarder, particulièrement lorsque le nombre de tiges résiduelles du peuplement est élevé.

12. LAMSON, N.I., ET H.C. SMITH, 1988. *EFFECTS OF LOGGING WOUNDS ON DIAMETER GROWTH OF SAWLOG-SIZE APPALACHIAN HARDWOOD CROP TREES*. USDA FOREST SERVICE, NORTHEASTERN FOREST EXPERIMENT STATION, RESEARCH PAPER NE-616.

### **ASPECTS ÉTUDIÉS**

Effet des blessures d'exploitation sur la coloration, la carie et la croissance en diamètre.

### **LIEU D'ÉTUDE**

Virginie de l'Ouest, USA.

### **ESSENCES ÉTUDIÉES**

Cerisier tardif, Érable rouge, Érable à sucre, Tulipier, Chêne blanc, Chêne châtaignier, Magnolia

### **MÉTHODOLOGIE**

La croissance en diamètre a été mesurée sur les tiges résiduelles d'un peuplement traité à chacune des 5 années suivant une coupe ayant laissé 30-38 arbres codominants/ha. La dimension des blessures a été notée immédiatement après la coupe. Toute exposition de l'aubier sur plus de 625 cm<sup>2</sup> était considérée comme blessure.

### **RÉSULTATS**

La croissance en diamètre n'a pas été affectée par les blessures lors des 5 ans qui ont suivi la coupe. La croissance n'a pas non plus été affectée par des blessures de plus de 625 cm<sup>2</sup>. Les blessures les plus larges semblent plus susceptibles de développer de la carie. La perte de valeur du peuplement des tiges peut être réduite en enlevant ces tiges lors de la prochaine intervention.

À la lumière de ces résultats, il est recommandé de :

- ? tracer les sentiers de débardage en minimisant les courbes;
- ? laisser des arbres debout près des tiges de valeur pour les épargner des contrecoups;
- ? marquer les tiges à laisser plutôt que les tiges à enlever : ceci permettra au débardeur de porter attention aux tiges de valeur.
- ? conserver des tiges par terre le long des sentiers ce qui conserverait la charge dans les sentiers.

13. MIELKE, A., ET D.A. CHARRETTE, 1989. *SILVICULTURAL INFLUENCE ON HEARTWOOD DISCOLORATION IN SUGAR MAPLE*. NORTHERN JOURNAL OF APPLIED FORESTRY 9(1) : 27-29.

#### **ASPECTS ÉTUDIÉS**

Effet des coupes intensives sur l'étendue de la coloration chez l'érable à sucre et sur la diminution de la qualité des billes

#### **LIEU D'ÉTUDE**

Michigan, USA

#### **ESSENCE ÉTUDIÉE**

Érable à sucre

#### **MÉTHODOLOGIE**

Des mesures ont été prises dans un peuplement issu de coupes à diamètres limites puis aménagé en futaie jardinée à des rotations de 10 ans. 65 tiges issues de 2 secteurs de coupes à diamètre limite et 119 billes issues de 3 secteurs de coupe de jardinage par pieds d'arbres ont été examinées. Des régressions ont été faites afin de tenter de relier la quantité de coloration au diamètre de la bille pour chaque traitement et ainsi déterminer si la proportion de coloration était différente selon le type de coupe.

#### **RÉSULTATS**

Il n'existe pas de relation entre l'étendue de la coloration et le diamètre de la bille selon le traitement. Ceci suggère que les traitements n'ont pas directement influencé la proportion de coloration des arbres. Comme il existe une probabilité accrue que des blessures surviennent en âge avancé, avec la fréquence des activités et autres perturbations, l'étendue de la coloration semble être sous le contrôle de l'aménagiste. La supervision, des incitatifs à diminuer la quantité de blessures, des rotations plus longues avec des entrées moins fréquentes et une réduction du temps pendant lequel l'arbre reste dans le peuplement (donc diminuer la surface terrière minimale) sont quelques suggestions pour réduire l'impact économique de la coloration. Le choix d'une méthode d'aménagement a peu d'impact sur la quantité de coloration. La coupe de jardinage amène toutefois des arbres plus gros qui ont plus de coloration.

---

Réduire la durée de temps pendant laquelle un arbre demeure dans le peuplement réduit la probabilité de blessures qui pourraient causer de la coloration. Les gros arbres souffrent plus de coloration que les petits et ont donc une plus grande probabilité de souffrir de perte de graine dû à ce défaut. L'étendue de la coloration semble être contrôlée par les blessures amenées par les procédés d'exploitation. Des méthodes amenant moins de blessures aux tiges résiduelles peuvent avoir des implications économiques quant à la diminution de la coloration de bois de cœur.

14. WHITNEY, R.D., 1991. *QUALITY OF EASTERN WHITE PINE 10 YEARS AFTER DAMAGE BY LOGGING*.  
THE FORESTRY CHRONICLE 67 (1) : 23-26.

#### **ASPECTS ÉTUDIÉS**

Qualité des tiges dans le peuplement résiduel 10 ans après les opérations d'abattage et de débardage.

#### **LIEU D'ÉTUDE**

Ontario

#### **ESSENCE ÉTUDIÉE**

Pin blanc

#### **MÉTHODOLOGIE**

Un peuplement a été traité pour en dégager le pin blanc qui croissait en sous-couvert. 10 ans après la coupe, 32 arbres possédant des blessures de degré divers ont été abattus. La coloration et la carie associées à ces blessures ont été mesurées. La longueur de la tige affectée par ce défaut ainsi que le pourcentage de la blessure recouvert par le tissu cicatriciel ont aussi été évalués.

#### **RÉSULTATS**

Sur toute la superficie traitée, 15 % des tiges résiduelles de plus de 7.6 cm ont souffert de blessures sérieuses mais non fatales lors des opérations. De toutes les blessures, 40 % avaient un degré avancé de pourriture et 90 % possédaient une coloration. Les blessures associées à une plus grande quantité de pourriture sont les blessures de débardage qui s'étendaient jusqu'au sol et les têtes brisées résultant des arbres abattus.

En moyenne, 2,9 % du volume marchand brut des tiges écorchées par l'abattage était carié. En revanche, 1,9 % du volume marchand brut des tiges blessées lors du débardage et dont la blessure s'étendait jusqu'au sol était carié.

Les colorations affectaient 0,6 % du volume marchand brut pour tous les types de blessures. La déformation des tiges causée par la destruction du cambium a amené une perte de croissance dans les régions blessées. Le bois formé lors de la cicatrisation avait un grain courbé et contenait des poches d'écorces et un contenu en résine excessif.

Dix ans après la coupe, la cicatrisation variait entre 0 et 100% selon la dimension de la blessure et le niveau de carie près du cambium. La cicatrisation était la plus avancée dans les écorchures et avaient en moyenne un taux de 52 et 46 % après 10 ans. Les déformations résultant de ces blessures avaient en moyenne 4 m de long et 0.2 m de large.

Les proportions des blessures cariées ou colorées étaient de 40 et 90 % comparativement à 30 et 63 % 5 ans plus tôt. Les volumes de carie et de coloration représentaient 1 et 0.6 % du volume marchand brut après 10 ans, ce qui était supérieur à ce qu'il y avait à 5 ans (0.3 et 0.4 % respectivement). Si le pourcentage de carie continue à augmenter à ce rythme, les volumes nets sciés pourraient être réduits de 15 à 20 % dans 20 à 30 ans. Les blessures d'abattage ont produit le plus de carie dans le volume marchand brut. Les cimes brisées arrivent en second lieu. Le volume marchand affecté par des blessures semble plus grand que les pertes résultant de la carie.

Tableau 1. Caractéristiques des blessures âgées de 10 ans

Type de blessure	Vol moyen par arbre				Déformations dues aux blessures		
	Nb de blessures	Brut (m <sup>3</sup> )	Carie (%)	Coloration (%)	Longueur (m)	Largeur (m)	Cicatrisation (%)
Blessures d'abattage							
Cime brisée	6	1.311	0.6	0.4	-	-	-
Écorchure sur le tronc dû à un arbre qui tombe	7	0.466	2.9	0.7	5.1	0.1	52
Arbre penché	5	0.696	0.1	0.1	17.0	0.2	-
Blessures de débardage							
Large éraflure au-dessus du sol	6	0.844	0.2	0.8	0.6	0.2	35
Petite éraflure au-dessus du sol	6	0.620	0.1	0.4	0.3	0.1	46
Éraflure en contact avec le sol	6	0.892	1.9	0.5	0.5	0.2	18
Tige arrachée	6	0.880	0.6	1.0	0.5	0.2	23
Total/moyenne pondérée	42	.810	1.0	0.6	4.0	0.2	35.4

15. 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. P 3-27.

### **ASPECTS ÉTUDIÉS**

Implications biologiques, écologiques et influence sur l'aménagement des blessures d'exploitation.

### **ESSENCES ÉTUDIÉES**

Feuillus durs.

### **CONCLUSIONS**

L'incidence et la sévérité des blessures peuvent varier selon les saisons. Ainsi, lorsque le cambium est actif, les parois des cellules sont très minces et flexibles. Un impact peut alors suffire à les fragmenter d'où s'en suit une cicatrice. Les essences à zone poreuse (frêne, chêne) semblent commencer leur activité cambiale avant les essences à pores diffus (érable, bouleau).

Une fois, l'aubier exposé, il est susceptible à l'infection par d'autres micro-organismes. Les micro-organismes pionniers altèrent chimiquement le bois, ce qui les rend susceptibles aux champignons de carie, qui dissolvent le bois à mesure que la blessure vieillit.

Les cicatrices claires et sèches sont typiques d'une réaction à la blessure. Il y a alors création d'une barrière où les cellules sont imprégnées de composés de coloration. Les cicatrices foncées, en contact avec le sol, permettent à la blessure de rester humide et amène un environnement favorable pour l'infection par des champignons. La surface devient alors de couleur noire, moelleuse et humide, signalant la présence de carie à l'intérieur. Sous de telles conditions, les défenses naturelles de l'arbre contre la carie ne sont pas suffisantes pour prévenir l'invasion.

Les blessures d'abattage endommagent moins les arbres sur la circonférence mais peuvent affecter une plus grande surface que les blessures de débardage. Les blessures recouvertes d'écorce créent des milieux plus favorables à la carie que ceux libres d'écorce qui s'assèchent par la suite.

---

Les éclaircies amènent des poussées de croissance qui peuvent amener les arbres à refermer leur cal cicatriciel rapidement, amenant des conditions peu favorables à l'établissement de carie ce qui amène la production de bois sans défaut.

Le niveau de carie et de coloration dépend généralement de la surface blessée initialement et du temps écoulé depuis la blessure. Une fois les blessures refermées, le niveau de carie demeure relativement constant. Toutefois, les gélivures peuvent rouvrir les cicatrices et augmenter le niveau de carie. Les têtes brisées lors de l'abattage des arbres voisins sont également une porte d'entrée idéale pour la carie car ils retiennent l'humidité.

16. 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.

### ASPECTS ÉTUDIÉS

Influence sur l'aménagement des blessures d'exploitation.

### ESSENCES ÉTUDIÉES

Feuillus durs.

### CONCLUSIONS

Les critères du tableau 1 peuvent être utilisés pour déterminer l'importance des blessures d'exploitation observées dans un peuplement.

Tableau 1. Caractéristiques permettant de déterminer le niveau d'importance des blessures

Type de blessure	Doit être considérée sévère
Arrachement de l'écorce	S'il y a exposition du cambium sur <sup>1</sup> : Plus de 585 cm <sup>2</sup> pour le bouleau jaune Plus de 975 cm <sup>2</sup> pour les autres essences
Bris de branches	Si le diamètre de la branche est de plus de 7,5 cm
Dommages aux racines	Plus de 25 % des racines sont blessées
Tige brisée	Sur tous les arbres
Arbre penché	Sur tous les arbres

<sup>1</sup> Certains chercheurs considèrent sévère toute blessure exposant plus du tiers de la circonférence du tronc

Note : Toutes les blessures mènent à une coloration du bois présent **au moment** de la blessure, mais ceci ne dégénère pas toujours en carie. Le bois produit **après** la blessure ne devrait pas être carié ou décoloré par la blessure. Les blessures sévères ont une forte probabilité (plus de 50 %) de dégénérer en carie.

En règle générale, les blessures larges ont une plus forte probabilité de dégénérer en carie à l'intérieur d'une période donnée. Les blessures exposant plus de 975 cm<sup>2</sup> (585 cm<sup>2</sup> pour le bouleau jaune) et les branches cassées d'un diamètre de plus de 7.5 cm ont au moins 50 % des chances de développer un défaut dans une période de 20 à 25 ans.

Les blessures chez les feuillus durs mènent presque toujours à de la coloration et de la carie peut suivre par après. Que la carie ou non se développe, de la coloration sera tout de même présente dans la bille, ce qui peut affecter la valeur marchande de certaines essences comme l'érule à sucre.

Toutes les blessures représentent un futur défaut externe qui réduira la valeur des billes. Les cimes brisées quant à elles réduisent également la vigueur de l'arbre et sa position hiérarchique à un niveau inférieur. Les blessures d'abattage le long du tronc peuvent également amener d'importants défauts dans les futures billes.

La plupart des arrachements de l'écorce résultent des opérations de débardage et surviennent à moins de 1 m au dessus du niveau du sol. Une forte proportion de ces blessures s'étendent jusqu'au sol et entrent en contact avec le sol minéral ou la litière, ce qui augmente la probabilité d'infection par les micro-organismes qui sont présent dans le sol. Tous les impacts sévères contre un arbre faits à n'importe quel temps de l'année peuvent dégénérer en blessure.

Sous aménagement inéquienne, les opérations peuvent résulter en des dommages aux tiges résiduelles. Il n'est donc pas question de savoir si on endommagera des arbres mais combien on en endommagera. Les blessures d'abattage sont la plupart du temps inévitables mais les blessures de débardages peuvent elles être mieux contrôlées. L'abattage directionnel à des angles de moins de 45 degrés des sentiers de débardage permet de limiter certains dommages. Le marquage d'un nombre limité d'arbres pivots permet également de limiter les dégâts.

Afin de conserver une structure inéquienne, les dommages aux tiges résiduelles ne doivent pas être concentrées dans une classe d'âge particulière. Un nombre de tiges insuffisant dans les classes d'âge les plus faibles peut amener un débalancement de la structure après 2 ou 3 rotations.

Le niveau de dommages dans une classe donnée est proportionnel au nombre de tiges dans cette classe. Pour les tiges de moins de 13 cm, les dommages détruisent habituellement la tige au complet. Même avec de bonnes pratiques, 15 % des tiges de moins de 13 cm sont habituellement

éliminées. Dans les peuplements où cette classe de diamètre est près du seuil minimal, la perte de 15 % des tiges peut mener à un déséquilibre de la structure.

Dans un régime inéquienne, on peut s'attendre à ce que 25 % des tiges soient sévèrement blessées de la façon décrite au tableau 1. Environ le tiers du peuplement aura des blessures de quelque nature que ce soit et les blessures d'abattage seront plus fréquentes et plus sévères que les blessures de débardage. Le nombre de tiges blessées par classe de diamètre sera alors proportionnel au nombre de tiges présentes initialement dans chaque classe de diamètre.

Les défauts associés aux blessures semblent inévitables étant donné les entrées répétées dans le peuplement à des intervalles donnés. Parce que le but du jardinage est de produire du bois de haute qualité, il est nécessaire de trouver une façon de réduire les dommages, soit en allongeant les rotations pour réduire la fréquence des entrées ce qui nécessitera des ajustements sur la quantité de tiges à prélever.

Dans un régime équienne, les éclaircies peuvent également mener à un nombre important de blessures. Les éclaircies retirent généralement environ la moitié des tiges, principalement dans les classes inférieures. Les blessures d'abattage aux tiges résiduelles sont moins fréquentes car celles-ci sont les plus hautes. Le débardage a cependant de plus lourdes conséquences. La délimitation des sentiers à l'avance peut être une façon de réduire les dommages dans les éclaircies. La coupe sélective des meilleurs sujet est à éviter car elle peut amener moins de qualité en laissant un grand nombre de tiges plus petites et potentiellement blessées.

Les recommandations suivantes peuvent être émises pour limiter au minimum les dommages aux tiges résiduelles lors des coupes partielles :

- ? récolter lorsque les sols sont secs ou gelés;
- ? utiliser le plus petit équipement possible;
- ? utiliser des sentiers délimités à l'avance qui évitent les secteurs détremés, utilisent des lignes droites et évitent les courbes et qui sont suffisamment larges pour accommoder les équipements;
- ? entraîner les équipes pour réduire les dommages : utiliser l'abattage directionnel, aligner les billes avec les sentiers, couper les fourches et les larges branches avant le débardage, réduire les virages en dehors des sentiers, garder la machinerie hors des secteurs ayant un mauvais drainage, entrer dans les sentiers à un angle de moins de 45 degrés.

17. SMITH, H.C., G.W. MILLER, ET T.M. SCHULER, 1994. *CLOSURE OF LOGGING WOUNDS AFTER 10 YEARS*. USDA FOREST SERVICE, NORTHEASTERN FOREST EXPERIMENT STATION, RESEARCH PAPER NE-692. 6 P.

### **ASPECTS ÉTUDIÉS**

Cicatrisation des blessures d'exploitation.

### **LIEU D'ÉTUDE**

Virginie de l'Ouest, USA

### **ESSENCES ÉTUDIÉES**

Chêne rouge, Chêne blanc, Tulipier, Cerisier tardif, Tilleul d'Amérique, Érable à sucre.

### **MÉTHODOLOGIE**

Dans un peuplement ayant subi une éclaircie à l'âge de 75-80 ans, 96 tiges ont été inventoriées, 2 ans après la coupe. 30 tiges de chêne rouge, 28 de chêne blanc et 22 tulipiers ont été examinées initialement. Ces tiges ont été remesurées 5 et 10 ans après la coupe. Les blessures faites aux tiges de dimension sciage ont été identifiées, mesurées et suivies 2, 5, et 10 ans après la coupe. La surface des blessures a été calculée selon la méthode des rectangles.

### **RÉSULTATS**

Le nombre de tiges dont le cal ne s'était pas refermé après 5 et 10 ans est indiqué dans le tableau ci-dessous. Des 45 blessures d'une dimension variant entre 6 et 323 cm<sup>2</sup>, 26 se sont refermées durant les 5 années qui ont suivi la coupe. Lorsque toutes les dimensions de blessures sont considérées, 59 % étaient refermées après 10 ans. La plupart de ces blessures étaient dans la classe 6-325 cm<sup>2</sup> alors que 28 % des blessures de plus de 323 cm<sup>2</sup> se sont refermées après 10 ans. Après 10 ans, des 96 tiges répertoriées, 43 avaient encore des blessures ouvertes après 10 ans.

Aucun des chênes rouges n'avait refermé ses blessures après 2 ans, 5 arbres avaient des blessures refermées après 5 ans et 18 après 10 ans. Le tulipier est l'espèce qui possédait la plus grande vitesse de cicatrisation. Après 10 ans, 1 seule essence avait encore des blessures ouvertes dans la classe 6-325 cm<sup>2</sup> : le cerisier tardif (32% de fermeture).

Tableau 1. Proportion des blessures cicatrisées 5 et 10 ans après la coupe

Espèce	Total	Refermées	Refermées après	Refermées après
		après 5 ans	10 ans	10 ans (%)
<i>6-325 cm<sup>2</sup></i>				
Chêne rouge	18	7	18	100
Chêne blanc	6	4	6	100
Tulipier	13	10	13	100
Cerisier tardif	4	2	2	50
Chêne châtaignier	1	1	1	100
Tilleul d'Amérique	3	2	3	100
<b>Total</b>	<b>45</b>	<b>26</b>	<b>43</b>	<b>96</b>
<i>326-648 cm<sup>2</sup></i>				
Chêne rouge	3	0	1	33
Chêne blanc	3	0	1	33
Tulipier	5	1	3	60
Cerisier tardif	0	-	-	-
Chêne châtaignier	1	0	0	0
Tilleul d'Amérique	0	-	-	-
<b>Total</b>	<b>12</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>42</b>
<i>649-971 cm<sup>2</sup></i>				
Chêne rouge	2	0	2	100
Chêne blanc	5	0	2	40
Tulipier	4	0	2	50
Cerisier tardif	3	0	1	33
Chêne châtaignier	1	0	1	100
Tilleul d'Amérique	0	-	-	-
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>53</b>
<i>Plus de 971 cm<sup>2</sup></i>				
Chêne rouge	10	0	1	10
Chêne blanc	14	0	1	7
Tulipier	0	-	-	-
Cerisier tardif	1	0	0	0
Chêne châtaignier	2	0	0	0
Tilleul d'Amérique	0	-	-	-
<b>Total</b>	<b>27</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>7</b>

En général pour les blessures de 326-1290 cm<sup>2</sup>, la plupart des blessures avaient un taux de fermeture de 74 % pour le chêne rouge, le chêne blanc, le tulipier, le cerisier tardif et le chêne châtaignier. Des blessures de plus 1290 cm<sup>2</sup>, 21 avaient un taux de fermeture de plus 50 % après 10 ans. Les résultats de cette étude montrent que les blessures petites (moins de 325 cm<sup>2</sup>) devraient se refermer entre 5 et 10 ans après la coupe. Il apparaît toutefois que les blessures entre 326 et 1290 cm<sup>2</sup> ne devraient se refermer que 15 à 20 ans après la coupe. Dix ans après la coupe, le taux moyen de fermeture de ces blessures est de 75 % ou plus.

Tableau 2. Nombre de blessures exposées qui ne se sont pas cicatrisées durant la période de 10 ans.

Espèce	Surface exposée (cm <sup>2</sup> )				
	6-325	326-648	649-971	971-1293	1293 et plus
Chêne rouge	-	3 (74) <sup>1</sup>	-	1 (86)	8 (44)
Chêne blanc	-	2 (84)	3 (91)	2 (85)	11 (62)
Tulipier	-	2 (71)	2 (95)	-	-
Cerisier tardif	2 (32)	1 (88)	2 (88)	-	-
Chêne châtaignier	-	1 (75)	1 (83)	-	2 (48)
Tilleul d'Amérique	-	-	-	-	-
Total	2 (32)	9 (77)	8 (72)	3 (85)	21 (54)

<sup>1</sup> Les chiffres entre parenthèse constitue en moyenne le pourcentage de fermeture de la blessure.

Les arbres de cette étude étaient des arbres dégagés en pleine santé et en position codominante. Ces arbres avaient une croissance de 6.3 à 8.9 cm de dhp en 10 ans. En général, les blessures exposant l'aubier faites à la base de la bille de pied ne créeront pas de problèmes majeurs pour la qualité de la bille. Toutefois, de larges blessures s'étendant de la souche à la bille de pied peuvent amener de la carie. Des rotations de 10 à 20 ans sont alors recommandées.

Pour réduire les dommages, il est recommandé :

- ? de planifier et tracer les sentiers de débardage à l'avance;
- ? de considérer des longueurs maximales de billes à débarder;
- ? de laisser des arbres qui amortiront les coups le long des sentiers fournissant un pivot dans les courbes;

- 
- ? de marquer les tiges à conserver plutôt que les tiges à couper
  - ? de protéger les tiges d'avenir en laissant des gaules près des tiges qui amortiront les chocs;
  - ? d'éviter les opérations durant le printemps lors de la montée de la sève;
  - ? de choisir d'endommager les espèces de moindre qualité lorsqu'il est impossible d'éviter les dommages;
  - ? lorsque possible, d'utiliser de la plus petite machinerie pour débarder;
  - ? d'utiliser l'abattage et le débardage directionnel pour minimiser les dommages;
  - ? d'augmenter la supervision des équipes opérationnelles. Discuter avec les équipes des pertes encourues par les blessures à la bille de pied;
  - ? d'entraîner les équipes d'abattage et de débardage à classer les billes selon leur valeur;
  - ? d'imposer des incitatifs à réduire les dommages (pénalités, etc.)
  - ? de couper les fourches et les grosses branches avant le débardage;
  - ? de couper les arbres endommagés lors des opérations précédentes lors des coupes subséquentes.

Les blessures ne sont pas toujours visibles immédiatement après la coupe. Parfois, certains arbres ayant amorti des coups peuvent révéler 2 ans plus tard des blessures cachées, puisque l'écorce tend à tomber avec le temps. Retarder l'évaluation des dommages permet un meilleur estimé de l'étendue des blessures.