



Centre de recherche, de développement et de transfert technologique acéricole inc.

Siège social et station expérimentale
142, rang Lainesse
Saint-Norbert d'Arthabaska, QC
G0P 1B0
Téléphone : 819-369-4000
Télécopieur : 819-369-9589

Rapport final

Étude de l'effet de la date d'entaillage sur le potentiel de coulée et le volume de la zone de compartimentation

Par: Yvon Grenier, ing. f., M. Sc.

Collaborateurs : Catherine Gaucher
Stéphane Guay
Julien Lavoie
Guy Boudreault

RÉSUMÉ

Des essais ont été menés sur quatre années où des groupes de vingt érables à sucre ont été entaillés à différentes dates. Le but était de vérifier si ces différentes dates d'entaillage avaient des répercussions sur le volume de coulée d'eau d'érable, sur la concentration en sucre, sur la quantité de sirop produit et sur le volume de bois compartimenté engendré par ces pratiques. Selon les résultats obtenus, aucune différence en rendement n'a été observée quelque soit la date d'entaillage. Pour deux des quatre années, les entaillages tardifs ont donné plus d'eau d'érable pour la dernière portion de la saison comparativement aux dates d'entaillage hâtives pour cette même période. Ces gains potentiels ont toutefois été éliminés par les coulées hâtives perdues lorsque les rendements sont comparés sur toute la saison. Ces pertes seraient d'autant plus importantes que les coulées hâtives seraient volumineuses. Pour la production calculée de sirop, aucune différence significative n'a été observée entre les diverses dates d'entaillage. Au sujet du compartimentage, aucune différence significative n'a été observée quelque soit la date d'entaillage. Ces résultats indiquent que l'entaillage hâtif ne semble pas affecter significativement la productivité acéricole à court et à long terme.

ABSTRACT

Over a four-year period, groups of twenty sugar maples were tapped at different dates during the winter. The objective of this study was to verify whether these different tapping dates influence the sap flow, sugar content, syrup production and compartmentalization of wood development. According to the results obtained, there is no difference in yield for any tapping date tested. For two of the four years, late tapping gave more sap than early tapping, but this potential benefit was lost over the whole season, because early sap collection was not done. Potential losses are even more important if early sap flows are high. For overall syrup production, there was no significant difference observed for the different tapping dates. For compartmentalization, no significant difference were observed for the tapping dates. These results indicate that early tapping would not significantly affect the short and long term productivity of maple syrup production.

TABLE DES MATIÈRES

	page
Résumé	i
Abstract	i
Table des matières.....	ii
Liste des tableaux	iii
Liste des figures	iv
1 Introduction	1
2 Hypothèse	2
3 Objectifs	2
4 Matériel et méthodes	3
4.1 Coulée à St-Norbert	3
4.1.1 Localisation et caractéristiques du site	3
4.1.2 Choix des érables, installation du dispositif de collecte de l'eau d'érable et date d'entaillage	3
4.1.2.1 Année 2001	3
4.1.2.2 Année 2002	4
4.1.2.3 Année 2003	6
4.1.2.4 Année 2004	6
4.1.3 Procédure d'entaillage.....	6
4.1.4 Contrôle du niveau de vide.....	7
4.1.5 Mesure du volume de coulée et prise d'échantillons d'eau d'érable.....	7
4.1.5.1 Année 2001	7
4.1.5.2 Années 2002 à 2004	7
4.1.6 Calcul du volume de la coulée et de la production de sirop.....	8
4.1.7 Statistiques.....	9
4.2 Compartimentage à Mont-Laurier	10
4.2.1 Localisation et caractéristiques du site	10
4.2.2 Choix des érables, entaillage et mise sous vide	10
4.2.3 Récolte des troncs et calcul du volume des zones compartimentées	10
4.2.4 Statistiques.....	11
5 Résultats et discussion	12
5.1 Paramètres de coulée	12
5.1.1 Année 2001	12
5.1.2 Année 2002	14
5.1.2.1 Volume de coulée	15
5.1.2.2 Concentration en sucre	16
5.1.2.3 Production de sirop	17
5.1.3 Année 2003	19
5.1.4 Année 2004	21
5.1.4.1 Volume de coulée	22
5.1.4.2 Concentration en sucre	24
5.1.4.3 Production de sirop	24
5.2 Compartimentage.....	26
6 Conclusion	27
Références.....	28

LISTE DES TABLEAUX

	page
Tableau 1. DHP et indices de vigueur des arbres soumis aux divers traitements en 2002	14
Tableau 2. Analyses de covariance entre les diverses périodes de récolte et les trois paramètres de coulée pour 2002.....	15
Tableau 3. DHP et indices de vigueur des arbres soumis aux divers traitements en 2003	19
Tableau 4. Analyses de covariance entre les diverses périodes de récolte et le volume de coulée pour 2003	19
Tableau 5. DHP des arbres soumis aux divers traitements en 2004	21
Tableau 6. Analyses de covariance entre les diverses périodes de récolte et les trois paramètres de coulée pour 2004.....	22

LISTE DES FIGURES

	page
Figure 1. Composantes d'un échantillonneur de 10 litres.....	5
Figure 2. Volume de coulée, concentration en sucre et production de sirop selon la date d'entaillage pour la saison de coulée 2001.....	13
Figure 3. Production de sirop par arbre en fonction du DHP.....	14
Figure 4. Volume de coulée, concentration en sucre et production de sirop selon la date d'entaillage pour la saison de coulée 2002.....	18
Figure 5. Volume de coulée selon la date d'entaillage pour la saison de coulée 2003.....	20
Figure 6. Volume de coulée selon la date d'entaillage pour la saison de coulée 2004.....	24
Figure 7. Concentration en sucre et production de sirop selon la date d'entaillage pour la saison de coulée 2004.....	25
Figure 8. Volume de bois compartimenté selon la date d'entaillage	26

1 INTRODUCTION

L'entaillage occasionne des blessures chez les érables exploités pour la sève. Après cette blessure, une zone de compartimentation se développe autour de l'entaille (Shigo et Marx, 1977; Sharon, 1973). Elle s'étend tant que la blessure n'est pas refermée. Les principales fonctions de ces barrières anatomiques sont de limiter la progression des microorganismes, des toxines et des enzymes qu'ils excrètent et de diminuer la teneur en éléments nutritifs disponibles pour les microorganismes.

La formation de la zone de compartimentation est induite à la fois par les microorganismes et par l'air (Boddy, 1992; Baker et Orlandi, 1995). L'air assèche les tissus qui sont normalement remplis d'eau, créant un milieu propice au développement des microorganismes. La compartimentation tend alors à limiter la progression de la dessiccation.

On observe fréquemment une diminution du volume de la coulée au cours de la saison. L'hypothèse retenue pour expliquer ce phénomène est à l'effet que la zone de compartimentation commencerait à se former dès l'entaillage et que les mécanismes précoces de défense de l'arbre pourraient être à l'origine d'une diminution de l'efficacité de la coulée. Le bois de la zone de compartimentation est coloré et est improductif pour la coulée. De plus, à long terme, l'ensemble des zones de compartimentation résultant de plusieurs années d'entaillage entraînerait des pertes de production pouvant dépasser 40%.

En acériculture, la date d'entaillage n'est pas déterminée à l'avance et uniformément pour chaque érablière. Certains acériculteurs préfèrent entailler tôt dans la saison, alors que d'autres s'y prennent plus tard. De plus, il n'est pas clairement établi qu'un entaillage hâtif, réalisé avant même le début des premières coulées, laisserait plus de temps à l'arbre pour développer sa zone compartimentée et pourrait donc influencer négativement le potentiel de coulée. À l'inverse, un entaillage tardif pourrait, quant à lui, limiter la formation de la zone de compartimentation et la prolifération des microorganismes. Par contre, un entaillage tardif présenterait aussi des risques si on a un grand nombre d'érables à entailler. Dans un tel cas, il pourrait être possible que l'entaillage ne soit pas complété avant la première coulée. En conséquence, il est donc difficile de prévoir la date optimale d'entaillage en considérant à la fois la productivité à court terme (coulée) et à long terme (compartimentation).

Il devient donc important d'établir l'effet de la date d'entaillage sur le potentiel de coulée. La zone de compartimentation étant improductive, il est important d'en connaître son étendue en fonction de la date d'entaillage, afin de rechercher une période qui ne favorisera pas son développement.

2 HYPOTHÈSE

L'hypothèse qui sous-tend ce projet est que l'entaillage hâtif pénalise la productivité à court terme en diminuant le volume total de la coulée et la teneur totale en sucre de l'eau d'érable, entraînant ainsi une diminution de la production attendue de sirop, tout en pénalisant la productivité à long terme par une augmentation de la zone de bois coloré.

3 OBJECTIFS

Les objectifs de cette étude sont d'évaluer l'effet d'un entaillage hâtif sur le volume de la coulée, la teneur en sucre et la production théorique de sirop d'un groupe d'érables à sucre, ainsi que sur le volume de la zone de compartimentation.

4 MATÉRIEL ET MÉTHODES

4.1 COULÉE À ST-NORBERT

4.1.1 Localisation et caractéristiques du site

Le site d'étude est situé dans l'érablière expérimentale du Centre ACER, à Saint-Norbert d'Arthabaska, dans la région du Centre-du-Québec. L'érablière proprement dite occupe une superficie de 17,2 ha et compte un potentiel de 2800 entailles. Cette érablière a un long passé d'exploitation acéricole. L'âge moyen des arbres du peuplement est de 110 ans. Son altitude est de 183 m. Le site se trouve à 71° 53' de longitude ouest et 46° 05' de latitude nord. On y enregistre, en moyenne annuellement, une durée d'ensoleillement de 1940 heures et une pluviométrie de 1091 mm, avec 810 mm sous forme de pluie et 2807 mm sous forme de neige. La température moyenne y est de 4,5°C, avec une période sans gel qui varie de 95 à 110 jours par année.

L'érablière expérimentale fait partie du grand domaine de l'érablière sucrière et plus précisément du domaine de l'érablière laurentienne à tilleul d'Amérique (*Tilio americanae-aceretum sacchari laurentianum*). Elle croît sur un dépôt de type marin à faciès d'eau peu profonde (5s; Ministère des Ressources naturelles, 1994) avec un sol qui se draine relativement bien, même si la pente générale est faible (environ 2%). Au niveau de la strate arborescente, l'érable à sucre (*Acer saccharum* Marsh.) est l'essence dominante avec, comme essences compagnes, le tilleul d'Amérique (*Tilia americana* L.), le hêtre à grandes feuilles (*Fagus grandifolia* Ehrh.), l'ostryer de Virginie (*Ostrya virginiana* (Mill.) K. Koch) et occasionnellement, le bouleau jaune (*Betula alleghaniensis* Britton). Dans les dépressions, en raison d'un drainage plus lent, on retrouve la pruche du Canada (*Tsuga canadensis* (L.) Carr.), ainsi que le thuya de l'est (*Thuja occidentalis* L.). La strate arbustive est caractérisée par le cerisier de Pennsylvanie (*Prunus pensylvanica* L. f.), ainsi que par l'érable de Pennsylvanie (*Acer pensylvanicum* L.). Sur le plan pédologique, l'érablière repose sur un podzol humo-ferrique orthique avec un humus principalement de type moder. Le sol est relativement acide avec un pH de 4,1 en surface et de 4,6 en profondeur. La texture du sol varie d'un loam sableux dans l'horizon Bf à un loam typique dans l'horizon C.

4.1.2 Choix des érables, installation du dispositif de collecte de l'eau d'érable et date d'entailage

4.1.2.1 Année 2001

Au début de janvier 2001, 40 érables à sucre ne présentant pas de signe de dépérissement ont été retenus et numérotés. Leurs diamètres à hauteur de poitrine (DHP) variaient de 36 à 64 cm. Sur chacun,

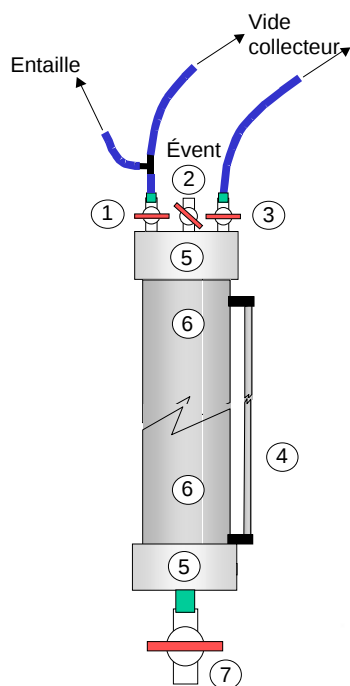
trois entailles ont été faites et l'eau d'érable de chaque entaille a été récoltée dans un baril mis sous vide et relié à chaque entaille (trois barils par arbre, 120 barils au total). Le poids de chaque baril était connu. Les barils ont été déposés sur le sol enneigé en prenant les précautions pour qu'ils ne se renversent pas lors de la fonte de la neige. Un volume de 250 ml de Germarc (chlorure de n-alkyle-diméthyle; Sani-Marc) a été ajouté dans les barils pour éviter la contamination microbienne.

L'entaillage des érables a été effectué à trois dates différentes. Une première entaille a été faite sur chacun des érables le 17 janvier 2001, une deuxième le 12 février 2001 et une troisième le 1^{er} mars 2001. La récolte s'est étalée du 23 mars jusqu'à la fin de la saison de coulée, soit le 21 avril.

4.1.2.2 Année 2002

Au début de janvier 2002, 60 nouveaux érables à sucre ne présentant pas de signe de dépérissement ont été choisis et numérotés. Leurs DHP variaient de 37 à 79 cm. Ils ont ensuite été évalués à l'aide de sept critères (présence de fentes, de chancres, de perceurs, de dépérissement, de cicatrisation, de pourriture et de champignons) pour calculer un indice de vigueur. Chaque observation d'un défaut a reçu un point et l'indice correspond à la somme de ses points. Un échantillonneur de 10 L en PVC (Figure 1) a été installé pour chaque érable pour ensuite être relié au système de mise sous vide.

La date d'entaillage de chaque érable a été choisie de façon aléatoire et trois groupes de vingt arbres chacun ont été formés. Une entaille par arbre a été faite sur un premier groupe le 15 janvier 2002, sur un deuxième groupe le 15 février 2002 et enfin sur un troisième groupe le 15 mars 2002. La récolte s'est étalée du 24 janvier jusqu'à la fin de la saison de coulée, soit le 16 avril.



- 1 : Valve à bille ½ po permettant de connecter l'échantillonneur à l'entaille.
- 2 : Valve à bille ½ po permettant de remettre l'échantillonneur à la pression atmosphérique.
- 3 : Valve à bille ½ po permettant de remettre l'échantillonneur au vide du système de collecte.
- 4 : Tube transparent (Tygon) permettant de voir le niveau de liquide dans l'échantillonneur.
- 5 : Couvercle ABS, 4 po, collé.
- 6 : Tube ABS, 4 po de diamètre et d'une longueur de 48 pouces.
- 7 : Valve à bille 1 po permettant la vidange de l'échantillonneur (valves 1 et 3 fermées, valve 2 ouverte).

Figure 1. Composantes d'un échantillonneur de 10 litres.

4.1.2.3 Année 2003

En décembre 2002, les 60 érables entaillés en 2002 ont été repris et 40 érables supplémentaires leur ont été ajoutés, pour un total de 100. Ces arbres ne présentaient pas de signe de dépérissement. Les nouveaux arbres ont tous été identifiés par un numéro. Les DHP du nouveau groupe variaient de 21 à 79 cm. L'indice de vigueur de chacun des 100 érables a été réévalué comme précédemment. Un échantillonneur de 10 L en PVC (Figure 1) a été installé pour chaque érable pour ensuite être relié au système de mise sous vide.

La date d'entailage de chaque érable a ensuite été choisie de façon aléatoire et cinq groupes de vingt arbres chacun ont été formés. Les quatre premières dates d'entailage ont été déterminées à l'avance. Une entaille par arbre a été faite sur un premier groupe le 16 décembre 2002, sur un deuxième groupe le 15 janvier 2003, sur un troisième groupe le 17 février 2003 et enfin sur un quatrième groupe le 15 mars 2003. La dernière date d'entailage n'a pas été déterminée à l'avance puisqu'elle devait être faite après le début de la première coulée. Une entaille par arbre a donc été faite sur un cinquième groupe le 21 mars 2003. La récolte s'est étalée du 17 mars jusqu'à la fin de la saison de coulée, soit le 20 avril.

4.1.2.4 Année 2004

En 2004, 80 des 100 érables entaillés en 2003 ont été repris. Un échantillonneur de 10 L en PVC (Figure 1) a été installé à chaque érable pour ensuite être relié au système de mise sous vide.

La date d'entailage de chaque érable a été choisie de façon aléatoire et quatre groupes de vingt arbres chacun ont été formés. Les trois premières dates d'entailage ont été déterminées à l'avance. Une entaille par arbre a été faite sur un premier groupe le 19 janvier 2004, sur un deuxième groupe le 17 février 2004 et enfin sur un troisième groupe le 15 mars 2004. La dernière date d'entailage n'a pas été déterminée à l'avance puisqu'elle devait être faite après le début de la première coulée. Une entaille par arbre a donc été faite sur un quatrième groupe le 28 mars 2004. La récolte s'est étalée du 2 mars jusqu'à la fin de la saison de coulée, soit le 18 avril.

4.1.3 Procédure d'entailage

Les entailles ont été distribuées aléatoirement. La distance séparant deux entailles était d'un minimum de 15 cm. La hauteur d'entailage a été fixée entre 2 et 2,5 m afin de s'assurer d'entailler dans du bois sain. La profondeur de l'entaille a été fixée à 6,35 cm avec 11 mm de diamètre et des chalumeaux standards

ont été utilisés. L'écorce a été retirée avec un couteau ou un burin. Une mèche bien affûtée a été utilisée pour percer l'entaille et le chalumeau a été placé dans l'entaille en lui donnant une pente très légère vers l'extérieur. Les chalumeaux ont été délicatement martelés de façon à ne pas fendre le bois entourant l'entaille. Les entailles ont été reliées au système de mise sous vide dès leur exécution.

4.1.4 Contrôle du niveau de vide

Le système de mise sous vide était prêt à être amorcé dès la première date d'entaillage de chaque année. La pompe se déclenchait automatiquement et mettait le système sous vide si la température passait au dessus de 0°C. En 2001, la température est restée inférieure à 0°C jusqu'au 23 mars, date à laquelle la mise sous vide a commencé. En 2002, la mise sous vide a commencé le 24 janvier. En 2003, la température est restée inférieure à 0°C jusqu'au 17 mars, date à laquelle la pompe s'est mise en marche. En 2004, la température est restée inférieure à 0°C jusqu'au 2 mars, date à laquelle la pompe s'est mise en marche. La mise sous vide coïncidait donc avec le début de la saison de coulée à chaque année.

Des observations visuelles et auditives du niveau de vide ont été faites à tous les trois jours. Si le niveau de vide ne correspondait pas à la valeur imposée, les corrections nécessaires étaient apportés. Les chalumeaux ont été renforcés régulièrement afin de prévenir les pertes de pression. Le vide à l'entaille a été maintenu entre -20 et -22" Hg, avec une moyenne de -21" Hg jusqu'à la fin de la période de coulée en 2001 et 2002. Le vide à l'entaille a été maintenu entre -19 et -20" Hg en 2003 et entre -18 et -22" Hg en 2004, avec une moyenne de -20" Hg durant la période de coulée.

4.1.5 Mesure du volume de coulée et prise d'échantillons d'eau d'érable

4.1.5.1 Année 2001

La quantité d'eau d'érable récoltée dans les barils a été mesurée par pesée à la fin de la saison de coulée. Lorsque nécessaire, une partie du volume de la coulée a été soutirée pour éviter que le baril déborde. Un échantillon a été prélevé par baril à la fin de la saison de coulée pour la détermination de la teneur en sucre dans l'eau d'érable.

4.1.5.2 Années 2002 à 2004

S'il y a eu un gel important, le contenu de l'échantillonneur a gelé, puis peut avoir dégelé partiellement alors que la coulée suivante a débuté. Dans ce cas, le maximum d'eau d'érable est soutiré et mesuré au

cylindre gradué, laissant le glaçon dans l'échantillonneur. S'il n'y a pas eu de gel, le volume de coulée est obtenu par calcul. La hauteur du liquide observable dans le tube transparent (Figure 1) est mesurée et ensuite convertie en volume (section 4.1.6). Lors des jours de très fortes coulées, plusieurs mesures par jour sont effectuées. Lors de très faibles coulées (hauteur de liquide inférieure à 300 mm), la mesure est prise aux deux ou trois jours au maximum afin de limiter le développement possible de contamination microbienne.

Chaque prélèvement sert à préparer un échantillon composite qui permettra de doser les teneurs moyennes en sucre de chaque arbre pour chaque période de récolte. La première étape consiste à prélever de chaque arbre un volume d'environ 45 ml d'eau d'érable dans une bouteille de 50 ml propre et bien rincée. Les échantillonneurs sont ensuite vidangés ou le contenu des cylindres gradués est jeté, selon le cas. Ces échantillons sont conservés sur la glace, puis amenés au laboratoire. Connaissant les quantités d'eau d'érable prélevées de chaque échantillonneur, 0,2% du volume mesuré ou calculé, est soutiré à l'aide d'une micropipette pour chaque échantillonneur et ensuite déposé dans des bouteilles de 500 ml gardées congelées à -15°C.

Les sucres sont dosés par chromatographie liquide à haute performance (HPLC Waters: pompe 590, injecteur WISP 712, colonne Sugar Pak 1). Aucun échantillon n'a été prélevé pour l'analyse des sucres en 2003.

4.1.6 Calcul du volume de la coulée et de la production de sirop

Pour 2001, le poids de l'eau d'érable récoltée dans les barils a été transformé en volume par calcul en tenant compte de sa densité et de son °Brix, et en soustrayant le poids connu de la solution germicide qui avait été ajoutée.

Pour les autres années, le volume de la coulée a été calculé avec la formule suivante :

$$V_{\text{eau}} = ((H * 8,107) + V_m) / 1000$$

où :

V_{eau} = volume de la coulée (L);

H = hauteur de la coulée dans l'échantillonneur (mm);

V_m = volume mort moyen (592 ml).

La production saisonnière théorique de sirop par entaille a été calculée à partir du °Brix, de la densité et du volume d'eau d'érable récoltée. Étant donnée la corrélation importante ($r^2 = 0,99$) entre la valeur de °Brix et la teneur en sucres totaux dosée par HPLC, cette dernière a été utilisée comme valeur de Brix.

À partir du °Brix de l'eau, la densité de l'eau d'érable est calculée avec la formule suivante :

$$D_{\text{eau}} = (a + c(^{\circ}\text{Brix})) / (1 + b(^{\circ}\text{Brix}) + d(^{\circ}\text{Brix}^2))$$

où :

D_{eau} = densité de l'eau d'érable;

$a = 0,999992956631726$;

$b = -0,0095262369550272$;

$c = -0,00539288034998694$;

$d = 0,0000222308169457791$;

°Brix = degré Brix de l'eau d'érable.

Connaissant la densité de l'eau d'érable, la production de sirop est calculée avec la formule suivante :

$$V_{\text{sirop}} = ((V_{\text{eau}}) * (^{\circ}\text{Brix}_{\text{eau}}) * (D_{\text{eau}})) / (^{\circ}\text{Brix}_{\text{sirop}} * D_{\text{sirop}})$$

où :

V_{sirop} = volume de sirop (L);

V_{eau} = volume de l'eau d'érable (L);

°Brix_{sirop} = 66;

D_{sirop} = densité du sirop à 66°Brix = 1,3248.

Les valeurs de densité sont basées sur une solution modèle de saccharose (Weast, 1974-75). Il convient de mentionner ici que les valeurs de sirop produit résultent de calculs puisqu'aucun sirop n'a été fabriqué.

4.1.7 Statistiques

L'effet de la date d'entaille a été testé sur le volume total de la coulée, la teneur en sucre et la production de sirop par entaille par ANOVA à un facteur pour l'année 2001 et par ANCOVA à deux facteurs pour les années 2002 à 2004. Les différences en DHP pour les arbres regroupés sous les diverses dates d'entaille ont aussi été testées par ANOVA. Les résultats ont été considérés significativement différents pour $P < 0,05$. Les traitements statistiques ont été réalisés avec le logiciel XLStat (Version 7.5.3).

4.2 COMPARTIMENTAGE À MONT-LAURIER

4.2.1 Localisation et caractéristiques du site

Le site est situé dans une érablière n'ayant jamais été entaillée et est localisé à 10 km de Mont-Laurier, dans la région administrative des Laurentides. Le site a une exposition nord-est et est à une altitude moyenne de 320 m. Le site se trouve à 75° 35' de longitude ouest et 46° 36' de latitude nord.

4.2.2 Choix des érables, entaillage et mise sous vide

Dix-sept érables ne présentant pas de signe de dépérissement ont été choisis et numérotés. Chaque érable a été entaillé trois fois. Les premières entailles ont été faites le 15 janvier 2002, les deuxièmes le 15 février 2002 et les troisièmes le 15 mars 2002. Les érables ont été entaillés à 1,5 m de hauteur. La profondeur de l'entaille était de 5 cm et son diamètre de 7,5 mm. Des chalumeaux de nylon de 19/64" « santé » ont été utilisés. Chaque entaille a été marquée sur le tronc avec des traits de peinture à partir de l'entaille elle-même et s'étirant sur 120 cm de longueur vers le haut de l'arbre. À chaque date d'entaillage correspondait une couleur de peinture différente.

L'écorce a été retirée avec un couteau ou un burin. Une mèche bien affûtée a été utilisée pour percer l'entaille et le chalumeau a été placé dans l'entaille en lui donnant une pente très légère vers l'extérieur. Les chalumeaux ont été délicatement martelés de façon à ne pas fendre le bois entourant l'entaille. Les entailles ont été mises sous vide dès qu'elles étaient faites, mais sans récolter d'eau d'érable.

4.2.3 Récolte des troncs et calcul du volume des zones compartimentées

Les érables ont été abattus durant la première semaine d'octobre 2003, donc de 18,5 à 20,5 mois après l'entaillage. Un tronçon de 1,20 m de longueur a été extrait de façon à conserver la zone de compartimentation située au dessus des entailles. Les tronçons ont été transportés au laboratoire pour le façonnage subséquent.

Chaque tronçon a été découpé en galettes de 2,54 cm d'épaisseur en commençant par le haut du tronçon. Dès que des traces de compartimentation étaient aperçues, cette galette et les suivantes jusqu'à l'entaille étaient retenues pour constituer le volume de bois compartimenté à évaluer. La surface supérieure des galettes a été aplanie et poncée et chaque galette de chaque entaille a été numérotée. La dernière galette, soit celle près de l'entaille, pouvait avoir une épaisseur variable, mais était nécessairement inférieure à 2,54 cm. Les zones de compartimentation de chaque entaille et de chaque

galette ont été numérisées à partir de leur face supérieure. Les photographies ont été importées dans Photoshop et les surfaces de compartimentation ont été mesurées avec WinCell Pro. Chaque forme de compartimentation a été assimilée à un cercle à partir duquel le rayon équivalent a été calculé. Chaque zone de compartimentation a été assimilée à un tronc de cône à partir duquel le volume a été calculé à l'aide de la formule suivante :

$$V_{TC} = \pi * H * (r^2 + rR + R^2) / 3$$

où :

V_{TC} = volume du tronc de cône (cm³);

H = épaisseur de la galette (cm);

r = rayon équivalent de la partie supérieure de la galette (cm);

R = rayon équivalent de la partie inférieure de la galette équivalent à la partie supérieure de la galette située juste en dessous (cm).

La galette située au dessus de la première retenue ne présentait pas de zone compartimentée sur sa face supérieure, mais en présentait sur sa face inférieure. Pour calculer ce volume, une galette numérotée « 0 » a été «ajoutée» et la formule ci haut a été appliquée avec r = 0. Pour la dernière galette, soit celle qui est près de l'entaille, R = r et H = 1,27 cm. Cette épaisseur est la plus probable puisqu'elle n'a pas été mesurée. Le volume total de bois compartimenté d'une entaille est la somme des volumes des troncs de cône reliés à cette entaille.

4.2.4 Statistiques

L'effet de la date d'entaillage a été testé sur le volume total de bois compartimenté par ANOVA à un facteur. Les résultats ont été considérés significativement différents pour $P < 0,05$. Les traitements statistiques ont été réalisés avec le logiciel XLStat (Version 7.5.3).

5 RÉSULTATS ET DISCUSSION

5.1 PARAMÈTRES DE COULÉE

Les résultats sont présentés séparément pour les quatre années de mesure et les données analysées pour trois paramètres permettant de caractériser la productivité à court terme, soit le volume de coulée, la concentration en sucre et la production de sirop.

5.1.1 Année 2001

La figure 2 présente le volume total moyen de coulée par entaille à la fin de la saison, la concentration totale moyenne en sucre de l'eau d'érable et la production calculée de sirop par entaille pour chacune des dates d'entaillage. Pour le volume de la coulée, les entailles faites le 17 janvier ont donné en moyenne $93,28 \pm 26,83$ L, soit 4,6% de plus que celles du 12 février avec $89,16 \pm 29,65$ L et 9,6% de plus que celles du 1^{er} mars avec $85,09 \pm 29,20$ L (Figure 2A). Les concentrations en sucre moyennes des entailles faites le 17 janvier sont de $2,17 \pm 0,38\%$, celles du 12 février de $2,14 \pm 0,45\%$, et celles du 1^{er} mars de $2,10 \pm 0,45\%$ (Figure 2B). Pour la production de sirop par entaille, celles du 17 janvier ont produit en moyenne $2,34 \pm 0,80$ L, celles du 12 février $2,22 \pm 0,97$ L et celles du 1^{er} mars $2,12 \pm 0,98$ L (Figure 2C). Il n'y a aucune différence significative entre les trois dates d'entaillage et ce pour les trois paramètres de productivité à court terme ($Pr > F = 0,4430$ pour le volume de coulée, $Pr > F = 0,8106$ pour la concentration en sucre et $Pr > F = 0,5677$ pour la production de sirop).

La figure 3 présente la production calculée de sirop par arbre en fonction du DHP. L'addition des volumes de coulée des trois périodes d'entaillage peut être faite parce que chaque arbre portait trois entailles. Comme on s'y attendait, la production par arbre et par entaille augmente à mesure que croît le DHP, quelque soit la date d'entaillage. Cela a d'ailleurs été démontré dans plusieurs autres études (Grenier, 2007). Nous utiliserons désormais cette observation pour traiter les données des années ultérieures par analyse de la covariance.

Selon les données de 2001, la date d'entaillage n'aurait pas d'influence sur la productivité à court terme, malgré qu'on ne connaisse pas les coulées journalières. Les données des années suivantes devraient nous permettre de préciser les informations obtenues en 2001.

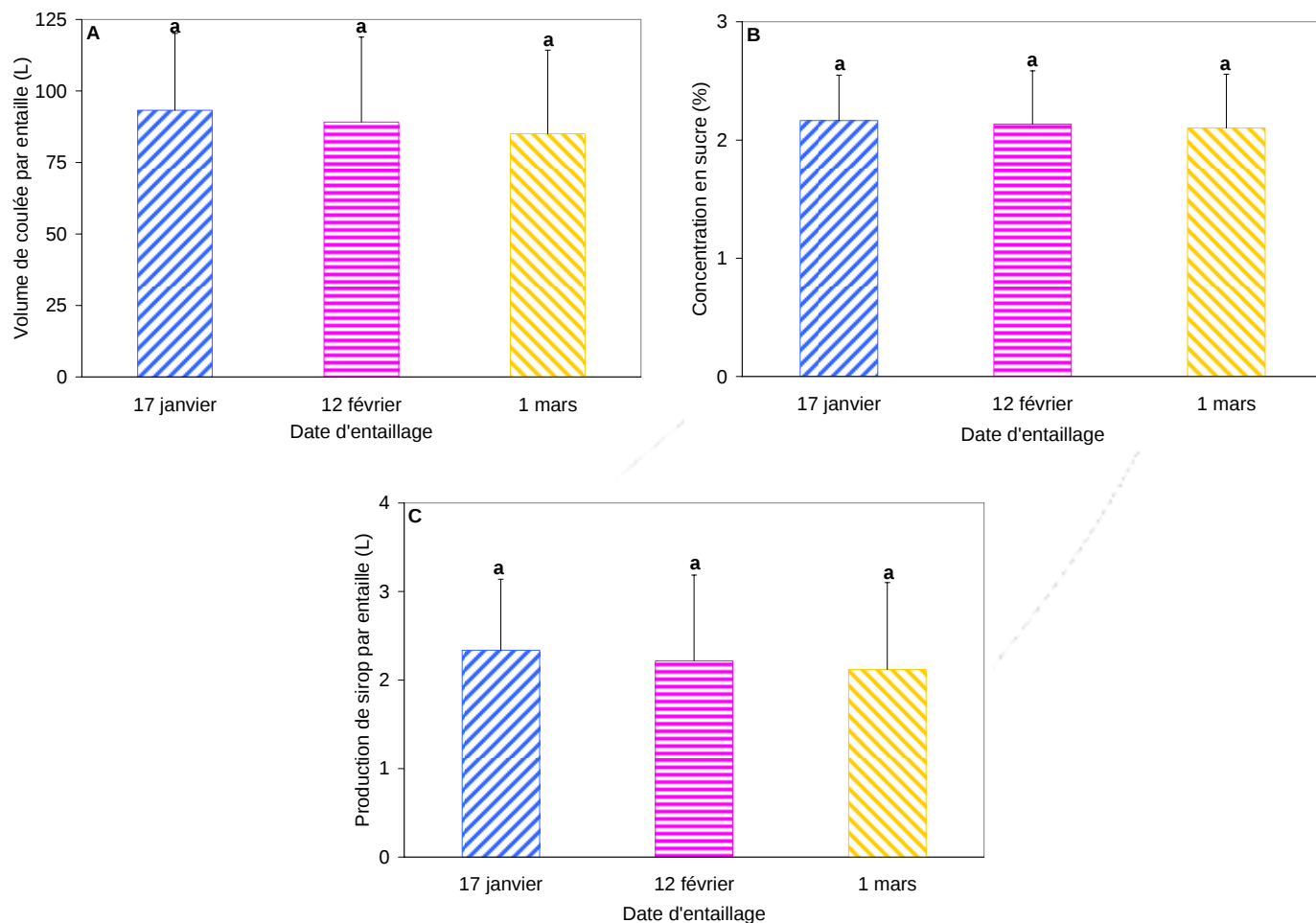


Figure 2. Volume de coulée (A), concentration en sucre (B) et production calculée de sirop (C) (moyenne et écart-type, $n = 40$) selon la date d'entaillage pour la saison de coulée 2001. Des lettres différentes indiquent une différence significative (Test de Tukey; $p = 0,05$).

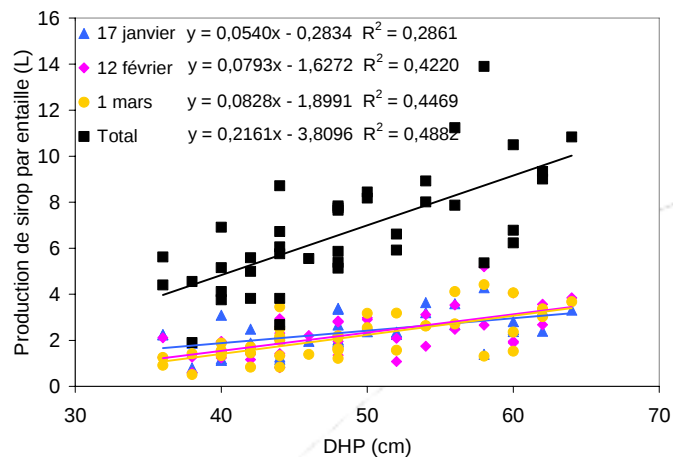


Figure 3. Production calculée de sirop par arbre en fonction du DHP.

5.1.2 Année 2002

Le tableau 1 présente les DHP moyens et les indices de vigueur des arbres entaillés aux trois dates différentes. Il n'y a aucune différence significative entre les traitements pour les DHP et les indices de vigueur ($Pr > F = 0,2835$ et $Pr > F = 0,8589$ respectivement).

Tableau 1. DHP et indices de vigueur des arbres soumis aux divers traitements en 2002 (moyennes et écarts-types)

Date d'entaillage	DHP (cm)	Indice de vigueur
15 janvier	50,4 ± 11,9	2,60 ± 1,50
15 février	54,3 ± 10,6	2,35 ± 1,31
15 mars	56,4 ± 13,6	2,50 ± 1,50
Pr > F	0,2835	0,8589

Malgré que les différences en DHP ne soient pas significatives entre les traitements, nous avons quand même traité les données de coulée par analyse de covariance puisque la figure 3 (2001) montre que le rendement augmente avec le DHP. Le tableau 2 présente les résultats des analyses de covariance. Le DHP est une variable significative pour la coulée de la troisième période, pour la teneur en sucre de la

troisième période, et pour la production de sirop de la troisième période et de la saison toute entière. La troisième période de récolte se démarque légèrement pour le volume de coulée et la production de sirop.

Tableau 2. Analyses de covariance entre les diverses périodes de récolte et les trois paramètres de coulée pour 2002

Paramètres de coulée	Période de récolte	Pr > F (modèle)	Pr > t (paramètres du modèle)			
			DHP	15 janvier	15 février	15 mars
Volume de coulée	Deuxième	0,2994	0,8861	-	0,1366	-
	Troisième	0,0029	0,0445	-	0,2439	0,0054
	Saison	0,0088	0,1144	-	0,1965	0,0559
Teneur en sucre	Deuxième	0,5960	0,3623	-	0,7845	-
	Troisième	0,0186	0,0028	-	0,9540	0,7114
Production de sirop	Deuxième	0,2568	0,3629	-	0,2305	-
	Troisième	<0,0001	<0,0001	-	0,5834	0,0057
	Saison	0,0022	0,0005	-	0,4316	0,2831

5.1.2.1 Volume de coulée

La première période de récolte, entre le 15 janvier et le 14 février, est négligeable. Elle ne représente qu'un peu plus de 1% de la coulée de la saison avec $1,50 \pm 0,70$ L par entaille (Figure 4A).

Les premières coulées déterminantes ont commencé le 26 février. La deuxième période de récolte, du 15 février au 14 mars, représente 27% de la coulée saisonnière. Les arbres entaillés en janvier ont donné en moyenne $32,15 \pm 9,20$ L par entaille et ceux entaillés en février ont donné en moyenne $36,80 \pm 9,28$ L par entaille. Les différences entre les deux dates d'entaillage ne sont toutefois pas significatives ($Pr > F = 0,2994$).

La troisième période de récolte s'échelonne du 15 mars à la fin de la saison, soit le 16 avril. Elle représente 72% de la coulée de la saison. La récolte la plus importante se produit dans le groupe

d'arbres entaillés le 15 mars avec une moyenne de $104,94 \pm 22,07$ L par entaille. Pendant cette période, le groupe entaillé en février a donné une moyenne de $93,28 \pm 16,50$ L par entaille et celui entaillé en janvier $84,34 \pm 20,32$ L par entaille. Les volumes de coulée des érables entaillés en février et en janvier sont respectivement de 11% et 20% inférieurs à celui des érables entaillés en mars. Les volumes de coulée des arbres entaillés en janvier et en mars sont significativement différents entre eux, mais pas significativement différents de celui des érables entaillés en février ($Pr > F = 0,0029$). L'analyse de covariance indique que les DHP moyens différents des groupes contribuent à ces différences ($Pr > t = 0,0445$).

Lorsque examiné pour toute la saison, soit du 15 janvier au 16 avril, les érables entaillés en février sont ceux ayant donné le plus d'eau d'érable avec $130,08 \pm 24,91$ L par entaille, suivis de ceux entaillés en janvier avec $117,98 \pm 28,25$ L par entaille. Ces rendements sont supérieurs à ceux des arbres entaillés en mars de 24% et 12% respectivement. Ces rendements supérieurs sont attribuables au fait que les érables entaillés en mars n'ont pas profité de la coulée importante survenue entre le 26 février et le 14 mars (27% de la saison). Pour les érables entaillés le 15 mars, le volume d'eau d'érable récoltée sur toute la saison est significativement inférieur à celui des érables entaillés le 15 février ($Pr > F = 0,0088$). Ici, l'effet du DHP n'est pas significatif ($Pr > t = 0,1144$).

L'hypothèse voulant que le volume de la coulée diminue suite à un entaillement hâtif pourrait être vérifiée pour cette année si on ne s'en tenait qu'à la troisième période de récolte. Par contre, il ne faut pas négliger le potentiel de la coulée de deuxième période qui pourrait constituer un manque à gagner pour les producteurs qui entailleraient après le 15 mars. Le surplus gagné par un entaillement tardif est perdu lorsque regardé pour toute la saison potentielle.

5.1.2.2 Concentration en sucre

Vu les faibles volumes d'eau recueillis, les échantillons d'eau d'érable provenant de la première période de coulée ont été mélangés. La concentration moyenne en sucre pour cette période est de 1,8% (Figure 4B).

Pour la deuxième période de récolte, les arbres entaillés en janvier ont donné en moyenne $2,06 \pm 0,46\%$ de sucre par entaille et ceux entaillés en février ont donné en moyenne $2,12 \pm 0,47\%$ de sucre par entaille. Ces différences ne sont toutefois pas significatives ($Pr > F = 0,5960$).

Pour la troisième période de récolte, les arbres entaillés en janvier ont donné en moyenne $2,33 \pm 0,41\%$ de sucre par entaille, ceux entaillés en février $2,38 \pm 0,62\%$ et ceux entaillés en mars $2,46 \pm 0,26\%$ de sucre par entaille. Bien que le modèle présente des différences significatives ($Pr > F = 0,0186$), ces

différences doivent être attribuées à la variable DHP ($Pr > t = 0,0028$), puisque les valeurs des paramètres du modèle ne sont pas significatives ($Pr > t = 0,9540$ et $Pr > t = 0,7114$).

Il semble qu'il y ait une augmentation de la teneur en sucre au cours de la saison, quelque soit la date d'entaillage. De plus, pour chaque période de récolte, il semble que la teneur en sucre augmente légèrement avec la fraîcheur de l'entaille. Ces observations militeraient dans le sens de l'acceptation de l'hypothèse voulant que la teneur en sucre diminue dû à un entaillage hâtif. Cependant, on ne pourrait en conclure que c'est la présence accrue des microorganismes qui serait responsable de cette diminution, puisque la disponibilité en sucre dans l'eau d'érable couvre largement les besoins de la croissance microbienne même en fin de saison (L. Lagacé, comm. pers.).

5.1.2.3 Production de sirop

La production calculée de sirop pendant la première période de la saison est négligeable. Elle ne représente qu'un peu moins de 1% de la production de la saison avec $0,03 \pm 0,01$ L par entaille (Figure 4C).

Durant la deuxième période de récolte, la production de sirop représente environ 26% de la production saisonnière, avec respectivement $0,77 \pm 0,31$ et $0,89 \pm 0,25$ L par entaille pour les érables entaillés en janvier et ceux entaillés en février.

La production de sirop la plus importante est celle de la troisième période et représente 74% de la production saisonnière. Durant cette période, la production de sirop des érables entaillés en janvier et en février est significativement moins importante que la production des érables entaillés en mars, avec respectivement $2,28 \pm 0,74$ et $2,50 \pm 0,45$ L par entaille ($Pr > F < 0,0001$). Cela représente 76% et 83% de la production du groupe entaillé en mars. Tout comme pour le volume de coulée, l'analyse de covariance indique que les DHP moyens différents des groupes contribuent à ces différences ($Pr > t < 0,0001$).

Lorsque examiné pour toute la saison, les érables entaillés en février sont ceux ayant donné le plus de sirop avec $3,39 \pm 0,65$ L par entaille, suivis de ceux entaillés en janvier avec $3,08 \pm 1,00$ L par entaille. Ces rendements sont supérieurs à ceux des arbres entaillés en mars ($3,00 \pm 0,80$ L par entaille) de 13% et 3% respectivement. Le modèle présente des différences significatives ($Pr > F = 0,0022$) qui doivent être attribuées à l'effet DHP ($Pr > t = 0,0005$), car les différences ne sont pas significatives pour les paramètres du modèle ($Pr > t = 0,4316$ et $Pr > t = 0,2831$). Tout comme pour le volume de coulée, ces rendements supérieurs sont attribuables au fait que les érables entaillés en mars n'ont pas profité de la coulée importante survenue entre le 26 février et le 14 mars (26% de la saison).

L'hypothèse voulant que la production de sirop par entaille soit réduite suite à un entaillage hâtif pourrait être vérifiée pour cette année si on ne s'en tenait qu'à la troisième période de production. Par contre, il ne faut pas négliger le potentiel de production de deuxième période qui pourrait constituer un manque à gagner pour les producteurs qui entailleraient après le 15 mars. Le surplus gagné par un entaillage tardif est perdu lorsque regardé pour toute la saison potentielle.

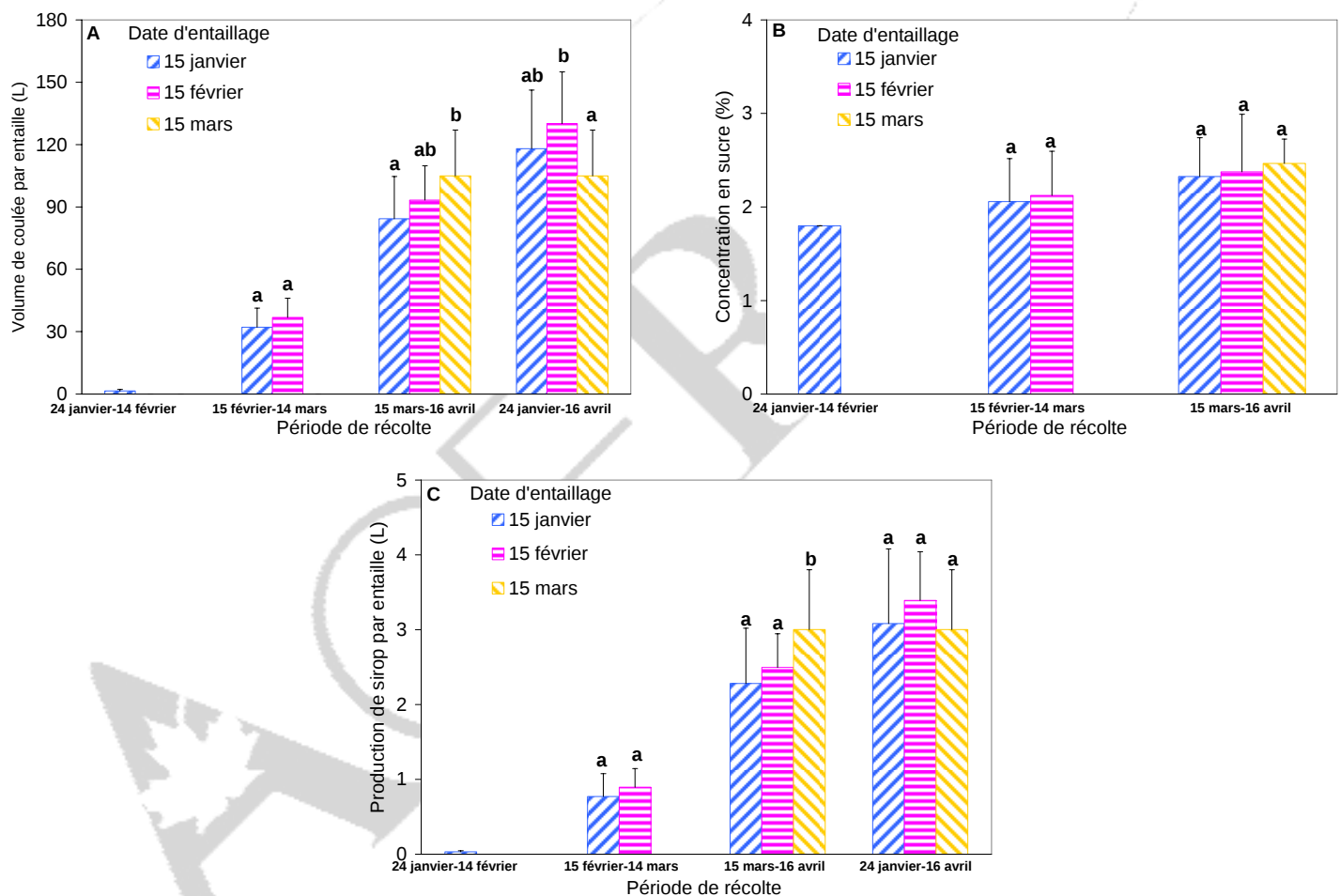


Figure 4. Volume de coulée (A), concentration en sucre (B) et production de sirop (C) (moyenne et écart-type, n = 20) selon la date d'entaillage pour la saison de coulée 2002. Des lettres différentes indiquent une différence significative (Test de Tukey; $p = 0,05$).

5.1.3 Année 2003

Le tableau 3 présente les DHP moyens et les indices de vigueur des arbres entaillés aux cinq dates différentes. Il n'y a aucune différence significative entre les traitements pour les DHP et les indices de vigueur ($Pr > F = 0,9835$ et $Pr > F = 0,4737$ respectivement).

Tableau 3. DHP et indices de vigueur des arbres soumis aux divers traitements en 2003 (moyennes et écart-types)

Date d'entaillage	DHP (cm)	Indice de vigueur
16 décembre 2002	49,1 ± 16,0	4,03 ± 2,02
15 janvier 2003	47,0 ± 12,7	3,78 ± 1,68
17 février 2003	46,8 ± 14,0	4,60 ± 2,16
15 mars 2003	47,9 ± 14,5	3,75 ± 1,37
21 mars 2003	47,4 ± 15,5	4,50 ± 2,13
Pr > F	0,9875	0,4737

Malgré que les différences en DHP ne soient pas significatives entre les traitements, nous avons quand même traité les données de coulée par analyse de covariance puisque la figure 3 (2001) montre que le rendement augmente avec le DHP. Le tableau 4 présente les résultats des analyses de covariance. Le DHP est une variable significative pour la coulée de la deuxième période et pour la saison toute entière.

Tableau 4. Analyses de covariance entre les diverses périodes de récolte et le volume de coulée pour 2003

Paramètres de coulée	Période de récolte	Pr > F (modèle)	Pr > t (paramètres du modèle)					
			DHP	16 décembre	15 janvier	17 février	15 mars	21 mars
Volume de coulée	Première	0,6033	0,6589	-	0,8924	0,2037	0,5751	-
	Deuxième	<0,0001	<0,0001	-	0,3007	0,4128	0,9306	0,6615
	Saison	<0,0001	<0,0001	-	0,3196	0,3721	0,9668	0,9668

Les premiers érables ont été entaillés en décembre 2002. Le système de mise sous vide était fonctionnel et réglé de façon à se mettre en marche lorsque la température passerait au dessus de 0°C. La température est restée sous 0°C jusqu'au 17 mars. C'est à cette date que la saison de coulée a commencé et que le système de mise sous vide s'est mis en marche. La saison s'est achevée le 21 avril.

La première période de récolte, entre le 17 mars et le 20 mars, est petite. Elle ne représente qu'environ 3 à 4% de la coulée de la saison avec des valeurs variant entre 3,61 et 4,78 L par entaille (Figure 5).

La deuxième période de récolte, du 21 mars au 21 avril, représente 96 à 97% de la coulée de la saison. Vu que ces valeurs sont proches de 100%, les données de la deuxième période ne sont pas discutées puisqu'elles peuvent être intégrées à celle de la saison toute entière.

Pour toute la saison, les arbres entaillés en décembre 2002 ont donné en moyenne $118,79 \pm 50,56$ L par entaille. Ceux entaillés en 2003 le 15 janvier, le 17 février et les 15 et 21 mars ont donné en moyenne $125,93 \pm 34,70$, $124,45 \pm 49,74$, $116,15 \pm 39,45$ et $116,66 \pm 35,93$ L par entaille, respectivement. Le modèle présente des différences significatives ($Pr > F < 0,0001$) qui doivent être attribuées à l'effet DHP ($Pr > t < 0,0001$), car les différences ne sont pas significatives pour les paramètres du modèle ($Pr > t > 0,30$ pour tous les paramètres). Il n'y a donc aucune différence significative entre les traitements. La première hypothèse voulant que le volume de la coulée diminue suite à un entaillement hâtif n'est pas vérifiée pour ces érables durant la saison de coulée 2003.

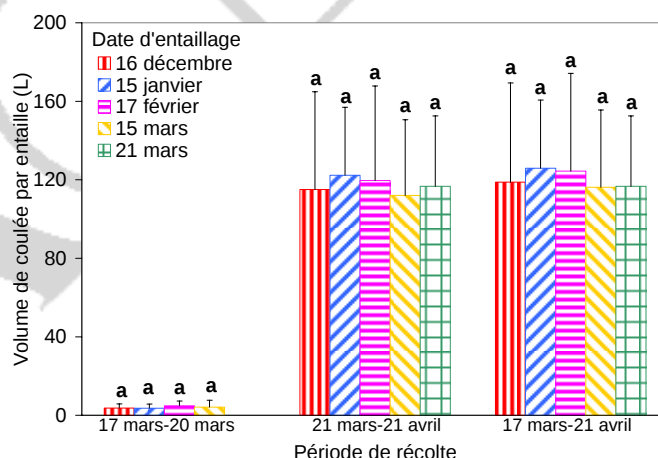


Figure 5. Volume de coulée (moyenne et écart-type, $n = 20$) selon la date d'entaillement pour la saison de coulée 2003. Des lettres différentes indiquent une différence significative (Test de Tukey; $p = 0,05$).

5.1.4 Année 2004

Le tableau 5 présente les DHP moyens des arbres entaillés aux quatre dates différentes. Il n'y a aucune différence significative entre les traitements pour les DHP ($Pr > F = 0,9180$).

Tableau 5. DHP des arbres soumis aux divers traitements en 2004 (moyennes et écart-types)

Date d'entaillage	DHP (cm)
15 janvier	48,8 ± 16,3
15 février	47,9 ± 16,0
15 mars	45,6 ± 15,2
28 mars	46,8 ± 12,7
Pr > F	0,9180

Malgré que les différences en DHP ne soient pas significatives entre les traitements, nous avons quand même traité les données de coulée par analyse de covariance puisque la figure 3 (2001) montre que le rendement augmente avec le DHP. Le tableau 6 présente les résultats des analyses de covariance. Le DHP est une variable significative pour tous les paramètres de coulée et pour toutes les périodes. Pour la troisième période, les entaillages du 15 janvier et du 28 mars se démarquent légèrement pour le volume de coulée.

Tableau 6. Analyses de covariance entre les diverses périodes de récolte et les trois paramètres de coulée pour 2004

Paramètres de coulée	Période de récolte	Pr > F (modèle)	Pr > t (paramètres du modèle)				
			DHP	15 janvier	15 février	15 mars	28 mars
Volume de coulée	Première	0,0254	0,0084	-	0,5979	-	-
	Deuxième	0,0002	<0,0001	-	0,7934	0,0409	-
	Troisième	0,0005	0,0005	-	0,7572	0,5127	0,0057
	Saison	0,0013	0,0001	-	0,8599	0,2180	0,7365
Teneur en sucre	Saison	<0,0001	<0,0001	-	0,4592	0,9374	0,0905
Production de sirop	Saison	<0,0001	<0,0001	-	0,8552	0,1629	0,1717

5.1.4.1 Volume de coulée

Les premiers érables ont été entaillés en janvier. Le système de mise sous vide était fonctionnel et réglé de façon à se mettre en marche lorsque la température passerait au dessus de 0°C. Les premières coulées ont commencé le 2 mars et la saison s'est achevée le 18 avril. Pour les érables entaillés les 15 et 28 mars, les premières journées de coulée n'ont pas été récoltées puisque ils n'étaient pas encore entaillés.

La première période de récolte, entre le 2 et le 12 mars, a donné $21,35 \pm 6,32$ L pour les arbres entaillés le 15 janvier et $20,01 \pm 8,55$ L pour ceux entaillés le 15 février. Cette récolte représente environ 17% de la coulée de la saison (Figure 6). Le modèle présente des différences significatives ($Pr > F = 0,0254$) qui doivent être attribuées à l'effet DHP ($Pr > t = 0,0084$), car les différences ne sont pas significatives pour les paramètres du modèle ($Pr > t = 0,5979$).

La coulée s'est interrompue entre le 13 et le 24 mars pour reprendre le 25 mars. Afin de respecter le quatrième traitement (dernière date d'entaillage le 28 mars), une deuxième période de récolte de trois jours a été décrite. Cette deuxième période de récolte, du 25 au 27 mars, représente environ 8% de la coulée saisonnière avec $8,30 \pm 2,93$ L par entaille pour les arbres entaillés en janvier, $8,47 \pm 4,41$ L par entaille pour ceux entaillés en février et $10,16 \pm 4,21$ L par entaille pour les arbres entaillés le 15 mars. Ici

encore, le modèle présente des différences significatives ($Pr > F = 0,0002$) qui pourraient être attribuées à l'effet DHP ($Pr > t < 0,0001$).

La troisième période de récolte s'échelonne du 28 mars à la fin de la saison, soit le 18 avril. Elle représente environ 75% de la coulée de la saison. La coulée la plus importante se produit dans le groupe d'arbres entaillés le 28 mars avec une moyenne de $119,12 \pm 31,31$ L par entaille. Pendant cette période, le groupe entaillé en janvier a donné une moyenne de $94,97 \pm 26,90$ L par entaille, celui entaillé en février $97,06 \pm 34,47$ L par entaille et celui entaillé le 15 mars $98,40 \pm 30,06$ L par entaille. Les volumes de coulée des érables entaillés le 15 janvier, le 15 février et le 15 mars sont respectivement de 20%, 19% et 17% inférieurs à celui des érables entaillés le 28 mars. Les volumes de coulée des arbres entaillés aux trois dates les plus hâtives ne sont pas significativement différents entre eux et la même affirmation vaut pour les trois dates les plus tardives. Il n'y a que pour les arbres entaillés le 15 janvier et ceux entaillés le 28 mars que les différences sont significatives. Ici encore, le modèle présente des différences significatives ($Pr > F = 0,0005$) qui pourraient être attribuées à l'effet DHP ($Pr > t = 0,0005$).

Lorsque examiné pour toute la saison, soit du 2 mars au 18 avril, les érables entaillés en février sont ceux qui ont donné le plus d'eau d'érable avec $125,54 \pm 44,45$ L par entaille, suivis de ceux entaillés en janvier avec $124,62 \pm 31,83$ L par entaille. Les troisième et quatrième rangs reviennent aux arbres entaillés les 28 et 21 mars avec $119,12 \pm 31,31$ L et $108,56 \pm 33,87$ L respectivement. Tout comme en 2002, les rendements supérieurs sont attribuables au fait que les érables entaillés après le 15 mars n'ont pas profité des coulées importantes survenue entre le 2 et le 12 mars (17% de la saison). Le modèle présente des différences significatives ($Pr > F = 0,0013$) qui doivent être attribuées à l'effet DHP ($Pr > t = 0,0001$).

L'hypothèse voulant que le volume de la coulée diminue suite à un entaillement hâtif pourrait encore être vérifiée pour cette année si on ne s'en tenait qu'à la troisième période de récolte. Par contre, il ne faut pas négliger le potentiel des premières coulées qui pourrait constituer un manque à gagner pour les producteurs qui entailleraient après le 15 mars. Le surplus gagné par un entaillement tardif est perdu lorsque regardé pour toute la saison potentielle. Il semblerait qu'une diminution du potentiel de coulée apparaisse en fin de saison seulement pour les érables entaillés hâtivement.

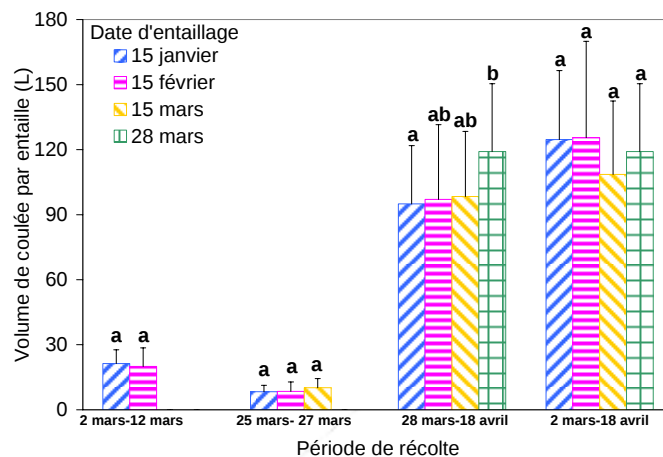


Figure 6. Volume de coulée (moyenne et écart-type, n = 20) selon la date d'entaillage pour la saison de coulée 2004. Des lettres différentes indiquent une différence significative (Test de Tukey; p = 0,05).

5.1.4.2 Concentration en sucre

Contrairement à 2002, les échantillons d'eau d'érable provenant de chaque coulée ont servi à former une seule série d'échantillons composites, ce qui fait qu'on n'a qu'une valeur saisonnière moyenne par entaille (Figure 7A).

Pour la saison, les arbres entaillés le 15 janvier ont donné en moyenne $2,66 \pm 0,46\%$ de sucre par entaille, ceux entaillés le 15 février $2,55 \pm 0,46\%$, ceux entaillés le 15 mars $2,62 \pm 0,53\%$ et ceux entaillés le 28 mars $2,40 \pm 0,45\%$ de sucre par entaille. Le modèle présente des différences significatives ($Pr > F < 0,0001$) qui doivent être attribuées à l'effet DHP ($Pr > t < 0,0001$), car les différences ne sont pas significatives pour les paramètres du modèle ($Pr > t > 0,09$ pour tous les paramètres). Bien que ces différences ne soient pas significatives pour les paramètres du modèle, on observe une diminution graduelle de la concentration en sucre à mesure que la date d'entaillage est tardive, sauf pour les entailles faites le 15 mars. Ces résultats vont dans le sens contraire aux observations de 2002 où on observait une augmentation graduelle. L'hypothèse voulant que la teneur totale en sucre de l'eau d'érable diminue suite à un entaillage hâtif n'est donc pas vérifiée pour cette année.

5.1.4.3 Production de sirop

Puisque les échantillons d'eau d'érable ont servi à former une seule série de composites, on ne peut calculer qu'une production saisonnière de sirop (Figure 7B).

Pour la saison, les arbres entaillés le 15 janvier ont produit en moyenne $3,81 \pm 1,19$ L de sirop par entaille, ceux entaillés le 15 février $3,71 \pm 1,51$ L, ceux entaillés le 15 mars $3,23 \pm 1,01$ L et ceux entaillés le 28 mars $3,30 \pm 1,08$ L. Le modèle présente des différences significatives ($Pr > F < 0,0001$) qui doivent être attribuées à l'effet DHP ($Pr > t < 0,0001$), car les différences ne sont pas significatives pour les paramètres du modèle ($Pr > t > 0,16$ pour tous les paramètres). Bien que ces différences ne soient pas significatives, on observe une diminution graduelle de la production de sirop à mesure que la date d'entailage est tardive, sauf pour les entailles faites le 28 mars qui affichent une légère remontée.

L'hypothèse voulant que la production de sirop par entaille soit réduite suite à un entailage hâtif ne peut pas être vérifiée pour cette année. Toutefois, si on ne regarde que le volume d'eau d'érable récoltée, le surplus gagné par un entailage tardif est perdu lorsque regardé pour toute la saison potentielle.

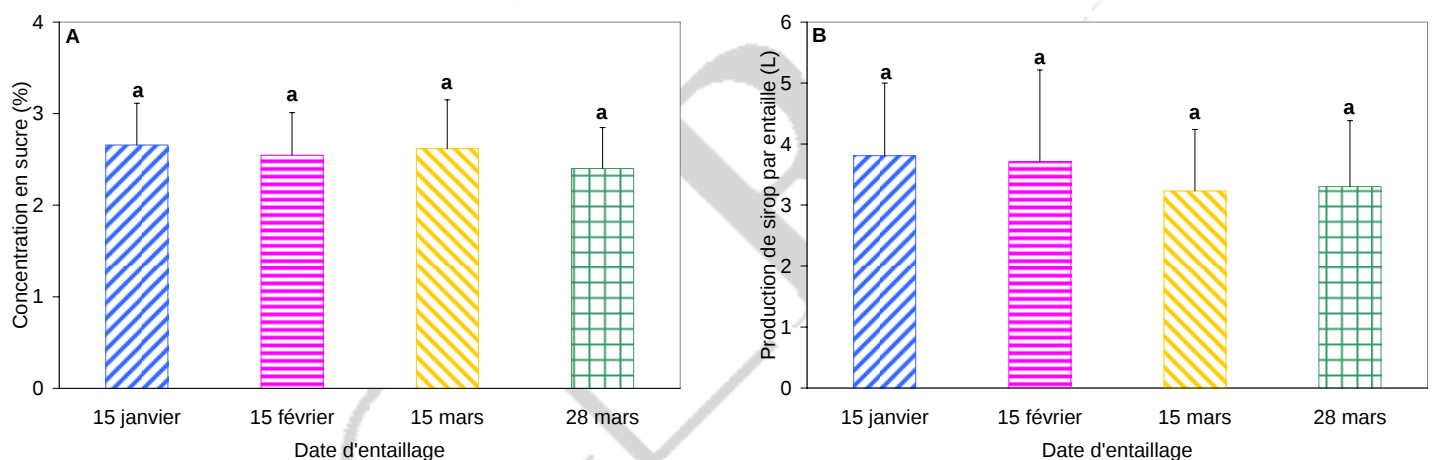


Figure 7. Concentration en sucre (A) et production calculée de sirop (B) (moyenne et écart-type, $n = 20$) selon la date d'entailage pour la saison de coulée 2004. Des lettres différentes indiquent une différence significative (Test de Tukey; $p = 0,05$).

5.2 COMPARTIMENTAGE

La figure 8 présente les résultats des calculs du bois compartimenté par entaille selon les différentes dates d'entailage. Le volume moyen de bois compartimenté est de $75,2 \pm 37,0 \text{ cm}^3$ pour les entailles faites le 15 janvier, de $76,3 \pm 31,0 \text{ cm}^3$ pour celles faites le 15 février et de $69,3 \pm 24,4 \text{ cm}^3$ pour celles du 15 mars. Il n'y a aucune différence significative entre les traitements ($\text{Pr} > F = 0,4501$). L'entailage du 15 mars semble avoir tendance à générer une zone de compartimentation moins importante, mais vu la variabilité attribuable, entre autre, à la mesure de cette zone, aucune différence avec les autres dates n'a pu être démontrée statistiquement.

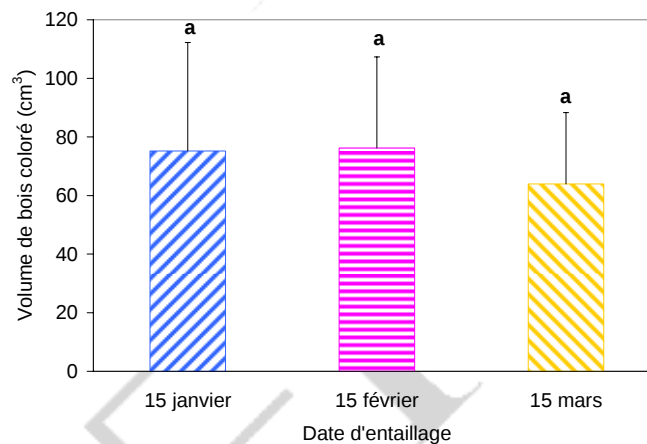


Figure 8. Volume de bois compartimenté par entaille (moyenne et écart-type, $n = 17$) selon la date d'entailage. Des lettres différentes indiquent une différence significative (Test de Tukey; $p = 0,05$).

6 CONCLUSION

Au sujet de la coulée, les résultats des années 2001 et 2003 et ceux des années 2002 et 2004 se ressemblent entre eux.

Pour 2001 et 2003, nous n'avons observé aucune différence significative de rendement à court terme quelque soit la date d'entaillage. Pour 2002 et 2004, les entailles faites tardivement ont donné plus d'eau d'érable que celles faites hâtivement, mais ce gain s'estompe lorsque on examine la coulée sur toute la saison. En effet, les coulées hâtives manquées ne sont pas rattrapées par la suite et la coulée totale est moindre. Ces pertes seraient d'autant plus importantes que les coulées hâtives seraient volumineuses. Pour la production de sirop, on n'observe aucune différence significative entre les diverses dates d'entaillage.

Au sujet du compartimentage, nous n'avons observé aucune différence significative quelque soit la date d'entaillage.

En bref, sur la base de nos résultats, on doit rejeter l'hypothèse générale formulée à l'effet que l'entaillage hâtif réduit le rendement à court et long terme. Toutefois, dans le choix d'une date optimale, il faudrait également considérer l'impact du moment de l'entaillage sur d'autres éléments susceptibles d'influencer les coûts et les revenus des acériculteurs (ex. coûts de la main-d'œuvre nécessaire pour entailler et entretenir de la tubulure, impact de la période de récolte sur la qualité du sirop, etc.).

Plus le volume d'eau d'érable pouvant être récolté en début de saison est important, tel dans le cas des grosses érablières, plus un entaillage hâtif peut être justifié. Par contre, si le volume d'eau d'érable est petit et n'est pas récolté, tel dans le cas des petites érablières, un entaillage tardif pourrait être considéré.

RÉFÉRENCES

- BAKER, C. J. et ORLANDI, E. W. 1995. Active oxygen in plants pathogenesis. *Ann. Rev. Phytopathol.* 33 : 299-321.
- BODDY, L. 1992. Microenvironmental aspects of xylem defenses to wood decay fungi. *In* : R. A. Blanchette et A. R. Biggs (Eds.). *Defense mechanisms of woody plants against fungi*. Springer-Verlag. pp 96-131.
- GRENIER, Y. 2007. Étude des caractéristiques dendrométriques pouvant expliquer les variations interindividuelles de la coulée. (Projet n° 581). Rapport interne du Centre Acer.
- MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES. 1994. Le point d'observation écologique – Normes techniques. Dir. de la gestion des stocks forestiers, Ser. des inventaires forestiers.
- SHARON, E. M. 1973. Some histological features of *Acer saccharum* wood formed after wounding. *Can. J. For. Res.* 3 : 83-89.
- SHIGO, A. L. et MARX, H. G. 1977. Compartmentalization of decay in trees. *USDA For. Serv. Bull.* n° 405, Washington, D. C.
- WEAST, R. C. 1974-75. *Handbook of chemistry and physics* (55th ed.), CRC Press, Cleveland, OH, D-130.