



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

Siège social et station expérimentale
142, Rang Lainesse
Saint-Norbert d'Arthabaska
Québec G0P 1B0
Téléphone : (819) 369-4002
Télécopieur : (819) 369-9589

RAPPORT FINAL

**Effet de matériaux de récolte neufs et d'un chalumeau anti-retour sur
la contamination de l'entaille et le rendement en coulée de la sève
d'érable**

Par :

Luc Lagacé, Ph.D.

Pour :

Les Équipements d'érablière
CDL Inc.

Toute information contenue dans ce document est la propriété du Centre ACER.

Cette information ne peut pas être utilisée, reproduite ou transmise sans l'autorisation écrite du Centre ACER, à moins que ce ne soit pour usage personnel et non commercial. Lorsque de l'information issue de ce rapport est utilisée, reproduite ou transmise à une tierce personne, pour toute fin autorisée, il doit être clairement indiqué sur les documents utilisés, reproduits ou transmis que cette information est la propriété du Centre ACER.

RÉSUMÉ

Ce projet réalisé pour CDL visait à évaluer la performance de différents systèmes sur le rendement en coulée et la contamination microbienne de la sève d'érable à l'entaille. Un 1er dispositif étudiait la performance sous vide intermittent d'un système équipé de chalumeaux neufs et chutes neuves comparativement à un système installé en parallèle équipé de chalumeaux usagés et de chutes usagées et dont les entailles étaient appariées sur les mêmes arbres (200). Les résultats obtenus ont montré un rendement supérieur (17%) pour le système muni de matériaux neufs surtout attribuable à la fin de saison. La charge microbienne à l'entaille en fin de saison était faible pour les 2 systèmes mais tout de même moindre pour le système équipé de matériaux neufs.

Un 2ème dispositif évaluait sous vide intermittent, la performance d'un système équipé de chalumeaux neufs et de valves anti-retour neuves comparativement à un système équipé de chalumeaux neufs sans valves anti-retour installé en parallèle et dont les entailles étaient appariées sur les mêmes arbres (200). Dans les conditions particulières de cette étude, les résultats ont montré des rendements comparables pour les 2 systèmes contrairement à ce qui a été avancé par les études antérieures sur les valves anti-retour. La contamination microbienne à l'entaille faible pour les 2 systèmes mais tout de même moindre pour le système avec valve anti-retour n'a pas donné de gain notable sur le rendement.

Ces résultats suggèrent que la contamination microbienne de l'entaille ne serait pas le seul facteur limitant du rendement en coulée de la sève d'érable et que les chalumeaux à valve anti-retour ne seraient pas efficaces en toutes circonstances.

ABSTRACT

This research sponsored by CDL evaluated the performance of different systems related to maple sap yield and microbial contamination of tapholes. A first experiment made under vacuum (stopped at night) compared a system equipped with new spouts and droplines to another equivalent system in parallel equipped with old spouts and droplines (3 years old with 2 years in storage). Both systems had new main and lateral lines. Tapholes of these two systems were made pair wise on the same trees (200) that had never been tapped prior to the experiment. Results showed an increased sap yield of 17% for the system equipped with new material. This increase in sap yield was mostly observed during the last part of the sap flow season. Although microbial contamination of tapholes was relatively low for both systems at the end of the season, it was significantly lower for the system equipped with new material.

A second experiment made under vacuum (stopped at night) compared a system equipped with new check valve adaptors to another equivalent system in parallel equipped with new spouts of the same diameter. Again, both systems had new main and lateral lines and tapholes of these two systems were made pair wise on the same trees (200) that had never been tapped prior to the experiment. In the specific conditions of this experiment, results showed that there was no significant difference in sap yield between systems, which is in contradiction with already published data on check valve adaptors. A relatively low microbial contamination of tapholes was found at the end of the season for both systems. Although the system equipped with check valve adaptors did not show any increase in microbial contamination of tapholes at the end of the season, it did not seem to be enough to observe a positive effect on sap yield.

These results suggest that microbial contamination of tapholes would not be the only limiting factor to increase sap yield and that check valve adaptors would not necessarily improve sap yield in all circumstances.

TABLE DES MATIÈRES

| | |
|---|------------|
| RÉSUMÉ | ii |
| ABSTRACT | iii |
| TABLE DES MATIÈRES | iv |
| LISTE DES TABLEAUX | v |
| LISTE DES FIGURES | vi |
| MISE EN CONTEXTE | 1 |
| OBJECTIFS | 2 |
| MATÉRIEL ET MÉTHODES | 2 |
| RÉSULTATS ET DISCUSSION | 4 |
| Comparaison de matériaux neufs vs usagés..... | 4 |
| Rendement comparé en coulée | 4 |
| Effet sur la contamination microbienne | 5 |
| Évaluation de l'adaptateur anti-retour | 6 |
| Rendement comparé en coulée | 6 |
| Effet sur la contamination microbienne..... | 7 |
| CONCLUSION | 9 |
| REMERCIEMENTS | 10 |
| BIBLIOGRAPHIE | 10 |

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|---|---|
| Tableau 1 Statistiques de récolte (rendement quotidien moyen et % volume total) pour le système contrôle (chutes et chalumeaux neufs) et le système traitement (chutes et chalumeaux usagés) opérés sous vide intermittent | 5 |
| Tableau 2 Statistiques de récolte (rendement quotidien moyen et % volume total) pour le système contrôle (petits chalumeaux neufs et chutes usagées) et le système traitement (chalumeaux et anti-retour neufs et chutes usagées) opérés sous vide intermittent | 9 |

LISTE DES FIGURES

| | |
|---|---|
| Figure 1 Suivi quotidien de la coulée (% total de la coulée) pour le système avec matériaux neufs et le système matériaux usagés opérant sous un vide intermittent | 4 |
| Figure 2 Résultats de la contamination microbienne de la sève à l'entaille (ATP) en début et fin de saison pour le système avec matériaux neufs et le système avec matériaux usagés opérant sous un vide intermittent | 6 |
| Figure 3 Suivi quotidien de la coulée (% total de la coulée) pour le système contrôle avec chalumeaux neufs et le système avec chalumeaux anti-retour opérant sous un vide intermittent | 7 |
| Figure 4 Résultats de la contamination microbienne de la sève à l'entaille (ATP) en début et fin de saison pour le système contrôle avec chalumeaux neufs et le système avec chalumeaux anti-retour opérant sous un vide intermittent | 8 |

MISE EN CONTEXTE

L'optimisation du rendement de la coulée de la sève d'érable demeure un défi qui occupe l'industrie acéricole depuis bon nombre d'années. Des gains significatifs en rendement ont été obtenus lors de l'implantation du système de récolte de la sève par tubulure sous vide. Depuis l'arrivée de ce système, la production acéricole a pris une expansion fulgurante. Néanmoins, ce système et son utilisation reste perfectible. Par expérience, les producteurs savent que la coulée de la sève à l'aide de ce système varie et n'est pas toujours à son meilleur. La variation de la coulée, influencée par une multitude de facteurs soient naturels ou qui tiennent compte de différents aspects techniques du système, rend difficile l'optimisation de la récolte de sève. Pour y arriver, une meilleure connaissance de ces facteurs serait souhaitable.

À cet égard, des travaux antérieurs ont révélé que la coulée pouvait être diminuée par la présence de micro-organismes dans l'entaille. Des chercheurs ont associé l'arrêt prématuré de la coulée à une charge excessive en micro-organismes dans l'entaille entraînant son assèchement (Sheneman et al 1959, Naghski et Willits, 1955). Ces résultats par contre ont été obtenus d'une récolte par gravité et ce, sur un nombre limité d'entailles. Certains chercheurs croient néanmoins que la contamination de l'entaille demeure le facteur prédominant de l'arrêt de la coulée et proposent l'utilisation d'adaptateurs anti-retour sur les chalumeaux afin de prévenir le retour de la sève contaminée vers l'entaille lorsque la température extérieure refroidit et qu'une pression négative vers l'arbre s'installe (Perkins, 2009). Certaines observations ont cependant montrées que de faibles rendements peuvent aussi être obtenus d'entailles faiblement contaminées et inversement. De plus, on reconnaît que l'intensité du vide à l'entaille et son maintien durant la saison de coulée augmente significativement la quantité de sève récoltée sans modifier sa composition et ces propriétés (Wilmot et al 2007) et ce, sans égard au niveau de contamination de l'entaille. Ceci amène à penser que le principal facteur limitant de la coulée ne serait pas que la contamination microbienne mais aussi la capacité technique de maintenir un niveau de vide élevé et constant à l'entaille. Ceci pourrait être relié aux mécanismes de défense de l'arbre qui enclenche la sécrétion de substances (tyloses, gommés, résines) lorsque celui-ci perçoit la présence d'une blessure et le contact de ses tissus avec l'air (Zabel et Morrell, 1992). Ces réactions de défense pourraient donc être un des principaux facteurs limitant de l'optimisation de la coulée qui interviendrait lorsque l'étanchéité (contact de l'air) de l'entaille serait déficiente et lorsque le métabolisme de l'arbre devient plus actif (augmentation de la température en fin de saison).

Une cause additionnelle laisse aussi un doute sur les résultats de rendement en coulée mesurés dans les études antérieures et sur l'effet de certains facteurs susceptibles d'influencer la coulée. Celle-ci vient du fait que la variabilité naturelle de la coulée n'est pas toujours bien contrôlée, ce qui rend difficile d'attribuer les écarts mesurés aux facteurs étudiés. Le contrôle de la variabilité naturelle de la coulée doit donc être rigoureusement pris en compte afin de tirer des conclusions adéquates quant à l'effet de facteurs à l'étude.

Ce projet a donc été réalisé afin d'évaluer l'effet sur le rendement en coulée et la contamination microbienne de l'entaille de matériaux de récolte neufs (chute et chalumeau) et d'un adaptateur anti-retour conçu pour prévenir la contamination de l'entaille par le retour de sève contaminée. Tout ça, en utilisant des dispositifs permettant de contrôler à la fois la variation naturelle de la coulée et la variation intrinsèque liée à la technique de récolte.

OBJECTIFS

Objectif général du projet

Évaluer l'effet de matériaux de récolte neufs (chalumeau et chute) et d'un adaptateur anti-retour sur la contamination microbienne de l'entaille et le rendement en coulée de la sève d'érable

Objectifs spécifiques

- Mesurer l'écart de rendement en sève entre un système équipé de matériaux neufs et son contrôle et entre un système muni d'adaptateurs anti-retour et son contrôle
- Mesurer l'écart de populations microbiennes à l'entaille entre un système équipé de matériaux neufs et son contrôle et entre un système muni d'adaptateurs anti-retour et son contrôle

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Dispositif A de collecte de la sève avec matériaux neufs

Cette partie du projet étudiait dans un premier temps à l'aide du dispositif A, l'effet de matériaux neufs (chute et chalumeau) comparativement à des matériaux usagés (chute et chalumeau) sur le rendement en coulée et la contamination microbienne de l'entaille. Les chutes et chalumeaux usagés utilisés étaient vieux de 3 ans et avaient été laissés en entreposage pendant les 2 dernières années. Pour arriver à comparer le matériel neuf au matériel usagé, un dispositif a été utilisé dans lequel le contrôle (matériel usagé) et le traitement (matériel neuf) ont été

appliqués sur les mêmes arbres comme décrit à l'annexe 1. Le dispositif recueillait la sève des entailles contrôles et traitements de manière indépendante afin de mesurer les volumes séparément et pouvoir calculer des différences au niveau du rendement. Au total, 200 arbres (20 à 56 cm D.H.P.) n'ayant jamais été entaillés ont été utilisés à raison de 2 entailles par arbre (contrôle et traitement). Les collecteurs et latéraux de ce dispositif étaient quant à eux composés de matériaux neufs (rapitube). Pour évaluer la charge microbienne à l'entaille des contrôles et des traitements, 20 entailles contrôles et traitements ont été utilisées soient 10 au début et 10 à la fin de la saison. Ces entailles ont été éliminées du dispositif une fois le prélèvement effectué pour ne pas causer d'interférence sur le système.

Dispositif B de collecte de la sève avec adaptateur anti-retour

Le dispositif B quant à lui a servi à évaluer l'effet de l'adaptateur anti-retour (Leader evaporator) sur le rendement en coulée comparativement à un système contrôle comme décrit à l'annexe 2. Ce dispositif était identique au dispositif A servant à mesurer l'effet de matériaux neufs (nombre d'arbre, jamais entaillés, D.H.P., entailles appariées, etc.) et fonctionnait de façon similaire. Les collecteurs et latéraux de ce dispositif étaient eux aussi composés de matériaux neufs (rapitube).

Analyse statistique

Afin de tester les différences de rendement entre les contrôles et les traitements des différents dispositifs de ce projet, un test de Student apparié ($\alpha = 0.05$) a été réalisé en utilisant la variabilité estimée entre 2 entailles pratiquées sur le même arbre des saisons 2007 et 2008 à l'érablière du Centre ACER à St-Norbert d'Arthabaska. Selon ces données, l'écart type de la différence des mesures entre deux entailles est de l'ordre de 22 (kg eau par année de collecte) pour des peuplements avec des arbres de dhp variant entre 23 cm à 65 cm. Comme nos dispositifs ne comportaient pas de répétitions, se sont les données de variabilité obtenues en 2007 et 2008 qui ont servi au calcul des différences entre les rendements observés. Bien que la variabilité puisse être différente dans des peuplements différents, les données de 2007 et 2008 sont les seules données disponibles pour l'estimation de cette variabilité, et elles devraient donner une bonne estimation de la variabilité de la différence entre les mesures à deux entailles d'un même arbre. La différence entre les moyennes (données transformées en log) pour les comptes microbiens a été analysée quant à elle par ANOVA en utilisant le test de comparaison Tukey ($\alpha = 0.05$).

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Comparaison de matériaux neufs vs usagés

Rendement comparé en coulée

L'érablière du CETTA de Pohénégamook a été utilisée afin de comparer le rendement en coulée provenant de matériaux neufs et usagés. La Figure 1 et le Tableau 1 montrent les résultats obtenus d'un système composé de chutes et chalumeaux neufs comparativement à un système muni de chutes et chalumeaux usagés installés en parallèle sur les mêmes arbres. Ces résultats montrent que le rendement (% total) en coulée du système muni de chutes et chalumeaux usagés a été significativement moindre que celui avec chutes et chalumeaux neufs. Ce résultat est particulièrement attribuable à la fin de saison (1 avril et plus). Notons qu'aucune différence n'a été observée pour le suivi du vide à l'entaille des 2 systèmes.

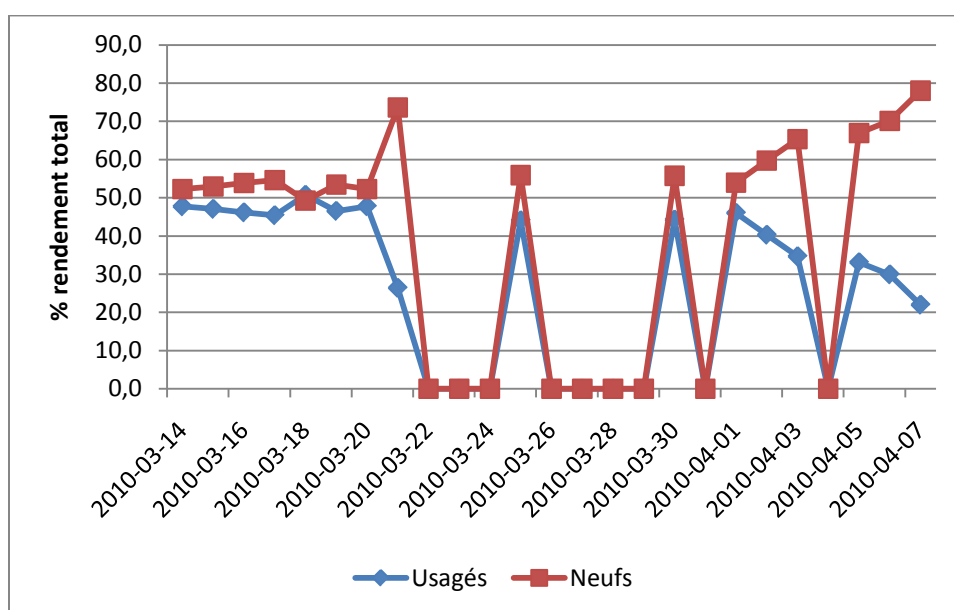


Figure 1 Suivi quotidien de la coulée (% total de la coulée) pour le système avec matériaux neufs et le système matériaux usagés opérant sous un vide intermittent

Selon le Tableau 1, le système muni de chutes et de chalumeaux neufs avaient un rendement quotidien moyen de 1,5 L/entaille comparativement à 1,1 L/entaille pour le système muni de chutes et chalumeaux usagés, ce qui représente un gain en % du volume total pour le système avec matériaux neufs de 17% (58,5 vs 41,5 %). À noter que ces résultats ont été obtenus avec des systèmes fonctionnant sous vide intermittent afin de favoriser le phénomène de retour de sève contaminée vers l'entaille et d'observer un éventuel effet de salubrité du matériel sur le

rendement en coulée. Ces résultats confirment ceux déjà rapportés (Perkins 2009) et les observations obtenues des producteurs.

Tableau 1 Statistiques de récolte (rendement quotidien moyen et % volume total) pour le système contrôle (chutes et chalumeaux neufs) et le système traitement (chutes et chalumeaux usagés) opérés sous vide intermittent

| | Contrôle (Chutes et chalumeaux neufs) | Traitement (Chutes et chalumeaux usagés) |
|---|---|--|
| Rendement quotidien moyen (L/entaille) | 1,5* | 1,1 |
| volume total (%) | 58,5* | 41,5 |

Les valeurs accompagnées d'un * signifient une différence significative ($p < 0.05$) p/r à la valeur correspondante

Effet sur la contamination microbienne

Afin d'observer l'effet de matériaux neufs utilisés à proximité de l'entaille sur la contamination microbienne, des analyses en microbiologie ont été réalisées sur des prélèvements de sève à l'entaille en début et fin de saison pour les 2 systèmes. La Figures 2 montrent l'augmentation de la population microbienne (RLU/100 μ L) des entailles des systèmes en fonction de l'avancement de la saison. Cette augmentation semble cependant être légèrement plus importante pour le système avec chutes et chalumeaux usagés. À noter cependant que même si une augmentation de la contamination a été observée, tous les résultats obtenus sont en général faibles et ne représentent pas des niveaux de contamination problématiques. On peut donc dire que ces entailles étaient faiblement contaminées et qu'à ce niveau, il y a peu de chance que cette contamination ait pu influencer le rendement de la coulée.

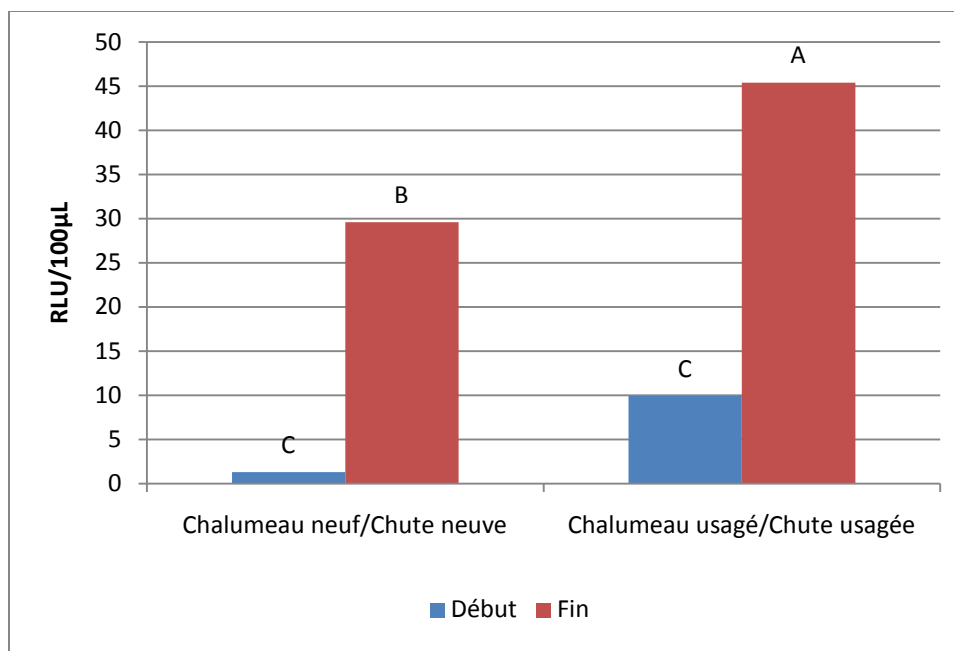


Figure 2 Résultats de la contamination microbienne de la sève à l'entaille (ATP) en début et fin de saison pour le système avec matériaux neufs et le système avec matériaux usagés opérant sous un vide intermittent

L'hypothèse que l'on retiendra ici pour expliquer le rendement supérieur mesuré pour le matériel neuf s'appuiera plutôt sur le fait que ce matériel a offert un meilleur maintien de l'étanchéité à l'entaille que le matériel usagé qui peut présenter des rainures et des déformations ayant pu induire des micro-fuites qui ne sont pas nécessairement détectables par une mesure du vide en fin de ligne. Ces micro-fuites pourraient avoir induit, surtout vers la fin de la saison, le déclenchement des mécanismes de défenses de l'arbre au contact de l'air et une diminution de la coulée pour les entailles récoltés avec le matériel usagé telle qu'observée à la Figure 1.

Évaluation de l'adaptateur anti-retour

Rendement comparé en coulée

De la même façon que pour le matériel neuf et usagé, le rendement de la coulée a été évalué pour un système muni de chalumeaux et d'adaptateurs anti-retour neufs et de chutes usagées comparativement à un système muni de chalumeaux neufs seulement et de chutes usagées. Les résultats obtenus de ces systèmes sont présentés à la Figure 3 et au Tableau 2. Selon les résultats, la coulée quotidienne obtenue du système muni d'adaptateurs anti-retour était inférieure ou comparable à celle du contrôle (Fig. 3) et ce, même pour la période de fin de

saison. Perkins (2009) a déjà indiqué que le gain en rendement associé à l'utilisation des adaptateurs anti-retour était surtout observé dans la dernière portion de la saison. Les résultats obtenus dans les conditions de cette expérience ne permettent donc pas de corroborer ceux déjà publiés.

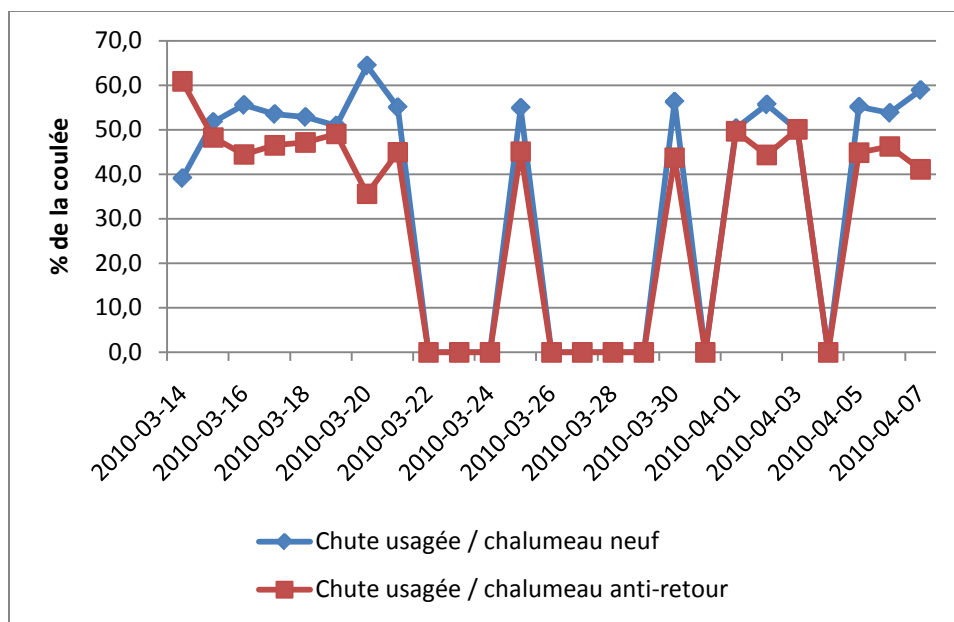


Figure 3 Suivi quotidien de la coulée (% total de la coulée) pour le système contrôle avec chalumeaux neufs et le système avec chalumeaux anti-retour opérant sous un vide intermittent

Dans les conditions de notre étude, le rendement en coulée obtenu du système muni d'adaptateurs anti-retour a été de 1,0 L/entaille (46,3 % du volume total) similaire à celui du système contrôle à 1,1 L/entaille (53,7 % du volume total).

Effet sur la contamination microbienne

Cette absence de gain en rendement pour le système avec adaptateurs anti-retour vient appuyer l'hypothèse que le principal facteur limitant de la coulée ne serait nécessairement associé à la contamination de l'entaille mais aussi à un maintien accru de l'étanchéité comme mentionné précédemment. Les résultats de contamination microbienne de la Figure 4 pour le système avec chalumeaux neufs et celui avec adaptateurs anti-retour vont dans le même sens i.e. que même si aucune augmentation significative de la contamination n'a pas été observée en cours de saison pour le système avec adaptateurs anti-retour, celui-ci n'a pas donné un

rendement supérieur. On notera cependant encore une fois que les niveaux de contamination dans tous les cas sont faibles et donc peu susceptibles d'influencer la coulée.

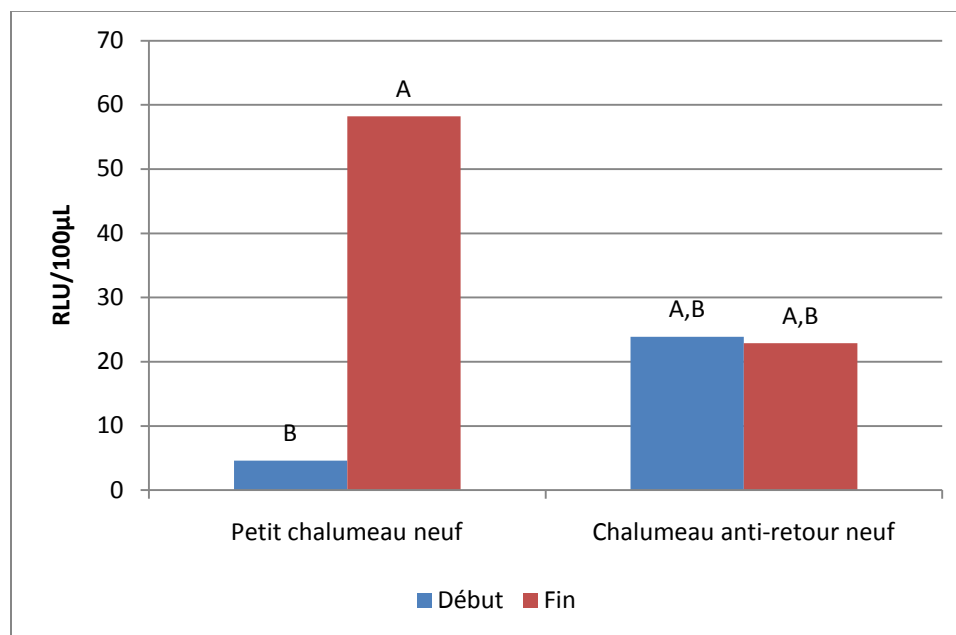


Figure 4 Résultats de la contamination microbienne de la sève à l'entaille (ATP) en début et fin de saison pour le système contrôle avec chalumeaux neufs et le système avec chalumeaux anti-retour opérant sous un vide intermittent

Comparativement aux études antérieures, les conditions de l'étude présentée ici diffèrent en termes de calibre des arbres étudiés, de qualité des systèmes utilisés, de l'intensité de la coulée et du design expérimental sélectionné. Notre étude comportait un bon nombre d'arbres de faible calibre (20 à 56 cm D.H.P.), utilisait des systèmes avec collecteurs et latéraux neufs et nouvellement installés et a été réalisés lors d'une saison dont le rendement général était inférieur à la moyenne pour la région. De plus, le design expérimental de notre étude a porté sur des traitements appliqués de façon appariée sur les mêmes arbres afin de réduire et contrôler la variabilité naturelle de la coulée et ce, en utilisant des systèmes conventionnels de récolte sous vide. Par ailleurs, les études antérieures, notamment celles de Perkins, ont évalué sur quelques saisons, la coulée provenant de systèmes munis d'adaptateurs anti-retour et contrôle de différentes façons : soit à l'aide de chambres de récolte permettant de mesurer la récolte individuelle d'entailles ou en comparant la récolte de différentes parcelles. Les niveaux de contamination microbienne des systèmes de ces études peuvent aussi diverger de ceux de la présente étude. Toutes ces différences peuvent être retenues pour expliquer la divergence dans les résultats obtenus de notre étude et ceux d'études antérieures. Il n'en demeure pas

moins que nos résultats montrent que l'adaptateur anti-retour ne donne pas les gains escomptés pour toutes les conditions pouvant être rencontrées. Nos résultats montrent que dans les conditions particulières de cette étude, l'adaptateur anti-retour n'offre pas de gain appréciable sur le rendement en coulée de la sève d'érable.

Tableau 2 Statistiques de récolte (rendement quotidien moyen et % volume total) pour le système contrôle (petits chalumeaux neufs et chutes usagées) et le système traitement (chalumeaux et anti-retour neufs et chutes usagées) opérés sous vide intermittent

| | Contrôle (Chutes usagées et chalumeaux neufs) | Traitement (Chutes usagées et chalumeaux anti-retours neufs) |
|--|---|---|
| Rendement quotidien moyen (L/entaille) | 1,1 | 1,0 |
| volume total (%) | 53,7 | 46,3 |

Pas de différence significative entre les traitements

CONCLUSION

La réalisation de ce projet a permis de constater que dans les conditions prédominantes de la saison 2010, le système muni de chalumeaux usagés et chutes usagées a significativement moins bien performé en termes de rendement en coulée que le système muni de chalumeaux neufs et de chutes neuves. Le système avec matériaux neufs a offert un rendement supérieur de 17%. Bien que ce système était moins contaminé en fin de saison que le système avec matériaux usagés, les niveaux de contamination mesurés pour les deux systèmes étaient faibles et donc peu susceptibles d'avoir influencé la coulée de façon notable. L'hypothèse la plus envisageable pour expliquer ce gain est l'étanchéité accrue au niveau de l'entaille apportée par les matériaux neufs. Cette hypothèse est par contre difficile à valider et les résultats obtenus de ce projet ne permettent pas de le faire.

Quant à la comparaison entre un système muni de chalumeaux neufs avec adaptateurs anti-retour neufs et de chutes usagées et un système muni de chalumeaux neufs et de chutes usagées, les deux systèmes ont donné des rendements comparables. Aucun gain en rendement n'a donc été observé pour le système avec adaptateurs anti-retour dans les conditions de l'étude contrairement à ce qui a déjà été rapporté pour d'autres conditions de récolte. Encore ici, le faible niveau de la contamination microbienne des entailles ne permet pas

de conclure sur une quelconque influence de la contamination de l'entaille sur le rendement en coulée.

À la lumière de ces résultats, il appert que la contamination microbienne et surtout le maintien d'un vide élevé à l'entaille soient les points centraux d'une optimisation du rendement en coulée. La suite de ce projet devra tenir compte de ces aspects dans le but d'optimiser la récolte de sève d'érable.

REMERCIEMENTS

Merci à Mme Francine Caron, M. Daniel Boucher, M. Jacques Boucher et Mme Renée-Annique Francoeur pour leur aide apporté dans la réalisation de ce projet.

BIBLIOGRAPHIE

1. Allard, G.B., Belzile, M. 2004. Cahier de transfert technologique en acériculture. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec.
2. Ching, T.M., Mericle, L.W. 1960. Some evidences of premature stoppage of sugar maple sap production. *Forest science* 6:270–275.
3. Naghski, J., Willits, C.O. 1955. Maple sirup IX. Microorganisms as a cause of premature stoppage of sap flow from maple tap holes. *Applied Microbiology* 3: 149–151.
4. Perkins, T.D. 2009. Development and testing of the check-valve spout adapter. *Maple syrup digest*, October 2009, p. 21 – 29.
5. Sheneman, J.M., R.N. Costilow, P.W. Robbins, J.E. Douglass. 1959. Correlation between microbial populations and sap yields from maple trees. *Food Research*. 24: 152-159.
6. Wilmot, T.R., T.D. Perkins, A.K. van den Berg. 2007. Vacuum sap collection: how high or low should you go? *Maple syrup digest*, October 2007. P. 27-32.