



## Diagnostic d'un évaporateur de sève d'érable

*À la recherche de la performance et de l'efficacité énergétique*

*Donald Lemelin, conseiller  
Formation en ingénierie*

**Aviseur technique**  
Raymond Nadeau, conseiller acéricole

**Partenaires financiers**  
Les Réseaux Agriconseils  
Club d'encadrement technique acéricole des Appalaches  
Et autres

Journées d'informations acéricoles  
MAPAQ 2014

## COLLABORATEURS

Voici les personnes ayant collaboré à l'élaboration de ce texte et du DVD :

- Alfa Arzaté, ingénierie, Ph. D., experte en acériculture;
- Alain Boily, agronome, conseiller régional en acériculture, MAPAQ;
- Richard Boivin, réalisateur, caméraman et monteur;
- Raymond Nadeau, conseiller acéricole, CQABC;
- Marco Pouliot, technicien, entrepreneur en brûleur à l'huile.

## REMERCIEMENTS

Un merci tout spécial à notre aviseur technique M. Raymond Nadeau, conseiller acéricole au Club Qualité acéricole Beauce-Appalaches (CQABC), pour avoir mis à notre disposition son temps, ses connaissances et son expérience terrain. Il est un acteur majeur dans l'élaboration de ce rapport et du DVD portant sur le même sujet. Nous remercions, du même coup, le Club Qualité acéricole Beauce-Appalaches d'avoir permis la participation de son conseiller technique au projet.

M<sup>me</sup> Alfa Arzaté a bien voulu collaborer en révisant les textes, et ce, à titre personnel. Un grand merci.

Nous tenons à souligner l'excellente collaboration de M. Paul Nadeau, propriétaire de la Ferme Paulo inc., qui a mis ses installations acéricoles et son expérience au service de l'équipe de travail de ce projet. Nous remercions la collaboration de M. Marco Pouliot, technicien, entrepreneur en brûleur à l'huile (RBQ 8322-0525-41)

Nous remercions nos partenaires financiers :

- les Réseaux Agriconseils de la Chaudière-Appalaches, Bas-Saint-Laurent, Capital-Nationale et Côte-Nord, Montérégie-Est, Montérégie-Ouest, Montréal-Laval-Lanaudière, Laurentides et Mauricie;
- la Société d'agriculture du Témis;
- les Journées INPACQ;
- les Journées acéricoles Estrie;
- le Club d'encadrement technique acéricole des Appalaches;
- le MAPAQ.

Nous remercions le Centre ACER de nous avoir permis d'utiliser plusieurs images tirées du *Cahier de transfert technologique en acériculture* ou d'autres documents.

Nous remercions aussi tous les collaborateurs directs et indirects impliqués dans l'élaboration de ce projet.

## PRÉCISIONS

1. Le choix des instruments utilisés dans ce document **n'est surtout pas une recommandation de notre part pour un fabricant ou un modèle plutôt qu'un autre**. C'est l'appareil disponible, lors de l'élaboration du texte et du DVD, qui a supporté les grands principes de connaissance et d'utilisation des évaporateurs de sève d'érable.
2. Étant donné le peu de recherches et un nombre suffisant d'expériences en matière d'évaporation de sève d'érable, la théorie ainsi que les recommandations faites dans ce document sont basées sur l'expérience terrain et sur les documents du Centre Acer.
3. Il est toujours conseillé de consulter les « recommandations du fabricant ».

## TABLE DES MATIÈRES

<b>Collaborateurs</b> .....	2
<b>Remerciements</b> .....	2
<b>Précisions</b> .....	2
1. <b>Introduction</b> .....	5
2. <b>Avantages économiques</b> .....	6
3. <b>Les composantes d'un évaporateur</b> .....	6
4. <b>Planifier l'achat d'un évaporateur</b> .....	8
5. <b>Principes de fonctionnement d'un évaporateur</b> .....	9
5.1    Le point de vue énergétique d'un évaporateur .....	9
5.1.1    L'énergie d'un évaporateur à l'huile .....	10
5.1.2    Effet de la concentration de la solution entrante sur les dimensions des pannes .....	10
5.2    Début de la dynamique dans les pannes .....	11
5.3    Mouvement de la solution dans l'évaporateur .....	12
5.4    Types de pannes à plis et de valves-flottes .....	13
6. <b>Diagnostic d'un évaporateur</b> .....	14
7. <b>La performance de production d'un évaporateur</b> .....	14
7.1    Procédures .....	15
7.2    Qu'est-ce que ça nous dit une mauvaise performance? .....	16
7.3    Qu'est-ce qu'on peut faire maintenant? .....	17
8. <b>Le ratio consommation-production</b> .....	17
8.1    Procédures .....	17
8.2    Qu'est-ce que ça nous dit un mauvais ratio consommation-production? .....	20
8.3    Qu'est-ce qu'on peut faire maintenant? .....	20
9. <b>L'entretien de l'évaporateur</b> .....	20
9.1    L'entartrage des pannes .....	20
9.1.1    Comment sait-on que l'on a un problème d'entartrage de pannes? .....	21
9.1.2    Qu'est-ce qu'on peut faire maintenant? .....	21
9.2    La production du sirop filant .....	22
9.2.1    Comment sait-on que l'on a un problème de sirop filant? .....	22
9.2.2    Qu'est-ce qu'on peut faire maintenant? .....	22
10. <b>L'efficacité énergétique</b> .....	23
10.1    Définition .....	23
10.2    L'efficacité énergétique de l'évaporateur à l'eau potable .....	23
10.2.1    Procédures .....	24
10.2.2    Qu'est-ce que ça nous dit une mauvaise efficacité à l'eau potable? .....	25
10.2.3    Qu'est-ce qu'on peut faire maintenant? .....	26
10.3    L'efficacité énergétique de l'évaporateur à la sève .....	26
10.3.1    Procédures .....	27
10.3.1.1    Autres données nécessaires .....	28
10.3.1.2    Méthode par calcul .....	29
10.3.1.3    Méthode par tableau .....	29
10.3.1.4    Exemple d'utilisation des 2 méthodes d'évaluation d'efficacité à la sève .....	30
10.3.2    Qu'est-ce que ça nous dit une mauvaise efficacité à la sève? .....	31
10.3.3    Qu'est-ce qu'on peut faire maintenant? .....	31
10.4    L'efficacité énergétique annuelle du système d'évaporation .....	32
10.4.1    Procédures .....	32
10.4.2    Qu'est-ce que ça nous dit une mauvaise efficacité énergétique annuelle? .....	33
10.4.3    Qu'est-ce qu'on peut faire maintenant? .....	34
11. <b>La couleur du sirop</b> .....	35
11.1    Comment sait-on que l'on a un problème de couleur de sirop? .....	35
11.2    Qu'est-ce qu'on peut faire maintenant? .....	35
12. <b>La saveur du sirop</b> .....	36

12.1	Comment sait-on que l'on a un problème de saveur de sirop? .....	37
12.2	Qu'est-ce qu'on peut faire maintenant? .....	37
<b>13. La régularité de coulée de sirop</b> .....	38	
13.1	Comment sait-on que l'on a un problème de régularité de coulée de sirop? .....	38
13.2	Qu'est-ce qu'on peut faire maintenant? .....	38
<b>14. Le gonflement excessif</b> .....	39	
14.1	Comment sait-on que l'on a un problème de gonflement? .....	39
14.2	Qu'est-ce qu'on peut faire maintenant? .....	39
<b>15. La température excessive des gaz dans la cheminée et la présence de suie sous les pannes</b> .....	40	
15.1	Qu'est-ce qu'on peut faire maintenant? .....	40
<b>16. Pistes de solution</b> .....	40	
<b>17. Quelques conseils d'installation</b> .....	40	
17.1	Installation de l'évaporateur au niveau .....	41
17.2	Installation d'un interrupteur de courant.....	41
17.3	Entrée d'air suffisante .....	41
<b>18. Le réglage des brûleurs</b> .....	42	
18.1	Mettre le brûleur au niveau et le recentrer .....	43
18.2	Choix des buses .....	43
18.3	Positionnement de la tête du brûleur .....	45
18.4	Ajustement du bas feu et du haut feu .....	46
18.4.1	Bas feu.....	46
18.4.2	Haut feu .....	47
18.4.3	Les paramètres et calculs relatifs à la combustion .....	48
18.4.4	Patron de flamme .....	50
18.4.5	La meilleure période pour ajuster un brûleur .....	51
<b>19. Modification de la chambre de combustion</b> .....	51	
<b>20. Modification du foyer</b> .....	53	
<b>21. Taux d'évaporation des pannes à plis et des pannes à fond plat</b> .....	55	
21.1	Taux d'évaporation recommandés .....	55
21.2	Procédure .....	55
21.2.1	Calcul de la surface exposée.....	56
21.2.2	Calculer le volume d'eau évaporée sur le pli et sur le plat.....	57
21.2.3	Le calcul du taux d'évaporation sur le pli et sur le plat .....	59
<b>22. Le patron de bouillage et la forme des bulles</b> .....	60	
<b>23. Pratiques de bouillage</b> .....	61	
23.1	Gérer la qualité de la sève d'érable .....	61
23.1.1	Les sucres invertis .....	61
23.1.2	Le goût de bourgeon.....	62
23.2	Gérer la concentration et la température de la solution entrante .....	63
23.3	Gérer la hauteur de solution .....	64
23.4	Gérer le gonflement .....	64
23.4.1	Le choix de l'antimousse.....	65
23.4.2	Les bonnes pratiques d'utilisation des antimousses en acériculture .....	66
<b>24. La gestion de l'huile no 2 ou mazout</b> .....	66	
24.1	Les types d'huile .....	67
24.2	Le remplissage du réservoir .....	67
24.3	L'évaluation de la quantité d'huile dans le réservoir .....	67
24.4	L'eau dans l'huile .....	67
24.5	Les filtres à l'huile .....	68
<b>25. L'entretien de l'évaporateur de sève d'érable</b> .....	68	
25.1	L'entretien journalier .....	69
25.1.1	La tête du brûleur.....	69
25.1.2	Les pannes à fond plat .....	70
25.1.3	Les pannes à plis.....	70
25.1.4	Le préchauffeur.....	71

25.1.5	Les valves-flottes et autres tuyaux arrivant à la panne à plis .....	72
25.2	L'entretien annuel Filtre à l'huile .....	72
25.3	L'entretien dans le temps.....	72
25.3.1	La laine isolante de céramique .....	72
25.3.2	Le cordon d'amiante .....	73
25.3.3	Le brûleur.....	73
<b>26.</b>	<b>Résolution de problèmes d'un évaporateur de sève d'érable .....</b>	<b>73</b>
<b>27.</b>	<b>Abréviations et définitions .....</b>	<b>74</b>
<b>28.</b>	<b>Conclusion .....</b>	<b>76</b>
<b>Annexes.....</b>		<b>77</b>
<b>Bibliographie.....</b>		<b>88</b>

## DIAGNOSTIC D'UN ÉVAPORATEUR DE SÈVE D'ÉRABLE

### *À la recherche de la performance et de l'efficacité énergétique*

#### 1. Introduction

L'évaporateur de sève d'éryable est l'élément clé d'une érablière; il permet de transformer la sève de l'éryable, à une période précise du printemps, en un sirop. Celui-ci tire ses caractéristiques de la composition intrinsèque de la sève et du procédé de chauffage qui transforme la sève et concentre les sucres à un pourcentage de 66 % sur la base de la masse. C'est là qu'il développe tout son potentiel d'arômes et de couleur qui définit sa valeur commerciale.

Des gros chaudrons de fer (**Figure 1**) jusqu'aux évaporateurs modernes, la technologie de fabrication du sirop a fait des bonds de géants. Bien qu'utile, elle apporte tout de même son lot de complications. Par exemple, le passage dans l'évaporateur est le moment où tout le potentiel du produit peut être altéré et sa valeur commerciale considérablement diminuée.

La première transformation de la sève est d'ordre microbiologique et se produit dans le système de collecte, de transit, d'entreposage et de première concentration. La deuxième transformation dans l'évaporateur doit encore, en grande partie, sa réussite à l'art du sucrier transmis de génération en génération. De nos jours, l'art ne suffit plus parce que la technologie développée apporte son lot de complexité à comprendre et à maîtriser.

Les évaporateurs actuels utilisent principalement deux sources d'énergie: le bois en bûches ou l'huile n° 2, aussi nommée mazout. Les granules de bois et l'électricité ont fait leur entrée tout récemment sur le marché. D'autres techniques de concentration vont sûrement modifier le processus de transformation de la sève dans un avenir rapproché.

Les données 2013 de la Fédération des producteurs acéricoles du Québec rapportent que la sève de 58 % des entailles au Québec est traitée par des évaporateurs à l'huile. Il est donc important de s'y arrêter et de produire un document qui porte sur le diagnostic d'un évaporateur fonctionnant à l'huile pour améliorer sa performance, son efficacité énergétique et son comportement de bouillage et de coulée. Les autres sources d'énergie ne sont pas retenues, mais il demeure que bien des principes s'appliquent à tous les types d'évaporateur.

À partir du principe de fonctionnement d'un évaporateur et des principaux signaux avertisseurs de problèmes, les pistes de solutions vont amener les producteurs à mieux comprendre et à mieux gérer ce réacteur qui est à la fois simple et complexe. Il faut d'abord retenir que le meilleur moyen de prévenir les problèmes est d'entretenir adéquatement son équipement et de le faire au bon moment.

Prenez note que les exemples qui accompagnent les pistes de solution ne conviennent pas nécessairement à votre problématique. Ce qui est suggéré avec le diagnostic, c'est une démarche de travail plus globale et systématique. Pour arriver au but, le chemin peut différer, mais la finalité est la même. Il faut donc bien évaluer la situation et après, selon les principes énoncés, choisir la solution adéquate.

#### 2. Avantages économiques

L'évaporateur est un investissement important dans une érablière. On a tout intérêt à surveiller le processus de fabrication qui peut tout simplement bonifier ou altérer le potentiel du sirop d'éryable. De toute évidence, ce qui est amont de l'évaporateur fait aussi partie du problème et de la solution. Le prix minimum étant fixé selon la couleur et les défauts de saveur, il est important d'y porter attention.



Figure 1 Méthode d'évaporation de l'eau d'éryable au début du 20<sup>e</sup> siècle

Pour illustrer une perte de revenu due à un problème de qualité, prenons le cas d'une érablière de 10 000 entailles avec une production de 3 livres à l'entaille, soit un total de 30 000 lb. Si sa production normale de sirop AA, A et B se situe au delà de 60 %, le revenu escompté pour cette quantité de sirop est :

$$30\ 000\ \text{lb} \times 60\ \% = 18\ 000\ \text{lb}$$
$$18\ 000\ \text{lb} @ 2,92\ \$/\text{lb}^1 = 52\ 560\ \$$$

En supposant que, pour des raisons de problèmes d'évaporation, il ne peut produire dans cette catégorie que 30 %, soit 9 000 lb à 2,92 \$ et l'autre 9 000 lb dans le C et le D avec une moyenne de 2,74 \$<sup>2</sup>, la valeur est :

$$30\ 000\ \text{lb} \times 30\ \% = 9\ 000\ \text{lb}$$
$$9\ 000\ \text{lb} @ 2,92\ \$/\text{lb} = 26\ 280\ \$$$
$$9\ 000\ \text{lb} @ 2,74\ \$/\text{lb} = \underline{24\ 660\ \$}$$
$$\text{total de} \quad \quad \quad 50\ 940\ \$$$

Ce qui fait un manque à gagner de:

$$52\ 560\ \$ - 50\ 940\ \$ = 1\ 620\ \$$$

À chacun de calculer sa propre situation.

Un autre point important au point de vue coût de production est l'énergie. Le prix de l'huile suit une courbe ascendante ces dernières années et on ne peut espérer la tendance inverse. Si l'on veut contrôler un tant soit peu le coût de production, il faut travailler sur l'efficacité énergétique tout en gardant une performance acceptable. L'efficacité énergétique fait référence à la partie de l'énergie qui est vraiment consacrée à l'évaporation et elle s'exprime en pourcentage. Il faut viser plus de 75 % pour ne pas gaspiller de mazout.

L'exemple d'une intervention sur un évaporateur a permis des économies d'énergie de 860 \$ en considérant le prix de l'huile à 0,95 \$/litre.

Le cas est le suivant : 10 000 entailles à 3 lb/entaille, production de 2264 gallons impériaux; il concentre à 15 °Brix; l'évaporateur de 5 pi

Avant intervention :

- performance de production: 33 gal<sub>imp</sub>/h
- débit d'huile du brûleur : 20,8 gal<sub>US</sub>/heure;
- efficacité énergétique à la sève : 62 %

Après intervention :

- performance de production: 33 gal<sub>imp</sub>/h (inchangée)
- débit d'huile du brûleur : 17,3 gal US/heure
- efficacité énergétique à la sève : 75 %

Les deux cas présentés plus haut illustrent bien des économies **régulières** qui permettent de contrôler les revenus et les coûts en plus d'optimiser la performance. Un service conseil de cet ordre est vite rentabilisé.

---

<sup>1</sup> Prix minimum 2013 de la Convention de mise en marché du sirop d'érable

<sup>2</sup> Prix moyen entre le 2,82 \$ pour le C et 2,55 \$ pour D

### 3. Les composantes d'un évaporateur

En amont de l'évaporateur, on retrouve le système de collecte de la sève d'érable, les réservoirs d'entreposage et le concentrateur. En aval, le système de filtration et de mise en contenant ainsi que le lieu d'entreposage temporaire. L'évaporateur à l'huile habituel (**Figure 2**) est composé d'une chambre de combustion avec son brûleur au-dessus de laquelle on retrouve la casserole de finition à fond plat, aussi appelée panne à fond plat. Cette chambre, à l'arrivée à la zone foyer, est fréquemment limitée par un mur réfractaire d'environ 30 cm de haut. Dans d'autres cas, le mur est remplacé par une montée à angle jusqu'en-dessous de la panne à plis.

Le foyer peut avoir une pente ascendante ou aucune pente en direction de la cheminée. On retrouve à l'occasion un profilé de bosse et de creux qui ralentit la vitesse des gaz de combustion sous la casserole à plis ou panne à plis. Le bout du foyer est connecté à la cheminée qui évacue les gaz de combustion à l'extérieur. La souche de la cheminée est la partie de base conique qui relie le foyer à la partie circulaire.

Au-dessus des pannes, on peut retrouver un dôme dont une section est fermée au-dessus de la panne à plis et ouverte sur le côté au-dessus de la panne à fond plat. Le préchauffeur, lorsqu'il y en a un, se trouve soit dans la section fermée du dôme, soit dans la souche de la cheminée. Les valves-flottes permettent de contrôler soit l'arrivée de la sève à la panne à plis, soit le passage de la solution plus concentrée de la panne à plis à la panne à fond plat. Une valve manuelle ou automatisé permet la coulée du sirop.

L'entreposage de l'huile à chauffage s'effectue dans un réservoir à l'extérieur de la cabane, mais sous un abri pour diminuer les variations de température causées par les rayons solaires.

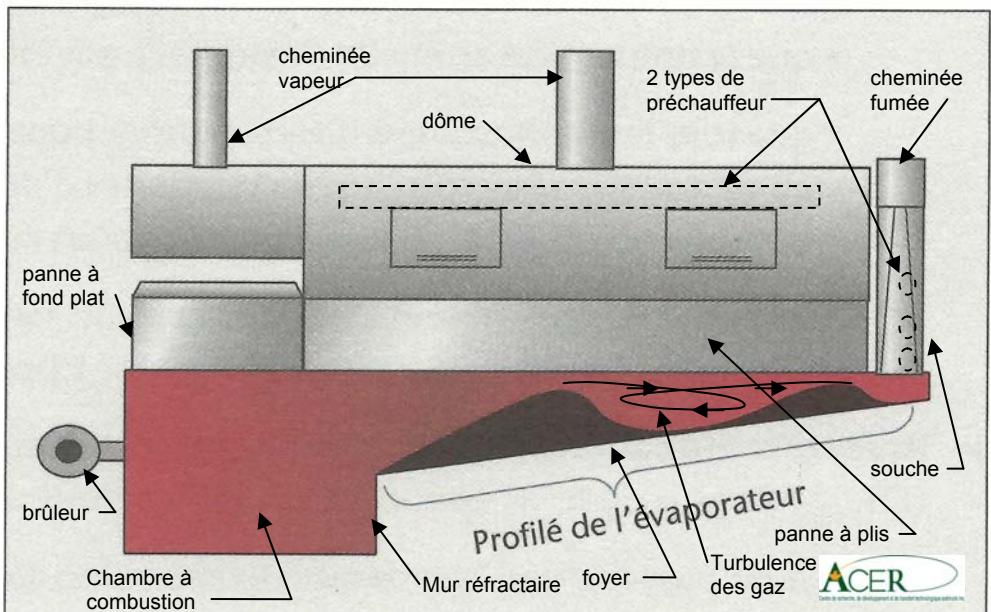


Figure 2 Illustration d'un évaporateur et du phénomène de turbulence dans le foyer

### 4. Planifier l'achat d'un évaporateur

Pour planifier convenablement l'achat d'un nouvel évaporateur, il faut établir ses besoins actuels et tenir compte de l'expansion possible dû au potentiel d'augmenter le nombre d'entailles dans le secteur concerné ou la possibilité d'achat de sève d'érable et de votre intérêt à une telle expansion. « *Comment voyez-vous votre entreprise dans 10-20 ans?* » Une question que chacun doit se poser avant un achat aussi important tout comme avant une reconstruction de cabane.

Après avoir réfléchi sur les projets d'avenir, voici les différents éléments à considérer pour évaluer les dimensions de l'évaporateur ainsi que celles de ses pannes :

- le nombre d'heures par jour consacrées à l'évaporation proprement dit; il faudra ajouter quelques heures pour le départ, l'arrêt et l'entretien, dans la planification;

- la coulée de pointe journalière de votre érablière par entaille, à multiplier par le nombre d'entailles pour obtenir « la quantité total de sève à traiter » par le concentrateur;
- le facteur de réduction du volume de sève qui a été concentré par un concentrateur;
- le facteur de design est la partie de la coulée de pointe qui doit être traitée, exemple avec 90 %, on se permet alors de remettre à demain le 10 % non traité aujourd'hui ou de prolonger la période d'évaporation d'autant;
- la coulée minimale journalière à multiplier par le nombre d'entailles pour obtenir la faible coulée; cette dernière est à multiplier par le facteur de réduction du concentrateur;
- le nombre d'heures minimum que l'évaporateur doit fonctionner pour demeurer opérationnel.

Lors d'un choix d'évaporateur, entre aussi en considération le degré de concentration de la solution qui arrivera à l'évaporateur. Si cette concentration entraîne l'ajout d'une ou de deux membranes, il faut considérer cette dépense additionnelle dans le projet. Il ne faut pas négliger l'entretien additionnel de tout l'équipement dans la démarche d'acquisition. Le concentrateur et l'évaporateur sont indissociables.

Un bon conseiller saura tenir compte de tous ces paramètres et vous proposer un choix d'évaporateurs qui conviendra à votre situation actuelle et future.

## 5. Principes de fonctionnement d'un évaporateur

Parler de principes de fonctionnement pour un appareil aussi vieux et aussi connu qu'un évaporateur peut sembler bizarre. Mais il suffit de voir les problèmes que les conseillers observent sur le terrain pour s'interroger s'il y a vraiment méconnaissance sur le fonctionnement de l'évaporateur. Quelques notions vont permettre une meilleure compréhension du discours qui va suivre.

À l'époque du chaudron de fer, il y avait le feu de bois qui chauffait ce dernier et qui permettait l'évaporation de l'eau pour produire le sirop lorsque rendu à la bonne concentration. C'était un système statique, c'est-à-dire une production par lot (*batch*). On mettait la sève d'érable et on attendait que la solution épaississe et on vidait le sirop du chaudron dans un contenant. La coulée se faisait par intervalle assez long. (**Figure 3**)

Maintenant on a un système dynamique. On fait entrer de la sève ou du concentré d'érable dans des pannes déposées sur un système de chauffe à l'huile ou au bois; et il se crée progressivement une dynamique des fluides qui fait que l'on peut obtenir une coulée continue du sirop tout en provoquant simultanément l'entrée de la sève ou du concentré dans le système. (**Figure 4**)



Figure 3 Chaudron de fer: système statique d'évaporation



Source: Richard Boivin  
Figure 4 Évaporateur récent: système dynamique

### 5.1 Le point de vue énergétique d'un évaporateur

Avant d'expliquer le phénomène, voyons le système au point de vue énergétique. Dans un deuxième temps, l'effet sur les dimensions de pannes en fonction de la concentration de la solution entrante.

### 5.1.1 L'énergie d'un évaporateur à l'huile

De l'énergie fournie par un brûleur à l'huile no 2, une partie est utilisée pour chauffer la solution et évaporer de l'eau que l'on appelle « Énergie utile:  $Q_{\text{utile}}$  ». L'autre partie est celle qui est non utilisée, appelée « Énergie perdue:  $Q_{\text{perdue}}$  », qui se traverse les parois et sort par la cheminée. (Figure 5)

L'énergie utile vient du brûleur, du bois ou d'une autre source et se développe dans la chambre à combustion pour chauffer les pannes à fond plat. Par la suite, une partie importante de l'énergie se dirige sous les pannes à plis ou rayons avec plus ou moins de turbulence dépendant du profil du fond du foyer. C'est cette turbulence représentée par une ligne courbe noire dans la Figure 2 qui ralentit la vitesse de passage sous la panne à plis et qui augmente le temps de transfert de chaleur à la panne et à la solution (Figure 6).

Le taux d'évaporation par unité de surface est défini comme étant le nombre de gallons d'eau évaporée à l'heure par pied carré de surface de tôle. Le type de tôle a une influence sur cette propriété. Considérons, au départ, un brûleur bien ajusté, une chambre de combustion bien dimensionnée, un foyer profilé adéquatement pour maximiser l'échange de chaleur au niveau de la panne à rayons. Dans ces conditions optimales, le taux d'évaporation des pannes fond plat devrait être d'un minimum de 1,5 à 2 gallons à l'heure<sup>1</sup> par pied carré de surface. Avec un évaporateur à l'huile et même avec ce bon taux, on ne peut qu'espérer évaporer que 10 à 20 % de toute l'eau à évaporer par l'évaporateur, étant donné la petite surface de fond plat. Le 20 % est atteint si on a 3 pannes plates.

L'autre 80 à 90 % est évaporé par les pannes à plis qui, justement à cause de ses plis, possède une bien plus grande surface même si son taux d'évaporation par unité de surface est d'environ de 0,35 à 0,5 gallons/heure par pied carré de surface de tôle. La surface à considérer dans ce cas-ci est la surface déployée des plis, comme illustré à la Figure 7, représente 97 à 95 % de la surface totale.

Il est à noter que pour la panne à plis, la chaleur n'est pas la même partout. Au centre, près des pannes à fond plat, la chaleur est plus intense que dans les autres parties.

### 5.1.2 Effet de la concentration de la solution entrante sur les dimensions des pannes

Comme on vient de le voir, l'essentiel de l'évaporation se fait sur les pannes à rayons. On sait aussi que la saveur caractéristique et la couleur se développent principalement dans les pannes à fond plat. Et que pour

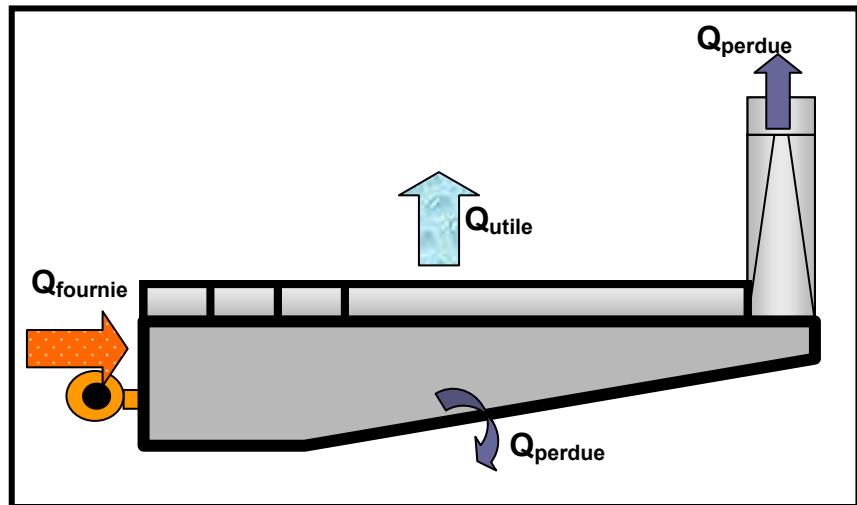


Figure 5 Illustration du bilan d'énergie

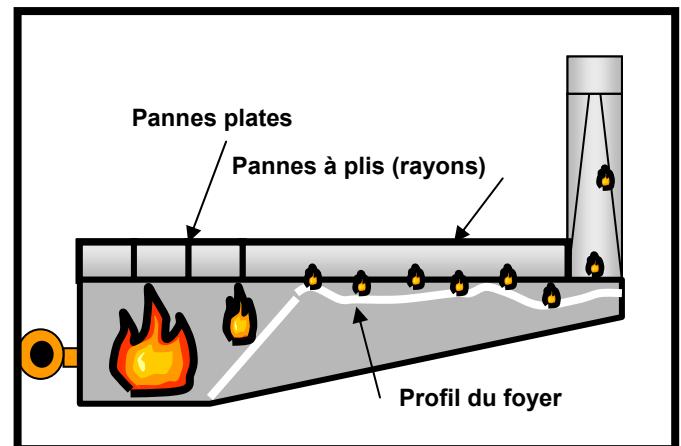


Figure 6 Illustration de l'énergie sous les pannes

<sup>1</sup> Référence terrain

arriver à ce partage de l'ouvrage de l'évaporation, on doit viser une concentration d'environ 35 °Brix au transfert de la panne à plis à celle à fond plat, lorsque la solution entrante est concentrée à 8 °Brix.

Or, avec la venue de concentrateurs de sève d'éryable et un coût de l'énergie montant en flèche, les acériculteurs ont opté pour la façon la plus économique d'enlever de l'eau à solution de sève d'éryable : augmenter la concentration de la solution par le concentrateur.

Ceci a pour effet de diminuer la quantité d'eau à évaporer par l'évaporateur. Si aucune modification n'est apportée à l'évaporateur et à son système de chauffe, on voit monter la concentration dans la panne à plis et le brix de transfert passer au-dessus de 50 °Brix. Les réactions qui doivent se produire dans les casseroles à fond plat sont déplacées en partie dans les casseroles à plis et survient alors le phénomène d'entartrage et de caramélisation excessive dans les plis, un problème bien connu et décrié par les acériculteurs.

On comprend tout de suite que la solution passe trop de temps dans la panne à plis où il y a de l'énergie en su. Et il faut descendre la concentration de la solution au transfert plis-plat. Si le facteur coût n'était pas à considérer, on pourrait réduire la longueur des pannes à rayons et augmenter le nombre de pannes à fond plat. Certains acériculteurs ont fait ce choix. Par contre, avant de procéder à l'achat d'un nouvel évaporateur, il est important de considérer le travail du concentrateur de sève d'éryable.

Évidemment, il ne faut pas négliger l'action possible sur l'énergie fournie en réalisant un ajustement à la baisse des brûleurs, sujet qui est traité plus loin.

## 5.2 Début de la dynamique dans les pannes

Lorsque la sève ou le concentré de sève d'éryable sont entrés dans les pannes, le brûleur est mis en marche, le système de chauffage commence à chauffer l'évaporateur jusqu'à stabilité, et l'évaporation débute dans tout l'évaporateur, mais avec des points où c'est plus intense. Dans ce qui suit, il y a trois phénomènes qui expliquent le déplacement de la solution :

- parce qu'il y a évaporation, le niveau de la solution baisse dans les pannes ce qui fait un appel de sève d'éryable via la valve-flotte pour équilibrer le niveau pré-déterminé à la flotte; donc mouvement de l'eau de la flotte vers le point de niveau plus bas; il résulte que la solution près de la flotte devient plus diluée;
- certains secteurs plus chauds concentrent plus la solution à ces endroits; à partir d'un phénomène de dissolution des sucres, la solution moins sucrée va se diriger vers ces points plus concentrés;
- arrive un moment où la concentration de la solution dans les pannes plates, qui ont un plus haut taux d'évaporation, est rendue à 66 °Brix. La valve de coulée est donc ouverte et laisse sortir le vo-

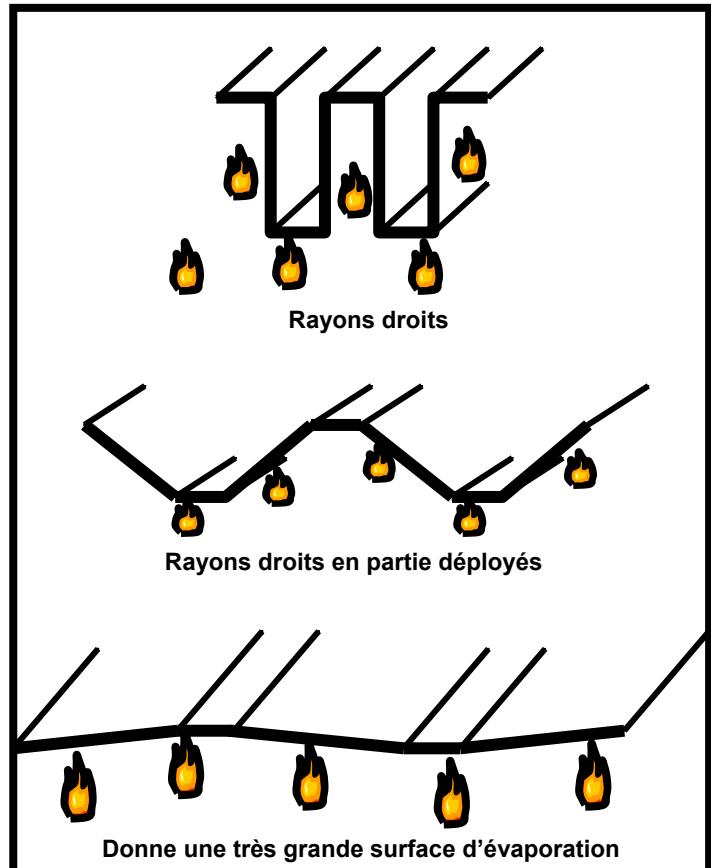


Figure 7 Illustration de rayons d'une panne à plis déployés

lume de sirop prêt; le niveau baisse, ce qui fait un appel de sève via les deux valves-flottes; c'est le mouvement vers la sortie.

Et c'est le début du mouvement dans les pannes d'un évaporateur.

### 5.3 Mouvement de la solution dans l'évaporateur

Une fois l'évaporateur en vitesse de croisière, le mouvement à travers toutes les parties des pannes obéit aux lois universelles de la gravité tout comme à l'initiation du mouvement de départ. Et du même coup, la physique des fluides joue sur le mouvement en fonction des surfaces et de leur rugosité et autres facteurs. En observant un évaporateur, on remarque que tout ce qui sort de l'évaporateur est égal à tout ce qui entre moins la quantité d'eau évaporée.

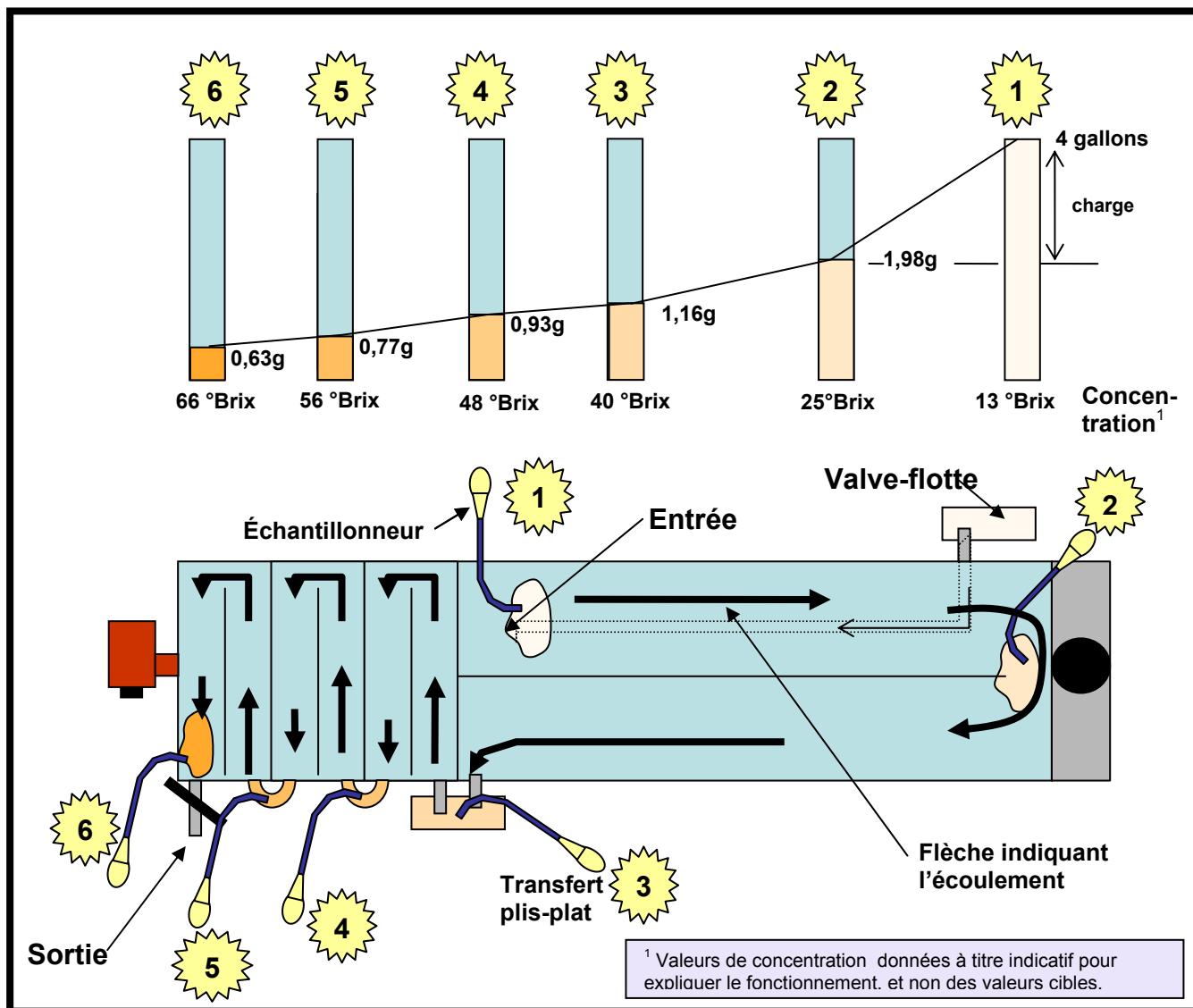


Figure 8 Illustration du phénomène d'écoulement dans les pannes d'un évaporateur

Dans l'exemple illustré à la **Figure 8**, il entre 4 gallons à 13 °Brix par minute et il sort 0,63 gal/min de sirop à 66 °Brix. La différence de 3,37 gallons s'est évaporée dans un intervalle d'une minute, tout au long du parcours.

À la **Figure 8**, au point 1, à l'entrée de la solution dans l'évaporateur, cette dernière est à 13 °Brix. Au point 2, après un aller dans la panne à plis, elle est rendue à 25 °Brix. Les bâtonnets du haut illustrent le débit d'entrée à 4 gal/min et le débit au point 2 à 1,98 gal/min. Cette différence entretient le mouvement déjà amorcé.

La chaleur fait évaporer l'eau de la solution, ce qui fait baisser le niveau au fur et à mesure que l'on avance dans le parcours. Cette baisse de niveau provoque l'ouverture de la flotte pour laisser entrer de la solution. Cette différence de hauteur crée le mouvement du plus haut vers le plus bas d'où le phénomène lié à la loi de la gravité. On doit ajouter l'effet de la coulée du sirop à 66 °Brix qui abaisse le niveau momentanée à l'avant et crée un appel de solution.

En regard des différents points d'échantillonnage illustrés à la **Figure 8**, on remarque que la plus grande partie d'évaporation se fait dans les pannes à plis, comme expliqué à la **Section 5.1**.

#### 5.4 Types de pannes à plis et de valves-flottes

Il existe deux types de pannes à plis: celle avec les plis dans le feu et celle avec les plis dans l'eau (**Figure 9**). Selon le type, le contrôle de niveau de sève se fait soit avec une ou avec deux valves-flottes. Celle avec les plis dans le feu, il n'y a qu'une valve-flotte placée à l'arrière pour contrôler le niveau de solution dans la panne à plis et dans la panne à fond plat.

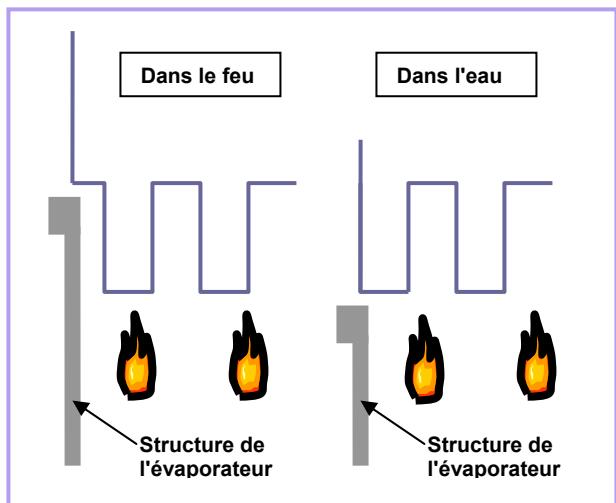


Figure 9 Illustration de 2 types de panne à plis

voir qui l'alimente. Il arrive que la colonne d'eau, ainsi créée, exerce une telle pression, qu'elle induit une déformation du bras, à cause d'un manque de résistance. Cette dernière retarde l'ouverture du clapet qui provoque une amenée de sève excédentaire lorsqu'il finit par ouvrir. Ce phénomène influence la régularité des coulées de sirops. Le fonctionnement des autres types de flottes-valves est moins influencé par la hauteur du réservoir du concentré. Malheureusement, il n'y a pas encore de valves-flottes idéales.

Un autre problème rencontré touche la sortie de la panne à plis dans l'eau (**Figure 10**). En effet, la sortie dans le haut du pli peut provoquer une accumulation de pierre de sucre dans le pli en avant. Cette accumulation est favorable au brûlage des sucres emprisonnés dans la pierre. Une partie de la solution à ce pro-

Pour la panne à plis dans l'eau, deux valves-flottes sont utilisées. La première à l'arrière contrôle l'entrée et le niveau de sève dans la panne à plis. La seconde que l'on appelle la valve-flotte de transfert est située entre la sortie de la panne à plis et l'entrée de la panne à fond plat. L'avantage de la deuxième flotte est de pouvoir contrôler la hauteur de sève dans le plat indépendamment de celui des plis. C'est l'un des secrets de la maîtrise de la qualité du sirop tant du point de vue de la couleur que de la saveur.

Pour ce qui est des valves-flottes, quelques types existent sur le marché dont la valve à clapet, qui est la plus courante. Son fonctionnement est très influencé par la différence de niveau entre cette dernière et le réservoir qui l'alimente. Il arrive que la colonne d'eau, ainsi créée,

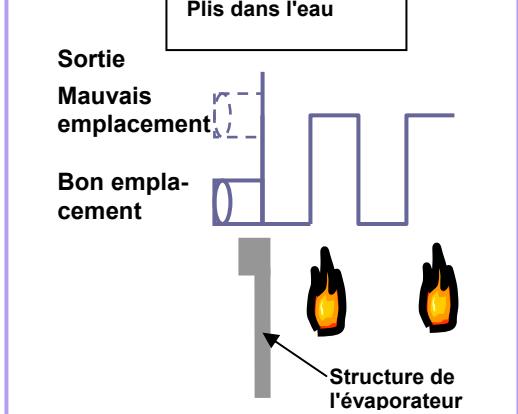


Figure 10 Illustration de sortie de la panne à plis

blème est de déplacer la sortie au niveau du fond du pli. Cette modification entraîne une modification de la valve-flotte.

## 6. Diagnostic d'un évaporateur

Le *Petit Larousse* définit le diagnostic comme étant: « l'identification de la nature d'un dysfonctionnement, d'une difficulté ». Si on veut appliquer cette définition au domaine acéricole, on pourrait dire que le diagnostic d'un évaporateur consiste à identifier les problèmes de malfonctionnement en regard de signaux observés ou mesurés. Qui dit signaux, dit valeurs cibles qui vont servir de point de comparaison. L'écart entre la valeur du signal et la valeur cible va déterminer le type d'action à entreprendre, si action il doit y avoir, pour se rapprocher de la cible.

Le producteur acéricole commence à se poser des questions, principalement lorsqu'il n'atteint pas le nombre de gallons de sirop à l'heure espérés, ou lorsqu'il prend plus d'huile pour faire un gallon de sirop, ou encore, qu'il fait trop de sirop des catégories C et D. Mais encore faut-il qu'il puisse se comparer avec des comparables et avoir les mêmes définitions pour les mêmes mots. Utiliser les mêmes unités s'avère obligatoire. Avoir un outil de comparaison permet à quiconque de situer sa production et de déclencher un processus d'amélioration appropriée. C'est un des buts de ce document et du DVD qui l'accompagne.

Comme un problème à l'évaporateur peut résulter d'un problème en amont de la tubulure, de l'entreposage ou du concentrateur, il est important de passer en revue cette partie du système. « *Dans ce document, il n'en sera pas question parce qu'il est pris pour acquis que tous les problèmes qui sont en amont de l'évaporateur ont été étudiés et corrigés.* »

Le fonctionnement d'un évaporateur paraît simple pour certains, mais il s'avère que c'est plus complexe pour une personne qui désire optimiser sa production. Tous les problèmes soulevés se recoupent dans les causes et dans les solutions. Une intervention peut régler plusieurs situations boiteuses.

Les principales problématiques visées sont: la performance de production, le ratio consommation-production, l'entretien de l'évaporateur, l'efficacité énergétique, la couleur, la saveur, la régularité de la coulée de sirop, le gonflement excessif, la température excessive des gaz dans la cheminée et la présence de suie sous les pannes. Ces problématiques ainsi que les pistes de solution qui leur sont associées sont décrites dans les **sections 7 à 15**.

## 7. La performance de production d'un évaporateur (capacité de traitement)

C'est quoi le problème?

La performance de production d'un évaporateur est reliée à sa capacité à traiter de la sève d'érable. Pour l'exprimer, on la traduit en quantité de sirop produit dans un temps déterminé. Dans ce document, l'unité privilégiée est le nombre de gallons à l'heure (gal/h). Ici, on parle de gallons impériaux et non de gallons américains. Un baril de 33 gal<sub>imp</sub> en 50 minutes est aussi une façon d'exprimer une performance qui est l'équivalent de 39,6 gal<sub>imp</sub>/h (1 baril x 33 gal<sub>imp</sub>/baril ÷ 50 min x 60 min/h = 39,6 gal<sub>imp</sub>/h). Souvent confondue avec l'efficacité énergétique, la performance de production n'a pas de référence aux gallons US d'huile qui a servi de combustible pour produire le sirop, ni à leur coût. Lorsqu'on est dans les gallons d'huile brûlée par gallon sirop produit, on ne parle plus de performance.

**La performance doit correspondre au besoin d'évaporation de l'exploitation** donc au nombre d'entailles et au type de coulée de l'érablière. Elle dépend de la grosseur de l'évaporateur, des ajustements du brûleur, de sa capacité à transférer la chaleur pour évaporer la sève d'érable ainsi que du taux de concentration de la sève atteint avec le concentrateur de sève d'érable. Il s'agit donc de trouver la meilleure combi-

aison possible de tous ces facteurs tout en réduisant au minimum les inconvénients rencontrés. En d'autres mots, il faut tirer le maximum de ce qu'on a comme équipement pour produire la quantité et la qualité de sirop visées. Pour améliorer le processus d'évaporation, on peut aussi envisager le changement d'équipements.

## 7.1 Procédures

La mesure de la performance de production ( $Perf_{prod}$ ) en gallons par heure est relativement simple et la procédure est la suivante :

- |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><u>pour les petites entreprises</u><br/>(exemple 3000 entailles et moins)</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. s'assurer que l'évaporateur a complété <u>une heure</u> de coulée de sirop avant de commencer le test;</li><li>2. prendre un contenant qui peut contenir au moins la coulée d'une heure; faire un premier remplissage;</li><li>3. partir le chronomètre à la fin du remplissage du contenant précédent; après <u>1 heure</u> de remplissage, changer de contenant; le temps "T" est d'une heure</li><li>4. mesurer le volume du sirop en gallons impériaux (<math>V_{sirop}</math>);</li></ol> | <p><u>pour les grandes entreprises</u></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. prendre le <u>2<sup>e</sup> baril</u> et voir la <u>note 5</u> en bas;</li><li>2. s'assurer du nombre de gallons impériaux du baril utilisé;</li><li>3. partir le chronomètre à la fin du remplissage du baril précédent, arrêter le chronomètre à la fin du remplissage du baril; c'est le temps « T » à convertir en heure;</li><li>4. le volume de sirop (<math>V_{sirop}</math>) est le nombre de gallons contenus dans le baril;</li></ol> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

calculer la performance de production

$$Perf_{prod} = V_{sirop} \div T \quad (\text{gal/h}) \quad V_{sirop} \text{ en gallons} \quad \text{et} \quad T \text{ en heures}$$

5. si la production est de plus d'un baril par jour, il est recommandé de prendre le 2<sup>e</sup> baril comme référence parce que le 1<sup>er</sup> est toujours un peu plus long à remplir; le 3<sup>e</sup> et les suivants ont un temps de production influencé par les changements de pression barométrique et, possiblement, par l'entraînement qui se développe au cours de la journée;
6. si par contre la production est supérieure à 8 barils, la moyenne de tous les barils est beaucoup plus représentative; dans ce cas, la méthode de prise de données doit être la même pour chaque baril, soit celle décrite plus haut;
7. pour obtenir une valeur plus représentative, il est recommandé de répéter la prise de mesures sur un minimum de 3 journées d'une même période à coulée comparable (5 de préférence) et faire la moyenne des valeurs;
8. il faut s'assurer que:
  - la coulée soit la plus continue possible ou tout au moins avoir un temps de fermeture inférieur à 1 ½ minute;
  - la température entre l'ouverture et la fermeture de la coulée ne dépasse pas 0,5 °F;
  - le sirop produit, durant le test, a une concentration le plus près possible de 66 °Brix sans jamais dépasser 66,5 °Brix;
  - l'environnement ambiant de l'évaporateur soit stable et comparable aux conditions habituelles de coulée (exemple: éviter l'ouverture de portes, si c'est inhabituel).



## Qu'est-ce que ça nous dit, une mauvaise performance de production?

Une performance de production est mauvaise si l'évaporateur ne remplit pas sa tâche dans le temps voulu et raisonnable. Pour se situer dans cette échelle de valeurs, il faut pouvoir comparer des évaporateurs fonctionnant dans son ensemble sous des conditions similaires.

Un système est dit comparable s'il a un certains nombre de points semblables tels que :

- les dimensions de l'évaporateur;
- le nombre de pannes à fond plat;
- le taux de concentration de la solution à l'entrée;
- la température de la solution à l'entrée;
- le débit de combustible utilisé par les brûleurs.

Et cette comparaison est d'autant plus évocatrice, si on a beaucoup de données, d'où l'intérêt que revêtirait une mise en commun de toutes les données au provincial pour former une banque de données la plus représentative possible comme dans certains clubs d'encadrement technique.

Les **Tableaux 1 et 2** « Comparatif des systèmes d'évaporation à l'huile selon la calibration aux dimensions proposées » aux pages 19 et 20 font état d'un certain nombre de cas en fonction de quatre facteurs variables: largeur de l'évaporateur, débit et pression de buses et des degrés Brix d'entrée. Les facteurs fixes utilisés sont : une solution entrante à 150 °F<sup>1</sup>, un sirop produit à 66 °Brix<sup>1</sup> et un temps de fermeture de la valve de coulée de moins de 1,5 minute.

Ce document permet de situer votre évaporateur au niveau de la performance, du ratio consommation-production et de l'efficacité énergétique à la sève.

Procédure d'utilisation des **Tableaux 1 et 2** :

1. valeurs connues de votre évaporateur :
  - largeur de l'évaporateur (pied)
  - débit des buses (valeur nominale à 100 psi) (gal<sub>US-huile</sub>/h)
  - concentration de la solution entrante (°Brix)
  - performance de production de sirop (gal<sub>Imp</sub>/h)
  - il est recommandable de sortir votre ratio consommation-production (gal<sub>US-huile</sub>/ gal<sub>Imp</sub>) (**Section 8**, page ...) et efficacité énergétique à la sève (%) (**Section 10.3**, page ...)
2. trouver la ligne correspondante : largeur et débit des buses;
3. aller à la colonne concentration de la solution entrante (°Brix);
4. si la concentration de solution entrante est la même que le vôtre, vous êtes prêt à comparer;
5. si la concentration de la solution entrante est différente, modifier le réglage du concentrateur pour obtenir une concentration identique à celle de la 4<sup>e</sup> colonne du tableau;
6. calculer vos nouvelles valeurs de performance de production, (au besoin, de ratio consommation-production et d'efficacité énergétique à la sève);
7. comparer vos valeurs avec celles du tableau qui s'étaisent sur deux lignes;
8. une ligne plus performante et une, moins; une, plus efficace et une, moins; une avec un ratio plus petit et une avec un, plus grand;
9. dépendant que vous êtes en-dessous, entre ou au-dessus des valeurs du tableau vous serez en mesure de prendre une décision éclairée sur le statu quo ou intervenir;
10. très important : la validité de la comparaison dépend du degré de précision des mesures prises; d'où l'importance de bien maîtriser les instruments de mesures.

<sup>1</sup> Même si la température s'éloigne du 150 °F et la concentration du sirop diffère de 66 °Brix, il est possible d'utiliser le tableau et l'erreur engendrée n'empêche pas de faire des comparaisons valables

La performance de production d'un évaporateur doit aller de paire avec son efficacité énergétique et son ratio consommation-production. On peut avoir un évaporateur super performant et que l'efficacité soit vraiment dans l'ordre de 50 à 60 %. Il y a de la chaleur à profusion, mais elle n'est pas utilisée à son plein potentiel. Il en résulte des coûts de chauffage supérieurs et des problèmes d'entartrage excessif dans les pannes à plis. En plus d'ajouter du temps et des efforts d'entretien, la couleur et la saveur espérée n'est pas au rendez-vous. Dans les **Tableaux 1 et 2**, il faut regarder les deux colonnes : efficacité énergétique et performance de production et essayer de maximiser les deux facteurs.

À partir de comparatifs, l'évaporateur étudié pourra se situer dans la moyenne, ce qui laisse une possibilité d'amélioration. S'il est au-dessus de la moyenne, on a une bonne marge de manœuvre pour régler d'autres problèmes. S'il est en-dessous, il est temps d'y voir. Maximiser une performance de production n'est pas synonyme d'optimiser l'efficacité énergétique et vice versa. On peut très bien avoir un évaporateur qui répond au besoin d'évaporation de l'entreprise et qui n'est pas efficace du point de vue énergétique.

### 7.3

#### Qu'est-ce qu'on peut faire maintenant?

La solution à un problème de mauvaise performance passe par trois avenues : augmenter la température d'entrée de la solution dans l'évaporateur pour ceux qui ont un préchauffeur, ou en monter la concentration ou ajuster le brûleur ou une combinaison des trois actions. Monter la température et la concentration est une solution facile, mais à risque de développer des problèmes d'entartrage et ses problèmes associés dans la panne à plis. Ajuster les brûleurs est un incontournable, même si on opte pour les deux premières options. Il faut aussi garder en vue de maximiser l'efficacité énergétique du même coup. Ces options sont développées aux **Sections 18 et 23.2** pages 42 et 63.

## 8. Le ratio consommation-production

C'est quoi le problème?

Le ratio consommation-production réfère à la quantité de gallons US d'huile utilisée pour produire un gallon impérial de sirop à un degré Brix donné. Ce ratio est traditionnellement utilisé par les producteurs acéricoles.

### 8.1 Procédures

Pour déterminer le ratio consommation-production (**Ratio<sub>cons-prod</sub>**), les étapes sont :

1. calculer la performance de production (**Perf<sub>prod</sub>**) tel que décrit dans la section 8.1.1 (gallons impériaux/heure);
  2. trouver le débit des buses à la pression nominale (**Déb<sub>Nom-Huile</sub>**) de 100 psi en gallon américain à l'heure;
  3. trouver la pression d'opération du brûleur (psi);
- trouver, dans la charte des buses ou dans le **Tableau 4** de la page 16, le facteur de multiplication pour la pression d'opération et la multiplier par le débit nominal des buses pour évaluer le débit réel des buses (**Déb<sub>Pres-Huile</sub>**), (gal<sub>US</sub>/h);
4. calculer le ratio consommation-production en divisant le débit des buses (**Déb<sub>Pres-Huile</sub>**) par la performance de production (**Perf<sub>prod</sub>**) :

$$\text{Ratio}_{\text{cons-prod}} = \text{Déb}_{\text{Pres-Huile}} \div \text{Perf}_{\text{prod}} \quad (\text{gal}_{\text{US-Huile}}/\text{gal}_{\text{imp-Sirop}})$$

Pour ne pas faire des erreurs de calculs, il est très important d'utiliser les unités en gallon US et impérial tel que décrit ci-dessus.

Tableau 1 Comparatif des systèmes d'évaporation à l'huile selon la calibration à 150 psi aux dimensions proposées

Tableau comparatif des systèmes d'évaporation à l'huile selon la calibration @ 150 psi aux dimensions proposées						
Largeur évaporateur	Débit d'huile galushuile/h		Concentration °Brix	Performance et Efficacité Énergétique @sève		
	@ 100 psi	@ 150 psi		Perf <sub>Prod</sub> gal <sub>IMP</sub> /h	Ratio Cons-prod gal <sub>US</sub> Huile/gal <sub>IMP</sub> Sirop	Eff <sub>Évap-Sève</sub> %
4	* 8	9,8	18	15	0,65	43%
	* 8	9,8	18	22	0,45	63%
	8,5	10,4	16	15	0,69	47%
	8,5	10,4	16	21	0,50	66%
	9	11,0	15	17	0,65	55%
	9	11,0	15	22	0,50	71%
	9,5	11,6	14	18	0,65	60%
	9,5	11,6	14	22	0,53	74%
	10	12,2	13	17	0,72	59%
	10	12,2	13	21	0,58	73%
	10,5	12,9	12	17	0,76	62%
	10,5	12,9	12	20	0,64	73%
	11,0	13,5	11	15	0,90	58%
	11,0	13,5	11	19	0,71	74%
	11,5	14,1	10	15	0,94	63%
	11,5	14,1	10	18	0,78	75%
						0,56 \$
5	7	17,1	18	35	0,49	57%
	7	17,1	18	45	0,38	73%
	7,5	18,4	16	32	0,57	57%
	7,5	18,4	16	42	0,44	75%
	8,5	20,8	15	34	0,61	58%
	8,5	20,8	15	45	0,46	77%
	9	22,0	14	32	0,69	57%
	9	22,0	14	42	0,52	74%
	9,5	23,3	13	32	0,73	59%
	9,5	23,3	13	40	0,58	74%
	10	24,5	12	30	0,82	58%
	10	24,5	12	38	0,64	73%
	11	26,9	11	28	0,96	55%
	11	26,9	11	38	0,71	74%
	11,5	28,2	10	26	1,08	54%
	11,5	28,2	10	35	0,80	73%
						1,00 \$
6	8,5	20,8	18	40	0,52	54%
	8,5	20,8	18	50	0,42	67%
	9	22,0	16	38	0,58	57%
	9	22,0	16	45	0,49	67%
	9,5	23,3	15	38	0,61	58%
	9,5	23,3	15	45	0,52	69%
	10	24,5	14	35	0,70	56%
	10	24,5	14	45	0,54	72%
	10,5	25,7	13	33	0,78	55%
	10,5	25,7	13	42	0,61	70%
	11,5	28,2	12	33	0,85	55%
	11,5	28,2	12	42	0,67	70%
	12	29,4	11	32	0,92	57%
	12	29,4	11	40	0,73	71%
	12,5	30,6	10	32	0,96	61%
	12,5	30,6	10	38	0,81	73%
						0,54 \$

Pour Eff. Énerg

Note 1 : seuil bas qui nécessite une nette amélioration par modification de la chambre de combustion et de recalibration du brûleur

Note 2 : seuil acceptable, facile à atteindre, en considérant un bon comportement de l'évaporateur (coulée sirop, entartage, etc);

par contre, peut être encore améliorer par un expert

Note 3 : \* 8 : selon le modèle brûleur, calibration qui peut exiger une bonne expertise dans le domaine

Note 4 : Marques et modèles de brûleurs ciblés: Carlin 601, 701 et 801 @ 150 psi

Note 5 : Valeurs du tableau à considérer seulement si : la coulée de sirop est régulière avec un temps de fermeture de moins de 1,5 min.

Note 6 : Calcul basé sur des conditions d'opérations suivantes:

Sortie sirop à 66 °Brix

°T entrée à 150 °F

Note 7 : Si évaporateur sans préchauffeur ajoutez entre 5 et 7% sur le calcul Eff. Énerg

Note 8 : Le débit d'huile à 100 psi est un débit par brûleur.

Source Raymond Nadeau

Note 9 : Le débit d'huile à 150 psi est un débit total des deux brûleurs (5 et 6 pieds)

Note 10 : La dernière colonne donne l'économie par gallon de sirop produit en considérant les 2 efficacités de la colonne « Efficacité »

Diagnostic d'un évaporateur de sève d'érable, À la recherche de la performance et de l'efficacité énergétique

Tableau 2 Comparatif des systèmes d'évaporation à l'huile selon la calibration à 300 psi aux dimensions proposées

Tableau comparatif des systèmes d'évaporation à l'huile selon la calibration @ 300 psi aux dimensions proposées							
Largeur évaporateur	Débit d'huile galus huile/h		Concentration °Brix	Performance et Efficacité Énergétique @sève			
	@ 100 psi	@ 300 psi		Perf <sub>Prod</sub> gal <sub>IMP</sub> /h	Ratio Cons-prod gal <sub>US</sub> Huile/gal <sub>IMP</sub> Sirop	Eff <sub>Evap-Sève</sub> %	
4	* 5	8,7	18	17	0,51	55%	0,42 \$
	* 5	8,7	18	22	0,39	71%	
	5,5	9,5	16	16	0,60	55%	0,58 \$
	5,5	9,5	16	22	0,43	76%	
	6,0	10,4	15	16	0,65	55%	0,56 \$
	6,0	10,4	15	21	0,49	72%	
	6,5	11,3	14	16	0,70	55%	0,60 \$
	6,5	11,3	14	21	0,54	73%	
	* 7	12,1	13	16	0,76	56%	0,54 \$
	* 7	12,1	13	20	0,61	71%	
	* 7,5	13,0	12	16	0,81	58%	0,58 \$
	* 7,5	13,0	12	20	0,65	73%	
	8,0	13,9	11	15	0,92	57%	0,55 \$
	8,0	13,9	11	18	0,77	68%	
	8,5	14,7	10	14	1,05	56%	0,67 \$
	8,5	14,7	10	17	0,87	68%	
5	* 5	17,3	18	33	0,52	53%	0,40 \$
	* 5	17,3	18	42	0,41	68%	
	5,5	19,1	16	33	0,58	57%	0,44 \$
	5,5	19,1	16	42	0,45	72%	
	6,0	20,8	15	32	0,65	55%	0,47 \$
	6,0	20,8	15	40	0,52	69%	
	6,5	22,5	14	30	0,75	52%	0,67 \$
	6,5	22,5	14	40	0,56	69%	
	7,0	24,2	13	30	0,81	53%	0,73 \$
	7,0	24,2	13	40	0,61	71%	
	7,5	26,0	12	31	0,84	56%	0,55 \$
	7,5	26,0	12	38	0,68	69%	
	8,0	27,7	11	30	0,92	57%	0,70 \$
	8,0	27,7	11	38	0,73	72%	
	8,5	29,4	10	27	1,09	54%	0,98 \$
	8,5	29,4	10	36	0,82	72%	
6	6,5	22,5	18	40	0,56	50%	0,55 \$
	6,5	22,5	18	55	0,41	68%	
	7,0	24,2	16	38	0,64	51%	0,62 \$
	7,0	24,2	16	52	0,47	70%	
	7,5	26,0	15	38	0,68	52%	0,59 \$
	7,5	26,0	15	50	0,52	69%	
	8,0	27,7	14	36	0,77	51%	0,73 \$
	8,0	27,7	14	49	0,57	69%	
	8,5	29,4	13	35	0,84	51%	0,82 \$
	8,5	29,4	13	48	0,61	70%	
	9,0	31,2	12	35	0,89	53%	0,71 \$
	9,0	31,2	12	45	0,69	68%	
	9,5	32,9	11	33	1,00	53%	0,90 \$
	9,5	32,9	11	44	0,75	70%	
	10,0	34,6	10	33	1,05	56%	0,66 \$
	10,0	34,6	10	40	0,87	68%	
Pour Eff.Énerg							
Note 1 :	seuil bas qui nécessite une nette amélioration par modification de la chambre de combustion et de recalibration du brûleur						
Note 2 :	seuil acceptable, facile à atteindre, en considérant un bon comportement de l'évaporateur (coulée sirop, entartage, etc); par contre, peut être encore améliorer par un expert						
Note 3 :	* 7 : selon le modèle brûleur, calibration qui peut exiger une bonne expertise dans le domaine						
Note 4 :	Marques et modèles de brûleurs ciblés: Beckett 1400, 2300, Carlin 702 @ 300 psi						
Note 5 :	Valeurs du tableau à considérer seulement si : la coulée de sirop est régulière avec un temps de fermeture de moins de 1,5 min.						
Note 6 :	Calcul basé sur des conditions d'opérations suivantes:						
	Sortie sirop 66 °Brix °T entrée à 150 °F						
Note 7 :	Si évaporateur sans préchauffeur ajoutez entre 5 et 7% sur le calcul Eff.Énerg						
Note 8 :	Le débit d'huile à 100 psi est un débit par brûleur.						
Note 9 :	Le débit d'huile à 150 psi est un débit total des deux brûleurs (5 et 6 pieds)						
Note 10 :	La dernière colonne donne l'économie par gallon de sirop produit en considérant les 2 efficacités de la colonne « Efficacité »						
Diagnostic d'un évaporateur de sève d'érable, À la recherche de la performance et de l'efficacité énergétique							

8.2

## Qu'est-ce que ça nous dit, un mauvais ratio consommation-production?

Comme pour la performance de production, la comparaison avec des cas qui ressemblent à l'évaporateur étudié permet de situer le ratio: meilleur, semblable ou inférieur. Les **Tableaux 1 et 2** de la performance de production et l'efficacité énergétique d'un certain nombre de cas en fonction de 4 facteurs: largeur de l'évaporateur, débit et pression de buses et du degré Brix d'entrée, sont de bons documents pour situer votre évaporateur au niveau de la performance de production unitaire. Il ne faut pas oublier les conditions inscrites au tableau et qui ont servit à l'élaborer. Pour la Procédure d'utilisation, retourner à la **Section 7.2**

Chose certaine, un  $\text{Ratio}_{\text{cons-prod}}$  égal ou supérieur à  $1 \text{ gal}_{\text{US-Huile}}/\text{gal}_{\text{imp-Sirop}}$  n'est pas un bon ratio. Il y a place à l'amélioration. À titre indicatif, l'expérience terrain permet de s'attendre, pour les concentrations suivantes, aux ratios ci-dessous :

- 15 °Brix à l'entrée ►  $\text{Ratio}_{\text{cons-prod}}$  de 0,35 à 0,50  $\text{gal}_{\text{US-Huile}}/\text{gal}_{\text{imp-Sirop}}$ ;
- 12 °Brix à l'entrée ►  $\text{Ratio}_{\text{cons-prod}}$  de 0,45 à 0,60  $\text{gal}_{\text{US-Huile}}/\text{gal}_{\text{imp-Sirop}}$ ;
- 10 °Brix, ►  $\text{Ratio}_{\text{cons-prod}}$  de 0,60 à 0,70  $\text{gal}_{\text{US-Huile}}/\text{gal}_{\text{imp-Sirop}}$ .

Ces valeurs sont seulement présentées à titre indicatif. Elles ne sont pas absolues et sont légèrement inférieures à celles du tableau parce qu'elles ont été fixées pour des évaporateurs ayant fonctionné de 5 à 6 heures donc plus stables et plus efficaces.

Selon le résultat de la comparaison, si le ratio consommation-production est supérieur au comparatif, il faut penser à revoir l'évaporateur sous l'angle de la performance de production, mais sans oublier l'efficacité énergétique développée dans les **sections 7 et 10**.

8.3

## Qu'est-ce qu'on peut faire maintenant?

La solution à un problème de mauvais ratio consommation-production passe par le travail sur le feu et sur l'efficacité énergétique comme décrit à la **section 10.2.3**. Il faut aussi garder en vue de maximiser la performance de production. Ces options sont développées aux **Sections 7 et 10**.

### 9. L'entretien de l'évaporateur

C'est quoi le problème?

L'entretien de l'évaporateur ne doit pas dépasser la normalité et devenir une tâche plus importante que le travail fait avec l'évaporateur. Ainsi, le personnel qui pourrait être assigné à d'autres tâches de production n'est pas disponible. Aussi, l'entretien doit avoir la capacité d'éviter des pertes de revenus dues à des problèmes de couleur et de saveur. Dans ce cadre les points retenus notamment sont l'entartrage et le sirop filant.

#### 9.1 L'entartrage des pannes

L'entartrage est le phénomène de déposition de bimalate de calcium aussi appelé pierre de sucre. La cuisson de la sève et l'évaporation de l'eau favorise le phénomène. La formation de pierre augmente avec

l'augmentation de la concentration en sucre et de la température dans l'évaporateur. Le phénomène est très connu dans les casseroles à fond plat. Mais son apparition de façon chronique dans les pannes à plis est plus récente et correspond à l'utilisation des concentrateurs pour produire une solution à 8 °Brix et plus. Le problème devient significatif à partir de 10 °Brix. Augmenter le Brix, sans considérer les autres ajustements à faire à l'évaporateur, rendra le problème encore plus aigu.

Il existe deux types de pierre de sucre. Le premier est une pierre très dure et difficile à déloger qui s'accumule en fines couches. Le deuxième est un mélange de bimalate de calcium et de sucre qui est plus facile à déloger.

### 9.1.1

#### Comment sait-on que l'on a un problème d'entartrage des pannes?

L'historique de l'entretien de l'évaporateur est normalement le moyen d'identifier une situation problématique due à une augmentation significative de déposition de bimalate de calcium dans les pannes. Cette augmentation récente est souvent associée à un changement tout aussi récent comme une augmentation de la concentration de la solution à l'entrée ou un changement de la membrane du concentrateur pour une membrane moins perméable, c'est-à-dire qui garde plus de minéraux dans la solution à bouillir. Donc on parle d'observation.

Changer les pannes à fond plat à chaque baril de sirop produit est problématique. On devrait faire au moins un baril et demi avant de changer les pannes à fond plat. Avec un évaporateur en équilibre, (bonne régularité de coulée, degré Brix de transfert adéquat et contrôlé) on peut même atteindre 2 à 3 barils.

Voici quelques cas relatés qui exposent de réels problèmes dans les pannes à plis :

- un cas assez extrême d'une solution d'entrée à 18 °Brix d'un évaporateur qui produisait 16 à 22 barils par jour et le lendemain, quelqu'un passait 4 heures de laveuse à pression; et s'il dépassait les 22 barils, c'est à coup de marteau qu'il devait travailler pour aider au lavage avec tout le risque d'altérer sa panne;
- un autre cas, tout aussi important, d'un évaporateur qui produisait 10 à 12 barils par jour et que dans les grosses journées pouvait monter jusqu'à 17 barils; à tous les matins, l'opérateur vidait la panne à plis et la passait à la laveuse à haute pression; même parfois il n'en venait pas à bout; il fallait laver à l'acide, et ce, 3 à 4 fois durant la saison, alors que le lavage à l'acide en saison n'est pas du tout recommandé.
- 

Évidemment, il y a des cas moins extrêmes, mais il faut se rappeler que les dépôts de bimalate de calcium risquent de provoquer des défauts de saveur et de couleur. Tout changement significatif de la situation vaut la peine de s'y arrêter et de réagir. Si le problème s'aggrave au point d'exiger un lavage à l'acide des pannes à plis en saison, il faut s'inquiéter de l'image du sirop d'érable comme produit naturel et pur.

### 9.1.2

#### Qu'est-ce qu'on peut faire maintenant?

Pour diminuer le problème d'entartrage dans la panne à plis, la répartition adéquate de la chaleur sous les deux types de pannes est importante. Assez de chaleur sous la panne à fond plat permet de sortir la solution régulièrement et empêche la stagnation de la solution dans la panne à plis. Comme la clé de la solution réside dans le type d'écoulement de la solution dans les pannes, en augmentant l'épaisseur de bouillage, la fluidité et l'écoulement s'en trouve améliorer.

Si on revient à la source du problème qui peut être la concentration de la solution à l'entrée, voir à baisser la concentration est une avenue de solution. La **Section 23.2**, page 63, traite de ces solutions.



Figure 11 Inverseur de coulée pour la panne à fond plat

Une bonne gestion des pannes à fond plat fait en sorte de ne pas attendre avant de les changer pour éviter que la pierre ne surcuisse et soit difficile à enlever.

Pour les pannes à fond plat, il existe un équipement qui améliore grandement le comportement de l'évaporateur : l'inverseur de coulée (**Figure 11**). En inversant périodiquement l'entrée et la sortie dans les pannes à fond plat, on réussit à augmenter le temps entre deux nettoyages de pannes et se rendre à la fin de la journée dans certain cas. On a vu des cas qui avaient à changer les pannes à tous les barils de sirop produit et qui ont retardé le changement au 5 barils.

L'inverseur de coulée convient des productions journalières de 5 à 7 barils. Au-delà de ça, il faudra nettoyer toutes les pannes durant le jour, ce qui amènera à posséder un double de chaque panne.

La conséquence est qu'il faut nettoyer toutes les pannes du même coup. Comme la pierre de sucre est plus cuite, le temps de nettoyage s'en trouve augmenter. La durée de nettoyage peut doubler.

## 9.2 La production de sirop filant

C'est quoi le problème?

Le sirop filant est associé à la fermentation en raison d'une prolifération de micro-organismes et d'une augmentation de la température extérieure. Le travail des bactéries s'accélère. Il y a production importante de polysaccharides, ce qui confère à la sève et au sirop une viscosité élevée. La longueur des filaments formés dépend du degré de détérioration de la sève d'érable.

### 9.2.1

Comment sait-on que l'on a un problème de sirop filant?

Au classement, si le vérificateur de la qualité du sirop décèle un sirop qui file de 10 cm et plus, il est retenu. Il est envoyé au laboratoire pour une expertise plus approfondie. Si le résultat confirme l'aspect filant du premier classement, le sirop est détruit.

La viscosité de la solution s'accentue avec l'avancement de la saison. Un sirop filant boue comme du gruau dans un chaudron. Ça gonfle énormément. C'est très difficile à contrôler avec l'antimousse. Au moment de la coulée, c'est difficile de faire sortir le sirop.

Il paraît que lorsqu'on traite du sirop filant dans l'évaporateur une fois, on s'en rappelle pour toujours.

### 9.2.2

Qu'est-ce qu'on peut faire maintenant?

Le problème de micro-organismes provoquant le sirop filant se retrouve beaucoup en amont de l'évaporateur soit au niveau de la tubulure, l'entreposage et le concentrateur. Donc il est important d'avoir une bonne conception du système de tubulures et une installation impeccable, et de bien entretenir tout ce qui est en amont des évaporateurs.

Mais au niveau de l'évaporateur et de son entourage immédiat, il y a un environnement favorable au développement accéléré de ces micro-organismes qui arrivent. On parle de la tuyauterie qui apporte la sève à l'évaporateur, les valves-flettes, les pannes à plis, les préchauffeurs. Donc la chose à faire pour limiter les dégâts est un bon assainissement de l'équipement et une bonne aseptisation de son contenu à la fin de chaque journée d'évaporation. C'est une partie de l'entretien parfois négligée. La **Section 25.1** page 69 porte sur l'entretien.

## 10. L'efficacité énergétique

C'est quoi le problème?

Tout le monde observe que le prix de l'huile à chauffage n° 2, ne cesse d'augmenter et représente une partie importante du coût de production du sirop d'érable. Travailler sur l'amélioration de l'efficacité énergétique est le meilleur investissement qu'un acériculteur puisse faire pour diminuer sa consommation d'énergie. L'efficacité énergétique est l'outil idéal pour diagnostiquer un problème de surconsommation de combustible. Il est important de bien définir ce qu'est l'efficacité, comment on peut la calculer et quelles sont les valeurs recherchées.

### 10.1 Définition

L'efficacité énergétique ( $\text{Eff}_{\text{Evap}}$ ) d'un système d'évaporation se définit comme étant le rapport entre la quantité d'énergie utile ( $Q_{\text{utile}}$ ) ou effectivement utilisée par le système pour produire le sirop, et la quantité totale d'énergie qui est fournie au système ( $Q_{\text{fournie}}$ ) (voir illustration à la **Figure 5**). L'efficacité est exprimée en pourcentage.

$$\text{Eff}_{\text{Evap}} (\%) = (Q_{\text{utile}} / Q_{\text{fournie}}) \times 100$$

L'objectif est d'utiliser la plus grande partie possible de l'énergie fournie qui est générée par la combustion d'un combustible tels que l'huile, le bois, les granules et ainsi augmenter le pourcentage (%) d'efficacité.

L'énergie utile ( $Q_{\text{utile}}$ ) est composée de l'énergie nécessaire pour l'évaporation de l'eau ( $Q_{\text{vap}}$ ) plus l'énergie sensible ( $Q_{\text{sens}}$ ) nécessaire à chauffer la sève jusqu'au point d'ébullition. Donc l'équation de l'efficacité devient :

$$\text{Eff}_{\text{Evap}} (\%) = \frac{(Q_{\text{vap}} + Q_{\text{sens}})}{Q_{\text{fournie}}} \times 100$$

L'efficacité peut se calculer en évaporant de l'eau potable et on l'appellera « *Efficacité énergétique à l'eau potable* » aussi nommée pour fin de simplification « *Efficacité énergétique à l'eau* ». Si on évapore de la sève d'érable ou son concentré, ce sera l' « *Efficacité énergétique à la sève* ». Ce sont des proches parentes qui suivent la même méthodologie d'évaluation. Ce sont deux types d'efficacité que l'on dit « *instantanée* » parce qu'elle est prise à un moment donné dans le temps. Par opposition, « *l'efficacité annuelle* » est une valeur qui tient compte de toute la production annuelle de sirop et de la consommation totale d'énergie correspondant. Ce sont des valeurs sur lesquelles il est important de se questionner.

### 10.2 L'efficacité énergétique de l'évaporateur à l'eau potable

C'est quoi le problème?

La mesure de l'efficacité énergétique de l'évaporateur à l'eau potable ( $\text{Eff}_{\text{vap\_Eau}}$ ) est un test d'évaporation qui donne un portrait énergétique d'un évaporateur, à un moment précis, qui permet, en plus :

- de comparer cet évaporateur avec des semblables parce que le test est réalisé avec un liquide (l'eau) qui se retrouve partout avec à peu près les mêmes propriétés;

- d'entreprendre des interventions sur l'évaporateur tel que l'ajustement du brûleur si l'efficacité mesurée le requiert; il est important de suivre l'effet des modifications apportées en reprenant le test d'efficacité après;
- de prédire la tendance de l'efficacité à la sève.

Le test sur un évaporateur neuf se fait après que le vendeur ait optimisé le fonctionnement des brûleurs. Par la suite, on devra mesurer l'efficacité énergétique aux changements de buses du brûleur qui se fait aux 2 à 3 ans, ou après chaque ajustement. Si le temps des sucres ne le permet pas, il faut prévoir de réaliser un test d'efficacité à l'eau pure après, afin de vérifier les gains obtenus.

### 10.2.1 Procédures

Les procédures pour réaliser un test d'évaporation à l'eau potable sont :

1. préparer une réserve suffisante d'eau potable et pas trop minéralisée (conductivité électrique entre 300 à 400 microsiemens ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )) pour le remplissage initial de l'évaporateur (2 pouces) et pour la durée du fonctionnement et un certain facteur de sécurité;
2. deux méthodes de calculer le volume d'eau transférée dans l'évaporateur :

- installer un compteur d'eau totalisateur entre le réservoir d'alimentation et l'entrée d'eau dans l'évaporateur;

- ou avec une règle, (voir **Figures 12 et 13**)

- calculer la différence de hauteur d'eau dans le réservoir entre 2 prises de lecture;
- en connaissant les dimensions (longueur, largeur) en centimètres, il est facile de calculer le volume qui est parti vers l'évaporateur;
- il faut que le niveau d'eau soit assez haut pour être dans la zone non circulaire du réservoir pour utiliser cette formule;
- comme la règle en centimètres s'avère un meilleur choix pour évaluer une petite différence de hauteur, et qu'il y a 219,97 gal/mètre cube, la formule devient :

$$V(\text{gal}) = \frac{\text{Larg.}(\text{cm}) \times \text{Long.}(\text{cm}) \times \Delta H(\text{cm})}{1000} \times 0,22;$$

- le chiffre 0,22 tient compte des différentes unités et conversion pour arriver à un résultat en gallons impériaux;
- il arrive que certains réservoirs soient déformés au centre, c'est-à-dire qu'ils ont ouvert sous la charge d'eau lorsque remplis à raz bord; à ce moment, il s'agit de prendre quelques mesures de largeur et faire la moyenne;

3. démarrer le brûleur et laisser fonctionner jusqu'à ce qu'il ait complété 60 minutes de pleine évaporation en s'assurant que le régime soit stable;
4. lors des tests, il faut reproduire les mêmes conditions d'opération qu'en saison et garder ces conditions stables (apport d'air et environnement comparable); éviter les perturbations inhabituelles;
5. à ce moment, prendre une mesure au compteur ou à la règle et partir le chronomètre;

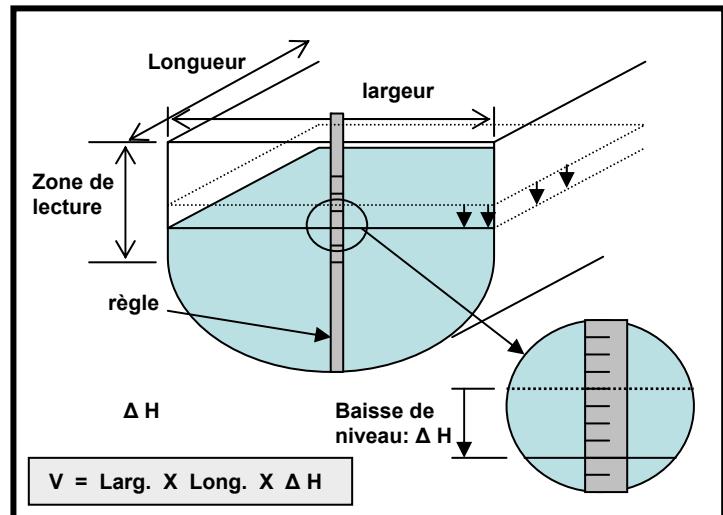


Figure 12 Illustration du calcul de volume d'eau dirigée vers l'évaporateur dans un intervalle de temps chronométré



Figure 13 Règle pour mesurer volume d'eau qui alimente l'évaporateur

6. à environ tous les 15 minutes, noter le temps, et prendre la mesure au compteur ou à la règle et remplir le **Tableau 3a** ou **3b** de l'**Annexe 1**; en régime stable d'ébullition, prendre 4 ou 5 valeurs qui vont servir à faire la moyenne;
7. faire les calculs de débit horaire à chaque prise de mesure et faire la moyenne (la somme des débits individuels divisée par le nombre de mesures); c'est le taux moyen d'évaporation (à l'équilibre);
8. noter la température de l'eau à l'entrée au **Tableau 3a** ou **3b**.

En même temps que les mesures d'efficacité, il est important de faire un suivi du système de combustion des brûleurs pour savoir s'il est stable durant l'opération. Il faut faire un minimum de 2 séries de tests de combustion (au début et à la fin de la prise de données des étapes 5 à 7 précédentes); en ajouter quelques-uns donne la variation de la combustion si variation il y a. Noter les informations suivantes au **Tableau 4** de l'**Annexe 2** :

1. brûleurs: la marque, le modèle et l'emplacement; le débit nominal d'huile à 100 psi; la pression d'opération; le débit à la pression d'opération (gal<sub>US-Huile</sub>/h);
2. réglage des brûleurs : position de la tête de turbulence; % ouverture du registre d'air (la trappe); les buses: marques, débit nominal à 100 psi, angle, type de jet;
3. chambre à combustion : la pression statique dans la chambre (la tire)
4. gaz de cheminée: la température; la pression statique (la tire) dans la souche; le résultat du test de fumée; la teneur en CO<sub>2</sub> et O<sub>2</sub>; les positions des clés de tirage;
5. efficacité de combustion en % en utilisant la règle à calculs de combustion.

Si les tests de combustion vous révèlent une différence importante sur l'efficacité de combustion, on peut en déduire que la valeur d'efficacité énergétique de l'évaporateur n'est pas valable. Il faut s'assurer de stabiliser la combustion avant toute chose. Pour ce faire, trois points sont à vérifier : l'état des buses, la saleté sur les ailettes de la tête du brûleur et un possible manque d'air. Cette stabilisation ne doit surtout pas changer l'état d'ajustement actuel de l'évaporateur parce que c'est ça que l'on veut vérifier. Toute la procédure concernant les prises de mesures sur la combustion est traitée à la **Section 18.4.3**.

Avec la température de l'eau à l'entrée (°C ou °F), le taux d'évaporation (à l'équilibre) (gal/h), le débit total réel de mazout (gal<sub>US-Huile</sub>/h), on calcule le rapport "R" selon l'équation suivante :

$$R = \text{taux évaporation (gal/h)} \div \text{débit total mazout (gal}_{\text{US}}/\text{h)}.$$

À l'aide du **Tableau 5** de l'**Annexe 3**, de la température et du rapport « R », on trouve l'efficacité énergétique instantanée du système d'évaporation à l'eau potable (Eff<sub>Évap-Eau</sub> en %).

Voici un exemple:

pour un R de 7,75 gal/h d'évaporation par gal<sub>US</sub>/h de mazout,  
une température de l'eau à l'entrée de 140 °F,  
on a une Eff<sub>Évap-Eau</sub> = 62 %

### 10.2.2

Qu'est-ce que ça nous dit, une mauvaise efficacité énergétique à l'eau?

Premièrement, il faut savoir qu'une valeur inférieure à 70 %<sup>1</sup> indique que le système n'est pas efficace et qu'il faut entreprendre une démarche corrective, surtout si on est à la première investigation. Deuxièmement, il faut comparer la valeur d'efficacité énergétique avec celle d'évaporateurs de mêmes dimensions

<sup>1</sup> Références terrains pour les valeurs d'efficacité inscrites dans cette section

fonctionnant dans les mêmes conditions. Cette comparaison permet de déterminer les objectifs à atteindre avec les correctifs.

Entre 72 et 75 %, c'est une zone grise en termes d'interventions. Si aucun travail n'a été fait, ça vaut la peine d'entreprendre une démarche à la condition que la performance de production soit satisfaisante. Cependant, si des correctifs ont déjà été apportés et que l'efficacité énergétique demeure pratiquement inchangée, il est moins pertinent de continuer. Une simple calibration des brûleurs peut facilement améliorer le système d'évaporation et son efficacité de quelques degrés à un coût moindre. Dans le cas contraire, on prendra les moyens nécessaires pour améliorer la performance de production et l'entretien. L'efficacité énergétique devra être vérifiée avant et après les interventions pour s'assurer que l'on a au moins conservé l'efficacité énergétique de départ avec le but de l'améliorer.

Une efficacité énergétique en bas de 70 % est un signe qu'une partie de l'énergie qui doit servir à l'évaporation est perdue surtout dans la cheminée. Par conséquent, cette énergie ne se transfère pas à l'eau par l'intermédiaire des tôles des pannes. La température de la cheminée monte au-delà de la température de référence qui est autour de 550 °F dépendant des dimensions de l'évaporateur. On ne devrait pas dépasser 650 °F.

À titre indicatif, on a réussi à atteindre, sur le terrain, des efficacités énergétiques à l'eau potable de 80 à 84 %.

#### 10.2.3

#### Qu'est-ce qu'on peut faire maintenant?

Comme plusieurs problèmes d'un évaporateur sont reliés au système de combustion, un système d'évaporation inefficace à l'eau potable trouve sa solution dans un travail de réglage du brûleur : pression, registre d'air, buses, pression statique dans la chambre à combustion et dans la cheminée, ajustement de la clé sur cheminée et du contrôle automatique de tire; test des gaz de cheminée.

Il se peut que les dimensions de la chambre de combustion soient trop grandes, et qu'il faille la rapetisser en fonction de la calibration des buses. La configuration du foyer peut aussi être la cause de la perte de chaleur, ce qui exigera de revoir le profil du fond afin de ralentir la vitesse de passage des gaz et de laisser le temps à l'échange de chaleur aux pannes à plis.

Les interventions se font de la plus simple à la plus compliquée. Ainsi, une bonne calibration des buses combinée à l'ajustement du brûleur précède la modification de la chambre de combustion et du foyer. On vise une efficacité de combustion de 75 % et plus, tout en ayant une bonne performance de production, un bon comportement de l'évaporateur et ultimement une bonne efficacité énergétique de l'évaporateur.

Tout ce qui touche la combustion est traité en détail à la **Section 18**.

#### 10.3. L'efficacité énergétique de l'évaporateur à la sève

C'est quoi le problème?

L'efficacité énergétique de l'évaporateur à la sève est, comme son nom l'indique, une valeur d'efficacité lors de l'évaporation de la sève (eau d'érable) ou d'un concentré de sève. La présence de sucre dans la solution, qui monte la température d'ébullition, vient modifier l'efficacité par rapport à l'eau pure. Donc on est en situation réelle pendant le temps des sucres.

Le Centre ACER a développé une méthode d'évaluation de cette efficacité qui ressemble beaucoup à celle de l'efficacité à l'eau, aussi développée par lui. La méthode se retrouve dans leur *Cahier de transfert technologique en acériculture* (CTTA). Dans cette méthode, il faut tenir compte de la concentration en Brix de la solution entrante en plus de sa température. L'application de la méthode a démontré qu'il était très difficile

de maintenir des conditions de tests égales tout au long d'une journée et du test lui-même. En effet le phénomène d'entartrage des pannes fait en sorte que la capacité d'évaporation change dans le temps. Les sondes (thermomètre et couleurs automatique) subissent aussi l'entartrage qui change leur sensibilité et répondent différemment à la température dans le temps.

Pour cette raison, l'utilisation d'une méthode plus simple, développée au club Qualité acéricole Beauce-Appalaches, facilite la prise de données par l'opérateur de l'évaporateur. Elle donne une efficacité énergétique à la sève acceptable et indicatrice d'un bon ou d'un mauvais fonctionnement. L'avantage de cette façon de faire est d'être capable d'obtenir une efficacité à la sève sans perturber les opérations de bouillage en pleine saison.

Les mesures suivantes permettent d'éviter un procédé compliqué :

1.  $B_{Sève}$ : ..... concentration de la solution à l'entrée (°Brix);
2.  $T_{Sève}$ : ..... température de la solution à l'entrée (°F);
3.  $B_{Sirop}$ : ..... concentration du sirop moyen (°Brix);
4.  $Déb_{Sirop}$ : ..... performance (gal/h) voir la **section 8.1** pour la méthode d'évaluation;
5.  $P_{Opér.}$ : ..... pression d'opération du brûleur (psi);
6.  $Déb_{Nom-Huile}$ : débit nominal des brûleurs à 100 psi (galus-Huille/h);
7.  $Nb_{brûl.}$ : ..... nombre de brûleurs.

Toujours pour s'assurer des meilleures valeurs possibles, on devrait vérifier :

1. que l'évaporateur est en marche depuis assez longtemps pour couvrir au moins une heure de coulée stable avant d'entreprendre la prise de données;
2. que la coulée soit la plus continue possible ou tout au moins avoir un temps de fermeture inférieur à 1,5 minute;
3. que la température entre l'ouverture et la fermeture de la coulée ne dépasse pas 0,5 °F;
4. que le sirop produit durant le test a une concentration le plus près possible de 66 °Brix sans jamais dépasser 66,5 °Brix;
5. que l'environnement ambiant de l'évaporateur soit stable et comparable aux conditions habituelles de coulée;
6. que pour avoir des données plus fiables, répéter, durant 3 à 5 journées d'une même période, la prise de données et en faire une moyenne (moins de risque d'obtenir des écarts inexplicables).

La concentration de la solution entrante doit être prise à l'entrée de la flotte au lieu du réservoir parce que la solution n'est pas homogène dans le réservoir, sans parler de l'eau de désucrage retournée au réservoir de concentré qui change la teneur en sucre. Si on est obligé de prendre l'échantillon au réservoir, on utilisera un tuyau 5/16 assez long pour aller chercher la solution tout près de la sortie du réservoir la plus représentative de celle qui s'en va à l'évaporateur.

Comment on fait : avant de descendre le tuyau, on place le pouce à une extrémité et on descend l'autre extrémité près de la sortie; on lève le pouce et la solution entre à l'autre bout; on remet le pouce lorsqu'on a la quantité suffisante et on retire le tuyau du réservoir avec un échantillon acceptable.

On déconseille aussi la prise de mesure au concentrateur parce que le concentrateur ne conserve pas toujours son ajustement.

### 10.3.1 Procédures

Avec ces données, l'efficacité énergétique à la sève peut être évaluée selon deux méthodes basées sur les mêmes équations de base de calculs d'énergie : méthode par calcul et méthode par tableau. Avant d'entrer dans une méthode, il y a quelques petits calculs à réaliser afin d'avoir en main toutes les données nécessaires.

### 10.3.1.1 Autres données nécessaires

- Le débit d'huile à la pression opération (gal<sub>US-Huile</sub>/h) :

$$\mathbf{Déb_{Pres-Huile}} = \mathbf{Déb_{Nom-Huile}} \times \mathbf{Fcor_{Déb-Huile}} \times \mathbf{Nb_{brûl}}$$

À la pression d'opération du brûleur ( $P_{Opér}$ ) (psi), le facteur de correction du débit est :  $Fcor_{Déb-Huile} = \sqrt{(P_{Opér} \div 100)}$ ; on peut aussi utiliser le **Tableau 6** qui donne le facteur en fonction de la pression d'opération.

Tableau 6 Facteur de correction du débit nominal à 100 psi (gal<sub>US-Huile</sub>/h) huile en fonction de la pression d'opération

Pression opération	Fcor <sub>Déb-Huile</sub>	Pression opération	Fcor <sub>Déb_Huile</sub>	Pression opération	Fcor <sub>Déb-Huile</sub>
120	1,0954	240	1,5492	310	1,7607
130	1,1402	250	1,5811	320	1,7889
140	1,1832	260	1,6125	330	1,8166
150	1,2247	270	1,6432	340	1,8439
160	1,2649	280	1,6733	350	1,8708
170	1,3038	290	1,7029	360	1,8974
180	1,3416	300	1,7321	370	1,9235

- Le débit de la solution d'entrée dans l'évaporateur à la concentration mesurée :

$$\mathbf{Déb_{Sève}} = \mathbf{Déb_{Sirop}} \times \mathbf{F_{Déb-Sève}} \quad (\text{gal/h})$$

Le facteur de calcul pour transformer le débit de sirop en débit solution entrante,  $F_{Déb-Sève}$ , est déterminé en fonction de la concentration du sirop sortant ( $B_{Sirop}$ ) et de la concentration de la solution entrante ( $B_{Sève}$ ). Le **Tableau 7** donne ce facteur.

Tableau 7 Facteur de multiplication ( $F_{Déb-Sève}$ ) pour calculer la quantité totale de solution entrante dans l'évaporateur

Solution entrante °Brix	Concentration du sirop produit		
	66 °Brix	67 °Brix	68 °Brix
2	43,3800	44,2401	45,1095
2,5	34,6387	35,3255	36,0197
3	28,8085	29,3797	29,9571
4	21,5362	21,9631	22,3948
5	17,1512	17,4912	17,8350
6	14,2368	14,5191	14,8044
7	12,1543	12,3953	12,6389
8	10,5938	10,8038	11,0161
9	9,3794	9,5654	9,7534
10	8,4074	8,5741	8,7426
12	6,9507	7,0885	7,2278
13	6,3904	6,5171	6,6452
14	5,9098	6,0270	6,1454
15	5,4940	5,6029	5,7130
16	5,1298	5,2315	5,3343
17	4,8082	4,9035	4,9999
18	4,5225	4,6121	4,7028
19	4,2670	4,3516	4,4371
20	4,0372	4,1172	4,1981

### 10.3.1.2 Méthode par calcul

La méthode par calcul part de l'équation de base de l'efficacité énergétique.

L'efficacité est :

$$\text{Eff}_{\text{Évap-Sève}} (\%) = \frac{Q_{\text{Vap}} + Q_{\text{Sens}}}{Q_{\text{Fournie}}} \times 100$$

L'énergie d'évaporation est :

$$Q_{\text{Vap}} = [ 99,20 \times \text{Déb}_{\text{Sève}} \times (100 - B_{\text{Sève}}) ] - [ 127,37 \times \text{Déb}_{\text{Sirope}} \times (100 - B_{\text{Sirope}}) ]$$

L'énergie sensible<sup>1</sup> est :

$$Q_{\text{Sens}} = 1 \frac{\text{BTU}}{\text{lb-}^{\circ}\text{F}} \times (10,227 \times \text{Déb}_{\text{Sève}}) \times (212 - T_{\text{Sève}})$$

L'énergie fournie est :

$$Q_{\text{Fournie}} = 129\,957 \times \text{Déb}_{\text{Pres-Huile}}$$

Il est important de respecter les unités :  $\text{Déb}_{\text{Sève}}$  et  $\text{Déb}_{\text{Sirope}}$  : gal<sub>Imp</sub>/h ou gal/h

$\text{Déb}_{\text{Pres-Huile}}$  : gal<sub>US-Huile</sub>/h

$B_{\text{Sève}}$  et  $B_{\text{Sirope}}$  : °Brix

$T_{\text{Sève}}$  : °F

Cette équation est bonne pour toutes les concentrations des solutions entrantes ainsi que pour d'autres types de combustibles. Évidemment, avec d'autres combustibles, pour la partie énergie fournie, il faut tenir compte du pouvoir calorifique (BTU/unité de mesure) et des unités de mesure de quantité appropriées du combustible employé.

### 10.3.1.3 Méthode par tableau

La méthode par tableau fait référence au **Tableau 8** de l'**Annexe 4** qui permet de calculer une efficacité énergétique instantanée à la sève. Le tableau a ses limites parce qu'il n'est pas fait pour des concentrations de solution entrante supérieure à 12 °Brix.

La méthode par tableau va comme suit :

- La valeur de "R" qui est le nombre de gal<sub>ImpSève</sub> par gal<sub>USHuile</sub> :

$$R = \text{Déb}_{\text{Sève}} \div \text{Déb}_{\text{Pres-Huile}} \text{ (Voir section précédente } \text{Autres données nécessaires})$$

- à l'aide du **Tableau 8 de l'Annexe 4**;
- trouver la valeur « R » dans la colonne de gauche et le degré Brix de concentration de la solution entrante de la partie A du tableau;
- l'intersection de la ligne et de la colonne donne une valeur de l'efficacité avant correction;
- trouver la valeur de la température (°F) de la solution entrante dans l'évaporateur à gauche et l'efficacité (%) avant correction dans le haut de la partie B;
- l'intersection de la ligne et de la colonne donne la valeur en % de l'efficacité annuelle.

<sup>1</sup> Pour élaborer l'équation d'évaluation de l'énergie correspondant à la chaleur sensible, la solution entrante n'est pas considérée comme une solution sucrée mais bien comme de l'eau, avec une température d'ébullition de 212 °F et une constante de 1 BTU/lb- °F. Ces valeurs permettent de calculer une bonne approximation de l'efficacité énergétique instantanée à la sève.

#### 10.3.1.4 Exemple d'utilisation des 2 méthodes d'évaluation d'efficacité à la sève

Pour illustrer les deux méthodes de calcul d'efficacité instantanée à la sève, voici un exemple :

Un producteur acéricole prend les mesures suivantes :

- production de sirop de 10,22 gal<sub>Imp</sub>/h ( $\text{Déb}_{\text{Sirop}}$ )
- son sirop est à 67 °Brix ( $B_{\text{Sirop}}$ )
- le concentré est à 8 °Brix ( $B_{\text{Sève}}$ )
- à une température de 50 °F ( $T_{\text{Sève}}$ )
- son brûleur fonctionne à 150 psi de pression ( $P_{\text{Opér}}$ )
- et son débit nominal à 100 psi est 8,45 gal<sub>US-huile</sub>/h ( $\text{Déb}_{\text{Nom-Huile}}$ )

La solution est :

1. Le débit d'huile à la pression opération (gal<sub>US</sub>/h) :

**Tableau 6**, facteur de correction = 1,2247

$$\begin{aligned}\text{Déb}_{\text{Pres-Huile}} &= \text{Déb}_{\text{Nom-Huile}} \times F_{\text{cor-Déb}} \times N_{\text{brûl}} \\ &= 8,45 \text{ gal}_{\text{US-Huile}}/\text{h} \times 1,2247 \times 1 \\ &= 10,35 \text{ gal}_{\text{US-Huile}}/\text{h}\end{aligned}$$

2. Le débit de la solution d'entrée

**Tableau 7**, 67 °Brix ( $B_{\text{Sirop}}$ ) et 8 °Brix ( $B_{\text{Sève}}$ ) : facteur de multiplication = 10,8038

$$\begin{aligned}\text{Déb}_{\text{Sève}} &= \text{Déb}_{\text{Sirop}} \times F_{\text{Déb-Sève}} \\ &= 10,22 \text{ gal}_{\text{Imp}}/\text{h} \times 10,8038 \\ &= 110,4 \text{ gal}_{\text{Imp}}/\text{h}\end{aligned}$$

3. Le facteur R

$$\begin{aligned}R &= \text{Déb}_{\text{Sève}} \div \text{Déb}_{\text{Pres-Huile}} \\ &= 110,4 \text{ gal}_{\text{Imp}}/\text{h} \div 10,35 \text{ gal}_{\text{US-Huile}}/\text{h} \\ &= 10,7 \text{ gal}_{\text{ImpSève}} / \text{gal}_{\text{USHuile}}\end{aligned}$$

La méthode par calcul :

4. L'énergie d'évaporation est :

$$\begin{aligned}Q_{\text{Vap}} &= [ 99,20 \times \text{Déb}_{\text{Sève}} \times (100 - B_{\text{Sève}}) ] - [ 127,37 \times \text{Déb}_{\text{Sirop}} \times (100 - B_{\text{Sirop}}) ] \\ &= [ 99,20 \times 110,4 \text{ gal}_{\text{Imp}}/\text{h} \times (100 - 8 \text{ °Brix}) ] - [ 127,37 \times 10,22 \text{ gal}_{\text{Imp}}/\text{h} \times (100 - 67 \text{ °Brix}) ] \\ &= [ 1007554,5 ] - [ 42956,8 ] \\ &= 964597,7 \text{ BTU/h}\end{aligned}$$

5. L'énergie sensible est :

$$\begin{aligned}Q_{\text{Sens}} &= 1 \frac{\text{BTU}}{\text{lb- °F}} \times (10,227 \times \text{Déb}_{\text{Sève}}) \times (212 - T_{\text{Sève}}) \\ &= 1 \times (10,227 \times 110,4 \text{ gal}_{\text{Imp}}/\text{h}) \times (212 - 50 \text{ °F}) \\ &= 182907,84 \text{ BTU/h}\end{aligned}$$

6. L'énergie fournie est :

$$\begin{aligned}Q_{\text{Fournie}} &= 129957 \times \text{Déb}_{\text{Pres-Huile}} \\ &= 129957 \times 10,35 \text{ gal}_{\text{US}}/\text{h} \\ &= 1345054,9 \text{ BTU/h}\end{aligned}$$

7. L'efficacité énergétique instantanée à la sève est :

$$\text{Eff}_{\text{Evap-Sève}} = \frac{(Q_{\text{Vap}} + Q_{\text{Sens}}) \times 100}{Q_{\text{Fournie}}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{(964\,597,7 \text{ BTU/h} + 182\,907,84 \text{ BTU/h}) \times 100}{1\,345\,054,9 \text{ BTU/h}} \\
 &= 85,3 \%
 \end{aligned}$$

### La méthode par tableau

8. Le **Tableau 8** avec un R de 10,7  $\text{gal}_{\text{ImpSève}} / \text{gal}_{\text{USHuile}}$  et un 8 °Brix ( $B_{\text{Sève}}$ )

La partie A donne une efficacité avant correction de 72,3 %

La partie B avec un 72,3 % et un 50 °F ( $T_{\text{Sève}}$ ) donne une efficacité entre 84 et 85 %

$$\text{Eff}_{\text{Évap-Sève}} = 84,3 \%$$

La différence de 1 % entre les 2 méthodes vient du fait que plusieurs chiffres ont été arrondis aux calculs et est tout à fait acceptable.

#### 10.3.2

**Qu'est-ce que ça nous dit, une mauvaise efficacité énergétique à la sève?**

Si on veut savoir que l'efficacité énergétique à la sève n'est pas acceptable, il faut se comparer. Le **Tableau 1** de la page 19 donne des seuils acceptables d'efficacité à la sève pour différentes largeurs d'évaporateurs, différents débits de buses et différentes concentrations de la solution entrante. Les valeurs du tableau tiennent compte de :

- un sirop sortant à 66 °Brix<sup>1</sup> (ça paraît une évidence et pourtant, ce n'est pas toujours le cas);
- la température de la solution entrante à 150 °F<sup>1</sup>;
- la régularité de la coulée avec un temps de fermeture de moins de 1,5 minute.

La Procédure d'utilisation du **Tableau 1** se retrouve à la **Section 7.2**, page 19.

Il faut comprendre que la valeur de l'efficacité à la sève a été évaluée à partir de données prises durant le travail quotidien avec une précision acceptable pour donner un diagnostic sommaire de l'évaporateur.

Une valeur d'efficacité énergétique à la sève de 70 % est acceptable, mais on devrait viser 75 %. Par contre, une valeur inférieure à 65 % indique qu'il y a des travaux d'amélioration à faire.

La valeur trouvée sera toujours une valeur de base et de comparaison pour l'évaporateur étudié. Et si des travaux sont réalisés, la valeur après devrait indiquer s'il y a une amélioration ou un effet nul.

#### 10.3.3

**Qu'est-ce qu'on peut faire maintenant?**

Les recommandations de la **Section 10.2.3** de la page 26, se rapportant à l'efficacité énergétique à l'eau potable, s'appliquent intégralement au problème de l'efficacité à la sève.

<sup>1</sup> Même si la température s'éloigne du 150 °F et la concentration du sirop diffère de 66 °Brix, il est possible d'utiliser le tableau et l'erreur engendrée n'empêche pas de faire des comparaisons valables

## 10.4 L'efficacité énergétique annuelle du système d'évaporation

C'est quoi le problème?

L'efficacité énergétique annuelle du système d'évaporation ( $\text{Eff}_{\text{Évap-An}}$ ) est toujours le rapport de l'énergie utilisée sur toute énergie fournie, mais cette fois pour la quantité totale de sirop produit dans une année, avec la quantité de combustible strictement utilisé pour l'évaporation d'eau d'éryable nécessaire à la production totale de sirop d'éryable. Toute l'huile qui a servi à d'autres fonctions ne doit pas être considérée, par exemple l'huile utilisée pour chauffer un local.

### 10.4.1 Procédures

Pour calculer l'efficacité énergétique annuelle, les procédures sont :

1. déterminer la quantité totale de sirop qui a été produite ( $\text{Déb}_{\text{Sirop}}$ ) durant toute la saison: sirop vendu en vrac, au détail sous forme de sirop et de produits transformés, autoconsommation et sirop qui n'est pas encore livré; en gallons impériaux ( $\text{gal}_{\text{imp}}$ );
2. évaluer la quantité nette de combustible ( $\text{Déb}_{\text{Pres-Huile}}$ ) en ( $\text{gal}_{\text{us}}$ ) uniquement utilisé pour la production du sirop évaluée en 1; pour évaluer, il y a trois options :
  - la première option est uniquement valide si l'huile n'a servi qu'à l'évaporation et consiste à se fier sur les livraisons d'huile et les quantités restantes au début et à la fin de la saison (Quantité restante<sub>début</sub> + Quantités livrées - Quantité restante<sub>fin</sub>);
  - la deuxième, pour séparer les quantités correspondant aux différents usages, un débitmètre totalisateur sur la ligne d'huile (voir **Figure 14**) qui alimente le brûleur va donner la quantité total d'huile utilisée;
  - la troisième option consiste à installer une minuterie totalisatrice (voir **Figure 15**) sur le circuit électrique du brûleur qui calculera le temps qu'a fonctionné le brûleur durant la saison; avec la pression et le débit du brûleur, on peut évaluer le volume total brûlé pour produire le sirop (débit x temps);
- la quantité nette est exprimée en gallons américains ( $\text{gal}_{\text{us}}$ );
3. déterminer la concentration de la solution entrante ( $\text{B}_{\text{Sève}}$ ) en °Brix; une valeur moyenne pendant toute la saison; ceux qui remplissent un registre journalier (modèle de registre **Annexe 5**), peuvent puiser leurs valeurs dans ce document;
4. déterminer la température moyenne de la solution à l'entrée ( $\text{T}_{\text{Sève}}$ ) dans l'évaporateur (°F); le registre journalier vous aidera ici aussi (**Annexe 5**);



Figure 14 Débitmètres totalisateurs pour mesurer le taux d'alimentation des brûleurs en combustible

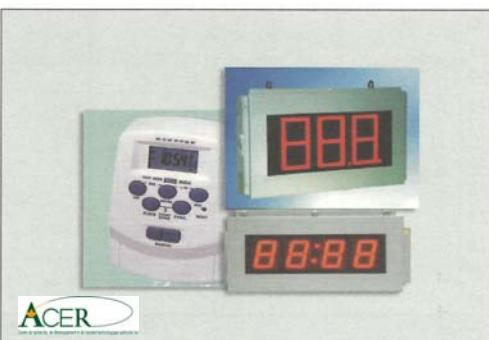


Figure 15 Minuterie totalisatrice pour mesurer temps d'utilisation des brûleurs

5. calculer la quantité de solution qui est entrée ( $\text{Déb}_{\text{Sève}}$ ) dans l'évaporateur pour produire la quantité de sirop déterminée en 1; il faut multiplier le nombre de gallons impériaux de sirop produits par un facteur ( $\text{F}_{\text{Déb-Sève}}$ ) qui est fonction du Brix d'entrée de la solution et du Brix du sirop produit; le **Tableau 7** donne les facteurs de multiplication selon 3 concentrations de sirops (66, 67 ou 68 °Brix);
6. calculer le rapport « R » qui est la quantité de solution traitée ( $\text{Déb}_{\text{Sève}}$ ) en  $\text{gal}_{\text{imp}}$  divisée par la consommation annuelle de combustible ( $\text{Déb}_{\text{Pres-Huile}}$ ) en  $\text{gal}_{\text{us}}$ ;

7. La méthode par tableau pour les solutions entrantes de 12 °Brix et moins: voir la **Section 10.3.1.3**, page 29
8. La méthode par calcul peut aussi être utilisée pour toutes les concentrations : voir la **Section 10.3.1.2**, page 29

Un exemple :

Un producteur fait 11 barils de 32 gal<sub>imp</sub>/baril de sirop à 66 °Brix, et concentre à 12 °Brix (**B<sub>Sève</sub>**) et la solution entre à 140 °F(**T<sub>Sève</sub>**);

l'huile sert uniquement à l'évaporation, il constate en début saison un réserve de 3 750 litres d'huile; deux factures de livraisons de 8 250 et 8 000 litres; et en fin de saison, le niveau lui indique une réserve de 6 900 litres;

calcul du volume de solution à 12 °Brix traitée par son évaporateur :

$$126 \text{ barils} \times 32 \text{ gal}_{\text{imp}}/\text{baril} = 4 032 \text{ gal}_{\text{imp}} \text{ (Déb}_{\text{Sirop}}\text{)}$$

$$4 032 \text{ gal}_{\text{imp}} \times \text{facteur (tableau 7)}$$

$$4 032 \text{ gal}_{\text{imp}} \times 6,9507 = 28 025 \text{ gal}_{\text{imp}} \text{ (Déb}_{\text{Sève}}\text{)}$$

Il a traité, dans son évaporateur, **28 025 gal<sub>imp</sub>** de solution concentrée à 12 °Brix

calcul de la quantité d'huile utilisée :

$$3 750 + [8 250 + 8 000] - 6 900 = 13 100 \text{ litres}$$

pour transformer en gal<sub>US</sub> : un litre = 0,2642 gal<sub>US</sub>

$$13 100 \text{ litres} \times 0,2642 \text{ gal}_{\text{US}}/\text{litres} = \mathbf{3 461 \text{ gal}_{\text{US-huile}}} \text{ de carburant (Déb}_{\text{Pres-Huile}}\text{)}$$

calcul du facteur « R »

$$R = 28 025 \text{ gal}_{\text{imp}} \div 3 461 \text{ gal}_{\text{US-huile}}$$

$$R = \mathbf{8,1}$$

valeur de l'efficacité selon la méthode tableau :

R = 8,1 et concentration à 12 °Brix et le **tableau 8**, Partie A

► efficacité avant correction = 51,8 %

température d'entrée de 140 °F et 51,8 % et le **tableau 8**, Partie B

► efficacité annuelle : Eff<sub>Évap-An</sub> = **55 %**

valeur de l'efficacité selon la méthode calcul :

$$Q_{\text{Vap}} = [99,20 \times 28 025 \text{ gal} \times (100 - 12 \text{ °Brix})] - [127,37 \times 4 032 \text{ gal}_{\text{imp}} \times (100 - 66 \text{ °Brix})]$$

$$Q_{\text{Sens}} = 1 \times (10,227 \times 28 025 \text{ gal}_{\text{imp}}) \times (212 - 140 \text{ °F})$$

$$Q_{\text{Fournie}} = 129 957 \times 3 461 \text{ gal}_{\text{US}}$$

$$\text{Eff}_{\text{Évap-An}} = \frac{(Q_{\text{Vap}} + Q_{\text{Sens}})}{Q_{\text{Fournie}}} \times 100$$

$$\text{Eff}_{\text{Évap-An}} = \mathbf{55 \%}$$

Pour évaluer l'efficacité annuelle, il faut assez de rigueur de la part du producteur dans la prise de mesure :

- Pour la quantité de sirop produit, on doit tenir compte de toute la production.
- Pour transformer cette production en quantité de solution traitée par l'évaporateur, le degré Brix ainsi que la température doivent être pris à plusieurs reprises et notés au registre pour en faire une bonne valeur moyenne représentative.
- Pour la quantité d'huile à chauffage utilisée à l'évaporation, la séparation des utilisations est absolument nécessaire. Plus les chiffres sont précis, plus on peut tirer des conclusions valables.

#### 10.4.2

### Qu'est-ce que ça nous dit, une mauvaise efficacité énergétique annuelle?

Une mauvaise efficacité annuelle se situe à 5 %<sup>1</sup> et plus en-dessous de l'efficacité énergétique instantanée à la sève comme mesurée à la **Section 10.3.1**. C'est un signe que l'énergie fournie est utilisée de façon exagérée en dehors de la période où l'évaporateur est en état d'équilibre où le taux d'évaporation est stable (quelques heures suivant la mise en marche). Il est normal d'arriver à une différence de valeur, mais plus la différence est grande plus le problème est important et quand celle-ci dépasse le 5 %, il faut commencer à se poser des questions comme :

- Vous faites quoi de plus avec l'huile?
- Est-ce que les cycles d'évaporation sont trop courts? Plus de départs et d'arrêts qui entraînent plus de pertes d'énergie à l'allumage et au refroidissement. Un problème souvent relié à un évaporateur surdimensionné.
- À la fin de la journée, rincez-vous avec plus d'eau que nécessaire? Plus d'eau, plus d'énergie pour évaporer ce surplus.
- À la fin de journée, pour aseptiser ta panne à plis, faites-vous toujours bouillir la solution plus qu'il faut? Pour aseptiser, une minute de bouillage suffit. Si pour « ne pas prendre de chance » vous faites bouillir 6 minutes. C'est 5 minutes de trop. Et en plus pour faire recirculer un filtrat dans la panne à plis, vous chauffez le filtrat pendant 5 minutes lorsque pas nécessaire; vous venez de faire fonctionner le brûleur pendant 10 minutes à 15 galUS/h par exemple, ce qui fait une consommation de 9,5 litres à 1,00 \$/litre, une utilisation journalière d'huile inutile de 9,50 \$.
- Démarrez-vous votre évaporateur avec trop d'eau, ce qui retarde le début de l'évaporation et prend donc plus d'énergie?
- Jouez-vous avec les flottes un peu trop, ce qui peut apporter une dilution excessive et rapide du concentré dans la panne plate et retarder la sortie du sirop donc demander plus d'énergie?
- Le réservoir et ou la ligne d'amenée d'huile, ont-ils des fuites?
- Les factures de livraison, sont-elles fidèles au volume réellement livré?

#### 10.4.3

### Qu'est-ce qu'on peut faire maintenant?

L'efficacité annuelle est une forme de bilan qui permet au producteur de réfléchir sur sa régie. Il faut revoir la régie de l'entretien, plus précisément pour les rinçages et l'aseptisation. En ce qui a trait aux cycles d'évaporation qui résultent en autant de départs et d'arrêts de l'évaporateur que de cycles, il est opportun de reporter certaines périodes d'évaporation au lendemain. On peut aussi penser augmenter le nombre d'entailles pour faire correspondre les dimensions de l'évaporateur au besoin. Réduire la taille de l'évaporateur n'est pas une avenue économique, surtout si ça ne répond pas à un autre besoin essentiel.

Une vérification des réservoirs et des conduites peut s'avérer nécessaire autant pour diminuer le volume d'huile utilisé que pour protéger l'environnement. Les factures peuvent être vérifiées en mesurant les volumes d'huile dans le réservoir avec une charte de calcul. Le sujet est traité à la **Section 24**, page 66.

À titre indicatif, on a réussi à atteindre une efficacité énergétique à la sève de 84 %.

<sup>1</sup> Références terrain

## 11. La couleur du sirop

C'est quoi le problème?

Une bonne performance et une bonne efficacité ne sont pas un gage du bon comportement d'un évaporateur. On a vu des cas où les deux conditions étaient remplies, mais que l'évaporateur avait des problèmes majeurs d'entraînement, de couleurs et de saveur du sirop produit. Comme le prix du sirop est basé sur la couleur selon les catégories AA, A, B, C et D, il est important de produire un sirop de la meilleure qualité possible.

### 11.1

Comment sait-on que l'on a un problème de couleur de sirop?

L'historique de classement des cinq dernières années de production ainsi que vos propres notes prises à votre registre journalier sont les outils nécessaires à une bonne investigation dans l'univers de la couleur. Une analyse en détail des rapports va indiquer si votre production est plus dans les dernières classes. Et si ça se répète à chaque année.

Un système devrait pouvoir produire 10 à 20 % du sirop dans le AA, et 40 %, dans le A<sup>1</sup>. En d'autres mots, si vous avez de la difficulté à produire du AA, il y a un problème. Inutile de dire que celui qui n'arrive pas à produire du Clair et Extra-Clair même dans la première période des sucres est aussi à problèmes.



Figure 16 : Colorimètre à bouteilles est un des instruments qui aide au classement du sirop à la ferme

### 11.2

Qu'est-ce qu'on peut faire maintenant?

Il est impossible de faire du sirop qualité si la sève d'érable n'est pas au meilleur de sa qualité. On doit donc régler tous les problèmes reliés à la tubulure, à l'entreposage et à la concentration. Après, on peut s'attaquer à l'évaporateur. Les actions touchent la concentration et la température de la solution d'entrée, les dimensions des pannes, le feu, la chambre de combustion, le foyer, l'entretien des pannes et la pratique de bouillage.

La tendance actuelle est de concentrer davantage l'eau d'érable, en passant de 8 à 15 ° Brix et parfois même jusqu'à 20 °Brix. Comme les évaporateurs sont conçus pour travailler avec une solution d'entrée de 8 à 10 °Brix, arrive un problème dans les pannes à plis où la solution passe trop de temps et caramélise. On voit le degré Brix de transfert plis-plat augmenter automatiquement, encore un indice du changement récent. Pour ceux qui ont un préchauffeur, la température élevée de la solution peut contribuer au phénomène.

Pour réagir à ce problème, diminuer le degré Brix et la température d'entrée en combinant l'augmentation de l'efficacité peut donner un résultat satisfaisant pour réduire les coûts et améliorer la qualité.

<sup>1</sup> Par expérience terrain

Travailler sur les dimensions des pannes en diminuant la longueur des pannes à plis et en augmentant le nombre de pannes à fond plat peut s'avérer bénéfique, mais coûteux. Lors d'un achat, il est primordial de déterminer le degré Brix de concentration comme critère de conception pour faire un choix approprié des pannes plat-plis.

Le problème n'est pas juste relié à la concentration. Il peut se retrouver sous les pannes, c'est-à-dire dans le feu. Trop de chaleur sous les pannes à plis peut aussi contribuer à produire du sirop foncé. Pas assez de chaleur sous les pannes plates empêche le mouvement de la solution dans toutes les sections et retarde la sortie du sirop. On est alors confronté à un manque de régularité dans la sortie du sirop, point qui est traité à la **Section 13**, page 38.

Il faut refaire l'ajustement des brûleurs tant au niveau du calibrage que d'au niveau de l'emplacement de la chaleur sous les pannes. Une vérification des premières bulles au niveau du plat est un bon indice de la dynamique de la solution à cet endroit. À la **Section 22**, page 60, le patron de bouillage est élaboré.

Par expérience, la chambre de combustion, après un ajustement des brûleurs, a dû être rapetissée. En plus de la chambre de combustion, le foyer peut faire aussi l'objet d'un nouveau profilage qui va contribuer à une meilleure utilisation de la chaleur et permettre une diminution de la température des gaz dans la cheminée. Tout ce qui touche l'ajustement des brûleurs se retrouve à la **Section 18**, page 43.

Il faut s'assurer d'un entretien adéquat des casseroles à fond plat et à plis en fonction des dépôts de pierre à sucre et de sucre et d'un contrôle adéquat du gonflement. Le sucre emprisonné favorise le développement d'une couleur foncée et d'une saveur de sucre brûlé ou caramélisé. À l'arrêt de l'évaporateur, on recommande d'obstruer les conduits de transfert entre les casseroles pour éviter l'homogénéisation de la solution à travers l'évaporateur. Lorsque cela se produit, le temps de séjour des sucres s'en trouve allongé avant que se rebâisse un gradient de concentré. Tout est fonction du temps d'arrêt.

Un autre point à vérifier est la régularité de la coulée qui influence l'entartrage et la couleur (**Section 13**). Un manque de régularité entraîne une augmentation du temps de séjours dans les pannes. La cuisson supplémentaire qui en résulte provoque l'intensification de la couleur.

Il arrive en cours de saison, même pour un système de collecte bien installé et bien régi, que la sève se détériore progressivement sous l'action des bactéries et des levures pour produire des sucres invertis. Le sucre de départ, le saccharose est divisé à parts égales en glucose et en fructose. Le fructose est plus problématique à la caramélisation que le glucose. C'est dans la façon de bouillir, l'épaisseur de solution dans la panne à plis de même que sur le degré Brix à l'entrée que l'on peut accélérer le passage de la solution dans la panne à plis. Le tout est combiné à une réduction de la chaleur en diminuant la pression, donc l'apport en huile, donne de bons résultats. La **Section 23.1** 61 traite de cette problématique.

## 12. La saveur du sirop

C'est quoi le problème?

La recherche de qualité du sirop passe aussi par le développement de la saveur caractéristique de l'érable. Il va de soi que les défauts de saveurs détectés à l'étape du classement baissent la valeur du sirop. Le **Tableau 9** des défauts de saveur relevés par le classement fait état des conséquences associées à chacun d'eux.

Tableau 9 Les défauts de saveur et leur effet sur le prix

DÉFAUTS DE SAVEUR et de SIROP FILANT			
CODES	DÉFAUTS	CARACTÉRISTIQUES	CONSÉQUENCES
✓R1	Défaut d'origine naturelle	Bois, caramélisé, brûlé, sève	Pénalité de 0,10 \$
✓R2	Défaut d'origine microbiologique	Présence de moisissure ou de fermentation	Pénalité de 0,10 \$
✓R3	Défaut d'origine chimique	Trace de résidus (souvent suite du lavage ou de l'assainissement de la tubulure)	Retenu automatiquement (détruit si confirmation par la deuxième analyse)
✓R4	Défaut non identifié	Ensemble de mauvais goûts ou d'odeurs non identifiés ou absence de flaveur	Payé NC + ajustement éventuel du prix si vendu comme sirop régulier
✓R5	Goût de bourgeon	Trace de goût de bourgeon	Payé NC
✓R6	Sirop filant	Sirop filant	Retenu automatiquement (détruit si confirmation par la deuxième analyse)

12.1

Comment sait-on que l'on a un problème de saveur de sirop?

La première étape importante est de goûter le sirop et d'exprimer en mots votre appréciation et de l'inscrire au registre journalier de production. La deuxième étape consiste à consulter vos registres et les rapports de classement des cinq dernières années. L'analyse fait ressortir les problèmes récurrents auxquelles il faut chercher les causes et les pistes de solution.

Il y a des défauts qui sont développés par l'évaporateur, tel que le goût de caramel fort, voire de brûlé, de café, de chocolat et de substances étrangères. Par contre, les goûts de sève, de bourgeon et de bois, quoique incontournable, peuvent être atténués avec un savoir faire de l'opérateur de l'évaporateur.

12.2

Qu'est-ce qu'on peut faire maintenant?

Les recommandations développées à la **Section 10.2** à propos des problèmes de couleurs s'appliquent intégralement aux problèmes de saveur. On y parle de qualité de la sève d'éryable, de concentration excessive, de température élevée de la solution entrante, de dimensions de pannes, de feu et brûleurs, de chambre de combustion et foyer, de vitesse de passage de la solution dans les pannes à plis.

Pour ce qui est des substances étrangères, l'anti-mousse non végétal avec un goût particulier, ou un produit ranci peut être une cause. En plus si on l'utilise de façon exagérée, le problème s'en trouve amplifié. Pour éliminer cette cause, il faut utiliser un produit végétal au goût le plus neutre possible et apprendre à l'utiliser avec le plus d'efficacité possible. Évidemment, la combinaison des recommandations précédentes feront en sorte que le contrôle de la mousse sera beaucoup plus facile. La **Section 23.4**, page 64 traite de la gestion du gonflement.

## 13. La régularité de la coulée de sirop

La régularité de la coulée de sirop est la caractéristique qui fait que le sirop sort à des intervalles égaux. Et dans le cas du sirop, plus cet intervalle est petit, voire nul dans le cas de coulée continue, plus le système est en équilibre. Elle est la mesure du fonctionnement de ce dernier.

Pour qualifier la régularité, on mesure le temps de fermeture entre deux coulées. Aussitôt que la fermeture (automatique ou manuelle) de la valve se produit, on part le chronomètre. Dès que l'opération de coulée recommence, la mesure de l'intervalle est notée au registre. Il arrive que la valve ouvre pour laisser couler une quantité importante parce que la température l'exige et referme assez vite et repart pour une coulée continue. Le chronomètre va arrêter au début de la première vague.

13.1

Comment sait-on que l'on a un problème de régularité de coulée de sirop?

La coulée en continue demeure la meilleure régularité de coulée de sirop d'un système d'évaporation. Il faut tendre vers un intervalle minimal. Le temps de fermeture devrait être égal à 50 % du temps d'ouverture et se tenir en deçà de 1,5 minute. Mais dépasser 1,5 minute peut résulter en une perte d'une demi-classe lorsqu'on arrive au sirop de classe B. Les sucres invertis, qui attendent pour sortir, brûlent et le sirop devient plus foncé. La concentration à l'entrée influence le temps de fermeture. Pour une concentration à 8 °Brix, le temps est un peu plus long qu'à 16 °Brix. Un acériculteur qui sait contrôler la régularité, est un acériculteur qui est capable de contrôler le goût du sirop produit.

13. 2

Qu'est-ce qu'on peut faire maintenant?

La régularité d'un évaporateur va de pair avec un feu bien balancé et bien ajusté. C'est donc un premier élément à considérer. Ceci nécessite souvent des modifications à la chambre de combustion et au foyer.

Comme on sait que l'entartrage est l'ennemi numéro un de la régularité, une gestion de ce problème doit se faire comme il est décrit plus haut dans la **Section 9.1.2**, page 21.

Le système de flottes doit fonctionner convenablement. Toute variation dans le débit affecte la circulation de la solution dans l'évaporateur.

La concentration de la solution qui entre dans l'évaporateur doit être la plus stable possible. Le suivi et l'ajustement du concentrateur, de même que la prise de mesure du Brix doivent être maîtrisés pour rencontrer cette exigence.

## 14. Le gonflement excessif

C'est quoi le problème?

Le gonflement ou le moussage de la sève d'érable dans les casseroles de l'évaporateur est un phénomène probablement impossible à prévenir complètement. Lorsqu'il devient ex-

cessif et difficile, voire incontrôlable, c'est là qu'il devient problématique. Il est induit par l'intensité d'ébullition et est fonction de la concentration de la solution. Il y a aussi d'autres composés également responsables du gonflement. Il dépend aussi de l'activité microbienne provenant du réseau de collecte et d'entreposage qui produit des polysaccharides. On sait qu'à la fin de la saison, le phénomène s'accentue.

Le gonflement excessif, qui provoque un débordement, représente des pertes de sirop non négligeables. De plus, un mauvais contrôle de ce dernier peut diminuer le classement d'une demie classe.

14.1

### Comment sait-on que l'on a un problème de gonflement?

Un gonflement excessif s'accompagne d'une utilisation excessive de l'antimousse même dans une période où la qualité de la sève d'éryable devrait être de bonne qualité. De l'antimousse versé en continu est un signe encore plus fort d'un problème important.

Pour la période correspondant au sirop B ou A faible (transmittance autour de 58 à 62 %), on pourrait penser à un niveau de mousse égale à l'épaisseur de la sève à froid. Si on a 2 pouces (po) de sève, l'épaisseur de mousse serait de 2 po pour une épaisseur totale de 4 po. Ce n'est qu'un guide raisonnable de l'épaisseur pour une période précise de production, comme ici dans le premier tiers de la période de production.

14.2

### Qu'est-ce qu'on peut faire maintenant?

Il y a trois facteurs qui influencent le phénomène: la présence ou non d'une grande activité microbienne dans le milieu, la quantité de chaleur fournie sous les pannes et l'avancement de la saison. Pour prévenir l'activité microbienne, le système de collecte de la sève doit être bien calibré selon le bon taux de charge des collecteurs correspondant au nombre d'entailles. De plus, une bonne installation de la tubulure tuteurée doit permettre un drainage naturel vers les lieux de collecte.

En ce qui a trait à l'évaporateur, si l'énergie fournie fait partie du problème, il faut revoir l'ajustement du brûleur et la répartition de la chaleur sous les pannes. Si c'est excessif, il faut baisser les brûleurs en changeant les buses (nozzles) pour réduire le débit. Baisser la pression en fonction du problème s'avère une modulation du brûleur très efficace pour diminuer le problème.

Plus on avance dans la saison, plus l'activité bactérienne progresse, et ce, malgré les efforts d'assainissement. Augmenter l'épaisseur du bouillage devient alors une option. L'augmentation de hauteur stabilise et améliore l'écoulement.

Lors de l'événement de moussage, l'usage d'antimousse à son minimum est recommandé. Et il doit se faire correctement et avec des produits qui n'altèrent pas l'intégrité du sirop d'éryable.

## 15. La température excessive des gaz dans la cheminée et la présence de suie sous les pannes

C'est quoi le problème?

La température des gaz de combustion dans la cheminée est l'une des manifestations de l'utilisation de l'énergie par l'évaporateur. En d'autres mots, plus cette température dépasse l'acceptable, moins le système est efficace à utiliser l'énergie de l'huile pour évaporer de l'eau. Elle peut aussi être une manifestation d'une mauvaise distribution de la chaleur sous les pannes. Ce qui résulterait à beaucoup trop d'énergie sous les pannes à plis. Si la température dépasse le 650 °F<sup>1</sup>, on a une amélioration à faire.

L'absence de suie sous les pannes est un des signes d'une bonne combustion du mazout. De surcroît, la suie agit comme un isolant et réduit de façon notable le transfert de chaleur.

15.1

Qu'est-ce qu'on peut faire maintenant?

Dans les deux cas, l'ajustement du brûleur s'avère une nécessité.

Pour la température des gaz dans la cheminée, on devrait tendre vers les valeurs suivantes en fonction de la largeur de l'évaporateur:

un évaporateur de 4 pieds (pi) :	minimum de 450 °F (commence à être performant)
5 pi :	moyenne de 550 °F
6 pi :	maximum de 650 °F

Ça joue de 500 °F à 600 °F; et sans dépasser le 650 °F

L'ajustement du brûleur incluant la calibration des buses permet d'influencer la température de la cheminée.

La modification du profil du foyer augmente la turbulence qui ralentit le passage de gaz de combustion. Elle permet ainsi un meilleur échange de chaleur entre les gaz et la panne à plis. Plus de chaleur utilisée signifie qu'il en sort moins par la cheminée et la température des gaz diminue d'autant.

## 16. Pistes de solution

Dans les sections qui vont suivre, des pistes de solutions aux différents problèmes décrits précédemment sont amenées de façon décortiquée. Évidemment, une solution peut régler plusieurs problèmes du même coup. Et il arrive qu'on ait besoin de plusieurs solutions pour régler un seul problème.

On traitera notamment d'ajustement de brûleurs, de modification de chambre de combustion et de foyer, de contrôle de moussage, de gestion et d'entretien.

## 17. Quelques conseils d'installation

L'intention n'est pas de faire le tour des instructions d'installation, tâche qui revient normalement au vendeur. Mais certains conseils semblent pertinents et reliés aux correctifs à réaliser sur un évaporateur.

<sup>1</sup> Référence terrain

## 17.1 Installation de l'évaporateur au niveau

Les évaporateurs doivent être installés au niveau avant toute démarche de modification ou d'amélioration.

Comme expliqué aux **Section 5.2 et 5.3**, le mouvement de la solution vient de l'évaporation qui crée une différence de hauteur de solution entre deux entre 2 points d'un évaporateur. Cette différence, par la force de gravité, crée un mouvement du plus haut au plus bas. Ce phénomène est amplifié avec la coulée de sirop qui fait un appel de solution via les flottes.

En plus de ne pas être nécessaire au mouvement, une pente artificielle donnée à l'évaporateur peut aggraver les problèmes de couleur, de saveur et d'entartrage dans la panne à plis. Lorsque la solution, de par la conception des pannes, revient vers l'arrière dans les plis, elle doit combattre la pente artificielle et ralentit sa vitesse de passage. De part la pente, la hauteur de bouillage diminue vers l'arrière et amène cette partie de l'évaporateur en mode de bouillage mince avec tous ses inconvénients. L'écoulement peut en être réduit et amener plus d'entartrage et de caramélisation. Du côté des pannes à plis, cette même pente, par la pression qu'elle amplifie, a un effet de vague sur la solution vers la panne de finition qui dilue les sucres indûment.



Source Richard Boivin  
Figure 18 Interrupteur de courant



Figure 17 Mettre au niveau l'évaporateur

## 17.2 Installation un interrupteur de courant

Pour plus de sécurité, il est recommandé d'installer un interrupteur de courant pour l'évaporateur à proximité de ce dernier. Avant de travailler avec un brûleur, il faut couper le courant. À la fin d'une journée, comme à la fin de la saison, on conseille aussi de couper le courant.

## 17.3 Entrée d'air suffisante

Tout système de combustion a besoin d'oxygène. Plus le feu est intense, plus il y a d'air pour alimenter la combustion. Dans le cas des brûleurs à l'huile, comme l'intensité de la chaleur dépend de la quantité d'huile, la quantité d'air est aussi fonction du débit d'huile. Le besoin s'exprime en surface d'ouverture sur l'extérieur. La recommandation est une ouverture sur l'extérieur de 27 pouces carrés par gallon US d'huile consommé à l'heure du brûleur. Si un brûleur fonctionne à 13 gal<sub>US</sub>Huile/h, l'ouverture sera de 351 po<sup>2</sup> (27 x 13). Ce qui peut représenter une ouverture d'environ 18 x 20 pouces.

Les constructions récentes planifient, la plupart du temps, une entrée d'air au plancher reliée à l'extérieur par une conduite. L'entrée est sous l'évaporateur pour éviter les courants d'air froid incommodants. Évidemment, la longueur de la conduite influence à la baisse son apport d'air et on devra en tenir compte dans la conception. L'ouverture de fenêtre peut aussi servir soit d'entrée d'air, soit d'appoint s'il y a manque d'air.

Il faut aussi prévoir un surplus d'entrée d'air dans la salle d'évaporation pour la sortie d'air par les cheminées de vapeur via le dôme et aussi pour le besoin d'air d'un chauffage au bois d'appoint. Plus la construction est étanche plus il faut en tenir compte. On a même mesuré des pressions statiques négatives dans certaines cabanes. Pour éviter le problème, il faut se donner cette possibilité de surplus d'ouvertures.

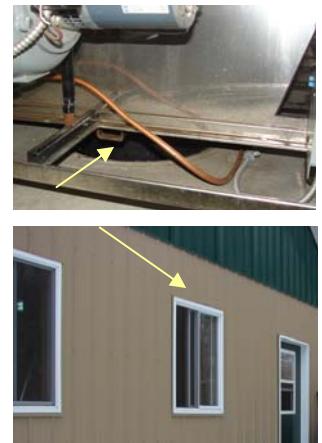


Figure 19 Entrée d'air dans le plancher (photo du haut) et par une fenêtre (du bas)

## 18. Le réglage des brûleurs

« Réglage de brûleurs » ou « ajustement de brûleurs » ou « travailler le feu » sont des expressions qui parlent de la même réalité. Les brûleurs peuvent être la source d'un grand nombre de problèmes si on se réfère à la liste ci-jointe. Le fonctionnement du brûleur est étroitement associé à la chambre de combustion et au foyer dans la démarche de résolution de problèmes. Ces deux derniers points sont traités après.

La première étape avant de modifier un réglage de brûleur est de mesurer l'efficacité énergétique instantanée pour avoir un portrait de départ de l'évaporateur si ce n'est déjà fait. Et, après toute intervention, on devrait refaire ce test d'efficacité pour mesurer les effets de ces interventions. Voilà un cheminement logique. Il peut arriver que la période dans la saison ne le permette pas. Dans ce cas, il faut le reporter après la saison.

Dans un premier temps, les propos et recommandations de ce document concernant l'ajustement d'un brûleur n'ont pas pour but de faire du lecteur un spécialiste dans le domaine, mais bien un consommateur averti. Elles ne doivent être qu'un guide pour bien établir vos attentes envers votre technicien ajusteur de brûleur.

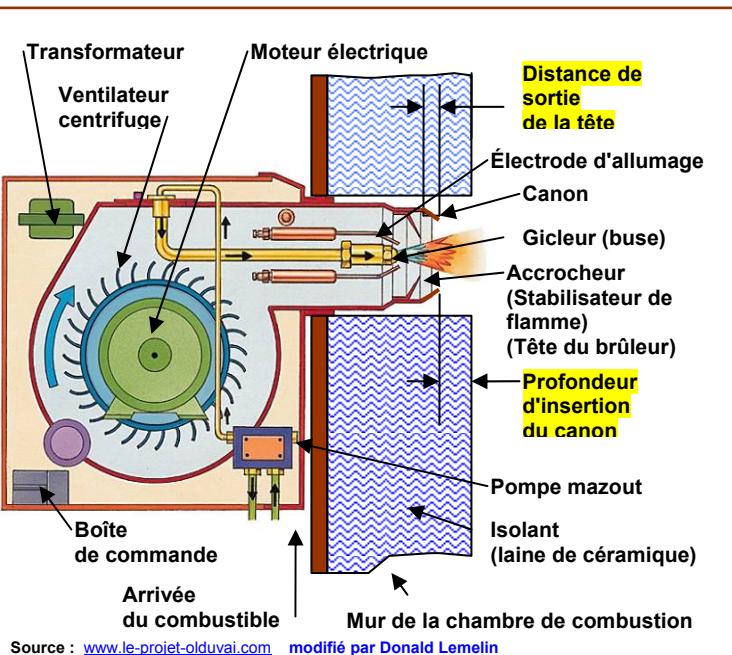


Figure 20 Illustration des principales composantes d'un brûleur

les autres problèmes incluant le coût de l'énergie.

S'il est prévu de modifier la chambre de combustion comme décrit dans la **Section 19**, il est recommandé de commencer par la modification avant d'entreprendre l'ajustement à la baisse des brûleurs.

### C'est quoi le problème?

1. Efficacité énergétique à l'eau (moins 75 %), à la sève (voir tableau de comparaison) ou
2. Mauvaise performance, ou
3. Mauvais ratio consommation-production (gal<sub>US</sub>Huile/gal<sub>US</sub>Sirop), ou
4. Couleur: difficulté à faire 10 à 20 % de AA et 40 % de A, ou
5. Saveur : défauts constatés, rapport de classement, ou
6. Régularité: temps de fermeture de la coulée supérieur à 1,5 minutes, ou
7. Moussage excessif, ou
8. Entartrage excessif, ou
9. Température de la cheminée excédant les températures recommandées qui varie de 450 °F à 650 °F en fonction de la largeur de l'évaporateur, ou
10. Une combinaison de ces problèmes.

La **Figure 20** illustre les principales parties d'un brûleur. Voici en quelques mots le principe de fonctionnement. Le combustible, amené par la pompe au brûleur est mis sous pression par le régulateur et pulvérisé par l'intermédiaire du gicleur aussi appelé buse. L'air nécessaire à la combustion est aspiré et refoulé par le ventilateur centrifuge. Le mélange air-combustible est allumé par l'arc électrique haute tension et la flamme est stabilisée par un accrocheur aussi appelé stabilisateur de flamme ou tête du brûleur.

Dans la majorité des cas, il y a trop de chaleur sous les pannes parce que l'on concentre de plus en plus la solution entrante. Ce qui amène le technicien à baisser le débit des buses. Évidemment comme la performance de production, telle que décrite plus haut, « carbure » à la chaleur, elle risque de baisser un peu au profit de l'efficacité. Mais ce n'est pas toujours le cas. Et si c'est le cas, la décision revient au propriétaire de choisir entre la performance et la résolution de tous

Baisser un brûleur passe par deux possibilités : changer les buses ou baisser la pression. La première possibilité permet de diminuer le débit d'huile : moins d'huile équivaut à moins de chaleur. La seconde doit être considérée après avoir fait le travail sur les buses. Comme le débit varie avec la pression, pour une même buse : moins de pression équivaut à moins de débit, ce qui résultera en une réduction de la chaleur. Il faut dans cette démarche respecter les recommandations du fabricant de brûleurs.

### 18.1 Mettre le brûleur au niveau et le recentrer

La première étape d'un travail sur un brûleur est de vérifier la verticalité avec le niveau. Avec la vis d'ajustement du brûleur, on s'assure de lui donner une légère inclinaison vers le plancher de la chambre de combustion. Vérifier les recommandations des fabricants de brûleur et d'évaporateurs. Il arrive que, pour d'ancien modèle d'évaporateur, la vis d'ajustement s'appuie sur le plancher. S'il y a un problème de stabilité, il est important de corriger la situation en déplaçant le système d'appuie sur la structure de l'évaporateur.



Figure 21 Mettre au niveau le brûleur

Certains orientent trop le canon vers le bas, vers la laine, pour ne pas chauffer leurs pannes. Ceci peut devenir problématique, car le point où la flamme est projetée réagit comme un mur et provoque un retour de flamme qui déstabilise sa forme. L'expansion des gaz, ainsi créée, provoque des points de chaleur sous les pannes plates qui entraînent l'entartrage.

La seconde étape, sur le plan horizontal, consiste à vérifier si la flamme est projetée au centre. Dans le cas de deux brûleurs, il faut voir à ce que les flammes ne se croisent pas ou à ce que l'emplacement des brûleurs ne soit pas trop près des murs de la chambre. Encore là, s'il y a un problème, on fait l'ajustement approprié. Comme la plupart des brûleurs n'ont pas de vis d'ajustement, il faut travailler avec les vis de fixation : dévisser, place une cale et revisser.

### 18.2 Choix des buses

Le gicleur ou buse (nozzle) est un dispositif mécanique qui permet de vaporiser un liquide. Le gicleur est sélectionné selon l'angle d'ouverture du cône de vaporisation, selon le patron de ce cône et selon le débit nécessaire. Le **Tableau 10** donne le code de la buse selon son spectre de pulvérisation, et ce, pour six fabricants.

Les marques utilisées sur les brûleurs d'évaporateur sont: Delavan, Hago et Monarch. Le patron de pulvérisation à privilégier est le « Cône plein ». Le gicleur à spectre universel n'est pas recommandé parce qu'il chauffe moins. La **Figure 22** illustre les différents angles d'ouverture du cône qui peut aller de 30 à 90 degrés. Vous remarquez que plus l'angle est fermé plus il projette son jet loin. En agriculture, 45 et 60 degrés sont souvent une combinaison utilisée : pour le bas feu, 60 ° (plus facile d'allumage) et pour le haut feu, 45 °.

Tableau 10 Illustration de spectres de pulvérisation de gicleurs selon les codes, et ce pour 6 fabricants.

marque	Spectre de pulvérisation				
	Cône plein	Cône semi plein	Cône creux	Couronne	Universel
CB	R	-	RC	-	RCL
DANFOSS	S	-	H	-	B
DELAVAN	B	-	A	-	W
HAGO	ES	-	H	EH	-
MONARCH	R	PLP	NS	PL	AR
STEINEN	S	SS	H	PH	Q

Source: [http://users.skynet.be/15102/M31\\_le\\_gicleur.html](http://users.skynet.be/15102/M31_le_gicleur.html)

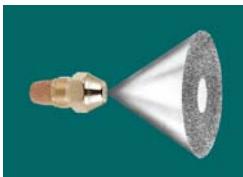
Source: [http://www.delavaninc.com/pdf/delavan\\_fr.pdf](http://www.delavaninc.com/pdf/delavan_fr.pdf)



Cône plein

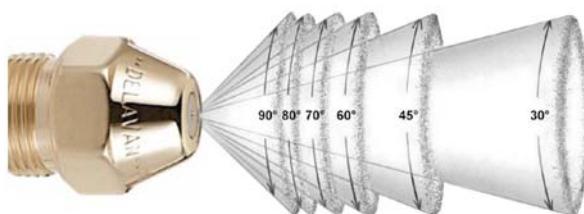


Cône creux



Universel

Une fois le type de buse choisi, il reste à choisir un débit moindre des buses par rapport à celles d'origine. Le **Tableau 11** donne le débit nominal total par brûleur à 100 psi de pression des buses à installer dans un brûleur en fonction de la largeur d'évaporateur en pied, de la concentration en °Brix de la solution entrante et de la pression d'opération. Une fois le débit total connu, pour les brûleurs à 2 buses, il faut choisir quel débit attribuer à chacune des buses. Comme il n'y a pas de règle stricte, le travail se fait beaucoup selon l'expérience du technicien et par essai et erreur. Par contre, on sait que lorsqu'on est dans le mode "réduction des débits d'un brûleur", la tendance va vers une répartition 50-50 pour chacune des buses. Il est important de s'assurer que la buse correspondant au bas feu permet un bon allumage. En regard de cette condition, il peut même arriver que la buse du bas feu ait un débit supérieur. Par exemple, un Carlin 801, avec un débit total de 8 gal<sub>US</sub>/h que l'on répartit en buses de 3 et 5 gal<sub>US</sub>/h, n'allumera pas avec une buse de bas feu de 3. Alors on va placer la buse de 5 sur le bas feu et la 3 au haut feu. Dans le cas d'un évaporateur à 2 brûleurs, le débit nominal total est divisé en deux si les buses sont identiques d'un brûleur à l'autre. Après, on choisit les buses comme discuté plus haut.



Source:

Figure 22 Illustration des angles d'ouvertures du cône de pulvérisation

Le débit réel à la pression travail (150 ou 300 psi) se calcule par la sommation des débits nominaux à 100 psi de chacune des buses, le tout multiplié par le facteur de correction pour une utilisation à une pression autre que 100 psi (**Tableau 6** à la page 30).

Tableau 11 Débit total par brûleur des buses à 100 psi de pression, d'un évaporateur en fonction de sa largeur, de la concentration de la solution entrante et de la pression d'opération (150 ou 300 psi)

Pression d'opération	Concentration de la solution entrante (Brix)	Débit <sup>1</sup> d'huile total des buses (gal <sub>US</sub> /h) par brûleur à 100 psi de pression		
		Largeur de 4 pi	Largeur de 5 pi <sup>2</sup>	Largeur de 6 pi <sup>2</sup>
150 psi	18	8.0	7,0	8.5
	16	8,5	7,5	9,0
	15	9,0	8,5	9,5
	14	9,5	9,0	10
	13	10,0	9,5	10,5
	12	10,5	10,0	11,5
	11	11,0	11,0	12,0
	10	11,5	11,5	12,5
300 psi	18	5,0	5,0	6,5
	16	5,5	5,5	7,0
	15	6,0	6,0	7,5
	14	6,5	6,5	8,0
	13	7,0	7,0	8,5
	12	7,5	7,5	9,0
	11	8,0	8,0	9,5
	10	8,5	8,5	10,0

<sup>1</sup> La proposition de débit pour la calibration pourrait varier de  $\pm 1$  gal<sub>US</sub>/h, selon vos besoins de traitement de sève. Les valeurs de débit sont des références terrain.

<sup>2</sup> Pour les largeurs 5 et 6 pieds, comme il y 2 brûleurs, il faut multiplier la valeur par 2.

Lorsqu'on trouve les gicleurs qui conviennent, il faut les inscrire sur la fiche de « *Données techniques du brûleur et ajustements* » (**Tableau 4** de l'**Annexe 2**) qui sera remise au propriétaire. Ces informations sur

les modifications serviront lors de prochains ajustements faits par le même technicien ou tout autre remplaçant au besoin.

Dans le cas de deux brûleurs, il arrive souvent qu'un des deux soit plus fort que l'autre. On observe cette différence par le développement du patron de la flamme dans la chambre. Il faut alors baisser un peu plus le débit des buses ou la pression du brûleur le plus fort. Parfois, il arrive que ce phénomène se manifeste par un entartrage plus marqué des plis du côté transfert plis-plat. Baisser de 1/2 gallon suffit à régler le problème. Encore une fois, il est important d'inscrire le type de buse à la fiche de « Données techniques du brûleur et ajustements ».

Il est important de noter qu'il y a des brûleurs qui n'ont qu'une buse (exemples: Beckett, Carlin 601, 702, 802). Le départ (bas feu) se fait à 150 psi de pression et le haut feu, à 300 psi.

### 18.3 Positionnement de la tête du brûleur

Avant de parler du positionnement de la tête du brûleur, on doit vérifier celui de l'extrémité du canon (**Figure 20**). Le canon est la partie du brûleur cylindrique qui entoure la tête, les buses et les électrodes. En anglais, on l'appelle le tube à air. Le canon qui est entrée dans la laine de céramique. Son extrémité doit respecter une profondeur d'insertion propre à chaque brûleur. Par exemple, un modèle de Beckett recommande de placer l'extrémité du canon à 1/4 pouce du rebord de la laine de la chambre de combustion, dans la laine et non sortie de la laine.

Après changement de buses à débit moindre, il faut repositionner la tête du brûleur. Le positionnement de la tête du brûleur consiste à sortir plus ou moins la tête dans le canon (**Figure 20**). Un positionnement « 0 » correspond à une tête qui n'est pas sortie, qui est presque égale au canon. Un positionnement de « 1/16 » donne une tête sortie de 1/16 de pouce ou à peu près. On se fie aux références indiquées sur la tige indicatrice (**Figure 23**). La position de la tête dans le canon modifie le patron de flamme et l'intensité de chaleur. Plus la tête est sortie, plus la flamme est longue et moins intense. On obtient une chaleur plus intense vers l'arrière et on risque de créer des points chauds dans la panne à plis. Moins la tête est sortie, plus on ramène la flamme et la chaleur en avant. Tout ceci est fonction de la turbulence créée par la position de la tête.

La tête sert à créer de la turbulence pour obtenir le meilleur mélange air-huile possible et pour avoir la meilleure combustion possible. Plus tu la sors, moins c'est turbulent; moins tu la sors, plus c'est turbulent.

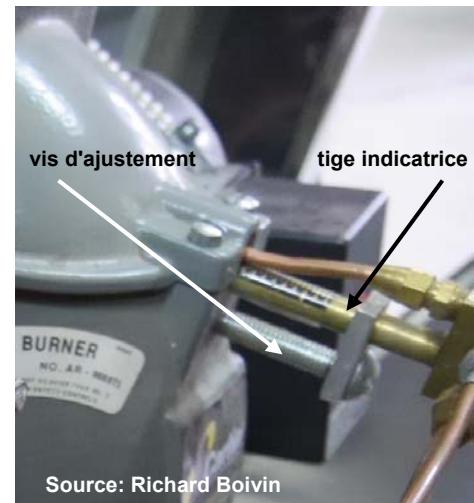
NOZZLE DATA AND COMBUSTION HEAD SETTINGS FOR MODEL 801CRD				
Nozzle Specifications		Oil Delivery Rate		Approximate
Hago Products 45°H		GPH @ 150 PSI		Retention Ring
1st Stage	2nd Stage	Low Fire/High Fire		Setting on Scale
5.50	4.00	6.60	11.40	1/16"
5.50	4.50	6.60	12.00	1/16"
5.50	5.00	6.60	12.80	1/8"
5.50	5.50	6.60	13.20	3/16"
6.00	5.50	7.20	13.80	1/4"
6.00	6.00	7.20	14.40	5/16"
6.00	6.50	7.20	15.00	3/8"
6.50	6.50	7.80	15.60	7/16"
6.50	7.00	7.80	16.20	1/2"
6.50	7.50	7.80	16.80	5/8"
6.50	8.00	7.80	17.40	3/4"
6.50	8.50	7.80	18.00	7/8"
7.00	8.50	8.40	18.60	1"
7.00	9.00	8.40	19.20	1 1/8"
7.00	9.50	8.40	19.80	1 1/4"

Source: Raymond Nadeau

Figure 24 Modèle de charte de positionnement de la tête de brûleur en fonction du débit

Chaque brûleur a sa charte de positionnement en fonction du débit (**Figure 24**). La **Figure 23** montre la tige indicatrice de la profondeur ainsi que la vis d'ajustement. À une première intervention d'un technicien sur un nouveau brûleur, il devrait commencer l'ajustement avec les recommandations de la charte si la position actuelle diffère. Et par après, faire évoluer le positionnement selon les observations et vérifications réalisées après chaque intervention. Encore une fois, il entreprend une démarche logique entre la recommandation du fabricant et la situation terrain.

Donc on voit que, entrer la tête du brûleur tend à rapprocher la flamme, donc la chaleur, vers le devant, ce qui peut faire diminuer l'intensité de la chaleur sous les pannes à plis et l'augmenter sous les pannes à fond plat. On recentre l'énergie, ce qui laisse la fonction d'évaporation et début de réaction de caramélisation à la panne à plis



Source: Richard Boivin

Figure 23 Tige indicatrice de position de la tête du brûleur et vis d'ajustement

et l'élaboration du sirop aux pannes à fond plat. On va diminuer le Brix<sub>plis-plat</sub> au transfert et augmenter le mouvement dans le plat et par le fait même, la sortie du sirop.

Comme l'évaporateur est toujours plus complexe que chacune de ses parties, travailler sur le positionnement de la tête n'est pas la solution à tous les problèmes énumérés plus haut. Mais il fait partie d'un exercice d'ajustement du brûleur qui répond aux besoins et observations du propriétaire.

## 18.4 Ajustement du bas feu et du haut feu

Les brûleurs ont deux niveaux de feu : le « bas feu » et le « haut feu ». Le bas feu est le feu d'allumage et de réchauffement de la chambre à combustion et aussi des pannes. Le haut feu est celui du fonctionnement régulier de l'évaporateur. Les deux niveaux demandent des ajustements particuliers.

### 18.4.1 Bas feu

Travailler le bas feu amène à vérifier trois points: que le brûleur allume bien, qu'il ne produit pas de bouffée (puff) de fumée à l'allumage et qu'il ne fume pas. Ce qui amène le technicien à travailler sur la position de la tête du brûleur et l'ouverture du registre (trappe) d'air du bas feu. Le fait de baisser le brûleur amène souvent un problème d'allumage.

La production de bouffées (puff) de fumée est un phénomène observé à plusieurs reprises. Il est parfois tellement important que ça devient bleu de fumée dans la cabane. La première étape est de s'assurer que les électrodes soient bien positionnées par rapport à la buse et avec l'écartement prescrit dans les fiches techniques du brûleur. Il se peut que par mégarde, en manipulant le brûleur, les électrodes aient été accrochées et désajustées de manière à provoquer un problème d'allumage et même de fonctionnement.

Le deuxième point à vérifier lorsque le brûleur a de la difficulté à l'allumage est la quantité d'air qui entre. Au moment de l'allumage le gicleur pousse un jet d'huile pulvérisée et si le ventilateur pousse trop d'air, on peut provoquer un décrochement de la flamme. L'allumage est retardé, à l'image d'un bout de papier sur lequel on souffle tout en essayant d'y mettre le feu avec une allumette. Si on souffle trop, c'est l'allumette qui s'éteint. S'il est retardé et qu'il y a accumulation d'huile, s'il finit par allumer, c'est là qu'il va provoquer une bouffée de fumée. Ainsi, il faut diminuer l'entrée d'air de la trappe de bas feu avec la vis d'ajustement de la trappe. L'objectif est qu'il ne se produise pas de bouffée de fumée à l'allumage.



Figure 26 Appareil pour test de fumée

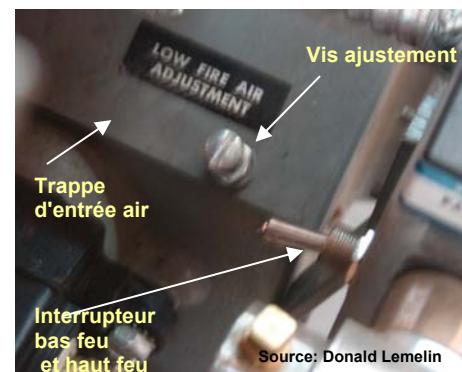


Figure 25 Trappe et vis d'ajustement pour le bas feu et interrupteur bas et haut feu

Il faut aussi qu'il ne se produise pas de suie sur les pannes sur le bas feu. Le moyen de vérifier ce phénomène est de faire un test de fumée (monoxyde de carbone) après une dizaine de minutes de fonctionnement sur le bas feu.

La présence de carbone indique un manque d'air. Il faut alors ouvrir la trappe avec la vis d'ajustement. À ce moment-ci de l'ajustement, on n'a pas besoin de faire un test de CO<sub>2</sub>. Comme on vient de le voir, l'ajustement du « bas feu » passe par l'air qui entre et le positionnement de la tête du brûleur qui fait le mélange selon turbulence créée.

Mais il est toujours intéressant de partir au bas feu pour laisser le temps à la tôle de se dilater et le réduire de se réchauffer le temps né-

cessaire. C'est particulièrement recommandable dans la période où les nuits sont très froides et que le réduit est en « slush ». On parle de chauffer sur le bas feu de 4 à 8 minutes maximum. On évite un stress à la tôle ainsi qu'aux soudures.

#### 18.4.2 Haut feu

Une fois l'ajustement du bas feu complété, il faut passer au haut feu. Va alors s'ouvrir le registre d'air (trappe) du haut feu et une nouvelle arrivée d'huile va se produire. Il faut s'assurer d'une bonne synchronisation de ces deux éléments en faisant ouvrir l'arrivée d'huile juste avant (1 à 2 secondes) l'ouverture du registre d'air. Si le registre d'air ouvre avant, il va souffler la flamme du bas feu. Un ajustement sur la boîte de synchronisation permet de corriger un problème de synchronisation.

Les principales étapes d'ajustement du haut feu sont :

1. une fois le haut feu enclenché, on laisse fonctionner 4 à 6 minutes, jusqu'à 10 minutes si possible, afin de laisser la combustion se stabiliser et le temps au gaz de se répartir dans tout l'évaporateur incluant la cheminée;
2. stabiliser la tire ou pression statique dans la cheminée à 0,085 po d'eau, en ajustant le contrôle automatique de tire (*draft control*);
3. stabiliser le vide ou pression statique dans la chambre à combustion à 0,02 po d'eau, en ajustant la clé de tire de la cheminée<sup>1</sup>;
4. comme on a déjà choisi les buses et positionné la tête du brûleur qu'on appelle aussi tête de turbulence lors de l'ajustement du bas feu, on doit vérifier si on a bien la position inscrite à la charte du brûleur;
5. si on fait un nouveau changement au niveau de la position de la tête, attendre un autre 4 minutes pour que les gaz se répartissent et se stabilisent;
6. faire les tests de combustion :
  - a. CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, température des gaz de la cheminée, test de fumée;
  - b. avec ces mesures, on calcule le ratio O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> qui devrait jouer entre 40 % et 50 %
  - c. avec la règle de calcul d'efficacité de la combustion, on calcule l'efficacité qui devrait atteindre 75 % et plus;
7. si les tests demandent un ajustement de la tête, réajuster la pression statique dans la chambre de combustion avec la clé de tire, et ce, à chaque fois que la position de la tête est changée;
8. refaire les tests de CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, température des gaz de la cheminée, test de fumée;
9. refaire les calculs de ratio O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> et d'efficacité de combustion;
10. si un changement important a été fait à la position de la tête (ex : déplacement de ¼ à ½ po), il est nécessaire de vérifier l'allumage, c'est-à-dire qu'il ne produit pas de bouffée (puff) de fumée à l'allumage et qu'il ne fume pas;
11. inscrire les informations sur l'ajustement final dans la fiche Données techniques du brûleur et ajustements, **Tableau 4 de l'Annexe 2**.

En fonction des résultats obtenus, on peut faire varier la position de la tête de turbulence, et celle du registre d'air du haut feu. Chaque intervention sur la tête demande de travailler avec la clé de tirage pour réajuster la pression statique dans la chambre à combustion. Les deux sections suivantes traitent des différents paramètres de la combustion ainsi que du patron de flamme. Ces informations sont importantes lors de l'ajustement.

---

<sup>1</sup> La très grande majorité des évaporateurs ont cette clé de tire, mais il existe des modèles plus récents qui n'en n'ont pas et qui prennent une partie de leur air de la cabane à la base de l'évaporateur à l'arrière. Tout ce qui concerne les principes d'ajustement qui vont suivre ne peuvent être utilisés pour ces évaporateurs. Les ajusteurs autres que ceux du fabricant doivent être mis au courant de ce mode d'entrée d'air.

#### 18.4.3 Les paramètres et calcul relatifs à la combustion

Pour qualifier la combustion d'un brûleur, il y a un certain nombre de mesures de paramètres d'opération de la combustion et de calcul : la pression statique dans la chambre de combustion et dans la cheminée, les niveaux de CO<sub>2</sub> et O<sub>2</sub> dans les gaz à combustion, la température des gaz de la cheminée, le test de fumée et le calcul de l'efficacité de la combustion. La **Figure 27** illustre tous les instruments utilisés pour réaliser ces tests.

Comme dans tous les tests, il y a des valeurs cibles pour chacun de ceux-ci et on les retrouve au **Tableau 12**. Après un ajustement, il est recommandé que le brûleur ait fonctionné de 4 à 6 minutes, le temps qu'il se soit stabilisé, avant de mesurer les paramètres de combustions.

Le test de fumée consiste à prélever et filtrer un volume précis de gaz de cheminée à l'aide d'une petite pompe manuelle (**Figure 27**, image 5). La quantité de suie laissée sur le filtre permet de poser un diagnostic sur la qualité de la combustion. La **Figure 28** donne 9 niveaux d'indice de noircissement des fumées « Indice fumée » ou indice de « Bacharach ». Après ajustement, elle doit avoir un indice de 0. À partir de 1, un meilleur réglage s'impose. La stratégie est de l'amener au tout début de l'apparition et d'ouvrir un peu pour qu'elle disparaîtse. Il faut s'assurer également d'une bonne ventilation de la cabane.

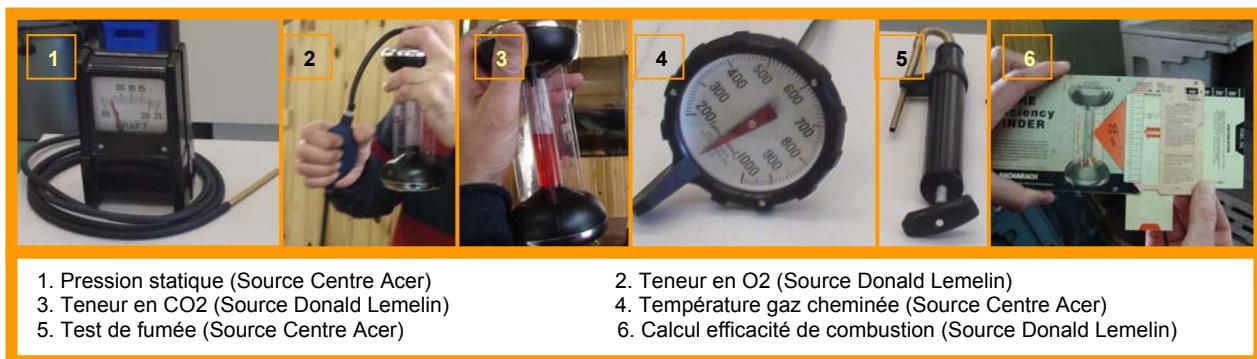
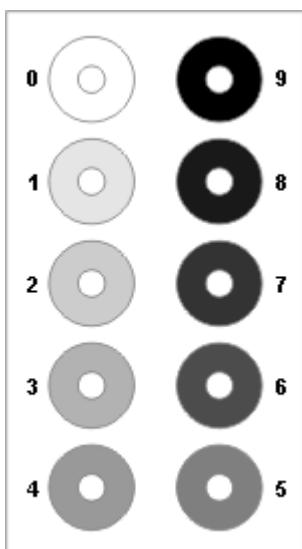


Figure 27 Instruments utilisés pour réaliser les mesures et calculs relatifs à la combustion

Le calcul de l'efficacité de combustion du brûleur se réalise à l'aide de la règle de calcul d'efficacité (**Figure 27**, image 6). Les données nécessaires sont la teneur en CO<sub>2</sub> et la température des gaz de combustion. Il s'agit de placer les valeurs mesurées en faisant glisser les parties mobiles de la règle et l'indicateur donne directement la valeur de l'efficacité de combustion qui devrait se situer au-dessus de 75 %.

La pression statique dans la chambre de combustion devrait provenir essentiellement de la compression des gaz créée par la clé de tirage et le patron de flamme.

Pour placer la pression statique dans la cheminée à 0,085 po d'eau, il faut utiliser le contrôle automatique de tirage (*draft control*) installé sur la cheminée. Pour modifier la pression statique ou vide dans la chambre de combustion, qui devrait se situer de 0,02 à 0,025 po d'eau, il faut modifier la position de la clé de tirage manuelle. Si on descend le niveau de vide à 0,01 po, on aura des problèmes avec l'air plus chaud de la fin des sucres. Il y aura des dépôts de carbones sur la tête de turbulence causant plus de problèmes de combustion d'où l'importance de nettoyer la tête lorsque nécessaire (**Section 25.1.1** page 69). Il y a de nouveaux évaporateurs qui n'ont plus de clé. Si le type d'évaporateur le permet, l'ajout de clé manuelle permet dans plusieurs cas de régler des problèmes d'ajustement.



Source: <http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=10908#c1470>

Figure 28 Illustration de "Indice fumée" ou indice de "Bacharach"

La température des gaz de combustion dans la cheminée est un indicateur direct de gaspillage d'énergie.

Elle peut être le reflet d'une mauvaise utilisation de la chaleur comprise dans les gaz par la panne à plis. Ces gaz passant trop rapidement n'ont pas le temps de se décharger de leur chaleur vers la solution à évaporer. On peut diminuer le temps de passage en créant de la turbulence sous les plis en créant des creux et bosses dans le profil du foyer. On peut baisser la température des gaz jusqu'à 150 °F avec un bon profil de foyer. En règle générale, la diminution est plus de l'ordre de 50 à 100 °F.

Réduire le régime du brûleur est une autre option qui contribue à la diminution de la température des gaz.

Un thermomètre devrait être installé en permanence à la mi-hauteur de la souche afin de signaler à l'opérateur un problème éventuel.

La position de la tête de turbulence et du registre d'aire (trappe) du haut feu sont deux éléments importants à ajuster pour une combustion optimale.

Tableau 12 Les valeurs cibles des paramètres et calcul de combustion

Paramètre	Valeur cible	Paramètre	Valeur cible
Pression statique dans chambre de combustion (niveau de vide)	0,02 à 0,025 po eau	Pression statique dans la cheminée (niveau de vide)	0,085 po eau
CO <sub>2</sub>	12 % et moins <sup>1</sup>	O <sub>2</sub>	3 à 6 % <sup>2</sup>
Température gaz cheminée	De 450 à 650 °F <sup>3</sup>	Test de fumée	Niveau 0 <sup>4</sup>
Calcul efficacité de combustion	> 75 %	Ratio O <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub>	40 à 50 %

<sup>1</sup> Il peut arriver qu'un taux de CO<sub>2</sub> plus bas soit acceptable (exemple 8 %) dans les conditions de baisse de débits des brûleurs.

<sup>2</sup> Valeur à ajuster en fonction du ratio O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> acceptable;

Un ratio trop faible (pas assez O<sub>2</sub>), tendance à fumer et dépôts suie au pourtour des pannes à plis;

Un ratio trop élevé (trop O<sub>2</sub>), moins efficace

<sup>3</sup> Un évaporateur de 4 pieds (pi) : minimum de 450 °F (commence à être performant)

5 pi: moyenne de 550 °F

6 pi: maximum de 650 °F

La valeur joue de 500 °F à 600 °F; et sans dépasser le 650 °F

<sup>4</sup> Voir la **Figure 22** illustrant les 9 indices de fumée sur le filtre

Avant de parler de positionnement de la tête de turbulence, la définition de « entrer » et « sortir » la tête doit être bien clair. « Sortir » la tête de turbulence, c'est la déplacer vers la chambre de combustion; et « entrer » la tête, c'est l'inverse, soit la déplacer dans la paroi isolée de la chambre.

Les taux de CO<sub>2</sub> et O<sub>2</sub> sont influencés par la position de la tête de turbulence et par le jeu du registre d'air. Dans ce qui suit, on va énumérer des actions qui peuvent influencer l'un et l'autre de ces paramètres en supposant que les pressions statiques de la chambre et de la cheminée se rapprochent des valeurs optimales et que celle de la chambre soit réajustée après chaque déplacement de la tête :

- entrer la tête de turbulence
  - plus de turbulence dans le mélange air-huile;
  - augmenter la quantité de CO<sub>2</sub>, signe d'une meilleure combustion;
  - diminuer la quantité de O<sub>2</sub>;
  - il se peut que le O<sub>2</sub> se stabilise
  - déplacer la chaleur vers l'avant (si on veut diminuer le surplus de chaleur sous les plis);
  - réduire la température des gaz dans la cheminée;
  - nécessaire lorsque la chambre de combustion est réduite;

- sortir la tête de turbulence
  - moins de turbulence;
  - la quantité de CO<sub>2</sub>, demeurer au même niveau ou diminuer;
  - augmentation de la quantité de O<sub>2</sub>, moins bonne combustion;
  - va allonger la flamme et déplacer la chaleur vers l'arrière;
  - augmenter la température des gaz dans la cheminée;
- ouvrir le registre d'air
  - tendance à augmenter la quantité de O<sub>2</sub>;
  - aide à la combustion;
  - peut aider à stabiliser la quantité de CO<sub>2</sub> à la valeur désirée;
  - en excès, va faire allonger la flamme qui peut créer de points chauds dans la panne à plis;
- fermer le registre d'air
  - diminuer la quantité de O<sub>2</sub>, pour rétablir le ratio O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> recommandé.

Le taux de O<sub>2</sub>, influencé par le registre d'air, est une mesure se rapportant au concept « d'excès d'air » que l'on doit donner au brûleur pour s'assurer d'une combustion totale du mazout. En effet, en donner en surplus permet la dispersion de l'oxygène dans tous les points de la combustion. Un bon ratio O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> indique un bon excès d'air.

Il faut comprendre que la position de la tête de turbulence et celle du registre d'air sont intimement liées. C'est vraiment une combinaison appropriée des 2 actions qui fait un bon ajustement.

#### 18.4.4 Patron de flamme

La forme et la couleur de la flamme d'un brûleur à l'huile sont des paramètres très révélateurs de l'ajustement de ce dernier. Le technicien sait diriger ses interventions en fonction des objectifs visés. Le patron de flamme définit le comportement de l'évaporateur comme décrit au **Tableau 13**.

Tableau 13 Comportement d'un brûleur en fonction du patron de flamme

Flamme forme et ou couleur	Interprétation <sup>1</sup>
Allongée	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chaleur plus forte sous la panne à plis (point de chaleur)</li> <li>• Température des gaz de cheminée plus haute</li> <li>• Tête du canon plus sortie et avec moins de turbulence (air-huile)</li> <li>• Combustion moins bonne</li> <li>• Risque de formation de suie</li> <li>• Peut provoquer caramélisation et entartrage dans la section à plis</li> <li>• Registre d'air trop ouvert</li> <li>• Si les pointes se détachent en plus : pression statique inadéquate</li> </ul>
En forme de poire	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chaleur avancée dans la chambre à combustion sous les pannes à fond plat</li> <li>• Diminue le risque de caramélisation et d'entartrage dans les plis</li> <li>• Tête du canon à la bonne position et avec une turbulence appropriée</li> <li>• Combustion améliorée</li> <li>• Baisse de température des gaz dans la cheminée</li> </ul>
Blanche qui aveugle	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Combustion pas bonne</li> </ul>
Jaune soleil	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bonne combustion</li> </ul>
Très écarlate	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plus de O<sub>2</sub></li> <li>• Danger de produire du monoxyde de carbone</li> <li>• Production possible de suie sur les surfaces froides des pannes plates, et qui peut même aller sur la laine près des rebords des pannes plates</li> </ul>
Périmétrie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pointes qui se détachent</li> <li>• Pointes blanches</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Buse défectueuse, à changer</li> <li>• Trop de O<sub>2</sub> dans gaz cheminée</li> </ul>

	Plus c'est orangé	<ul style="list-style-type: none"> <li>Moins de O<sub>2</sub> et plus de CO<sub>2</sub></li> <li>Tendance à fumer qui augmente avec l'augmentation du temps de bouillage</li> </ul>
<sup>1</sup> Pour une observation de flamme, il y a plusieurs interprétations possibles qui ne s'appliquent pas nécessairement toutes en même temps. Au technicien de juger.		

#### 18.4. 5 La meilleure période pour ajuster un brûleur

Que ce soit pour régler un problème ou pour faire suite à un entretien normal des buses, l'ajustement du brûleur doit être planifié. Comme les techniciens de brûleurs sont très en demande dans le temps des sucres, ils ne peuvent suffire à la demande. Même si c'est le meilleur temps pour ajuster techniquement le brûleur, il reste que ce n'est pas toujours approprié parce que ça peut retarder le travail du sucrier.

Service préventif : Prévoir et réserver les services du technicien est la meilleure chose à faire. Prévoir peut même diminuer les coûts d'un spécialiste qui combine plus d'un rendez-vous dans la même région. Si le travail n'est pas fait en saison de production, l'automne est tout indiqué. Il faut choisir la période de l'automne qui reproduit le plus fidèlement possible les conditions d'utilisation printanières. On pense à des températures la nuit entre -2 et -5 °C, et le jour, entre 5 et 12 °C. Par exemple, dans certaines parties de la région de la Chaudière-Appalaches, on peut avoir ces conditions à partir du début octobre jusqu'au début novembre. Évidemment, il ne faut pas un temps chaud comme en été.

Comme il n'y a pas que la température de l'air qui influence la combustion, celle de l'huile doit aussi être considérée. Elle devrait se retrouver autour de 8 °C. Un thermomètre sur la ligne d'huile est donc conseillé pour faire cette vérification.

Évidemment un gèle de -18 °C la nuit ne donne pas les conditions nécessaires même si dans la journée il fait 4 °C. L'huile n'aura pas le temps de se réchauffer assez pour faire le test.

Par contre, si la température ambiante est sur la limite froide, la teneur en oxygène (O<sub>2</sub>) dans l'air est plus importante qu'à température plus élevée du printemps. La diminution de O<sub>2</sub> ne peut assurer une combustion correcte. À l'ajustement, le taux de CO<sub>2</sub> dans les gaz de combustion sera diminué à 11 % tout en gardant le taux de O<sub>2</sub> recommandé. En période des sucres plus chaude, le taux de CO<sub>2</sub> va monter à 12 % dû à une meilleure combustion. On aura évité une production de suie.

#### 19. Modification de la chambre de combustion

L'arrivée des concentrateurs de sève d'érable dans les exploitations d'érablière a ouvert une grande porte pour diminuer les coûts d'exploitation et le temps consacré au bouillage, améliorer la qualité de vie de plusieurs exploitants et permettre l'expansion de plusieurs entreprises.

On est passé du 8 °Brix à 10, puis à 12, 15 et on est même à 20 et plus. Et les évaporateurs n'ont presque pas changé. Des problèmes de saveur, de couleur et d'entartrage sont apparus. Maintenant, on a réduit le régime des brûleurs et le constat est de se retrouver avec des chambres de combustion trop grandes pour l'ajustement actuel de brûleurs.

Presque toutes les interventions correctives d'un conseiller consulté se sont soldées par une modification de la

#### C'est quoi le problème?

- Efficacité énergétique à l'eau (moins 75 %), à la sève (voir tableau de comparaison) ou
- Mauvaise performance, ou
- Mauvais ratio consommation-production (gal<sub>USHuile</sub>/gal<sub>Sirop</sub>), ou
- Couleur: difficulté à faire 10 à 20 % de AA et 40 % de A, ou
- Saveur : défauts constatés, rapport de classement, ou
- Régularité: temps de fermeture de la culée supérieur à 1,5 minutes, ou
- Moussage excessif, ou
- Entartrage excessif, ou
- Température de la cheminée excédant les températures recommandées qui varie de 450 °F à 650 °F en fonction de la largeur de l'évaporateur, ou
- Une combinaison de ces problèmes.

chambre de combustion qui oblige à modifier le foyer. La Section 20 traite de la modification du foyer.

Le travail sur la chambre de combustion consiste à en réduire le volume, en rehaussant le fond de celle-ci avec de la laine de céramique, même type de laine utilisée par les fabricants. La distance entre le bas de la tête du brûleur et le fond de la chambre de combustion se situe entre 6 et 10 pouces pour des concentrations de la solution entrante variant de 16 à 8 °Brix. Une plus grande concentration demande une diminution du débit d'huile qui entraîne une réduction de la distance du bas de la tête au fond de la chambre.

Pour arriver à cette distance, le travail se fait progressivement, c'est-à-dire, on commence à faire un premier rehaussement avec une natte de laine de 1 pouce. Ce travail prend environ une demi-heure, donc faisable facilement en saison de production. Après on vérifie l'efficacité énergétique à la sève, la performance et le ratio consommation-production.

Si l'objectif n'est pas atteint, on rehausse une deuxième fois et ainsi de suite tout en ne dépassant pas les indications de la **Figure 29**.

Pratiquement, la première étape est de soulever la laine existante en la roulant vers l'arrière. Couper la ou les bandes de la nouvelle laine nécessaires à recouvrir le fond. La laine recommandée est le n° 8 qui est plus résistante et isolante. La laine est placée mais pas écrasée. On ramène la bande d'origine en s'assurant qu'il n'y a pas de bosses et creux formés qui créeraient une turbulence problématique.

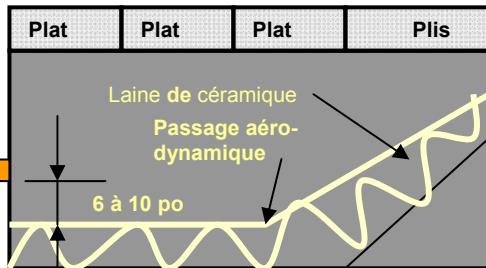
Figure 29 Illustration de la distance entre le bas de la tête du brûleur et le fond de la chambre de combustion

s'assurant qu'il n'y a pas de bosses et creux formés qui créeraient une turbulence problématique.

Dans les évaporateurs dont le foyer n'a pas la pente ascendante de la chambre vers l'arrière, la création d'une telle pente pourra être considérée. La première partie de la pente qui est sous les pannes à fond plat fait essentiellement partie de la chambre à combustion. La **Figure 30** de la **Section 20** à la page 53 traite de la modification du foyer. Plus cette montée sera relevée, plus on pourra baisser le brûleur pour avoir une bonne compression des gaz dans la chambre. Lors de l'installation de la laine, on s'assure de créer un passage aérodynamique dans le cassé de pente.

Une nouvelle calibration des buses accompagnée de l'ajustement du brûleur et de test de combustion, se fait après une réduction de la chambre de combustion. Le tout est intimement lié. Après, il faut prévoir un test d'efficacité à l'eau pure absolument qui deviendra la nouvelle référence. Si c'est dans le temps des sucres et que c'est impossible, on le retardera après les sucres. Par contre, un test d'efficacité à la sève est nécessaire, de même que le calcul de la performance et du ratio consommation-production. On pourra ainsi quantifier l'amélioration du système d'évaporation.

Il serait prudent de faire part au fabricant des modifications à entreprendre pour ne pas compromettre la garantie fournie et pour profiter de son expertise.



## 20. Modification du foyer

Comme on l'a dit précédemment, la modification du foyer est normalement initiée par celle de la chambre de combustion. Le foyer est la partie, sous les pannes à rayons, qui laisse passer les gaz de la chambre de combustion chargés de chaleur vers la cheminée. On peut même dire que les parties avant des rayons est aussi exposé à la chaleur de radiation de la flamme du brûleur. Lorsqu'on parle de cette zone, on parle de dégagement des plis. La qualité d'un foyer est sa capacité à permettre le maximum d'échange de chaleur entre les gaz et les pannes à plis. Du même coup, la perte de chaleur par la cheminée est minimisée.

Par expérience, travailler une chambre et le foyer peut permettre d'aller chercher 12 à 15 % d'efficacité énergétique supplémentaire.

La **Figure 30** illustre un aménagement type d'un foyer d'évaporateur. La première partie est la montée avec une pente plus ou moins importante. Elle sert de fond à la chambre de combustion, qui va permettre de compresser les gaz. On se trouve à fermer la chambre d'une certaine façon et favoriser l'ajustement à la baisse des brûleurs. Contrairement au mur réfractaire ver-

### C'est quoi le problème?

1. Efficacité énergétique à l'eau (moins 75 %), à la sève (voir tableau de comparaison) ou
2. Mauvaise performance, ou
3. Mauvais ratio consommation-production (gal<sub>US</sub>Huile/gal<sub>Sirop</sub>), ou
4. Couleur: difficulté à faire 10 à 20 % de AA et 40 % de A, ou
5. Saveur : défauts constatés, rapport de classement, ou
6. Régularité: temps de fermeture de la coulée supérieur à 1,5 minutes, ou
7. Moussage excessif, ou
8. Entartrage excessif, ou
9. Température de la cheminée excédant les températures recommandées qui varie de 450 °F à 650 °F en fonction de la largeur de l'évaporateur, ou

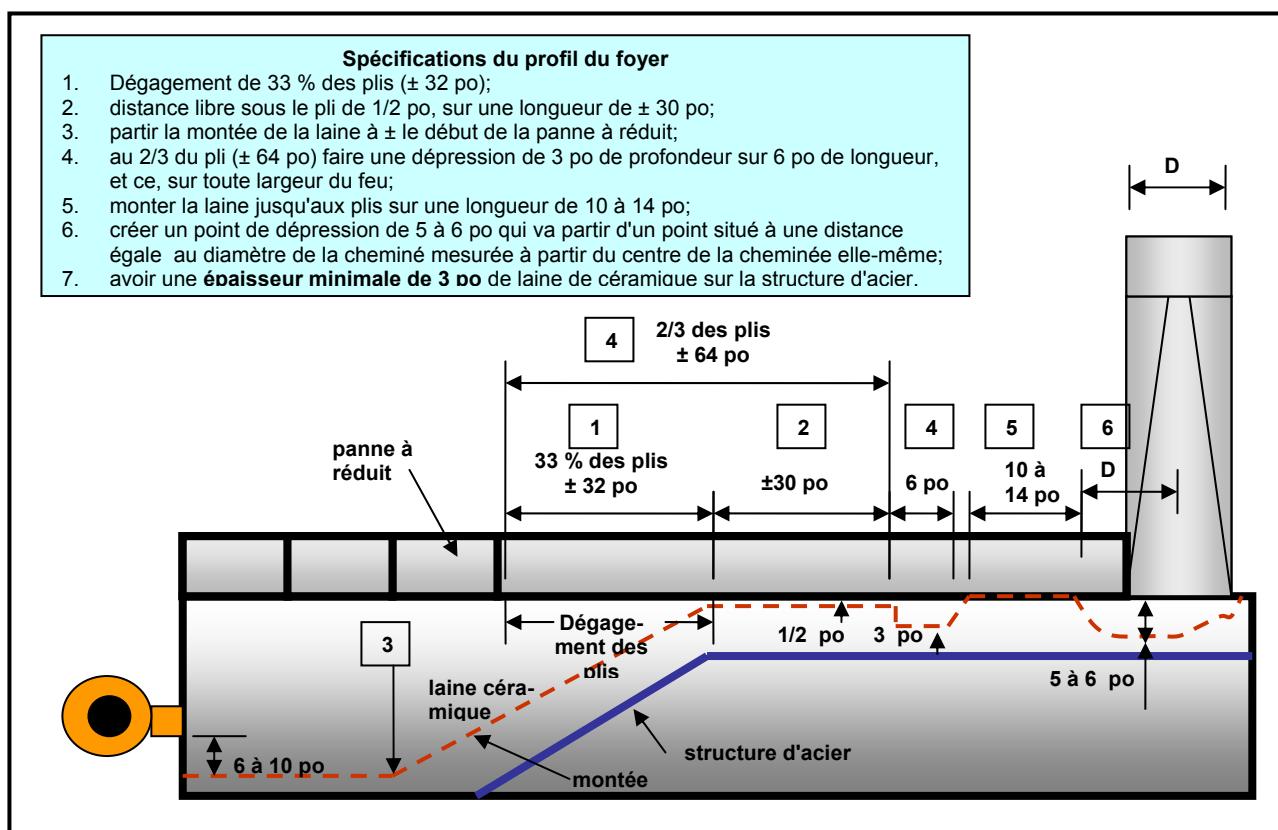


Figure 30 Illustration d'un modèle d'aménagement de la chambre de combustion et du foyer d'un évaporateur à l'huile

tical que l'on retrouve entre la chambre de combustion et le foyer. Plusieurs essais ont montré que, malgré

une performance adéquate, l'on ne peut aller au-delà d'une efficacité énergétique de 60 % avec ce mur réfractaire. En plus il provoque un retour de flamme qui déstabilise la forme de la flamme et crée l'expansion des gaz. Cette expansion crée à son tour des points de chaleur sous les pannes plates et de l'entartrage dans ces dernières.

Le « dégagement des plis », ainsi formé, est la partie des plis qui est vis-à-vis de la pente de la montée. On exprime le dégagement en % de la longueur totale de la panne à plis. Cette valeur se situe autour de 32 % et dépend d'une analyse du comportement de l'évaporateur. Par exemple, un évaporateur où le taux d'évaporation est inférieur à 1,5 gal/heure/pi ca, on peut descendre jusqu'à 32 %, soit environ 40 pouces. Moins d'huile fait diminuer le dégagement. En relevant la montée, la chambre de combustion s'en trouve rapetissée pour que la flamme compresse ses gaz dans cette dernière. Un autre indice de dégagement est la concentration de la solution entrante. Seulement à titre indicatif, pour une concentration de 12 à 13 °Brix, le dégagement peut jouer autour de 42 %, et pour 16 à 18 °Brix, le dégagement peut se retrouver autours de 33 %.

Si les plis ont tendance à s'entartrer, on va aussi diminuer le dégagement, ce qui aura pour effet d'exposer le moins de plis à la chaleur du brûleur. On aura à réajuster le brûleur pour ne pas créer de points de chaleur dans la panne à plis. La figure 24 illustre un aménagement de foyer typique d'un évaporateur à l'huile. L'encadré bleu de la même figure donne les spécifications du profil du foyer.

Dans le modèle de la **Figure 30**, passés la zone de dégagement des plis, après le tiers de la panne, deux rehaussements et autant de dépressions créent une turbulence qui ralentit le passage des gaz de combustion. Ce faisant, le temps pour les échanges de chaleur avec la panne à plis augmente, ce qui permet d'utiliser une plus grande partie de l'énergie fournie. Résultats, l'efficacité énergétique est améliorée et la température des gaz de combustion dans la cheminée s'en trouve diminuée. Des essais ont fait descendre la température des gaz dans la cheminée de 50 °F par chicane nouvellement installée. Évidemment, il faut assez de chaleur fournie et assez de tire dans la cheminée pour créer une vitesse des gaz suffisante pour créer et entretenir cette turbulence. Ainsi, on s'assure qu'il y a ébullition sur toute la longueur de la panne jusqu'à la cheminée. Les chicanes permettent de maintenir une énergie suffisante sous la panne à plis lorsque l'on diminue le régime des brûleurs.

Ce qui nous amène à la conception des pannes à plis qui sont normalement composées de 3 sections, donc de 2 séparations qui obligent un retour complets pour passer à travers de la panne à rayons. Ce qui oblige le passage de la solution dans la zone dégagée des plis donc zone exposée à plus de chaleur. Ce qui est moins recommandable lorsqu'on concentre plus et que l'on a un problème d'entartrage et de couleur. L'idéal serait une panne à plis à 2 sections (**Figure 8** page 12) avec l'entrée de la solution dans la partie à plis dégagés et un retour pour, par après, transférer dans les pannes plates. Cette conception de la panne à plis, trop peu utilisée, a un effet d'amélioration sur la vitesse d'écoulement, l'entartrage, la régularité et la caramélation.

Le modèle de la **Figure 30** ne s'applique pas à tous les évaporateurs. Il est un modèle qui a fait ses preuves dans bien des cas. Il demande à être adapté.

La modification de foyer est un travail d'environ 45 minutes si on n'a pas à toucher la structure métallique. Donc on peut le faire en saison. Un truc pour déplacer la panne à plis consiste à placer des bouts de tuyaux ABS sous la panne. On peut le déplacer comme sur des roulettes. Certaines modifications ont demandé de travailler la structure pour refaire ou tout simplement faire le profil du foyer désiré (**Figure 31**), ce qui demande plus de travail. Mais ceci démontre que tout est possible pour régler un problème.



Figure 31 Profilage d'un évaporateur fait maison

## 21. Taux d'évaporation des pannes à plis et des pannes à fond plat

Tous les ajustements d'un évaporateur permettent un passage de la solution plus ou moins rapide dans les différentes sections des pannes à plis et pannes à fond plat. La chaleur qui se retrouve sous les pannes initie le mouvement de la solution par le phénomène d'évaporation et le maintient. Le déplacement de la solution vers la sortie est fonction de la quantité d'eau évaporée. On arrive à la notion de taux d'évaporation qui se définit comme étant la quantité d'eau évaporée en une heure (en gallons/heure) par unité de surface de panne exposée à la chaleur (en pied carré).

On a deux types de pannes: une à plis qui a une très grande surface (déployée) exposée à la chaleur et une à fond plat avec surface de petite dimension. Chacune a sa fonction: les plis pour principalement évaporer la plus grande quantité d'eau et le plat pour développer en grande partie le goût caractéristique du sirop d'érable par des réactions chimiques comme celle de Maillard. Le secret est de garder, autant que faire se peut, à chacune, sa fonction. Comment on fait ça?

### 21.1 Taux d'évaporation recommandés

Un taux très bas d'évaporation sur le plat, comme on voit souvent, entre 0,75 et 1,00 gal/h/pi ca donne un Brix de transfert plis-plat élevé et on sait que l'entartrage est fonction du taux d'évaporation sur le plat. On recommande les taux suivants :

- sur le plat : un minimum de 1,5 gal/h/pi ca  
(on devrait viser 2,0 gal/h/pi ca en sachant qu'on peut atteindre un 4 gal/h/pi ca dans certains cas bien spéciaux);
- sur le pli : de 0,45 à 0,55 maximum gal/h/pi ca

Contrairement aux anciens messages « de pas trop bouillir en avant, pour ne pas brûler les sucres », ça prend un bon taux d'évaporation sur le plat.

Pour monter le taux sur le plat, il faut travailler sur la source d'énergie et sa répartition sous les pannes. Pour ce, on pense à avancer la chaleur, reculer la tête du brûleur; modifier chambre, travailler le foyer, bien gérer le bouillage. (voir les sections avant et après qui traitent tous ces sujets)

### 21.2 Procédure

La procédure pour déterminer le taux d'évaporation se décline en trois étapes principales :

- calculer la surface des pannes exposée à la solution et à la chaleur simultanément;
- calculer le volume d'eau évaporée sur la section à plis et sur la section à fond plat;
- calculer le taux proprement dit.

### C'est quoi le problème?

1. Efficacité énergétique à l'eau (moins 75 %), à la sève (voir tableau de comparaison) ou
2. Mauvaise performance, ou
3. Mauvais ratio consommation-production (gal<sub>USHuile</sub>/gal<sub>Sirop</sub>), ou
4. Couleur: difficulté à faire 10 à 20 % de AA et 40 % de A, ou
5. Saveur : défauts constatés, rapport de classement, ou
6. Régularité: temps de fermeture de la coulée supérieur à 1,5 minutes, ou
7. Moussage excessif, ou
8. Entartrage excessif, ou
9. Une combinaison de ces problèmes.

### 21.2.1 Calcul de la surface exposée

La surface ou aire (A) nécessaire pour calculer le taux d'évaporation est celle qui exposée à la fois à la solution d'un côté et à la fois à la chaleur. L'unité de mesure retenue dans ce document est le pied carré (pi ca).

Pour les pannes à fond plat l'équation de calcul est :

$$A_{Plat} = Long_{Plat} \times Larg_{Plat} \times Nb_{Pannes-plat}$$

$A_{Plat}$  : aire ou surface totale des pannes à fond plat (pi ca)

$Long_{Plat}$  : Longueur d'une panne plate (pi)

$Larg_{Plat}$  : Largeur d'une panne plate (pi)

$Nb_{Pannes-plat}$  : Nombre de pannes à fond plat (en supposant qu'elles sont d'égales dimensions)

Pour la panne à plis, et en se référant à la **Figure 32** nous avons besoin de 2 équations pour calculer les surfaces : une pour les plis droits et une pour les plis légèrement ouverts.

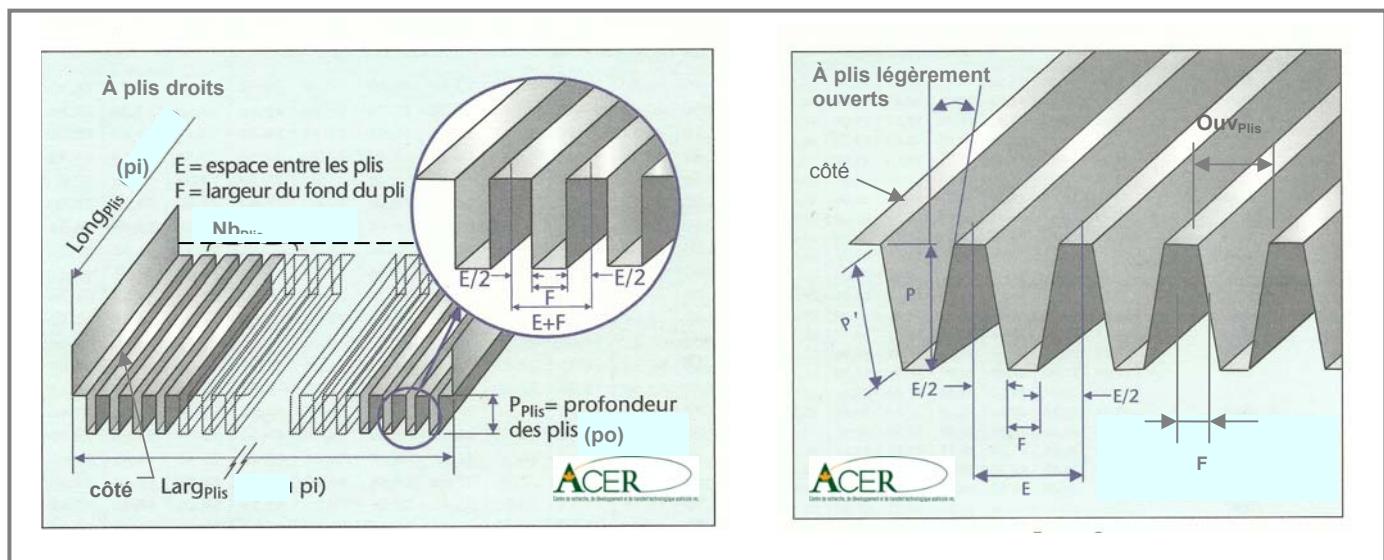


Figure 32 Illustration de pannes à plis droits et à plis légèrement ouverts

Panne à plis droits :

$$A_{Plis} = Long_{Plis} \times (Larg_{Panne-plis} + Nb_{Plis} \times P_{Plis}) + \frac{Nb_{Plis} \times Prof_{Plis} \times F}{6} \quad 72$$

Panne à plis légèrement ouverts :

$$A_{Plis} = Long_{Plis} \times \{ [ (2 \times Nb_{Plis} + 1) \times F ] + [2 \times Nb_{Plis} \times P'] \} + \{ Nb_{Plis} \times P \times (Ouv_{Plis} + F) \} \quad 144$$

$A_{Plis}$  : Aire ou surface de la panne à plis (pi ca)  
 $Long_{Plis}$  : Longueur de la panne à plis (pi)  
 $Larg_{Panne-plis}$  : Largeur de la panne à plis (pi)

$Nb_{Plis}$	: Nombre total de plis (compter le nombre de trous formés par les plis)
$P_{Plis}$	: Profondeur des plis (po)
$F$	: Largeur du fond du pli et du dessus du pli (po)
$P'$	: Mesure du côté incliné du pli (po)
$Ouv_{Plis}$	: Largeur de l'ouverture du pli (po)

Les formules utilisées assument que les deux côtés, les parties horizontales, sont aussi exposés à la flamme et à la solution. Si ce n'est pas le cas, il faudra modifier les calculs. Il en sera de même pour toute différence de l'évaporateur étudié d'avec l'illustration de la **Figure 32**. L'exercice doit refléter la surface exposée à la solution et à la chaleur simultanément. Calculs un peu fastidieux mais qui doivent être précis.

### 21.2.2 Calculer le volume d'eau évaporée sur le pli et sur le plat

Le meilleur moyen pour évaluer le volume d'eau évaporé sur le pli et le plat est de le faire en saison des sucres. Lors de la production de sirop, les mesures prises reflètent exactement la réalité. La méthode consiste à mesurer la concentration en Brix de la solution entrante, de celle au transfert plis-plat et à la sortie du sirop. On peut pousser plus loin l'investigation en prenant des points intermédiaires. C'est toujours la même méthode. Il faut calculer le débit horaire de la coulée. Avec ces quatre valeurs il est possible de déterminer le volume d'eau à l'heure évaporée sur le plat et celui sur les plis.

Pour s'assurer de bonnes valeurs, il y a des conditions de travail gagnantes :

1. que l'évaporateur est en marche depuis assez longtemps pour couvrir au moins une heure de coulée stable avant d'entreprendre la prise de données;
2. que la coulée soit la plus continue possible ou tout au moins avoir un temps de fermeture inférieur à 1,5 minute;
3. que la température entre l'ouverture et la fermeture de la coulée ne dépasse pas 0,5 °F;
4. que le sirop produit durant le test a une concentration le plus près possible de 66 °Brix sans jamais dépasser 66,5 °Brix;
5. que l'environnement ambiant de l'évaporateur soit stable et comparable aux conditions habituelles de coulée;
6. que pour avoir des données plus fiables, répéter, durant 3 à 5 journées d'une même période, la prise de données et en faire une moyenne (moins de risque d'obtenir des écarts inexplicables);
7. l'échantillon de la solution entrante doit être pris à l'entrée de la flotte au lieu du réservoir, parce que la solution n'est pas homogène dans le réservoir, sans parler de l'eau de désucrage retournée au réservoir de concentré qui change la teneur en sucre. Si on est obligé de prendre l'échantillon au réservoir, on utilisera un tuyau 5/16 assez long pour aller chercher la solution tout près de la sortie du réservoir qui est la plus représentative de celle qui s'en va à l'évaporateur.

Comment on fait? Avant de descendre le tuyau, on place le pouce à une extrémité et on descend l'autre extrémité près de la sortie; on lève le pouce et la solution entre à l'autre bout; on remet le pouce lorsqu'on a la quantité suffisante et on retire le tuyau du réservoir avec un échantillon acceptable;

8. On déconseille aussi la prise de mesure au concentrateur, parce que le concentrateur ne conserve pas toujours son ajustement;
9. Pour l'échantillon au transfert plis-plat, elle se prend directement dans la boîte de la flotte de transfert tout près de l'arrivée de la solution. Et s'il n'a pas de flotte, on va chercher l'échantillon directement dans le raccord de transfert avec un échantillonneur muni d'un tuyau assez long pour le besoin (poire avec un bout de 5/16 de longueur appropriée (**Figure 33**).



Figure 33 Échantillonneur de solution dans évaporateur

Voici les étapes de calcul :

Étape 1. La prise des mesures :

1. calculer le débit horaire de la coulée : volume connu en gallon divisé par le temps de remplissage en heure, (gal/h);
2. Pour les échantillons de solution et de sirop, prendre une série (entrée, transfert et au sirop) au début de la coulée, en s'assurant que toutes les prises d'échantillon soient prises au début de la coulée pour avoir une uniformité dans la méthode; (même si ce n'est pas nécessaire, on pourrait en prendre une autre à l'intermédiaire et une 3<sup>e</sup> à la fin de la coulée pour voir les écarts dus à l'effet de vague des flottes; si on en prend 3, on en fera la moyenne des 3);
3. il est important de toujours garder la même séquence des mesures;
4. mesurer la concentration de chaque échantillon en brix, avec un réfractomètre calibré;
5. faire la moyenne des valeurs de Brix pour l'entrée, pour le transfert et pour le sirop; ce sont ces valeurs qui vont servir dans le calcul du volume;
6. répéter un minimum de 3 fois (9 mesures en tout) et l'idéal étant de 5 reprises (15 mesures).

Étape 2. Calcul de volume sur les plis et sur les plats

- Le Débit de la solution d'entrée dans l'évaporateur à la concentration mesurée :

$$\mathbf{Déb_{Sève}} = \mathbf{Déb_{Sirop}} \times \mathbf{F_{Déb-sève}} \quad (\text{gal/h})$$

Le facteur de calcul pour transformer le débit de sirop en débit solution entrante,  $F_{\text{Déb-sève}}$ , est déterminé en fonction de la concentration du sirop sortant ( $B_{\text{Sirop}}$ ) et de la concentration de la solution entrante ( $B_{\text{Sève}}$ ). Le **Tableau 14** donne ce facteur.

Tableau 14 Facteur de multiplication ( $F_{\text{Déb-sève}}$ ) pour calculer le quantité total de solution entrante dans l'évaporateur

Solution entrante °Brix	F <sub>Déb-sève</sub>		
	Concentration du sirop produit		
	66 °Brix	67 °Brix	68 °Brix
2	43,3800	44,2401	45,1095
2,5	34,6387	35,3255	36,0197
3	28,8085	29,3797	29,9571
4	21,5362	21,9631	22,3948
5	17,1512	17,4912	17,8350
6	14,2368	14,5191	14,8044
7	12,1543	12,3953	12,6389
8	10,5938	10,8038	11,0161
9	9,3794	9,5654	9,7534
10	8,4074	8,5741	8,7426
12	6,9507	7,0885	7,2278
13	6,3904	6,5171	6,6452
14	5,9098	6,0270	6,1454
15	5,4940	5,6029	5,7130
16	5,1298	5,2315	5,3343
17	4,8082	4,9035	4,9999
18	4,5225	4,6121	4,7028
19	4,2670	4,3516	4,4371
20	4,0372	4,1172	4,1981
21	3,8290	3,9049	3,9817
22	3,6399	3,7121	3,7850

- Le Débit de la solution de transfert plis-plat

$$\mathbf{Déb_{Transf\;Plis-plat}} = \mathbf{Déb_{Sirop}} \times \mathbf{F_{Déb-transf-Plis-plat}} \text{ (gal/h)}$$

Tout comme précédemment, il faut le facteur  $F_{Déb-transf-Plis-Plat}$  se retrouve dans le **Tableau 15**.

- calcul des volumes évaporés à partir des débits aux 3 différents points

Le volume évaporé sur les plis ( $Vol_{Évap-plis}$ ) est la différence entre ce qui entre ( $Déb_{Sève}$ ) et ce qui se transfère au plat ( $Déb_{Transf\;Plis-plat}$ ). L'équation est :

$$\mathbf{Vol_{Évap-plis}} = \mathbf{Déb_{Sève}} - \mathbf{Déb_{Transf\;Plis-plat}} \text{ (gal/h)}$$

Tableau 15 Facteur de multiplication ( $F_{Déb-transf-Plis-plat}$ ) pour calculer la quantité total de solution qui transfert des plis vers le plat dans l'évaporateur

Solution transférée °Brix	$F_{Déb-transf-Plis-plat}$		
	Concentration du sirop produit		
	66 °Brix	67 °Brix	68 °Brix
0,35	2,1661	2,2091	2,2525
0,36	2,0969	2,1384	2,1805
0,37	2,0314	2,0717	2,1124
0,38	1,9695	2,0085	2,0480
0,39	1,9107	1,9485	1,9868
0,4	1,8548	1,8916	1,9288
0,41	1,8016	1,8374	1,8735
0,42	1,7511	1,7858	1,8209
0,43	1,7029	1,7366	1,7708
0,44	1,6568	1,6897	1,7229
0,45	1,6129	1,6449	1,6772
0,46	1,5709	1,6021	1,6335
0,47	1,5307	1,5610	1,5917
0,48	1,4921	1,5217	1,5516
0,49	1,4552	1,4841	1,5133
0,5	1,4198	1,4479	1,4764
0,51	1,3856	1,4131	1,4409
0,52	1,3530	1,3798	1,4069
0,53	1,3215	1,3477	1,3742
0,54	1,2911	1,3167	1,3426
0,55	1,2620	1,2870	1,3123

Le volume évaporé sur le plat ( $Vol_{Évap-plat}$ ) est la différence entre ce qui se transfère sur le plat ( $Déb_{Transf\;Plis-plat}$ ) et ce qui sort en sirop ( $Déb_{Sirop}$ ). L'équation est :

$$\mathbf{Vol_{Évap-plat}} = \mathbf{Déb_{Transf\;Plis-plat}} - \mathbf{Déb_{Sirop}} \text{ (gal/h)}$$

### 21.2.3 Le calcul du taux d'évaporation sur les plis et sur le plat

Le taux d'évaporation sur le pli ( $Vap_{Plis}$ ) est le volume évaporé sur le pli ( $Vol_{Évap-plis}$ ) divisé par la surface exposée à la chaleur et à la solution ( $A_{Plis}$ ) :

$$\mathbf{Vap_{Plis}} = \mathbf{Vol_{Évap-plis}} \div \mathbf{A_{Plis}} \text{ (gal/h/pi ca)}$$

Le taux d'évaporation sur le plat ( $Vap_{Plat}$ ) est le volume évaporé sur le plat ( $Vol_{Evap-plat}$ ) divisé par la surface exposée à la chaleur et à la solution ( $A_{Plat}$ ) :

$$Vap_{Plat} = Vol_{Evap-plat} \div A_{Plat} \quad (\text{gal/h/pi ca})$$

## 22. Le patron de bouillage et la forme des bulles

Le patron de bouillage est formé de la séquence d'apparition des points d'ébullition dans les pannes. C'est aussi une indication que les points les plus chauds initient les premiers secteurs d'ébullition.

Un bon moment pour évaluer le vrai patron d'ébullition est lors de l'évaluation de l'efficacité énergétique de l'évaporateur à l'eau potable. Une fois le test terminé, le brûleur est fermé. On attend le refroidissement partiel durant environ 5 minutes. On repart l'évaporateur et on observe. Comme l'eau est encore chaude, l'ébullition va repartir plus vite et on s'assure de ne pas manqué d'observation. Si on le faisait au début, comme c'est vraiment plus long à bouillir, il y a risque de manquer les premières bulles.

Le but visé est l'apparition de petits bouillons volcaniques dans toutes les pannes plates dans un temps de 30 à 90 secondes. La séquence recherchée commence dans le 3<sup>e</sup> carreau, puis s'étend de chaque côté au 4<sup>e</sup> et 2<sup>e</sup> carreau presque en même temps et finit dans le 1<sup>er</sup> carreau (finition) (**Figure 34**).

Pour permettre au producteur de faire ses propres observations, il ne le fera pas avec l'eau mais bien avec du sirop, lorsqu'il change ses pannes. C'est une condition propice pour l'observation du patron d'ébullition. Par contre, le temps doit se situer autour de 30 sec avec un maximum de 60. L'apparition est plus rapide à cause de la présence du sucre. Pour s'assurer de bonnes observations et éviter que la solution ne refroidisse trop, il est important de faire le changement de panne rapidement (5 minutes).

On recherche des petites bulles, le plus serrées possibles, à la grandeur même dans le 1<sup>er</sup> carreau en avant où c'est plus difficile. Il faut que ça bouille presque égal dans les 2 (ou 3) plats avec très peu de différentiel, ce qui va permettre un écoulement plus régulier. Du même coup, la solution au transfert plis-plat va perdre 1, 2 et même 3 °Brix.

Ordre d'arrivée des points d'ébullition: 1, 2, 3, 4.  
Entre le 1 et le 4 : 30 à 90 sec (à l'eau pure)  
30 sec et max de 60 (au sirop)

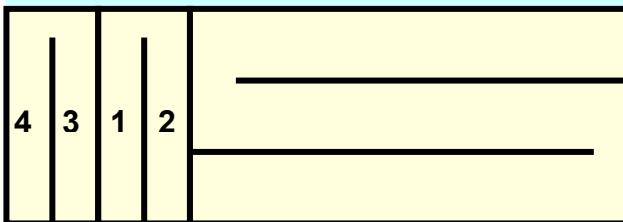


Figure 34 Illustration du patron de bouillage sur le plat

### C'est quoi le problème?

1. Efficacité énergétique à l'eau (moins 75 %), à la sève (voir tableau de comparaison) ou
2. Mauvais ratio consommation-production (gal<sub>USHuile</sub>/gal<sub>Sirop</sub>), ou
3. Couleur: difficulté à faire 10 à 20 % de AA et 40 % de A, ou
4. Saveur : défauts constatés, rapport de classement, ou
5. Régularité: temps de fermeture de la coulée supérieur à 1,5 minutes, ou
6. Moussage excessif, ou
7. Entartrage excessif, ou
8. Une combinaison de ces problèmes

Le positionnement de la flamme, sa forme et l'intensité de la chaleur sont des points à ajuster. Un bon ajusteur va observer et utiliser le patron de bouillage et la forme des bulles pour parfaire son ajustement.

Pour les plis, ce n'est pas nécessaire que ça bouille à gros bouillons près de la cheminée.

## 23. Pratique de bouillage

La pratique de bouillage diffère dans la journée et dans la saison. Elle dépend de la qualité de la sève, de sa concentration et sa température d'entrée dans l'évaporateur. La répartition de la chaleur sous les pannes élabore un patron d'ébullition et un taux d'évaporation qui lui sont propres et que l'on veut optimum. Adapter l'épaisseur de bouillage et contrôler le moussage font partie d'une bonne gestion de l'opérateur de l'évaporateur.

### C'est quoi le problème?

1. *Couleur: difficulté à faire 10 à 20 % de AA et 40 % de A, ou*
2. *Saveur : défauts constatés, rapport de classement, ou*
3. *Régularité: temps de fermeture de la coulée supérieur à 1,5 minutes, ou*
4. *Moussage excessif, ou*
5. *Entartrage excessif, ou*
6. *Une combinaison de ces problèmes.*

### 23.1 Gérer la qualité de la sève d'éable

Lorsque l'on parle de qualité, on parle de taux de contamination ou d'apparition de composés de fin de saison comme ceux donnant le goût de bourgeon. La qualité de la sève d'éable change durant la saison des sucres. Il faut apprendre à composer avec les problèmes de sucre inverti et de goût de bourgeon.

#### 23.1.1 Les sucres invertis

Le travail des bactéries et des levures sur la sève transforme le saccharose, principal sucre de la sève, en parts égales en glucose et fructose pour produire des sucres invertis. Ces derniers sont plus sensibles à la caramélation que le saccharose. Pour essayer de prédire si on fera un sirop foncé et caramélisé, il faut déterminer le taux d'inversion du sirop. Pour cela, il s'agit de déterminer le taux de glucose dans le sirop avec un appareil appelé « glucomètre » ou « moniteur de glycémie » qui se vend en pharmacie. La méthodologie d'utilisation se retrouve dans le *Cahier de transfert technologique acéricole* (CTTA) du Centre ACER, à la section 10.0, rubrique 100. La marque de l'appareil référencé dans le CTTA, le Accu-Chek, n'est plus disponible.

L'info-fiche acéricole du Centre ACER, *Diagnostic de la qualité de la sève d'éable - Utilisation du glucomètre* fait référence à quelques appareils de différents fabricants. Le Accu-Chek Aviva est en mesure de lire des concentrations inférieures à la valeur limite de glucose de 1 mmol/L établie pour la sève. Les Ascendia-Contour et Accu-Chek Compact-Plus utilisés par certains producteurs, fonctionnent très bien. En haut de 1 mmol/L, le sirop produit est généralement de couleur plus foncée et aura tendance à présenter une saveur de sucre brûlé.

Le principe d'utilisation demande que, lorsque la température extérieure augmente, on commence à prendre des mesures de glucose. Suivre l'évolution des valeurs permet de qualifier la sève comme étant plus ou moins dégradée. Les valeurs mesurées de ce suivi sont plus significatives lorsque la sève est à la même concentration. En effet, pour un même taux de glucose, une sève à 1,5 °Brix peut doubler son pourcentage de sucre inverti par rapport à celle à 3 °Brix. Plus de glucose signifie plus de sucre inverti et plus de possibilités de brûler les sucres.

Malheureusement, il n'y a pas de charte récente de correspondance entre la concentration de la sève, le taux de glucose et le pourcentage de sucre inverti. Avec ce dernier, on pourrait prévoir des actions à entreprendre pour diminuer ses effets.

Lorsque les signes comme l'augmentation significative de glucose arrivent, il faut prendre les moyens pour diminuer ses effets et développer des saveurs de caramel plus aromatiques et des goûts moins brûlés. Chaque évaporateur a une limite de glucose qu'il faut établir préalablement. Étant donné la sensibilité du sucre inverti à la chaleur, l'action doit se porter sur la quantité de chaleur fournie, sur l'écoulement de la solution dans la panne à plis et sur la concentration et la température de la solution entrante.

Pour travailler sur ces trois tableaux, les actions à entreprendre sont :

- augmenter le degré Brix de la solution permet à la solution de demeurer moins longtemps dans la panne à plis;
  - monter le niveau de la solution permet d'accélérer la vitesse de passage dans la panne à plis en. L'effet de la hauteur d'eau permet, par l'action de la gravité, de diminuer le temps de passage de la solution qui sera exposée moins longtemps à la chaleur;
  - enfin réduire la chaleur sous la panne en diminuant la pression du brûleur de 10 à 15 % va aussi contribuer à diminuer la surchauffe;
  - diminuer la température de la solution entrante lors que le taux de sucre inverti commence à monter
- Plus la concentration de la solution entrante et la hauteur de bouillage augmente, plus l'écoulement et la fluidité de la solution s'améliorent. Ainsi, le problème de brûlage des sucres est en partie réglé, en autant que la force du brûleur est réduite en conséquence. Il faut jouer sur les 3 tableaux. On est en mode modulation. Avant de vouloir contrôler les sucres invertis, il est important d'avoir un évaporateur qui fonctionne correctement en temps normal.

Le pourcentage de sucre inverti n'est pas la seule cause à la production de caramélisation. Le test au glucomètre peut indiquer un niveau bas de sucre inverti, et pourtant produire un sirop foncé et caramélisé. Que se passe-t-il? Le manque de contrôle du gonflement réduit l'écoulement, ce qui favorise la production de sirop caramélisé. Un autre point qui entre en jeu est la contamination de la sève par les bactéries entre en jeu. En effet, les bactéries créent des polysaccharides, un enchevêtrement de chaînes de sucre, qui font augmenter la viscosité. Une plus grande viscosité ralentit la vitesse d'avancement et de sortie, ce qui favorise la surchauffe de la solution. Le sirop filant est la résultante extrême de cette situation. Le degré de contamination est lié avec la qualité des installations du système de collecte, avec l'avancement dans la saison. Les façons de diminuer l'effet de la contamination demeurent les mêmes qu'utilisées pour les sucres invertis expliquées plus haut.

### 23.1.2 Le goût de bourgeon

Le goût de bourgeon se développe avec le réchauffement de la température qui amène l'arbre à modifier la sève. Les composés ainsi formés et présents dans la sève sont là pour rester. Il faut donc développer une stratégie pour ne pas accentuer le goût de bourgeon par le traitement à la chaleur, mais de la masquer avec une caramélisation développée avec la chaleur appropriée. Les arômes de caramélisation de base sont initiés dans les plis, tout en s'assurant de ne pas les brûler, ce qui est fréquent. Le sirop est moins amer. Étant moins amer, rendu dans les pannes plates, au lieu de renforcer l'amertume, on crée des arômes beaucoup plus doux qui masquent le bourgeon.

La première recommandation est de bouillir plus épais sur le pli (de 2 ½ à 3 ½ po) selon le taux de concentration pouvant varier de 12 à 15 °Brix. Le but est de favoriser l'écoulement et permettre la caramélisation. Bouillir plus épais stabilise l'écoulement, empêche les temps d'arrêt favorables à la surchauffe et développe la caramélisation.

Pour éviter de souligner le mauvais goût, l'intensité d'énergie va être réduite par la baisse du débit d'huile qui, lui, va être réduit par la réduction de la pression de 10 à 15 %. La saison est déjà avancée et la pression est déjà réduite de 10 à 15 % pour contrôler la couleur et la caramélisation, et ce, sans réajustement

du brûleur. Une autre réduction va demander d'intervenir sur le brûleur pour aller chercher une bonne efficacité de combustion. Il y a même des producteurs qui s'achète un deuxième canon usagé, et le font calibrer pour la 2<sup>e</sup> réduction de pression. Lorsque les premiers indices de goût de bourgeon arrivent, il change le canon et ne sont pas obligés de demander l'aide de techniciens en pleine saison.

Il faut être conscient que cette façon de faire n'est pas infaillible, mais elle vaut la peine de la mettre en pratique.

## 23.2 Gérer la concentration et la température de la solution entrante

Un des problèmes principaux du système d'évaporation est la concentration de plus en plus importante de la solution entrante. Et l'augmentation de sa température amplifie les problèmes. Il y a danger de brûler les sucres dans la panne à plis. Comme les sucres qui brûlent sont emprisonnés dans la pierre à sucre, l'entretien de la panne est essentiel. Alors que la technologie des évaporateurs ne s'y est pas adaptée. Avec le parc d'évaporateurs déjà en place, il n'est pas réaliste de penser changer ces derniers et d'occasionner des dépenses non rentables.

Est-il possible de jouer sur la concentration à la baisse et sur la température pour éliminer ou réduire de façon appréciable les problèmes d'entartrage excessif, de saveur et de couleur? Est-ce possible du même coup de garder les avantages de performances, d'économie d'énergie et de temps, d'efficacité énergétique et de possible expansion de l'exploitation?

La réponse est « OUI », c'est possible de s'attaquer à la source de plusieurs problèmes. On peut arriver à baisser le degré Brix de la solution et travailler sur la température. Mais ceci doit absolument s'accompagner d'une calibration de la chambre de combustion si nécessaire, d'un ajustement adéquat des brûleurs, d'une gestion adaptée de l'évaporateur et d'un entretien adéquat. Ces derniers points font tous l'objet de recommandation dans ce texte.

Pour travailler sur la concentration, par essai et erreur, il faut la descendre le plus possible. C'est ce qui va aider grandement à déplacer la caramélation de la sève vers les pannes plates et diminuer le Brix de transfert plis-plat. Automatiquement, on aura moins d'entartrage et de brunissement de la solution dans les plis.

La gestion de la température va vers une réduction et une recommandation en fonction de la concentration de la solution entrante, deux facteurs inter reliés. On recommande :

- lorsque la sève est bonne :

la température pourrait varier de 140 à 160 °F pour des concentrations de 16 à 8 °Brix;

- lorsque la sève se dégrade :

la température pourrait varier de 120 à 140 °F pour des concentrations de 16 à 8 °Brix.

Le moyen développé par l'industrie pour préchauffer la sève est un système de récupération de chaleur nommé « préchauffeur ». Il existe 2 principes. Le premier est placé dans le dôme à vapeur et récupère la chaleur de cette dernière. Le deuxième principe est un système placé dans la souche de la cheminée et récupère la chaleur des gaz de cheminée.

Le préchauffeur dans le dôme de l'évaporateur a plus de flexibilité. La température peut varier en fonction de l'ouverture ou la fermeture des trappes installées sur les cheminées d'évacuation de la vapeur. On ferme les trappes et la température monte.

Malheureusement le préchauffeur dans la souche de la cheminée ne permet aucun contrôle de la température. Elle est tributaire du débit de la sève, du brûleur, de la chambre de combustion, du foyer et de leurs ajustements. Et ces ajustements ne tiennent pas compte du préchauffeur.

Le problème lié à l'expansion des érablières, qui remet en cause la capacité de l'évaporateur actuel, passera probablement par l'achat d'un nouvel évaporateur. La planification de l'achat devra tenir compte des nouvelles réalités de l'exploitation. Il ne sera pas étrange de voir les pannes à plis réduire de longueur et le nombre de pannes plates augmenter. Un conseiller technique indépendant aidera à monter votre devis de besoins et à évaluer les offres des fabricants.

### 23.3 Gérer la hauteur de solution

Après avoir ajusté le brûleur convenablement, on se retrouve normalement avec plus de chaleur sous le plat et un peu moins sous le pli. Le Brix de la solution n'a peut-être pas changé beaucoup même si c'est souvent le problème majeur. Bien gérer la hauteur de solution est un des outils supplémentaires pour améliorer le comportement de l'évaporateur.

En concentrant à 8 °Brix, les opérateurs bouillaient à 1 ½ pouces de hauteur. Ils sont rendus à 12 et plus, et ils bouillent encore à 1 ½ po. Comme on a augmenté la concentration, comme on a avancé la chaleur sous le plat, il faut monter le débit de la coulée, il faut changer la hauteur de bouillage dans le plat comme dans les plis.

Sur le plat : si on concentre à 12 °Brix, la hauteur recommandée est de **2 po**;  
à 15 °Brix " de **3 po**.

Sur les plis : la hauteur recommandée est de **2 po**.

En plus d'améliorer l'écoulement, une plus grande hauteur donne une sécurité supplémentaire contre le retard de fonctionnement des flottes. On a plus de chance qu'il reste de la solution pour éviter de brûler la panne. L'augmentation de la hauteur a aussi un effet sur le mouillage comme il en sera question dans la section suivante.

**PRÉCAUTION :** Il faut gérer les niveaux dans le temps. Bouillir épais au début de la journée va retarder et de beaucoup, le début de la circulation et retarder de façon importante le début de la coulée. On commence donc à bouillir plus mince (1 ½ po) et progressivement on monte à 2 pouces, voire 3 pouces.

Il est intéressant de comprendre que la variation de hauteur combinée à l'intensité de chauffe, au taux d'évaporation, à la performance, à la température de cuisson permet de jouer sur les saveurs.

### 23.4 Gérer le gonflement

Le gonflement ou mouillage, comme décrit à la **Section 14** de ce document, est directement lié au taux de transfert de chaleur, à la concentration et à la composition de la sève d'éryable. Lorsqu'il devient excessif, l'utilisation d'un agent antimoussant devient nécessaire.

En plus des risques de débordement qui représente des pertes non négligeables de sucre, le mouillage contribue à la stagnation de l'écoulement par un effet sur les transferts de pannes. De plus, le fait de bouillir plus mince amplifie le problème. Avec le mouillage, la hauteur de liquide baisse et un espace vide se crée dans le transfert. Cette espace laisse entrer la vapeur créant une pression sur la flotte qui retarde à réagir. Qui dit stagnation dit brunissement et problème de saveur.

Ce problème a été réglé par l'industrie qui a modifié l'arrivée du tuyau à la boîte. Les fabricants le font arriver dans le fond à la place du côté. Mais pour le matériel déjà en place, modifier la boîte de transfert peut peut-être contribuer, en dernière ligne, à régler un problème aigu.

Le manque d'entretien des pannes à plis, boîte à flotte, conduites d'amenées de la solution à proximité de l'évaporateur, préchauffeur, agrave la contamination et amplifie le problème de gonflement.

En général, dans la période du sirop:

AA, l'écume est à peine levée dans la panne;

à la fin du A, mousse à moitié des carreaux;

B, rempli de mousse et ça prend de l'agent antimoussant.

La **Figure 35** illustre deux modèles de type gobelet de distributeur d'antimousse. Si le moussage est anarchique, ce distributeur risque de mettre trop d'antimousse et ainsi ajouter un produit dans le sirop pur. Il existe un distributeur qui est uniquement un bloc de bois d'érable non troué que l'on trempe dans l'antimousse le temps nécessaire pour bien l'imbiber. On s'assure qu'il n'y aura pas de surplus tout en étant très fonctionnel. Certains producteurs les fabriquent eux-mêmes et renouvellent leur inventaire à chaque année. Ce bloc de bois demande un entretien journalier qui consiste à le gratter, le faire bouillir une dizaine de minutes pour faire sortir l'huile et le faire tremper à nouveau 30 minutes dans l'antimousse chauffé à 100 °F. Il faut les changer à chaque année.

#### 23.4.1 Le choix de l'antimousse

L'utilisation de l'antimousse soit liquide, soit granulaire, en tant qu'agents technologique (ou adjuvants de transformation), est actuellement tolérée par l'ACIA et par Santé Canada en acériculture. Cette pratique n'est pas véritablement encadrée à l'heure actuelle dans l'industrie. Un mauvais choix, comme une mauvaise utilisation peut entraîner une perte de qualité et de valeur. Et on connaît des cas. Les résultats d'un sondage auprès de 400 acériculteurs ont permis de classer les antimousses en 4 groupes :

- produits végétaux: huile et graisse végétales (huile de carthame, tournesol, canola, graisse Crisco);
- produits animaux (saindoux ou le lard provenant du porc);
- produits alimentaire commerciaux (Atmos 300K, produit liquide jaune clair et le aldo HMS, granules blancs nommé aussi *kascher*);
- produits contenant des allergènes: huile de soya, produits laitiers, margarine (si utilisés, se conformer à l'obligation de déclaration selon les règlements en vigueur).

Quelques commentaires pouvant guider votre choix :

- les produits contenant des allergènes; **à proscrire**;
- les produits animaux ne conviennent pas à certaines communautés ethniques; ne sont pas un produit végétal; **à proscrire**;
- les produits végétaux, quoique utilisables et utilisés, sont généralement fragiles et doivent être protégées de l'air, de la lumière et de la chaleur pour éviter la dégradation; et à **conserver au réfrigérateur au plus 6 mois si jamais ouvert, 2 mois si ouvert; avant usage, un contrôle de qualité de l'huile; recommandé**;
- les produits alimentaires commerciaux, en plus d'être efficace, sont faciles d'emploi et peu enclin à produire des défauts de saveur; **recommandé**;
- les produits biologiques correspondent très souvent à des huiles pressées à froid; **si utilisées, il est très important de vérifier qu'elles n'apportent aucun goût étranger;** les huiles biologiques non pressées à froid; **recommandé**.

Il est important de faire le bon choix.



Figure 35 Deux types de distributeur d'antimousse

### 23.4.2 Les bonnes pratiques d'utilisation des antimousses en acériculture

1. Produire une sève d'éryable de bonne qualité.
2. Optimiser les paramètres d'opération de l'évaporateur.
3. Choisir un produit alimentaire possédant une bonne capacité antimoussante et peu enclin à produire des défauts de saveur.
4. Proscire l'utilisation de produits pouvant causer des réactions allergiques.
5. Exiger les informations nécessaires sur le produit (instruction d'utilisation, de manutention et d'entreposage, date de péremption).
6. Effectuer un contrôle de la qualité du produit avant de l'utiliser en production.
7. Ajouter l'antimousse uniquement lorsqu'un gonflement à problème survient (petites quantités à la fois).
8. Ne pas altérer le sirop qui est par définition légale, un produit pur.
9. Placer le contenant antimousse à un niveau acceptable :
  - le placer trop haut garde un niveau de mousse trop élevé qui retarde l'écoulement du sirop;
  - adapter la hauteur en fonction de l'évolution de la saison;
  - un exemple: si on est à la fin de production du sirop A et au début du B, on pourrait penser contenir la mousse à une hauteur égale à celle de la solution (hauteur de solution de 2 po et une hauteur de mousse de 2 po).
10. Dans les pannes à fond plat :
  - pas d'antimousse dans le dernier carreau de finition pour avoir une température le plus stable possible (problème: sirop près de sortir, effet antimousse ► baisse de température ► valve ouvre pas ► sirop retenu ► sirop fonce);
  - antimousse dans les autres sections du plat; ajuster la hauteur de l'antimousse en fonction de la contamination et aussi pour ne pas en avoir besoin dans la section de sortie.
11. Dans les cas de gonflement excessif :
  - monter l'épaisseur de bouillage (du même coup, régularise l'écoulement, améliore la saveur et la couleur);
  - baisser brûleur, baisser les buses et baisser la pression surtout à la fin de la saison (jusqu'à 10 à 15 %) on travaille en même temps sur la caramélation du sucre inverti et la saveur;
  - améliorer l'entretien.

## 24. La gestion de l'huile no 2 ou mazout

L'huile légère n° 2 ou mazout est le combustible qui a remplacé le bois au niveau des grandes entreprises acéricoles pour faciliter et diminuer la tâche exigée par le chauffage au bois. Cette automation du chauffage demande quelques attentions en ce qui a trait au combustible lui-même. Le

### C'est quoi le problème?

1. Efficacité énergétique à l'eau (moins 75 %), à la sève (voir tableau de comparaison) ou
2. Mauvaise performance, ou
3. Mauvais ratio consommation-production ( $gal_{USHuile}/gal_{Sirop}$ ), ou
4. Une combinaison de ces problèmes et des problèmes indirects.

type d'huile appropriée, la conservation de l'intégrité à l'entreposage, les filtres, les fuites sont autant de points à porter une attention particulière.

## 24.1 Types d'huile

Sur le marché, il y a deux types d'huile la N° 1 et la N° 2 qui peuvent convenir aux brûleurs d'évaporateur :

- l'huile N°1 aussi appelée "Stove", a la particularité d'avoir son point de congélation à - 40 °C. Elle convient pour les réservoirs extérieurs dans les grands froids d'hiver.
- l'huile N° 2 a son point de gelée qui varie de 0 °C en été et à -18 °C en hiver. Tout au long de l'année, les pétrolières fond varier leur mélange en fonction des températures et saisons; pour ce, ne jamais remplir un réservoir avec une huile dont le point de gèle est supérieur à - 12 °C;(-18 de préférence) en d'autres mots ne jamais remplir le réservoir avec une huile N° 2 de la saison estivale entre autres; le -18 °C correspond aux températures qui conviennent au temps des sucres;
- l'ajustement du brûleur doit se faire en fonction du type d'huile utilisée; un changement d'huile oblige un nouvel ajustement;
- le mélange des deux types d'huile est à éviter parce qu'il est très compliqué à gérer et que c'est difficile d'obtenir toujours le même mélange; aussitôt que les proportions du mélange changent, ça oblige un nouvel ajustement.

## 24.2 Le remplissage du réservoir

Il est fortement conseillé d'arrêter l'évaporateur pendant le remplissage et une heure après. C'est le temps nécessaire à laisser sédimentier les particules qui ont été mises en suspension lors le remplissage. Ces sédiments colmatent les filtres et il y en a même qui se rendent au brûleur. Voilà un problème rencontré fréquemment.

## 24.3 L'évaluation de la quantité d'huile dans le réservoir

L'information sur la quantité d'huile restante dans le réservoir peut être utile pour vérifier les factures de livraison. Ces mêmes informations peuvent être nécessaires pour faire le calcul de d'efficacité énergétique annuelle. Cette dernière va renseigner sur votre utilisation de l'énergie donc de l'huile que vous avez achetée.

La façon de faire est relativement simple. L'usage d'une tige insérée dans le réservoir permet de mesurer la hauteur de l'huile. Elle ne doit pas être faite d'un matériel poreux pour que la ligne de démarcation soit bien définie et non tout diffuse sur les matériaux. Normalement, chaque réservoir a une charte d'évaluation, dont on voit un modèle à l'**Annexe 6**, qui fait le lien avec la hauteur mesurée et la quantité de liquide correspondante.



Figure 36 Pâte pour tester la présence d'eau dans l'huile

## 24.4 L'eau dans l'huile

Pour savoir s'il y a de l'eau dans le réservoir d'huile, il existe un test facile à réaliser avec un produit en pâte de couleur verte (**Figure 36**). On étend la pâte sur le bout d'une tige et on la descend dans le réservoir jusqu'au fond parce que l'eau est plus lourde et se tient au fond. Cette pâte réagit avec l'eau et change de couleur.

En présence d'eau, il faut ajouter un produit, que certain appelle « Conditionneur » vendu normalement par les détaillants d'huile, selon le mode d'emploi écrit sur le contenant. Les livreurs d'huile contactés ont dit être en mesure de faire ce test sur demande. Il est conseillé de se procurer cette pâte et de vérifier en début de saison et à tout autre moment approprié.

Comment prévenir le problème occasionné par l'eau :

- pour les réservoirs extérieurs, bâtir un abri, pour empêcher le jeu soleil et ombre qui favorise la condensation;
- lors de l'installation du réservoir, placer le bout où la sortie se retrouve à environ 2 po plus haut que l'autre bout; l'eau plus lourde que l'huile se retrouvera à l'autre bout et risque moins d'emprunter le circuit vers le brûleur;
- ne pas garder de réservoir presque vide durant la saison morte, parce que plus propice à la condensation.

## 24.5 Les filtres à l'huile

Pour éviter que les graines en suspension dans l'huile ne se rendent au brûleur, il est recommandé d'installer 2 filtres: un au réservoir et un autre au brûleur. Pour l'entretien des filtres voir la **Section 25.2**.

## 25. L'entretien de l'évaporateur de sève d'érable

L'entretien de l'évaporateur de sève d'érable doit être réalisé minutieusement. Il garantie le bon fonctionnement de l'appareil et évite bien des problèmes. On monte la routine d'entretien par une liste de tâches à réaliser soit quotidiennement, soit périodiquement ou soit, annuellement. Cette liste affichée dans la salle d'évaporation sert d'aide mémoire.

Certains travaux d'entretien relèvent de l'opérateur et d'autres relèvent de main-d'oeuvre extérieure comme le technicien de brûleur. Dans ce dernier cas, réserver leur service à l'avance s'avère un atout pour l'acériculteur. Dans le temps des sucres, il n'est toujours pas possible d'avoir les services de l'extérieur au moment précis voulu. En plus d'attendre, il faut souvent recourir à quelqu'un d'autre qui ne connaît pas l'entreprise.

Le **Tableau 16** donne les entretiens décrits plus bas. Pour compléter le compléter, il est important de vous reporter aux instructions du fabricant en ce qui a trait aux différentes recommandations d'entretien

### C'est quoi le problème?

1. *Efficacité énergétique à l'eau (moins 75 %), à la sève (voir tableau de comparaison) ou*
2. *Mauvaise performance, ou*
3. *Mauvais ratio consommation-production (gal<sub>USHuile</sub>/gal<sub>Sirop</sub>), ou*
4. *Couleur: difficulté à faire 10 à 20 % de AA et 40 % de A, ou*
5. *Saveur : défauts constatés, rapport de classement, ou*
6. *Régularité: temps de fermeture de la culée supérieur à 1,5 minutes, ou*
7. *Moussage excessif, ou*
8. *Entartrage excessif, ou*
9. *Température de la cheminée excédant les températures recommandées qui varie de 450 °F à 650 °F en fonction de la largeur de l'évaporateur, ou*
10. *Une combinaison de ces problèmes.*

Tableau 16 Liste des travaux d'entretien sur un évaporateur

TRAVAUX D'ENTRETIEN SUR UN ÉVAPORATEUR			
Période	Équipement	Entretien	Détail
Journalier	Le brûleur	Nettoyer ailettes de la tête	À vérifier aux changements pannes plates et nettoyer au besoin
	Panne à fond plat	Détartrer	Changement de pannes rapide (5 à 10 min.)
	Panne à plis	Aseptisation de la solution	À la fin de la journée
		Nettoyage de la partie supérieure (5 à 6 pouces)	À la fin de la journée
		Trempage (toute la nuit)	Les cas de peu ou pas d'entartrage (à partir d'une concentration de solution entrante de 10 °Brix et moins) <sup>1</sup>
		Recirculation de filtrat	Les cas de dépôts calcaires importants (à partir d'une concentration de solution entrante de 12 °Brix et plus) <sup>1</sup>
	Préchauffeur	Désucrage - rinçage	
	Valves-flottes et autres tuyaux arrivant à la panne	Vidanger et nettoyer	Le contenu est aseptisé
Annuel	Filtre à l'huile	Changer	Le changer aussi au changement de buses
Dans le temps	Laine isolante de céramique	Changer	Durée de vie moyenne de 8 ans
	Cordon d'amiante	Changer	Au besoin
	Brûleur	Ajustement	Au besoin
		Changer buses	Durée de vie de 2 à 3 ans

<sup>1</sup> À titre indicatif parce que l'entartrage dépend de beaucoup de facteurs : intensité de chauffe, type de membrane du concentrateur.

## 25.1 L'entretien journalier

L'entretien journalier comprend ce qu'il faut faire à la fin de la journée ou en cours de journée. Voici quelques entretiens à ne pas oublier :

### 25.1.1 La tête du brûleur

Aux changements de pannes à fond plat, il est important de vérifier le niveau d'en-crassement des ailettes de la tête du brûleur et de nettoyer au besoin.

La suie ou le créosote, qui s'accumule sur les ailettes, modifie l'angle des palettes et du même coup la turbulence au démarrage. On profite du changement des pannes plates pour nettoyer avec une laine d'acier les ailettes. Comme précaution, on recouvre d'un papier mouchoir la buse (Figure 37) pour éviter que les résidus de nettoyage ne viennent se coller sur celle-ci. Si le dépôt de carbone se retrouve près de l'orifice, il peut en modifier le jet.



Figure 37 Nettoyage de la tête du brûleur

### 25.1.2 Les pannes à fond plat

Les pannes à fond plat sont beaucoup plus sujettes à l'entartrage. Il faut changer les pannes et enlever le bimalate de calcium avec un jet d'eau propre ou de filtrat qui a un pouvoir de déminéralisation beaucoup plus grand.

Le changement des pannes doit se faire le plus rapidement possible (5 à 10 minutes), surtout dans les cas de plusieurs changements journaliers (10 à 15), afin d'éviter des retards de coulée; il existe plusieurs systèmes maison très aidant et sécuritaires; en effet, c'est la sécurité qui prime.

Ce que l'on fait avec la solution :

- mettre les bouchons pour isoler chaque section;
- recueillir séparément le sirop de chacune des sections;
- installer la nouvelle panne;
- remettre les bouchons;
- verser les solutions exactement dans le même ordre que recueillies;
- partir le brûleur;
- ne retirer les bouchons que lorsque ça boue à la grandeur, pour éviter l'homogénéisation de l'ensemble des solutions;
- NE PAS OUBLIER DE RETIRER LES BOUCHONS pour ne pas brûler la panne; un truc pour ne pas oublier est de rallonger le bouchon avec un bout de ficelle et de le laisser pendre sur le rebord de la panne.

Il y a d'autres façons acceptables de gérer la solution.

### 25.1.3 Les pannes à plis

Voici la liste des opérations d'entretien de la panne à plis placées par ordre d'intervention selon le besoin de nettoyage :

#### 1. Aseptisation de la solution de la panne à plis

À la fin de la journée, il est important d'aseptiser la solution de la panne à plis pour éviter un développement important des micro-organismes qui s'y retrouve. Pour ce faire :

- monter la solution à environ 1 pouce plus élevé que le niveau normal de bouillage;
- ne pas monter la solution dans la zone de mouillage pour éviter que l'écume contenant du sucre inverti ne se retrouve dans la solution avec les inconvénients qu'on lui connaît (augmentation viscosité, à la limite, production de sirop filant);
- ajouter, dans la panne à plis, la solution contenue dans les valves-flottes, le préchauffeur et la conduite d'amenée de solution;
- laisser bouillir une minute est suffisant; plus que ça, c'est une dépense d'énergie inutile; pour ceux qui ont un préchauffeur dans la souche, si cette période se prolonge et qu'il est plein d'eau, la température de la solution va monter puisque l'eau ne circule plus dans le préchauffeur; il ne faut pas que la pression créé dans le préchauffeur ne dépasse ses limites et ne crée des fuites;
- suivre les recommandations du fabricant.

#### 2. Nettoyage de la partie supérieure de la panne à plis

Après l'aseptisation de la solution, dès que possible, essuyer la partie supérieure avec un chiffon pendant que c'est encore humide et chaud; ne pas attendre que ce soit séché et croûté.

Pourquoi? Parce que cette partie supérieure de 5 à 6 pouces où la mousse et l'écume ont monté contient plein de micro-organismes encore vivants. Pour éviter la contamination de tout l'évaporateur. Pour diminuer risque de sirop filant.

### 3. Trempage (cas de peu ou pas d'entartrage)

- après aseptisation et nettoyage de la partie supérieure;
- vider la panne à plis et entreposer la solution;
- désucrage au boyau à l'eau chaude ou à la laveuse à pression juste sur le fond<sup>1</sup> et ajouter à la solution entreposée;
- passer le jet d'eau sur la paroi que l'on va laisser aller au drain parce que remplie de bactéries;
- Ajouter le filtrat jusqu'au même niveau que bouillage;
- laisser tremper toute la nuit;
- vidanger et rincer le matin venu;
- la solution est remise dans la panne à plis.

Note : on peut se rendre jusqu'à la fin de la saison sans plus d'effort; chauffer le filtrat dans la panne améliore le résultat.

### 4. Recirculation de filtrat (cas de dépôts calcaires importants)

- après aseptisation et nettoyage de la partie supérieure;
- vider la panne à plis et entreposer;
- désucrage au boyau à l'eau chaude ou à la laveuse à pression juste sur le fond<sup>1</sup> et ajouter à la solution entreposée;
- passer le jet d'eau sur la paroi que l'on va laisser aller au drain parce que remplie de bactéries;
- ajouter le filtrat jusqu'au même niveau que du bouillage;
- le recirculateur est branché et on le fait tourner toute la nuit;
- vidanger et rincer le matin venu;
- la solution entreposée est remise dans la panne à plis.

Il existe des systèmes de recirculation avec gicleurs, plus dispendieux, et d'autres composés d'une pompe (800, 1200 ou 1800 gal/h) qui pousse le filtrat par l'entrée de la sève d'érable pour ressortir à la flotte de transfert plis-plat et repris par la pompe, le tout en circuit fermé. Ces systèmes très efficaces ont permis de retarder le nettoyage à l'acide passablement voir jusqu'à la fin des sucres tout dépendant de l'intensité du problème d'entartrage. Aux 40 à 50 barils de sirop produit, il faudra lever le dôme et faire un nettoyage avec pompe à pression pour détartrer.

#### 25.1.4 Le préchauffeur

Le préchauffeur est l'équipement qu'il est impossible d'aseptiser. Pour les exploitations avec de la belle sève, une température fraîche dans la cabane, un système bien balancé qui bouille à tous les jours, il y a très peu de problèmes en général incluant le préchauffeur. Pour ceux qui boue fréquemment aux 2 jours et que leur système d'évaporation est à problèmes, le préchauffeur les amplifie. Il faut le nettoyer et la façon de faire est :

- désucrer avec une fois le VM de filtrat et diriger la solution dans la panne à plis pour aseptisation; le désucrage inclut la conduite qui part du réservoir d'alimentation jusqu'au préchauffeur;
- passer dans le préchauffeur une quantité d'eau bouillante égale à 10 fois le Volume mort (VM)<sup>2</sup> du préchauffeur; ça réduit la charge microbienne mais ne la détruit pas toute; diriger cette eau au le drain.

---

<sup>1</sup> Si pour sortir la solution, un jet d'eau est utilisé, ne pas le diriger sur la partie supérieure des pannes; même si on l'a essuyée, elle n'est pas aseptisée pour autant; les micro-organismes encore vivants peuvent contaminer la solution entreposée et tout l'évaporateur le lendemain.

<sup>2</sup> VM: le volume mort du préchauffeur est le volume équivalent à la quantité d'eau nécessaire à remplir un préchauffeur vide.

### 25.1.5 Les valves-flottes et autres tuyaux arrivant à la panne plis

La solution contenue dans les valves-flottes et les tuyaux d'amenée de solution à la panne à plis est transférée dans la panne à plis pour aseptisations; les valves-flottes et tuyaux sont nettoyés avec de l'eau chaude.

Avant de drainer la valve-flotte entre le pli et le plat, il faut placer un bouchon pour bloquer la solution dans chacune des pannes. Pour éviter de les démonter pour les vider, il est nécessaire de les modifier afin d'ajouter une valve de drainage. Pas dispendieux mais tellement pratique.

## 25.2 L'entretien annuel

D'autres travaux d'entretien doivent être exécutés en fin de saison comme le nettoyage des pannes et leur entreposage. Il faut s'assurer qu'il ne reste aucun résidu de nettoyant qui peut altérer les tôles. Il est recommandé de consulter les instructions du fabricant.

### Filtre à huile

En plus de changer les filtres annuellement, il est important de le faire au changement de buses: la méthode est de :

- commencer par changer le ou les filtres;
- faire fonctionner le brûleur une dizaine de minutes;
- changer les buses.

On s'assure ainsi que les graines mises en circulation par le changement de filtre vont obstruer les vieilles buses à la place des neuves.

## 25.3 L'entretien dans le temps

Certains entretiens doivent se faire occasionnellement au cours de la vie de l'évaporateur. En voici quelques-uns :

### 25.3.1 La laine isolante de céramique

On sait que la laine isolante de céramique de surface a une durée de vie moyenne de 8 ans<sup>1</sup>. Sa durée de vie dépend beaucoup de l'intensité de chauffe. Si le régime est au maximum, il se peut qu'après 6 ans on soit obligé de changer la laine. Et à l'autre extrême, une laine de 10 ans peut être en très bon état. Le signal de vieillissement est une laine effilochée et qui s'affaisse. La laine effilochée crée une turbulence et un problème de suie ou d'encrassement des surfaces plus froides. L'affaissement de la laine expose la structure à de fortes températures de l'ordre de 2800 °F qui risque de la détériorer. En autant que c'est possible, une épaisseur de 4 pouces de laine sur le fond de la chambre et de la montée est recommandée. Sous le pli et sur les murs, 3 pouces de laine No 8 seraient suffisants.



Figure 30 Laine de céramique

Le marché offre des laines de 3 capacités isolantes: les N°s 4, 6 et 8. La N° 8 est la plus isolante et dense. C'est celle qui est recommandée lors d'un renouvellement de laine pour diminuer les pertes de chaleur par les parois et le fond de la chambre à combustion et du foyer.

<sup>1</sup> La durée de vie de 8 ans est une observation terrain de laine installée par les compagnies.

### 25.3.2 Le cordon d'amiante

Ce cordon se retrouve au point d'appui des pannes sur la structure de l'évaporateur (**Figure 39**). Sa fonction est d'empêcher toute entrée d'air en provenance de la salle d'évaporation vers la chambre de combustion et le foyer. Cette entrée d'air non contrôlée et non contrôlable perturbe le fonctionnement du brûleur et la circulation des gaz dans le foyer.

Une vérification du cordon d'amiante au changement de pannes et à la fin de la saison est une bonne habitude à prendre. Changer le cordon au besoin.



Figure 39 Cordon d'amiante

### 25.3.3 Le brûleur

L'ajustement doit se faire au besoin (**Section 18**).

Les buses sont à changer aux 2 à 3 ans. Il faut accompagner le changement de buses, d'un changement de filtre à l'huile (**Section 25.2**), d'un ajustement de brûleur et d'un test d'efficacité énergétique à l'eau potable (**Section 10.2**) et à la sève (**Section 10.3**).

Le technicien ajusteur de brûleur doit remettre la fiche « *Données techniques du brûleur et ajustements* » (**Tableau 4, Annexe 2**) où toutes les interventions qu'il a réalisées sur l'évaporateur y sont inscrites. Le but est de laisser à l'acériculteur des informations des plus pertinentes pour les prochaines interventions sur l'évaporateur faites par le même technicien ou son remplaçant.

## 26. Résolution de problèmes d'un évaporateur de sève d'érable

Avant de se lancer dans une intervention importante, le conseiller doit procéder à une investigation de l'ensemble du système d'évaporation qui pourrait ressembler à:

- poser des questions simples, actuelles et historiques
  - quelle est la concentration de la solution entrante; est-ce un besoin de concentrer autant?
  - quel est le ratio-consommation-production ( $gal_{US-Huile}/gal_{Imp-Sirop}$ )?
  - quel est le coût de production?
  - quelle est la performance? Combien temps pour faire un baril?
  - quelle est la régie d'entretien?
- observations simples
  - du brûleur: position de sortie de la tête;
  - sortes de buses installées;
  - de la température de cheminée; + de 650 °F;
- investigation plus poussée
  - évaluation plus précise de la performance;
  - évaluation plus précise du ratio consommation-production;
  - calcul de l'efficacité à la sève;
  - évaluation du temps de fermeture entre 2 coulées pour apprécier la régularité;
  - test de combustion;
  - efficacité énergétique à l'eau potable, mesure beaucoup plus précise d'efficacité pour confirmer une intervention (de plus, essentielle pour faire le portrait de départ et d'après interventions de l'évaporateur au niveau énergétique).

Le **Tableau 17**, page 75, contient la liste des problèmes traités dans ce texte. Ils sont placés par ordre d'importance. Le problème N° 1 « Suie sous les pannes » étant un des problèmes les plus importants.

Après, c'est les correctifs qui sont soit simples, soit plus compliqués et qui demandent souvent des spécialistes. Le **Tableau 17** fait la liste des pistes de solutions traitées dans ce texte. On remarque, qu'il faut privilégier les pistes de solutions qui ont rapport à l'énergie fournie (N°s A, B, C, D et E), auxquelles on pourrait ajouter la N° K qui touche les dimensions des pannes versus le besoin d'évaporation.

Ça revient à dire que lorsque l'on a réglé le problème de chauffe, on s'approche du plein potentiel du système d'évaporation. La performance est atteinte tout en ayant une efficacité énergétique optimale. La suie disparaît et le ratio consommation-production s'améliore. Et les autres problèmes sont en mode correction.

Après, il reste à appliquer les règles d'une bonne gestion comme on en retrouve dans le tableau dans la colonne des pistes de solutions.

Si c'est justifié, l'ajout d'équipement comme l'inverseur de coulée peut faire toute la différence pour l'entraînage des pannes à fond plat.

Un important conseil concernant la résolution de problème est :

#### **La prévention**

- prévoir la venue de technicien; ne pas attendre d'être dans le trouble;
- exiger du technicien de brûleur le **Tableau 4** « *Données techniques du brûleur et ajustements* » modèle à l'**Annexe 2**;
- garder une buse de chaque catégorie pour s'assurer de la même configuration et du même ajustement du brûleur;
- faire une liste d'entretien et la suivre;
- produire une sève de la meilleure qualité possible, grâce à des systèmes de tubulures répondant au besoin et convenablement installés;
- apprendre et suivre les bonnes pratiques d'évaporation;
- maîtriser les instruments de mesures pour être capable de contrôler la production et d'échanger avec les conseillers.

## **27. Abréviations et définitions**

Une liste des abréviations utilisées ainsi que la signification de même que les définitions de certains termes et concepts se retrouvent à l'**Annexe 7**.

Tableau 17 Récapitulation des problèmes et des pistes de solution d'un évaporateur de sève d'érable

Problèmes et pistes de solutions d'un évaporateur de sève d'érable						
Problèmes <sup>1</sup> de :				Pistes de solution <sup>2</sup>		
No	Description	Page réf. <sup>3</sup>	N° piste de solution <sup>3</sup>	No	Description	Page réf. <sup>4</sup>
1 <sup>er</sup> bloc ; relié à l'énergie principalement						
1	Suie sous les pannes (A, C)		A, B, C, D,  L Si justifié	A	Quelques conseils d'installation : évaporateur au niveau et entrée d'aire	
2	Performance de production			B	Gérer la concentration et la température de la solution entrante	
3	Ratio consommation-production			C	Réglage des brûleurs	
4	Efficacité énergétique			D	Modification de la chambre de combustion et du foyer	
5	Température excessive des gaz dans la cheminée					
2 <sup>e</sup> bloc : relié aux pratiques de travail (en plus de l'énergie)						
6	Entartrage (M)		En plus des A, B, C, D  H en priorité  E, F, G, I	E	Taux d'évaporation plis et plat	
7	Couleur du sirop			F	Patron bouillage et forme des bulles	
8	Saveur du sirop			G	Gérer la qualité de sève	
9	Gonflement excessif			H	Gérer la hauteur de la solution	
10	Régularité de coulée de sirop			I	Gérer le gonflement	
11	Sirop filant					
3 <sup>e</sup> bloc : Entretien et autres						
12	Le manque ou la négligence dans l'entretien en général, provoque ou amplifie les problèmes		J, K	J	Gestion huile n° 2 (mazout)	
				K	Entretien <ul style="list-style-type: none"> <li>journalier : pannes plates et à plis, préchauffeur, valves-flottes</li> <li>annuel : filtre huile</li> <li>dans le temps : laine de céramique, cordon d'amianté</li> </ul>	
				L	Redimensionner les pannes ou une bonne planification	
				M	Inverseur de coulée	

<sup>1</sup> Uniquement les problèmes traités dans le texte et mis par ordre d'importance.

<sup>2</sup> Pistes de solutions traitées dans le texte et séparées en 3 blocs dont le premier est le plus important et à privilégier. Individuellement, les pistes de solutions ne sont pas classées par ordre d'importance.

<sup>3</sup> Numéro de page du texte où l'on retrouve des informations soit sur le problème.

<sup>4</sup> Numéro correspondant à la piste de solution.

<sup>5</sup> Toutes les pistes de solutions sont inter-reliées; donc si on doit toucher à des actions importantes, il y aura à vérifier les autres actions.

## 28. Conclusion

Le diagnostic d'un évaporateur consiste à observer un ou plusieurs signaux en regard d'un problème de fonctionnement. On entend souvent des problèmes de couleur, de saveur, de performance et d'efficacité. Effectivement le nombre de gallons de sirop produits à l'heure ainsi que la quantité de gallons américains d'huile nécessaires pour produire un gallon impérial de sirop reviennent souvent. Le coût de l'énergie, qui grimpe constamment, est aussi un souci de plus des producteurs.

Mais une bonne investigation demande plus de rigueur, surtout lorsqu'on veut obtenir l'efficacité énergétique à la sève et celle à l'eau potable, de même que la performance de production et du ratio consommation-production. Ces données et d'autres permettent de comparer le fonctionnement de l'évaporateur à problème avec celui des évaporateurs plus performants.

Une fois le ou les problèmes identifiés, les pistes de solutions sont beaucoup plus faciles à cibler. Un des points importants qui ressort est l'énergie fournie à l'évaporateur, qui se retrouve dans les problèmes et dans les solutions. L'ajustement des brûleurs, la modification de la chambre de combustion et du foyer permettent de donner à l'évaporateur un équilibre qui joue sur toutes les autres problématiques.

En plus de la résolution de problèmes, un point important à recommander est la prévention. L'entretien recommandé en est un point important. La prévention comprend aussi la planification, la qualité de la sève, les bonnes pratiques d'évaporations et la maîtrise des instruments et unités de mesures.

Un bon conseiller technique peut accompagner un acériculteur dans sa démarche d'amélioration et de suivie de l'évaporateur de sève d'érable.

Le Centre ACER a développé une formation sur les différents combustibles et une autre sur le diagnostic informatisé des évaporateurs à l'aide de leur nouveau prologiciel.

**Tableau 3a: Compilation des données recueillies du test d'évaporation à l'eau pure  
(Utilisation d'un compteur totalisateur d'eau)**

Mesure du taux d'évaporation à l'eau pure							
T	Temps		Compteur [Unité au choix]	Différence entre deux lectures [min]	Débit de la période [gal. imp.]	Débit horaire [gal.imp./h]	
	[h]	[min]					
T0			(F)				
T1			(G)		T1-T0	(G)-(F)	$\times 60/(T1-T0) =$
T2			(H)		T2-T1	(H)-(G)	$\times 60/(T1-T0) =$
T3			(I)		T3-T2	(I)-(H)	$\times 60/(T1-T0) =$
T4			(J)		T4-T3	(J)-(I)	$\times 60/(T1-T0) =$
T5			(K)		T5-T4	(K)-(J)	$\times 60/(T1-T0) =$
T6			(L)		T6-T5	(L)-(K)	$\times 60/(T1-T0) =$
T7			(M)		T7-T6	(M)-(L)	$\times 60/(T1-T0) =$
T8			(N)		T8-T7	(N)-(M)	$\times 60/(T1-T0) =$
T9			(O)		T9-T8	(O)-(N)	$\times 60/(T1-T0) =$
T10			(P)		T10-T9	(P)-(O)	$\times 60/(T1-T0) =$
T11			(Q)		T11-T10	(Q)-(P)	$\times 60/(T1-T0) =$
T12			(R)		T12-T11	(R)-(Q)	$\times 60/(T1-T0) =$
T13			(S)		T13-T12	(S)-(R)	$\times 60/(T1-T0) =$
T14			(T)		T14-T13	(T)-(S)	$\times 60/(T1-T0) =$
T15			(U)		T15-T14	(U)-(T)	$\times 60/(T1-T0) =$
Taux moyen d'évaporation à l'eau pure (Z) =							
Température de l'eau à l'entrée de l'évaporateur (°C ou °F) =							

**Tableau 3b: Compilation des données recueillies du test d'évaporation à l'eau pure  
(Utilisation d'une règle dans le réservoir d'alimentation en eau)**

Mesure du taux d'évaporation à l'eau pure						
T	Temps		Règle [cm] Fc = _____ *	Différence entre deux lectures [min]	Débit de la période [gal. imp.]	Débit horaire [gal.imp./h]
	[h]	[min]				
T0			(F)			
T1			(G)		T1-T0	(G)-(F)xFc
T2			(H)		T2-T1	(H)-(G)xFc
T3			(I)		T3-T2	(I)-(H)xFc
T4			(J)		T4-T3	(J)-(I)xFc
T5			(K)		T5-T4	(K)-(J)xFc
T6			(L)		T6-T5	(L)-(K)xFc
T7			(M)		T7-T6	(M)-(L)xFc
T8			(N)		T8-T7	(N)-(M)xFc
T9			(O)		T9-T8	(O)-(N)xFc
T10			(P)		T10-T9	(P)-(O)xFc
T11			(Q)		T11-T10	(Q)-(P)xFc
T12			(R)		T12-T11	(R)-(Q)xFc
T13			(S)		T13-T12	(S)-(R)xFc
T14			(T)		T14-T13	(T)-(S)xFc
T15			(U)		T15-T14	(U)-(T)xFc
Taux moyen d'évaporation à l'eau pure (Z) =						
Température de l'eau à l'entrée de l'évaporateur ( °C ou °F ) =						
*Fc = Long(réservoir:pi) x Larg.(réservoir:pi) x 0,204						

**Tableau 4 DONNÉES TECHNIQUES DU BRÛLEUR ET AJUSTEMENTS**

1. IDENTIFICATION								
Producteur	municipalité							
2. DONNÉES DE BASE								
Dimensions évaporatuer (en pied) Largeur	longueur		Concentration (°B)					
Nombre de pannes è fond plat	Performance (en gal/h)							
Demande du producteur: entretien [ ]	problèmes: [ ]							
3. BRÛLEUR								
Marque	Modèle							
Emplacement: gauche [ ] droite [ ]	Date d'installation:							
AVANT (intervention)			APRÈS (intervention)					
Buses (nozzels)	Buse <input type="checkbox"/> 1 (petit tuyau)	Buse <input type="checkbox"/> 2 (gros tuyau)	Buse <input type="checkbox"/> 1 (petit tuyau)	Buse <input type="checkbox"/> 2 (gros tuyau)				
Marque								
Angle								
Type de jet								
Débit nominal à 100psi (en galus/h)								
Pression d'opération ( en psi)								
Débit à la pression d'opération								
Débit total à la pression d'opération (en galus/h)								
Position de la tête de turbulence								
Ouverture du registre (trappe) d'air (en %)								
4. ALLUMAGE								
Bas feu	Délai d'allumage							
	Test de fumée							
Haut feu	Synchronisation à l'allumage (solénoïde huile et trappe air)							
5. CHAMBRE DE COMBUSTION								
Pression statique (vide) dans la chambre (po d'eau)								
Autre donnée:								
Autre donnée:								
6. CHEMINÉE								
Clé de régulation de tire								
Contrôle automatique de tire								
Température des gaz (°F ou C°)								
Pression statique (vide) dans la cheminée (en po d'eau)								
Test de fumée								
Teneur en CO <sub>2</sub>								
Teneur en O <sub>2</sub>								
Efficacité de combustion (en %) (table à calculs)								
7. SOMMAIRE DES AJUSTEMENTS								

Copie donnée au producteur [ ]

Technicien \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_

## ANNEXE 3

**Tableau 5 Efficacité énergétique instantanée d'un système d'évaporation à l'eau potable**

1. Température de l'eau à l'entrée (°C ou °F): .....
2. Taux d'évaporation à l'eau potable (cellule "Z" du **tableau 1** exprimé en gal<sub>imp</sub>/h) .....
3. Débit<sub>total</sub> réel du mazout (voir **tableau 2**) en gal<sub>US</sub>/h .....
4. Calcul du rapport "R"  
 $R = \text{Taux d'évaporation (au point 2)} \div \text{Débit}_{\text{total}} \text{ réel du mazout ( au point 3)}$   
 $R$  exprimé en gal<sub>imp</sub>/h par gal<sub>US</sub>/h .....

Rapport (R)	Température de l'eau à l'entrée									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	°C
	50	68	86	104	122	140	158	176	194	°F
4	35%	34%	34%	33%	33%	32%	32%	31%	30%	
4,25	37%	36%	36%	35%	35%	34%	33%	33%	32%	
4,5	39%	39%	38%	37%	37%	36%	35%	35%	34%	
4,75	41%	41%	40%	39%	39%	38%	37%	37%	36%	
5	44%	43%	42%	41%	41%	40%	39%	39%	38%	
5,25	46%	45%	44%	44%	43%	42%	41%	41%	40%	
5,5	48%	47%	46%	46%	45%	44%	43%	43%	42%	
5,75	50%	49%	48%	48%	47%	46%	45%	45%	44%	
6	52%	51%	51%	50%	49%	48%	47%	46%	46%	
6,25	54%	54%	53%	52%	51%	50%	49%	48%	48%	
6,5	57%	56%	55%	54%	53%	52%	51%	50%	49%	
6,75	59%	58%	57%	56%	55%	54%	53%	52%	51%	
7	61%	60%	59%	58%	57%	56%	55%	54%	53%	
7,25	63%	62%	61%	60%	59%	58%	57%	56%	55%	
7,5	65%	64%	63%	62%	61%	60%	59%	58%	57%	
7,75	68%	66%	65%	64%	63%	62%	61%	60%	59%	
8	70%	69%	67%	66%	65%	64%	63%	62%	61%	
8,25	72%	71%	70%	68%	67%	66%	65%	64%	63%	
8,5	74%	73%	72%	71%	69%	68%	67%	66%	65%	
8,75	76%	75%	74%	73%	71%	70%	69%	68%	67%	
9	78%	77%	76%	75%	73%	72%	71%	70%	68%	
9,25	81%	79%	78%	77%	75%	74%	73%	72%	70%	
9,5	83%	81%	80%	79%	77%	76%	75%	74%	72%	
9,75	85%	84%	82%	81%	80%	78%	77%	75%	74%	
10	87%	86%	84%	83%	82%	80%	79%	77%	76%	
10,25	89%	88%	86%	85%	84%	82%	81%	79%	78%	
10,5		90%	89%	87%	86%	84%	83%	81%	80%	
10,75				89%	88%	86%	85%	83%	82%	
11					90%	88%	87%	85%	84%	
11,25						90%	89%	87%	86%	
11,5								89%	87%	
11,75									89%	
12										91%

Exemple: Pour un R de 7,5 gal<sub>imp</sub>/h d'eau par gal<sub>US</sub>/min d'huile et une température d'entrée de 140 °F, on a une efficacité de 62 % à l'eau potable.

**Tableau 8 Évaluation de l'efficacité d'un système avec les valeurs de R, de la concentration et de la température d'entrée de la solution dans l'évaporateur**

R	Gal. imp. <sub>eau</sub> divisé par Gal US Huile	Partie A						Temp (°F)	Partie B									Temp (°C)	
		Concentration de la solution (°Brix)							Efficacité (%) avant correction pour la température de la solution										
		2	4	6	8	10	12		30%	31%	32%	33%	34%	35%	36%	37%	38%	39%	
	3,5	25,5%	24,9%	24,3%	23,7%	23,0%	22,4%	210	30%	31%	32%	33%	34%	35%	36%	37%	38%	39%	99
	3,6	26,3%	25,6%	25,0%	24,3%	23,7%	23,0%	200	30%	31%	32%	33%	34%	35%	36%	37%	38%	39%	93
	3,7	27,0%	26,3%	25,7%	25,0%	24,3%	23,6%	190	31%	32%	33%	34%	35%	36%	37%	38%	39%	40%	88
	3,8	27,7%	27,0%	26,4%	25,7%	25,0%	24,3%	180	31%	32%	33%	34%	35%	36%	37%	38%	39%	40%	82
	3,9	28,4%	27,8%	27,1%	26,4%	25,6%	24,9%	170	31%	32%	33%	34%	35%	37%	38%	39%	40%	41%	77
	4	29,2%	28,5%	27,8%	27,0%	26,3%	25,6%	160	32%	33%	34%	35%	36%	37%	38%	39%	40%	41%	71
	4,1	29,9%	29,2%	28,5%	27,7%	27,0%	26,2%	150	32%	33%	34%	35%	36%	37%	38%	39%	40%	41%	66
	4,2	30,6%	29,9%	29,1%	28,4%	27,6%	26,8%	140	32%	33%	34%	35%	37%	38%	39%	40%	41%	42%	60
	4,3	31,4%	30,6%	29,8%	29,1%	28,3%	27,5%	130	33%	34%	35%	36%	37%	38%	39%	40%	41%	42%	54
	4,4	32,1%	31,3%	30,5%	29,7%	28,9%	28,1%	120	33%	34%	35%	36%	37%	38%	39%	41%	42%	43%	49
	4,5	32,8%	32,0%	31,2%	30,4%	29,6%	28,8%	110	33%	34%	35%	36%	38%	39%	40%	41%	42%	43%	43
	4,6	33,5%	32,7%	31,9%	31,1%	30,3%	29,4%	100	33%	35%	36%	37%	38%	39%	40%	41%	42%	44%	38
	4,7	34,3%	33,5%	32,6%	31,8%	30,9%	30,0%	90	34%	35%	36%	37%	38%	39%	41%	42%	43%	44%	32
	4,8	35,0%	34,2%	33,3%	32,4%	31,6%	30,7%	80	34%	35%	36%	37%	39%	40%	41%	42%	43%	44%	27
	4,9	35,7%	34,9%	34,0%	33,1%	32,2%	31,3%	70	34%	36%	37%	38%	39%	40%	41%	42%	44%	45%	21
	5	36,5%	35,6%	34,7%	33,8%	32,9%	32,0%	60	35%	36%	37%	38%	39%	40%	42%	43%	44%	45%	16
	5,1	37,2%	36,3%	35,4%	34,5%	33,5%	32,6%	50	35%	36%	37%	39%	40%	41%	42%	43%	44%	46%	10
	5,2	37,9%	37,0%	36,1%	35,1%	34,2%	33,2%	40	35%	36%	38%	39%	40%	41%	42%	44%	46%	4	
	5,3	38,6%	37,7%	36,8%	35,8%	34,9%	33,9%	Temp (°F)	Efficacité (%) avant correction pour la température de la solution									Temp (°C)	
	5,4	39,4%	38,4%	37,5%	36,5%	35,5%	34,5%		40%	41%	42%	43%	44%	45%	46%	47%	48%	49%	
	5,5	40,1%	39,1%	38,2%	37,2%	36,2%	35,1%	210	40%	41%	42%	43%	44%	45%	46%	47%	48%	49%	99
	5,6	40,8%	39,9%	38,9%	37,9%	36,8%	35,8%	200	40%	42%	43%	44%	45%	46%	47%	48%	49%	50%	93
	5,7	41,6%	40,6%	39,6%	38,5%	37,5%	36,4%	190	41%	42%	43%	44%	45%	46%	47%	48%	49%	50%	88
	5,8	42,3%	41,3%	40,3%	39,2%	38,1%	37,1%	180	41%	42%	43%	44%	45%	46%	48%	49%	50%	51%	82
	5,9	43,0%	42,0%	40,9%	39,9%	38,8%	37,7%	170	42%	43%	44%	45%	46%	47%	48%	49%	50%	51%	77
	6	43,8%	42,7%	41,6%	40,6%	39,5%	38,3%	160	42%	43%	44%	45%	46%	47%	48%	50%	51%	52%	71
	6,1	44,5%	43,4%	42,3%	41,2%	40,1%	39,0%	150	43%	44%	45%	46%	47%	48%	49%	50%	51%	52%	66
	6,2	45,2%	44,1%	43,0%	41,9%	40,8%	39,6%	140	43%	44%	45%	46%	47%	48%	49%	50%	52%	53%	60
	6,3	45,9%	44,8%	43,7%	42,6%	41,4%	40,3%	130	43%	44%	46%	47%	48%	49%	50%	51%	52%	53%	54
	6,4	46,7%	45,6%	44,4%	43,3%	42,1%	40,9%	120	44%	45%	46%	47%	48%	49%	50%	51%	53%	54%	49
	6,5	47,4%	46,3%	45,1%	43,9%	42,7%	41,5%	110	44%	45%	46%	48%	49%	50%	51%	52%	53%	54%	43
	6,6	48,1%	47,0%	45,8%	44,6%	43,4%	42,2%	100	45%	46%	47%	48%	49%	50%	51%	52%	54%	55%	38
	6,7	48,9%	47,7%	46,5%	45,3%	44,1%	42,8%	90	45%	46%	47%	48%	50%	51%	52%	53%	54%	55%	32
	6,8	49,6%	48,4%	47,2%	46,0%	44,7%	43,5%	80	45%	47%	48%	49%	50%	51%	52%	53%	55%	56%	27
	6,9	50,3%	49,1%	47,9%	46,6%	45,4%	44,1%	70	46%	47%	48%	49%	50%	52%	53%	54%	55%	56%	21
	7	51,0%	49,8%	48,6%	47,3%	46,0%	44,7%	60	46%	47%	49%	50%	51%	52%	53%	54%	56%	57%	16
	7,1	51,8%	50,5%	49,3%	48,0%	46,7%	45,4%	50	47%	48%	49%	50%	51%	53%	54%	55%	56%	57%	10
	7,2	52,5%	51,2%	50,0%	48,7%	47,3%	46,0%	40	47%	48%	49%	51%	52%	53%	54%	55%	57%	58%	4
	7,3	53,2%	52,0%	50,7%	49,3%	48,0%	46,6%	Temp (°F)	Efficacité (%) avant correction pour la température de la solution									Temp (°C)	
	7,4	54,0%	52,7%	51,4%	50,0%	48,7%	47,3%		50%	51%	52%	53%	54%	55%	56%	57%	58%	59%	
	7,5	54,7%	53,4%	52,0%	50,7%	49,3%	47,9%	210	50%	51%	52%	53%	54%	55%	56%	57%	58%	59%	99
	7,6	55,4%	54,1%	52,7%	51,4%	50,0%	48,6%	200	51%	52%	53%	54%	55%	56%	57%	58%	59%	60%	93
	7,7	56,1%	54,8%	53,4%	52,0%	50,6%	49,2%	190	51%	52%	53%	54%	55%	56%	57%	58%	59%	60%	88
	7,8	56,9%	55,5%	54,1%	52,7%	51,3%	49,8%	180	52%	53%	54%	55%	56%	57%	58%	59%	60%	61%	82

Tableau 8 (suite) Évaluation de l'efficacité d'un système avec les valeurs de R, de la concentration et de la température d'entrée de la solution dans l'évaporateur

R	Gal. imp. eau divisé par Gal US Huile	Partie A						Temp (°F)	Partie B									Temp (°C)	
		Concentration de la solution (°Brix)					50%	51%	52%	53%	54%	55%	56%	57%	58%	59%	61%	62%	
		2	4	6	8	10													
7,9	57,6%	56,2%	54,8%	53,4%	52,0%	50,5%	170	52%	53%	54%	55%	56%	57%	58%	59%	61%	62%	77	
8	58,3%	56,9%	55,5%	54,1%	52,6%	51,1%	160	53%	54%	55%	56%	57%	58%	59%	60%	61%	62%	71	
8,1	59,1%	57,6%	56,2%	54,8%	53,3%	51,8%	150	53%	54%	55%	56%	57%	59%	60%	61%	62%	63%	66	
8,2	59,8%	58,4%	56,9%	55,4%	53,9%	52,4%	140	54%	55%	56%	57%	58%	59%	60%	61%	62%	63%	60	
8,3	60,5%	59,1%	57,6%	56,1%	54,6%	53,0%	130	54%	55%	56%	57%	59%	60%	61%	62%	63%	64%	54	
8,4	61,3%	59,8%	58,3%	56,8%	55,2%	53,7%	120	55%	56%	57%	58%	59%	60%	61%	62%	64%	65%	49	
8,5	62,0%	60,5%	59,0%	57,5%	55,9%	54,3%	110	55%	56%	57%	59%	60%	61%	62%	63%	64%	65%	43	
8,6	62,7%	61,2%	59,7%	58,1%	56,6%	55,0%	100	56%	57%	58%	59%	60%	61%	62%	64%	65%	66%	38	
8,7	63,4%	61,9%	60,4%	58,8%	57,2%	55,6%	90	56%	57%	59%	60%	61%	62%	63%	64%	65%	66%	32	
8,8	64,2%	62,6%	61,1%	59,5%	57,9%	56,2%	80	57%	58%	59%	60%	61%	62%	64%	65%	66%	67%	27	
8,9	64,9%	63,3%	61,8%	60,2%	58,5%	56,9%	70	57%	58%	60%	61%	62%	63%	64%	65%	66%	68%	21	
9	65,6%	64,1%	62,5%	60,8%	59,2%	57,5%	60	58%	59%	60%	61%	62%	64%	65%	66%	67%	68%	16	
9,1	66,4%	64,8%	63,2%	61,5%	59,8%	58,2%	50	58%	60%	61%	62%	63%	64%	65%	67%	68%	69%	10	
9,2	67,1%	65,5%	63,8%	62,2%	60,5%	58,8%	40	59%	60%	61%	62%	64%	65%	66%	67%	68%	69%	4	
9,3	67,8%	66,2%	64,5%	62,9%	61,2%	59,4%	Temp (°F)	Efficacité (%) avant correction pour la température de la solution									Temp (°C)		
9,4	68,5%	66,9%	65,2%	63,5%	61,8%	60,1%		60%	61%	62%	63%	64%	65%	66%	67%	68%			
9,5	69,3%	67,6%	65,9%	64,2%	62,5%	60,7%	210	60%	61%	62%	63%	64%	65%	66%	67%	68%	69%	99	
9,6	70,0%	68,3%	66,6%	64,9%	63,1%	61,3%	200	61%	62%	63%	64%	65%	66%	67%	68%	69%	70%	93	
9,7	70,7%	69,0%	67,3%	65,6%	63,8%	62,0%	190	61%	62%	63%	64%	65%	66%	67%	69%	70%	71%	88	
9,8	71,5%	69,7%	68,0%	66,2%	64,4%	62,6%	180	62%	63%	64%	65%	66%	67%	68%	69%	70%	71%	82	
9,9	72,2%	70,5%	68,7%	66,9%	65,1%	63,3%	170	63%	64%	65%	66%	67%	68%	69%	70%	71%	72%	77	
10	72,9%	71,2%	69,4%	67,6%	65,8%	63,9%	160	63%	64%	65%	66%	67%	68%	70%	71%	72%	73%	71	
10,1	73,6%	71,9%	70,1%	68,3%	66,4%	64,5%	150	64%	65%	66%	67%	68%	69%	70%	71%	72%	73%	66	
10,2	74,4%	72,6%	70,8%	68,9%	67,1%	65,2%	140	64%	66%	67%	68%	69%	70%	71%	72%	73%	74%	60	
10,3	75,1%	73,3%	71,5%	69,6%	67,7%	65,8%	130	65%	66%	67%	68%	69%	70%	72%	73%	74%	75%	54	
10,4	75,8%	74,0%	72,2%	70,3%	68,4%	66,5%	120	66%	67%	68%	69%	70%	71%	72%	73%	74%	76%	49	
10,5	76,6%	74,7%	72,9%	71,0%	69,1%	67,1%	110	66%	67%	69%	70%	71%	72%	73%	74%	75%	76%	43	
10,6	77,3%	75,4%	73,6%	71,6%	69,7%	67,7%	100	67%	68%	69%	70%	71%	73%	74%	75%	76%	77%	38	
10,7	78,0%	76,2%	74,3%	72,3%	70,4%	68,4%	90	68%	69%	70%	71%	72%	73%	74%	75%	77%	78%	32	
10,8	78,8%	76,9%	74,9%	73,0%	71,0%	69,0%	80	68%	69%	70%	72%	73%	74%	75%	76%	77%	78%	27	
10,9	79,5%	77,6%	75,6%	73,7%	71,7%	69,7%	70	69%	70%	71%	72%	73%	75%	76%	77%	78%	79%	21	
11	80,2%	78,3%	76,3%	74,4%	72,3%	70,3%	60	69%	71%	72%	73%	74%	75%	76%	77%	79%	80%	16	
11,1	80,9%	79,0%	77,0%	75,0%	73,0%	70,9%	50	70%	71%	72%	74%	75%	76%	77%	78%	79%	81%	10	
11,2	81,7%	79,7%	77,7%	75,7%	73,7%	71,6%	40	71%	72%	73%	74%	75%	77%	78%	79%	80%	81%	4	
11,3	82,4%	80,4%	78,4%	76,4%	74,3%	72,2%	Temp (°F)	Efficacité (%) avant correction pour la température de la solution									Temp (°C)		
11,4	83,1%	81,1%	79,1%	77,1%	75,0%	72,8%		70%	71%	72%	73%	74%	75%	76%	77%	78%			
11,5	83,9%	81,8%	79,8%	77,7%	75,6%	73,5%	210	70%	71%	72%	73%	74%	75%	76%	77%	78%	79%	99	
11,6	84,6%	82,6%	80,5%	78,4%	76,3%	74,1%	200	71%	72%	73%	74%	75%	76%	77%	78%	79%	80%	93	
11,7	85,3%	83,3%	81,2%	79,1%	76,9%	74,8%	190	72%	73%	74%	75%	76%	77%	78%	79%	80%	81%	88	
11,8	86,0%	84,0%	81,9%	79,8%	77,6%	75,4%	180	72%	73%	74%	75%	76%	77%	79%	80%	81%	82%	82	
11,9	86,8%	84,7%	82,6%	80,4%	78,3%	76,0%	170	73%	74%	75%	76%	77%	78%	79%	80%	81%	82%	77	
12	87,5%	85,4%	83,3%	81,1%	78,9%	76,7%	160	74%	75%	76%	77%	78%	79%	80%	81%	82%	83%	71	
12,1	88,2%	86,1%	84,0%	81,8%	79,6%	77,3%	150	74%	76%	77%	78%	79%	80%	81%	82%	83%	84%	66	
12,2	89,0%	86,8%	84,7%	82,5%	80,2%	78,0%	140	75%	76%	77%	78%	79%	81%	82%	83%	84%	85%	60	

**Tableau 8 (suite) Évaluation de l'efficacité d'un système avec les valeurs de R, de la concentration et de la température d'entrée de la solution dans l'évaporateur**

R	Gal. imp. <sub>eau</sub> divisé par Gal US Huile	Partie A						Temp (°F)	Partie B									Temp (°C)	
		Concentration de la solution ('Brix)							Efficacité (%) avant correction pour la température de la solution										
		2	4	6	8	10	12		70%	71%	72%	73%	74%	75%	76%	77%	78%	79%	
	12,3	89,7%	87,5%	85,4%	83,1%	80,9%	78,6%	130	76%	77%	78%	79%	80%	81%	82%	84%	85%	86%	54
	12,4	90,4%	88,3%	86,1%	83,8%	81,5%	79,2%	120	77%	78%	79%	80%	81%	82%	83%	84%	85%	86%	49
	12,5	91,1%	89,0%	86,7%	84,5%	82,2%	79,9%	110	77%	78%	80%	81%	82%	83%	84%	85%	86%	87%	43
	12,6	91,9%	89,7%	87,4%	85,2%	82,9%	80,5%	100	78%	79%	80%	81%	83%	84%	85%	86%	87%	88%	38
	12,7	92,6%	90,4%	88,1%	85,8%	83,5%	81,2%	90	79%	80%	81%	82%	83%	84%	86%	87%	88%	89%	32
	12,8	93,3%	91,1%	88,8%	86,5%	84,2%	81,8%	80	80%	81%	82%	83%	84%	85%	86%	87%	89%	90%	27
	12,9	94,1%	91,8%	89,5%	87,2%	84,8%	82,4%	70	80%	81%	83%	84%	85%	86%	87%	88%	89%	91%	21
	13	94,8%	92,5%	90,2%	87,9%	85,5%	83,1%	60	81%	82%	83%	84%	86%	87%	88%	89%	90%	91%	16
	13,1	95,5%	93,2%	90,9%	88,5%	86,1%	83,7%	50	82%	83%	84%	85%	86%	88%	89%	90%	91%	92%	10
	13,2	96,3%	93,9%	91,6%	89,2%	86,8%	84,3%	40	82%	84%	85%	86%	87%	88%	89%	91%	92%	93%	4



Note: Le **Tableau 8** peut servir pour évaluer l'efficacité énergétique instantanée à la sève et l'efficacité énergétique annuelle. Les données encerclées font référence aux deux exemples du texte.

## Modèle

## Registre de production

## ANNEXE 5

**Modèle de charte de volume d'huile dans un réservoir en fonction de la hauteur d'huile mesurée**

*Soudure F.M. International Inc.*

En gallons impériaux

**RÉSERVOIR HORIZONTAL - 1000 GALLONS**

Hauteur: 127 cm,(50")

Longueur: 359 cm,(141.3")

Contenu: 4548 litres

cm	litres	cm	litres	cm	litres	cm	litres	cm	litres	cm	litres
1	5	49	1619	97	3727						
2	15	50	1663	98	3766						
3	28	51	1708	99	3804						
4	43	52	1752	100	3841						
5	60	53	1797	101	3878						
6	78	54	1842	102	3915						
7	98	55	1887	103	3951						
8	120	56	1933	104	3986						
9	143	57	1978	105	4021						
10	166	58	2023	106	4055						
11	192	59	2069	107	4089						
12	218	60	2114	108	4122						
13	245	61	2160	109	4154						
14	273	62	2205	110	4185						
15	302	63	2251	111	4216						
16	332	64	2297	112	4246						
17	363	65	2342	113	4275						
18	394	66	2388	114	4303						
19	426	67	2433	115	4330						
20	459	68	2479	116	4356						
21	493	69	2524	117	4381						
22	527	70	2570	118	4405						
23	562	71	2615	119	4428						
24	597	72	2660	120	4449						
25	633	73	2705	121	4470						
26	669	74	2750	122	4488						
27	707	75	2795	123	4505						
28	744	76	2840	124	4520						
29	782	77	2885	125	4533						
30	821	78	2929	126	4542						
31	860	79	2973	127	4548						
32	899	80	3018								
33	939	81	3062								
34	979	82	3105								
35	1019	83	3149								
36	1060	84	3192								
37	1102	85	3235								
38	1143	86	3278								
39	1185	87	3320								
40	1227	88	3363								
41	1270	89	3404								
42	1313	90	3446								
43	1356	91	3487								
44	1399	92	3528								
45	1442	93	3569								
46	1486	94	3609								
47	1530	95	3649								
48	1574	96	3688								

9405, La Martinière, Montréal, Québec. H1E 3K8 Tél.: 514-648-4987 Fax.: 514-494-2491

Tableau 18 Listes des abréviations du texte

Abréviations <sup>1</sup>	Description
<b>A<sub>Plat</sub></b>	aire ou surface totale des pannes à fond plat (pi ca)
<b>A<sub>Plis</sub></b>	Aire ou surface de la panne à plis (pi ca)
<b>B<sub>Sève</sub></b>	concentration de la solution entrante ( <b>B<sub>Sève</sub></b> ) en °Brix
<b>B<sub>Sirop</sub></b>	concentration du sirop moyen (°Brix)
<b>Déb<sub>Nom-Huile</sub></b>	débit nominal des brûleurs à 100 psi (gal <sub>US-Huile</sub> /h)
<b>Déb<sub>Pres-Huile</sub></b>	quantité de combustible ( <b>Déb<sub>Pres-Huile</sub></b> ) en (gal <sub>US-Huile</sub> ) uniquement utilisé pour la production du sirop
<b>Déb<sub>Pres-Huile</sub></b>	débit d'huile à la pression opération (gal <sub>US-Huile</sub> /h)
<b>Déb<sub>Sève</sub></b>	Le Débit de la solution d'entrée dans l'évaporateur à la concentration mesurée (gal/h)
<b>Déb<sub>Sève</sub></b>	quantité de solution qui est entrée ( <b>Déb<sub>Sève</sub></b> ) dans l'évaporateur pour produire la quantité de sirop connue
<b>Déb<sub>Sirop</sub></b>	quantité de sirop qui a été produit ( <b>Déb<sub>Sirop</sub></b> )
<b>Déb<sub>Transf Plis-plat</sub></b>	Le Débit de la solution de transfert plis-plat (gal/h)
<b>Eff<sub>Évap Eau</sub></b>	Efficacité énergétique à l'eau potable
<b>Eff<sub>Évap-Sève (%)</sub></b>	efficacité énergétique à la sève en %
<b>F</b>	Largeur du fond du pli et du dessus du pli (po)
<b>Fcor<sub>Déb-Huile</sub></b>	facteur de correction du débit est: $F_{cor} = \sqrt{(P_{Opér} \div 100)}$ ; on peut aussi utiliser le <b>Tableau 4</b>
<b>F<sub>Déb-Sève</sub></b>	facteur ( <b>F<sub>Déb-Sève</sub></b> ) qui est fonction du Brix d'entrée de la solution et du Brix du sirop produit; valeurs dans <b>Tableau 5</b>
<b>Larg<sub>Panne-plis</sub></b>	Largeur de la panne à plis (pi)
<b>Larg<sub>Plat</sub></b>	Largeur d'une panne plate (pi)
<b>Long<sub>Plat</sub></b>	Longueur d'une panne plate (pi)
<b>Long<sub>Plis</sub></b>	Longueur de la panne à plis (pi)
<b>Nb<sub>brûl</sub></b>	nombre de brûleurs
<b>Nb<sub>Pannes-plat</sub></b>	Nombre de pannes à fond plat (en supposant qu'elles sont d'égales dimensions)
<b>Nb<sub>Plis</sub></b>	Nombre total de plis (compter le nombre de trous formés par les plis)
<b>Ouv<sub>Plis</sub></b>	Largeur de l'ouverture du pli (po)
<b>P'</b>	Mesure du côté incliné du pli (po)
<b>Perf<sub>prod</sub></b>	Performance: quantité de sirop d'érable produit (V <sub>sirop</sub> en gallon impérial) dans un intervalle de temps (T en heure) (performance en gal <sub>imp</sub> /h)
<b>P<sub>Opér</sub></b>	pression d'opération du brûleur (psi);
<b>P<sub>Plis</sub></b>	Profondeur des plis (po)
<b>Q<sub>Fournie</sub></b>	énergie fournie par la source d'énergie
<b>Q<sub>Sens</sub></b>	Énergie sensible qui sert à éléver la température de la solution à sa température d'ébullition
<b>Q<sub>Utile</sub></b>	L'énergie utile (Q <sub>Utile</sub> ) est composée de l'énergie nécessaire pour l'évaporation de l'eau (Q <sub>Vap</sub> ) plus l'énergie sensible (Q <sub>Sens</sub> ) nécessaire à chauffer la sève jusqu'au point d'ébullition
<b>Q<sub>Vap</sub></b>	énergie d'évaporation de l'eau de la solution

<b>rapport "R"</b>	quantité de solution traitée ( $\text{Déb}_{\text{Sève}}$ ) divisée par la consommation de combustible ( $\text{Déb}_{\text{Pres-Huile}}$ ) (en $\text{gal}_{\text{imp}} / \text{gal}_{\text{US-Huile}}$ )
<b>Ratio<sub>cons-prod</sub></b>	ratio consommation-production réfère à la quantité de gallons US d'huile utilisés pour produire un gallon impérial de sirop à un degré Brix donné.
<b>T<sub>Sève</sub></b>	température moyenne de la solution à l'entrée ( $\text{T}_{\text{Sève}}$ ) dans l'évaporateur (°F)
<b>Vap<sub>Plat</sub></b>	Le taux d'évaporation sur le plat ( $\text{Vap}_{\text{Plat}}$ ) est le volume évaporé sur le plat ( $\text{Vol}_{\text{Évap-plat}}$ ) divisé par la surface exposée à la chaleur et à la solution ( $A_{\text{Plat}}$ ) (gal/h-pi ca)
<b>Vap<sub>Plis</sub></b>	Le taux d'évaporation sur le pli ( $\text{Vap}_{\text{Plis}}$ ) est le volume évaporé sur le pli ( $\text{Vol}_{\text{Évap-plis}}$ ) divisé par la surface exposée à la chaleur et à la solution ( $A_{\text{Plis}}$ ) (gal/h-pi ca)
<b>Vol<sub>Évap-plat</sub></b>	Le volume évaporés sur le plat ( $\text{Vol}_{\text{Évap-plat}}$ ) est la différence entre ce qui se transfère sur le plat ( $\text{Déb}_{\text{Transf Plis-plat}}$ ) et ce qui sort en sirop ( $\text{Déb}_{\text{Siro}}$ ) (gal/h)
<b>Vol<sub>Évap-plis</sub></b>	Le volume évaporés sur les plis ( $\text{Vol}_{\text{Évap-plis}}$ ) est la différence entre ce qui entre ( $\text{Déb}_{\text{Sève}}$ ) et ce qui se transfère au plat ( $\text{Déb}_{\text{Transf Plis-plat}}$ ) (gal/h)
<b>V<sub>sirop</sub></b>	Quantité de sirop produit

<sup>1</sup> Abréviations utilisées dans le texte

**Tableau 19** Quelques définitions

Sujet	Définition
Efficacité énergétique	Le rapport entre la quantité d'énergie utile ( $Q_{\text{Utile}}$ ) ou effectivement utilisée par le système pour produire le sirop, sur la quantité totale d'énergie qui est fournie au système ( $Q_{\text{Fournie}}$ ) $\text{Eff}_{\text{Évap}} (\%) = (Q_{\text{Utile}} / Q_{\text{Fournie}}) \times 100$
Efficacité à l'eau pure	Efficacité calculée en évaporant de l'eau pure
Efficacité à la sève	Efficacité calculée en évaporant de l'eau d'érable ou de son concentré
Efficacité instantanée	Efficacité prise à un moment donné dans le temps en parlant de l'efficacité à l'eau pure ou à la sève
Efficacité annuelle	Efficacité qui tient compte de toute la production annuelle de sirop et de la consommation totale d'énergie correspondant strictement à cette production.
Performance de production ( $\text{Perf}_{\text{prod}}$ )	La capacité de traitement exprimée comme étant la quantité de sirop d'érable produit dans un intervalle de temps. Dans ce document, l'unité privilégiée est le nombre de gallons à l'heure (gal/h); gallon impérial et non de gallon américain.
Ratio consommation-production ( $\text{Ratio}_{\text{cons-prod}}$ )	La quantité de gallons américains d'huile utilisés pour produire une unité gallon impériaux de sirop ( $\text{gal}_{\text{US-Huile}} / \text{gal}_{\text{imp sirop}}$ )
Régularité de la coulée	La caractéristique qui fait que le sirop sort à des intervalles égaux. Et dans le cas du sirop, plus cet intervalle est petit, voir même nul dans le cas de coulée continue, plus le système est en équilibre.

## Bibliographie

- Allard, Gaston.** 1974. *Évaporation de la sève d'érable*, 27 pages, Centre de recherche, de développement et de transfert technologique acéricole inc., (Centre ACER).
- Allard, Gaston.** 1984. *Amélioration de l'efficacité globale d'un évaporateur de sève d'érable attribuable à l'addition d'une soufflerie*, 12 pages, Centre de recherche, de développement et de transfert technologique acéricole inc., (Centre ACER)
- Allard, Gaston.** 1999. *Calcul du poids spécifique relatif(densité) d'une solution de sucre d'érable en fonction de sa concentration (°Brix)*, 4 pages, Centre de recherche, de développement et de transfert technologique acéricole inc., (Centre ACER).
- Allard, Gaston.** 2007. *Programme de perfectionnement en acériculture, Module 05 : Système d'évaporation d'eau ou de concentré d'eau d'érable*, Partie A et Partie B, Présentation avec logiciel Microsoft PowerPoint, Centre de recherche, de développement et de transfert technologique acéricole inc., (Centre ACER).
- Allard, Gaston, M. Belzile.** 2004. *Cahier de transfert technologique en acériculture*, Centre de recherche, de développement et de transfert technologique acéricole inc., (Centre ACER).
- Arzate, Alfa.** 2008. *Qualification de l'efficacité énergétique d'un système d'évaporation de sève d'érable ou de concentré de sève fonctionnant à l'huile*, 32 pages, Centre de recherche, de développement et transfert technologique acéricole inc., (Centre ACER)
- Arzate, Alfa.** 2009. *Efficacité énergétique des système d'évaporation fonctionnant à l'huile de chauffage : étude de cas*, 26 diapositives, Présentation PowerPoint, Centre de recherche, de développement et transfert technologique acéricole inc., (Centre ACER)
- Bernier, Raymond.** 2008. *Mesure de l'efficacité et ajustement d'un évaporateur à l'huile*, 16 diapositives, Présentation PowerPoint, Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
- Bernier, Raymond.** 2010. *Efficacité de la séparation membranaire*, 28 diapositives, Présentation PowerPoint, Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
- Boily, Alain.** 2001. *L'évaporateur à l'huile ou au bois*, Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'alimentation du Québec, 8 pages.
- Boucher, André.** 2003. *Diagnostiquer son évaporateur, une question de gros bons sens*. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'alimentation du Québec, 6 pages.
- Boucher, André.** 2002. *L'amélioration des performances de mon évaporateur passe par la connaissance de son fonctionnement*. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'alimentation du Québec, 16 pages
- Boucher, André.** 2013. *Entrevue enregistrée*
- CDL.** 2013. *Entrevues filmées et enregistrées, Portes ouvertes 2013*
- Dumont, Johanne.** 1974. *L'eau d'érable*, Centre de recherche, de développement et de transfert technologique acéricole inc., (Centre ACER), 10 pages.
- Dumont, Johanne.** 1999. *Mise au point d'un outil de mesure rapide permettant d'évaluer la tendance d'une sève à donner un sirop ayant un défaut de goût majeur*, Publication no: 322-FIN-0299, Centre de recherche, de développement et de transfert technologique acéricole inc., (Centre ACER), 15 pages.

**Dumont, Johanne. 1998.** *Technique pour le dosage du sucre inverti dans le sirop d'éryable*, Publication no: 311-FCH-1098, Centre de recherche, de développement et de transfert technologique acéricole inc., (Centre ACER) , 5 pages.

**Faculté d'architecture, d'ingénierie architecturale, d'urbanisme. 2013.** *Aide à la décision en efficacité énergétique des bâtiments du secteur tertiaire*, Energie+, version 8, Architecture et Climat, Université catholique de Louvain (Belgique) 2013, réalisé avec le soutien de la Wallonie - DGO4 - Département de l'Énergie et du Bâtiment Durable. Disponible sur : <http://www.energieplus-lesite.be>

**Lagacé, Luc, Charron, Carmen.** 2008. *Diagnostic de la qualité de la sève d'éryable - Utilisation du glucomètre*, Info-fiche acéricole no 231A0508F, Centre de recherche, de développement et de transfert technologique acéricole inc., (Centre ACER), 3 pages .

**Régie des marchés agricoles et alimentaires du Québec.** *Convention de mise en marché du sirop d'éryable pour les années de commercialisation 2013 et 2014*, Décision no 9994, 2013,

**Gagnon, Andrée. 2013.** Entrevue enregistrée

**Lauzier, Gaétan. 2005.** *L'investigation et la mise au point de l'évaporateur... C'est payant !*, Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'alimentation du Québec, 20 pages.

**Martin, Nathalie. 2010.** *Ce qu'il faut savoir sur le contrôle du gonflement dans les casseroles par les anti-mousses*, 3 pages, Centre de recherche, de développement et de transfert technologique acéricole inc., (Centre ACER).

**Nadeau, Raymond. 2007.** *L'évaporateur au bois*, CQAT et CQACQ, 5 pages.

**Nadeau, Raymond.** *Conversion des évaporateurs*, Présentation avec logiciel Microsoft PowerPoint, CQAT, 34 diapositives.

**Nadeau, Raymond. 2013.** Entrevues enregistrées

**Turmel, Richard. 2007.** *Conseils de configuration pour votre évaporateur à bois*, Forum agricole, agroalimentaire, forestier, Forum 17-Foresterie, Article 1235050