

L'AMÉLIORATION DES PERFORMANCES DE MON ÉVAPORATEUR PASSE PAR LA CONNAISSANCE DE SON FONCTIONNEMENT

Préparé par :

**ANDRÉ BOUCHER, technicien agricole
DIRECTION RÉGIONALE DES LAURENTIDES**

Collaborateurs :

**GASTON ALLARD, ingénieur et agronome
RAYMOND BERNIER, ingénieur
ALAIN BOILY, agronome
ANDRÉE GAGNON, ingénieure forestier**

Présenté par :

**ALAIN BOILY, agronome
Direction régionale de la Chaudière-Appalaches**

L'AMÉLIORATION DES PERFORMANCES DE MON ÉVAPORATEUR PASSE PAR LA CONNAISSANCE DE SON FONCTIONNEMENT

Le processus de transformation de la sève d'érable en sirop d'érable est essentiellement lié à un procédé de concentration et de cuisson de celle-ci sur l'évaporateur. Sous l'action de la chaleur, l'eau s'évapore et des réactions chimiques se développent pour obtenir, à la fin du processus, du sirop d'érable possédant une saveur et une couleur uniques.

La saveur et la couleur obtenues peuvent varier énormément. En effet, le résultat est fortement influencé par les caractéristiques physiques de l'évaporateur et la manière dont ce dernier est utilisé. C'est ainsi qu'à la limite, avec une même qualité de sève évaporée sur deux évaporateurs identiques, mais ajustés et utilisés différemment, le sirop d'érable obtenu peut passer d'une couleur claire avec une saveur caractéristique de l'érable à une couleur foncée avec un léger goût de brûlé pour le second évaporateur.

Le producteur acéricole d'aujourd'hui se doit de connaître le fonctionnement d'un évaporateur. Il peut ainsi, en fonction de la qualité de la sève et des exigences de ses marchés, ajuster certains paramètres de fonctionnement de son évaporateur pour obtenir le sirop d'érable ayant la plus grande valeur commerciale.

Toutefois, de prime abord, l'acériculteur devrait bien définir le problème quant à la qualité du sirop qu'il produit avant de modifier quoi que ce soit au fonctionnement de son évaporateur. Dans l'éventualité où le produit ne répond pas aux attentes de son acheteur ou de sa clientèle sur le plan de la couleur ou de la saveur, l'acériculteur consciencieux devrait d'abord effectuer un diagnostic de son évaporateur. Ce diagnostic, interprété par des spécialistes, lui permettra de repérer la ou les sources du problème. Les correctifs à apporter seront par la suite pris un à un afin d'en mesurer l'impact. Des correctifs appliqués à l'aveuglette pourraient fournir des résultats décevants.

L'ÉVAPORATEUR MODERNE : PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

Les évaporateurs d'aujourd'hui fonctionnent en mode continu. La sève d'érable provenant du réservoir d'entreposage est introduite dans une casserole à plis offrant une grande surface exposée aux gaz de combustion, ce qui permet un taux d'évaporation très élevé par pied carré de surface projetée (ex. : 4 pieds de large x 8 pieds de long = 32 pieds carrés de surface projetée). Normalement, sur cette surface, plus de 80 % de l'eau est évaporée. Le résidu qu'on obtient pénètre par la suite dans une série de casseroles à fond plat au moyen de flottes de transfert ou de conduits. Les casseroles à fond plat offrent une surface exposée au gaz de combustion moins élevée, ce qui réduit le taux d'évaporation par pied carré. Le rythme d'ébullition est aussi réduit, car ces casseroles sont généralement installées sur l'évaporateur à un endroit où le feu

est moins intense. Le rythme d'ébullition doit être plus faible, car lorsque la concentration du réduct augmente, ce dernier mousse facilement et la viscosité, qui a augmenté, tend à ralentir le mouvement dans les casseroles. À la fin du circuit, la solution atteint la concentration désirée en sucre et est extraite sous forme de sirop d'érable.

Le taux de fabrication et le type de sirop d'érable obtenu de l'évaporateur sont influencés par l'ensemble des caractéristiques qui le composent et par le contrôle des phénomènes qui s'y produisent.

PHÉNOMÈNE MIS EN CAUSE LORS DE L'ÉVAPORATION :

Combustion

L'utilisation d'huile ou de bois comme combustible génère un flux de chaleur. Cette dernière sera transférée à la sève dans les casseroles, entraînant ainsi la perte d'eau par évaporation et la réalisation d'une séquence de réactions chimiques favorisant l'élaboration du sirop d'érable. Indépendamment du type de combustible, on doit assurer un apport d'air suffisant afin de permettre le développement d'une flamme très chaude permettant la combustion de l'ensemble des gaz produits et réduire au minimum le dépôt de suie. La suie agit comme un isolant et réduit de façon notable le transfert de chaleur.

Les évaporateurs les plus couramment utilisés de nos jours favorisent, dans la chambre de combustion, la création d'une dépression (vide) au-dessus de la flamme. Le niveau de vide est influencé par la hauteur de la cheminée et son niveau d'isolation. L'air chaud produit lors de la combustion occupe plus d'espace que l'air froid. Ainsi, lorsque les gaz de combustion refroidissent au cours de leur cheminement, ils perdent du volume, ce qui crée un appel d'air favorisant un mouvement des gaz vers le haut de la cheminée.

La dépression créée favorise l'entrée d'air vers l'intérieur de la chambre de combustion et ne permet donc pas au gaz de combustion de fuir sous les casseroles et de contaminer l'air ambiant dans la salle d'évaporation. L'air doit par contre pénétrer aux endroits prescrits et son débit doit être contrôlé afin de favoriser une combustion des plus parfaites. Cependant, dans tous les cas, on doit réduire au minimum les infiltrations d'air sous les casseroles, car elles nuisent au contrôle de la combustion et refroidissent le liquide dans celles-ci.

Dans le cas d'un évaporateur fonctionnant au bois, le vide créé au-dessus de la flamme devrait se situer à près de 1 pouce d'eau afin de favoriser le passage d'un bon volume d'air à travers le combustible qu'est le bois. Le contrôle de l'entrée d'air doit être ajusté régulièrement en fonction du rythme d'approvisionnement et du type de bois utilisé afin de produire une flamme qui soit la plus régulière et la plus chaude possible.

Dans un système fonctionnant à l'huile, l'air et l'huile sont introduits dans la chambre de combustion en mélange afin de produire une flamme très propre et régulière en intensité. Le vide créé au-dessus de la flamme avec un évaporateur à l'huile conventionnel se situe normalement autour de 0,02 à 0,03 pouce d'eau. Toute fluctuation de celui-ci influence le volume d'air introduit qui, à son tour, influe sur la réaction de combustion, car le mélange d'huile et d'air ne sera plus adéquat. Pour maintenir une certaine stabilité, on doit installer sur les évaporateurs à l'huile des mécanismes de régulation du tirage dans la cheminée, par exemple une clé dans la souche, des ouvertures ajustables à la base de la souche et obligatoirement un contrôleur automatique de tirage (*draft control*).

TRANSFERT DE CHALEUR

Le matériel constituant les casseroles, le design de celles-ci et le design de la chambre de combustion influencent la quantité d'énergie qui sera transmise à la sève en provenance de la chambre de combustion. Il y a deux principaux modes de transfert de l'énergie :

- Par radiation : exposition directe à la flamme. Par expérience, on convient généralement qu'environ 30 % de la surface des casseroles devrait être exposée à la flamme de combustion.
- Par convection : chaleur provenant des gaz et transférée graduellement le long du parcours d'évacuation vers la cheminée.

L'épaisseur de l'acier inoxydable constituant le fond des casseroles influence grandement la quantité de chaleur qui sera transmise à la sève. Ce fait est très important dans le cas de l'acier inoxydable, car son coefficient de transfert de chaleur est très faible. Ainsi, une casserole dont le fond est constitué d'un acier ayant un grade 22 en épaisseur aura un coefficient de transfert de chaleur beaucoup plus élevé qu'une autre de grade 20, le grade 22 étant beaucoup plus mince que le grade 20. Sur le marché, on utilise généralement le grade 20 pour les côtés des casseroles et le grade 22 pour leur fond.

Plus le transfert de chaleur est efficace, meilleur est le taux d'évaporation et plus grande est l'efficacité énergétique du système. La chambre de combustion doit aussi permettre à la chaleur de circuler près des casseroles à une vitesse optimale afin d'assurer un transfert de chaleur adéquat. On doit toujours établir un compromis entre taux d'évaporation et efficacité énergétique, car la qualité du sirop produit en dépend. À titre d'exemple, lorsqu'on évapore du sirop sous vide, on bénéficie d'une excellente efficacité énergétique. Par contre, le sirop produit ne ressemble en rien à ce que l'on connaît.

CONCENTRATION

Une fois en ébullition, la perte d'eau qui se produit tout au long du parcours favorise l'augmentation graduelle de la concentration en sucre de la sève. La perte en eau favorise aussi l'appel d'eau de l'arrière afin que le niveau de sève sur les casseroles se maintienne. Cet apport de sève fraîche en continu pousse ainsi la solution vers l'avant. En bout de ligne, on obtient un sirop d'érable ayant une densité optimale de 66 degrés Brix dans la dernière section de la casserole à fond plat, la plus éloignée de l'entrée, là où on extrait le sirop.

L'augmentation de la concentration en sucre dans les casseroles crée aussi, dans une moindre mesure, un mouvement inverse à l'écoulement (de la sortie vers l'entrée de la sève). En raison du phénomène de dilution, les molécules de sucre de la portion de solution la plus sucrée située à l'avant ont tendance à vouloir retourner vers l'arrière afin d'équilibrer la portion de solution plus faible en sucre. Ce phénomène s'observe facilement lorsqu'on néglige de bloquer les conduits entre les casseroles, à l'arrêt de l'évaporateur, et que le lendemain matin, on trouve dans les casseroles qui sont reliées une solution au même degré Brix.

TABLEAU 1

Quantité d'eau perdue entre deux concentrations en degrés Brix

Entre 8 et 30 degrés Brix : on perd 83 % d'eau. Ex. : casserole à plis.

Entre 30 et 50 degrés Brix : on perd 12 % d'eau. Ex. : casserole à fond plat intermédiaire.

Entre 50 et 66 degrés Brix : on perd 5 % d'eau . Ex. : casserole à fond plat de finition.

VISCOSITÉ

Plus la sève devient concentrée, plus sa viscosité augmente. Le réduit a alors tendance à réduire son mouvement vers la sortie. Si le mouvement est trop ralenti, le réduit aura tendance à se concentrer en sirop à un endroit autre que la sortie. Sachant que la viscosité augmente rapidement au-delà de 25 degrés Brix, on doit, dans les casseroles à fond plat, favoriser un mouvement de front du réduit qui soit des plus rapides et continus.

Trois éléments influencent le mouvement (ou vitesse de circulation) du réduit dans les casseroles : la largeur des divisions dans les casseroles, le niveau de la solution et le débit d'entrée de l'eau d'érable. Plus l'espace entre les divisions est grand et plus le niveau du liquide est élevé, plus la vitesse d'avancement de la solution est réduite pour un même débit (volume d'eau d'érable traité par heure à l'évaporateur) et vice-versa. Ainsi, pour un même espace entre les divisions et un même niveau de solution; si on diminue par deux le débit, on diminue aussi par deux la vitesse.

TABLEAU 2
Variation de la viscosité en fonction de la température et de la concentration

Brix	68 °F	212 °F
20	2,3	1,0
30	3,2	1,0
50	15,3	1,6
60	44,0	3,6
62	69,2	4,1
64	120,1	5,1
65,5	164,3	6,2
66	182,0	6,6
67	227,8	-

Exemple : un sirop de 66 degrés Brix à 68 °F possède un indice viscosité de 182; à 212 °F, son indice est de 6,6.

PIERRE DE SUCRE (bimalate de calcium)

La cuisson de l'eau d'érable et la perte en eau favorisent la production de pierre de sucre. Plus il y a formation de pierre avec l'augmentation de la concentration en sucre, plus la pierre aura tendance à se déposer sur les parois et au fond des casseroles. Ce phénomène est très présent dans le cas des casseroles à fond plat, particulièrement sur la dernière portion où se finit le sirop d'érable. Il y a deux types de pierre de sucre. Le premier type d'accumulation est une pierre de sucre très dure qui s'accumule en fine couche, principalement sur les parois dans les casseroles à fond plat. Ce type de pierre est très difficile à éliminer. On peut la déloger en utilisant de l'eau froide en circulation ou des acides faibles. Le deuxième type d'accumulation est un mélange de pierre de sucre et de sucre. Ce type de pierre de sucre se rencontre principalement au fond des casseroles à fond plat. Cette pierre est très facile à déloger si on utilise de l'eau chaude en circulation. Plus la pierre est riche en sucre, plus l'eau chaude aura de l'effet, car les sucres sont très solubles dans celle-ci.

Dans tous les cas, si on utilise du filtrat d'osmose, le résultat sera plus rapide, car cette eau est très déminéralisée, ce qui la rend « agressive ».

L'accumulation d'une couche de pierre de sucre au fond des casseroles réduit le transfert de chaleur et peut favoriser, si l'accumulation est importante, une surcuisson des sucres qui se trouveraient emprisonnés sous cette couche. Les saveurs développées iront alors de caramélisé à brûlé. Pour réduire le rythme de déposition de la pierre de sucre, on doit favoriser un mouvement de l'eau qui soit maximal. On y arrive en maintenant un rythme d'ébullition uniforme sur l'ensemble des surfaces de l'évaporateur.

DÉVELOPPEMENT DE LA COULEUR ET DE LA SAVEUR DU SIROP D'ÉRABLE

La couleur

La cuisson des sucres, sous l'action de la chaleur, favorise l'apparition d'une coloration brunâtre. Ce phénomène est principalement causé par la caramélisation des sucres. Le taux de caramélisation est influencé par deux phénomènes :

- Le type de sucre présent : plus les sucres présents dans la sève sont dégradés par l'action des micro-organismes, plus ils ont tendance à caraméliser sur l'évaporateur et donc de favoriser la production d'un sirop foncé.
- Le niveau d'exposition à une surface chaude : plus les molécules de sucre, sensibles à la caramélisation, entrent en contact avec une surface chaude, plus ils ont de chance de caraméliser. Trois facteurs influencent le niveau d'exposition :
 - Le temps de séjour : plus le réducteur demeure longtemps dans l'évaporateur pour différentes raisons (ex. : taux d'évaporation faible, niveau de liquide trop élevé, arrêt-départ de l'évaporateur), plus les molécules auront la possibilité de venir en contact avec une surface chaude.
 - La température du fond de la casserole : plus la température du métal est élevée, plus il y a caramélisation des sucres.
 - La probabilité pour une molécule de sucre de s'approcher d'une surface chaude. Plus elle est élevée, plus il y a caramélisation. Un faible niveau de réducteur et des plis très rapprochés favorisent ce phénomène.

Le phénomène de brunissement du sirop s'accroît lorsque le réducteur atteint un niveau de 25 degrés Brix et plus.

La saveur

Tout au long du parcours de la sève d'érable sur l'évaporateur, il y aura une série de réactions qui permettront le développement de la saveur caractéristique de l'érable. Encore aujourd'hui, on ne peut dire exactement à quel endroit sur l'évaporateur la saveur se développe. Toutefois, on sait que l'acériculteur doit constamment établir des compromis lors de l'utilisation de son évaporateur afin de maintenir un niveau de performance (efficacité énergétique, productivité en sirop) qui réduit au minimum le développement des saveurs de brûlé et de caramélisé ou de sirop sans saveurs caractéristiques de l'érable.

À QUOI S'ATTENDRE D'UN ÉVAPORATEUR

- Une efficacité énergétique optimale offrant un compromis entre qualité et performance :
Utiliser le moins de combustible possible par litre de sirop produit en s'assurant toujours que le sirop produit correspond aux besoins du marché.
- Une coulée régulière :
Lorsque le rythme d'ébullition est constant et uniforme, la coulée du sirop d'érable devrait se faire en continu sous la forme d'un mince filet.
- Une couleur et un saveur répondant aux exigences des marchés. En fonction du type de sève, l'acériculteur devrait être en mesure de pouvoir ajuster les paramètres de fonctionnement de l'évaporateur afin de produire le sirop ayant la plus grande valeur commerciale.

CARACTÉRISTIQUE D'UN BON ÉVAPORATEUR

A- Efficacité énergétique optimale

L'efficacité énergétique se mesure comme étant le pourcentage d'énergie utilisée pour évaporer la sève par rapport à l'ensemble de l'énergie libérée lors de la combustion. Le profil et l'aménagement de la chambre de combustion doivent favoriser un transfert de chaleur élevé, tout en limitant au maximum la perte d'énergie vers l'extérieur.

- Dans un évaporateur où l'énergie est bien utilisée, la température des gaz de la cheminée pour le bois et l'huile devrait se situer entre 500 °F et 650 °F. La conception de la chambre à combustion et le design des casseroles influencent ce résultat. On doit consulter le fabricant pour connaître les spécifications et les ajustements possibles permettant d'atteindre cet objectif.
- Dans le cas d'un évaporateur à l'huile, la cheminée devrait posséder un ou des systèmes de régulation du tirage afin de régulariser le phénomène de combustion et de réduire les pertes de chaleur. Dans le cas d'un évaporateur au bois où le tirage est excessif, cela peut aussi être nécessaire occasionnellement.

B- Excellente combustion

L'aménagement de la chambre de combustion doit permettre une combustion quasi parfaite du combustible afin de réduire le plus possible la production de suie sous les casseroles.

- Dans le cas d'un évaporateur à l'huile, il est préférable de faire ajuster le ou les brûleurs par des techniciens spécialisés dans le domaine. Un bon ajustement du brûleur ne génère pratiquement aucune suie;

- La conception de l'évaporateur doit permettre un contrôle très efficace du débit d'air introduit dans la chambre de combustion. Plus particulièrement, il faut s'assurer d'étancher, à l'aide d'un cordon d'amiante, le joint entre les casseroles et la structure de l'évaporateur. Cela permet de réduire l'entrée d'air non désiré et le refroidissement des casseroles;
- Dans tous les cas, s'assurer que la salle d'évaporation permet une admission d'air suffisante de l'extérieur.

C- Un pourcentage adéquat de casseroles à plis et à fond plat

Un bon rapport de surface entre les casseroles à plis et à fond plat permettra la production d'un sirop ayant la plus grande valeur commerciale (couleur et saveur) et une efficacité énergétique optimale. Les casseroles à fond plat et à plis jouent des rôles différents.

La casserole à plis contribue énormément à l'efficacité énergétique. Elle permet de capter beaucoup de chaleur grâce à sa surface exposée au feu très élevé, ce qui favorise un haut taux d'évaporation par pied carré de surface. Par exemple, une casserole de 4 pieds par 10 pieds avec 5 plis de 7 pouces de profondeur par pied de largeur offre une exposition au feu de 273 pieds carrés lorsqu'elle est dépliée.

La casserole à fond plat favorise une cuisson modérée des sucres au-dessus d'une zone de l'évaporateur moins exposée à la chaleur. Cela permet d'éviter le brunissement marqué de la solution grâce aux caractéristiques physiques de la solution qui ne lui permettent plus d'absorber autant d'énergie. Cette solution gonfle facilement et il est de plus en plus difficile de la faire avancer à cause de sa viscosité, qui augmente rapidement avec le degré Brix.

Lorsqu'on détermine le pourcentage de surface plat vs plis, on doit établir un compromis entre taux d'évaporation, efficacité énergétique et qualité du sirop obtenu. Notre choix devra permettre à l'évaporateur de fournir un réduct ayant un taux de sucre d'environ 30 degrés Brix lors de son transfert entre la casserole à plis et la casserole à fond plat. À un niveau plus élevé, on favorise l'accumulation de pierre de sucre entre les plis, ce qui rend l'entretien difficile. À un niveau plus faible, on utilise moins bien l'énergie et du même coup, on allonge le séjour du réduct dans l'évaporateur, car le taux d'évaporation par pied carré de surface projetée est plus faible dans les casseroles à fond plat. De plus, il faut tenir compte de l'augmentation rapide de la viscosité du réduct au-delà de 25 degrés Brix et du changement de ses propriétés. On doit alors favoriser un mouvement de front et continu de la solution, tout en fournissant moins de chaleur. Les casseroles à fond plat permettent de répondre à ce besoin.

Il est à noter que le degré Brix de la solution au transfert est directement influencé par le taux de sucre de la solution à l'entrée. Plus le degré Brix de la sève est élevé au départ, plus vite on obtiendra un Brix de 30, ce qui veut dire que pour un taux

d'ébullition donné, il faudra une surface de casserole à plis qui soit différente si le taux de sucre de la sève passe de 2 à 8 degrés Brix.

En règle générale, la surface occupée par une casserole à plis sur un évaporateur à bois devrait être supérieure à celle d'un évaporateur à l'huile pour une même taille d'évaporateur. Cela s'explique par le fait que le taux d'évaporation au pied carré sur un évaporateur au bois est généralement plus faible, l'énergie libérée lors de la combustion du bois étant plus variable que lorsqu'on utilise de l'huile. Si le taux d'évaporation est plus faible, il faut plus de surface pour évaporer l'eau et amener la solution à 30 degrés Brix.

D- Un design des casseroles qui permet un mouvement rapide et continu de la solution

Plus la viscosité du liquide augmente avec l'augmentation du degré Brix, plus la largeur des divisions doit diminuer afin de favoriser un écoulement rapide et continu qui limite les dépôts de pierre et le brunissement du sirop par du surplace. La viscosité étant élevée dans les casseroles à fond plat, on doit chercher à obtenir des vitesses de l'ordre de 20 à 30 cm par minute. Dans ce type de casserole, la capacité d'évaporation de l'évaporateur en termes de gallons/heure, la largeur des divisions et le niveau du liquide influencent directement cette vitesse.

À titre d'exemple, pour obtenir cette vitesse lorsque le niveau de la solution, dans la casserole à fond plat, est de l'ordre de 5 cm, l'espace entre les divisions devrait être le suivant, selon le débit de l'évaporateur :

TABLEAU 3
Largeur nécessaire entre les divisions dans les casseroles à fond plat pour obtenir une vitesse de 20 à 30 cm par minute

Débit	largeur
100 gallons/heure	+/- 6 pouces
200 gallons/heure	+/- 10 pouces
300 gallons/heure	+/- 12 pouces

E- Un patron d'ébullition qui favorise une coulée de sirop régulière

Un évaporateur bien ajusté et utilisant l'énergie de façon optimale devrait fournir au démarrage la séquence suivante dans la mise en ébullition de la sève :

6 ▲	5	2	3	4	5
			1	1	4
			3	4	6 ▲

Point de sortie

Point d'entrée de la sève

Le chiffre 1 représente l'endroit où la sève commence à bouillir. Dans les secondes qui suivent, les autres secteurs entrent graduellement en ébullition.

Le début de l'ébullition indique où se concentre l'énergie sous les casseroles. Ce patron d'évaporation favorise un haut taux d'ébullition dans la casserole à plis et un plus faible taux dans les casseroles à fond plat.

L'ébullition devrait ainsi débiter en premier dans la section centrale de la casserole à plis, près des casseroles à fond plat. On doit débiter quelques secondes après dans la casserole à fond plat, située près de la casserole à plis, et s'étendre graduellement dans la casserole à fond plat et pour finir, s'étendre vers l'avant.

F- Un système de flotte adéquat

L'évaporateur devrait posséder un système d'alimentation qui permet un apport régulier et constant en sève. Tout apport irrégulier influencera le mouvement du réduct dans l'évaporateur et favorisera une coulée irrégulière.

ÉVALUER LA PERFORMANCE D'UN ÉVAPORATEUR

Mesurer la performance de son évaporateur permet de mieux en comprendre le fonctionnement. Pour une même qualité de sève, on pourra interpréter les variations obtenues dans le produit lorsqu'on modifie les paramètres de fonctionnement de l'évaporateur. En autant que les ajustements apportés à l'évaporateur ont de l'influence sur le résultat, on pourra aussi reproduire les résultats pour obtenir le sirop désiré.

Les éléments suivants devraient être mesurés :

1. Le débit de sève qui entre dans l'évaporateur par heure de fonctionnement. (la plus importante information à connaître)

Cette donnée permet de connaître la quantité d'eau et de sucre qui est entrée dans l'évaporateur.

On peut l'obtenir de deux façons :

- Installer sur le tuyau d'alimentation de l'évaporateur un compteur d'eau totalisateur du même type que celui qui est utilisé dans les municipalités. Il faut calibrer le compteur à la pression d'utilisation réelle afin d'obtenir une bonne précision. Attention : l'introduction d'un compteur sur la ligne d'alimentation peut altérer le fonctionnement de la flotte, et ce, particulièrement si le dénivelé entre le fond du réservoir et la flotte est faible. Les données sont prises à intervalles chronométrés

de 15 minutes et ramenées à un débit horaire. De cette façon, il est possible de constater s'il y a des variations dans le débit horaire;

- Calibrer le réservoir de sève servant à l'alimentation de l'évaporateur. Cette technique est beaucoup moins fiable. En général, il est difficile d'obtenir une bonne précision, car l'échelle de lecture est souvent trop imprécise. La forme souvent arrondie et le volume du réservoir influencent énormément la lecture. Si on connaît le volume de liquide que celui-ci contient en fonction de différents niveaux, on peut, par déduction, établir le volume de liquide qui est entré dans l'évaporateur.
2. Le degré Brix moyen de la solution qui entre dans l'évaporateur.

Prendre plusieurs échantillons. Cette donnée permet d'établir la quantité de sucre qui est entrée dans l'évaporateur lorsqu'elle est jumelée avec le débit.

3. Le degré Brix de la sève à différents points de l'évaporateur.

La mesure du degré Brix à l'entrée dans les casseroles est un bon élément de diagnostic du comportement de l'évaporateur. On doit prendre plusieurs échantillons de la solution au cours d'une période d'évaporation afin d'établir une moyenne qui soit représentative de la réalité. L'échantillon est pris dans les conduits séparant les casseroles, et ce, toujours au même endroit. Chaque échantillon est conservé dans un contenant hermétique et tous les échantillons provenant d'une section échantillonnée au cours d'une période sont mélangés ensemble pour établir une moyenne fiable. Le contenant doit être hermétique afin de ne pas perdre d'eau lors du refroidissement de l'échantillon.

Cette donnée, associée au débit de l'évaporateur et du taux de sucre de la sève à l'entrée, permet :

- de calculer le taux d'évaporation sur une casserole donnée;
- de déterminer la quantité de sucre qui entre et sort de l'évaporateur;
- de dresser un portrait du patron d'ébullition. En sachant quel volume d'eau a disparu entre deux points, on peut établir de quelle façon se distribue la chaleur sous les casseroles;
- d'évaluer la vitesse d'avancement de la solution dans les casseroles. Selon l'espacement entre les divisions et le taux d'évaporation, cette vitesse fluctue.

4. La température des gaz de combustion dans la cheminée.

Cette donnée permet d'évaluer le niveau d'efficacité énergétique de l'évaporateur. Si la température est trop élevée, on gaspille de l'énergie.

5. Le temps qui sépare chaque coulée de sirop.

Cette donnée permet d'évaluer la qualité de la coulée. Est-elle continue ou irrégulière?

6. La couleur et la saveur du sirop.

Elles permettent d'évaluer le niveau de caramélisation.

7. Le patron d'ébullition au départ de l'évaporateur.

8. Le niveau de liquide au fond des casseroles.

Mise en garde :

L'ensemble de ces données doivent être fournies à un conseiller spécialisé en acériculture afin d'être interprétées correctement.

PROBLÉMATIQUES VÉCUES ET SOLUTIONS ENVISAGEABLES

Saveur de brûlé :

- a) Remplacer régulièrement les casseroles à fond plat dans lesquelles s'accumule un mélange de sucre et de pierre de sucre. Le rythme d'accumulation peut varier au cours de la saison. Le sucre emprisonné dans ou sous cette couche de dépôt favorise le développement d'une saveur de sucre brûlé ou caramélisé. Établir selon le besoin un remplacement aux trois ou quatre heures de la casserole servant à la finition du sirop;
- b) S'assurer que l'espacement entre les divisions des casseroles est adéquat afin de favoriser une vitesse d'écoulement diminuant le surplace de la solution et le dépôt de pierre de sucre.
- c) Vérifier s'il n'y a pas de point chaud causé par un excès de chaleur. Cela favorise l'apparition de dépôt de sucre brûlé au fond des casseroles. S'assurer que l'ébullition respecte le patron proposé et qu'elle est répartie de façon uniforme.

À l'huile : ajuster le ou les brûleurs avec l'aide un spécialiste afin de mieux répartir la chaleur sous les casseroles et permettre l'apparition d'un patron d'ébullition qui permettra d'améliorer la qualité du sirop;

Au bois : bien répartir le bois dans la chambre de combustion et contrôler le débit d'air. Charger une porte à la fois afin d'obtenir, selon le type et la qualité de bois utilisé ainsi que son taux d'humidité, une flamme d'une intensité la plus constante tout en étant bien répartie.

- d) Ajuster le niveau de liquide dans les casseroles à fond plat afin de favoriser un déplacement rapide et constant de la solution. Un niveau trop élevé ralentit le

déplacement et augmente le temps de transit de la solution et, à l'inverse, si le niveau est trop mince, le temps de transit s'accélère et celle-ci risque de brûler. Un niveau de 5 cm offre généralement un compromis acceptable.

Couleur foncée :

- Tout d'abord, assurez-vous d'être en mesure d'interpréter la couleur du sirop avec la qualité de l'eau. Une eau d'érable fortement dégradée par l'activité microbienne ne peut que fournir un sirop de couleur foncée;
- Avec une eau d'érable de qualité, assurez-vous d'avoir un rythme d'ébullition qui nécessite un usage très occasionnel d'antimousse. L'apport d'antimousse devrait se faire en très petites quantités afin de ne jamais créer une baisse subite de la mousse. Idéalement, les parois du contenant d'antimousse devraient permettre une libération d'une très faible quantité à la fois et uniquement dans le cas où le rythme d'ébullition s'intensifie occasionnellement. Un usage régulier et constant d'antimousse signifie qu'il y a trop d'énergie fournie dans le système ou qu'il y a une mauvaise distribution de l'énergie sous les casseroles.
- Diminuer le niveau de liquide dans les casseroles à plis (+/- 2,5 cm) ou dans les casseroles à fond plat (+/- 5 cm). S'il est trop élevé, le temps de séjour des sucres s'en trouve allongé à cause d'un plus important volume mort de solution dans l'évaporateur. Cette situation accentue le brunissement des sucres, qui sont alors davantage en constante recirculation et altérés par la chaleur;
- À l'occasion et principalement lorsque l'importance des coulées ne permet pas de faire fonctionner l'évaporateur pendant plus de quatre heures afin de vidanger le réduit de la veille, vider la casserole à plis en introduisant à la fin de la journée de l'eau pure en remplacement de l'eau d'érable. L'eau pure va pousser la solution sucrée vers l'avant. Au redémarrage, le volume de concentré sera moindre. Une plus faible quantité de solution aura alors été exposée pendant une longue période à la chaleur (arrêt et départ), ce qui diminue le temps de séjour des sucres dans l'évaporateur. Normalement, si le patron d'écoulement est adéquat, on devrait assister à une forte chute du Brix de la solution à la sortie de la casserole à plis après 20 à 30 minutes de fonctionnement lorsqu'on pratique cette technique;
- Brossez trois à quatre fois par saison le dessous des casseroles utilisées sur les évaporateurs au bois, afin de limiter l'accumulation de suie. Toute accumulation diminue le taux d'évaporation et allonge ainsi le temps de séjour des sucres;
- Laver régulièrement les parois des casseroles afin d'éliminer les dépôts de cuisson. Ceux-ci favorisent le brunissement du sirop. La casserole à plis bénéficie beaucoup de ce traitement.

- Éviter de démarrer et d'arrêter les feux. Chaque fois qu'on arrête les feux et que la cuisson n'est pas terminée, on allonge le séjour dans l'évaporateur des sucres et on expose ces derniers davantage à la chaleur, ce qui favorise leur brunissement;
- À l'arrêt, obstruez les conduits de transfert entre les casseroles; cela permet d'éviter l'homogénéisation de la solution à travers l'évaporateur. Lorsque cela se produit, le temps de séjour des sucres s'en trouve allongé, car avant que se rebâtit un gradient de concentré, il s'écoule plusieurs dizaines de minutes;
- Réduire l'apport d'énergie lorsque que la sève est de moindre qualité (en fin de saison particulièrement). Les micro-organismes dégradent les sucres en des structures plus simples qu'on appelle sucre inverti. Ce type de sucre est très facilement caramélisable (brunissement) sous l'action d'une chaleur trop intense.

Coulée de sirop d'érable irrégulière

Assurez-vous :

- d'avoir une répartition de chaleur uniforme sous les casseroles afin de favoriser un rythme d'ébullition adéquat dans les casseroles à plis et à fond plat. Le rythme d'ébullition devrait être décroissant vers l'avant.
- que le débit fourni par les flottes est toujours régulier. La flotte doit régulariser le niveau d'eau parfaitement et de façon constante, car toute variation dans le débit affecte la circulation de la solution dans l'évaporateur. Un rotomètre ou un compteur d'eau est utile pour détecter cette problématique. S'il y a des variations, assurez-vous en premier lieu que la pression de la colonne d'eau sur le mécanisme de la flotte est assez régulière, sinon assurez-vous que la conception ou les ajustements sont adéquats;
- d'avoir à l'entrée de l'évaporateur un taux de sucre constant, particulièrement dans le cas de l'utilisation d'une osmose inverse;
- d'avoir un nombre suffisant de séparations dans les casseroles afin d'obtenir un mouvement rapide et de front de la solution;
- d'alimenter un évaporateur au bois, en ouvrant une seule porte à la fois. Une alimentation en alternance favorise une combustion plus régulière;
- que la chaleur est bien répartie sous les casseroles; sinon, ajoutez des restrictions ou des chicanes dans le foyer de l'évaporateur. La cheminée exerce peut être un tirage trop important, ce qui cause une perte d'énergie et une infiltration d'air sous les casseroles.

ANDRÉ BOUCHER, conseiller acéricole
Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation
Direction régionale de l'Outaouais Laurentides

**CONCENTRATION EN SUCRE D'UNE SOLUTION SELON SA TEMPÉRATURE
AU-DESSUS DU POINT D'ÉBULLITION DE L'EAU**

Température au-dessus du point d'ébullition de l'eau (°F)	Concentration en sucre de la solution (% sucre) (°Brix)	Température au-dessus du point d'ébullition de l'eau (°F)	Concentration en sucre de la solution (% sucre) (°Brix)
0,0	0,0	5,0	59,7
0,2	7,5	5,2	60,4
0,4	13,8	5,5	61,5
0,6	19,0	5,6	62,0
0,8	23,4	5,8	62,5
1,0	27,1	5,9	62,9
1,2	30,3	6,1	63,4
1,4	33,4	6,4	64,4
1,6	36,0	6,6	64,9
1,8	38,4	6,9	65,5
2,0	40,5	7,1	66,0
2,2	42,5	7,3	66,5
2,4	44,3	7,5	67,0
2,6	46,0	8,0	68,0
2,8	47,7	8,2	68,5
3,0	49,0	8,5	69,0
3,2	50,4	8,8	69,5
3,4	51,6	9,1	70,0
3,6	52,8	9,5	70,5
3,8	53,9	9,9	71,0
4,0	54,9	10,4	71,6
4,2	55,9	10,7	72,1
4,4	56,9	11,1	72,5
4,6	57,8	11,5	73,0
4,8	58,8	12,0	73,5

Exemple : un sirop ayant 2 degrés F de plus que le point d'ébullition de l'eau, a une teneur en sucre de 40,5°Brix (%).