



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

---

---

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

## PROTOCOLE

**QUALIFICATION DE L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE D'UN SYSTÈME  
D'ÉVAPORATION DE SÈVE D'ÉRABLE OU DE CONCENTRÉ DE  
SÈVE FONCTIONNANT À L'HUILE**

Par : Alfa Arzate, Ph.D.

Collaborateurs : Aline Batungwanayo, ing. jr

Guy Boudreault, tech. for.

Julien Lavoie, tech.

# **TABLE DES MATIÈRES**

<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>1</b>
<b>CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DES COMPOSANTES</b> .....	<b>3</b>
I. DONNÉES TECHNIQUES DU FOYER .....	3
II. DONNÉES TECHNIQUES DES CASSEROLES .....	4
III. DONNÉES TECHNIQUES DU PRÉCHAUFFEUR.....	6
IV. DONNÉES TECHNIQUES DES BRÛLEURS ET BUSES D'ATOMISATION « NOZZLES » ..	7
V. IDENTIFICATION DE L'INSTRUMENTATION.....	8
<b>TAUX D'ÉVAPORATION À L'EAU PURE</b> .....	<b>9</b>
<b>TAUX D'ÉVAPORATION AVEC LA SÈVE D'ÉRABLE</b> .....	<b>17</b>
<b>EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE INSTANTANÉE</b> .....	<b>19</b>
I. EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE INSTANTANÉE DU SYSTÈME D'ÉVAPORATION À L'EAU PURE .....	20
II. EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE INSTANTANÉE DU SYSTÈME D'ÉVAPORATION AVEC UNE SOLUTION SUCRÉE .....	22
<b>SYSTÈME DE PRÉCHAUFFAGE</b> .....	<b>26</b>
<b>DIAGNOSTIC</b> .....	<b>27</b>
<b>RÉFÉRENCES</b> .....	<b>29</b>

*Ce projet a été réalisé grâce à une aide financière accordée dans le cadre du Programme d'appui financier aux regroupements et aux associations de producteurs désignés du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec.*

**AACER**

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

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

## INTRODUCTION

Compte tenu de son importance en termes d'investissement et de coûts d'opération, le système d'évaporation est l'une des composantes majeures de l'appareil de production acéricole. La mesure de son efficacité énergétique demeure probablement l'un des meilleurs outils pour poser un diagnostic objectif quant au fonctionnement général de tout le système d'évaporation et à ses performances. En effet, même si une bonne efficacité ne peut garantir à elle seule la production d'un produit conforme à toutes les exigences relatives à la qualité commerciale du sirop d'érable, elle en est cependant une condition essentielle. De plus, une bonne analyse de l'efficacité du système d'évaporation permet de minimiser le coût de l'énergie nécessaire à la production du sirop d'érable qui reste l'une des composantes importantes du coût de production.

L'efficacité énergétique établit la relation entre la quantité d'énergie effectivement utilisée par le système d'évaporation pour produire le sirop d'érable et la quantité totale d'énergie fournie au système. Cette énergie est essentiellement générée par la combustion de l'huile à chauffage (huile no. 2). Ce rapport d'énergie est obligatoirement inférieur à 1 (100 %) puisque le meilleur des systèmes présente toujours quelques pertes. La plus importante de ces pertes est celle causée par la chaleur transportée hors du système d'évaporation par les gaz de cheminée. À cette perte s'ajoutent la chaleur perdue par la conduction à travers les parois de la chambre à combustion et du foyer et, finalement, la chaleur perdue en raison d'une combustion incomplète qui se traduit notamment par la présence de suie dans les gaz de cheminée.

La principale motivation qui devrait inciter chaque acériculteur à assurer un suivi périodique et rigoureux de l'efficacité énergétique de son système d'évaporation et à prendre tous les moyens possibles pour l'optimiser demeure le contrôle, sinon la réduction des coûts de production du sirop. De façon générale, un accroissement de 10 % sur l'efficacité énergétique des systèmes d'évaporation devrait permettre d'atteindre au moins un gain d'environ 13 % sur le coût d'une unité massique de sirop d'érable (\$/livre de sirop d'érable). Lorsqu'une augmentation du prix de combustible survient, cet accroissement de l'efficacité énergétique devrait permettre de réduire d'environ 5 % le coût d'une unité massique de sirop d'érable par chaque 10 cents d'augmentation du coût du combustible.

Dans ce contexte, le but de ce document est donc de fournir les outils nécessaires pour qualifier l'efficacité énergétique des systèmes d'évaporation à l'huile utilisés dans les sucreries. Ce protocole comprend les sections ci-dessous :

- Caractéristiques techniques des composantes du système d'évaporation : cette section comprend les tableaux nécessaires pour compléter une fiche descriptive potentiellement utile du système d'évaporation.
- Taux d'évaporation : cette section présente la démarche à suivre pour déterminer la performance à l'eau pure et avec la sève d'érable (taux d'évaporation).
- Efficacité énergétique instantanée : cette section décrit les calculs à effectuer pour évaluer l'efficacité énergétique instantanée du système d'évaporation.
- Système de préchauffage : cette section présente la démarche à suivre afin d'évaluer l'effet du préchauffage sur l'efficacité énergétique instantanée du système d'évaporation.
- Diagnostic : cette section est destinée à la compilation des résultats des tests des fonctionnalités, tels que le taux d'évaporation à l'eau pure, la température des gaz de cheminée, la pression dans la chambre de combustion, etc.

Bien qu'une amélioration de l'efficacité énergétique du système d'évaporation permette généralement d'établir des conditions d'opération facilitant le contrôle de certains paramètres de procédé, son effet sur la conformité générale des sirops d'érable demeure indirect et difficile à quantifier. Suite à l'optimisation énergétique du système d'évaporation, il est nécessaire d'harmoniser les composantes faisant partie de ce système (chambre de combustion, brûleurs, foyer, cheminée d'évacuation des gaz, casseroles, hotte à vapeur, préchauffeur, instrumentation ...) et de s'assurer de leur bon fonctionnement. En effet, si l'harmonisation des composantes pour chaque système d'évaporation permet une bonne distribution et un transfert de chaleur vers la sève d'érable en évaporation, elle peut contribuer efficacement au développement d'arômes et de couleur qui définit la valeur commerciale du sirop d'érable.

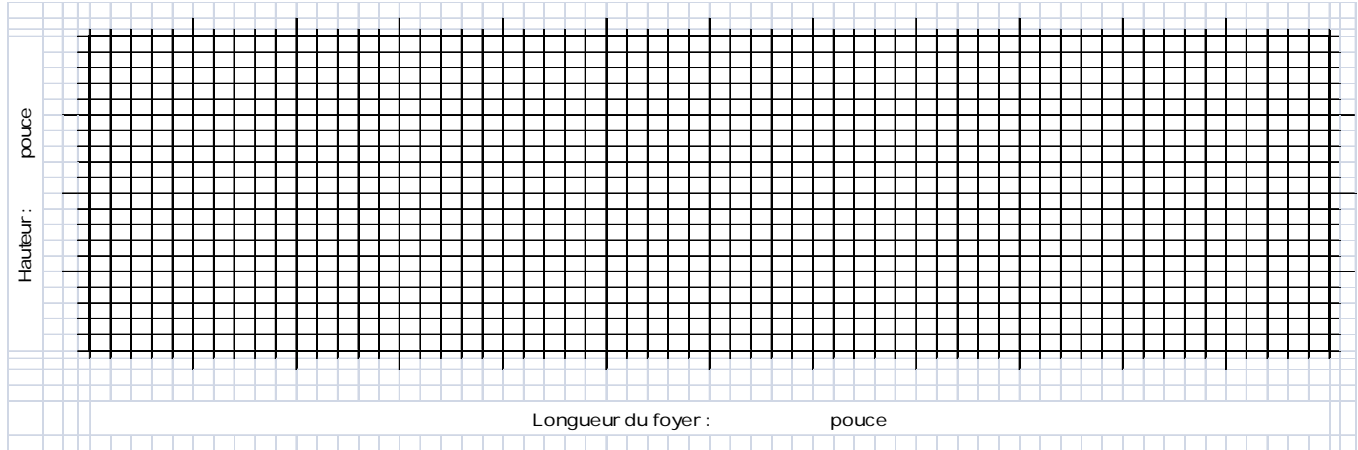
## CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DES COMPOSANTES

### I. DONNÉES TECHNIQUES DU FOYER

FOYER							
Manufacturier							
Technicien qui a installé l'évaporateur							
Type d'évaporateur					Modèle		
Dimensions extérieures nominales					Finition		
Date d'achat			Ajusté le		OK	<input type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non	
		Mois					
CHEMINÉE (GAZ COMBUSTION)							
Matériau							
Dimension de la souche		Largeur			po	Épaisseur	
Diamètre de la cheminée				po			
Longueur de la cheminée				po			
Thermomètre (gaz de cheminée)		<input type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non, précisez					
Clé de régulation de tirage		<input type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non, précisez					
Contrôle automatique de tirage ( <i>Draft-control</i> )		<input type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non, précisez					
HOTTE (VAPEUR)							
Matériau							
Dimension		Longueur		po	Largeur		po
Cheminée de vapeur		Diamètre		po	Longueur		po
Clé de régulation de pression		<input type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non, précisez					

## SCHÉMA DU FOYER

Tracer le schéma (vue de profil) de la chambre de combustion et du profilé du foyer à l'aide de la grille ci-dessous.

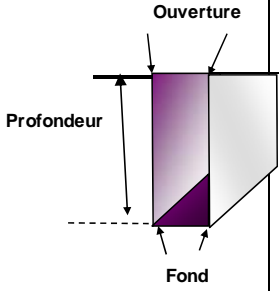
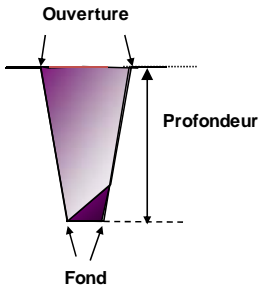


## II. DONNÉES TECHNIQUES DES CASSEROLES

CASSEROLES À FOND PLAT			
	Casserole 1	Casserole 2	Casserole 3
Tôle SS (nuance)			
Matériau des raccords			
Type de soudure			
Longueur	po	po	po
Largeur	po	po	po
Hauteur des côtés	po	po	po
Nombre de sections par casserole			
Largeur des sections	po	po	po
Hauteur de liquide au-dessus du fond	po	po	po
Volume de liquide (si connu)	gal. imp.	gal. imp.	gal. imp.

*S'il y a des casseroles intermédiaires ou de finition, veuillez, s'il vous plaît, remplir une autre feuille.*



CASSEROLES À PLIS			
Description	Casserole 1	Casserole 2	Schéma des plis
Tôle SS (nuance)			<b>Plis plat</b> 
Matériau des raccords			
Type de soudure			
Longueur	po	po	
Largeur	po	po	
Hauteur des côtés	po	po	
Nombre de plis (compter le nombre de trous)			<b>Plis ouvert</b> 
<b>Profondeur des plis</b>	po	po	
<b>Ouverture des plis</b>	po	po	
Fond des plis	po	po	
Hauteur de liquide au-dessus des plis	po	po	
Volume de liquide (si connu)	gal.imp.	gal.imp.	

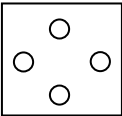
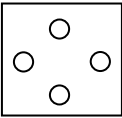
CIRCULATION DU LIQUIDE	
Nombre d'entailles exploitées	
Alimentation à l'évaporateur	<input type="radio"/> Flotte <input type="radio"/> Vanne électrique
Alimentation aux casseroles à fond plat	<input type="radio"/> Flotte <input type="radio"/> Vanne électrique
	<input type="radio"/> Autre précisez :
Contrôle à la sortie de sirop d'érable	<input type="radio"/> Électrique <input type="radio"/> Manuel
Taux d'évaporation de conception	
<input type="radio"/> sans préchauffeur	gallons impériaux par heure
<input type="radio"/> avec préchauffeur	gallons impériaux par heure

### III. DONNÉES TECHNIQUES DU PRÉCHAUFFEUR

PRÉCHAUFFEUR			
Matériau de construction et nuance			
Matériau des raccords			
Type de soudure			
Géométrie	<input type="radio"/> Serpentin	<input type="radio"/> en forme de « C »	<input type="radio"/> Autre, précisez
Longueur totale	po	Nombre de tuyaux	
Longueur de chaque tuyau	po	Diamètre des tuyaux	po
Température d'opération maximale	°C ou °F		
Temps nécessaire pour atteindre la température maximale	minutes		
Capacité totale	gal.imp.	Conductivité thermique	BTU/hr °F par surface
Autres (décrire le préchauffeur)			
(Dessin)			

## IV. DONNÉES TECHNIQUES DES BRÛLEURS ET BUSES D'ATOMISATION « NOZZLES »

### IV.1 Identification

BRÛLEUR No.						
Emplacement						
Marque		Modèle				
Date d'installation		Technicien				
BUSSE D'ATOMISATION (NOZZLE)						
Nombre		Patron d'atomisation				
Emplacement (marquer d'un <b>X</b> la position des buses)	Marque	Angle (° degré)	US gph @100 psi	Pression (psi)	Débit corrigé (US gph)	Réglages et entretien (inscrire la date de la dernière intervention)
						
BRÛLEUR No.						
Emplacement						
Marque		Modèle				
Date d'installation		Technicien				
BUSSE D'ATOMISATION (NOZZLE)						
Nombre		Patron d'atomisation				
Emplacement (marquer d'un <b>X</b> la position des buses)	Marque	Angle (° degré)	US gph @100 psi	Pression (psi)	Débit corrigé (US gph)	Réglages et entretien (inscrire la date de la dernière intervention)
						
<b>TOTAL POUR L'EVAPORATEUR</b>			US gph		US gph	

*S'il y a plus que deux brûleurs, veuillez, s'il vous plaît, remplir une autre feuille.*

### Calcul du débit de combustible corrigé (US gal./h)

Le débit corrigé en US gph à inscrire dans le tableau précédent est calculé, à l'aide de la relation ci-dessous, à partir du débit nominal (US gal./h @100 psi) et de la pression réelle d'opération des buses (psi) :

$$\text{Débit corrigé (US gal./h)} = \text{US gal./h à 100 psi} \times \sqrt{\frac{\text{Pression (psi)}}{100}}$$

Si la pression réelle d'opération est de 100 psi, le débit corrigé correspond donc à la valeur de US gal./h @ 100 psi.

### V. IDENTIFICATION DE L'INSTRUMENTATION

En suivant l'exemple, décrivez dans le tableau ci-dessous l'instrumentation d'origine ou celle qui a été ajoutée après l'installation du système d'évaporation.

Exemple :

Température dans les casseroles à fond plat	Thermomètre bi-métallique	D&G 11 pouces
---	---------------------------	---------------

PARAMÈTRE À MESURER	INSTRUMENT	MARQUE ET MODÈLE
Degré Brix à l'entrée de l'évaporateur (sève)		
Degré Brix de sortie (sirop)		
Degré Brix de transfert (plis – plat)		
Pression buse « nozzle »		
Pression chambre de combustion		
Pression dans la ligne de combustible		
Température dans les casseroles à fond plat		
Température dans les casseroles à plis		
Température de sortie du sirop d'érable		
Température de transfert (plis – plat)		
Température d'entrée au préchauffeur		
Température des gaz de cheminée		
Température de sortie du préchauffeur		
Temps d'opération		
Volume d'alimentation à l'évaporateur (sève)		
Volume de sortie de l'évaporateur (sirop)		

## TAUX D'ÉVAPORATION À L'EAU PURE

Le « Test d'évaporation à l'eau pure » doit être réalisé lorsque le système est complètement installé et que les réglages des brûleurs et des différents éléments ou systèmes de contrôle ont été complétés selon les spécifications du manufacturier. Ce test permet de :

- Mesurer, lors d'un premier remplissage, le volume de liquide qui sera requis pour atteindre la hauteur de liquide prescrite par le manufacturier pour une opération normale :

$Vol_{Plis}$  : Volume de liquide dans la casserole à plis;

$Vol_{Plat}$  : Volume de liquide dans la casserole à fond plat;

$H_{Plis}$  : Hauteur de liquide au-dessus des plis;

$H_{Plat}$  : Hauteur de liquide au-dessus du fond de la casserole.

- Mesurer les performances à l'eau pure du système d'évaporation sans préchauffeur en relation avec la capacité d'évaporation définie en fonction de la taille et des contraintes opérationnelles de l'érablière;
- Effectuer une première évaluation de l'efficacité instantanée du système d'évaporation sans préchauffeur.

### PROCÉDURE

Cette procédure et le calcul de l'efficacité ont été développés pour un système d'évaporation sans préchauffeur. Lorsqu'il s'agit de déterminer la performance du système d'évaporation avec préchauffeur, suivre la procédure de la section **Système de préchauffage** à la page 26 de ce document.

1. Lorsque l'installation est complétée et que des tests préliminaires ont permis au manufacturier d'optimiser le fonctionnement des brûleurs et de s'assurer du bon fonctionnement de tous les contrôles (contrôleur de niveau, alarme et autres dispositifs de sécurité, etc.), procédez au test.
2. Assurez-vous de la disponibilité d'une réserve suffisante d'eau potable et de bonne qualité (conductivité électrique < 500  $\mu$ S/cm). Évitez par exemple d'utiliser une eau trop fortement minéralisée, ce qui favorisera la formation de dépôts dans le système d'évaporation. Le

volume d'eau pure (« eau douce et potable ») requis devrait permettre le remplissage initial des casseroles en plus de permettre au moins deux heures de fonctionnement.

Estimation du volume d'eau requis

**Volume mort section à plis (Vol<sub>Plis</sub>)**

Vol <sub>Plis</sub> =	Long <sub>Plis</sub>	Larg <sub>Plis</sub>	P <sub>Plis</sub>	Nb <sub>Plis</sub>	Long	Larg	H <sub>Plis</sub>	Nbc <sub>Plis</sub>	F		
Vol <sub>Plis</sub> =	[(	x	x	x	)	+	(	x	x	)] x	x

Vol <sub>Plis</sub> =	gallons impériaux
-----------------------	-------------------

où :

- Long<sub>Plis</sub> = Longueur des plis [po]
- Larg<sub>Plis</sub> = Largeur du fond des plis [po]
- P<sub>Plis</sub> = Profondeur des plis [po]
- Nb<sub>Plis</sub> = Nombre de plis dans les casseroles (compter le nombre de trous formés par les plis)
- Long = Longueur des casseroles [po]
- Larg = Largeur des casseroles [po]
- H<sub>Plis</sub> = Hauteur de liquide au-dessus des plis [po]
- Nbc<sub>Plis</sub> = Nombre de casseroles à plis
- F = Facteur de conversion pour gallons impériaux (F= 0,0036)

Si les plis ont une ouverture, ajoutez au résultat précédent le volume ci-dessous :

**Volume mort section ouverture des plis**

Vol <sub>Ouverture Plis</sub> =	Long <sub>Plis</sub>	O <sub>Plis</sub>	Larg <sub>Plis</sub>	P <sub>Plis</sub>	Nb <sub>Plis</sub>	
Vol <sub>Ouverture Plis</sub> =	x	[(	-	)	x	] x

Vol <sub>Ouverture Plis</sub> =	gallons impériaux
---------------------------------	-------------------

où :

- O<sub>Plis</sub> = Ouverture des plis [po] (se référer au tableau de la page 5)

### Volume mort section à fond plat

Vol <sub>Plat</sub> =	<b>Long<sub>Plat</sub></b>	<b>Larg<sub>Plat</sub></b>	<b>H<sub>Plat</sub></b>	<b>Nbc<sub>Plat</sub></b>	<b>F</b>
Vol <sub>Plat</sub> = (            x            x            )            x					

Vol <sub>Plat</sub> =	gallons impériaux
-----------------------	-------------------

où

- Long<sub>Plat</sub> = Longueur totale des casseroles à fond plat [po]
- Larg<sub>Plat</sub> = Largeur des casseroles à fond plat [po]
- H<sub>Plat</sub> = Hauteur de liquide au-dessus du fond des casseroles à fond plat [po]
- Nbc<sub>Plat</sub> = Nombre de casseroles à fond plat
- F = Facteur de conversion pour gallons impériaux (F= 0,0036)

Compilez les données ci-dessus calculées dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Estimation du volume d'eau minimum requis pour le test d'évaporation.

VOLUME MORT		FONCTIONNEMENT		SOUS-TOTAL (gal.imp.)	SÉCURITÉ (%)	VOLUME D'EAU MINIMUM REQUIS (gal.imp.)
Plis (gal.imp.)	Plat (gal.imp.)	Heures	Débit nominal (gal.imp./h)		20	

3. Avant de procéder au test proprement dit, vidangez complètement l'évaporateur de l'eau qui aurait pu servir aux tests préliminaires destinés aux réglages des brûleurs par exemple.
4. À l'aide d'un compteur d'eau (compteur totalisateur ou d'autre type) ou d'une règle étalonnée pour le réservoir d'alimentation en eau, notez avec soin le volume d'eau requis pour atteindre la hauteur de solution requise dans chaque type de casserole (H<sub>Plis</sub> dans les casseroles à plis et H<sub>Plat</sub> dans les casseroles à fond plat). Complétez les Tableaux 2 et 3.

*Note : Lorsque vous utilisez un compteur d'eau, celui-ci doit être installé entre le réservoir d'alimentation et l'entrée d'eau dans l'évaporateur. Assurez-vous que la hauteur d'eau dans le réservoir est suffisante pour assurer un bon fonctionnement des contrôles de niveau malgré la perte de charge additionnelle provoquée par le compteur d'eau. De plus, le tube doit être plein d'eau en tout temps, sans bulles d'air qui fausseraient la lecture du compteur.*

- Débutez le test proprement dit en faisant une première lecture du volume (compteur d'eau ou règle) et en notant le temps de démarrage, c'est-à-dire l'heure à laquelle les brûleurs ont été allumés. Complétez la ligne T0 du Tableau 4.
- Complétez le diagramme présenté à la Figure 1 (page 15). Indiquez sur la figure la région approximative où apparaissent les premiers chapelets de bulles. Attribuez à cette région un numéro et reportez dans la colonne de droite le temps écoulé depuis l'allumage des brûleurs.

Tableau 2 : Calcul du volume total de liquide dans les casseroles.

REPLISSAGE DES CASSEROLES		
Lecture avant remplissage	(A)	
Lecture après remplissage	(B)	
Volume total (B-A)	(C)	gal.imp.
H <sub>Plis</sub>	(D)	po
H <sub>Plat</sub>	(E)	po

Tableau 3 : Calcul du volume de liquide dans chaque type de casseroles (plis et plat).

CALCUL DES VOLUMES DANS LES CASSEROLES								
Vol <sub>Plat</sub> =	Largeur	x	Longueur	x	H <sub>Plat</sub>	x	Facteur	
	[pied]		[pied]		[pouce]		0,52	[gal.imp.]
Vol <sub>Plat</sub> =	<input type="text"/>	x	<input type="text"/>	x	<input type="text"/>	x	<input type="text"/>	= <input type="text"/>
Vol <sub>Plis</sub> =	Volume total		-		Volume casseroles à fond plat (Vol <sub>plat</sub> )			
Vol <sub>Plis</sub> =	<input type="text"/>		-		<input type="text"/>		=	<input type="text"/>



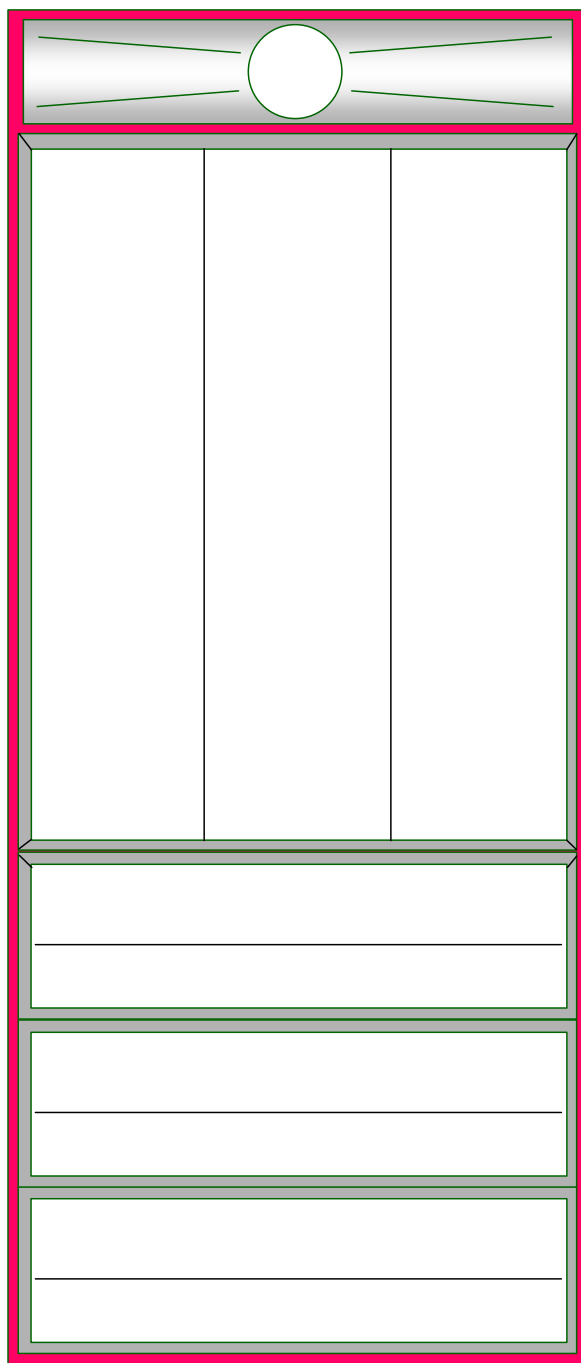
Tableau 4a : Compilation des données recueillies du test d'évaporation à l'eau pure.  
(Utilisation d'un compteur totalisateur d'eau)

MESURE DU TAUX D'ÉVAPORATION À L'EAU PURE										
T	Temps		Compteur		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)		$x 60/(T1-T0) =$	
T2			(H)		T2-T1		(H)-(G)		$x 60/(T1-T0) =$	
T3			(I)		T3-T2		(I)-(H)		$x 60/(T1-T0) =$	
T4			(J)		T4-T3		(J)-(I)		$x 60/(T1-T0) =$	
T5			(K)		T5-T4		(K)-(J)		$x 60/(T1-T0) =$	
T6			(L)		T6-T5		(L)-(K)		$x 60/(T1-T0) =$	
T7			(M)		T7-T6		(M)-(L)		$x 60/(T1-T0) =$	
T8			(N)		T8-T7		(N)-(M)		$x 60/(T1-T0) =$	
T9			(O)		T9-T8		(O)-(N)		$x 60/(T1-T0) =$	
T10			(P)		T10-T9		(P)-(O)		$x 60/(T1-T0) =$	
T11			(Q)		T11-T10		(Q)-(P)		$x 60/(T1-T0) =$	
T12			(R)		T12-T11		(R)-(Q)		$x 60/(T1-T0) =$	
T13			(S)		T13-T12		(S)-(R)		$x 60/(T1-T0) =$	
T14			(T)		T14-T13		(T)-(S)		$x 60/(T1-T0) =$	
T15			(U)		T15-T14		(U)-(T)		$x 60/(T1-T0) =$	
Taux moyen d'évaporation à l'eau pure (Z) =										
Température de l'eau à l'entrée de l'évaporateur (°C ou °F) =										

Tableau 4b : 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		Différence entre deux lectures [min]	Débit de la période [gal. imp.]	Débit horaire [gal.imp./h]		
	[h]	[min]	Fc = _____*						
T0			(F)						
T1			(G)		T1-T0		(G)-(F)xFc		x 60/(T1-T0) =
T2			(H)		T2-T1		(H)-(G)xFc		x 60/(T1-T0) =
T3			(I)		T3-T2		(I)-(H)xFc		x 60/(T1-T0) =
T4			(J)		T4-T3		(J)-(I)xFc		x 60/(T1-T0) =
T5			(K)		T5-T4		(K)-(J)xFc		x 60/(T1-T0) =
T6			(L)		T6-T5		(L)-(K)xFc		x 60/(T1-T0) =
T7			(M)		T7-T6		(M)-(L)xFc		x 60/(T1-T0) =
T8			(N)		T8-T7		(N)-(M)xFc		x 60/(T1-T0) =
T9			(O)		T9-T8		(O)-(N)xFc		x 60/(T1-T0) =
T10			(P)		T10-T9		(P)-(O)xFc		x 60/(T1-T0) =
T11			(Q)		T11-T10		(Q)-(P)xFc		x 60/(T1-T0) =
T12			(R)		T12-T11		(R)-(Q)xFc		x 60/(T1-T0) =
T13			(S)		T13-T12		(S)-(R)xFc		x 60/(T1-T0) =
T14			(T)		T14-T13		(T)-(S)xFc		x 60/(T1-T0) =
T15			(U)		T15-T14		(U)-(T)xFc		x 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 ) =									

\* Facteur de conversion pouce-gal.imp.



**Patron d'ébullition**

$T_0$  = Allumage des brûleurs

① \_\_\_\_\_ min

② \_\_\_\_\_ min

③ \_\_\_\_\_ min

④ \_\_\_\_\_ min

⑤ \_\_\_\_\_ min

⑥ \_\_\_\_\_ min

⑦ \_\_\_\_\_ min

⑧ \_\_\_\_\_ min

⑨ \_\_\_\_\_ min

⑩ \_\_\_\_\_ min

Point(s) chaud(s) apparent(s)     oui  
 non

Localisation :

Figure 1 : Diagramme permettant de définir le patron d'ébullition et d'effectuer le repérage d'éventuels points chauds.

7. Approximativement à toutes les 15 (quinze) minutes, notez dans le Tableau 4a ou 4b la nouvelle lecture du volume (compteur d'eau ou règle). Aucune modification aux réglages initiaux (réglage des brûleurs, niveau d'eau dans les casseroles, etc.) ne doit être apportée pendant la durée du test.
8. Après au moins 2 heures d'opération, le système devrait avoir atteint un certain état d'équilibre et le taux d'évaporation devrait être relativement stable.
9. À l'aide des instruments repérés dans le tableau de la page 8 et avant d'arrêter le système d'évaporation, reportez les paramètres d'opération de la combustion (température des gaz de cheminée et pression statique dans la chambre à combustion) dans le tableau ci-dessous. Pour la mesure de la teneur en CO<sub>2</sub> dans les gaz de cheminée et le test de fumée, des appareils conçus pour cette fin doivent être utilisés, par exemple, un analyseur à gaz et une pompe à gaz de cheminée.

TEMPÉRATURE GAZ DE CHEMINÉE (°C ou °F)	TEST		PRESSION STATIQUE CHAMBRE DE COMBUSTION	TEST DE FUMÉE
	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>		
	%	%		
Efficacité de la combustion			%	

10. Lorsque le taux d'évaporation devient constant, le test est terminé. Faites la moyenne des derniers taux d'évaporation qui témoignent de la performance de l'évaporateur à l'équilibre.
11. Comparez les résultats du « Test d'évaporation à l'eau pure » aux spécifications exigées au devis d'acquisition ou encore, aux garanties d'opérations données par le manufacturier. Si les performances spécifiées ne sont pas atteintes, les réglages doivent être réajustés jusqu'à ce que les performances spécifiées soient confirmées par un nouveau test d'évaporation à l'eau pure.

## TAUX D'ÉVAPORATION AVEC LA SÈVE D'ÉRABLE

Le « Test d'évaporation avec la sève d'érable » doit être réalisé lorsque le système est complètement installé et que les réglages des brûleurs et des différents éléments ou systèmes de contrôle ont été complétés selon les spécifications du manufacturier. Ce test permet de :

- Mesurer les performances du système d'évaporation en relation avec la capacité d'évaporation définie en fonction de la taille et des contraintes opérationnelles de l'érablière dans des conditions réelles d'opération;
- Effectuer l'évaluation de l'efficacité instantanée du système d'évaporation dans des conditions réelles d'opération.

### PROCÉDURE

Après une rotation du volume mort de l'évaporateur et lorsque les coulées de sirop d'érable deviennent courtes et régulières ou encore mieux en coulée continue, collectez les mesures nécessaires pour remplir le Tableau 5a ou 5b. Suivez la même démarche que pour le « Test d'évaporation à l'eau pure ». Faites le calcul du taux moyen d'évaporation lorsque le système atteint l'équilibre.

Tableau 5a : Compilation des données recueillies du test d'évaporation avec la sève d'érable.  
(Utilisation d'un compteur totalisateur d'eau)

MESURE DU TAUX D'ÉVAPORATION AVEC LA SÈVE D'ÉRABLE									
T	Temps		Compteur		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)		$x 60/(T1-T0) =$	
T2			(H)		T2-T1	(H)-(G)		$x 60/(T1-T0) =$	
T3			(I)		T3-T2	(I)-(H)		$x 60/(T1-T0) =$	
T4			(J)		T4-T3	(J)-(I)		$x 60/(T1-T0) =$	
T5			(K)		T5-T4	(K)-(J)		$x 60/(T1-T0) =$	
T6			(L)		T6-T5	(L)-(K)		$x 60/(T1-T0) =$	
T7			(M)		T7-T6	(M)-(L)		$x 60/(T1-T0) =$	
T8			(N)		T8-T7	(N)-(M)		$x 60/(T1-T0) =$	
T9			(O)		T9-T8	(O)-(N)		$x 60/(T1-T0) =$	
T10			(P)		T10-T9	(P)-(O)		$x 60/(T1-T0) =$	
T11			(Q)		T11-T10	(Q)-(P)		$x 60/(T1-T0) =$	
T12			(R)		T12-T11	(R)-(Q)		$x 60/(T1-T0) =$	
T13			(S)		T13-T12	(S)-(R)		$x 60/(T1-T0) =$	
T14			(T)		T14-T13	(T)-(S)		$x 60/(T1-T0) =$	
T15			(U)		T15-T14	(U)-(T)		$x 60/(T1-T0) =$	
Taux moyen d'évaporation à l'eau pure (Z) =									
Température de l'eau à l'entrée de l'évaporateur (°C ou °F) =									

Tableau 5b : Compilation des données recueillies du test d'évaporation avec la sève d'érable.  
(Utilisation d'une règle dans le réservoir d'alimentation en eau)

MESURE DU TAUX D'ÉVAPORATION AVEC LA SÈVE D'ÉRABLE									
T	Temps		Règle		Différence entre deux lectures [min]	Débit de la période [gal. imp.]	Débit horaire [gal. imp./h]		
	[h]	[min]	Fc= _____ *						
T0			(F)						
T1			(G)		T1-T0	(G)-(F)xFc		x 60/(T1-T0) =	
T2			(H)		T2-T1	(H)-(G)xFc		x 60/(T1-T0) =	
T3			(I)		T3-T2	(I)-(H)xFc		x 60/(T1-T0) =	
T4			(J)		T4-T3	(J)-(I)xFc		x 60/(T1-T0) =	
T5			(K)		T5-T4	(K)-(J)xFc		x 60/(T1-T0) =	
T6			(L)		T6-T5	(L)-(K)xFc		x 60/(T1-T0) =	
T7			(M)		T7-T6	(M)-(L)xFc		x 60/(T1-T0) =	
T8			(N)		T8-T7	(N)-(M)xFc		x 60/(T1-T0) =	
T9			(O)		T9-T8	(O)-(N)xFc		x 60/(T1-T0) =	
T10			(P)		T10-T9	(P)-(O)xFc		x 60/(T1-T0) =	
T11			(Q)		T11-T10	(Q)-(P)xFc		x 60/(T1-T0) =	
T12			(R)		T12-T11	(R)-(Q)xFc		x 60/(T1-T0) =	
T13			(S)		T13-T12	(S)-(R)xFc		x 60/(T1-T0) =	
T14			(T)		T14-T13	(T)-(S)xFc		x 60/(T1-T0) =	
T15			(U)		T15-T14	(U)-(T)xFc		x 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) =									

\* Facteur de conversion pouce-gal.imp.

## EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE INSTANTANÉE

### I. EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE INSTANTANÉE DU SYSTÈME D'ÉVAPORATION À L'EAU PURE

Les données utilisées pour ce calcul correspondent à celles obtenues après deux heures d'opération à l'eau pure. Après ce temps, le système d'évaporation devrait avoir atteint un certain état d'équilibre et le taux d'évaporation devrait être relativement stable (se référer au Tableau 4a ou 4b).

#### 1. Données requises :

Débit d'huile utilisé lors de l'évaporation	gal. US/h
Taux moyen d'évaporation à l'eau pure (Z)	gal.imp./h
Température de l'eau alimentée au système d'évaporation	°C

#### 2. Calcul du facteur R :

$$R = \frac{\text{Taux moyen d'évaporation à l'eau pure}}{\text{Débit huile consommé}} [=] \frac{\text{gal. imp. eau pure / h}}{\text{gal. US huile / h}}$$

R = \_\_\_\_\_ gal. imp. eau pure/gal. US huile

#### 3. Calcul de l'efficacité énergétique instantanée à l'aide du Tableau 6 :

- Repérez la valeur calculée de R;
- Repérez la colonne correspondant à la température de l'eau pure alimentée au système d'évaporation;
- La valeur lue à l'intersection de la ligne (R) et de la colonne (température) correspond à l'efficacité énergétique instantanée du système d'évaporation à l'eau pure :

Efficacité énergétique instantanée du système d'évaporation à l'eau pure = \_\_\_\_\_ %



Tableau 6 : Efficacité énergétique instantanée du système d'évaporation à l'eau pure.

Efficacité énergétique instantanée de l'évaporateur à l'eau pure										
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%	

## II. EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE INSTANTANÉE DU SYSTÈME D'ÉVAPORATION AVEC UNE SOLUTION SUCRÉE

Les données utilisées pour ce calcul correspondent à celles obtenues après deux heures d'opération avec la sève d'érable ou le concentré de sève (solution sucrée). Après ce temps, le système d'évaporation devrait avoir atteint un certain état d'équilibre et le taux d'évaporation devrait être relativement stable (se référer au Tableau 5a ou 5b).

### 1. Données requises :

Débit d'huile utilisé lors de l'évaporation	gal. US/h
Taux moyen d'évaporation avec la solution sucrée	gal. imp./h
Teneur en sucre de la solution sucrée	°Brix
Température de la solution sucrée alimentée au système d'évaporation	°C

### 2. Calcul du facteur R :

$$R = \frac{\text{Taux moyen d'évaporation avec solution sucrée}}{\text{Débit huile}} [=] \frac{\text{gal. imp. solution / h}}{\text{gal. US huile / h}}$$

R = \_\_\_\_\_ gal. imp. solution sucrée/gal US huile

### 3. Calcul de l'efficacité énergétique instantanée brute à l'aide du Tableau 7 (Partie A) :

- Repérez la valeur calculée de R;
- Repérez la colonne correspondant à la concentration de la solution (°Brix) alimentée au système d'évaporation;
- La valeur lue à l'intersection de la ligne (R) et de la colonne (concentration de la solution) correspond à l'efficacité énergétique instantanée brute. Cette valeur correspond à l'efficacité énergétique du système d'évaporation avant la compensation pour la température de la solution sucrée alimentée.

Efficacité énergétique instantanée brute du système d'évaporation = \_\_\_\_\_ %

4. Calcul de l'efficacité instantanée compensée par l'effet de la température à l'aide du Tableau 7 (Partie B)

- a. Repérez la ligne correspondant à la valeur la plus proche de la température de la solution sucrée alimentée au système d'évaporation;
- b. Repérez la colonne correspondant à la valeur la plus proche à l'efficacité énergétique instantanée brute du système d'évaporation. Cette valeur a été calculée précédemment (point 3c);
- c. La valeur lue à l'intersection de la ligne (température) et de la colonne (efficacité énergétique instantanée brute) correspond à l'efficacité énergétique instantanée nette du système d'évaporation.

Efficacité énergétique instantanée nette du système d'évaporation = \_\_\_\_\_ %

Tableau 7 : Efficacité brute du système d'évaporation (Partie A) et correction pour tenir compte de la température de la solution à l'entrée du système pour le calcul de l'efficacité nette (Partie B).

R	Partie ( A )						Temp ( ° F )	Partie ( B )										Temp ( ° C )
	Concentration de la solution (°Brix)							Efficacité (%) avant compensation 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%	45%	46%	4
5,3	38,6%	37,7%	36,8%	35,8%	34,9%	33,9%	Temp ( ° F )	Efficacité (%) avant compensation pour la température de la solution										Temp ( ° C )
5,4	39,4%	38,4%	37,5%	36,5%	35,5%	34,5%	210	40%	41%	42%	43%	44%	45%	46%	47%	48%	49%	99
5,5	40,1%	39,1%	38,2%	37,2%	36,2%	35,1%	200	40%	42%	43%	44%	45%	46%	47%	48%	49%	50%	93
5,6	40,8%	39,9%	38,9%	37,9%	36,8%	35,8%	190	41%	42%	43%	44%	45%	46%	47%	48%	49%	50%	88
5,7	41,6%	40,6%	39,6%	38,5%	37,5%	36,4%	180	41%	42%	43%	44%	45%	46%	48%	49%	50%	51%	82
5,8	42,3%	41,3%	40,3%	39,2%	38,1%	37,1%	170	42%	43%	44%	45%	46%	47%	48%	49%	50%	51%	77
5,9	43,0%	42,0%	40,9%	39,9%	38,8%	37,7%	160	42%	43%	44%	45%	46%	47%	48%	50%	51%	52%	71
6	43,8%	42,7%	41,6%	40,6%	39,5%	38,3%	150	43%	44%	45%	46%	47%	48%	49%	50%	51%	52%	66
6,1	44,5%	43,4%	42,3%	41,2%	40,1%	39,0%	140	43%	44%	45%	46%	47%	48%	49%	50%	52%	53%	60
6,2	45,2%	44,1%	43,0%	41,9%	40,8%	39,6%	130	43%	44%	46%	47%	48%	49%	50%	51%	52%	53%	54
6,3	45,9%	44,8%	43,7%	42,6%	41,4%	40,3%	120	44%	45%	46%	47%	48%	49%	50%	51%	53%	54%	49
6,4	46,7%	45,6%	44,4%	43,3%	42,1%	40,9%	110	44%	45%	46%	48%	49%	50%	51%	52%	53%	54%	43
6,5	47,4%	46,3%	45,1%	43,9%	42,7%	41,5%	100	45%	46%	47%	48%	49%	50%	51%	52%	54%	55%	38
6,6	48,1%	47,0%	45,8%	44,6%	43,4%	42,2%	90	45%	46%	47%	48%	50%	51%	52%	53%	54%	55%	32
6,7	48,9%	47,7%	46,5%	45,3%	44,1%	42,8%	80	45%	47%	48%	49%	50%	51%	52%	53%	55%	56%	27
6,8	49,6%	48,4%	47,2%	46,0%	44,7%	43,5%	70	46%	47%	48%	49%	50%	52%	53%	54%	55%	56%	21
6,9	50,3%	49,1%	47,9%	46,6%	45,4%	44,1%	60	46%	47%	49%	50%	51%	52%	53%	54%	56%	57%	16
7	51,0%	49,8%	48,6%	47,3%	46,0%	44,7%	50	47%	48%	49%	50%	51%	53%	54%	55%	56%	57%	10
7,1	51,8%	50,5%	49,3%	48,0%	46,7%	45,4%	40	47%	48%	49%	51%	52%	53%	54%	55%	57%	58%	4
7,2	52,5%	51,2%	50,0%	48,7%	47,3%	46,0%	Temp ( F )	Efficacité (%) avant compensation pour la température de la solution										Temp ( ° C )
7,3	53,2%	52,0%	50,7%	49,3%	48,0%	46,6%	210	50%	51%	52%	53%	54%	55%	56%	57%	58%	59%	99
7,4	54,0%	52,7%	51,4%	50,0%	48,7%	47,3%	200	51%	52%	53%	54%	55%	56%	57%	58%	59%	60%	93
7,5	54,7%	53,4%	52,0%	50,7%	49,3%	47,9%	190	51%	52%	53%	54%	55%	56%	57%	58%	59%	60%	88
7,6	55,4%	54,1%	52,7%	51,4%	50,0%	48,6%	180	52%	53%	54%	55%	56%	57%	58%	59%	60%	61%	82
7,7	56,1%	54,8%	53,4%	52,0%	50,6%	49,2%	170	52%	53%	54%	55%	56%	57%	58%	59%	61%	62%	77
7,8	56,9%	55,5%	54,1%	52,7%	51,3%	49,8%												
7,9	57,6%	56,2%	54,8%	53,4%	52,0%	50,5%												

Tableau 8 (suite) : Efficacité brute du système d'évaporation (Partie A) et correction pour tenir compte de la température de la solution à l'entrée du système pour le calcul de l'efficacité nette (Partie B).

R	Partie ( A )						Temp ( °F )	Partie ( B )									Temp ( °C )	
	Concentration de la solution (°Brix)							Efficacité (%) avant compensation pour la température de la solution										
	2	4	6	8	10	12		50%	51%	52%	53%	54%	55%	56%	57%	58%		59%
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%		Efficacité (%) avant compensation pour la température de la solution									Temp	
9,4	68,5%	66,9%	65,2%	63,5%	61,8%	60,1%	( F )	60%	61%	62%	63%	64%	65%	66%	67%	68%	69%	( °C )
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%		Efficacité (%) avant compensation pour la température de la solution									Temp	
11,4	83,1%	81,1%	79,1%	77,1%	75,0%	72,8%	( F )	70%	71%	72%	73%	74%	75%	76%	77%	78%	79%	( °C )
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
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

## SYSTÈME DE PRÉCHAUFFAGE

Lorsqu'un préchauffeur fait partie du système d'évaporation, le taux moyen d'évaporation à l'eau pure, le taux d'évaporation avec la sève d'érable et l'efficacité énergétique instantanée peuvent être calculés en suivant les procédures décrites aux Sections 1 à 3.

Le gain en efficacité énergétique apporté par le préchauffeur au système d'évaporation est déterminé en comparant les résultats des tests effectués avec et sans le système de préchauffage :

1. Test d'évaporation à l'eau pure (procédure page 9)

$$\text{Gain (\%)} = \frac{\text{Taux d'évaporation avec préchauffeur} - \text{Taux d'évaporation sans préchauffeur}}{\text{Taux d'évaporation sans préchauffeur}}$$

2. Test d'évaporation avec la sève d'érable (procédure page 17)

$$\text{Gain (\%)} = \frac{\text{Taux d'évaporation avec préchauffeur} - \text{Taux d'évaporation sans préchauffeur}}{\text{Taux d'évaporation sans préchauffeur}}$$

## DIAGNOSTIC

Cette section est destinée à la compilation des résultats de tests des fonctionnalités des composantes du système d'évaporation associées à l'efficacité énergétique. Les paramètres ciblés doivent donc permettre d'évaluer l'efficacité énergétique globale des systèmes d'évaporation de sève d'érable ou de concentré de sève afin de poser un diagnostic de sa performance énergétique. Les paramètres d'intérêt sont énumérés ci-dessous.

ÉVAPORATION
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Taux d'évaporation (eau pure ou sève d'érable) avec hotte;</li><li>2. Taux d'évaporation (eau pure ou sève d'érable) avec préchauffeur;</li><li>3. Température atteinte par le préchauffeur;</li><li>4. Consommation d'huile;</li></ol>
COMBUSTION
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Température des gaz de cheminée;</li><li>2. Pression dans la chambre de combustion;</li><li>3. Teneur en CO<sub>2</sub> dans le gaz de cheminée;</li><li>4. Test de fumée;</li><li>5. Efficacité de la combustion.</li></ol>
EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Efficacité énergétique instantanée (eau pure ou sève d'érable) avec hotte;</li><li>2. Efficacité énergétique instantanée (eau pure ou sève d'érable) avec préchauffeur;</li></ol>

Afin d'évaluer le résultat obtenu pour chacun des paramètres ci-dessus, une analyse comparative doit être faite entre ces résultats et des valeurs de référence compilées à la Section 7 du Cahier de transfert technologique en acériculture (Allard et Belizle, 2004). De plus, pour certains paramètres, le résultat doit être comparé aux spécifications exigées au devis d'acquisition.

Tableau 8 : Diagnostic du système d'évaporation.

ÉVAPORATION
COMBUSTION
EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE



## RÉFÉRENCES

ALLARD G.B. et BELIZLE M. (2004). Cahier de Transfert Technologique en Acériculture. Section 7 : Évaporation de l'eau ou du concentré d'eau d'érable. CRAAQ. Québec. Canada. 656 p.