



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

PROCOLE – VERSION FINAL

QUALIFICATION DE L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE D'UN SYSTÈME D'ÉVAPORATION DE CONCENTRE DE SÈVE D'ÉRABLE FONCTIONNANT AU BOIS

Par : Alfa Arzate, ing., Ph.D.

Collaborateurs : Sandra Robaire, ing. M. Sc.

Raymond Nadeau, conseiller
acéricole

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	1
GÉNÉRALITÉS	3
CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DES COMPOSANTES	6
I. DONNÉES TECHNIQUES DU FOYER	6
II. DONNÉES TECHNIQUES DE LA CHAMBRE DE COMBUSTION	7
III. DONNÉES TECHNIQUES DES CASSEROLES	8
IV. DONNÉES TECHNIQUES DU PRÉCHAUFFEUR	10
V. IDENTIFICATION DE L'INSTRUMENTATION	11
TAUX D'ÉVAPORATION À L'EAU PURE	12
EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE INSTANTANÉE	27
DIAGNOSTIC	34
RÉFÉRENCES	36

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.

GÉNÉRALITÉS

Les principaux facteurs affectant l'efficacité énergétique des évaporateurs au bois sont l'équipement lui-même, la méthode de chauffage et le bois en tant que combustible. Le design, l'installation et la mise au point de ces équipements ont un effet direct sur leur performance.

La méthode de chauffage a un effet sur la performance de l'évaporateur car le cycle de chauffage en dépend. L'ouverture continue de la porte du foyer déclenche la formation de masses d'air froid sur le lit de bois en combustion, ce qui refroidit les gaz chauds et réduit le transfert thermique vers les casseroles de l'évaporateur.

Quant au bois, son pouvoir calorifique est semblable pour plusieurs espèces. Même s'il est légèrement plus élevée pour les résineux que pour les feuillus, le pouvoir calorifique moyen référencé dans la littérature est d'environ 8 600 BTU/Lb de bois sec (Otto de Lorenzi, 1951 ; Taplin, 1991). La composition chimique des divers types de bois est relativement uniforme, ce qui dans le cadre de ce protocole n'a pas d'effet sur leur pouvoir calorifique. Cependant, la teneur en humidité affecte considérablement cette propriété du bois. En effet, pour évaporer l'eau contenue dans le bois, il faut de l'énergie.

Le processus de la combustion du bois est une série complexe de réactions chimiques. Elle se complète par l'oxydation du carbone et de l'hydrogène contenus dans les composantes du bois avec dissipation d'énergie sous forme de chaleur. Trois phases distinctes décrivent cette combustion :

1. Évaporation de l'eau contenue dans le bois à température constante (212 °F) ;
2. Vaporisation des gaz volatiles à une température par une augmentation de température (500 °F et plus) ;
3. Oxydation du carbone contenu dans le bois (supérieure à 1 100 °F).

Le pouvoir calorifique du bois considéré dans ce protocole est calculé en prenant en compte seulement le point 1 ci-dessus. L'estimation des énergies associées aux points 2 et 3 dépend de l'efficacité de la combustion, c'est-à-dire pourquoi elles ne sont pas considérées dans le calcul.

Dans le but de dresser un portrait objectif des équipements à l'étude, les points ci-dessous doivent être absolument pris en compte :

- a) Les caractéristiques du lot de bois utilisé pour tous les tests doivent être connues.

- b) Lorsque l'analyse des résultats est faite sur la base d'un même potentiel calorifique réel, le même lot de bois (bois standard) doit être utilisé pour tous les tests ;
- c) Lorsque l'effet de la méthode de chauffage veut être déterminé, les tests doivent être réalisés en deux parties :
- Partie en **mode production** qui permet d'évaluer l'équipement et la méthode de chauffage utilisée habituellement par le producteur ;
 - Partie en **mode standard** qui permet de dissocier la méthode de chauffage utilisée habituellement par le producteur. Cette façon de chauffage est déterminée en fonction de la quantité d'eau à évaporer par unité de temps (gal.imp./h) pour une surface projetée donnée.

Cette procédure peut être, au besoin, mise en place lors d'une même intervention en suivant les étapes ci-dessous illustrées à la Figure 1 :

1. Démarrage du feu ;
2. Accroissement du taux d'évaporation en **mode production** (montée) ;
3. Période de stabilité en **mode production** ;
4. Changement au **mode standard** ;
5. Période de transition ;
6. Période de stabilité en **mode standard** ;
7. Fin du test.

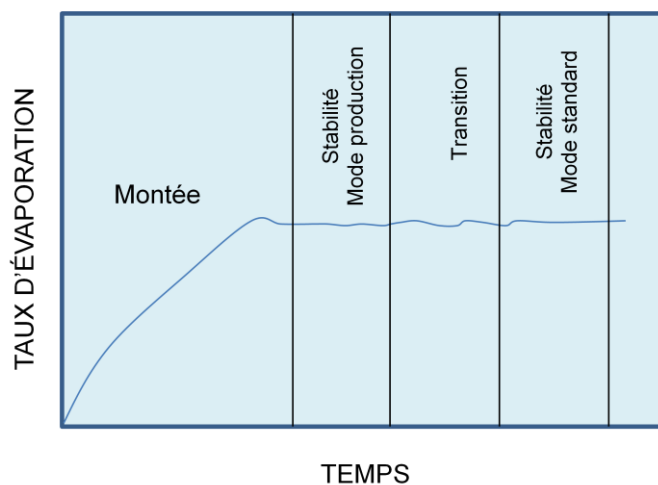


Figure 1 : Schéma illustrant les étapes à suivre lors des interventions.

Lorsque le test est réalisé en **mode standard**, il est fortement conseillé d'utiliser le même type de bois pour toutes les étapes. Cependant, si des contraintes au niveau de l'approvisionnement et du coût le limiteraient, un autre type de bois pourrait éventuellement être utilisé pour le démarrage et la montée. Lorsque le bois standard sera alimenté au système, il faut s'assurer d'avoir bien atteint la période de stabilité en **mode** de chauffage **production** avant de débiter le test en **mode** de chauffage **standard**.

Dans le cadre de ce protocole, l'efficacité énergétique globale déterminée pour les évaporateurs au bois est définie comme le rapport entre la quantité d'énergie nécessaire pour évaporer de l'eau et l'énergie fournie par le combustible. Ce paramètre englobe l'efficacité de combustion et du transfert thermique.

Ce protocole a pour but de fournir les outils nécessaires pour qualifier l'efficacité énergétique des systèmes d'évaporation fonctionnant au bois utilisés dans les sucreries des érablières. Ce document 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 à l'eau potable : cette section présente la démarche à suivre pour déterminer la performance à l'eau potable (taux d'évaporation).
- Taux d'évaporation avec du concentré de sève : cette section présente la démarche à suivre pour déterminer la performance avec du concentré de sève (taux de traitement).
- Efficacité énergétique instantanée : cette section décrit les calculs à effectuer pour évaluer 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 potable, taux de traitement de concentré, la température des gaz de cheminée, la pression dans la chambre de combustion, etc.

À long terme, les résultats de cette qualification énergétique devraient permettre d'envisager une amélioration des conditions dans lesquelles se déroulent les réactions de combustion du bois dans le foyer d'un évaporateur afin d'augmenter l'efficacité énergétique globale du système d'évaporation. De plus, ils devraient aussi permettre d'identifier des paramètres ayant besoin d'être ajustés afin d'augmenter la performance énergétique de l'évaporateur.

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	☐ Oui ☐ Non						
	Mois	Année								Mois	Année		
CHEMINÉE (GAZ COMBUSTION)													
Matériau													
Dimension de la souche		Largeur				po		Épaisseur				po	
Diamètre de la cheminée						po							
Longueur de la cheminée						po							
Thermomètre (gaz de cheminée)		☐ Oui ☐ Non, précisez											
Clé de régulation de tirage		☐ Oui ☐ Non, précisez											
Contrôle automatique de tirage (<i>Draft-control</i>)		☐ Oui ☐ Non, précisez											
HOTTE (VAPEUR)													
Matériau													
Dimension		Longueur				po		Largeur		po			
Cheminée de vapeur		Diamètre				po		Longueur		po			
Clé de régulation de pression		☐ Oui ☐ Non, précisez											

II. DONNÉES TECHNIQUES DE LA CHAMBRE DE COMBUSTION

Chambre de combustion		
Longueur (Lo)		po
Largeur (La)		po
Hauteur (Ht)		po
Apport d'air – emplacement des trappes		
Air primaire	Localiser la (les) trappe(s) primaire(s) sur le croquis avec la lettre P	
Air secondaire	Localiser la (les) trappe(s) secondaire(s) sur le croquis avec la lettre S	
Est-ce que ces trappes peuvent être contrôlées ?		Oui ☐ Non ☐
Combien de portes y-a-t-il ?		1 ☐ 2 ☐
Redessiner la (les) porte(s) sur le croquis, si différent.		

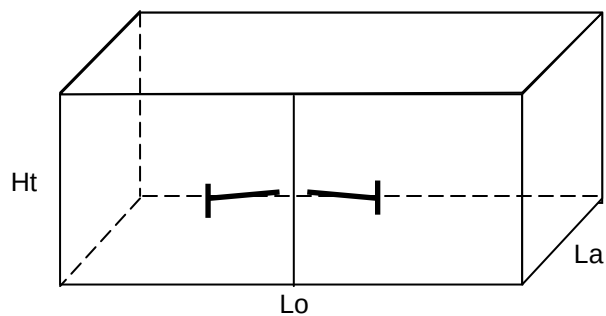


Figure 2. Croquis de la chambre de combustion avec les portes (vue de face)

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.

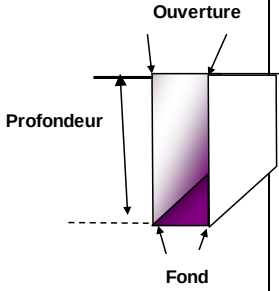
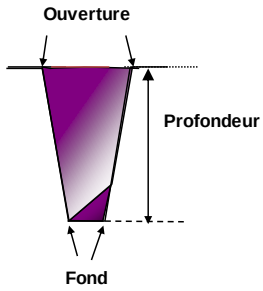
Hauteur : pouce

Longueur du foyer : pouce

III. 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)					
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)					
Profondeur des plis	po		po		
Ouverture des plis	po		po		
Fond des plis	po		po		
Plis dans l'eau ou dans le feu (encercler le mot)	Eau	Feu	Eau	Feu	
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		☐ Flotte ☐ Vanne électrique			
Alimentation aux casseroles à fond plat		☐ Flotte ☐ Vanne électrique			
		☐ Autre précisez :			
Contrôle à la sortie de sirop d'érable		☐ Électrique ☐ Manuel			
Taux d'évaporation de conception					
☐ sans préchauffeur		gallons impériaux par heure			
☐ avec préchauffeur		gallons impériaux par heure			

IV. DONNÉES TECHNIQUES DU PRÉCHAUFFEUR

PRÉCHAUFFEUR				
Matériau de construction et nuance				
Matériau des raccords				
Type de soudure				
Géométrie		☐ Serpentin	☐ en forme de « U »	☐ 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)				

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 chambre de combustion		
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 potable » doit être réalisé lorsque le système est complètement installé et que les réglages des différents éléments ou systèmes de contrôle ont été complétés selon les spécifications du fabricant. 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 fabricant 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 la performance à l'eau potable du système d'évaporation en relation avec la capacité d'évaporation définie en fonction de la taille et des contraintes opérationnelles de l'évaporateur;
- Effectuer une première évaluation de l'efficacité instantanée du système d'évaporation.

PROCÉDURE

1. Lorsque l'installation est complétée et que des tests préliminaires ont permis au fabricant de s'assurer du bon fonctionnement de l'équipement et 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 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 potable (« eau douce et potable ») requis devrait permettre le remplissage initial des casseroles en plus de permettre au moins deux heures de fonctionnement.

Conductivité électrique de l'eau à utiliser pour le test	
--	--

	microS/min
--	------------

Estimation du volume d'eau requis

Volume mort section à plis (Vol_{Plis})

Vol _{Plis} =	Long _{Plis}	Larg _{Plis}	P _{Plis}	Nb _{Plis}	Long	Larg	H _{Plis}	Nbc _{Plis}	F		
Vol _{Plis} =	[(	x	x	x	)	+	(	x	x	)] x	x

Vol _{Plis} =	gallons impériaux
-----------------------	-------------------

où :

- Long_{Plis} = Longueur des plis [po]
- Larg_{Plis} = Largeur du fond des plis [po]
- P_{Plis} = Profondeur des plis [po]
- Nb_{Plis} = 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_{Plis} = Hauteur de liquide au-dessus des plis [po]
- Nbc_{Plis} = 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 _{Ouverture Plis} =	Long _{Plis}	O _{Plis}	Larg _{Plis}	P _{Plis}	Nb _{Plis}
Vol _{Ouverture Plis} =	x	[(	-	)/2 x	] x

Vol _{Ouverture Plis} =	gallons impériaux
---------------------------------	-------------------

où :

- O_{Plis} = Ouverture des plis [po] (se référer au tableau de la page 8)

Volume mort section à fond plat

$Vol_{Plat} =$	$Long_{Plat}$	$Larg_{Plat}$	H_{Plat}	Nbc_{Plat}	F
----------------	---------------	---------------	------------	--------------	-----

$$Vol_{Plat} = (\quad \times \quad \times \quad) \quad \times$$

$Vol_{Plat} =$	gallons impériaux
----------------	-------------------

où

$Long_{Plat}$ = Longueur totale des casseroles à fond plat [po]

$Larg_{Plat}$ = Largeur des casseroles à fond plat [po]

H_{Plat} = Hauteur de liquide au-dessus du fond des casseroles à fond plat [po]

Nbc_{Plat} = 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 potable 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	

- Vidangez complètement l'évaporateur de l'eau qui aurait pu servir aux tests préliminaires.
- À l'aide d'une règle étalonnée pour le réservoir d'alimentation en eau ou d'un compteur d'eau (compteur totalisateur ou d'autre type), notez avec soin le volume d'eau requis pour atteindre la hauteur de solution requise dans chaque type de casserole (H_{Plis} dans les casseroles à plis et H_{Plat} 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.

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 _{Plis}	(D)	po
H _{Plat}	(E)	po

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

CALCUL DES VOLUMES DANS LES CASSEROLES					
Vol _{Plat} =	Largeur x Longueur x H _{Plat} x Facteur				
	[pied]	[pied]	[pouce]	0,52	[gal.imp.]
Vol _{Plat} =		x		x	
Vol _{Plis} =	Volume total	-	Volume casseroles à fond plat (Vol _{plat})		
Vol _{Plis} =		-		=	

5. Avant de procéder au test, assurez-vous de la disponibilité d'une réserve suffisante et homogène de bois de bonne qualité ayant les caractéristiques ci-dessous :
 - a. Bois franc coupé depuis 18 mois ;
 - b. Largeur de refente de 9 po (maximum) ;
 - c. Longueur des bûches 22 po, préférablement ;
 - d. Humidité d'environ 15 % (valeur supposée pour un bois qui a été coupé depuis 18 mois) ;
 - e. Réserve de bois d'environ 1 corde.

6. Décrivez les caractéristiques du bois utilisé lors du test dans le tableau ci-dessous.

Essences		Entrez les valeurs à partir du tableau ci-dessous (étape no. 7)	
Feuillus	Pourcentage (%)		
Hêtre		Longueur des billes	
Érable à sucre		Qualité des billes	
Érable rouge		Taux humidité des billes	
Érable argenté		Tableau de choix des valeurs	
Bouleau jaune (merisier)		Longueur billes	24 26 28 30 32 pouces
Tilleul			Carrie, pourriture
Bouleau blanc		Qualité billes	A Moins de 10 %
Chêne			B De 10 à 20 %
Autres essences feuillus			C Plus de 20%
Conifères		Taux humidité	% Temps de séchage
			35 6 mois
			25 De 6 à 18 mois
			15 Plus de 18 mois
Total	100		

7. Pesez la réserve de bois avant de commencer le test et notez la masse du bois dans le tableau ci-dessous, ainsi que les dimensions décrivant les bûches :

Masse de la réserve de bois	lb
Longueur des billes	po
Largeur de refente	po

8. Inscrivez la valeur de la masse de la réserve de bois à la cellule O12 du chiffrier. De plus, le prix du bois peut être aussi inscrit à la cellule O13 du même chiffrier, ce qui permettra d'estimer pour ce test le coût associé au combustible.
9. Mesurez l'humidité du bois à l'aide d'un humidimètre pour bois. Des mesures doivent être prises à 5 endroits différents dans le premier lot de bois à utiliser, dans celui du milieu et dans le dernier. Les mesures seront prises sur trois côtés (aux deux extrémités et au centre) de 5 bûches en suivant la procédure de l'instrument. Veuillez toujours utiliser l'extrémité 1 pour le côté de la bûche qui a été coupé le plus récemment. Compilez les données dans le tableau ci-dessous :

	Méthode terrain – LOT 1					Humidité du lot de bois (%)
Échantillon	1	2	3	4	5	
Répétition	Humidité du bois (%)					
Mesure 1 (extrémité 1)						
Mesure 2 (extrémité 2)						
Mesure 3 (centre)						
Moyenne						
Écart-type						
CV (%)						

	Méthode terrain – LOT 2					Humidité du lot de bois (%)
Échantillon	1	2	3	4	5	
Répétition	Humidité du bois (%)					
Mesure 1 (extrémité 1)						
Mesure 2 (extrémité 2)						
Mesure 3 (centre)						
Moyenne						
Écart-type						
CV (%)						

	Méthode terrain – LOT 3					Humidité du lot de bois (%)
Échantillon	1	2	3	4	5	
Répétition	Humidité du bois (%)					
Mesure 1 (extrémité 1)						
Mesure 2 (extrémité 2)						
Mesure 3 (centre)						
Moyenne						
Écart-type						
CV (%)						

10. Inscrire la valeur de l'humidité moyenne du bois (valeur moyenne de trois lots testés) à la cellule O11 du chiffrier.
11. Prendre 3 échantillons de bois de trois bûches où l'humidité a été mesurée (1 bouche par lot). Les échantillons ayant 1 po d'épaisseur et ayant été coupés en deux morceaux doivent être pris à l'extrémité 1, à l'extrémité 2 et au centre de la bûche. L'échantillon doit être pesé, identifié à l'aide d'un crayon permanent, enveloppé avec du papier aluminium et mis dans un sac en plastique type *zip-lock* avant d'être envoyé au Centre ACER. Compilez les données dans le tableau ci-dessous :

No. d'échantillon	Masse (g)	Humidité (%) ^[1]
Série A (Test No. X) B1A-TX B2A-TX MA-TX		
Série B (Tets No. X) B1A-TX B2B-TX MB-TX		
Série C (Test No. X) B1C-TX B2C-TX MC-TX		

[1] – Valeur mesurée dans chaque échantillon avec la méthode terrain.

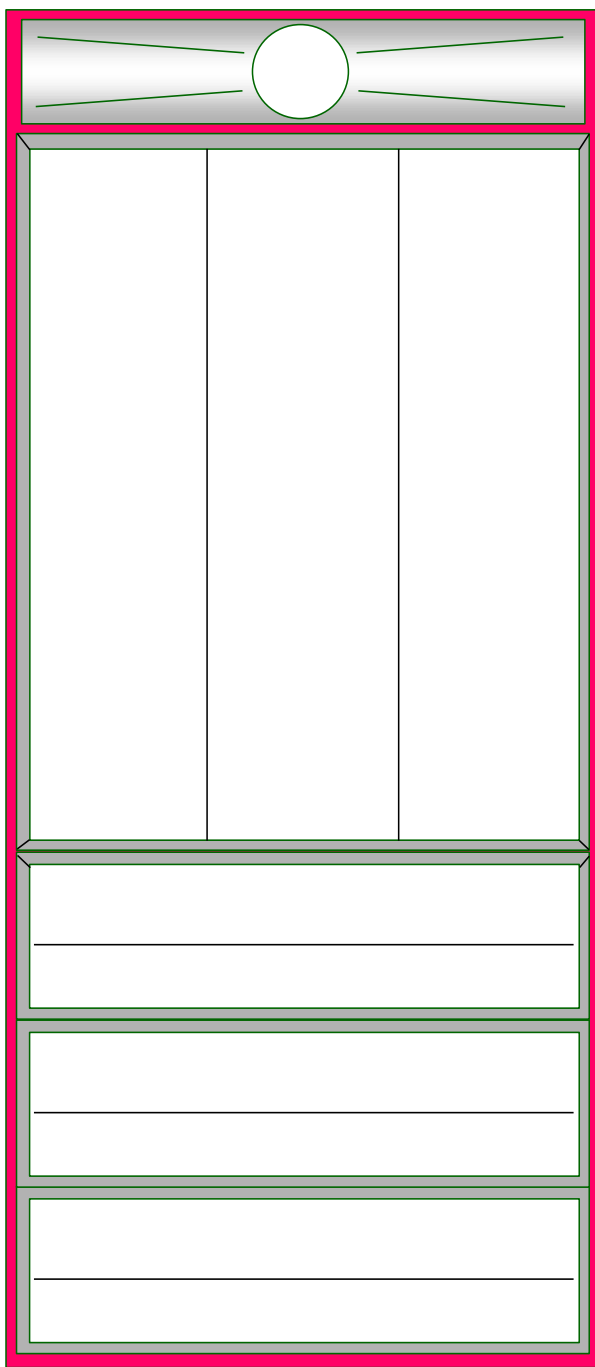
X – Changez cette lettre par le numéro du test.

12. Le taux d'alimentation en bois au système d'évaporation sera établi par différence de masse. Laissez donc le bois sur la balance afin d'être en mesure de relever la masse du lot à chaque fois que du bois est alimenté au système. Compilez cette information à la colonne N (masse mesurée) du chiffrier. Veuillez prendre note que si des lots différents sont utilisés, la saisie de données doit être modifiée en conséquence sur le chiffrier pour les colonnes N et O.
13. 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 le foyer a été allumé. Complétez la ligne T0 du chiffrier.
14. Mesurez la température de l'eau potable alimentant l'évaporateur au moins cinq fois pendant la durée du test. Lorsqu'un préchauffeur est utilisé, deux températures doivent être prises, soit la température de l'eau entrant au préchauffeur et celle de l'eau sortant du préchauffeur.

15. Pendant toute la durée du test, le volume d'eau dans les casseroles est réglé par le contrôleur de niveau. Son ajustement ne doit pas être modifié au cours du test et aucune modification aux réglages initiaux ne doit être apportée pendant la durée du test.
16. L'alimentation en bois doit être de façon régulière et constante en suivant la procédure ci-dessous pour le **mode de chauffage production** (étape de montée y comprise) :

MODE PRODUCTION

- a. Procédez à alimenter le système en bois en suivant la façon de faire habituellement par le producteur :
 - Alimentation d'une quantité de bois déterminée basée sur les habitudes du producteur ;
 - À des intervalles de temps communément utilisés par le producteur ;
 - Disposition du bois dans la chambre de combustion selon la façon de faire habituellement par le producteur (à décrire dans le dossier du producteur).
 - b. Inscrire la masse de bois qui est introduite au système à la colonne N du chiffrier. Pour les alimentations subséquentes, procédez en suivant la procédure ci-dessus jusqu'à ce que le test prenne fin.
17. Complétez le diagramme présenté à la Figure 2 (page 20). 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 du bois.
 18. Approximativement à toutes les 15 minutes, notez dans le Tableau 4a ou 4b la nouvelle lecture du volume (règle ou compteur d'eau). Rappelez-vous qu'aucune modification aux réglages initiaux (niveau d'eau dans les casseroles, etc.) ne doit être apportée pendant la durée du test. Il est préférable de faire ces mesures entre deux ouvertures de la porte.
 19. Lorsque l'évaporation est pleinement développée, qualifiez le rythme d'ébullition dans les casseroles à plis et à fond plat. Attribuez à chaque section du système illustré à la Figure 3 un des adjectifs ci-dessous décrivant le mieux le rythme d'ébullition :
 - a. Lent (L)
 - b. Normal (N)
 - c. Violent (V)
 - d. Excessif (E)



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

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

MESURE DU TAUX D'ÉVAPORATION ou TAUX DE TRAITEMENT										
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.
(Utilisation d'une règle dans le réservoir d'alimentation)

MESURE DU TAUX D'ÉVAPORATION ou TAUX DE TRAITEMENT										
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.

20. Approximativement à toutes les minutes, notez la température de la cheminée afin de déterminer le profile de ce paramètre.
21. Après au moins 2 heures d'opération, le système devrait avoir atteint un certain état d'équilibre en **mode production** et le taux d'évaporation devrait être relativement stable.
22. À l'aide de la trousse *Bacharach* (ou équivalent), mesurez les paramètres de combustion entre deux ouvertures de la porte (alimentation du bois) et reportez-les dans le tableau ci-dessous ou dans l'onglet prévu à cette fin dans le chiffrier. Pour le test de fumée, des appareils conçus à cette fin doivent être utilisés, par exemple, une pompe à gaz de cheminée.

TEMPÉRATURE GAZ DE CHEMINÉE	TEST		Tirage cheminée	TEST DE FUMÉE
	CO ₂	O ₂		
°F	%	%	po d'eau	
Efficacité de la combustion ^[1]				%

[1] – À calculer ultérieurement à partir de la température de la cheminée et de la teneur en CO₂.

23. Lorsque le taux d'évaporation devient constant, le test en **mode** de chauffage **production** est terminé. Faites la moyenne des derniers taux d'évaporation qui témoignent de la performance de l'évaporateur à l'équilibre en **mode production**.
24. Continuez le test en **mode** de chauffage **standard**, si prévu. L'alimentation en bois doit être de façon régulière et constante en suivant la procédure ci-dessous selon ce mode de chauffage :

MODE STANDARD

- a. Procédez à alimenter le système en bois en mode standard :
 - Alimentation de la quantité de bois nécessaire pour évaporer le volume de liquide en référence (se référer au chiffrier en annexe – Calcul masse de bois) ;
 - À des intervalles de temps correspondant à ceux utilisés par le producteur. Veuillez ajuster ce temps, si nécessaire ;
 - En ouvrant une porte et déposant du côté de la porte fermée 2 bûches de bois pour le maintien de l'intensité de chauffage;

- En alimentant le système par la porte ouverte, avec une disposition entrecroisée et disposée de manière dégagée afin que l'air comburant puisse atteindre toutes les bûches en même temps.
 - En fermant la porte aussitôt que l'alimentation en bois soit finie.
- b. Inscrire la masse de bois qui est introduite au système à la colonne N du chiffrier. Pour les alimentations subséquentes, procédez à des intervalles de temps uniformes en suivant la procédure ci-dessus jusqu'à ce que le test prenne fin.
25. Complétez le diagramme présenté à la Figure 2 (page 20). 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 du bois.
26. Approximativement à toutes les 15 minutes, notez dans le Tableau 4a ou 4b la nouvelle lecture du volume (règle ou compteur d'eau). Rappelez-vous qu'aucune modification aux réglages initiaux (niveau d'eau dans les casseroles, etc.) ne doit être apportée pendant la durée du test. Il est préférable de faire ces mesures entre deux ouvertures de la porte.
27. Lorsque l'évaporation est pleinement développée, qualifiez le rythme d'ébullition dans les casseroles à plis et à fond plat. Attribuez à chaque section du système illustré à la Figure 3 un des adjectifs ci-dessous décrivant le mieux le rythme d'ébullition :
- a. Lent (L)
 - b. Normal (N)
 - c. Violent (V)
 - d. Excessif (E)
28. Approximativement à toutes les minutes, notez la température de la cheminée afin de déterminer le profile de ce paramètre.
29. Après au moins 2 heures d'opération, le système devrait avoir atteint un certain état d'équilibre en **mode standard** et le taux d'évaporation devrait être relativement stable.
30. À l'aide de la trousse *Bacharach* (ou équivalent), mesurez les paramètres de combustion entre deux ouvertures de la porte (alimentation du bois) et reportez-les dans le tableau ci-dessous ou dans l'onglet prévu à cette fin dans le chiffrier. Pour le test de fumée, des appareils conçus à cette fin doivent être utilisés, par exemple, une pompe à gaz de cheminée.

TEMPÉRATURE GAZ DE CHEMINÉE	TEST		Tirage cheminée	TEST DE FUMÉE
	CO ₂	O ₂		
°F	%	%	po d'eau	
Efficacité de la combustion ^[1]			%	

[1] – À calculer à partir de la température de la cheminée et de la teneur en CO₂.

31. Lorsque le taux d'évaporation devient constant, le test en **mode** de chauffage **standard** est terminé. Faites la moyenne des derniers taux d'évaporation qui témoignent de la performance de l'évaporateur à l'équilibre en **mode standard**.

TAUX DE TRAITEMENT AVEC DU CONCENTRÉ DE SÈVE

Le « Test d'évaporation avec le concentré de sève » doit être réalisé lorsque le système est complètement installé et que les réglages des différents éléments ou systèmes de contrôle ont été complétés selon les spécifications du fabricant. 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 4a ou 4b. Assurez-vous de la disponibilité d'une réserve suffisante de concentré.

Prenez la mesure de la teneur de solides solubles totaux (degré Brix) du concentré de sève, du réduit au transfert des casseroles plis-plat et du sirop d'érable.

Suivez la même démarche que pour le « Test d'évaporation à l'eau potable ». Faites le calcul du taux moyen d'évaporation lorsque le système atteint l'équilibre.

EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE INSTANTANÉE

Les données utilisées pour ce calcul correspondent à celles obtenues après 2 heures d'opération pour le mode de chauffage à l'étude. Après ce temps, le système d'évaporation devrait avoir atteint un certain état d'équilibre et le taux d'évaporation ou de traitement devrait être relativement stable.

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

1. Données requises :

Débit de bois utilisé lors de l'évaporation (colonne R du chiffrier)	Lb bois sec éq/h
Taux moyen d'évaporation (colonne I du chiffrier)	gal.imp./h
Température de l'eau alimentée au système d'évaporation	°C

2. Calcul du facteur R :

$$R = \frac{\text{Taux moyen d'évaporation à l'eau}}{\text{Débit de bois consommé}} \left[\frac{\text{gal. imp. eau/h}}{\text{lb bois sec éq/h}} \right]$$

$R = \text{_____ gal. imp. eau / lb bois sec éq}$

3. Calcul de l'efficacité énergétique instantanée à l'aide du Tableau 4 :

- a. Repérez la valeur calculée de R;
- b. Repérez la colonne correspondant à la température de l'eau alimentée au système d'évaporation ;
- c. 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 5 : Efficacité énergétique instantanée à l'eau pure des systèmes d'évaporation fonctionnant au bois.

Consomation de bois exprimée en livre de bois sec équivalent /heure										(A)
Performances de l'évaporateur à l'eau potable										
Température de l'eau à l'entrée de la casserole d'évaporation (°C ou °F)										(B)
Taux d'évaporation à l'eau potable (gal. imp. /heure)										(C)
Rapport (R) : Taux d'évaporation à l'eau potable par livre de bois sec équivalent (C) / (A)										(D)
Efficacité instantanée de l'évaporateur à l'eau potable										
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
0,025	3,29%	3,24%	3,19%	3,13%	3,08%	3,03%	2,98%	2,92%	2,87%	
0,05	6,58%	6,48%	6,37%	6,27%	6,16%	6,06%	5,95%	5,85%	5,74%	
0,075	9,87%	9,72%	9,56%	9,40%	9,24%	9,09%	8,93%	8,77%	8,62%	
0,1	13,16%	12,95%	12,74%	12,53%	12,33%	12,12%	11,91%	11,70%	11,49%	
0,125	16,45%	16,19%	15,93%	15,67%	15,41%	15,15%	14,88%	14,62%	14,36%	
0,15	19,74%	19,43%	19,12%	18,80%	18,49%	18,17%	17,86%	17,55%	17,23%	
0,175	23,03%	22,67%	22,30%	21,94%	21,57%	21,20%	20,84%	20,47%	20,10%	
0,2	26,33%	25,91%	25,49%	25,07%	24,65%	24,23%	23,81%	23,40%	22,98%	
0,225	29,62%	29,15%	28,67%	28,20%	27,73%	27,26%	26,79%	26,32%	25,85%	
0,25	32,91%	32,38%	31,86%	31,34%	30,81%	30,29%	29,77%	29,24%	28,72%	
0,275	36,20%	35,62%	35,05%	34,47%	33,90%	33,32%	32,74%	32,17%	31,59%	
0,3	39,49%	38,86%	38,23%	37,60%	36,98%	36,35%	35,72%	35,09%	34,47%	
0,325	42,78%	42,10%	41,42%	40,74%	40,06%	39,38%	38,70%	38,02%	37,34%	
0,35	46,07%	45,34%	44,60%	43,87%	43,14%	42,41%	41,67%	40,94%	40,21%	
0,375	49,36%	48,58%	47,79%	47,01%	46,22%	45,44%	44,65%	43,87%	43,08%	
0,4	52,65%	51,81%	50,98%	50,14%	49,30%	48,47%	47,63%	46,79%	45,95%	
0,425	55,94%	55,05%	54,16%	53,27%	52,38%	51,49%	50,60%	49,72%	48,83%	
0,45	59,23%	58,29%	57,35%	56,41%	55,47%	54,52%	53,58%	52,64%	51,70%	
0,475	62,52%	61,53%	60,53%	59,54%	58,55%	57,55%	56,56%	55,56%	54,57%	
0,5	65,81%	64,77%	63,72%	62,67%	61,63%	60,58%	59,53%	58,49%	57,44%	
0,525	69,10%	68,01%	66,91%	65,81%	64,71%	63,61%	62,51%	61,41%	60,31%	
0,55	72,40%	71,24%	70,09%	68,94%	67,79%	66,64%	65,49%	64,34%	63,19%	
0,575	75,69%	74,48%	73,28%	72,08%	70,87%	69,67%	68,47%	67,26%	66,06%	
0,6	78,98%	77,72%	76,47%	75,21%	73,95%	72,70%	71,44%	70,19%	68,93%	
0,625	82,27%	80,96%	79,65%	78,34%	77,03%	75,73%	74,42%	73,11%	71,80%	
0,65	85,56%	84,20%	82,84%	81,48%	80,12%	78,76%	77,40%	76,03%	74,67%	
0,675	88,85%	87,44%	86,02%	84,61%	83,20%	81,78%	80,37%	78,96%	77,55%	
0,7		90,67%	89,21%	87,74%	86,28%	84,81%	83,35%	81,88%	80,42%	
0,725				90,88%	89,36%	87,84%	86,33%	84,81%	83,29%	
0,75					92,44%	90,87%	89,30%	87,73%	86,16%	
0,775						93,90%	92,28%	90,66%	89,03%	
0,8								93,58%	91,91%	
0,825									94,78%	
0,85									97,65%	

II. EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE INSTANTANÉE DU SYSTÈME D'ÉVAPORATION LE CONCENTRÉ DE SÈVE

Les données utilisées pour ce calcul correspondent à celles obtenues après deux heures d'opération avec le concentré de sève. 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 de bois utilisé lors de l'évaporation (colonne R du chiffrier)	Lb bois sec éq/h
Taux moyen de traitement (colonne I du chiffrier)	gal. imp./h
Teneur en solides solubles totaux du concentré	°Brix
Température du concentré alimentée au système d'évaporation	°C

2. Calcul du facteur R :

$$R = \frac{\text{Taux moyen de traitement du concentré}}{\text{Débit de bois consommé}} \left[= \right] \frac{\text{gal. imp. concentré / h}}{\text{lb bois sec éq / h}}$$

R = _____ gal. imp. concentré / lb bois sec éq

3. Calcul de l'efficacité énergétique instantanée brute à l'aide du Tableau 7 :

- Repérez la valeur calculée de R;
- Repérez la colonne correspondant à la température du concentré 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 avec du concentré.

Efficacité énergétique instantanée du système d'évaporation avec du concentré = _____ %

Tableau 6a : Efficacité énergétique instantanée avec du concentré à 8 °Brix des systèmes d'évaporation fonctionnant au bois.

Consomation de bois exprimée en livre de bois sec équivalent /heure										(A)
Performances de l'évaporateur avec du concentré de sève										
Température du concentré à l'entrée de la casserole d'évaporation (°C ou °F)										(B)
Teneur en solides solubles totaux du concentré de sève (°Brix)										8 (C)
Poids spécifique du concentré de sève (-)										1,0318 (D)
Taux de traitement du concentré (gal. imp. /heure)										(E)
Rapport (R) : Taux de traitement de concentré par livre de bois sec équivalent (E) / (A)										(F)
Efficacité instantanée de l'évaporateur avec un concentré de sève										
Rapport (R)	Température du concentré à l'entrée									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	°C
	50	68	86	104	122	140	158	176	194	°F
0,025	2,98%	2,93%	2,89%	2,84%	2,79%	2,74%	2,70%	2,65%	2,60%	
0,05	5,96%	5,87%	5,77%	5,68%	5,58%	5,49%	5,39%	5,30%	5,20%	
0,075	8,94%	8,80%	8,66%	8,51%	8,37%	8,23%	8,09%	7,95%	7,80%	
0,1	11,92%	11,73%	11,54%	11,35%	11,16%	10,97%	10,78%	10,59%	10,40%	
0,125	14,90%	14,66%	14,43%	14,19%	13,95%	13,72%	13,48%	13,24%	13,00%	
0,15	17,88%	17,60%	17,31%	17,03%	16,74%	16,46%	16,17%	15,89%	15,61%	
0,175	20,86%	20,53%	20,20%	19,87%	19,53%	19,20%	18,87%	18,54%	18,21%	
0,2	23,84%	23,46%	23,08%	22,70%	22,32%	21,94%	21,57%	21,19%	20,81%	
0,225	26,82%	26,39%	25,97%	25,54%	25,11%	24,69%	24,26%	23,84%	23,41%	
0,25	29,80%	29,33%	28,85%	28,38%	27,90%	27,43%	26,96%	26,48%	26,01%	
0,275	32,78%	32,26%	31,74%	31,22%	30,70%	30,17%	29,65%	29,13%	28,61%	
0,3	35,76%	35,19%	34,62%	34,05%	33,49%	32,92%	32,35%	31,78%	31,21%	
0,325	38,74%	38,12%	37,51%	36,89%	36,28%	35,66%	35,04%	34,43%	33,81%	
0,35	41,72%	41,06%	40,39%	39,73%	39,07%	38,40%	37,74%	37,08%	36,41%	
0,375	44,70%	43,99%	43,28%	42,57%	41,86%	41,15%	40,44%	39,73%	39,01%	
0,4	47,68%	46,92%	46,16%	45,41%	44,65%	43,89%	43,13%	42,37%	41,62%	
0,425	50,66%	49,86%	49,05%	48,24%	47,44%	46,63%	45,83%	45,02%	44,22%	
0,45	53,64%	52,79%	51,93%	51,08%	50,23%	49,38%	48,52%	47,67%	46,82%	
0,475	56,62%	55,72%	54,82%	53,92%	53,02%	52,12%	51,22%	50,32%	49,42%	
0,5	59,60%	58,65%	57,71%	56,76%	55,81%	54,86%	53,91%	52,97%	52,02%	
0,525	62,58%	61,59%	60,59%	59,60%	58,60%	57,61%	56,61%	55,62%	54,62%	
0,55	65,56%	64,52%	63,48%	62,43%	61,39%	60,35%	59,31%	58,26%	57,22%	
0,575	68,54%	67,45%	66,36%	65,27%	64,18%	63,09%	62,00%	60,91%	59,82%	
0,6	71,52%	70,38%	69,25%	68,11%	66,97%	65,83%	64,70%	63,56%	62,42%	
0,625	74,50%	73,32%	72,13%	70,95%	69,76%	68,58%	67,39%	66,21%	65,02%	
0,65	77,48%	76,25%	75,02%	73,78%	72,55%	71,32%	70,09%	68,86%	67,62%	
0,675	80,46%	79,18%	77,90%	76,62%	75,34%	74,06%	72,78%	71,51%	70,23%	
0,7		82,11%	80,79%	79,46%	78,13%	76,81%	75,48%	74,15%	72,83%	
0,725				82,30%	80,92%	79,55%	78,18%	76,80%	75,43%	
0,75					83,71%	82,29%	80,87%	79,45%	78,03%	
0,775						85,04%	83,57%	82,10%	80,63%	
0,8								84,75%	83,23%	
0,825									85,83%	
0,85									88,43%	

Tableau 6b : Efficacité énergétique instantanée avec du concentré à 12 °Brix des systèmes d'évaporation fonctionnant au bois.

Consomation de bois exprimée en livre de bois sec équivalent /heure										(A)
Performances de l'évaporateur avec du concentré de sève										
Température du concentré à l'entrée de la casserole d'évaporation (°C ou °F)										(B)
Teneur en solides solubles totaux du concentré de sève (°Brix)										12 (C)
Poids spécifique du concentré de sève (-)										1,0483 (D)
Taux de traitement du concentré (gal. imp. /heure)										(E)
Rapport (R) : Taux de traitement de concentré par livre de bois sec équivalent (E) / (A)										(F)
Efficacité instantanée de l'évaporateur avec un concentré de sève										
Rapport (R)	Température du concentré à l'entrée									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	°C
	50	68	86	104	122	140	158	176	194	°F
0,025	2,82%	2,77%	2,73%	2,68%	2,64%	2,59%	2,55%	2,50%	2,46%	
0,05	5,63%	5,54%	5,46%	5,37%	5,28%	5,19%	5,10%	5,01%	4,92%	
0,075	8,45%	8,32%	8,18%	8,05%	7,91%	7,78%	7,65%	7,51%	7,38%	
0,1	11,27%	11,09%	10,91%	10,73%	10,55%	10,37%	10,19%	10,01%	9,84%	
0,125	14,09%	13,86%	13,64%	13,41%	13,19%	12,97%	12,74%	12,52%	12,29%	
0,15	16,90%	16,63%	16,37%	16,10%	15,83%	15,56%	15,29%	15,02%	14,75%	
0,175	19,72%	19,41%	19,09%	18,78%	18,47%	18,15%	17,84%	17,53%	17,21%	
0,2	22,54%	22,18%	21,82%	21,46%	21,10%	20,75%	20,39%	20,03%	19,67%	
0,225	25,36%	24,95%	24,55%	24,15%	23,74%	23,34%	22,94%	22,53%	22,13%	
0,25	28,17%	27,72%	27,28%	26,83%	26,38%	25,93%	25,48%	25,04%	24,59%	
0,275	30,99%	30,50%	30,00%	29,51%	29,02%	28,53%	28,03%	27,54%	27,05%	
0,3	33,81%	33,27%	32,73%	32,19%	31,66%	31,12%	30,58%	30,04%	29,51%	
0,325	36,62%	36,04%	35,46%	34,88%	34,29%	33,71%	33,13%	32,55%	31,97%	
0,35	39,44%	38,81%	38,19%	37,56%	36,93%	36,31%	35,68%	35,05%	34,42%	
0,375	42,26%	41,59%	40,92%	40,24%	39,57%	38,90%	38,23%	37,56%	36,88%	
0,4	45,08%	44,36%	43,64%	42,93%	42,21%	41,49%	40,78%	40,06%	39,34%	
0,425	47,89%	47,13%	46,37%	45,61%	44,85%	44,09%	43,32%	42,56%	41,80%	
0,45	50,71%	49,90%	49,10%	48,29%	47,49%	46,68%	45,87%	45,07%	44,26%	
0,475	53,53%	52,68%	51,83%	50,97%	50,12%	49,27%	48,42%	47,57%	46,72%	
0,5	56,35%	55,45%	54,55%	53,66%	52,76%	51,87%	50,97%	50,07%	49,18%	
0,525	59,16%	58,22%	57,28%	56,34%	55,40%	54,46%	53,52%	52,58%	51,64%	
0,55	61,98%	60,99%	60,01%	59,02%	58,04%	57,05%	56,07%	55,08%	54,10%	
0,575	64,80%	63,77%	62,74%	61,71%	60,68%	59,65%	58,61%	57,58%	56,55%	
0,6	67,61%	66,54%	65,46%	64,39%	63,31%	62,24%	61,16%	60,09%	59,01%	
0,625	70,43%	69,31%	68,19%	67,07%	65,95%	64,83%	63,71%	62,59%	61,47%	
0,65	73,25%	72,08%	70,92%	69,75%	68,59%	67,43%	66,26%	65,10%	63,93%	
0,675	76,07%	74,86%	73,65%	72,44%	71,23%	70,02%	68,81%	67,60%	66,39%	
0,7		77,63%	76,37%	75,12%	73,87%	72,61%	71,36%	70,10%	68,85%	
0,725				77,80%	76,50%	75,20%	73,91%	72,61%	71,31%	
0,75					79,14%	77,80%	76,45%	75,11%	73,77%	
0,775						80,39%	79,00%	77,61%	76,23%	
0,8								80,12%	78,68%	
0,825									81,14%	
0,85									83,60%	

Tableau 6c : Efficacité énergétique instantanée avec du concentré à 16 °Brix des systèmes d'évaporation fonctionnant au bois.

Consomation de bois exprimée en livre de bois sec équivalent /heure										(A)
Performances de l'évaporateur avec du concentré de sève										
Température du concentré à l'entrée de la casserole d'évaporation (°C ou °F)										(B)
Teneur en solides solubles totaux du concentré de sève (°Brix)										16 (C)
Poids spécifique du concentré de sève (-)										1,0654 (D)
Taux de traitement du concentré (gal. imp. /heure)										(E)
Rapport (R) : Taux de traitement de concentré par livre de bois sec équivalent (E) / (A)										(F)
Efficacité instantanée de l'évaporateur avec un concentré de sève										
Rapport (R)	Température du concentré à l'entrée									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	°C
	50	68	86	104	122	140	158	176	194	°F
0,025	2,65%	2,61%	2,56%	2,52%	2,48%	2,44%	2,40%	2,35%	2,31%	
0,05	5,30%	5,21%	5,13%	5,05%	4,96%	4,88%	4,79%	4,71%	4,62%	
0,075	7,95%	7,82%	7,69%	7,57%	7,44%	7,32%	7,19%	7,06%	6,94%	
0,1	10,60%	10,43%	10,26%	10,09%	9,92%	9,75%	9,59%	9,42%	9,25%	
0,125	13,25%	13,04%	12,82%	12,61%	12,40%	12,19%	11,98%	11,77%	11,56%	
0,15	15,89%	15,64%	15,39%	15,14%	14,88%	14,63%	14,38%	14,13%	13,87%	
0,175	18,54%	18,25%	17,95%	17,66%	17,36%	17,07%	16,77%	16,48%	16,19%	
0,2	21,19%	20,86%	20,52%	20,18%	19,85%	19,51%	19,17%	18,83%	18,50%	
0,225	23,84%	23,46%	23,08%	22,71%	22,33%	21,95%	21,57%	21,19%	20,81%	
0,25	26,49%	26,07%	25,65%	25,23%	24,81%	24,39%	23,96%	23,54%	23,12%	
0,275	29,14%	28,68%	28,21%	27,75%	27,29%	26,82%	26,36%	25,90%	25,43%	
0,3	31,79%	31,28%	30,78%	30,27%	29,77%	29,26%	28,76%	28,25%	27,75%	
0,325	34,44%	33,89%	33,34%	32,80%	32,25%	31,70%	31,15%	30,61%	30,06%	
0,35	37,09%	36,50%	35,91%	35,32%	34,73%	34,14%	33,55%	32,96%	32,37%	
0,375	39,74%	39,11%	38,47%	37,84%	37,21%	36,58%	35,95%	35,31%	34,68%	
0,4	42,39%	41,71%	41,04%	40,36%	39,69%	39,02%	38,34%	37,67%	36,99%	
0,425	45,04%	44,32%	43,60%	42,89%	42,17%	41,46%	40,74%	40,02%	39,31%	
0,45	47,68%	46,93%	46,17%	45,41%	44,65%	43,89%	43,14%	42,38%	41,62%	
0,475	50,33%	49,53%	48,73%	47,93%	47,13%	46,33%	45,53%	44,73%	43,93%	
0,5	52,98%	52,14%	51,30%	50,46%	49,61%	48,77%	47,93%	47,09%	46,24%	
0,525	55,63%	54,75%	53,86%	52,98%	52,09%	51,21%	50,32%	49,44%	48,56%	
0,55	58,28%	57,35%	56,43%	55,50%	54,57%	53,65%	52,72%	51,79%	50,87%	
0,575	60,93%	59,96%	58,99%	58,02%	57,06%	56,09%	55,12%	54,15%	53,18%	
0,6	63,58%	62,57%	61,56%	60,55%	59,54%	58,52%	57,51%	56,50%	55,49%	
0,625	66,23%	65,18%	64,12%	63,07%	62,02%	60,96%	59,91%	58,86%	57,80%	
0,65	68,88%	67,78%	66,69%	65,59%	64,50%	63,40%	62,31%	61,21%	60,12%	
0,675	71,53%	70,39%	69,25%	68,12%	66,98%	65,84%	64,70%	63,57%	62,43%	
0,7		73,00%	71,82%	70,64%	69,46%	68,28%	67,10%	65,92%	64,74%	
0,725				73,16%	71,94%	70,72%	69,50%	68,27%	67,05%	
0,75					74,42%	73,16%	71,89%	70,63%	69,36%	
0,775						75,59%	74,29%	72,98%	71,68%	
0,8								75,34%	73,99%	
0,825									76,30%	
0,85									78,61%	

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 concentré de sève afin de poser un diagnostic de sa performance énergétique. Les paramètres d'intérêt sont énumérés ci-dessous.

ÉVAPORATION
1. Taux d'évaporation (eau potable) avec hotte, avec et sans préchauffeur ; 2. Taux de traitement (concentré de sève) avec hotte, avec et sans préchauffeur ; 3. Température atteinte par le préchauffeur ; 4. Consommation de bois.
COMBUSTION
1. Température des gaz de cheminée; 2. Teneur en CO₂ et O₂ dans le gaz de cheminée; 3. Test de fumée; 4. Efficacité de la combustion.
EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE
1. Efficacité énergétique instantanée (eau potable ou concentré sève) avec hotte; 2. Efficacité énergétique instantanée (eau potable ou concentré sève) avec préchauffeur.

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 7 : Diagnostic du système d'évaporation.

ÉVAPORATION
COMBUSTION
EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

RÉFÉRENCES

ALLARD G.B. et BELIZLE M. (2004). Cahier de Transfert Technologique en Acériculture. CRAAQ. Québec. Canada. 656 p.

NADEAU R. (2009). Échanges personnels.

OTTO de LORENZI, M.E. (1948). Combustion Engineering: A Reference Book on Fuel Burning and Steam Generation. Combustion Engineering Company Inc. US.

REINEKE, L.H. (1961). Wood Fuel Combustion Practice. USDA. Forest Products Lab. Report No. 1666-18, 9 p.

TAPLIN, H.R. (1991). Combustion Efficiency Tables. The Fairmont Press Inc., USA. 228 p.