

**Présentation offerte dans le cadre des Journées acéricoles 2020
MAPAQ**

Évaporateur d'eau d'érable

**Caractéristiques, opération
et choix selon les préférences,
les coûts d'acquisition et d'opération**

Par :

**Raymond Bernier, ingénieur
Bélanger agro-consultant Inc.**

Gatineau, le 10 janvier 2020

Table des matières

TABLE DES MATIÈRES.....	3
INTRODUCTION.....	4
1. FACTEURS À CONSIDÉRER DANS LE CHOIX D'UN ÉVAPORATEUR.....	4
1.1. Facteurs humains.....	4
1.2. Facteurs de fonctionnalité.....	5
1.3. Facteurs d'entretien.....	14
1.4. Facteurs environnementaux.....	15
1.5. Facteurs financiers.....	15
2. POUR ET CONTRE DES DIFFÉRENTS ÉVAPORATEURS.....	16
2.1. Utilisation des évaporateurs au Québec.....	16
2.1.1. Évaporateur conventionnel au bois.....	18
2.1.2. Évaporateur au bois isolé et ventilé.....	19
2.1.3. Évaporateur au bois de haute performance.....	20
2.1.4. Évaporateur aux granules de bois.....	21
2.1.5. Évaporateur à huile conventionnel.....	22
2.1.6. Évaporateur à huile Haute performance.....	23
2.1.7. Évaporateur électrique.....	24
3. COÛTS D'ACQUISITION ET COÛTS D'OPÉRATION DE DIFFÉRENTS TYPES D'ÉVAPORATEUR.....	25
3.1. Consommation de bois.....	26
3.2. Consommation d'huile.....	28
3.3. Consommation de granules.....	30
3.4. Consommation d'électricité.....	31
3.5. Investissements considérés.....	31
3.6. Coûts de propriété du système d'évaporation (charges fixes).....	32
3.7. Coûts d'utilisation du système d'évaporation (charges variables).....	33
4. COMPARAISON DES ÉVAPORATEURS.....	344
4.1. Évaporateurs pour entreprise acéricole-type de 5 000 entailles.....	344
4.2. Évaporateurs pour entreprise acéricole-type de 10 000 entailles.....	366
4.3. Évaporateurs pour entreprise acéricole-type de 20 000 entailles.....	388
4.4. Évaporateurs pour entreprise acéricole-type de 40 000 entailles.....	40
4.5. Discussion sur les coûts de propriété et les frais variables.....	4141
5. CONCLUSION.....	44
QUELQUES RÉFÉRENCES UTILISÉES.....	45
PERSONNES CONSULTÉES ET/OU COLLABORATEURS.....	47
REMERCIEMENT.....	47
ANNEXE 1 : SIMULATION POUR UNE ÉRABLIÈRE DE 5 000 ENTAILLES.....	48
ANNEXE 2 : SIMULATION POUR UNE ÉRABLIÈRE DE 10 000 ENTAILLES.....	49
ANNEXE 3 : SIMULATION POUR UNE ÉRABLIÈRE DE 20 000 ENTAILLES.....	50
ANNEXE 4 : SIMULATION POUR UNE ÉRABLIÈRE DE 40 000 ENTAILLES.....	51

Introduction

Le choix d'un évaporateur peut se comparer à l'achat d'un véhicule automobile. Chaque personne a ses préférences et ses exigences. Plusieurs facteurs sont à considérer avant de faire un choix éclairé.

Dans un premier temps, nous allons étudier ces facteurs. Par exemple, la variation du coût de l'énergie est certainement un élément qui sera à considérer dans le futur. Ce facteur n'est cependant pas le seul à considérer.

Par la suite, nous comparerons l'effet des coûts d'acquisition et des coûts d'opération sur le choix d'un évaporateur.

1. Facteurs à considérer dans le choix d'un évaporateur

Quand vient le temps de magasiner un évaporateur, l'acéricultrice et l'acériculteur devraient considérer cinq éléments, qui sont autant de facteurs à considérer. Ceux-ci sont les *facteurs humains*, les *facteurs de fonctionnalité*, les *facteurs d'entretien*, les *facteurs de l'environnement* et les *facteurs financiers*.

1.1. Facteurs humains

Ces facteurs sont liés aux personnes travaillant dans l'érablière durant le temps des sucres.

- Disponibilité du sucrier

Chaque personne a ses contraintes de temps. Dans les petites entreprises (ex. : moins de 4000 entailles), les propriétaires doivent accomplir l'ensemble des tâches. Dans ce type d'entreprise, souvent l'acériculture est considérée comme un revenu d'appoint. Le travail régulier sur la ferme ou à l'extérieur de la ferme continue dans le temps des sucres. Les propriétaires doivent aussi surveiller et entretenir le système de collecte tout en produisant du sirop à la cabane. Dans ces conditions, on se doit de limiter le temps d'évaporation journalier moyen à plus ou moins 4 heures avec des pointes de 8 à 10 heures lors de très bonne coulée (coulée de pointe¹). Certains acériculteurs peuvent choisir par exemple de bouillir aux deux jours. Ces contraintes de temps pour évaporer l'eau d'érable contribuent à augmenter la dimension de l'évaporateur nécessaire et les coûts de possession qui s'y rattachent.

Dans les entreprises de plus grande taille, où des employés rémunérés travaillent lors de la saison des sucres et souvent, où une personne désignée opère l'évaporateur, on peut augmenter la période quotidienne d'évaporation. La durée de cette période moyenne peut atteindre 6 à 8 heures avec des pointes de 14 à 16 heures lors de coulée importante.

¹ La plus grosse coulée de l'année.

- Conditions physiques

Dans le cas des évaporateurs au bois, la personne qui place le bois dans l'évaporateur doit pouvoir se pencher, sans problème, jusqu'à des centaines de fois par jour. Dans le cas où il n'est pas possible d'avoir accès à une telle personne sur l'entreprise, il faut regarder pour un autre type d'évaporateur. Enfin, de manière générale, les évaporateurs au bois nécessitent un travail qui demande du temps et une bonne condition physique.

- Apparence des équipements

Pour certaines entreprises où des visiteurs viennent fréquemment observer les équipements, l'apparence extérieure de l'évaporateur peut devenir importante pour les propriétaires. Le choix d'un modèle avec un fini inoxydable pour l'extérieur du foyer (poêle) se prête généralement bien à ce type d'activité. Ce choix facilite également le nettoyage extérieur de l'évaporateur.

1.2. Facteurs de fonctionnalité

Ces facteurs sont liés essentiellement à des composantes de l'entreprise (ex. : équipements) mais également à l'érablière elle-même et à ses caractéristiques. L'objectif est de transformer la récolte quotidienne d'eau d'érable en un sirop savoureux dans la plage de temps d'évaporation disponible au sucrier.

- Rendement de l'érablière

Généralement, le taux de croissance des érables influence le rendement. Une érablière qui a un taux de croissance radiale faible (0,5 mm/an) produira moins qu'une érablière où le taux de croissance est moyen à fort (1,5 mm/an).

Plusieurs facteurs du peuplement influencent le taux de croissance. Le type de sol, l'aménagement, l'âge moyen du peuplement en sont quelques exemples. On peut se référer à la section 4, rubrique 300 du CTTA pour plus d'informations.

Le rendement d'une érablière est variable d'une saison à une autre. Le verglas de 1998 et des expérimentations par la suite nous ont démontré que l'âge de la tubulure, son degré d'assainissement, son étanchéité et le niveau de vide à l'entaille influencent le rendement annuel de la coulée.

Une tubulure récente, étanche, assainie, apporte des conditions pour obtenir le rendement optimal de l'érablière. La qualité de l'entaille et son positionnement sur le pourtour de l'arbre détermine aussi combien celui-ci va produire. Le trou doit être parfaitement rond pour épouser de façon étanche la surface du chalumeau. Le trou se positionne à un endroit où les chances de frapper la zone de compartimentation des anciennes entailles sont nulles.

L'historique de production annuelle de sirop est un indicateur. Cependant, l'amélioration de la qualité et de la gestion du système de collecte augmentera le niveau de production. Dans mon travail de conseiller acéricole, j'ai été témoin d'entreprise qui ont doublé et même triplé le rendement à l'entaille simplement en changeant leur système de tubulure et en ayant de meilleure pratique d'entaillage.

Dans les simulations (en Annexe dans ce document), nous avons choisi un rendement de 4 livres par entaille. Nous avons par la suite, calculé un rendement quotidien de sirop en divisant celui-ci par 21 jours de coulée. Ce rendement quotidien moyen correspond à environ 50 % de la coulée de pointe.

- Niveau de concentration

Le tableau suivant présente le degré °brix de concentration des entreprises selon la fiche d'enregistrement des entreprises acéricoles de la PPAQ en 2019. Il est mentionné que 17 % des entreprises acéricoles ayant rempli la fiche ne font pas de séparation membranaire (cependant, certaines entreprises ne répondent pas à toutes les questions de la fiche).

Tableau 1 : Niveaux de concentration membranaire des entreprises acéricoles possédant un contingent en 2019.

Brix de concentration	Entreprises avec contingent			Entailles sous contingent			Taille moyenne
	Nombre*	% total*	% osmose	Nombre*	% total*	% osmose	
Eau d'érable	1 106	17.0		2 428 553	5.1		2195**
4 @6 brix	119	1.83	2.2	233 406	0.5	0.5	2085
6 @ 8 brix	594	9.13	11	1 500 627	3.2	3.5	2 681
8 @ 10 Brix	1 253	19.26	23.2	4 519 009	9.7	10.5	3 828
10 @ 14 brix	1 729	26.56	32	12 383 190	26.4	26.4	7 605
14 @ 16 Brix	832	12.78	15.4	9 178 510	19.6	21.4	11 713
16 @ 18 Brix	357	5.48	6.6	5 200 756	11.1	12.0	15 486
18 @ 22 Brix	427	6.56	7.9	9 178 535	19.6	20.8	22 833
22 @ 26 Brix	38	0.58	0.7	913 840	2.0	2.1	25 656
26 @ 30 Brix	11	0.17	0.2	214 548	0.5	1.3	21 082
30 et plus	43	0.66	0.8	1 028 025	2.2	1.6	25 254
Total sondage*	6 508	100	100	46 779 000	100	100	7 240

*Estimation par sondage. Les données sont basées sur la proportion des entreprises ayant répondu aux deux questions :

Avez-vous une osmose inverse? À quel niveau de °Brix concentrez-vous?

** Ce nombre est dérivé d'un calcul (ces données sont fort possiblement plus petites).

Le tableau 1 démontre qu'en 2018-2019, la majorité des entreprises utilisent la séparation membranaire et que (71 %) de celles-ci concentrent la sève à un taux variant entre 8 et 16 °Brix sur la majorité des entailles (58 %).

Les entreprises de 5 000 entailles et moins concentrent rarement au-dessus de 12 °brix. C'est ce niveau de concentration qui a été choisi pour modéliser les coûts d'acquisition et d'opération d'un évaporateur pour une entreprise-type de 5 000 entailles (Voir Annexe 1). Pour les entreprises de 10 000 entailles et plus, le niveau de concentration utilisé pour modéliser les coûts d'acquisition et d'opération d'un évaporateur est de 16° brix. À 16° brix, la pression de fonctionnement du concentrateur est de l'ordre de 500 psi.

Attention, ce niveau de pression dépasse la pression maximale recommandée de certaines membranes. Il est important pour l'intégrité du sirop de vérifier la pression maximale du type de membrane que vous utilisez. Le tableau 2 présente les limites de pression d'opération de certaines membranes utilisées en acériculture. Une membrane opérant au-delà de sa limite de pression maximale risque de se détériorer rapidement et risque aussi de faire perdre une partie non négligeable des éléments composant l'eau d'érable.

Tableau 2 : Limites des conditions d'opération pour les membranes utilisées couramment en acériculture.*

Membrane	Température d'opération maximale (°C)	Pression d'opération maximale (psi)
BW 30 (Filmtec)	45	600
Maple 8040 (Osmonics)	50	600
NF 70 (Filmtec)	35	250
NF 270 (Filmtec)	45	600
NF 90 (Filmtec)	45	600
XLE 440 (Filmtec)	45	600
Maple sap Mark E8 (Filmtec)	45	600
PVD 1 (Hydranautics)	40	400
TFC S8" (Koch)	45	350

* Source : Centre Acer, La séparation membranaire.

Aussi, dans les chiffriers permettant d'estimer les coûts d'acquisition et d'opération des évaporateurs, la dimension calculée des évaporateurs est basée sur ces deux niveaux de concentration de la sève (12° et 16°). En début de saison, on entend souvent les entreprises acéricoles dire que l'eau d'érable est difficile à passer dans l'osmose. Une des causes de ce phénomène est simplement que l'eau est froide et est, par conséquent, plus visqueuse. L'eau froide est plus difficile à faire passer à travers la membrane. De plus en début de saison souvent la concentration en sucre dans l'eau est basse. Il faut donc traiter plus d'eau pour obtenir la concentration désirée.

Dans le choix de taille d'un évaporateur, la capacité du système de séparation membranaire doit être suffisante pour atteindre en tout temps ces niveaux de concentration même en période où l'eau d'érable est très froide. Par exemple, en utilisant une membrane propre de 600 gallons us/h à 20 °C pour 8° brix, celle-ci risque de traiter seulement 200 gal imp/h à 4 °C à 16° brix en fin de journée en début de saison. La température de l'eau d'érable (1.4 facteur température), la performance annoncée en gallons us (1.2 gallon us/gallon imp.) et le °brix de concentration plus élevé que 8 °brix (1.4 à 1.5 facteur pour une concentration à 16 °brix et le colmatage partiel), expliquent cette différence de performance réelle.

Il est possible de concentrer à des niveaux plus élevés en utilisant le type de membrane appropriée selon les pressions exigées. Les caissons de membrane doivent aussi être conçus

pour résister à la pression demandée en particulier au niveau des joints toriques (O ring) à chaque bout des membranes.

- Durée de la période d'évaporation

Notre objectif est de concentrer et d'évaporer l'eau d'érable pendant la période de disponibilité du sucrier. Comme vu précédemment, pour les petites entreprises, cette période moyenne est de l'ordre de 4 à 5 heures par jour de coulée. Cette durée d'évaporation peut être considérée comme une période d'évaporation minimale pour l'efficacité des évaporateurs (démarrage, opération, arrêt). Avec des durées moyennes d'évaporation de moins de 4-5 heures, on augmente la consommation de combustible de 8 % à 12 % sur une base annuelle. Le sirop risque également d'être plus foncé; d'où l'importance de choisir une taille d'évaporateur qui va opérer plus de 4 heures par jour en moyenne. (Cahier de transfert technologique en acériculture ou CTTA section 7, rubrique 600).

Avec une moyenne de 4 heures par jour d'évaporation, les petites coulées de moins de 1,5 à 2 litres par jour par entaille devront attendre le lendemain pour être transformées en sirop, excepté si la météo du lendemain n'est pas propice à la coulée.

Pour les entreprises avec plus de 10 000 entailles, la période moyenne d'évaporation est normalement supérieure à 5 heures. Pour ce type d'entreprise, une coulée de 1 à 1,5 litres/jour/entaille vaut la peine d'être transformée. Cette période plus longue d'évaporation, combinée à une concentration °brix plus élevée fait souvent en sorte que l'évaporateur de l'érablière de 10 000 entailles a pratiquement la même taille que celui de l'érablière de 5 000 entailles.

Selon les calculs, l'érablière de 5 000 entailles devrait traiter sa coulée de pointe en moins de 12 heures avec les changements de panne. Tandis que pour l'érablière de 10 000 entailles, l'évaporation devrait se faire en 14 heures avec les changements de panne.

De plus avec des périodes d'évaporation trop courte, moins de 3 heures, vous risquez d'obtenir du sirop de moindre qualité due à une plus grande proportion de sirop produit en période de démarrage et d'arrêt.

- Autres ajustements

L'évaporateur nécessite des ajustements réguliers afin de maximiser son efficacité et sa performance comme par exemple le contrôle de la tire du feu, la distribution de la chaleur sous les pannes et l'épaisseur d'eau dans les pannes.

Ces éléments déterminent comment vous cuisez vos molécules de sucre et la quantité d'empierrement qui se forme à la surface de vos pannes. L'objectif visé est de produire des bouillons d'évaporation qui « ne sautent pas ». C'est comme quand on fait cuire une sauce à spaghetti, si les bouillons sautent hors du chaudron, vous êtes dans « le trouble » ; votre sauce goûtera le brûlé et le chaudron ne sera pas facile à nettoyer par la suite.

Dans vos pannes c'est le même phénomène qui se produit. Quand les bulles d'évaporation explosent, le métal vis-à-vis cette bulle devient à nu et en augmente la température. Par la suite, l'eau qui recouvre cette surface dénudée reçoit une trop grande quantité de chaleur.

Il y a formation d'empierrement et caramélisation excessive des sucres. Le sirop risque alors de goûter le caramel ou la tire Ste-Catherine. De plus, le nettoyage des pannes sera plus fréquent et plus difficile.

Lorsque l'eau saute dans vos pannes, c'est de l'énergie perdue. Cette énergie serait plus efficace si elle servait seulement à l'évaporation au lieu de servir au sautage et à l'empierrement des pannes.

C'est de là que vient l'importance d'ajuster votre évaporateur selon le plan de bouillage recommandé pour produire un sirop savoureux et obtenir plus de sirop pour l'énergie utilisée. Le contrôle de la tire du feu dirige l'énergie sous vos pannes au lieu de se perdre dans la cheminée. L'objectif est de permettre l'évaporation sur toute la surface des pannes sans que l'eau et le réduct sautent ou dansent dans les pannes.

Pour les évaporateurs à l'huile, la tire est réglée par le contrôle barométrique (*draft control*) placé sur la cheminée. La puissance des brûleurs à l'huile doit être calibrée en fonction des surfaces d'évaporation. La quantité d'air admise dans les brûleurs s'ajuste en fonction de la pression de l'huile et selon des buses utilisées. L'orientation du jet de flamme s'ajuste également. Ces ajustements doivent cependant être exécutés par un technicien qualifié.

Dans les évaporateurs au bois de type conventionnel, la tire se contrôle par la trappe située sous les portes. Pour une meilleure performance, on devrait faire les chauffe en alternant (3 à 5 minutes entre l'ouverture de la prochaine porte) une porte à la fois en laissant un espace de 15 à 20 cm libre au-dessus des bûches. Ceci donne l'espace nécessaire pour que les flammes apparaissent rapidement et uniformément sous les pannes. Ainsi, le temps d'ouverture de la porte est minimisé et les pertes de chaleur aussi. L'évaporation n'a pas le temps de ralentir ou ralentit peu. Certaines entreprises arrivent même à couler du sirop en continu avec ce type d'évaporateur.

Pour les évaporateurs avec soufflerie (ex. : éconobois), l'air soufflé doit servir uniquement à distribuer la chaleur sous toute la surface des pannes. Souvent, en diminuant le débit d'air de la soufflerie, on améliore la performance de l'évaporateur. On obtient plus de gallons de sirop par heure. Il y a moins de chaleur perdue dans la cheminée et plus d'énergie pour l'évaporation. Lors de la chauffe on doit laisser un espace vide entre le dessus du bois et le dessous des pannes à fond plat. Il faut un minimum de 20 centimètres pour que la flamme se développe rapidement sous les pannes.

Les évaporateurs au bois de haute performance (ou de nouvelle génération) ont l'avantage de moduler l'apport d'air avec la consommation du bois. Ainsi, l'énergie sous les pannes reste constante. Encore ici, souvent en baissant le débit d'air la performance de l'évaporateur peut s'améliorer.

Certaines compagnies recommandent d'emplier le foyer seulement avec deux rangées de morceaux de bois. Dans tous les cas, il n'est pas efficace de remplir complètement le foyer de bois. On doit laisser un espace pour le développement rapide de la flamme sous les pannes. On recommande de ne jamais dépasser le 2/3 de la hauteur du foyer.

- **Profil du foyer**

Pour le profil du foyer sous la panne à plis, je vous recommande de consulter la conférence de Donald Lemelin et de Raymond Nadeau, portant sur le diagnostic des évaporateurs

présentée en janvier 2014 ; (voir <https://www.agrireseau.net/erable/documents/87322/>) particulièrement les pages qui traitent de l'ajustement du foyer sous la panne à plis. La forme de ce profil doit être ajustée avec le °brix d'entrée de la solution dans la panne à plis. Avec un profil de foyer optimum, certaines entreprises améliorent l'efficacité énergétique de l'évaporateur de 12 % à 15 %. En faisant passer l'efficacité de 60 % à 75 % vous économiserez 25 % en combustible. (15 % sur 60 %= 25 %)

- **Prévision de développement futur**

Les dimensions de l'évaporateur choisi devraient tenir compte des agrandissements prévisibles de l'érablière au cours des 5 prochaines années. L'importance du travail d'installation et de mise en marche d'un évaporateur exige qu'on n'ait pas à le changer au bout de 2 ou 3 années. En réduisant la période moyenne d'évaporation (4 heures au lieu de 6 heures) pour les premières années et en augmentant ce temps d'évaporation et le °brix de concentration (passer de 10°brix à 16°brix) par la suite, il est souvent possible de doubler le nombre d'entailles sans changer d'évaporateur.

- **Pierre de sucre et le °brix plis-plat**

La rache se forme dans la solution dès que l'on fait bouillir la solution. La rache est formée par la cristallisation de certains éléments qui se combinent pour former un sel dans la solution. L'acide malique, la silice, le calcium, le magnésium, des molécules de sucre et d'autres éléments se combinent pour former un sel en suspension dans la solution. Ces éléments perdent de la solubilité à mesure que la température augmente. La formation de ces sels s'accélère avec l'augmentation de la concentration en sucre. La pierre de sucre est généralement composée à 68 % de sucre. En ayant des conditions d'évaporation optimales, on peut réduire le volume de pierre de sucre et de rache formée et diminuer d'autant la perte de sirop.

Ces sels auront une tendance plus forte à se déposer au fond et sur les parois des pannes si la vitesse de circulation de la solution dans les sections de pannes est réduite. C'est ce qui forme la pierre de sucre. Cette sédimentation de la rache peut être diminuée en contrôlant les points chauds dans l'évaporateur, en trouvant le moyen de faire des petites coulées de sirop rapprochées dans le temps et en tendant même vers la coulée continue du sirop. Ainsi, le mouvement constant de la solution dans les pannes diminue la sédimentation des sels et la formation de pierre de sucre.

Les points chauds de l'évaporateur généreront également plus de pierres de sucre. Lorsque l'épaisseur de pierre de sucre devient importante, l'efficacité du transfert de chaleur est réduite. La pierre de sucre est de 10 à 20 fois moins conductrice de chaleur que l'acier inoxydable. Lorsque l'épaisseur de cette pierre devient importante, il y a risque de déformation du métal qui n'est pas assez refroidi par la solution. La pierre de sucre agit comme un isolant qui empêche l'eau de refroidir le métal.

Si la pierre de sucre apparaît d'une manière importante dans les plis de la panne à plis, il y a risque que le métal de cette dernière devienne si mou qu'elle s'effondre dans le foyer. Ceci a plus de chance d'arriver aux entreprises qui concentrent à plus de 14 °brix et qui possèdent un évaporateur qui n'a pas suffisamment de surface à fond plat par exemple.

Lors du redémarrage de l'évaporateur, si vos pannes n'ont pas été dépierrées, l'élongation thermique de la pierre est plus basse que celle de l'acier inoxydable. Cette différence d'expansion thermique fait que la pierre de sucre se détache parfois en galettes de l'acier. Ces morceaux de pierre sont assez volumineux qu'ils vont bloquer les conduits la boîte à flotte de transfert et même la sortie du sirop. Pour éviter ce phénomène lors du démarrage, le réchauffement rapide des pannes est à éviter afin que le métal se réchauffe progressivement

- **Brix de transfert plis-plat**

Le °brix de transfert plis-pat est le taux de concentration lorsque le réduct passe des pannes à plis aux pannes à fond plat. L'importance de connaître cette mesure vient du changement rapide de la viscosité du concentré lorsqu'on dépasse 37-38 °brix. À ce niveau et plus, la viscosité de la solution augmente rapidement et celle-ci circule moins bien.

On peut comparer cela à une rivière quand l'eau se déplace rapidement, les sédiments se déplacent aussi. Quand l'eau diminue de vitesse, les sédiments s'accumulent au fond. Avec le chauffage de la solution, le malate de calcium associé au sucre forme des cristaux de pierres de sucre. Si dans les plis, la solution devient trop visqueuse pour que cette dernière ait une certaine vitesse, les cristaux se sédimentent dans les plis. La pierre de sucre est un mauvais conducteur de chaleur. La seule chose qui empêche le métal des pannes de fondre, c'est l'eau à l'intérieur des plis. Si on remplace l'eau dans les plis par de la pierre de sucre et/ou par une pâte de pierre de sucre, la panne peut éventuellement s'effondrer dans le foyer. C'est comme si on mettait une pierre dans un chaudron et qu'on plaçait ce chaudron sur le rond du poêle au chauffage maximum. Le métal va se déformer et le chaudron pourra être inutilisable. Avant cette catastrophe, d'autres phénomènes indésirables se produisent. Nous y reviendrons dans une autre section. De là, l'importance de contrôler le degré brix de transfert pour le maintenir sous 38° brix.

- **Rapport plis-plat.**

Afin de maintenir le °brix de transfert sous 38° brix, l'évaporateur doit avoir un minimum de panne à fond plat. Pour un °brix de concentré à 12°brix entrant dans la panne à plis, un minimum de 35 % de fond plat est souhaitable. Par exemple, un évaporateur de 14 pieds de long devrait avoir un minimum de 5 pieds de pannes à fond plat pour bien fonctionner. Cette proportion (35 %) devrait être augmentée si les plis sont plus profonds et plus rapprochés.

Pour un concentré à 16°brix, un minimum de 40 % de surface de pannes à fond plat est préférable. En bas de ces ratios, vous risquez l'empierrement excessif de vos pannes à plis et vous aurez aussi des problèmes de balancement de l'énergie sous les pannes. Un évaporateur de 16 pieds de long devrait avoir un minimum de 6 pieds de pannes à fond plat et idéalement 8 pieds plis et 8 pieds de panne à fond plat seraient mieux. Cela coûterait moins cher en panne à plis et pourrait même produire plus de sirop avec un évaporateur bien balancé.

Enfin, une plus grande surface à fond plat contribue assurément au développement de la saveur du sirop.

- Largeur et profondeur des plis

En augmentant le nombre de plis et la profondeur de ces derniers, vous pourriez jusqu'à doubler la surface de métal en contact avec la solution de la panne à plis et doubler également le taux d'évaporation de la panne à plis. Cependant, vous aurez besoin d'une plus grande surface de plat pour finir le sirop sans dépasser le 38° brix dans le transfert.

Un pli plus large et moins profond est plus facile à nettoyer. De plus, si les plis sont étroits, la friction de la solution sur les parois rapprochées réduira la vitesse de circulation de la solution dans les plis. Par conséquent, l'empierrement des plis risque d'être accéléré.

Pour des érablières sans concentrateur, avec de l'eau d'érable pure, les plis étroits et profonds peuvent se gérer plus facilement. Avec du concentré à 12° brix et plus, il y a plus de risques pour l'empierrement et c'est plus difficile à nettoyer. Il faut augmenter la proportion de surface de panne à fond plat et, éviter d'avoir à augmenter l'intensité de feu excessivement sous les pannes à fond plat pour réussir à sortir le sirop.

Dans tous les cas, une simulation de calcul devrait être faite pour s'assurer que les plis choisis vont répondre au besoin d'évaporation sans dépasser le niveau de concentration de 38° brix dans la boîte à flotte de transfert.

- Épaisseur de bouillage

Lorsqu'il n'y a pas de concentration de l'eau d'érable avant bouillage, on peut se permettre de bouillir relativement mince (1½ po). Cette épaisseur fonctionne assez bien jusqu'à 8-10° brix du concentré à l'entrée. Avec des concentrations de 12 °brix à l'entrée, bouillir à 2 pouces d'épais est plus fonctionnel.

Au-delà de 15° brix à l'entrée, on recommande 2 pouces sur les plis et 3 pouces sur les pannes à fond plat. Ainsi, on se donne une sécurité contre le brûlage des pannes lors des coulées de sirop et de l'appel de liquide par les flottes. De plus, cette méthode de bouillage aide au développement de la saveur du sirop en augmentant le temps de séjour de la solution.

Si votre °brix d'entrée dans l'évaporateur est plus de 15°brix, en début de journée, il est préférable de commencer à bouillir plus mince. On recommande 2 pouces en début de journée pour accélérer les premières coulées. Après la première coulée de sirop, on augmente progressivement l'épaisseur pour atteindre 3 pouces dans les pannes à fond plat.

- Le préchauffeur

Le préchauffeur est un échangeur de chaleur qui réchauffe la solution avant d'entrer dans la panne à plis. Son efficacité peut théoriquement atteindre 15 %. Pour augmenter d'un degré F°, une livre d'eau cela nécessite 1 Btu. Réchauffer l'eau de 32°F à 212° F demande 180 Btu par livre de solution et évaporer une livre d'eau demande 970 Btu lorsqu'elle a atteint le point d'ébullition.

Théoriquement, le réchauffage de l'eau représente : $180\text{Btu} / (180+960) = 180 \div 1140 = 0,158$ ou 15,8 %. Étant donné que l'eau ne devrait pas bouillir dans les serpentins et que l'eau est plus chaude que 32°F ou 0°C à l'entrée de l'évaporateur, en pratique, les échangeurs de chaleur augmentent l'efficacité de l'évaporateur de 6 % à 14 %.

Dans un essai que le MAPAQ a fait avec le Centre ACER en Outaouais, nous avons obtenu 7,7 % d'augmentation d'efficacité avec un préchauffeur. La hotte seule sans préchauffeur augmentait l'efficacité de 3,9 % et l'utilisation du préchauffeur augmentait l'efficacité d'un autre 3,8 %. Ainsi, l'évaporateur ouvert sans hotte évaporait 233 gal imp/h, en utilisant la hotte sur les panes sans brancher le préchauffeur, le taux d'évaporation passait à 242 gal imp/h et, en branchant le préchauffeur, on a obtenu 251 gal imp/h.

Cependant, une attention particulière doit être apportée au drainage, au rinçage et au nettoyage du préchauffeur en fin de journée afin d'éviter que la solution fermente ou développe des micro-organismes indésirables pouvant conduire au sirop filant ou à d'autres défauts de saveur. Dans certaines conditions, ou selon la composition du concentré, il arrive que le préchauffeur augmente l'empierrement de la panne à plis. Dans ces conditions, le sucrier devrait faire passer directement le concentré dans la panne à plis sans utiliser le préchauffeur.

- **Contrôle du gonflement (mousse)**

Le gonflement de la solution (moussage) est généré par l'intensité du feu et la composition de la sève. Un gonflement léger est tolérable et même souhaitable. Quand un évaporateur a une répartition de la chaleur bien balancée et sans point chaud, l'utilisation d'anti-mousse devrait être nécessaire seulement en milieu ou en fin de saison. Si l'anti-mousse est nécessaire toute la saison cela peut signifier qu'il y a trop d'énergie sous les panes, qu'il y a des points chauds et que l'intensité du feu génère un moussage excessif. Le moussage excessif peut se contrôler de deux façons, soit par l'ajustement du chauffage sous les panes ou par l'ajout d'anti-mousse.

Si la solution double de hauteur et risque même de sortir des panes, l'utilisation d'anti-mousse devient nécessaire. Cependant, la quantité utilisée devrait être minimisée afin de préserver l'intégrité du sirop d'érable.

En contrôlant la mousse, on risque moins de brûler les panes et on améliore l'avancement de la solution vers la sortie. L'efficacité énergétique peut même être améliorée.

La boîte à flotte de transfert fonctionne mieux dans du liquide plutôt que de la mousse. La mousse dans la boîte de transfert rend inefficace le transfert des volumes de liquide nécessaire pour remplacer le sirop qui sort et le volume qui s'évapore. Dans ces conditions, il y a risque d'avoir des points chauds et que le réduit commence à brûler le fond des panes à fond plat. Des goûts de caramélisation ou de tire éponge peuvent alors apparaître dans le sirop. Le fond de certaines panes peut même gondoler ou se déformer dû au mauvais transfert de la solution.

Le chauffage trop intense génère une mousse excessive qui réduit l'efficacité de la boîte à flotte de transfert et augmente le risque de brûler la panne à fond plat près de la panne à plis. Ce risque est encore plus grand si le °brix de transfert entre la panne à plis et les panes à fond plat est au-dessus de 38° brix. Dans ce dernier cas, la panne à plis risque l'empierrement et la formation d'une pâte de pierre dans les plis

1.3. Facteurs d'entretien

- Nettoyage des pannes et des échangeurs de chaleur

Lors du choix d'un évaporateur et de ses composantes, la facilité d'entretien des pannes est un critère qui devrait être considéré. Le temps de nettoyage des pannes peut constituer un élément de stress et de fatigue physique additionnel. Les arrêts fréquents, dus au besoin de nettoyage, baissent l'efficacité énergétique globale des équipements en plus d'engendrer du travail additionnel. Ainsi, les évaporateurs munis de composantes facilement nettoyables (notamment les pannes) devraient être privilégiés.

Les échangeurs de chaleur et/ou les préchauffeurs doivent également être conçus pour se nettoyer et se rincer facilement.

- Inverseur de coulées

L'inverseur de coulées permet d'inverser la direction de circulation de la solution dans les pannes à fond plat. En inversant, la circulation de la solution, on fait passer du réduct moins concentré en cristaux en suspension dans la panne à sirop. Le passage de cette solution moins concentré inverse la sédimentation de la pierre de la panne à sirop et prolonge la durée d'évaporation sans avoir à changer les pannes à fond plat.

L'utilisation d'inverseur de coulée permet à plusieurs entreprises d'évaporer toute la journée sans avoir à changer de panne. Cependant, à la fin de la journée, toutes les pannes à fond plat sont à nettoyer. Posséder deux séries complètes de pannes à fond plat devient alors une nécessité.

- Nettoyage de la panne à plis

En fin de journée, il est recommandé de stériliser (bouillage 1 minute) la solution de la panne à plis et en profiter pour nettoyer les résidus d'écume sur les parois. On vidange et on entrepose de la solution concentrée et stérilisée dans des contenants en acier inoxydable. Un trempage au filtrat enlève la pierre de sucre des surfaces et augmente l'efficacité d'évaporation.

En début de journée, le filtrat et les résidus de pierre sont drainés et rincés. Le concentré est remis dans la panne et on est prêt à démarrer. Cette opération est encore plus importante avec une panne munie de plis profonds et étroits.

- Service après-vente

Pour les équipements munis de contrôles électroniques sophistiqués et/ou de moteurs puissants, etc., il faut s'informer de la capacité de l'équipementier à répondre rapidement aux demandes de service dans votre région.

Dans certains cas où l'entreprise est éloignée des services, il est préférable d'avoir un appareil simple à comprendre et à réparer, plutôt qu'un appareil sophistiqué qui demande un technicien spécialisé pour le remettre en marche.

1.4. Facteurs environnementaux

- Bruit

Les composantes de certains types d'évaporateurs peuvent être très bruyantes. Pour garder vos oreilles en bon état, il faut porter des protecteurs d'oreilles ou isoler la source du bruit. Dans ce dernier cas, les entreprises décident de construire des chambres insonorisées pour les ventilateurs ou les compresseurs bruyants. Ceci augmente le coût d'installation de l'évaporateur.

- Poussières

L'utilisation du bois comme combustible peut apporter des poussières dans la salle d'évaporation. L'utilisation d'un chariot sur rail ou sur roue peut réduire ces particules en réduisant notamment le nombre de manipulations qui sont faites dans la salle d'évaporation.

La trémie à granules devrait être placée dans une pièce séparée de la salle d'évaporation. Souvent cela demande un agrandissement de la cabane à sucre, l'installation d'un silo ou l'aménagement d'une salle étanche à la poussière et au bruit. Cette salle devrait avoir des commutateurs électriques anti arc **pour éviter les explosions** causer par la présence de la poussière. La cigarette est également à éviter dans cette salle tout comme dans le reste de la cabane à sucre.

- Réduction des GES (gaz à effet de serre)

Les gaz à effet de serre sont produits par la combustion d'énergie fossile comme l'huile à chauffage, le propane et le gaz naturel. L'utilisation de bois et de granules de bois réduisent la quantité de GES produite par nos érablières car ils sont carbo neutres. Dans ces cas la production de GES provient de la récolte du bois et de son transport vers l'entrepôt. L'utilisation de l'électricité comme source d'énergie est la façon la plus efficace de réduire les GES.

1.5. Facteurs financiers

- Ce facteur d'importance est parfois négligé dans le choix des achats en acériculture alors qu'il devrait être le premier élément étudié afin de mieux connaître, bien comprendre et faire des choix éclairés qui sont structurants pour l'entreprise. L'aide d'un agroéconomiste et/ou de votre conseiller financier est souvent nécessaire pour y voir clair.
- On pourrait aussi parler de risque financier. La capacité de l'entreprise à rembourser ses emprunts sur une période donnée fait partie intégrante de la vitalité d'une entreprise. Selon plusieurs économistes, le montant initial d'investissement pour mettre une entreprise en production détermine ses chances de survie financière.
- Il faut être capable de faire les paiements et ce, même avec des années de faibles productions. L'évaporateur n'est pas le seul élément à considérer, mais son coût d'achat est parmi les investissements les plus importants que l'entreprise aura à faire.

2. Pour et contre des différents évaporateurs

2.1. Utilisation des évaporateurs au Québec

Dans cette section, nous allons voir le pour et le contre de 7 types d'évaporateurs. Le but de ce travail n'est pas de favoriser un type d'évaporateur par rapport aux autres. Ce travail a pour objectif de faire connaître les éléments de fonctionnalité, d'efficacité et de performance pouvant influencer votre choix d'achat.

Le tableau 3 illustre l'utilisation des différents types d'évaporateurs selon la fiche d'enregistrement des entreprises acéricoles à la PPAQ en 2019. D'une façon générale, on constate qu'en 2019, les petites entreprises de moins de 5 000 entailles utilisent davantage l'évaporateur au bois, tandis que les entreprises de plus grandes tailles utilisent généralement l'huile comme combustible. Autour de 9 % des entreprises utilisent les autres technologies comme les granules (2 %), l'électricité (2 %) et des évaporateurs combinés pour (5 %).

Toujours selon les données fournies par la PPAQ, 57 % des entreprises acéricoles utilisent l'évaporateur au bois, ce qui représente 33 % des entailles avec une moyenne de 4 070 entailles par entreprise. Les évaporateurs à l'huile sont utilisés par 33 % des entreprises acéricoles, mais 49 % des entailles au Québec. Dans ce dernier cas, une moyenne de 10 600 entailles par entreprise est notée.

Dans le cas des évaporateurs électriques et des évaporateurs aux granules, chacun de ces types d'évaporateur représentait en 2019, environ 2 % des entreprises et 7% des entailles avec une moyenne de 24 400 entailles par entreprise.

Pour les entreprises utilisant les hauts niveaux de concentration membranaire (ex. : 22°brix et plus), la proportion représentait 1,7 % des entreprises et 4,7 % des entailles avec une moyenne dépassant le 25 000 entailles (voir tableau 1).

Un dernier type d'évaporateur dans le tableau permet de combiner deux intrants énergétiques. Le combiné peut être de 2 types. Cela peut être un évaporateur aux granules qui peut se transformer en évaporateur au bois ou un évaporateur au bois auquel on a ajouté un ou deux brûleurs à l'huile. Ces deux types d'évaporateurs représentaient en 2019, 5 % des entreprises et 5 % des entailles avec une moyenne de 6 957 entailles.

Il y a une logique dans le choix d'un évaporateur chez les entreprises acéricoles. Les petites entreprises ont le temps pour faire leur bois et opérer l'évaporateur au bois dans le temps des sucres. Ce choix est souvent celui qui demande le moins d'investissement entre autres si ce dernier est de type conventionnel.

De manière générale, les plus grandes entreprises en général vont utiliser de l'huile comme intrant énergétique. Ce choix leur donne plus de temps pour faire les autres opérations dans leur entreprise. Les évaporateurs aux granules et à l'électricité sont choisis par les plus grandes entreprises où l'économie en frais d'énergie leur permet de financer des évaporateurs avec des technologies plus avancées.

Tableau 3 : Type d'évaporateur en 2019 (selon la fiche d'enregistrement des PPAQ)

Type évaporateur 2019	Entreprises	Moyenne entailles par entreprise	Entailles
BOIS	57 %	4 072	32 %
COMBINE	5 %	6 957	5 %
ÉLECTRIQUE	2 %	24 342	7 %
GRANULE	2 %	24 496	7 %
HUILE	33 %	10 612	49 %
Total général	100 %	7 246	100 %

*Note : 0.4 % des entreprises utilisent un combustible autre (gaz propane, gaz naturel, etc.)
Données fournies par les PPAQ, Tirées de la **Fiche des entreprises acéricoles 2019***

2.1.1. Évaporateur conventionnel au bois

C'est le plus ancien des modèles. Pourtant en nombre, il est encore le plus utilisé surtout dans les érablières de moins de 5 000 entailles. Sa simplicité et son coût d'achat moindre le rend encore très populaire. Le foyer fonctionne simplement par la tire naturelle de convection. Aucun moteur, ni électricité ne sont requis pour le faire fonctionner. Il n'est pas ou peu isolé et les portes sont minces. Son efficacité peut varier de 35 % à 60 %

Pour

- Le moins dispendieux de tous les modèles
- Simple d'utilisation et facile d'entretien ou de réparation
- Ajustement facile à comprendre
- Combustible provient souvent de la ferme
- Coût de chauffage peu influencé par le cours du pétrole
- L'électricité n'est pas nécessaire pour son fonctionnement
- Peu de gaz à effet de serre (GES)
- Le plus silencieux des évaporateurs
- Fait partie de notre folklore.

Contre

- Demande beaucoup de manipulation de bois
- Chauffe à tous les 3 à 5 minutes
- Moins de temps pour « prendre soin » du sirop
- Exige un entrepôt à bois important
- Demande une personne en forme pour l'opérer (dos)
- Coulée du sirop en continu est difficile
- Peut avoir des points chauds difficiles à corriger
- Le moins efficace au point vue consommation d'énergie
- Peut avoir des problèmes de tire quand le temps est lourd et que le vent n'est pas dans l'orientation du feu
- Beaucoup de perte d'énergie par la cheminée et les portes avant
- Le démarrage et l'arrêt peuvent être parfois longs.

2.1.2. Évaporateur au bois isolé et ventilé

C'est un évaporateur à bois muni d'une soufflerie à vitesse variable. La porte avant et les parois sont isolées. S'il est bien ajusté, il est plus efficace que l'évaporateur au bois conventionnel. 45 % à 65 % plus.

Pour

- Plus d'ajustement possible pour le feu
- Peu de gaz à effet de serre
- Demande moins de bois qu'un évaporateur conventionnel s'il est bien ajusté (10 % à 20 % de moins que conventionnel)
- N'est pas affecté par la direction des vents
- Chauffe moins fréquente que conventionnel
- Peut avoir une cheminée plus courte
- Relativement simple à réparer et à entretenir
- Coulée du sirop en continue peut-être possible
- Pas de dépendance aux prix du pétrole
- Prix du foyer relativement bas mais plus que le conventionnel
- Démarrage relativement rapide du feu.

Contre

- Manipulation du bois
- Entrepôt pour le bois nécessaire
- Demande une personne en bonne forme physique pour l'opérer
- S'il est mal ajusté peut consommer plus de bois qu'un conventionnel. L'énergie va plus vite dans la cheminée si la soufflerie est trop forte
- S'il est mal ajusté, les points chauds peuvent être importants
- Arrêt et démarrage demande du temps.

2.1.3. Évaporateur au bois de haute performance

Ce modèle d'évaporateur est très bien isolé. L'air est préchauffé avant d'être distribué sous le feu, dans le haut des portes, dans les murs de côtés et dans la montée. Plusieurs ajustements de la distribution d'air sont possibles. Des automates sont utilisés pour contrôler l'intensité du feu. Le foyer volumineux contient assez de bois pour durer de 30 à 45 minutes entre les chauffes. L'efficacité peut atteindre 60 % à 75 %.

Pour

- Pas ou très peu de gaz à effet de serre
- Contrôle automatisé de l'intensité du feu
- Le plus efficace et le plus performant des poêles à bois
- Réduction de 25 à 40 % des volumes du bois à produire, à entreposer et à manipuler en comparaison avec un évaporateur conventionnel bien ajusté
- Non dépendant des variations du prix du pétrole
- Beaucoup d'ajustement du feu possible
- Longue période entre les chauffes (30 à 45 minutes)
- Coulée du sirop en continue plus facile
- Démarrage relativement rapide du feu.

Contre

- Dispendieux à l'achat
- Demande un technicien spécialisé pour les réparations de certaines composantes
- Une génératrice est nécessaire en cas de panne de courant
- Les échangeurs de chaleur peuvent être compliqués à nettoyer sur certains modèles
- L'arrêt de l'appareil est long étant donné la masse à refroidir
- Une personne en bonne forme physique est nécessaire pour la chauffe
- Possiblement bruyant si les ventilateurs sont dans la salle de bouillage
- Risque de point chaud sous les pannes si mal ajusté.

2.1.4. Évaporateur aux granules de bois

Ce modèle d'évaporateur est très bien isolé. Certains modèles peuvent aussi utiliser du bois on les appelle hybride. L'air est préchauffé avant d'être distribué sous le feu, dans le haut des portes, dans les murs de côtés et dans la montée. Plusieurs ajustements de la distribution d'air sont possibles. Des automates sont utilisés pour contrôler l'intensité du feu. Ils peuvent être efficaces s'ils sont bien ajustés.

Pour

- Mécanisation de l'alimentation en combustible
- Non dépendance au prix du pétrole
- Pas de bois à produire et à manipuler
- Démarrage relativement rapide
- Ajustement multiple pour l'entrée d'air et sa distribution, pour l'alimentation en granule
- Peut être efficace lorsque bien ajusté
- Le coût des granules est d'environ la moitié de l'équivalent en huile
- La coulée du sirop peut être en continu
- Pas de gaz à effet de serre
- L'entreposage et la manipulation des granules est relativement simple et demande peu d'espace en silo.

Contre

- Dispendieux à l'achat
- Demande plus d'espace qu'un évaporateur conventionnel
- Bruyant si la soufflerie est dans la salle d'évaporation
- Demande une génératrice en cas de panne
- Des points très chauds peuvent se produire si l'ajustement est déficient
- Possibilité de perforation des pannes si les granules sont contaminés par du sel lors du transport en hiver
- Présence de poussière si la trémie n'est pas isolée de la salle d'évaporation
- La vis d'alimentation peut se bloquer par la présence de poussière ou d'humidité dans les granules
- Demande un technicien spécialisé pour les réparations de certaines composantes
- Une pénurie de granule est toujours possible
- L'allumage peut être délicat.

2.1.5. Évaporateur à huile conventionnel

Généralement cet évaporateur est isolé. Un brûleur à huile ou deux pour les plus gros modèles fournit l'énergie d'évaporation. L'efficacité énergétique varie de 60 % à 75 %. De manière générale, les brûleurs ont deux buses à cône fermé. Au démarrage une basse vitesse est utilisée pour réchauffer graduellement les panes avec seulement une buse. Quelques minutes après que le métal des panes soit réchauffé et a pris son expansion, la deuxième vitesse se met en marche avec la deuxième buse.

Pour

- Parmi les moins dispendieux à l'achat
- Technologie simple qu'un technicien local peut généralement réparer
- Approvisionnement en combustible disponible partout
- Coulée de sirop peut être en continue
- Facile à opérer et à entretenir
- Démarrage et arrêt rapide
- Entreposage de combustible dans un espace restreint.

Contre

- Production de gaz à effet de serre
- Dépendance aux variations du prix du pétrole
- Risque environnemental en cas de déversement d'huile
- Assez bruyant
- L'installation de la réserve d'huile doit être faite par une personne certifiée.
- Ne fonctionne pas sans électricité ou sans génératrice.

2.1.6. Évaporateur à huile Haute performance

Ces modèles à huile sont très bien isolés. Ils sont caractérisés par la recirculation des gaz à travers des conduits dans la panne à plis. Ainsi, une plus grande portion de l'énergie des gaz est récupérée pour l'évaporation. L'efficacité énergétique est supérieure aux évaporateurs à l'huile conventionnels. (70 % à 85 %)

Pour

- Peut avoir une bonne efficacité énergétique
- Facile d'opération
- Démarrage et arrêt rapide
- Espace d'évaporateur normal
- Combustible disponible partout
- Entreposage de combustible dans un espace réduit
- Coulée du sirop en continu possible.

Contre

- Production de gaz à effet de serre
- Dispendieux à l'achat
- Technicien spécialisé requis pour certaines réparations
- Bruyant
- Risque environnemental en cas de déversement d'huile
- Certaines composantes peuvent être compliquées à laver
- Une génératrice est requise en cas de panne de courant.

2.1.7. Évaporateur électrique

L'évaporateur électrique utilise seulement l'électricité comme source d'énergie. Des éléments chauffants démarrent l'ébullition. Lorsqu'il y a assez de vapeur, cette dernière est récupérée et compressée par un puissant moteur électrique. La légère compression de la vapeur augmente sa température. En recyclant cette énergie, l'évaporation se fait seulement par l'énergie mécanique. Les coûts énergétiques sont ainsi réduits au minimum. On parle d'une réduction des coûts énergétiques de 10 à 20 fois p/r à un évaporateur à l'huile.

Pour

- Opération simple, informatisée et surveillance réduite
- Pas de gaz à effet de serre
- Coût énergétique réduit au minimum
- Non dépendance aux coûts du pétrole
- Production d'un sirop uniforme
- Une fois démarrée, la machine se contrôle par ses automates.

Contre

- Dispendieux à l'achat
- Demande des modifications majeures à l'entrée électrique
- Parfois une nouvelle ligne électrique est nécessaire
- Préférable d'avoir une salle insonorisée pour le moteur et le compresseur
- Moins de jeu pour ajuster la cuisson du sirop.
- Long à démarrer
- La température de sortie du sirop est moins élevée que les évaporateurs à combustion. Certaines entreprises ajoutent un système de chauffage ou une sirotière chauffante pour s'assurer d'obtenir la température de stérilisation du sirop lors de la mise en contenant.
- Trempage et lavage des échangeurs nécessaires d'où le besoin d'échangeurs supplémentaires avec bassin de trempage et support de levage/ transport
- Exige une laveuse à très haute pression 5000 psi
- Technicien spécialisé requis pour les réparations
- Une génératrice puissante est requise en cas de panne de courant.

3. Coûts d'acquisition et coûts d'opération de différents types d'évaporateur

Afin de bien dimensionner l'évaporateur, il convient de déterminer 4 éléments : la taille de l'érablière (nombre d'entailles), l'historique de production (livres/entaille), le temps disponible au sucrier pour transformer la coulée moyenne quotidienne en sirop et le volume par entaille de la coulée de pointe.

En lien avec l'**Annexe 1**, et notamment le cas d'une entreprise—type de 5 000 entailles, nous avons choisi une moyenne de production annuelle de 4 livres/entaille. Ceci représente 20 000 livres de sirop/année. En supposant une saison de production de 21 jours, nous aurons à produire en moyenne 952 livres de sirop ou environ 72 gallons de sirop par jour.

Pour cette taille d'entreprise, le sucrier a d'autres tâches à accomplir que produire le sirop. Nous avons choisi une durée d'évaporation de 3,5 à 4 heures en moyenne. L'évaporateur choisi devra produire, avec un concentré de 12° brix, entre 18 et 22 gallons de sirop par heure (72 gal divisé par 3,5-4 heures). Peu importe le degré de sucre dans l'eau d'érable, à la sortie du séparateur, le concentré doit être à 12° brix.

Un appareil de séparation avec 3 membranes de 8 pouces est requis pour fournir l'évaporateur quand l'eau est froide et non sucrée. Avec deux membranes de 8 pouces, il est possible d'opérer mais le sucrier devrait attendre d'avoir 350 à 400 gallons de concentré avant de débiter l'évaporation.

Pour obtenir 72 gallons de sirop à partir d'un concentré de 12° brix, l'évaporateur devra traiter 502 gallons de concentré en 3,5 à 4 heures. Le taux de traitement du concentré sera de 125 à 140 gallons à heure et devra évaporer 107 à 118 gallons par heures (125 gallons moins 18 gallons de sirop).

Afin de commencer les calculs nous avons utilisé une règle approximative de dimension d'évaporateur selon le type de combustible. En général, pour un évaporateur au bois conventionnel on peut s'attendre à un rendement d'évaporation de 2.5 gallons imp. par pied carré pour les évaporateurs de plus de 3.5 pieds de largeur. Le tableau 4 présente une première approximation des dimensions d'évaporateur pour une érablière de 5 000 entailles. Ces dimensions sont basées sur un temps d'évaporation de 4 à 6 heures pour une journée coulée moyenne avec 0,6 gallon imp. ou ± 2.7 litres de sève par entaille.

Tableau 4 : Taux d'évaporation et dimension des évaporateurs
(Érablière type de 5 000 entailles et concentré à 12° brix).

Type d'évaporateur	Taux d'évaporation gal/h/pi ²	Dimension en pi ²	Grandeur d'évaporateur
Bois conventionnel et ventilé	2.5	42 à 49	3.5 X 14
			3,5 X 12
	3	36 à 42	3 X 12
			3,5 X 12
Huile HP	3,5	30 à 36	3 X 10
			3 X 12
Électrique	Variable/modèle	63.75	125 3.75X17

Ces choix d'évaporateur ont été par la suite vérifiés avec un fichier Excel pour répartir la dimension de la panne à plis avec les pannes à fond plat de manière à ne pas dépasser le niveau de 38° brix dans la boîte de transfert.

Une fois les dimensions des types d'évaporateur choisies, nous avons vérifié les prix payés par des entreprises pour des évaporateurs semblables. Nous avons également regardé les modifications à la cabane et leurs coûts nécessaires pour rendre ces derniers fonctionnels.

Pour simplifier les calculs, nous avons omis le coût des entrepôts et réservoirs à combustible. Pour les évaporateurs électriques, nous avons également omis le coût des modifications à l'entrée électrique. Ce choix se justifie par des coûts semblables de ces items par type d'évaporateur. En effet, les coûts d'un entrepôt à granules, d'un entrepôt à bois, d'un réservoir d'huile conforme, d'une entrée électrique pour un évaporateur électrique peuvent se comparer pour une taille donnée d'entreprise.

Cependant, nous avons ajouté les coûts des agrandissements et des modifications à la cabane pour l'évaporateur électrique et pour l'évaporateur aux granules. Si une ligne électrique doit être construite à cause du choix de l'évaporateur, ces coûts devront être ajoutés à ceux de l'évaporateur.

Avant le choix final on doit évaluer le temps nécessaire pour traiter la coulée de pointe (1.2 gallons imp./ent/jr). Pour 5 000 entailles, cela donne 6 000 gallons d'eau d'érable à traiter pour la journée. En supposant un taux sucre de 2.5° brix pour l'eau, nous aurons besoin, selon le convertisseur acéricole², de 1 204 gallons de concentré à traiter (12° brix). Au taux de traitement de 125 gallons par heure, l'évaporateur demandera moins de 10 heures d'évaporation. Avec les changements de pannes et le démarrage-arrêt 12 à 14 heures seront nécessaires.

Une coulée de pointe de 48 heures avec 2.75 gallons par entaille comme celle des 9-10 ou 10-11 avril 2019 dans la partie sud et ouest du Québec, demanderait entre 22 et 24 heures d'opération en 2 jours en incluant les changements de panne et les départs-arrêts nécessaires. Dans ces conditions, il est possible de dormir la nuit si, et seulement si, le séparateur est capable de fournir l'évaporateur à la concentration demandée.

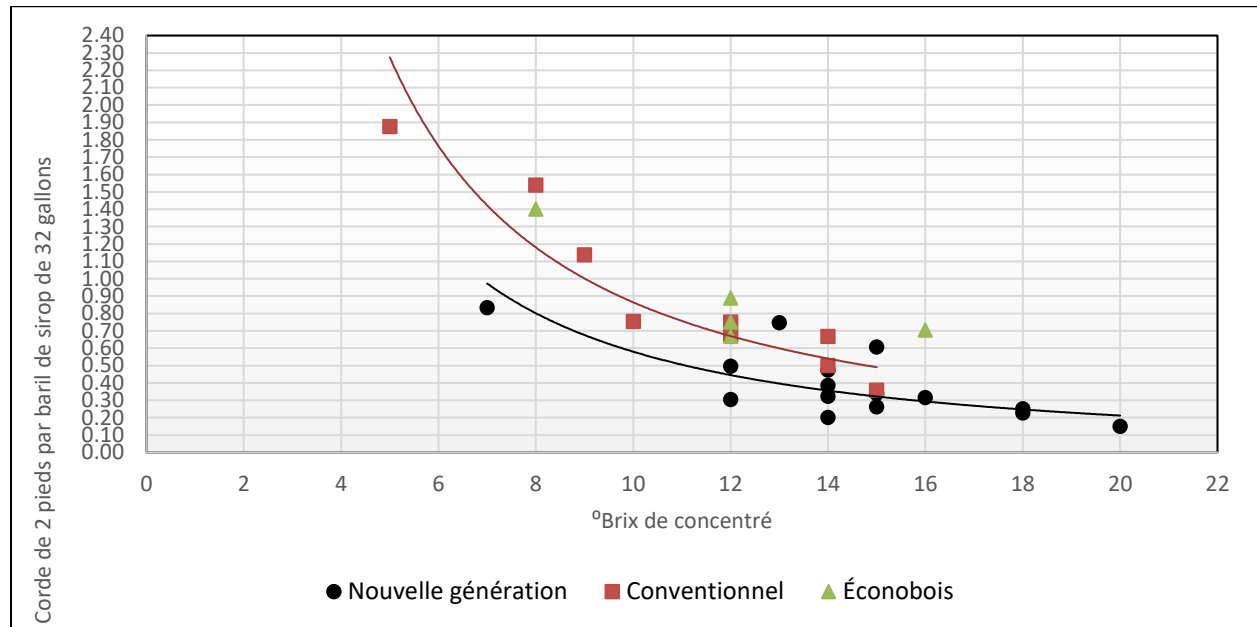
3.1. Consommation de bois

La consommation de combustible a été calculée en utilisant les données du CTTA (section 7 rubrique 100 tableau 5c, 5d) pour le bois. Nous avons choisi une efficacité de 50 % pour les évaporateurs au bois conventionnel et de 65 % pour les évaporateurs de haute performance (HP) au bois. Il faut noter que certaines entreprises ont des taux d'efficacité qui peuvent être supérieurs à ceux utilisés. En passant de 50 % à 65 % d'efficacité, l'évaporateur diminue sa consommation de combustible d'environ 30%. ($15\%/50\%=30\%$). La figure 1 montre les résultats d'un sondage auprès d'entreprises qui ont acheté des évaporateurs au bois au cours des dernières années. La figure donne une approximation de la consommation en bois pour des évaporateurs conventionnels et des évaporateurs de nouvelle génération. Les courbes donnent la consommation en corde bois de 2 pieds pour produire un baril de sirop de 32 gallons en fonction du niveau de concentration de la solution à

² Convertisseur acéricole. Centre ACER. <http://www.centreacer.qc.ca/>

l'entrée de l'évaporateur. Dans cette étude, les résultats de consommation en bois par baril sont semblables à ceux utilisés dans notre étude.

Figure 1. : Consommation des évaporateurs au bois en bois par baril de 32 gallons de sirop



Source : (Étude du Club acéricole du sud du Québec (2017))

La section 7 rubrique 100 du CTTA nous permet également d'estimer la quantité de bois nécessaire pour produire 10 gallons imp. de sirop. Les tableaux tiennent compte de la qualité du bois, de leur degré d'humidité, de l'efficacité de l'évaporateur et du brix du concentré à évaporer. Les tableaux sont cependant limités à 10° brix.

Nos calculs sont basés sur du bois séché depuis plus d'un an. Nous avons fait notre calcul en utilisant les données du tableau 5 afin de compléter les tableaux du CTTA qui sont limités à 10°brix. Par exemple, avec un concentré de 6° brix, il faut avec un évaporateur conventiennel à 50 % d'efficacité, 0,328 cordes de 24 pouces de bois par 10 gallons de sirop, (CTTA Section 7, rubrique 100 p 8 de 9).

Avec un concentré d'eau d'érable à 12° brix, il faudra $0,328 \times 0,445 = 0,146$ cordes de bois de 24 pouces par 10 gallons ou $0,146 \text{ corde} / 10 \text{ gal} \times 3,2$ (10 gallons/baril) = 0,467 corde par baril de 32 gallons. Dans le tableau de calcul des coûts, nous avons utilisé 0,47 cordes par baril. Ceci représente donc la consommation instantanée une fois que l'évaporateur est à plein régime.

En tenant compte du temps de démarrage et de nettoyage de l'évaporateur, on ajoute 25 heures de chauffage par année. On obtient donc :

5 000 entailles à 4 livres/entaille= 20 000 lbs de sirop

20 000 lb ÷ (13.248 lbs/gallon) = 1 509 gallons

1 509 gallons ÷ (32 gallons/baril) = 47.2 barils

1 509 gallons ÷ 18 gallons/heure = 83.9 heures

Pour calculer l'influence du temps de démarrage-arrêt sur la consommation d'énergie que nous avons appelé facteur de démarrage-arrêt nous utilisons :

$$25 \text{ heures} + 83.9 = 108.9 \quad 108.9 \div 83.9 = 1.30$$

Consommation instantanée X facteur démarrage-arrêt

$$0,47 \text{ cordes} \times 1.3 = 0,611 \text{ corde par baril}$$

0.611 corde de bois est la consommation annuelle de combustible ramené par baril de sirop produit pour un évaporateur conventionnel.

Tableau 5 : Facteurs de réduction de consommation de bois*

Brix entrée évaporateur (A)	Brix tableau 5 (B)	Facteur de réduction A/B
10°	5°	0,457
12°	6°	0,445
16°	8°	0,427

* Pour utilisation des tableaux: 5 du CTTA section 7, rubrique 100 quand le taux de concentration dépasse 10° brix

Le prix de la corde de bois est basé sur les coûts de base de faire le bois à la ferme en comptant uniquement les frais d'utilisation de machine de la ferme et sur les frais de carburant et lubrifiant pour la scie à chaîne, pour la fendeuse et pour le véhicule et/ou tracteur qui servent pour sortir le bois et le transporter à la cabane. Seulement une partie de l'amortissement de ces équipements servent au calcul des coûts vu qu'il servent aussi à d'autre fin sur la ferme. Le salaire des travailleurs n'est pas compté dans ce scénario en considérant que ce sont les propriétaires et leur famille qui font le travail. Selon l'étude de Pro-Forêt 2017, ces coûts reviendraient à 85,54 \$ la corde.

Pour une entreprise qui consomme avec les départs-arrêts 0,6231 corde par baril de sirop comme pour le scénario de 5000 entailles (12°brix) et un évaporateur conventionnel le coût par baril revient à :

$$85,54\$ \times 0,6231 \text{ corde/baril} = 53,30\$ / \text{ baril de 32 gallons}$$

Dans le cas du scénario de 40 000 entailles, la majorité du travail est fait par des employés rémunérés. Pour cette raison nous avons choisi d'acheter le bois livré par camion en longueur. Cela réduit 2/3 la main-d'œuvre salariée nécessaire en comparaison avec tout faire le bois à la ferme. Dans ce cas les coûts comprennent, l'achat du bois, la livraison par camion, les frais de scie à chaînes, de fendeuse et les salaires pour le découper en longueur de bûche, le fendre et le corder dans la remise. Ces coûts sont estimés à 103,23 \$ la corde de 24 pouces selon l'étude de Pro-Forêt 2017.

Dans ce cas le coût du bois par barils pour un évaporateur isolé ventilé revient à :

$$103,23\$/\text{corde} \times 0,303 \text{ corde/baril} = 31.28\$/\text{baril de 32 gallons}$$

3.2. Consommation d'huile

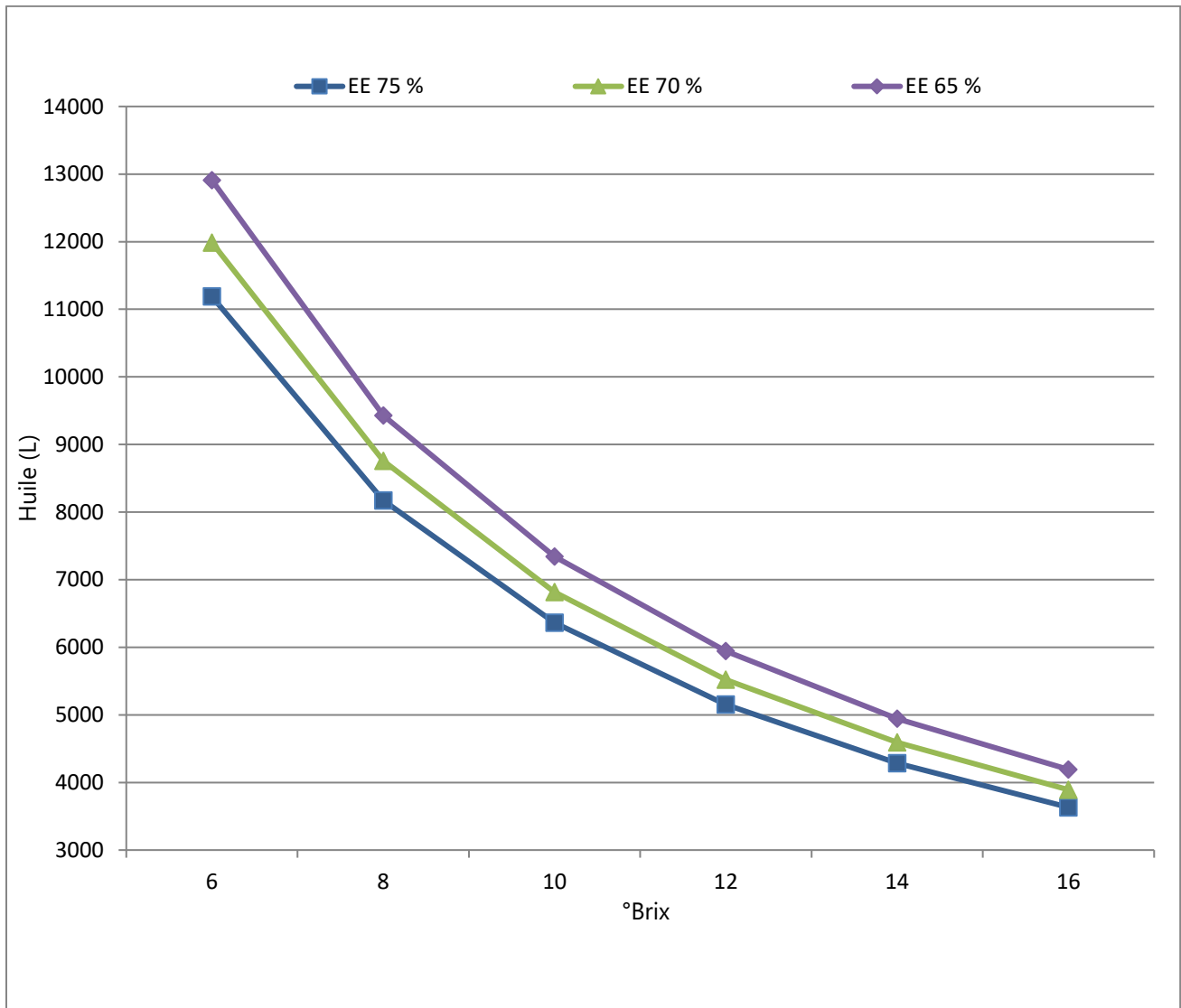
Pour la consommation d'huile, nous avons utilisé un fichier Excel qui aide à dimensionner l'évaporateur requis et qui calcule la consommation d'huile selon l'efficacité énergétique (Modèle evapo2 avec itération). Les calculs ont été faits avec une efficacité de 65 % pour l'évaporateur à l'huile de base et une efficacité de 75 % pour les évaporateurs à l'huile haute performance.

Dans le budget de 10 000 entailles, CRAAQ 2016, Agdex 318/821b, les figures 2 et 3 du Centre ACER, la consommation d'huile et de granules arrivent à des résultats semblables à ceux du fichier Excel Modèle évapo2. Pour un baril de 32 gallons de sirop, la consommation d'huile requise est, selon les graphiques, pour une efficacité de 65 % et 12° brix, est la suivante :

5 900 litres sont nécessaires pour 25 000 livres de sirop, $5\,943\text{ l}/25\,000\text{ lb} = 0.2377$ litre d'huile par livre de sirop

$0.2377\text{ l} \times 32\text{ gal imp} \times 13.248\text{ lb/gal} = 100,8$ litres d'huile/baril de 32 gal imp.

Figure 2 : Consommation en huile selon le degré Brix du concentré en fonction de l'efficacité énergétique de l'évaporateur pour une production de 25 000 livres de sirop d'érable



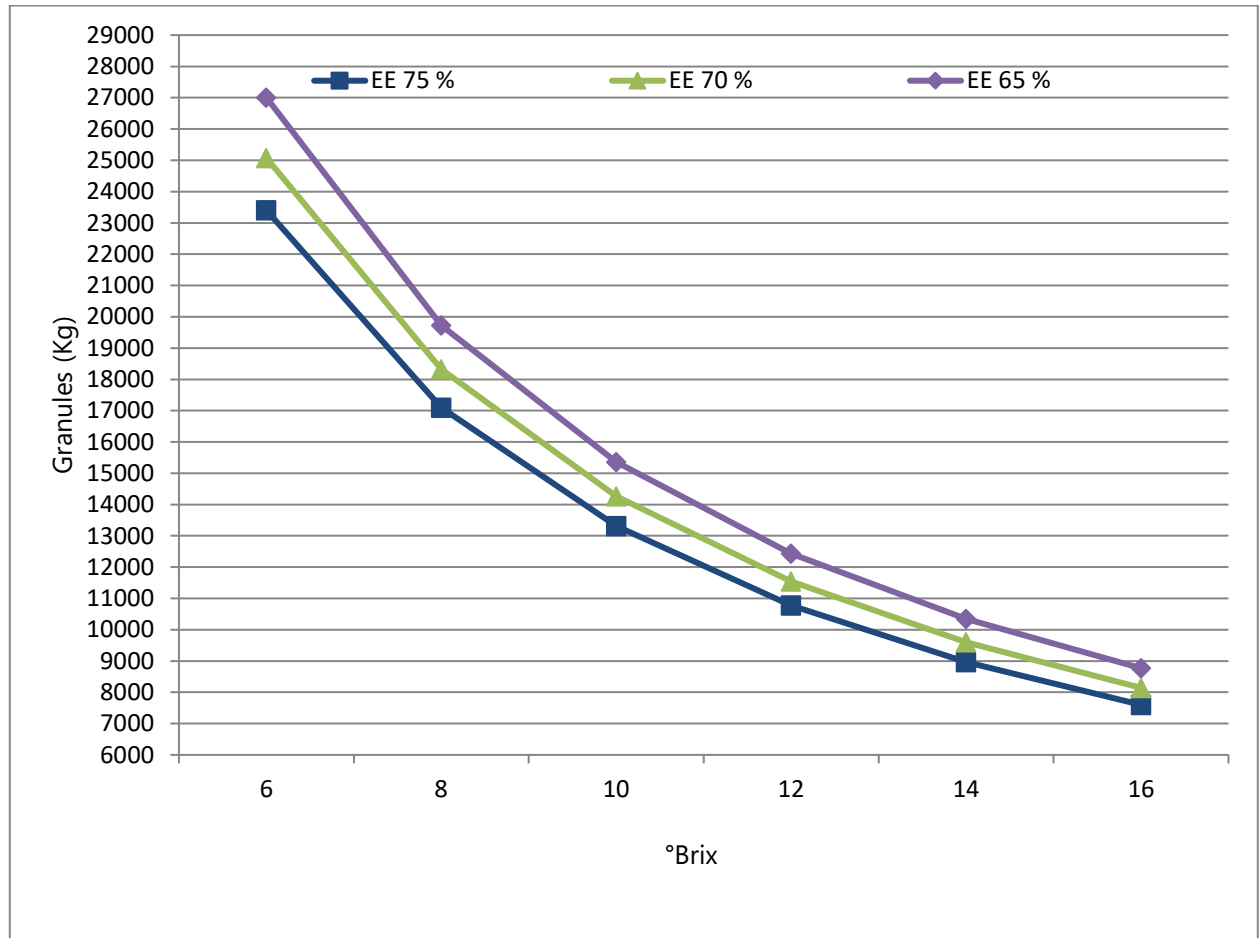
Source : Ali, F.; Houde, J.; St-Pierre, N.; 2014. *Outil de calcul comparatif du coût de production du sirop d'érable selon le type de combustible (huile, bois, granules de bois)*. Centre ACER, ACERUPA2014. Version 1.1.

Cet outil sera disponible sous peu sur le site web du Centre ACER. Il a été développé en collaboration avec le CDAQ et UPA de la Beauce

3.3. Consommation de granules

Nous avons utilisé uniquement la figure 3 du budget de 10 000 entailles (CRAAQ 2016 Agdex 318/821b du Centre ACER). L'efficacité utilisée était de 75 %. Avec un concentré de 12° brix, pour un baril de 32 gallons de sirop, il faudra 182 kg de granule.

Figure 3 : Consommation en granules selon le degré Brix du concentré en fonction de l'efficacité énergétique de l'évaporateur pour une production de 25 000 livres de sirop d'érable



Source : Ali, F.; Houde, J.; St-Pierre, N.; 2014. **Outil de calcul comparatif du coût de production du sirop d'érable selon le type de combustible (huile, bois, granules de bois).** Centre ACER, ACERUPA2014. Version 1.1.

Cet outil sera disponible sous peu sur le site web du Centre ACER. Il a été développé en collaboration avec le CDAQ et UPA de la Beauce

3.4. Consommation d'électricité

La consommation estimée a été calculée par la puissance demandée des moteurs et le volume d'eau à évaporer selon le °brix de la solution.

Exemple : évaporateur électrique modèle 160 à 16° brix produit selon les entreprises consultées environ 23 gallons de sirop par heure et possède une puissance de 40 HP.

Avec environ 0,9 KW par HP cela représente la consommation suivante.

$(40 \text{ HP} \times 1 \text{ KW/HP}) = 40 \text{ KW/heure}$

$40 \text{ KW/heure} \div 23 \text{ gal/heure} \times 32 \text{ gal/baril} = 55,6 \text{ KW /baril}$

$55,6 \text{ KW} \times 0,094\$/\text{KW} = 5,23\$/\text{baril}$

Dans notre érablière de 10 000 entailles, pour remplir de sirop 94.35 barils, l'évaporateur électrique doit fonctionner pendant :

$(10\,000 \text{ ent} \times 4 \text{ lb/ent} / 13.248 \text{ lbs/gal} / 32 \text{ gal/baril}) = 94,35 \text{ barils}$

$(94.35 \text{ barils} \times 32 \text{ gallons/baril}) \div 23 \text{ gallons/heure} = 131.3 \text{ heures}$

En incluant les heures de démarrage et nettoyage qui représente 20 heures par année on ajoute $(131.3+20 \text{ heures}) = 151.3 \text{ heures}$

Pour tenir compte de cette consommation répartie par baril

$151.3 \text{ heures} \div 131.3 \text{ heures} = 1.15$

$5,23 \$ \times 1.15 = 6.01\$/\text{baril}$

3.5. Investissements considérés

Afin de simplifier les calculs, les coûts d'acquisition servant à ces calculs, incluent les éléments nécessaires pour opérer l'évaporateur dans une cabane à sucre existante.

Si la cabane doit être modifiée ou agrandie, ces coûts sont alors inclus (*voir Annexe*).

Nous supposons que le système de séparation membranaire existant est adéquat pour concentrer l'eau d'érable au niveau °Brix choisi pendant **toute la saison**. Cela même quand l'eau est froide et difficile à séparer.

Voici la liste des éléments considérés :

- Le foyer ou feu de l'évaporateur
- Le système d'alarme pour niveau d'eau dans les panes
- La panne à plis
- Les panes à fond plat avec une panne supplémentaire
- Les boîtes à flotte de base
- Le système de hotte avec ses cheminées et accessoires de toit
- Le préchauffeur
- La cheminée de combustion avec sa souche et ses accessoires de toit
- Les briques réfractaires mortier et silicone
- L'agrandissement de la cabane pour les modèles d'évaporateur plus longs ou ses modifications pour isoler certaines composantes bruyantes et/ou générant de la poussière
- Les trottoirs nécessaires pour certain modèle.

Selon les modèles choisis **nous excluons les éléments suivants** étant donné que ces coûts peuvent se ressembler d'un type d'évaporateur à l'autre.

- La remise à bois
- Le silo à granule et ses convoyeurs
- Le réservoir d'huile avec sa base et les conduites d'huile enterrées et protégées
- La modification à l'entrée électrique pour l'évaporateur électrique
- Les conduites d'amené du concentré
- Les coûts de mise en place du foyer et des cheminées
- Les contrôles électroniques de niveau d'eau
- La valve automatique de coulée du sirop.

3.6. Coûts de propriété du système d'évaporation (charges fixes)

Les charges fixes constituent les dépenses que l'on doit faire pour posséder l'appareil sans égard à son utilisation. Ces coûts restent les mêmes que l'élément serve à pleine capacité ou qu'il n'ait pas servi pendant l'année.

- Remboursement capital et intérêts sur 15 ans
- Assurances
- Dépréciation

Facteurs du financement

La durée de vie d'un évaporateur s'échelonne normalement sur une période de plus de 20 ans. La plupart du temps l'entreprise choisit de rembourser son évaporateur en moins de 15 ans, voire 10 ans. L'évolution rapide des technologies et des procédés de production fait en sorte que les évaporateurs peuvent être à changer avant leur fin de durée de vie. De plus en 15 ans, l'entreprise risque d'augmenter son nombre d'entailles et l'évaporateur devient alors trop petit. Nous avons appliqué également une durée de vie de 15 ans aux modifications ou agrandissements du bâtiment étant donné que ces investissements sont spécifiques au modèle d'évaporateur choisi.

- Durée de vie de 15 ans
- Valeur résiduelle après 15 ans de 2 %
- Taux d'intérêt ou opportunité du capital 4 %

La valeur résiduelle de 25 % peut sembler élevée. Ce choix se justifie car la durée de vie utile de l'appareil est probablement de plus de 15 ans. Après 15 ans, l'appareil peut servir à une autre entreprise ou dans certain cas continué d'être utilisé sur l'entreprise.

Un taux d'intérêt de 4 % est le taux de base pour une hypothèque à taux variable qui était en vigueur à l'automne 2019.

3.7. Coûts d'utilisation du système d'évaporation (charges variables)

Les charges variables représentent les dépenses dues à l'utilisation de l'appareil. Plus l'appareil est utilisé et plus les dépenses qui y sont associées vont augmenter. Ces frais varient proportionnellement au volume de production de l'appareil.

- Coûts d'entretien (4% du coûts d'achat)
- Coûts du ou des combustibles
- Coûts d'électricité

Dans la section qui suit nous allons présenter les résultats pour 4 tailles d'entreprise et 6 modèles d'évaporateur utilisant différentes sources d'énergie. Le rendement de l'érablière est de 4 lb/ent/an. La durée du temps d'opération journalière inclut les temps de démarrage et d'arrêt. Ce temps de démarrage et d'arrêt est considéré dans le calcul de la consommation d'énergie par baril. Les données ayant servies à monter les tableaux 6 à 9 se retrouvent en annexe à la fin du texte.

4. Comparaison des évaporateurs

4.1. Évaporateurs pour entreprise acéricole-type de 5 000 entailles

Dans ce cas, nous avons choisi une concentration à 12° brix. Ce choix augmente la quantité d'énergie mais diminue l'investissement nécessaire pour la séparation membranaire si l'on se compare à concentrer au niveau 16° brix.

Tableau 6 : Synthèse des coûts - Évaporateur 5 000 entailles (20 000 lb de sirop).

Type d'évaporateur et taux de concentration	Bois 12° brix Conventionnel	Bois 12° brix Haute perfor.	Granules 12° brix	Huile 12° brix conventionnel	Huile 12° brix haute perfor.	Électrique 12° brix
Dimension/modèle	3.5 X 14	3.5 X 14	3.5 X 14	3 X 12	3 X14	125
Capacité horaire gal/ h de sirop	18	22	24	19	23	14
Heures d'opération journalière moyenne	5.18	4.46	4.19	4.5	3.84	6.09
Coût de l'appareil	24 000 \$	50 000 \$	50 000 \$	24 500 \$	38 500 \$	58 000 \$
Coût de modification cabane			8 000 \$			13 000 \$
Charges fixes annuelles*	1 945,87 \$	4 053.89 \$	4 702.51 \$	1 986,40 \$	3 121,49 \$	5 756.52 \$
Charge variable ** 4lb/ent	3 474.44 \$	4 037.12 \$	4 021.32 \$	5 668.55 \$	5 724,58 \$	2 676.72 \$
Coût de l'énergie par baril de 32 gallons	53.30 \$	43.18 \$	42.85 \$	99,38 \$	88,70 \$	7.56 \$
Total des charges 4 lb/ent	5 420.31 \$	8 091.01 \$	8 723.83 \$	7 654.95 \$	8 846.07 \$	8 433.24 \$
Charge totale par baril de 32 gallons 4 lb-ent	114.88 \$	171.50 \$	184.92 \$	162.26 \$	187.51 \$	178.75 \$

*les charges fixes sont le coût du financement ou d'opportunité et les assurances

**les charges variables comprennent le coût d'entretien (4% du coût d'achat) et le coût de l'énergie pour produire 4 livres de sirop/entailles pour 5000 entailles.

Discussion sur les résultats de coûts pour les choix de modèles d'évaporateur pour une érablière de 5 000 entailles.

En considérant seulement le coût de l'énergie, ce sont l'évaporateur électrique (7,56 \$) et l'évaporateur aux granules (42,85 \$) qui coûtent le moins cher par baril. Cependant, lorsqu'on inclut les autres frais variables (entretien) et les frais fixes, ce sont l'évaporateur au bois conventionnel (114.88 \$) et l'évaporateur à l'huile conventionnel (162.26 \$) qui sont les moins coûteux à opérer. Dans ce calcul, on ne compte pas le salaire pour faire le bois ni pour chauffer l'évaporateur.

Combien vaut le travail de manipulation du bois? En se basant sur le prix de l'huile de 0,95 \$/litre, la production d'un baril de sirop coûte 99,38 \$ en énergie pour un évaporateur à huile conventionnel pour un concentré à 12° brix. Si la fabrication de ce bois à la ferme coûte en frais d'équipement et de

combustible 53,30 \$/baril, la différence entre ces deux coûts est la valeur du travail pour récolter le bois et les manipulations nécessaires pour le rendre dans le foyer de l'évaporateur.

La valeur de ce travail pour l'année est, avec le prix de l'huile de 0,95 \$/litre, (septembre 2019) de : Production annuelle de barils de sirop X ((coûts d'huile/baril) moins (le coût du bois à la ferme par baril)).

La production annuelle de barils= (5000 ent X 4 lb/ent) / (13.248 lb/ gal X 32 gal/ baril) = 47,18 barils.
47,18 barils X (99,38-53.30) \$/baril= 2 174,05 \$ ou pour 28 cordes de 24 pouces près de **77,64 \$ la corde.**

Vu que les travailleurs produisent 0,32 corde/heure/personne, les propriétaires économisent l'équivalent de 77,64 \$/corde X 0,32 corde/heure = 24,84 \$/h en produisant leur bois de la ferme.

En ajoutant le coût de 85,54 \$ /corde ((52.19 \$/baril) / (0,61 corde/baril)) = 85,55 \$ / corde à la ferme, de frais variables et de dépréciation pour les équipements de récolte de bois, la corde de bois en équivalent huile, une fois rendue dans le foyer de l'évaporateur **vaut 163.19 \$** pour un prix d'huile à 0,95 \$/litre.

Si votre entreprise n'a pas le temps ou les ressources pour faire le bois et le chauffer, les coûts des autres options se ressemblent variant de 162.26 \$ à 187.51 \$ par baril. L'élément de prix le plus volatile est le prix de l'huile qui peut changer rapidement dans le contexte géopolitique actuel.

4.2. Évaporateurs pour entreprise acéricole-type de 10 000 entailles

Pour les tailles d'érablière de 10 000 entailles et plus, le choix du niveau de concentration est de 16° brix. Vous remarquerez que la taille des évaporateurs est légèrement supérieure à celle des 5 000 entailles. Ceci vient du niveau de concentration plus élevé et à l'augmentation du temps d'évaporation moyen.

Tableau 7 : Synthèse des coûts - Évaporateur 10 000 entailles (40 000 lb de sirop).

Type d'évaporateur et taux de concentration	Bois 16° brix Conventionnel	Bois 16° brix Haute-perfor.	Granules 16° brix	Huile 16° brix Conventionnel	Huile 16° brix Haute perfor.	Électrique 16° brix
Dimension/modèle	4 X 14	3.5 X 14	3.5 X 14	3.5 X 14	3.5 X14	160
Capacité horaire gal/ h de sirop	28	36	36	33	36	23
Heures d'opération journalière moyenne	6.33	5.18	5.18	5.07	4.71	7.2
Coût de l'appareil	27 000 \$	55 000 \$	50 000 \$	27 500 \$	46 000 \$	89 000 \$
Coût de modification cabane			10 000 \$			15 000 \$
Charges fixes annuelles*	2 189.10 \$	4 459.28 \$	4 818.82 \$	2 229.64 \$	3 729.58 \$	7 102.56 \$
Charge variable ** 4lb/ent	4 360.93 \$	4 923.98 \$	5 380.20 \$	7 526.82 \$	7 535.47 \$	4 127.05 \$
Coût de l'énergie par baril de 32 gallons	34.77 \$	28.87 \$	35.82 \$	68.11 \$	60.36 \$	6.01 \$
Total des charges 4 lb/ent	6 550.03 \$	9 383.26 \$	10 199.02 \$	9 756.46 \$	11 265.05 \$	11 229.61 \$
Charge totale par baril de 32 gallons 4 lb-ent	69.42 \$	99.44 \$	108.09 \$	103.40 \$	119.39 \$	119.02 \$

*les charges fixes sont le coût du financement ou d'opportunité et les assurances

**les charges variables comprennent le coût d'entretien (4% du coût d'achat) et le coût de l'énergie pour produire 4 livres de sirop.

Discussion sur les résultats de coûts pour les choix de modèles d'évaporateur pour une érablière de 10 000 entailles.

En considérant seulement le coût de l'énergie, ce sont l'évaporateur électrique (6.01 \$) et l'évaporateur au bois haute performance (28,87 \$) qui coûtent le moins par baril. Cependant, lorsqu'on inclut les autres frais variables (entretien) et les frais fixes, ce sont l'évaporateur au bois conventionnel 69,42 \$ et au bois haute performance (99,44 \$) qui sont les moins coûteux par baril de 32 gallons. Dans ce calcul, on ne compte pas de salaire pour faire le bois ni pour chauffer l'évaporateur.

Combien vaut la main d'œuvre pour récolter, fendre, transporter, corder et manipuler ce bois? En se basant sur le prix de l'huile de 0,95 \$/litre la production d'un baril de sirop coûte 68,11 \$ \$ en énergie pour un évaporateur à huile conventionnel et un niveau de concentration à 16°brix.

Si la fabrication de ce bois à la ferme coûte en frais variables et frais fixes d'équipement, 34,77 \$ par baril, la différence entre ces deux coûts (33.34\$) est la valeur de la main d'œuvre pour fabriquer ce bois et les manipulations nécessaires pour le rendre dans le foyer de l'évaporateur.

La valeur de ce travail pour l'année est, avec le prix de l'huile de 0,95 \$/litre, (septembre 2019) de :
Production de barils de sirop/ an X ((coûts d'huile/baril) moins (coût du bois à la ferme par baril))
94,35 barils X (68,11-34,77) \$/baril= 3 145,63 \$ ou pour 39 cordes de 24 pouces près de **80,66 \$/corde**.

Vu que les travailleurs produisent 0,32 corde/heure/personne, les propriétaires économisent l'équivalent de 80,66 \$/corde X 0,32 corde/heure = 25,81 \$/h en produisant leur bois de la ferme.
En ajoutant le coût de 85,54 \$ /corde ((52.19 \$/baril) / (0,61 cordes/baril) = 85,55 \$ / corde à la ferme) de frais variables et de dépréciation pour les équipements de récolte de bois, la corde de bois en équivalent huile, une fois rendue dans le foyer de l'évaporateur **vaut 166,20 \$** pour un prix d'huile à 0,95 \$/litre.

Si votre entreprise n'a pas le temps ou les ressources pour faire le bois et le chauffer, le total des frais fixes et frais variables des autres options se ressemblent variant de 103,40 \$ à 119,39 \$ par baril. L'élément de prix le plus volatile est le prix de l'huile qui peut changer rapidement dans le contexte géopolitique actuel.

4.3. Évaporateurs pour entreprise acéricole-type de 20 000 entailles

Dans le scénario de 20 000 entailles, nous avons choisi un évaporateur au bois étanche et ventilé. Le bois provient de la ferme et est produit sans salaire rémunéré.

Tableau 8 : Synthèse des coûts - Évaporateur 20 000 entailles (80 000 lbs de sirop).

Type d'évaporateur et taux de concentration	Bois 16° brix Isolé-ventilé-étanche	Bois 16° brix Haute-perfor.	Granules 16° brix	Huile 16° brix conventionnel	Huile 16° brix Haute-perfo.	Électrique 16° brix
Dimension/modèle	5X16	5X16	5 X14	5X14	4X16	225
Capacité horaire gal/ h de sirop	39	48	48	48	46	43
Heures d'opération journalière moyenne	8.56	7.18	7.18	6.71	6.97	7.88
Coût de l'appareil	41 500 \$	65 500 \$	64 000 \$	33 500 \$	57 000 \$	113 500 \$
Coût de modification cabane			15 000 \$			20 000 \$
Charges fixes annuelles*	3 164.73 \$	5 310.59 \$	6 336.38 \$	2 716.10 \$	4 621.43 \$	10 732.20 \$
Charge variable ** 4lb/ent	7 284.51 \$	7 650.95 \$	8 802.93 \$	14 556.64 \$	13 740.04 \$	5 315.69 \$
Coût de l'énergie par baril de 32 gallons	29.81 \$	26.66 \$	33.08 \$	70.04 \$	60.73 \$	4.11 \$
Total des charges 4 lb/ent	10 449.24 \$	12 961.54 \$	15 139.31 \$	17 272.74\$	18 361.47 \$	16 047.89 \$
Charge totale par baril de 32 gallons 4 lb-ent	56.43 \$	68.69\$	80.23 \$	91.53 \$	97.30 \$	85.04 \$

*les charges fixes sont le coût du financement ou d'opportunité et les assurances

**les charges variables comprennent le coût d'entretien (4% du coût d'achat) et le coût de l'énergie pour produire 4 livres de sirop.

Discussion sur les résultats de coûts pour les choix de modèles d'évaporateur pour une érablière de 20 000 entailles.

En considérant seulement le coût de l'énergie, ce sont l'évaporateur électrique (4.11 \$) et l'évaporateur au bois haute performance (26.66 \$) coûtent le moins par baril. Cependant lorsqu'on inclut les autres frais variables (entretien) et les frais fixes, ce sont l'évaporateur au bois ventilé-étanche (56.43 \$) et aux bois haute performance (68.69 \$) qui sont les moins coûteux à opérer par baril de 32 gallons. Dans ce calcul, on ne compte pas de salaire pour récolter, fendre, entreposer le bois ni pour chauffer l'évaporateur.

La valeur de ce travail pour l'année est, avec le prix de l'huile de 0,95 \$/litre, (septembre 2019) de :
 Nombre de barils de sirop/an X ((coûts d'huile/baril) moins (coût du bois à la ferme par baril))
 188.71 barils X (70.04-29.81) \$/baril= 7 591.80 \$ ou pour 65.7 cordes de 24 pouces près de **115.46 \$/corde.**

Vu que les travailleurs produisent 0,32 corde/heure/personne, les propriétaires économisent l'équivalent de 115.46 \$/corde X 0,32 corde/heure = 36,95 \$/h en produisant leur bois de la ferme.

En ajoutant le coût de 85,54 \$ /corde ((29.81 \$/baril) / (0,34844 cordes/baril) = 85,55 \$ / corde à la ferme) de frais variables et de dépréciation pour les équipements de récolte de bois, la corde de bois en équivalent huile, une fois rendue dans le foyer de l'évaporateur **vaut (201.01 \$)** pour un prix d'huile à 0,95 \$/litre.

Si votre entreprise n'a pas le temps ou les ressources pour faire le bois et le chauffer, les coûts fixes et variables des autres options se ressemblent variant de 80.23 \$ à 97.30 \$ par baril. L'élément de prix le plus volatile est le prix de l'huile qui peut **changer** rapidement dans le contexte géopolitique actuel.

4.4. Évaporateurs pour entreprise acéricole-type de 40 000 entailles

Pour le scénario de 40 000 entailles, l'évaporateur choisi est un évaporateur au bois isolé, ventilé et étanche. Le bois est acheté en bille et livré à la ferme par camion. Les travaux de couper, de fendre et entreposer le bois sont faits par des personnes rémunérées.

Tableau 9 : Synthèse des coûts - Évaporateur 40 000 entailles (160 000 lb de sirop).

Type d'évaporateur et taux de concentration	Bois 16° brix Isolé-ventilé-étanche	Bois 16° brix Haute-perfor.	Granules 16° brix	Huile 16° brix conventionnel	Huile 16° brix Haute-perfo.	Électrique 16° brix
Dimension/modèle	6X 16	6X16	6X16	6X16	6X 16	440
Capacité horaire gal/ h de sirop	79	80	80	85	92	84
Heures d'opération journalière moyenne	8.47	8.38	8.38	7.48	6.97	8.04
Coût de l'appareil	50 000 \$	74 000 \$	72 500 \$	40 000 \$	75 717 \$	166 500 \$
Coût de modification cabane			20 000 \$			25 000 \$
Charges fixes annuelles*	4 053.89 \$	5 999.75 \$	7 408.01 \$	3 243.11 \$	6 138.96 \$	15 411.79 \$
Charge variable ** 4 lb/ent	15 463.55 \$	14 767.24 \$	15 040.87 \$	27 710.62 \$	25 948.77 \$	8 239.17 \$
Coût de l'énergie par baril de 32 gallons	***35,67 \$	39.13 \$	32.85 \$	69.18 \$	60.93 \$	4.18 \$
Total des charges 4 lb/ent	19 517.44 \$	20 766.99 \$	22 448.88 \$	30 953.73 \$	32 087.73 \$	23 650.96 \$
Charge totale par baril de 32 gallons 4 lb-ent	51.71 \$	55.02 \$	59.48 \$	82.02 \$	85.02 \$	62.67 \$

*les charges fixes sont le coût du financement ou d'opportunité et les assurances

**les charges variables comprennent le coût d'entretien (4% du coût d'achat) et le coût de l'énergie pour produire 4 livres de sirop.

***Vu le volume de bois nécessaire dans ce cas, nous avons considéré que le bois était acheté en longueur de camion et débité, fendu à la ferme. Le coût de la corde bois revient alors à 103,23 \$ la corde en incluant le salaire des ouvriers pour couper, fendre et corder le bois.

**** Dans le calcul des heures d'opération, nous avons considéré que les évaporateurs à l'huile demandent 40% moins de temps pour le démarrage et l'arrêt que les autres types d'évaporateur. Ceci diminue le temps moyen d'opération en comparaison aux autres types d'évaporateur et diminue légèrement la quantité de combustible nécessaire.

Discussion sur les résultats de coûts pour les choix de modèles d'évaporateur pour une érablière de 40 000 entailles.

En considérant seulement le coût de l'énergie, ce sont l'évaporateur électrique (4,18 \$) et l'évaporateur aux granules (32,85 \$) qui coûtent le moins par baril. Cependant, lorsqu'on inclut les autres frais variables (entretien) et les frais fixes, ce sont l'évaporateur au bois ventilé et étanche (51.71 \$) et l'évaporateur aux bois haute performance (55.02 \$) qui sont les moins coûteux à opérer par baril de 32 gallons. Dans ce calcul, on ne compte pas de la main-d'œuvre pour chauffer l'évaporateur.

La valeur du travail pour manipuler et chauffer est, avec le prix de l'huile à 0,95 \$/litre, (septembre 2019) de :

Nombre de barils de sirop/an X ((coûts d'huile/baril) moins (coût du bois/baril))

377,42 barils X (69.18-35.67) \$/baril = 12 647.34 \$ ou pour 132 cordes de 24 pouces représentent près de **95.81 \$ la corde**. Pour l'entreprise ce montant peut servir à financer la main-d'œuvre additionnelle nécessaire pour manipulation et le chauffage du bois dans l'évaporateur.

En ajoutant le coût de 103.23 \$/corde, pour les frais d'achat et livraison des billes, pour les frais de main-d'œuvre et pour les équipements de découpe et de fendage, les cordes de bois, une fois rendue dans le foyer de l'évaporateur **valent 199.04 \$** en équivalent prix de l'huile actuel.

Si votre entreprise n'a pas le temps ou les ressources pour faire le bois et le chauffer, les coûts fixes et variables des autres options se ressemblent variant de 59.48 \$ à 85.02 \$ par baril. L'élément de prix le plus volatile est le prix de l'huile qui peut **changer** rapidement dans le contexte géopolitique actuel. On constate également que l'évaporateur à l'huile haute performance devient équivalent en frais fixes et frais variables avec l'évaporateur à l'huile conventionnel pour cette taille d'érablière.

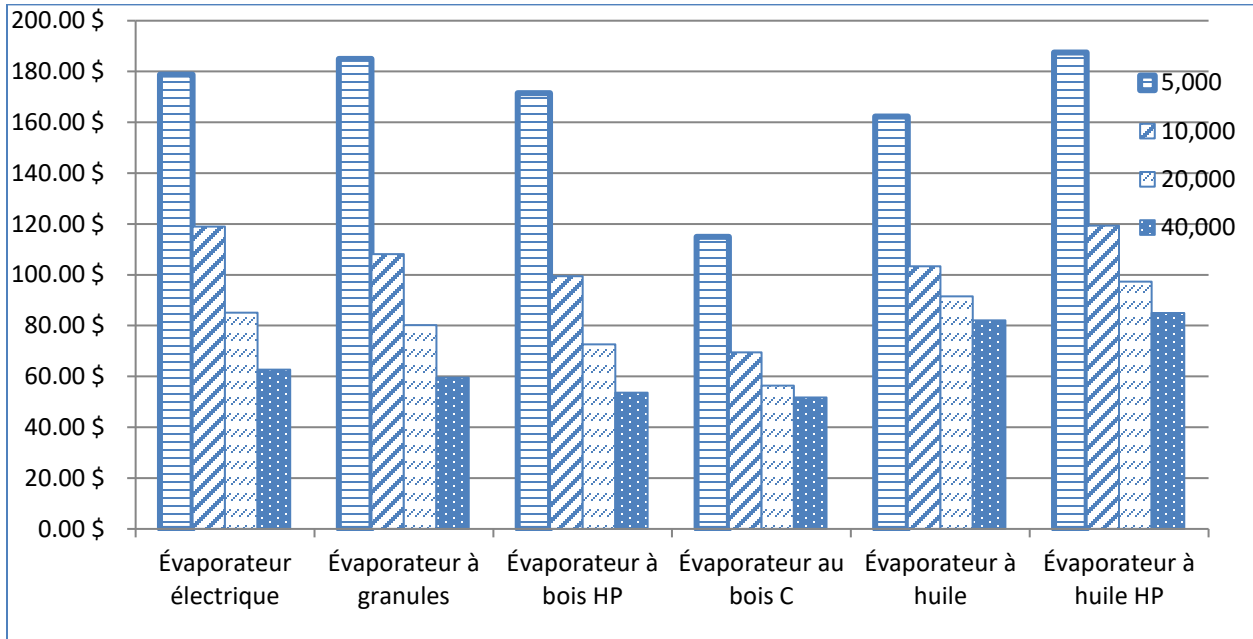
4.5. Discussion sur les coûts de propriété et les frais variables

La figure 4 présente en histogramme les résultats des calculs pour 6 types d'évaporateur et 4 tailles d'entreprise. D'une façon générale, l'évaporateur au bois conventionnel pour les entreprises de taille moyenne ou de petite taille, ou l'évaporateur au bois ventilé étanche, pour les 20 000 entailles et plus, sont les moins dispendieux en coûts de propriété et en coûts de frais variables. Cependant ces tableaux ne tiennent pas compte de la main-d'œuvre additionnelle nécessaire pour alimenter l'évaporateur en bois lors de l'évaporation. Pour une journée moyenne d'une érablière de 40 000 entailles, il faudra manipuler 6 cordes de bois de 24 pouces et 12 cordes pour une journée de coulée de pointe.

Pour les entreprises de grande taille 20 000 entailles et plus, l'utilisation du bois comme combustible demandera une personne de plus à la cabane. L'utilisation de palettes de bois pré-cordées et de chariot élévateur sont nécessaires pour rendre ce travail efficace.

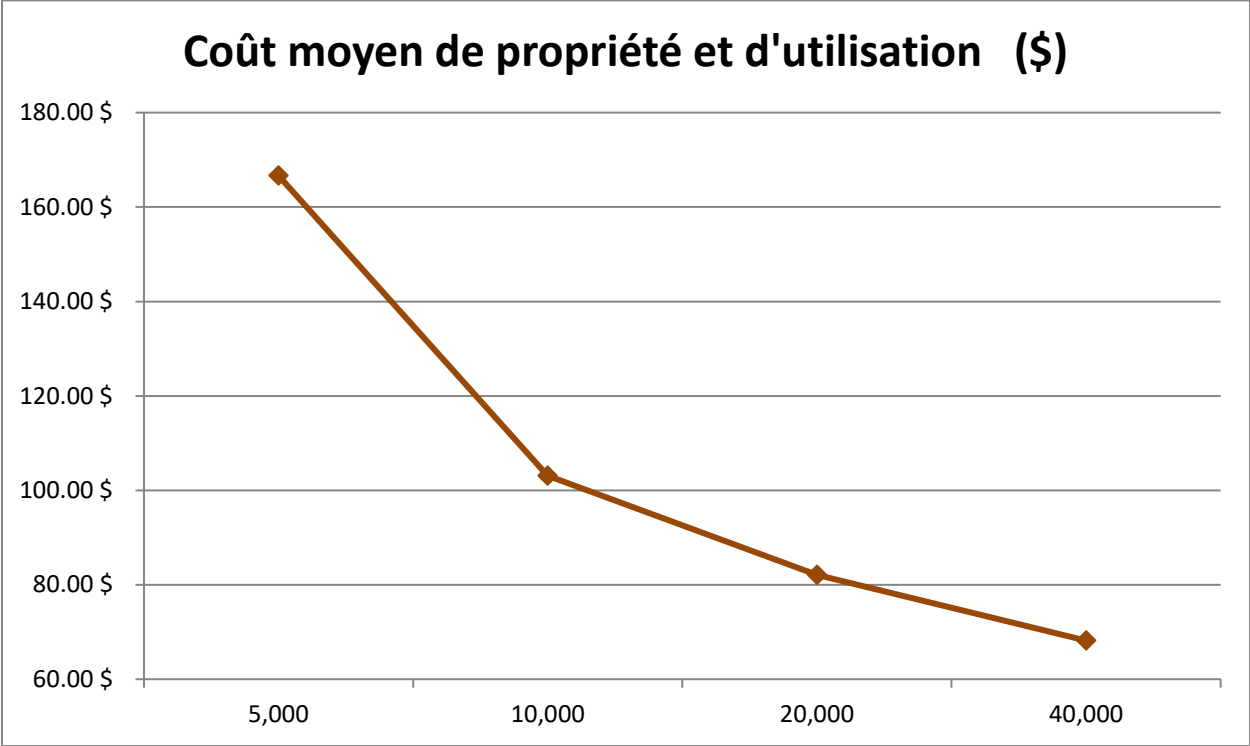
Les autres options d'évaporateur se comparent relativement pour une même taille d'entreprise. Dans le cas des entreprises de plus de 20 000 entailles, l'option évaporateur à l'huile et l'option évaporateur à huile haute performance sont les options les plus coûteuses

Figure 4 : Coûts par baril de 32 gallons de propriété et coûts des frais variables de différents types d'évaporateur selon la taille des entreprises.



Pour terminer, nous avons fait la moyenne des coûts de propriété et de frais variables des évaporateurs pour les 4 tailles d'entreprise. La figure 5 présente ces résultats. On y constate que la moyenne des coûts par baril de 32 gallons passe de 166.64 \$ pour les entreprises de 5 000 entailles à 68.18 \$ pour les entreprises de 40 000 entailles.

Figure 5 : Coût moyen par baril de 32 gallons de propriété et de frais variable d'un évaporateur selon la taille de l'entreprise.



5. Conclusion

Plusieurs facteurs sont à considérer dans le choix d'un évaporateur. Les propriétaires doivent regarder leur production de sirop actuelle et anticiper le développement de l'entreprise pour les 5 à 10 prochaines années. Par la suite ils devront choisir le niveau de concentré qu'ils anticipent d'utiliser. Avec ces données en main, ils peuvent déterminer la taille ou la capacité de l'évaporateur requis.

Le choix de l'évaporateur sera adéquat en autant que les autres composantes de production répondent aux besoins de l'entreprise. Il faut avoir un équilibre entre les composantes. Le dimensionnement du système de séparation membranaire doit être capable de fournir l'évaporateur peu importe la température de l'eau d'érable. Les pompes de transport de l'eau et la capacité suffisante d'entreposage sont aussi des éléments clés dans le bon fonctionnement des opérations.

Connaissant les services d'entretien et les sources d'énergie disponibles dans leur secteur, ils peuvent également s'attarder, selon leur préférence et selon les personnes responsables de faire le sirop, aux types d'évaporateurs adéquats pour leur entreprise.

Par la suite, ils peuvent, selon la situation de l'entreprise, choisir un modèle d'évaporateur en fonction de leurs préférences, des coûts (fixes et variables), des sources d'énergie disponibles et du service après-vente offert par l'équipementier.

D'une façon générale, l'évaporateur au bois conventionnel ou au bois ventilé et étanche semble le type d'évaporateur les moins dispendieux à opérer. Cela est possible seulement en ne comptant pas de salaire pour faire le bois.

Cependant, si le bois n'est pas possible pour l'entreprises, alors il faut faire une analyse du pour et du contre des autres options.

Quelques références utilisées

Catalogue 2019, Équipement Lapierre inc. www.equipementsderabliere.elapierre.com

Catalogue 2019, Dominion & Grimm inc. www.dominiongrimm.ca

Catalogue 2019, Équipement d'érablière CDL inc. www.cdl-dallaire.com

Catalogue 2019, H2O Innovation www.h2oinnovation.net

Catalogue 2019, Tôle inox www.toleinox.com

Catalogue 2019, LS Bilodeau www.lsbilodeau.com

Catalogue 2019, www.evaporateurfaucher.com

Ali, F.; Houde, J.; St-Pierre, N.; 2014. *Outil de calcul comparatif du coût de production du sirop d'érable selon le type de combustible (huile, bois, granules de bois)*. Centre ACER, ACERUPA2014. Version 1.1.

Arzate, Alfa. 2010. *La séparation membranaire : comment maintenir la performance des membranes ?* Conférence présentée dans le cadre des journées acéricoles 2010, Centre ACER et MAPAQ; 54 diapositives.

Arzate, Alfa. 2008. *Procédé de séparation membranaire et leur application dans l'industrie alimentaire*. Revue de littérature, Centre ACER; 56p.

Allard, Gaston et Martin Belzile. 2004. *Cahier de transfert technologique en acériculture* CRAAQ 2004, Centre ACER, sections 3 à 9; 358 p.

Allard, Gaston. 2000. *Modèle évapo 2 avec itération de calcul d'évaporation des évaporateurs à huile*. Fichier EXCEL; non publié.

Bernier, Raymond et Julien Venne. 2017. *Calcul des coûts de propriété et des coûts de frais variable pour différents types d'évaporateur*. Fichier excel; MAPAQ.

Boucher, André. 2007 *Des solutions pour contrer la hausse des coûts du pétrole*. Cahier de conférence des journées acéricoles 2007, Mont-Saint-Grégoire et Lac-Mégantic, Syndicat des producteurs Acéricoles de L'Estrie et MAPAQ; 45-50 pp.

Boutin, Martin. 2017. *Investir en acériculture, oui, mais à quel prix?* Centre Multi-Conseils Agricoles, Cahier de conférences des Journées acéricoles 2017, MAPAQ; 7-42 pp.

Martin, Nathalie et Yves Bois. 2017. *L'état de la recherche sur les agents antimoussants*. Cahier de conférences des journées acéricoles 2017, MAPAQ; 71-83

Poisson, Vincent. 2016. *Les évaporateurs aux bois et aux granules de nouvelle génération caractéristiques et fonctionnement des évaporateurs aux bois*. ProForêt consultants, Cahier de conférences des journées acéricoles 2016, MAPAQ; 41-97 pp.

Poisson, Vincent. 2015. *Évaporateur au bois et ses particularités*. Club acéricole du Granit, Cahier de conférences des journées acéricoles 2015, MAPAQ, 24 p.

Producteurs et productrices acéricoles du Québec. 2019. *Types d'évaporateurs en 2019*. Données tirées de la fiche de déclaration annuelle des entreprises acéricoles possédant un contingent.

Producteurs et productrices acéricoles du Québec. 2019. *Niveaux de concentration membranaire et tailles des entreprises acéricoles possédant un contingent.* Données tirées de la fiche de déclaration annuelle des entreprises acéricoles.

Leduc, Philippe et Vincent Poisson. 2018 *L'utilisation du bois comme combustible d'avenir?* ProForêt consultant, Cahier de conférences des journées acéricoles 2018, MAPAQ; 79-103 pp.

Lemelin, Donald. 2014. *Diagnostic d'un évaporateur de sève d'érable à la recherche de la performance et de l'efficacité énergétique.* Conseiller, formation en ingénierie, Cahier de conférences des journées acéricoles 2014, MAPAQ; 89 p.

Convertisseur acéricole. Centre ACER. <http://www.centreacer.gc.ca/>

Personnes consultées et/ou collaboratrices

Bernard Lapointe, producteur acéricole, Estrie.

David Lapointe, ingénieur forestier, conseiller de référence en acériculture, MAPAQ Centre-du-Québec

Julien Venne, agronome, concepteur du fichier Excel Calcul des Coûts de propriété et des coûts de frais variables pour les évaporateurs, MAPAQ

Franck Djea, agronome, conseiller en économie et en gestion, MAPAQ, Outaouais.

Gabriel Weiss, technicien agricole, MAPAQ, Estrie

Éric Roy, technicien agricole, MAPAQ, Chaudière-Appalaches

Rachel Proulx, technicienne agricole, MAPAQ, Bas-St-Laurent

André Boucher, producteur acéricole, Basses-Laurentides

Vincent Mongeon, producteur acéricole, Outaouais

Martin Daigneault, producteur acéricole, Outaouais

Raymond Nadeau, Conseiller acéricole, Club de Qualité Acéricole de Beauce-Appalaches

Nicolas St-Pierre. Coordonnateur agricole à l'Institut national d'agriculture biologique CEGEP de Victoriaville

Remerciement

Relecture : Bernard Lapointe et David Lapointe

Révision grammaire et syntaxe : Céline Dallaire

Conception du fichier Excel : Julien Venne

Annexe 1 : Simulation pour une érablière de 5 000 entailles

Calculateur de coût de propriété et de coût variable de différents modèles d'évaporateurs

concentré 12 brix

Seules les cases bleues devraient être modifiées.

Type d'évaporateur:	125	125		65%		50%		65%		75%	
		Évaporateur électrique	Évaporateur à granules	Évaporateur à bois HP	Évaporateur au bois C	Évaporateur à huile	Évaporateur à huile HP				
Données techniques	125	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	
Production de sirop par entaille	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	
Production annuelle en baril de 32 gallons	47.18	47.18	47.18	47.18	47.18	47.18	47.18	47.18	47.18	47.18	
Capacité horaire de l'évaporateur	14.00	24.00	22.00	18.00	19.00	23.00					
Capacité horaire en baril de 32 gallons	0.44	0.75	0.69	0.56	0.59	0.72					
Heures d'opérations efficaces par année *	107.83	62.90	68.62	83.87	79.46	65.64					
Heures d'opération pour départ, arrêt, nettoyage, ajustement	20	25	25	25	15	15					
Heures totales d'utilisation	127.83	87.90	93.62	108.87	94.46	80.64					
Moyenne d'heures d'opération par jour	6.09	4.19	4.46	5.18	4.50	3.84					
Données financières											
Prix d'achat de l'équipement **	\$ 58,000 \$	\$ 50,000 \$	\$ 50,000 \$	\$ 24,000 \$	\$ 24,500 \$	\$ 38,500 \$					
Coût des modifications cabane	\$ 13,000 \$	\$ 8,000 \$									
Période d'utilisation	15	15	15	15	15	15					
Intérêt ou coût d'opportunité du capital	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00					
Valeur résiduelle après 15 ans équipement	\$ 17,750.00 \$	\$ 14,500.00 \$	\$ 12,500.00 \$	\$ 6,000.00 \$	\$ 6,125.00 \$	\$ 9,625.00 \$					
Coût de propriété du système d'évaporateur (fixe)											
Remboursement capital & intérêt	\$/an 5,431.06 \$	4,436.64 \$	3,824.69 \$	1,835.85 \$	1,874.10 \$	2,945.01 \$					
Assurances	\$/an 325.46 \$	265.87 \$	229.20 \$	110.02 \$	112.31 \$	176.48 \$					
Coût de propriété annuel	\$/an 5,756.52 \$	4,702.51 \$	4,053.89 \$	1,945.87 \$	1,986.40 \$	3,121.49 \$					
Coût de propriété (horaire)	\$/h 53.38 \$	74.76 \$	59.08 \$	23.20 \$	25.00 \$	47.56 \$					
Coût de propriété de l'évaporateur par baril de 32 gal.	\$/baril 122.02 \$	99.68 \$	85.93 \$	41.25 \$	42.11 \$	66.17 \$					
Coûts d'utilisation du système d'évaporateur (charges variables)											
Entretien des équipements	\$/an 2,320.00 \$	2,000.00 \$	2,000.00 \$	960.00 \$	980.00 \$	1,540.00 \$					
Coût du combustible	unité variable .094 \$/KWh	.21 \$/kg	85.54 \$/corde	85.54 \$/corde	.95 \$/litre	.95 \$/litre					
Quantité de combustible par baril de 32 gal. instantané	68 KWh	146.00 kg	.37 corde	.48 corde	88.00 litres	76.00 litres					
Quantité de combustible par baril de 32 gal. base annuel	81 KWh	204.03 kg	.50 corde	.62 corde	104.61 litres	93.37 litres					
Coûts de l'énergie par baril de 32 gal. à 16 Brix	\$/baril 7.56 \$	42.85 \$	43.18 \$	53.30 \$	99.38 \$	88.70 \$					
Coûts variables (annuel)	\$/an 2,676.72 \$	4,021.32 \$	4,037.12 \$	3,474.44 \$	5,668.55 \$	5,724.58 \$					
Coût variable (horaire)	\$/h 20.94 \$	45.75 \$	43.12 \$	31.91 \$	60.01 \$	70.99 \$					
Coût variable par baril de 32 gal.	\$/baril 56.74 \$	85.24 \$	85.57 \$	73.65 \$	120.16 \$	121.34 \$					
Coûts de propriété + coûts variables par baril de 32 gal.	\$/baril 178.76 \$	184.92 \$	171.50 \$	114.89 \$	162.26 \$	187.51 \$					
RATIO DU COÛT DE PROPRIÉTÉ PAR BARIL DES DIFFÉRENTS MODÈLES D'ÉVAPORATEURS VS ÉVAPORATEUR ÉLECTRIQUE		100%	82%	70%	41%	35%					
RATIO DU COÛT DE PROPRIÉTÉ + COÛT VARIABLE PAR BARIL DES DIFFÉRENTS MODÈLES D'ÉVAPORATEURS VS ÉVAPORATEUR ÉLECTRIQUE		100%	103%	96%	64%	91%					

* Heure d'utilisation excluant le temps nécessaire pour le démarrage, l'arrêt et le nettoyage de l'équipement

** Les coûts ne comprennent pas les réservoirs de combustible, les entrepôts à bois ou à granule, les entrées électriques à changer et les lignes électriques à modifier

Annexe 2 : Simulation pour une érablière de 10 000 entailles

Calculateur de coût de propriété et de coût variable de différents modèles d'évaporateurs

		concentré 16 brix		Seules les cases bleues devraient être modifiées.		4X14 16 brix		4X14 16 brix		3.5X12 16 brix		3.5X14 16 Brix	
		160		65%		65%		50%		65%		75%	
Type d'évaporateur:		Évaporateur électrique		Évaporateur à granules		Évaporateur à bois HP		Évaporateur au bois C		Évaporateur à huile		Évaporateur à huile HP	
	unités	10,000	entailles	10,000	entailles	10,000	entailles	10,000	entailles	10,000	entailles	10,000	entailles
Données techniques													
Production de sirop par entaille	lb/entaille	4.00		4.00		4.00		4.00		4.00		4.00	
Production annuelle en baril de 32 gallons	baril/année	94.35		94.35		94.35		94.35		94.35		94.35	
Capacité horaire de l'évaporateur	gallons de sirop/heure	23.00		36.00		36.00		28.00		33.00		36.00	
Capacité horaire en baril de 32 gallons	baril/heure	0.72		1.13		1.13		0.88		1.03		1.13	
Heures d'opérations efficaces par année *	heure/année	131.27		83.87		83.87		107.83		91.49		83.87	
Heures d'opération pour départ, arrêt, nettoyage, ajustement	heure/année	20		25		25		25		15		15	
Heures totales d'utilisation	heure/année	151.27		108.87		108.87		132.83		106.49		98.87	
Moyenne d'heures d'opération par jour	heures/jour	7.20		5.18		5.18		6.33		5.07		4.71	
Données financières													
Prix d'achat de l'équipement **	\$	89,000 \$		50,000 \$		55,000 \$		27,000 \$		27,500 \$		46,000 \$	
Période d'utilisation	ans	15		15		15		15		15		15	
Coût des modifications cabane	\$	15,000 \$		10,000 \$									
Intérêt ou coût d'opportunité du capital	%	4.00		4.00		4.00		4.00		4.00		4.00	
Valeur résiduelle après 15 ans	\$	26,000.00 \$		15,000.00 \$		13,750.00 \$		6,750.00 \$		6,875.00 \$		11,500.00 \$	
	\$			2,500.00 \$									
Coût de propriété du système d'évaporateur (fixe)													
Remboursement capital & intérêt	\$/an	6,625.83 \$		4,589.62 \$		4,207.16 \$		2,065.33 \$		2,103.58 \$		3,518.71 \$	
Assurances	\$/an	476.74 \$		229.20 \$		252.12 \$		123.77 \$		126.06 \$		210.86 \$	
Coût de propriété annuel	\$/an	7,102.56 \$		4,818.82 \$		4,459.28 \$		2,189.10 \$		2,229.64 \$		3,729.58 \$	
Coût de propriété (horaire)	\$/h	54.10 \$		57.46 \$		53.17 \$		20.30 \$		24.37 \$		44.47 \$	
Coût de propriété de l'évaporateur par baril de 32 gal.	\$/baril	75.28 \$		51.07 \$		47.26 \$		23.20 \$		23.63 \$		39.53 \$	
Coûts d'utilisation du système d'évaporateur (charges variables)													
Entretien des équipements	\$/an	3,560.00 \$		2,000.00 \$		2,200.00 \$		1,080.00 \$		1,100.00 \$		1,840.00 \$	
Coût du combustible	unité variable	.094 \$/KWh		.21 \$/kg		85.54 \$/corde		85.54 \$/corde		.95 \$/litre		.95 \$/litre	
Quantité de combustible par baril de 32 gal. instantané		66 KWh		131.42 kg		.26 corde		.33 corde		61.60 litres		53.90 litres	
Quantité de combustible par baril de 32 gal.	unité variable	76 KWh		170.59 kg		.34 corde		.41 corde		71.70 litres		63.54 litres	
Coûts de l'énergie par baril de 32 gal. à 16 Brix	\$/baril	7.13 \$		35.82 \$		28.87 \$		34.77 \$		68.11 \$		60.36 \$	
Coûts variables (annuel)	\$/an	4,233.12 \$		5,380.20 \$		4,923.98 \$		4,360.93 \$		7,526.82 \$		7,535.47 \$	
Coût variable (horaire)	\$/h	27.98 \$		49.42 \$		45.23 \$		32.83 \$		70.68 \$		76.22 \$	
Coût variable par baril de 32 gal.	\$/baril	44.86 \$		57.02 \$		52.19 \$		46.22 \$		79.77 \$		79.86 \$	
Coûts de propriété + coûts variables par baril de 32 gal.	\$/baril	120.14 \$		108.09 \$		99.45 \$		69.42 \$		103.40 \$		119.39 \$	
RATIO DU COÛT DE PROPRIÉTÉ PAR BARIL DES DIFFÉRENTS MODÈLES D'ÉVAPORATEURS VS ÉVAPORATEUR ÉLECTRIQUE		100%		68%		63%		45%		31%		53%	
RATIO DU COÛT DE PROPRIÉTÉ + COÛT VARIABLE PAR BARIL DES DIFFÉRENTS MODÈLES D'ÉVAPORATEURS VS ÉVAPORATEUR ÉLECTRIQUE		100%		90%		83%		58%		86%		99%	

* Heure d'utilisation excluant le temps nécessaire pour le démarrage, l'arrêt et le nettoyage de l'équipement

** Les coûts ne comprennent pas les réservoirs de combustible, les entrepôts à bois ou à granule, les entrées électriques à changer et les lignes électriques à modifier

Annexe 3 : Simulation pour une érablière de 20 000 entailles

Calculateur de coût de propriété et de coût variable de différents modèles d'évaporateurs

concentré 16 brix

Seules les cases bleues devraient être modifiées.

Type d'évaporateur:	225 16 brix		5X14		5X16		5X16		5X14		4X16	
	Évaporateur électrique		Évaporateur à granules		Évaporateur bois HP		Évaporateur à bois*		Évaporateur à huile		Évaporateur à huile HP	
	20,000	entailles	20,000	entailles	20,000	entailles	20,000	entailles	20,000	entailles	20,000	entailles
Données techniques	unités											
Production de sirop par entaille	4.00		4.00		4.00		4.00		4.00		4.00	
Production annuelle en baril de 32 gallons	188.71		188.71		188.71		188.71		188.71		188.71	
Capacité horaire de l'évaporateur	43.00		48.00		48.00		39.00		48.00		46.00	
Capacité horaire en baril de 32 gallons	1.34		1.50		1.50		1.22		1.50		1.44	
Heures d'opérations efficaces par année **	140.43		125.81		125.81		154.84		125.81		131.27	
Heures d'opération pour départ, arrêt, nettoyage, ajustement	25		25		25		25		15		15	
Heures totales d'utilisation	165.43		150.81		150.81		179.84		140.81		146.27	
Moyenne d'heures d'opération par jour	7.88		7.18		7.18		8.56		6.71		6.97	
Données financières												
Prix d'achat de l'équipement ***	\$	113,500 \$		64,000 \$		65,500 \$		41,500 \$		33,500 \$		57,000 \$
Coût des modifications cabane	\$	20,000 \$		15,000 \$								
Période d'utilisation	ans	15		15		15		15		15		15
Intérêt ou coût d'opportunité du capital	%	4.00		4.00		4.00		4.00		4.00		4.00
Valeur résiduelle après 15 ans	\$	33,375.00 \$		19,750.00 \$		16,375.00 \$		10,375.00 \$		8,375.00 \$		14,250.00 \$
Coût de propriété du système d'évaporateur (fixe)												
Remboursement capital & intérêt	\$/an	10,211.91 \$		6,043.01 \$		5,010.34 \$		3,174.49 \$		2,562.54 \$		4,360.14 \$
Assurances	\$/an	520.28 \$		293.38 \$		300.25 \$		190.24 \$		153.56 \$		261.29 \$
Coût de propriété annuel	\$/an	10,732.20 \$		6,336.38 \$		5,310.59 \$		3,364.73 \$		2,716.10 \$		4,621.43 \$
Coût de propriété (horaire)	\$/h	76.42 \$		50.37 \$		42.21 \$		21.73 \$		21.59 \$		35.20 \$
Coût de propriété de l'évaporateur par baril de 32 gal.	\$/baril	56.87 \$		33.58 \$		28.14 \$		17.83 \$		14.39 \$		24.49 \$
Coûts d'utilisation du système d'évaporateur (charges variables)												
Entretien des équipements	\$/an	4,540.00 \$		2,560.00 \$		2,620.00 \$		1,660.00 \$		1,340.00 \$		2,280.00 \$
Coût du combustible	unité variable	.094 \$/KWh		.21 \$/kg		85.54 \$/corde		85.54 \$/corde		.95 \$/l		.95 \$/l
Quantité de combustible par baril de 32 gal. instantané	unité variable	37 kWh		131.42 kg		.26 corde		.30 corde		65.87 l		57.37 l
Quantité de combustible par baril de 32 gal. base annuel		44 kWh		157.54 kg		.31 corde		0.34844		73.72 l		63.93 l
Coûts de l'énergie par baril de 32 gal. à 16 Brix	\$/baril	4.11 \$		33.08 \$		26.66 \$		29.81 \$		70.04 \$		60.73 \$
Coûts variables (annuel)	\$/an	5,315.69 \$		8,802.93 \$		7,650.95 \$		7,284.51 \$		14,556.64 \$		13,740.04 \$
Coût variable (horaire)	\$/h	32.13 \$		58.37 \$		50.73 \$		40.51 \$		103.38 \$		93.93 \$
Coût variable par baril de 32 gal.	\$/baril	28.17 \$		46.65 \$		40.54 \$		38.60 \$		77.14 \$		72.81 \$
Coûts de propriété + coûts variables par baril de 32 gal.	\$/baril	85.04 \$		80.23 \$		68.69 \$		56.43 \$		91.53 \$		97.30 \$
RATIO DU COÛT DE PROPRIÉTÉ PAR BARIL DES DIFFÉRENTS MODÈLES D'ÉVAPORATEURS VS ÉVAPORATEUR ÉLECTRIQUE												
		100%		59%		49%		31%		25%		43%
RATIO DU COÛT DE PROPRIÉTÉ + COÛT VARIABLE PAR BARIL DES DIFFÉRENTS MODÈLES D'ÉVAPORATEURS VS ÉVAPORATEUR ÉLECTRIQUE												
		100%		94%		81%		66%		108%		114%

* évaporateur au bois ventilé, isolé, étanche avec panne à plis de 9 pieds et plis de 7,5 po, 6 plis au pied

** Heure d'utilisation excluant le temps nécessaire pour le démarrage, l'arrêt et le nettoyage de l'équipement

*** Les coûts ne comprennent pas les réservoirs de combustible, les entrepôts à bois ou à granule, les entrées électriques à changer et les lignes électriques à modifier

Annexe 4 : Simulation pour une érablière de 40 000 entailles

Calculateur de coût de propriété et de coût variable de différents modèles d'évaporateurs

concentré 16 brix

Seules les cases bleues
devraient être modifiées.

Type d'évaporateur:	440		6X16		6X16		6X16		6X16		6X16	
	Évaporateur électrique		Évaporateur à granules		Évaporateur bois HP		Évaporateur au bois*		Évaporateur à huile		Évaporateur à huile HP	
	40,000	entailles	40,000	entailles	40,000	entailles	40,000	entailles	40,000	entailles	40,000	entailles
Données techniques												
	unités											
Production de sirop par entaille	lb/entaille	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Production annuelle en baril de 32 gallons	baril/année	377.42	377.42	377.42	377.42	377.42	377.42	377.42	377.42	377.42	377.42	377.42
Capacité horaire de l'évaporateur	gallons de sirop/heure	84.00	80.00	80.00	80.00	79.00	79.00	85.00	85.00	92.00	92.00	92.00
Capacité horaire en baril de 32 gallons	baril/heure	2.63	2.50	2.50	2.50	2.47	2.47	2.66	2.66	2.88	2.88	2.88
Heures d'opérations efficaces par année **	heure/année	143.78	150.97	150.97	150.97	152.88	152.88	142.09	142.09	131.27	131.27	131.27
Heures d'opération pour départ, arrêt, nettoyage, ajustement	heure/année	25	25	25	25	25	25	15	15	15	15	15
Heures totales d'utilisation	heure/année	168.78	175.97	175.97	175.97	177.88	177.88	157.09	157.09	146.27	146.27	146.27
Moyenne d'heures d'opération par jour	heures/jour	8.04	8.38	8.38	8.38	8.47	8.47	7.48	7.48	6.97	6.97	6.97
Données financières												
Prix d'achat de l'équipement ***	\$	166,500 \$	72,500 \$	74,000 \$	74,000 \$	50,000 \$	50,000 \$	40,000 \$	40,000 \$	75,717 \$	75,717 \$	75,717 \$
Coût des modifications cabane	\$	25,000 \$	20,000 \$									
Période d'utilisation	ans	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Intérêt ou coût d'opportunité du capital	%	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Valeur résiduelle après 15 ans		47,875.00 \$	23,125.00 \$	18,500.00 \$	18,500.00 \$	12,500.00 \$	12,500.00 \$	10,000.00 \$	10,000.00 \$	18,929.25 \$	18,929.25 \$	18,929.25 \$
Coût de propriété du système d'évaporateur (fixe)												
Remboursement capital & intérêt	\$/an	14,648.55 \$	7,075.67 \$	5,660.54 \$	5,660.54 \$	3,824.69 \$	3,824.69 \$	3,059.75 \$	3,059.75 \$	5,791.88 \$	5,791.88 \$	5,791.88 \$
Assurances	\$/an	763.24 \$	332.34 \$	339.22 \$	339.22 \$	229.20 \$	229.20 \$	183.36 \$	183.36 \$	347.09 \$	347.09 \$	347.09 \$
Coût de propriété annuel	\$/an	15,411.79 \$	7,408.01 \$	5,999.75 \$	5,999.75 \$	4,053.89 \$	4,053.89 \$	3,243.11 \$	3,243.11 \$	6,138.96 \$	6,138.96 \$	6,138.96 \$
Coût de propriété (horaire)	\$/h	107.19 \$	49.07 \$	39.74 \$	39.74 \$	26.52 \$	26.52 \$	22.83 \$	22.83 \$	46.76 \$	46.76 \$	46.76 \$
Coût de propriété de l'évaporateur par baril de 32 gal.	\$/baril	40.84 \$	19.63 \$	15.90 \$	15.90 \$	10.74 \$	10.74 \$	8.59 \$	8.59 \$	16.27 \$	16.27 \$	16.27 \$
Coûts d'utilisation du système d'évaporateur (charges variables)												
Entretien des équipements	\$/an	6,660.00 \$	2,900.00 \$	2,960.00 \$	2,960.00 \$	2,000.00 \$	2,000.00 \$	1,600.00 \$	1,600.00 \$	3,028.68 \$	3,028.68 \$	3,028.68 \$
Coût du combustible	unité variable	.094 \$/KWh	.21 \$/kg	103.23 \$/corde	103.23 \$/corde	103.23 \$/corde	103.23 \$/corde	.95 \$/l	.95 \$/l	.95 \$/l	.95 \$/l	.95 \$/l
Quantité de combustible par baril de 32 gal. instantané	unité variable	38 KWh	131.42 kg	.26 corde	.26 corde	.30 corde	.30 corde	65.87 l	65.87 l	57.37 l	57.37 l	57.37 l
Quantité de combustible par baril de 32 gal. base annuel		45 KWh	153.18 kg	.30 corde	.30 corde	.35 corde	.35 corde	72.82 l	72.82 l	63.93 l	63.93 l	63.93 l
Coûts de l'énergie par baril de 32 gal. à 16 Brix	\$/baril	4.18 \$	32.17 \$	31.28 \$	31.28 \$	35.67 \$	35.67 \$	69.18 \$	69.18 \$	60.73 \$	60.73 \$	60.73 \$
Coûts variables (annuel)	\$/an	8,239.17 \$	15,040.87 \$	14,767.24 \$	14,767.24 \$	15,463.55 \$	15,463.55 \$	27,710.62 \$	27,710.62 \$	25,948.77 \$	25,948.77 \$	25,948.77 \$
Coût variable (horaire)	\$/h	48.82 \$	85.48 \$	83.92 \$	83.92 \$	86.93 \$	86.93 \$	176.40 \$	176.40 \$	177.40 \$	177.40 \$	177.40 \$
Coût variable par baril de 32 gal.	\$/baril	21.83 \$	39.85 \$	39.13 \$	39.13 \$	40.97 \$	40.97 \$	73.42 \$	73.42 \$	68.75 \$	68.75 \$	68.75 \$
Coûts de propriété + coûts variables par baril de 32 gal.	\$/baril	62.67 \$	59.48 \$	55.02 \$	55.02 \$	51.71 \$	51.71 \$	82.02 \$	82.02 \$	85.02 \$	85.02 \$	85.02 \$
RATIO DU COÛT DE PROPRIÉTÉ PAR BARIL DE DIFFÉRENTS MODÈLES D'ÉVAPORATEURS VS ÉVAPORATEUR ÉLECTRIQUE												
		100%	48%	39%	39%	55%	55%	21%	21%	40%	40%	40%
RATIO DU COÛT DE PROPRIÉTÉ + COÛT VARIABLE PAR BARIL DE DIFFÉRENTS MODÈLES D'ÉVAPORATEURS VS ÉVAPORATEUR ÉLECTRIQUE												
		100%	95%	88%	88%	87%	87%	131%	131%	136%	136%	136%

* évaporateur au bois ventilé, isolé, étanche avec panne à pils de 9 pieds et pils de 7,5 po, 6 pils au pied

** Heure d'utilisation excluant le temps nécessaire pour le démarrage, l'arrêt et le nettoyage de l'équipement

*** Les coûts ne comprennent pas les réservoirs de combustible, les entrepôts à bois ou à granule, les entrées électriques à changer et les lignes électriques à modifier