

**PRÉSENTATION OFFERTE DANS LE CADRE
DES JOURNÉES ACÉRIQUES 2018 DU MAPAQ**

PAR



L'utilisation du bois comme combustible d'avenir ?

Par :
Philippe Leduc ing.f.
Vincent Poisson ing.f.

Lac-Mégantic, 18 décembre 2017

TABLE DES MATIÈRES

Introduction.....	3
1. Objectifs.....	3
2. Mise en contexte	4
3. Méthodes de production du bois de chauffage.....	6
3.1.1 Récolte de données sur la performance, l'efficacité des évaporateurs et les méthodes de production	6
3.1.2 Analyse des données recueillies	9
4. Coûts de fonctionnement selon les types d'évaporateur.....	11
4.1 Coûts selon divers scénarios de production du bois de chauffage.....	11
4.1.1 Scénarios de calcul	11
4.1.2 Méthodologie du calcul du coût de la corde de bois	12
4.1.3 Résultats	13
4.2 Coût par baril de sirop en utilisant les granules de bois.....	15
4.3 Coût par baril de sirop en utilisant le mazout.....	15
4.4 Coût par baril de sirop en utilisant l'électricité.....	16
5. Comparaisons des coûts de production.....	17
5.1.1 Comparaison de coûts de fonctionnement selon les types d'évaporateurs.....	17
5.1.2 Comparaison des coûts de production et d'acquisition selon les types d'évaporateurs.....	18
6. Analyse des résultats	21
7. Conclusion	22
8. Bibliographie	24

Introduction

Depuis plusieurs années, les évaporateurs ont connu leurs parts d'évolution et d'innovation. Si autrefois les évaporateurs étaient essentiellement au bois, avec l'envergure des nouvelles entreprises et le faible prix du pétrole les évaporateurs au mazout ont connu leurs heures de gloire à partir des années 1980 et sont encore très populaires aujourd'hui. L'innovation technologique a aussi amené une diversification des types de combustibles utilisés pour produire le sirop. L'utilisation du mazout comme combustible dans les évaporateurs est une pratique toujours répandue. Cependant, l'arrivée d'évaporateurs utilisant les granules de bois et l'électricité est venue ajouter à la liste des options pour les producteurs et ceux-ci prennent lentement la place de certains évaporateurs fonctionnant au mazout. Par contre, le bois demeure toujours la source d'énergie la plus utilisée par les entreprises acéricoles. Ce combustible a l'avantage d'être renouvelable et disponible à proximité, pourtant, il demeure difficile encore aujourd'hui de pouvoir comparer la valeur associée à l'utilisation du bois comme combustible par rapport aux autres sources d'énergie.

1. Objectifs

Les objectifs de cette étude sont :

- Analyser les différents facteurs qui influencent les coûts de production d'un baril de sirop produit au bois.
- Analyser la rentabilité associée au remplacement des évaporateurs fonctionnant au mazout par des évaporateurs au bois haute performance dans les entreprises acéricoles.
- Analyser la possibilité d'un tel changement étant donné les quantités de bois qui peuvent être nécessaires.
- Comparer les différentes sources d'énergie utilisées en acériculture pour établir le coût fonctionnement des types d'évaporateurs

2. Mise en contexte

La proportion des entreprises utilisant le bois comme combustible est toujours très importante et semble encore s'accroître. De 2015 à 2017, cette proportion est passée de 58% à 59,8% des entreprises (Source : Fédération des producteurs acéricoles du Québec (FPAQ)). Par contre, ces entreprises représentent seulement le tiers des entailles en exploitation (de 33,9% à 33,3% des entailles de 2015 à 2017). Les tableaux 3.1 et 3.2 présentent la répartition des types d'évaporateurs en fonction des entailles et des entreprises du Québec pour l'année 2015 et 2017. Suite à l'analyse des tableaux, on peut remarquer que les entreprises de plus petites envergures fonctionnent encore au bois alors que les plus grandes préfèrent utiliser le mazout.

Tableau 3.1 Répartition des types d'évaporateurs en fonction des entailles et des entreprises du Québec (Source : FPAQ 2015)

Type d'évaporateur	Nombres d'entreprises	Nombre d'entailles	Nombre d'entaille moyen	Entailles (%)
<i>Autre (inconnu)</i>	49	401 948	8 203	0,9
<i>Bois</i>	3617	14 559 970	4 025	33,9
<i>Combiné</i>	378	2 277 316	6 025	5,3
<i>Électrique</i>	36	1 097 735	30 493	2,6
<i>Granule</i>	94	1 970 577	20 964	4,6
<i>Huile</i>	2027	22 622 991	11 161	52,7
Total	6 201	42 930 537	6 923	100

Tableau 3.2 Répartition des types d'évaporateurs en fonction des entailles et des entreprises du Québec (Source : FPAQ 2017)

Type d'évaporateur	Nombre d'entreprises	Nombre d'entailles	Nombre d'entaille moyen	Entailles (%)
<i>Autre (inconnu)</i>	31	168 007	5 420	0.4%
<i>Bois</i>	4 173	15 380 450	3 686	33.3%
<i>Combiné</i>	367	2 325 336	6 336	5.0%
<i>Électrique</i>	77	2 154 733	27 984	4.7%
<i>Granule</i>	117	2 788 448	23 833	6.0%
<i>Huile</i>	2 213	23 025 656	10 405	49.8%
Total	6 978	45 842 630	6 570	100.0%

Cependant, la venue d'évaporateurs au bois haute performance a aidé les entreprises de plus grande envergure à pouvoir envisager à nouveau le bois comme source d'énergie.

Toutefois, plusieurs problématiques peuvent laisser entrevoir que la conversion des entreprises acéricoles à l'utilisation du bois comme source d'énergie pour l'évaporation sera difficile. Tout d'abord, la taille des entreprises semble limitante en raison de la quantité de bois nécessaire pour opérer durant une saison complète. Bien souvent, cette quantité de bois est dépendante du taux de sucre du concentré d'eau d'érable utilisée de même que de l'efficacité de l'évaporateur lui-même. En effet, les évaporateurs dits conventionnels ont une efficacité beaucoup plus faible que les évaporateurs au bois de nouvelle génération. La tâche importante que représente la quantité de bois à couper pour les producteurs acéricoles constitue un frein important à ce changement. Le besoin en équipement pour récolter ce bois peut devenir une problématique majeure en raison de la grande variabilité d'équipement sur le marché, des petits volumes et des difficultés d'opérations. La possibilité d'utiliser des évaporateurs qui combinent le bois et les granules constitue toutefois un avantage pour certains producteurs qui peuvent, en cas de besoin, faire appel aux granules lorsque le bois vient à manquer. L'achat de bois de chauffage déjà prêt à être utilisé peut aussi être envisagé. D'un autre côté, le prix du pétrole étant en hausse et la volonté de réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES) d'un produit dit naturel forcent les concepteurs d'évaporateur à s'orienter vers des évaporateurs utilisant des énergies plus écologiques, qui respectent l'environnement. L'utilisation d'évaporateur au bois haute performance pourrait donc potentiellement permettre de réduire les coûts d'opération.

3. Méthodes de production du bois de chauffage

3.1.1 Récolte de données sur la performance, l'efficacité des évaporateurs et les méthodes de production

L'efficacité énergétique des évaporateurs a évolué de façon significative depuis les dernières années permettant de diminuer les coûts de production. L'amélioration technologique des évaporateurs évaluée en 2012 par l'*UPA de la Beauce* a permis de statuer sur l'efficacité des évaporateurs de l'époque et d'évaluer les lacunes de chacun. Leur rapport fait état des rendements en énergie variant de 64 à 75% pour les évaporateurs à l'huile, de 38 à 57% pour les évaporateurs aux bois et de 63 à 66% pour les évaporateurs aux granules, il s'agit d'une nouveauté dans le monde acéricole à l'époque (UPA de la Beauce, 2012). Respectivement, les objectifs de rendement fixés par l'UPA de la Beauce en 2012, étaient de 75% pour les évaporateurs à l'huile, de 60% pour les évaporateurs aux bois et de 75% pour les évaporateurs aux granules (UPA de la Beauce, 2012).

Une étude réalisée par le MAPAQ en 2013 auprès de 107 entreprises acéricoles, a permis d'évaluer par un sondage l'efficacité des évaporateurs de nouvelle génération dans le cadre du programme prime-vert : – Remplacement de sources d'énergie et valorisation énergétique de la biomasse. L'étude a permis d'établir des consommations moyennes en bois de différentes entreprises. La consommation moyenne en granules pour produire un baril de sirop pour celles-ci est de 0,14 TMA/baril ce qui correspond à un coût d'environ 30\$/baril (Lapointe, 2016). Cette consommation est très proche de celle observée par le Club d'encadrement technique acéricole de l'est en 2012 qui était de 0,16 TMA/baril correspondant au coût de 31,37 \$/baril (Club d'encadrement technique acéricole de l'Est, 2012). Pour les entreprises utilisant le bois, le sondage a permis d'établir des consommations en bois de l'ordre de 0,28 corde de 2 pieds par baril pour un concentré de 15 à 20 brix. Généralement, 68% des entreprises ont utilisé du feuillu dur pour chauffer alors que 25 % ont utilisé du résineux. La qualité du bois utilisé était variable puisque seulement 35% des répondants ont utilisé du bois sain, contre 24% du bois sain et dégradé, et 41% du bois dégradé. L'étude a aussi démontré que 98% des acériculteurs ont eux-mêmes réalisé la récolte et que 76% n'ont pas eu besoin de main-d'œuvre supplémentaire. Le tableau 4.1 présente le pouvoir calorifique d'une

corde de 4 pieds x 4 pieds x 8 pieds de bois sain, selon l'essence en million de BTU (MBTU).

Tableau 4.1 Pouvoir calorifique d'une corde de 4 pieds x 4 pieds x 8 pieds de bois sain selon l'essence en MBTU.

Essence	Hêtre	Érable à sucre	Érable rouge	Bouleau jaune	Bouleau blanc	Frêne	Peuplier	Mélèze	Sapin	Épinette blanche
Pouvoir calorifique (MBTU)	27,8	29	24	26,2	23,4	25	17,7	24	15,5	16,2

Suite à cette étude, le Club acéricole du Sud du Québec a mené sa propre enquête auprès de 25 membres afin de connaître leur consommation en bois, de même que le temps nécessaire à sa production et la valeur des équipements avec lesquelles ils produisaient leur bois de cabane. Les questions posées aux répondants ont permis d'établir une valeur moyenne des équipements de production de bois et d'établir une productivité moyenne horaire. Cette enquête a aussi permis d'établir les habitudes et les circonstances qui influencent les producteurs lors de la production du bois de cabane. La majorité des répondants utilisent des tracteurs de faible puissance (70 à 100 HP) pour leurs opérations de récolte jumelés à des chargeuses de petites dimensions. Ils possèdent également pour la plupart des fendeuses à bois, mais certains préfèrent récolter du bois de petits diamètres et évitent ainsi cette étape de transformation. La valeur moyenne des équipements forestiers neufs utilisés est évaluée à 40 000 \$ comprenant : tracteur, chargeuse, treuil et fendeuse. Aussi, certains possèdent de petits débardeurs à câble. La productivité moyenne d'une corde de bois de 2 pieds est d'environ 1/3 corde par heure en considérant toutes les opérations nécessaires (coupe en forêt, débitage, fendage, cordage et entreposage).

De plus, les données recueillies sur la consommation en bois de ces entreprises ont permis de valider les résultats obtenus par le MAPAQ et présentés lors des journées acéricoles de 2016. Suite à ce sondage, il a été possible d'établir une consommation moyenne de bois pour les évaporateurs au bois conventionnel, qui consomment davantage que les évaporateurs de nouvelle génération. Généralement, les répondants utilisent du bois de qualité moyenne comprenant du bois pourri, du résineux et du bois feuillus durs de qualité en plus faible quantité. Les résultats sont présentés dans la **figure 4.1**. (voir page suivante)

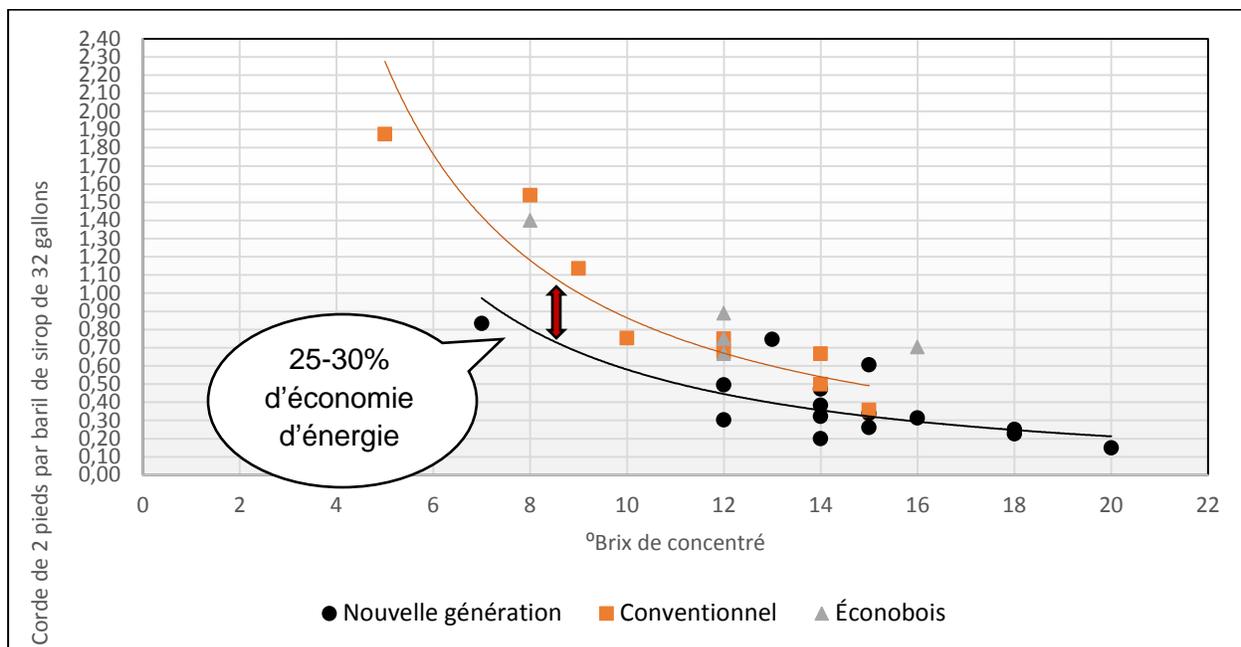


Figure 4.1 Consommation en bois en fonction du brix de concentré des différents types d'évaporateurs (25 répondants)

Parmi les entreprises sondées, il a été possible de constater que les évaporateurs nouvelles générations permettent une économie de l'ordre de 25 à 30 % en combustible et que les évaporateurs éconobois ont un comportement relativement semblable aux évaporateurs conventionnels standard en ce qui attrait à la consommation de bois. À partir des chiffres de consommations obtenues de producteurs par le MAPAQ et le Club acéricole du Sud du Québec, il a été possible de déterminer une consommation moyenne d'un évaporateur au bois selon les taux de sucre de concentré utilisés par les producteurs sondés. Afin de fournir des références sur la consommation en bois pour des taux de concentration différents de ceux obtenus par le sondage, il a fallu extrapoler des consommations théoriques basées sur ces réalités observées sur le terrain. Pour ce faire, nous avons évalué la quantité de concentré à bouillir pour obtenir un baril de sirop à différents taux de brix de concentré. Nous avons ensuite mis en relation cette quantité de concentré avec la consommation en bois obtenus lors de nos sondages. La **figure 4.2 (voir page suivante)** présente les consommations en bois de 2 pieds par baril de sirop de 32 gallons théorique selon la concentration de l'eau d'érable.

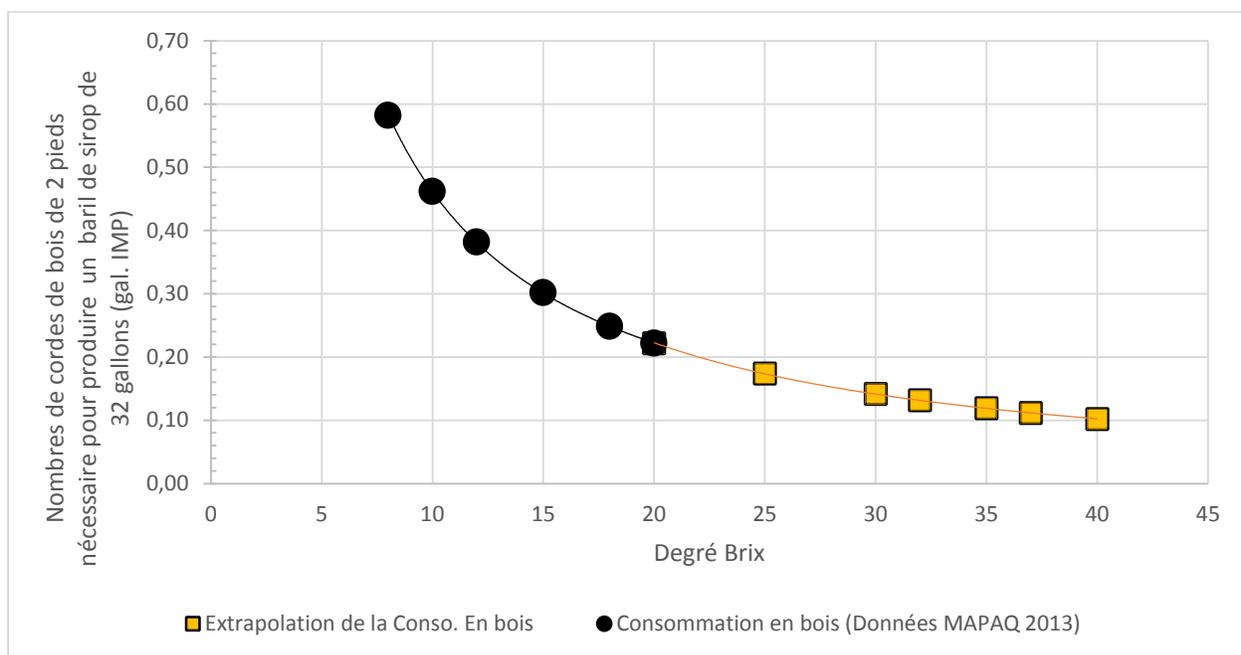


Figure 4.2 Relation entre la consommation en bois et la concentration en sucre du concentré pour produire un baril de sirop

3.1.2 Analyse des données recueillies

De façon générale, les consommations en bois des évaporateurs nouvelles générations évaluées par le *Club acéricole du Sud du Québec* et le *MAPAQ* varient de 0,24 à 0,40 cordes de bois de 2 pieds par baril de sirop de 32 gallons pour un concentré à 15 degrés brix. Ces résultats ont généré des questionnements puisque certains producteurs semblent être très performants et consomment beaucoup moins de bois pour un sirop produit à partir d'un même taux de sucre de concentré. Nous pourrions croire que la qualité du bois influence de beaucoup la performance des évaporateurs. Cependant, certains producteurs utilisant du bois de faible qualité ont tout de même obtenu de bons rendements. Une deuxième hypothèse avancée est que la taille de l'évaporateur qui pourrait permettre un meilleur rendement s'il est de grande dimension. Par contre, les producteurs ayant de petits évaporateurs ont eu des consommations en bois relativement semblables à leurs homologues possédant des évaporateurs de plus grandes tailles. En fait, c'est plutôt une quantité d'eau évaporé par pi^2 de surface plus élevée qui permet d'obtenir une meilleure consommation en bois. En effet, un évaporateur nouvelle génération possède une capacité d'évaporation plus élevée en raison d'une meilleure efficacité énergétique. Leur conception permet d'obtenir un meilleur transfert de chaleur et de maintenir une température de fourneau plus stable.

De plus, la consommation en bois est très corrélée avec la façon dont l'évaporateur est opéré. De bons ajustements internes du fourneau et l'utilisation des bons outils de mesure pour connaître le bon moment de chauffer permet de diminuer de façon importante la consommation en bois. Le simple fait de varier le niveau de solution dans les casseroles aura un impact sur la quantité de sirop produite et sur la consommation en bois. Il y va de même pour le ratio casserole à plis et casserole à plat. En effet, plus un évaporateur a de casserole à plat, plus la quantité de sirop produit à l'heure diminuera. Une proportion trop élevée de casseroles à plis aura toutefois tendance à affecter la saveur du sirop d'érable, alors qu'une proportion élevée de casseroles à fond plat aura comme effet d'augmenter la consommation en combustible. Il faut donc trouver l'équilibre entre la production de sirop horaire et le goût caractéristique du produit. Habituellement, un ratio de 30 à 45% de plat est recommandé pour optimiser la saveur du sirop. La proportion de plat peut être augmentée si la concentration à l'entrée de l'évaporateur est plus élevée. Par exemple, avec un concentré à 8 brix, le ratio recommandé est de 25% à 35 % de casserole à fond plat alors qu'à 20 brix, il est possible d'envisager que ce même ratio passe entre 35% à 50%.

4. Coûts de fonctionnement selon les types d'évaporateur

4.1 Coûts selon divers scénarios de production du bois de chauffage

Les résultats des calculs économiques selon divers scénarios de récolte seront présentés dans cette section. Le coût d'approvisionnement en bois comprend la récolte, le fendage, le tronçonnage du bois et le cordage. Quatre scénarios ont été retenus pour évaluer le coût d'un baril de sirop produit au bois. À titre indicatif, les scénarios de calculs sont basés sur une production annuelle estimée à 170 barils de 32 gallons (20 000 entailles).

4.1.1 Scénarios de calcul

Données fixes :

- Salaire : 20 \$/h par personne pour toutes les étapes;
- Amortissement des équipements utilisés d'une valeur totale de 40 000\$;
- Productivité de 0,32 corde de 2 pieds/heure (Scénarios 1 à 3);
- Productivité fendage et cordage 1 corde de 2 pieds/heure (Scénario 4);
- Valeur d'une charge de camion de bois : 1 700 \$ (8,7 corde de 8 pieds; 37 m³/sol.); (30,6 cordes de bois de 2 pieds)
- Prix du transport par camion de bois : 450 \$;
- Coût des granules : 200 \$/TMA;
- Coût du mazout : 0,84 \$/litre;
- Coût de l'électricité : Entre 0,09 et 0,135 \$/KWh selon la demande énergétique.

Scénarios utilisés :

- **Scénario 1** : Un employé rémunéré pour produire le bois (Équipements forestiers utilisés seulement pour faire le bois de cabane) (160 heures)
- **Scénario 2** : Le bois est produit par des personnes non-rémunérées (scénario courant dans les entreprises familiales) (160 heures)
- **Scénario 3** : Un employé rémunéré pour produire le bois (Équipements forestiers utilisés 1200 heures par années pour travaux divers incluant le bois)
- **Scénario 4** : Achat de bois en longueur et débitage à la cabane par un employé salarié.

4.1.2 Méthodologie du calcul du coût de la corde de bois

Le coût de production de la corde a été déterminé à l'aide d'un calcul établissant le taux horaire de l'équipement. Ce calcul de taux prend en compte tous les coûts fixes et variables reliés à l'utilisation des équipements. Plusieurs données sont nécessaires pour effectuer un calcul détaillé et précis. Premièrement, il faut déterminer les données suivantes :

- La dépréciation est basée sur une durée de vie de 10 ans et est majorée en fonction d'une utilisation de 10 000 heures du tracteur de ferme ou de la débusqueuse pour l'ensemble de sa vie utile.
- Pour faciliter les calculs, la valeur de tous les équipements a été regroupée. La valeur à l'acquisition est de 40 000 \$. Il s'agit donc d'un amortissement approximatif de la valeur totale des équipements.
- Le taux d'intérêt utilisé sur les emprunts est de 3%.
- La durée de vie totale des équipements est de 10 000 heures (tracteur de ferme, fendeuse, chargeuse). Afin de faciliter les calculs, la durée de vie de tous les équipements a été regroupée.
- Les heures de fonctionnement annuel sont de 160 heures (Scénarios 1 et 2) et de 1 200 heures (Scénario 3).
- Le carburant et les lubrifiants sont calculés en fonction d'un taux de (1,10 \$/L pour une consommation de 18 litres par heure) Approximation de la consommation pour un tracteur de 70 HP au travail.
- Les frais annuels d'immatriculations sont de 54 \$/an
- Les frais de réparations équivalent à 100% de la valeur des équipements sur l'ensemble de leur vie utile.
- Le salaire de la main-d'œuvre est de 20 \$/heure.

4.1.3 Résultats

Le **tableau 5.1** présente les coûts fixes et variables de chacune des composantes du calcul.

Tableau 5.1 Coût fixes et variable de l'équipement forestier

Répartition des coûts	Unité	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3:
COÛTS FIXES				
Dépréciation	\$/h	2,72 \$	2,72 \$	2,72 \$
Intérêt	\$/h	4,65 \$	4,65 \$	0,66 \$
Assurance	\$/h	- \$	- \$	- \$
Immatriculation	\$/h	0,34 \$	0,34 \$	0,05 \$
COÛTS VARIABLES				
Réparation	\$/h	3,20 \$	3,20 \$	3,20 \$
Carburant	\$/h	15,84 \$	15,84 \$	15,84 \$
Lubrifiant	\$/h	0,63 \$	0,63 \$	0,08 \$
Coût des équipements	\$/h	27,37 \$	27,37 \$	22,55 \$

Ayant calculé le taux horaire pour les équipements, il est maintenant possible de l'additionner à celui que nous avons établi pour la main-d'œuvre et ainsi obtenir la valeur d'une corde de 2 pieds en fonction de la productivité horaire. La productivité horaire utilisée est de 0,32 cordes/heure et provient des résultats du sondage qui a été réalisé auprès de 25 producteurs possédant des évaporateurs fonctionnant au bois.

Chaque scénario possède un coût variable de la corde de bois :

- **Scénario 1** : Coût de 148,04 \$/corde de 2 pieds pour 51 cordes produites en 160 heures.
- **Scénario 2** : Coût de 85,54 \$/corde de 2 pieds pour 51 cordes produites en 160 heures.
- **Scénario 3** : Coût de 132,98 \$/ corde de 2 pieds (travail à temps perdu, les équipements font 2 000 heures par année)
- **Scénario 4** : Coût de 103,23 \$/ corde de 2 pieds (Se référer aux données fixes de la section 4.1.1 pour les variables du calcul)

Par opération de production :

Achat de Bois :	55,51 \$/ corde de 2 pieds
Transport en longueur :	14,69 \$/ corde de 2 pieds
Fendage, débitage et cordage :	33,03 \$ /corde de 2 pieds

Après avoir établi le coût de la corde selon nos différents scénarios, il est possible de les mettre en relation avec les taux de consommation de bois de différents types d'évaporateur et d'ainsi établir un prix de revient par baril selon les taux de sucre de la sève à l'entrée de l'évaporateur. Ces résultats vous sont présentés dans les deux tableaux qui suivent, selon le type d'évaporateur au bois utilisé.

Tableau 5.2 Coûts énergétiques d'un baril de sirop de 32 gallons en utilisant un évaporateur au bois de nouvelle génération

Concentration °Brix	Consommation en corde de 2 pieds par baril 32 gallons (évaporateur nouvelle génération)	Coût au bois (Salariés à 20 \$/h)	Coût au bois (sans salarié)	Coût au bois (Salariés à 20 \$/h et amortissement sur 1200 h)	Coût au bois (Achat de bois en longueur)
° Brix	Corde de 2 pieds/ baril	\$/baril	\$/baril	\$/baril	\$/baril
8	0,58	86,16	49,78	77,39	60,08
10	0,46	68,38	39,51	61,42	47,68
12	0,38	56,53	32,66	50,78	39,42
15	0,30	44,68	25,82	40,14	31,16
18	0,25	36,78	21,25	33,04	25,65
20	0,22	32,83	18,97	29,49	22,90

Tableau 5.3 Coûts énergétiques d'un baril de sirop de 32 gallons en utilisant un évaporateur conventionnel fonctionnant au bois (Consommation en bois évaluée par le Club acéricole du Sud du Québec)

Concentration °Brix	Consommation en corde de 2 pieds par baril 32 gallons (Conventionnel)	Coût au bois (Salariés à 20 \$/h)	Coût au bois (aucun salarié)	Coût au bois (Salariés à 20 \$/h et amortissement sur 1200 h)	Coût au bois (Achat de bois en longueur)
° Brix	Corde de 2 pieds/baril	\$/baril	\$/baril	\$/baril	\$/baril
8	0,86	126,70	73,21	113,81	88,35
10	0,68	100,56	58,10	90,33	70,12
12	0,56	83,13	48,03	74,67	57,97
15	0,44	65,71	37,97	59,02	45,82
18	0,37	54,09	31,26	48,59	37,72
20	0,33	48,29	27,90	43,37	33,67

4.2 Coût par baril de sirop en utilisant les granules de bois

Tableau 5.4 Coûts énergétiques d'un baril de sirop de 32 gallons avec un évaporateur utilisant les granules (200 \$/TMA)

Concentration °Brix	Consommation de granules en TMA/baril 32 gallons	Coût des granules
°Brix	TMA/baril	\$/baril
8	0,27	54,77
10	0,22	43,47
12	0,18	35,94
15	0,14	28,41
18	0,12	23,38
20	0,10	20,87

4.3 Coût par baril de sirop en utilisant le mazout

Tableau 5.5 Coûts énergétiques du baril de 32 gallons avec un évaporateur fonctionnant au mazout (0,84 \$/litre)

Concentration °Brix	Consommation en gallon d'huile par gallon de sirop	Coût du mazout	Consommation huile en L/baril 32 gallons
°Brix	Gal. Imp./gal. Sirop	\$/baril	Litres/baril
8	0,96	113,88	135,57
10	0,76	90,38	107,60
12	0,63	74,72	88,95
15	0,50	59,06	70,31
18	0,41	48,62	57,88
20	0,37	43,40	51,67

4.4 Coût par baril de sirop en utilisant l'électricité

Tableau 5.6 Coûts énergétiques d'un baril de sirop de 32 gallons à l'aide d'un évaporateur fonctionnant à l'électricité (coût variable de KWh entre 0,105 et 0,135 \$/KWh)

Concentration °Brix	Consommation d'électricité	Coût électricité
°Brix	KWh/baril	\$/ baril
8	112	11,76
10	89	9,79
12	74	8,51
15	58	7,08
18	48	6,24
20	43	5,81

5. Comparaisons des coûts de production

5.1.1 Comparaison de coûts de fonctionnement selon les types d'évaporateurs

Tableau 6.1 Sommaire des coûts énergétiques

Combustible	Électricité	Mazout no2	Granules	Bois nouvelle génération				Bois Conventionnel			
				Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4
° Brix	\$/baril	\$/baril	\$/baril	\$/baril	\$/baril	\$/baril	\$/baril	\$/baril	\$/baril	\$/baril	\$/baril
15	7,08	59,06	28,41	44,68	25,82	40,14	31,16	65,71	37,97	59,02	45,82

En ne tenant compte que du coût en combustible, il est possible de voir que l'électricité est la méthode d'évaporation ayant le coût de fonctionnement le plus bas. Les évaporateurs au bois de nouvelle génération présentent, quant à eux, des coûts de combustible entre 25,82 et 44,68 \$/baril. Il s'agit de données très comparables au coût d'évaporateur fonctionnant avec la granule de bois qui se situent à 28,41 \$/baril. Pour ce qui est des évaporateurs au bois conventionnel, le coût de production est tout de même élevé et se rapproche même de celui du mazout dans le cas des évaporateurs les moins performants, soit entre 37,97 et 65,71 \$/baril. Il ne faut cependant pas oublier que les coûts d'acquisition pour un évaporateur électrique ou fonctionnant au bois de nouvelle génération sont plus élevés que les coûts d'acquisition d'un évaporateur conventionnel fonctionnant au bois. Afin de considérer l'impact de ces coûts d'acquisition, un calculateur développé par le MAPAQ a été utilisé afin d'obtenir une combinaison du coût d'opération avec celui du coût d'acquisition de l'appareil. Les résultats sont présentés à la page suivante. Pour établir une comparaison équivalente, une érablière modèle de 20 000 entailles a été utilisée, ayant un rendement à l'entaille de 3,6 lbs de sirop annuellement.

5.1.2 Comparaison des coûts de production et d'acquisition selon les types d'évaporateurs

Tableau 6.2 Coût de production d'un baril de sirop de 32 gallons en tenant compte du coût de production et d'acquisition pour une érablière de 20 000 entailles.

Type d'évaporateur:		Évaporateur électrique		Évaporateur à granules		Évaporateur à bois HP		Évaporateur à huile		Évaporateur à huile HP	
		20 000	entailles	20 000	entailles	20 000	entailles	20 000	entailles	20 000	entailles
Données techniques											
	unités										
Production de sirop par entaille	lb/entaille	3,60		3,60		3,60		3,60		3,60	
Production annuelle en baril de 32 gallons	baril/année	169,84		169,84		169,84		169,84		169,84	
Capacité horaire de l'évaporateur	gallons de sirop/heure	66,00		51,00		51,00		51,00		60,80	
Capacité horaire en baril de 32 gallons	baril/heure	2,06		1,59		1,59		1,59		1,90	
Heures d'opérations efficaces par année *	heure/année	82,35		106,56		106,56		106,56		89,39	
Heures d'opération pour départ, arrêt, nettoyage, ajustement	heure/année	25		20		25		15		15	
Heures totales d'utilisation	heure/année	107,35		126,56		131,56		121,56		104,39	
Données financières											
Prix d'achat des composantes de l'évaporateur**	\$	126 600 \$		74 000 \$		53 000 \$		40 000 \$		63 000 \$	
Durée du prêt pour l'acquisition de l'équipement	ans	15		15		15		15		15	
Taux d'intérêt associé au prêt	%	3,00		3,00		3,00		3,00		3,00	
Durée de vie utile de l'évaporateur	ans	20		20		20		20		20	
Valeur résiduelle de l'évaporateur après sa durée de vie utile	\$	18 990,00 \$		11 100,00 \$		7 950,00 \$		6 000,00 \$		9 450,00 \$	
Coût d'installation pour l'entrée électrique ou le silo ou la remise à bois ou le réservoir	\$	36 000 \$		23 000 \$		20 000 \$		5 000 \$		5 000 \$	
Durée du prêt pour l'entrée électrique ou le silo ou la remise à bois ou le réservoir	ans	15		15		15		15		15	
Taux d'intérêt associé au prêt	%	3,00		3,00		3,00		3,00		3,00	
Durée de vie utile pour l'entrée électrique ou le silo ou la remise à bois ou le réservoir	ans	30		30		30		20		20	
Valeur résiduelle des équipements de gestion énergétique après leur durée de vie utile	\$	3 600,00 \$		2 300,00 \$		2 000,00 \$		0,00 \$		0,00 \$	
Coût de propriété de l'ensemble du système d'évaporateur (fixe)											
Coût de financement : capital & intérêt	\$/an	12 269,21 \$		7 323,29 \$		5 518,45 \$		3 408,83 \$		5 130,89 \$	
Assurances	\$/an	745,36 \$		444,85 \$		331,11 \$		206,28 \$		311,71 \$	
Coût de propriété annuel	\$/an	13 014,57 \$		7 767,94 \$		5 849,56 \$		3 615,11 \$		5 442,60 \$	
Coût de propriété (horaire)	\$/h	158,05 \$		72,89 \$		54,89 \$		33,92 \$		60,89 \$	
Coût de propriété de l'évaporateur par baril de 32 gal.	\$/baril	76,63 \$		45,74 \$		34,44 \$		21,29 \$		32,05 \$	
Coûts d'utilisation du système d'évaporateur (charges variables)											
Entretien des équipements	\$/an	5 568,00 \$		3 282,00 \$		2 400,00 \$		1 670,00 \$		2 590,00 \$	
Coût du combustible	unité variable	,122 \$/kWh		,20 \$/kg		85,54 \$/corde		,84 \$/l		,84 \$/l	
Quantité de combustible par baril de 32 gal.	unité variable	58 kWh		143,00 kg		,30 corde		70,30 l		58,40 l	
Coûts de l'énergie par baril de 32 gal. à 15 Brix	\$/baril	7,08 \$		28,60 \$		25,66 \$		59,05 \$		49,06 \$	
Coûts variables (annuel)	\$/an	6 769,77 \$		8 139,34 \$		6 758,36 \$		11 699,21 \$		10 921,52 \$	
Coût variable (horaire)	\$/h	63,07 \$		64,31 \$		51,37 \$		96,24 \$		104,62 \$	
Coût variable par baril de 32 gal.	\$/baril	39,86 \$		47,92 \$		39,79 \$		68,88 \$		64,31 \$	
Coût de production partiel (coût de propriété + coûts d'utilisation) par baril	\$/baril	116,49 \$		93,66 \$		74,24 \$		90,17 \$		96,35 \$	
Différence entre le coût de propriété de différents modèles d'évaporateurs et le coût de propriété de l'évaporateur électrique											
		0,00 \$		(30,89 \$)		(42,19 \$)		(55,34 \$)		(44,58 \$)	
Différence entre le coût de production partiel de différents modèles d'évaporateurs et le coût de production partiel de l'évaporateur électrique											
		0,00 \$		(22,83 \$)		(42,25 \$)		(26,32 \$)		(20,14 \$)	

Tableau 6.3 Coût de production d'un baril de sirop de 32 gallons en tenant compte du coût de production et d'acquisition pour une érablière de 40 000 entailles.

Type d'évaporateur:	unités	Évaporateur électrique		Évaporateur à granules		Évaporateur à bois HP		Évaporateur à huile		Évaporateur à huile HP	
		40 000	entailles	40 000	entailles	40 000	entailles	40 000	entailles	40 000	entailles
Données techniques											
Production de sirop par entaille	lb/entaille	3,60		3,60		3,60		3,60		3,60	
Production annuelle en baril de 32 gallons	baril/année	339,67		339,67		339,67		339,67		339,67	
Capacité horaire de l'évaporateur	gallons de sirop/heure	66,00		79,00		79,00		79,00		92,00	
Capacité horaire en baril de 32 gallons	baril/heure	2,06		2,47		2,47		2,47		2,88	
Heures d'opérations efficaces par année *	heure/année	164,69		137,59		137,59		137,59		118,15	
Heures d'opération pour départ, arrêt, nettoyage, ajustement	heure/année	25		20		25		15		15	
Heures totales d'utilisation	heure/année	189,69		157,59		162,59		152,59		133,15	
Données financières											
Prix d'achat des composantes de l'évaporateur**	\$	126 600 \$		80 000 \$		81 000 \$		47 000 \$		82 500 \$	
Durée du prêt pour l'acquisition de l'équipement	ans	15		15		15		15		15	
Taux d'intérêt associé au prêt	%	3,00		3,00		3,00		3,00		3,00	
Durée de vie utile de l'évaporateur	ans	20		20		20		20		20	
Valeur résiduelle de l'évaporateur après sa durée de vie utile	\$	18 990,00 \$		12 000,00 \$		12 150,00 \$		7 050,00 \$		12 375,00 \$	
Coût d'installation pour l'entrée électrique ou le silo ou la remise à bois ou le réservoir***	\$	36 000 \$		23 000 \$		30 000 \$		5 000 \$		5 000 \$	
Durée du prêt pour l'entrée électrique ou le silo ou la remise à bois ou le réservoir	ans	15		15		15		15		15	
Taux d'intérêt associé au prêt	%	3,00		3,00		3,00		3,00		3,00	
Durée de vie utile pour l'entrée électrique ou le silo ou la remise à bois ou le réservoir	ans	30		30		30		20		20	
Valeur résiduelle des équipements de gestion énergétique après leur durée de vie utile	\$	3 600,00 \$		2 300,00 \$		3 000,00 \$		0,00 \$		0,00 \$	
Coût de propriété de l'ensemble du système d'évaporateur (fixe)											
Coût de financement : capital & intérêt	\$/an	12 269,21 \$		7 772,52 \$		8 389,98 \$		3 932,94 \$		6 590,89 \$	
Assurances	\$/an	745,36 \$		472,15 \$		503,54 \$		238,37 \$		401,10 \$	
Coût de propriété annuel	\$/an	13 014,57 \$		8 244,68 \$		8 893,52 \$		4 171,30 \$		6 991,99 \$	
Coût de propriété (horaire)	\$/h	79,02 \$		59,92 \$		64,64 \$		30,32 \$		59,18 \$	
Coût de propriété de l'évaporateur par baril de 32 gal.	\$/baril	38,31 \$		24,27 \$		26,18 \$		12,28 \$		20,58 \$	
Coûts d'utilisation du système d'évaporateur (charges variables)											
Entretien des équipements	\$/an	5 568,00 \$		3 522,00 \$		3 660,00 \$		1 950,00 \$		3 370,00 \$	
Coût du combustible	unité variable	,122 \$/KWh		,20 \$/kg		85,54 \$/corde		,84 \$/l		,84 \$/l	
Quantité de combustible par baril de 32 gal.	unité variable	58 KWh		143,00 kg		,30 corde		70,30 l		58,40 l	
Coûts de l'énergie par baril de 32 gal. à 15 Brix	\$/baril	7,08 \$		28,60 \$		25,66 \$		59,05 \$		49,06 \$	
Coûts variables (annuel)	\$/an	7 971,53 \$		13 236,67 \$		12 376,71 \$		22 008,42 \$		20 033,04 \$	
Coût variable (horaire)	\$/h	42,02 \$		83,99 \$		76,12 \$		144,23 \$		150,46 \$	
Coût variable par baril de 32 gal.	\$/baril	23,47 \$		38,97 \$		36,44 \$		64,79 \$		58,98 \$	
Coût de production partiel (coût de propriété + coûts d'utilisation) par baril de 32 gal.	\$/baril	61,78 \$		63,24 \$		62,62 \$		77,07 \$		79,56 \$	
Différence entre le coût de propriété de différents modèles d'évaporateurs et le coût de propriété de l'évaporateur électrique		0,00 \$		(14,04 \$)		(12,13 \$)		(26,03 \$)		(17,73 \$)	
Différence entre le coût de production partiel de différents modèles d'évaporateurs et le coût de production partiel de l'évaporateur électrique		0,00 \$		1,46 \$		0,84 \$		15,29 \$		17,78 \$	

Les valeurs présentes dans ces tableaux proviennent de coûts d'installation obtenus via l'élaboration de projets présentés au programme **Éco-performance** de l'organisme *Transition énergétique Québec*. Les coûts de combustible proviennent de la présente étude. Dans cet exemple, seul l'évaporateur au bois de nouvelle génération a été considéré, puisque l'évaporateur au bois conventionnel n'est plus considéré comme une option viable pour une érablière de cette dimension.

Dans le cas d'évaporateur fonctionnant à l'électricité, le coût d'acquisition d'un évaporateur Ecovap 340 575V 3 PH est en moyenne de 126 600 \$ et nécessite des modifications au niveau des installations électriques de la cabane à sucre, ainsi qu'au bâtiment lui-même dont le coût moyen est de l'ordre de 36 000\$. En revanche, le coût de fonctionnement de cet évaporateur est relativement faible à seulement 7,08 \$/baril. Afin d'obtenir un coût d'acquisition et de fonctionnement comparable aux autres types d'évaporateurs, il faut donc posséder une érablière d'environ 40 000 entailles ou avoir une capacité de production annuelle d'environ 340 barils. Il est important de mentionner que des modèles de plus petite capacité de l'Écovap sont disponibles sur le marché et que seul le modèle 340 a été pris en compte dans nos exemples.

Pour ce qui est des évaporateurs fonctionnant aux granules, un évaporateur de 5' x 16' a été considéré, puisqu'il possède une capacité suffisante pour une érablière de 20 000 entailles. Pour le modèle de calcul d'une érablière de 40 000 entailles, un modèle d'évaporateur de 6' x 18' a été évalué. Ce type d'évaporateur requiert l'installation d'un silo à granules et d'une base au sol pour l'ancrer. Ces installations ont une valeur moyenne de 23 000 \$.

En ce qui concerne les évaporateurs au bois de nouvelle génération, un évaporateur de 5' x 16' a été retenu pour le calcul d'une érablière de 20 000 entailles. Pour ce qui est de l'exemple d'une érablière de 40 000 entailles, la valeur d'un évaporateur de marque Master 6' x 18' fabriqué par les équipements d'érablière CDL a été utilisé. Ces évaporateurs nécessitent l'installation d'un hangar pour le bois dont la valeur a été établie à 20 000 \$ pour le scénario de 20 000 entailles et à 30 000 \$ pour le scénario de 40 000 entailles. Tel que mentionné précédemment, il est important de considérer que la valeur d'une corde de bois peut varier de 85 à 148\$/corde selon le scénario. Dans les deux exemples ci-dessus, il est calculé à 85 \$/corde, puisque le scénario duquel est extraite cette valeur semblait le plus populaire suite au sondage effectué auprès des producteurs. Il faut se rappeler que ce scénario ne prenait en compte aucun salarié.

L'évaporateur fonctionnant au mazout utilisé dans le calcul de l'érablière de 20 000 entailles est d'une dimension de 5' x 16' et coûte en moyenne 40 000 \$, tandis que le modèle de nouvelle génération vaut 63 000\$. Ces évaporateurs nécessitent l'installation d'un réservoir d'huile et

d'une base de protection anti-chocs au coût de 5000 \$. Dans l'exemple utilisant une érablière de 40 000 entailles, les dimensions du même évaporateur passent à 6' x 16' pour des coûts d'acquisition de 47 000 \$ pour l'évaporateur à l'huile traditionnel et de 82 500 \$ pour l'évaporateur nouvelle génération.

6. Analyse des résultats

Le rendement des évaporateurs est très variable, autant pour ceux fonctionnant au bois que ceux utilisant le mazout. Il faut donc prendre en compte que la variabilité des résultats peut être importante en fonction des réglages des évaporateurs. Ventilateurs, brûleurs, récupérateur de vapeur, préchauffeur, configuration interne et type de combustible sont tous des facteurs qui influencent la performance d'un évaporateur. Pour les évaporateurs fonctionnant au bois, la variabilité peut elle aussi être importante, allant de 0,24 à 0,40 corde de 2 pieds par baril de sirop pour du concentré à 15 brix. Encore là, cette variation dépend de plusieurs facteurs comme l'essence de bois utilisée, la qualité du bois, le taux d'humidité de celui-ci et l'efficacité énergétique des évaporateurs. Il est donc primordial de bien s'informer auprès des fabricants et des conseillers acéricoles pour permettre à l'évaporateur de développer une efficacité et une performance optimale. Cependant, l'amélioration technologique des évaporateurs au bois et des concentrateurs a permis de réduire de beaucoup la quantité de bois nécessaire à l'évaporation. Il est maintenant plausible de considérer l'opération d'une érablière de grande envergure avec un évaporateur au bois.

Il est important aussi de mentionner que depuis quelques années des évaporateurs combinés sont disponibles sur le marché pouvant utiliser à la fois du bois et des granules. Il s'agit d'évaporateurs qui peuvent s'avérer très utiles en cas de manque de bois lors de la saison de production ou pour assurer un rendement plus stable de l'évaporateur, corrigeant les variations de rendement du bois. Les granules sont aussi abordables et sont reconnues pour diminuer les coûts de chauffage de 50 à 65% par rapport à l'huile (Bégin, 2015). Une tonne de granules valait environ 200 \$ sur le marché de 2017. De façon plus exploratoire, les évaporateurs fonctionnant avec des taux de concentré élevé (25 à 40 brix) pourraient apporter des changements importants dans nos méthodes de travail, puisqu'ils pourraient permettre de réduire de façon importante le temps de travail et la taille des évaporateurs nécessaires à l'évaporation. Selon les données avancées par certains équipementiers, le rendement de ces appareils pourrait s'approcher de 0,1 corde de bois de 2 pieds de longueur par baril de sirop de 32 gallons, ce qui peut être vraisemblablement validé avec la

figure 4.2 qui présente un chiffre d'environ 0,15 corde de 2 pieds par baril de sirop de 32 gallons pour du concentré 35 brix. Toutefois, ce système nécessite un investissement plus important au niveau du système de concentration faisant grimper les coûts d'acquisitions.

Les évaporateurs fonctionnant au mazout ont, de leur côté, une consommation moyenne de 0,5 litre de mazout pour chaque litre de sirop d'érable produit selon les données moyennes obtenues de clients ayant déposés un dossier au programme Éco-performance et traité par le *Club acéricole du Sud du Québec*. Cette donnée peut être validée par le *Club d'encadrement technique acéricole de l'Est* qui utilise cette même consommation dans leur document produit en 2012 (Club d'encadrement technique acéricole de l'Est, 2012). Cette consommation représente 70,3 litres de pétrole par baril de 32 gallons de sirop produit, représentant un coût de 59,06 \$/baril en utilisant un coût de 0,84\$/Litre de mazout no 2.

Finalement, les évaporateurs électriques, apparut récemment dans le domaine acéricole québécois, fonctionnent avec un coût très faible de l'ordre de 7,08 \$/baril à 15 brix. De plus, ils sont les seuls à disposer d'une efficacité énergétique de près de 100% (Bégin, 2015). Cependant, ils ont comme inconvénients d'être plus coûteux à l'achat, ils nécessitent une installation électrique importante à la cabane et un approvisionnement électrique de qualité. La concentration en brix du concentré approvisionnant ce type d'évaporateur ne peut dépasser plus de 21 brix pour un Écovap 440 (340 modifié avec unité de préchauffage supplémentaire).

7. Conclusion

De façon générale, cette analyse a permis d'apporter des réponses concernant la consommation de différents types d'évaporateurs et de comparer ceux-ci entres eux. Nous sommes ainsi parvenus à évaluer les rendements et les coûts des évaporateurs utilisés en acériculture de nos jours. En ordre, l'électricité (7 \$/baril), le bois, avec un évaporateur de nouvelle génération (25 à 45 \$/baril) et les granules (28\$/baril) se sont avérés les méthodes les moins coûteuses en termes de coût d'opération. Par contre, lorsque l'on tient compte des coûts reliés à l'achat des équipements et à leur amortissement, l'ordre n'est plus le même. Dans un scénario impliquant une érablière de 20 000 entailles, ce sont les évaporateurs au bois de nouvelle génération qui démontre le coût de production le plus faible (74,24\$ /baril), suivi de ceux fonctionnant à l'huile (90,17\$ /baril). Étant donné

l'investissement important relié à ce type d'équipement, les évaporateurs fonctionnant à l'électricité se retrouve au dernier rang, avec un coût de 116.49\$ /baril. Il faut utiliser le scénario d'une érablière de 40 000 entailles pour voir ces types d'évaporateur à un pied d'égalité, alors qu'il en coûte 62,62\$ /baril pour l'évaporateur fonctionnant au bois, 61,78\$ /baril pour celui fonctionnant à l'électricité et 63,24\$ pour celui fonctionnant aux granules de bois. Il est important de mentionner cependant que pour obtenir ces chiffres, le scénario impliquant que la main-d'œuvre travaille gratuitement pour la fabrication du bois a été pris en compte pour les évaporateurs de ce type.

Pour ce qui est des évaporateurs au bois conventionnels, leur consommation en bois est très variable selon leur modèle et la façon de les opérer. Leur coûts de production sont relativement plus élevés, étant de l'ordre de 38 à 66 \$/baril. Utilisés surtout dans les érablières de petites dimensions, ils n'ont pas été comparés avec les autres types d'évaporateurs dans les scénarios prenant en compte l'amortissement des équipements. Des modifications simples et peu coûteuses pourraient être apportées par les producteurs qui possèdent des évaporateurs au bois conventionnel pour permettre d'augmenter l'efficacité de ces évaporateurs. La pose de portes étanches et l'ajout d'un ventilateur et de grilles sous le fourneau pourraient permettre d'augmenter l'efficacité et la performance de ces évaporateurs. De plus, s'assurer d'avoir un bon profil interne permet de maximiser la performance et aura pour conséquence de réduire la consommation en bois. Pour ce qui est des évaporateurs fonctionnant au mazout, leur coût élevé de fonctionnement ainsi que le fait qu'ils sont polluants jouent en leur défaveur. Par contre, ils demeurent simples d'opération et demeurent très répandus dans nos érablières.

Il ne faut pas négliger non plus le fait qu'il est nécessaire, peu importe le type d'évaporateurs qui est utilisé, qu'il est nécessaire d'effectuer des travaux de nettoyage et d'aménagement dans les érablières en exploitation. Les bénéfices de ces travaux ont déjà été démontrés et les propriétaires d'évaporateurs au bois profitent donc de ceux-ci pour produire le bois de cabane nécessaire à leur production. La présente étude n'a pas pris en compte non plus le fait que plusieurs producteurs ont mentionné qu'ils profitaient des travaux de production du bois de cabane pour faire également du bois de chauffage et à l'occasion, des billes de sciage et déroulage. Ces travaux pourraient donc s'avérer une tâche supplémentaire à effectuer pour ceux qui ne possèdent pas d'évaporateurs au bois.

Révision et support à la rédaction du document :

David Lapointe, ingénieur forestier, MAPAQ – Centre-du-Québec

Bernard Lapointe, ingénieur forestier, MAPAQ – Estrie

Raymond Bernier, ingénieur, MAPAQ – Outaouais

8. Bibliographie

Bégin, P.-Y., 2015. Récupérer l'énergie de la vapeur pour produire du sirop d'érable. *L'utiliterre*, Mai 2015, p.10-12.

Bernier, Raymond, ingénieur et Venne Julien, agronome MAPAQ, novembre 2017. Calculateur de coût de propriété et de coût variable de différents modèles d'évaporateurs

Club d'encadrement technique en acériculture de l'Est, 2012. Sensibilisation, démonstration et évaluation scientifique de l'efficacité des granules énergétiques comme combustible dans les évaporateurs afin de réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES) en acériculture. 18 p.

FABQ. 2016. Portrait du secteur acéricole biologique. Disponible à : http://www.fabqbio.ca/page7_1.html [Cité le 22 décembre 2016]

FPAQ, 2017. Les producteurs et les acheteurs se sont mis d'accord pour les termes de la Convention [En ligne]. Disponible à <http://fpq.ca/sirop-derable-frac-entente-conclue-2017/> [Cité le 9 janvier 2017]

Lapointe, D., 2016. Passer de l'huile au bois: Résultats d'enquête. Compte rendu d'une conférence présentée lors de la Journée acéricole 2015. 13 janvier 2015. Victoriaville, Québec 17 p.
http://www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/Regions/GaspesielledelaMadeleine/De_l_huile_au_bois_David_Lapointe.pdf

Poisson, V., 2015. L'évaporateur au bois de nouvelle génération. Club acéricole du Sud du Québec. 49 p. Disponible à :
https://www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/Regions/GaspesielledelaMadeleine/Journeesacericoles2016/VincentPoisson12_evaporateur_au_bois_haute_performance_doc.pdf. [Cité le 7 janvier 2017]

La semaine verte. 2016. Télédiffusion de Érablière Carboneutre. Disponible à : <http://ici.radio-canada.ca/tele/la-semaine-verte/2016-2017/segments/reportage/8779/erabliere-carboneutre-sirop> [Cité le 13 décembre 2016]

Les équipements d'érablière CDL, 2017. Catalogue 2017. Disponible à : <http://www.cdl-dallaire.com/catalogue.aspx> [Cité le 11 décembre 2016]

Les équipements Lapierre, 2017. Catalogue 2017. Disponible à :
<http://infolapierre.com/catalogueFR/index.php> [Cité le 11 décembre 2016]

Rémillard, D., 2013. Se sucrer le bec sans polluer. Le Soleil. 2 p. Disponible à :
<http://www.lapresse.ca/le-soleil/dossiers/lunivers-bio/201303/26/01-4635060-se-sucrер-le-bec-sans-polluer.php>. [Cité le 13 janvier 2017]

UPA de la Beauce, 2012. Pratiques agricoles de réduction des émissions de gaz à effet de serre. 6 p. Watterston G., K., L. Leaf, A. & H. Engelken, J., 1963. Effect of N, P, and K fertilization on sugar maple trees. *Soil science society*, p.236-238.