



Siège social

3600, boul Casavant Ouest
Saint-Hyacinthe, Qc, J2S 8E3
Tel : (450) 773-1105
Fax : (450) 773-8461

Bureau de Québec

1665, boul Hamel edifice 2
Local 1.06 Québec, Qc, G1N 3Y7
Tel : (418) 643-8903
Fax : (418) 643-8350

Article de vulgarisation

L'osmose inversée: description et principes de fonctionnement

Par: Gaston B. Allard, ing. & agr.



La concentration partielle de la sève d'érable par la technique de l'osmose inversée permet théoriquement de réduire de 50 à 80% le volume d'eau à être évaporé de la sève pour produire le sirop d'érable. Cette technique suscite donc un intérêt croissant, compte tenu de la hausse des coûts des combustibles utilisés. Bien que ces appareils soient relativement simples, ils reposent sur une technologie qui doit être bien comprise de l'utilisateur afin d'éviter qu'une mauvaise utilisation accélère la dépréciation des composantes majeures de l'appareil. Ce texte explique donc les principes de fonctionnement et donne une description générale des concentrateurs O.I.. Il veut de plus mettre en garde l'éventuel utilisateur des problèmes déjà expérimentés et suggère quelques mesures préventives susceptibles de les éviter.

Note au document :

Le présent document est une réimpression d'un document publié il y a maintenant plusieurs années. Le lecteur devra donc porter une attention particulière aux conclusions et aux recommandations qui pourraient accompagner ce texte et les replacer dans leur contexte. Il est évident que les recommandations faites aujourd'hui (répondants acéricoles du MAPAQ, guide de pratique, etc...) gardent toutes leurs pertinences et, en cas de divergence, ce sont ces dernières qui doivent prévaloir. Nous croyons cependant que certains éléments de ce document demeurent pertinents et justifient sa publication.



Introduction	1
Principe de fonctionnement d'un concentrateur par osmose inversée	1
Phénomène d'osmose.....	1
Technique de l'osmose inversée	2
Description d'un système de concentration de sève d'érable par osmose inversée	4
Réservoir(s) de sève	4
Pompe d'alimentation	5
Pré-filtration	5
Pompe haute pression.....	5
Module(s) haute pression	6
Contrôles	6
Les membranes.....	7
Description et fonctionnement	7
Vie utile des membranes	8
Les ennemis de la membrane	9
Pression d'opération.....	9
Température	10
Une sève mal filtrée.....	11
Le développement bactérien.....	11
L'entretien des membranes.....	12
Modifications à apporter au système d'évaporation conventionnel.....	12
Stockage du concentré.....	14
Évaporateurs.....	14
Conclusion.....	15

L'osmose inversée: description et principes de fonctionnement



Introduction

L'utilisation du principe de l'osmose inversée pour concentrer ou pour purifier une solution aqueuse date du début du siècle. Les premiers essais pour appliquer cette technique à la concentration partielle de la sève d'érable furent effectués par des chercheurs américains (Willit et al.) au début des années 60. À cette époque, le coût relativement élevé de ces appareils, comparativement au coût de l'énergie qu'il permettait d'économiser, ne favorisa pas une application généralisée de l'osmose inversée dans les érablières.

Depuis 1973 cependant, la hausse vertigineuse des coûts des produits pétroliers et, par conséquent, celui de tous les combustibles forcent les acériculteurs à considérer des alternatives pour remplacer l'huile à chauffage ou le bois utilisé pour évaporer la sève.

L'avènement des systèmes mécanisés de collecte de la sève a également contribué à cette remise en question des évaporateurs conventionnels puisqu'il permet la mise en exploitation de boisé de taille beaucoup plus considérable, permet de récolter un volume de sève plus grand et généralement, celle-ci est moins sucrée que celle récoltée par la méthode traditionnelle de collecte.

Dans ce contexte, les concentrateurs O.I. représentent une des solutions possibles. Cependant, ils sont coûteux et nécessitent souvent des modifications aux équipements existants (casserolles, réservoirs, alimentation électrique). Il devient donc important d'expliquer à ceux qui songent à utiliser cette technique, ce en quoi elle consiste exactement de façon à :

- minimiser l'investissement initial en achetant un appareil ayant les caractéristiques correspondant à la taille et aux particularités de chaque exploitation;
- en faire l'entretien de façon à prolonger son utilisation et diminuer les coûts d'opération;
- optimiser les performances de l'appareil tout en respectant ses limites afin d'éviter une usure accélérée et/ou une dégradation d'un produit que l'on voudrait de la meilleure qualité possible: le sirop d'érable.

D'autres publications plus spécialisées feront état des résultats obtenus et des comparaisons que l'on peut établir entre les sirops d'érable fabriqués à partir d'une sève partiellement concentrée par osmose inversée et ceux obtenus par évaporation suivant la méthode traditionnelle.



Principe de fonctionnement d'un concentrateur par osmose inversée

Phénomène d'osmose

L'osmose implique uniquement le mouvement de l'eau à travers la paroi (membrane) des cellules composant tout organisme vivant, qu'il soit végétal ou animal. C'est par osmose que les cellules absorbent ou rejettent l'eau nécessaire au maintien d'un état d'équilibre, état constamment rompu par les réactions

chimiques qui se produisent à l'intérieur de la cellule et qui résultent, dans le cas des cellules musculaires, en une production d'énergie.

De façon très simplifiée, on peut expliquer le phénomène d'osmose de la façon suivante (figure 1). Lorsque deux solutions aqueuses de concentration différente sont séparées par une membrane semi-perméable, c'est-à-dire qu'elle permet le passage de l'eau et de certains éléments alors qu'elle sert de barrière pour les autres, l'eau va traverser la membrane vers la solution plus concentrée.

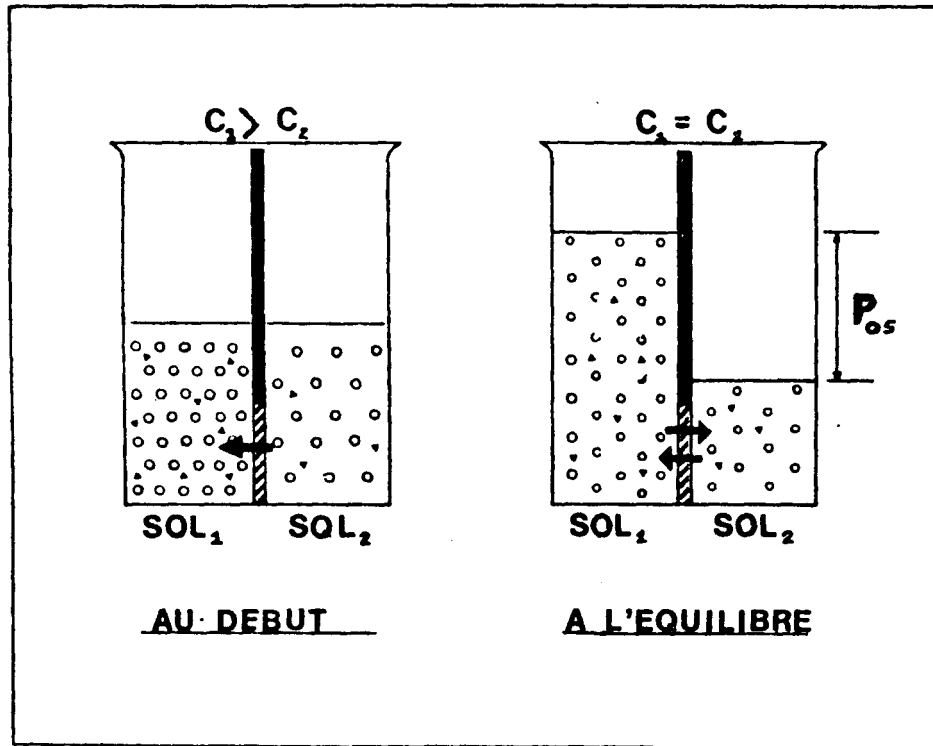


Figure 1: Illustration du phénomène d'osmose.

La force qui pousse l'eau à travers la membrane est définie comme étant la pression osmotique (P_{os}). Cette force est une fonction de la différence de concentration entre les deux solutions. Ainsi, dans un système tel que celui illustré à la figure 1, on peut visualiser la pression osmotique qui est égale au poids de la colonne d'eau alors que le système est à l'équilibre, c'est-à-dire lorsque la différence de concentration de chaque côté de la membrane tend vers 0.

Lorsqu'on parle d'osmose, un terme revient fréquemment: la perméabilité de la membrane. On peut le définir comme étant la facilité avec laquelle l'eau va traverser la membrane sous une pression osmotique donnée. Ainsi, pour le système de la figure 1, si on réduisait la perméabilité de la membrane, on pourrait obtenir le même niveau d'équilibre (P_{os}) mais le temps requis pour obtenir cet équilibre serait proportionnellement augmenté.

Technique de l'osmose inversée

Comme son nom l'indique, il s'agit du phénomène décrit précédemment, sauf que le mouvement de l'eau à travers la membrane se fait dans le sens inverse, c'est-à-dire contre la pression osmotique. Pour réaliser cette inversion, il suffit d'appliquer à la solution concentrée une pression mécanique plus grande que la pression osmotique (figure 2).

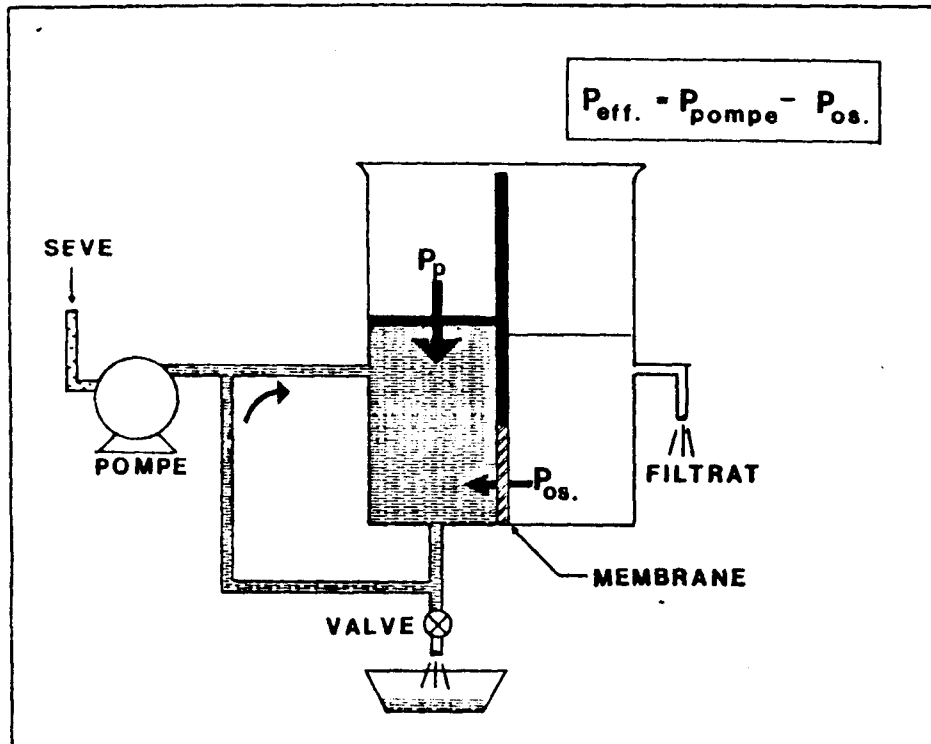


Figure 2: Illustration de la technique de l'osmose inversée

On doit ici définir une variable très importante: la pression efficace. Comme l'illustre la figure 2, la pression mécanique force l'eau à travers la membrane vers la solution diluée (filtrat ou permeat). Ce mouvement provoque une augmentation de la concentration et par conséquent, augmente la pression osmotique, qui elle, force l'eau dans le sens inverse. Donc, la partie utile de l'énergie mécanique fournie par l'appareil est la différence entre la pression de la pompe et la pression osmotique.

Lorsque l'on amorce un tel système, la concentration est peu élevée et on obtient un débit de filtrat maximal puisque la pression osmotique est faible. L'eau qui sort du système (filtrat) est remplacée par la solution à concentrer, soit la sève. La pression osmotique augmente avec la concentration jusqu'à ce qu'elle soit égale à la pression fournie par la pompe. La pression efficace est alors nulle et le mouvement à travers la membrane cesse. Pour obtenir à nouveau un roulement de filtrat, on devra, soit:

- augmenter la pression de la pompe (P_p), ce qui soumet la membrane à des pressions encore plus élevées;
- réduire la pression osmotique (P_{os}) en drainant un certain volume de solution concentrée: Celui-ci sera remplacé par la sève, ce qui diminuera la concentration générale de la solution en contact avec la membrane.

Lorsque l'on opère un système de concentration par osmose inversée, cette équation doit toujours demeurer présente à l'esprit:

$$P_{\text{efficace}} = P_{\text{pompe}} - P_{\text{osmotique}}$$

De cette façon, on peut contrôler le système pour obtenir une concentration optimale (et non pas nécessairement maximale) tout en respectant les limites mécaniques des différentes composantes de l'appareil.



Description d'un système de concentration de sève d'érable par osmose inversée

Quelle que soit la marque d'appareil O.I. actuellement disponible sur le marché, l'arrangement des différentes composantes d'un système demeure essentiellement le même (figure 3).

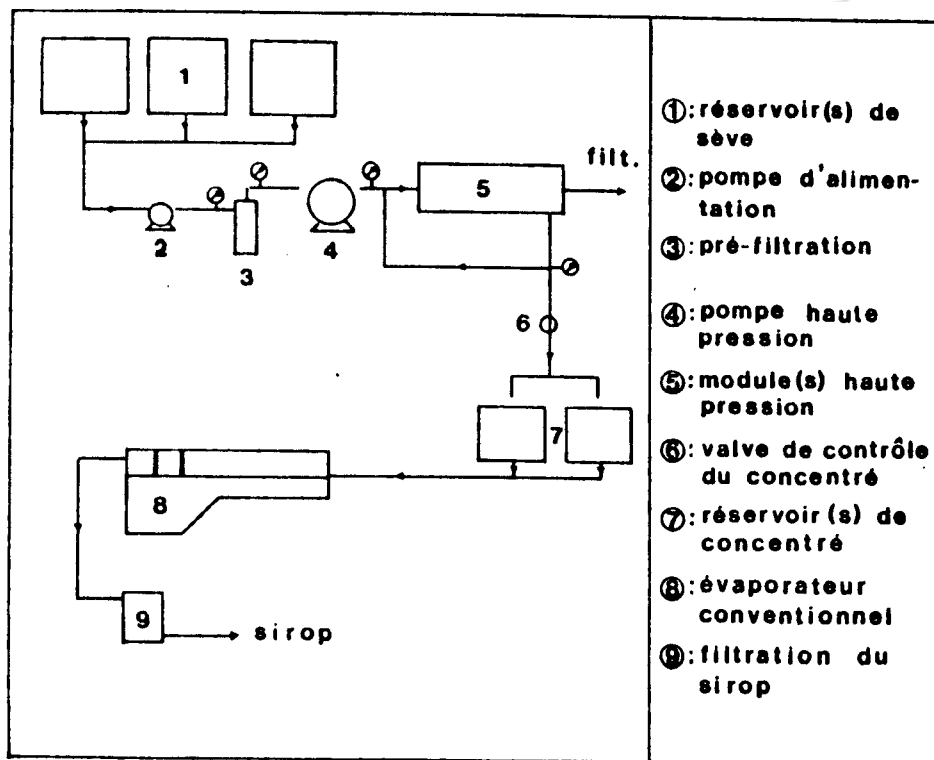


Figure 3: Diagramme de fonctionnement d'un système d'évaporation utilisant l'osmose inversée.

Réservoir(s) de sève

Toutes les règles qui s'appliquent au niveau des réservoirs de sève dans les systèmes conventionnels d'évaporation demeurent valides:

- on doit compter au moins deux réservoirs à la sucrerie, chacun ayant une capacité n'excédant pas la possibilité de traitement de la sève pendant une période de travail;
- chaque fois qu'un réservoir est vidangé, il doit être lavé avec une solution d'hypochlorite de sodium contenant une partie d'eau de javel à 6% par 20 parties d'eau. On doit rincer abondamment;
- on doit s'assurer que la sève demeure la plus froide possible. À cette fin, tous les réservoirs doivent être situés à l'extérieur de la sucrerie et sous abri. Si l'eau courante est disponible, on peut accélérer le refroidissement grâce à un échangeur fait de tube de cuivre que l'on immerge dans la sève;
- la capacité totale des réservoirs, incluant ceux des stations secondaires de pompage, doit être calculée de la façon suivante:

$$\text{Capacité totale} = [(ENT \times C) - (W_{os} \times F_1 \times H)] \times F_2$$

où:

ENT nombre d'entailles

C coulée de pointe pour une période de 24 heures (7 à 10 L/ent.-jr)

W_{os} capacité de traitement d'une sève à 2 °Brix, tel que stipulé par le manufacturier

F_1 facteur d'efficacité du concentrateur dans le temps (0,6 à 0,8 en fonction du type de concentrateur utilisé)

H nombre maximal d'heures d'opération par jour (20 heures)

F_2 facteur de sécurité (on suggère d'utiliser 1,25)

Pompe d'alimentation

Sa fonction est de pousser la sève à travers le système de pré-filtration et l'amener à l'entrée de la pompe principale à une pression minimale d'environ 135 kPa. La force du moteur est donc fonction du débit d'alimentation du concentrateur et du système de pré-filtration utilisé.

Cette pompe est généralement fournie avec le concentrateur. Comme il s'agit ordinairement d'une pompe à turbine munie d'un injecteur, les réservoirs n'ont plus à être élevés par rapport à l'entrée de la sève. Elle est cependant placée près du sol et on doit prévoir un système pour en faire la vidange et même la protéger du gel qui pourrait survenir pendant une période d'arrêt.

Pré-filtration

Ce système permet d'intercepter toutes les particules en suspension dans la sève dont le diamètre équivalent dépasse 20 microns. L'état opérationnel du filtre est déterminé par la perte de pression qu'occasionne le passage de la sève. Comme le temps d'utilisation d'une cartouche est fonction de la qualité de la sève, une première filtration, au moment de l'entreposage au moyen de filtres utilisés dans l'industrie laitière par exemple, permettra de réduire la fréquence avec laquelle on devra changer les cartouches, donc réduire les coûts d'utilisation. Lors des périodes d'arrêt, et toujours en suivant les directives du manufacturier, le filtre pourrait être démonté et la cartouche placée dans une solution d'hypochlorite de sodium (1 partie d'eau de javel à 6% dans 20 parties d'eau). On doit cependant bien la rincer à l'eau juste avant de remettre l'appareil en marche. Il est important de prévoir une réserve suffisante de filtres avant la saison puisque le concentrateur ne doit absolument pas fonctionner sans pré-filtre. Pour une première saison, on conseille de prévoir au moins 5 cartouches par 1 000 entailles.

Pompe haute pression

Deux types de pompe sont utilisés: les pompes centrifuges multiétagées et les pompes à pistons. Les pompes centrifuges ne requièrent aucun entretien et sont silencieuses. Celles à pistons sont définitivement plus bruyantes et requièrent une lubrification périodique avec un produit qui est compatible avec les exigences de la réglementation sur les produits alimentaires. Elle est cependant plus efficace et peut fonctionner à différentes pressions. De plus, elle est insensible à la présence d'air dans le système. Le rôle de la pompe haute pression est d'amener la sève aux membranes à la pression spécifiée par le manufacturier qui est généralement de 3 400 à 4 100 kPa (500 à 600 lb/po²) tout en assurant un débit minimal de recirculation du concentré à travers la membrane. Pour effectuer ce travail, cette pompe est équipée d'un moteur dont la puissance est déterminée par le nombre de membranes du système.

Module(s) haute pression

Ce sont simplement des tubes d'acier inoxydable, d'aluminium ou de fibre de verre qui renferment les membranes. La majorité des concentrateurs comptent plusieurs modules haute pression qui sont montés, soit en série, soit en parallèle. C'est le nombre de ces modules, et par conséquent le nombre de membranes, qui détermine la capacité de traitement et la puissance des différentes pompes pour chaque appareil.

Contrôles

Tous les concentrateurs sont équipés de contrôles permettant un fonctionnement complètement automatisé et sécuritaire. Si la sève vient à manquer, la pression de la pompe d'alimentation tombe sous le niveau d'alerte, et après un certain délai, l'appareil tombe en panne. De la même façon, si la sève est chauffée à une température pouvant endommager les membranes, le concentrateur arrête et il ne peut être remis en marche sans une intervention de l'opérateur.

Des valves de type aiguille (needle valve) permettent de contrôler assez précisément le débit de sortie du concentré et, par conséquent, la pression mécanique exercée sur la membrane. Pour certains appareils, le même type de valve contrôle le débit de concentré qui est recirculé dans la membrane, ce qui permet de faire varier la pression à la sortie de la pompe et, par conséquent, de modifier la concentration d'équilibre ou maximale qui peut être atteinte.

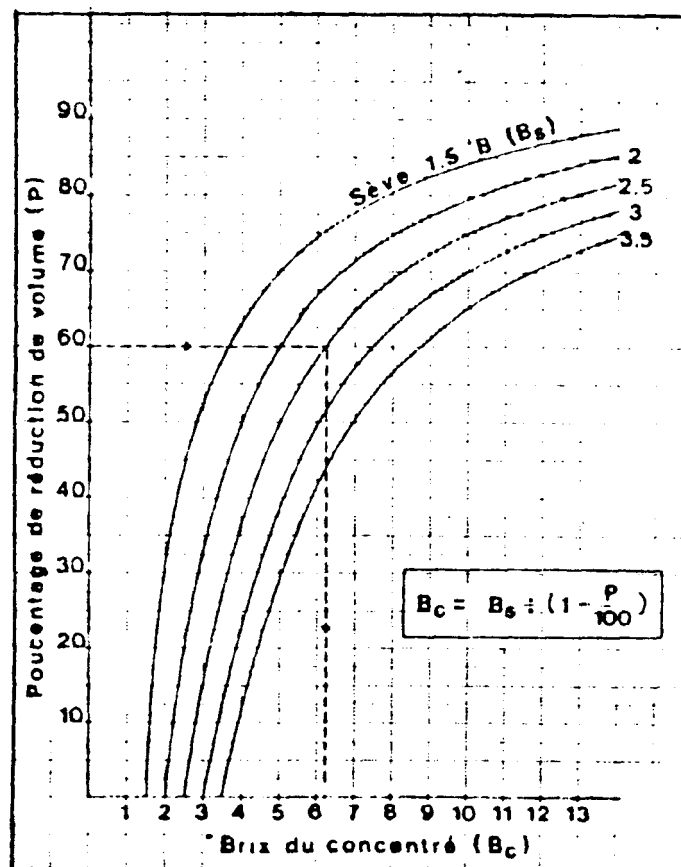


Figure 4: Estimation de la teneur en sucre (°Brix) dans le concentré en fonction du °Brix de la sève et du % de réduction de volume.

Des rotamètres permettent de visualiser le débit instantané de filtrat et de concentré. De cette façon, il est possible de calculer le pourcentage de réduction de volume et, si on connaît la teneur en sucre de la sève, la figure 4 permet d'estimer le pourcentage de sucre (°Brix) dans le concentré.

Exemple: soit une sève à 2,5°Brix
les rotamètres donnent les indications
suivantes

filtrat: 6,8 l/min. (F)
concentré: 4,6 l/min. (C)

Capacité de traitement du
concentrateur

$F + C = 11,4 \text{ L/min. (150 gal./h)}$

% de réduction

$(F / (F+C)) \times 100 = 60$

°Brix du concentré

$2,5 / (1 - 0,6) = 6,25$ (ou lu sur la figure 4)

Sur demande, certains types de concentrateur peuvent être équipés d'appareils servant à mesurer la conductivité et le pH (acidité) du filtrat. Dans le cas de la sève d'érable, ces équipements augmentent le coût du concentrateur, risquent de compliquer et de rendre plus onéreuses les opérations d'entretien et de réparation, sans pour autant améliorer le niveau effectif de contrôle du procédé de concentration.



Les membranes

Description et fonctionnement

Le cœur d'un système de concentration par osmose inversée est sans contredit la membrane. De façon simplifiée, on peut la comparer à un filtre qui retiendrait les sucres et les autres éléments de la sève dont le diamètre des molécules excède celui des molécules d'eau. C'est la composante, de loin la plus fragile du système, et compte tenu du coût de remplacement, c'est la fréquence avec laquelle on devra la renouveler qui peut le plus influencer le coût d'opération.

Les membranes actuellement utilisées pour la sève d'érable sont faites d'acétate de cellulose. Comme l'indique la figure 5, il s'agit en fait de la superposition de trois tissus différents qui sont roulés autour d'un tuyau collecteur. La solution concentrée pénètre par le bout et circule dans le sens de la longueur à travers un treillis de matière plastique (1) qui sépare deux étages de membrane proprement dite (2). L'eau qui traverse la membrane est dirigée à travers un matériel porteur (3) vers le tube collecteur de filtrat situé au centre de l'enroulement.

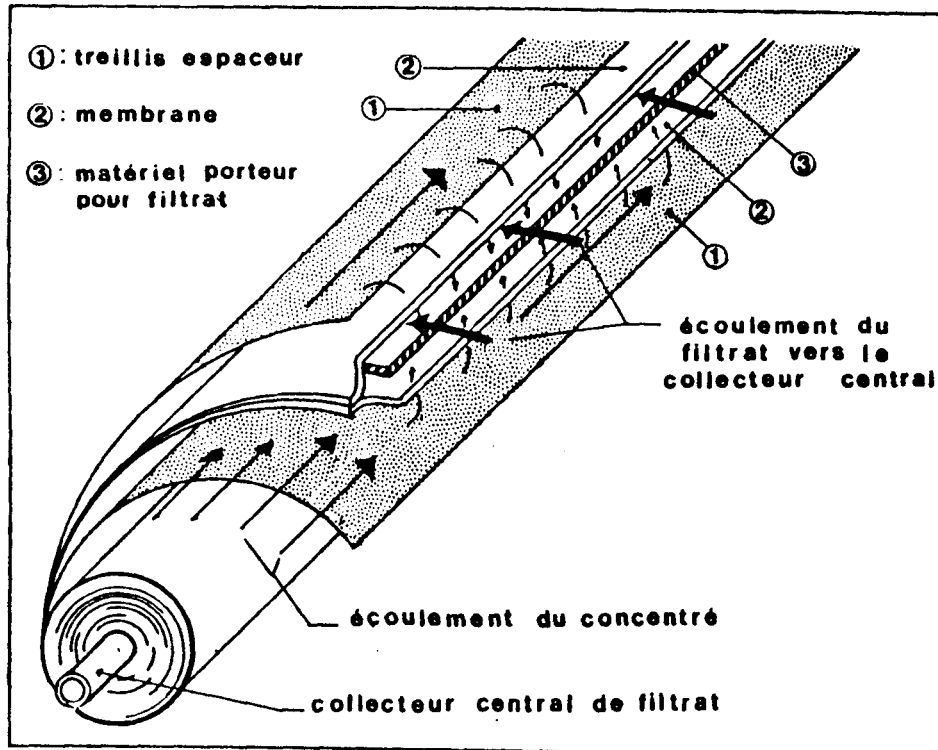


Figure 5: Coupe développée d'une membrane utilisée dans les concentrateurs de sève d'érable.

Vie utile des membranes

Théoriquement, une membrane utilisée dans d'excellentes conditions, c'est-à-dire avec une solution ne contenant pas d'impuretés, qui ne permet pas la multiplication d'une flore bactérienne, qui est maintenue à une température de 22 °C et à une pression à la pompe n'excédant pas 3 400 kPa, aurait une durée de vie pratiquement illimitée (figure 6).

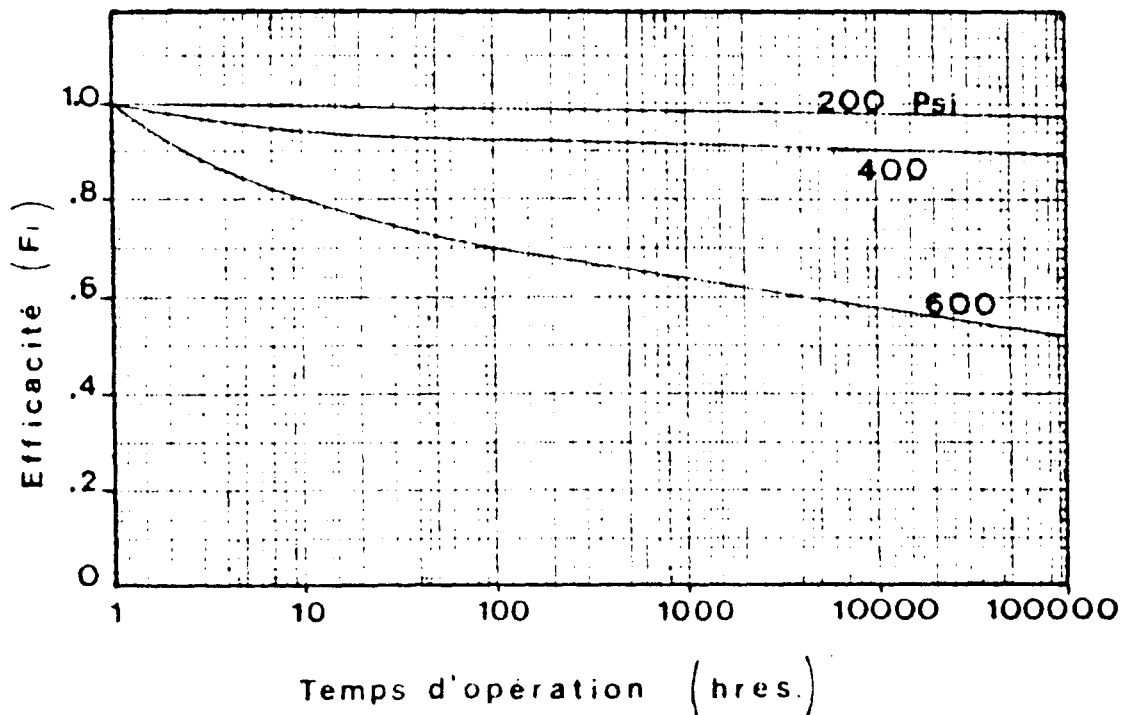


Figure 6: Vie utile théorique d'une membrane exprimée en perte d'efficacité en fonction du temps d'opération. (Réf.: Osmonic Inc., feuillet 67909 KP40M)

La sève d'érable ne peut cependant pas être considérée comme une solution idéale. Si toutes les précautions ne sont pas prises, les membranes peuvent être mises hors d'usage après seulement quelques centaines d'heures d'opération, ce qui pénalise lourdement l'économie d'opération que l'osmose inversée permet par rapport au système conventionnel d'évaporation.

Les ennemis de la membrane

Les principaux agents responsables de la dépréciation accélérée d'une membrane sont de deux natures: ceux qui résultent d'une mauvaise opération du concentrateur telle que la pression et la température, et ceux qui tiennent à la nature même de la sève.

Pression d'opération

Pour certains appareils, la pression à la sortie de la pompe est fixée alors que pour d'autres, on peut la modifier en changeant le taux de recirculation du concentré à travers la membrane. Fonctionner de façon permanente près de la limite supérieure prévue par le manufacturier, et à plus forte raison, la dépasser, va provoquer un foulage ou une compaction des différents éléments de la membrane les uns sur les autres. Au début, la concentration moyenne que l'on peut obtenir sera élevée.

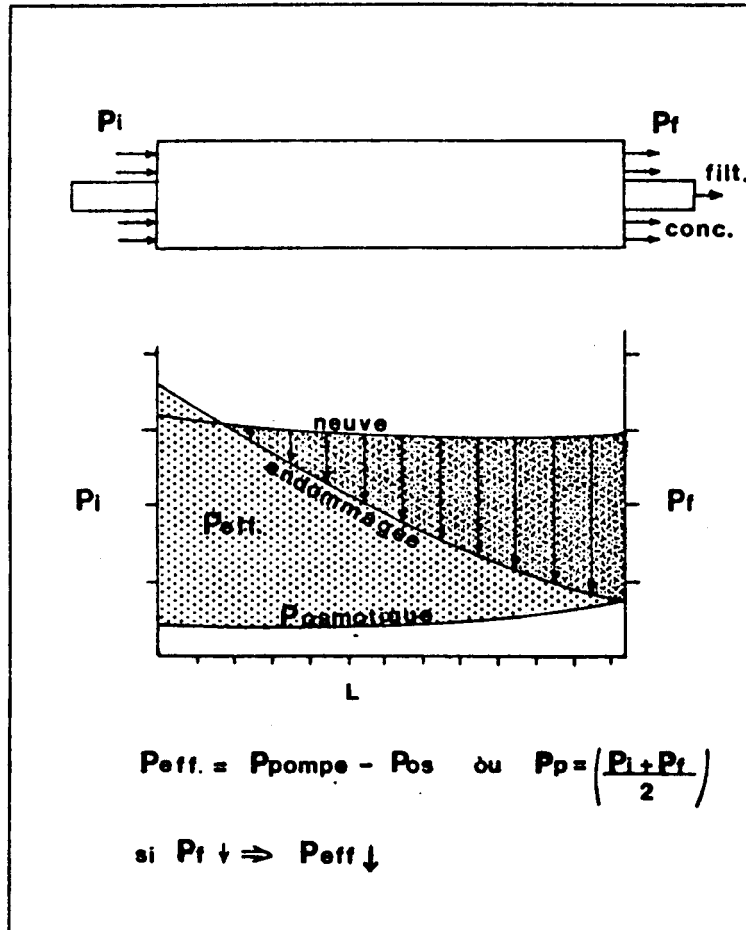


Figure 7: Courbes schématiques illustrant les causes d'une perte d'efficacité d'une membrane O.I.

Cependant, sous l'effet de cette compaction, l'espace destiné à la circulation du concentré entre deux épaisseurs successives de membrane va se rétrécir. Une plus grande partie de l'énergie fournie par la pompe sera utilisée pour forcer la solution dans cet espace, provoquant une chute de pression entre l'entrée et la sortie du module. La pression moyenne s'exerçant sur la membrane va donc être diminuée causant ainsi une baisse de la pression efficace et, par conséquent, diminuer le taux de passage de l'eau à travers la membrane.

Ce phénomène est illustré à la figure 7. La zone pointillée représente la pression efficace ou utile. Dans le cas de la membrane endommagée, la pression finale est égale à la pression osmotique à l'extrémité du module. La perte de rendement de la membrane est représentée par la zone hachurée. Il faut noter que ce type de dommage est irréparable et, dans une telle situation, on devra changer le module.

Température

Étant donné que les composantes de la membrane sont faites de matière plastique, une température plus élevée que celle recommandée risque de diminuer leur résistance mécanique. Même si le concentrateur opère à l'intérieur des limites de pression prévues, le phénomène de foulage décrit plus haut va se produire avec les mêmes résultats. Il s'agit également d'un dommage permanent. Le préchauffage de la sève avec la vapeur produite par l'évaporateur présente donc un danger considérable, à moins de se conserver une marge de sécurité substantielle.

Une sève mal filtrée

L'utilisation d'un pré-filtre en mauvaise condition ou qui ne répond pas aux spécifications du manufacturier peut permettre le passage de particules qui vont obstruer l'espace prévu pour la circulation du concentré. Il en résulte un phénomène similaire à celui déjà décrit, soit, une diminution de la pression finale et une perte de rendement. Si le problème est corrigé assez tôt, il est théoriquement possible de restaurer la membrane par un lavage avec un produit acide. Il faut alors s'en référer au manufacturier.

Le développement bactérien

Dès que l'eau d'érable vient en contact avec l'air et avec les équipements de collecte, elle est colonisée par une flore composée de bactéries, de levures, et de moisissures qui vont se développer dans le temps suivant une progression géométrique; une température plus élevée accélère ce développement. Les producteurs connaissent bien le résultat de ce phénomène. En début de saison, la sève est translucide et le sirop qui résulte de son évaporation est de couleur pâle. Plus la saison progresse, la contamination des équipements augmente et la multiplication des bactéries est accélérée par une température moyenne plus élevée. Le sirop qui en résulte est généralement plus foncé et de saveur plus âcre. Les paramètres qui influencent le développement bactérien dans l'eau d'érable sont illustrés à la figure 8.

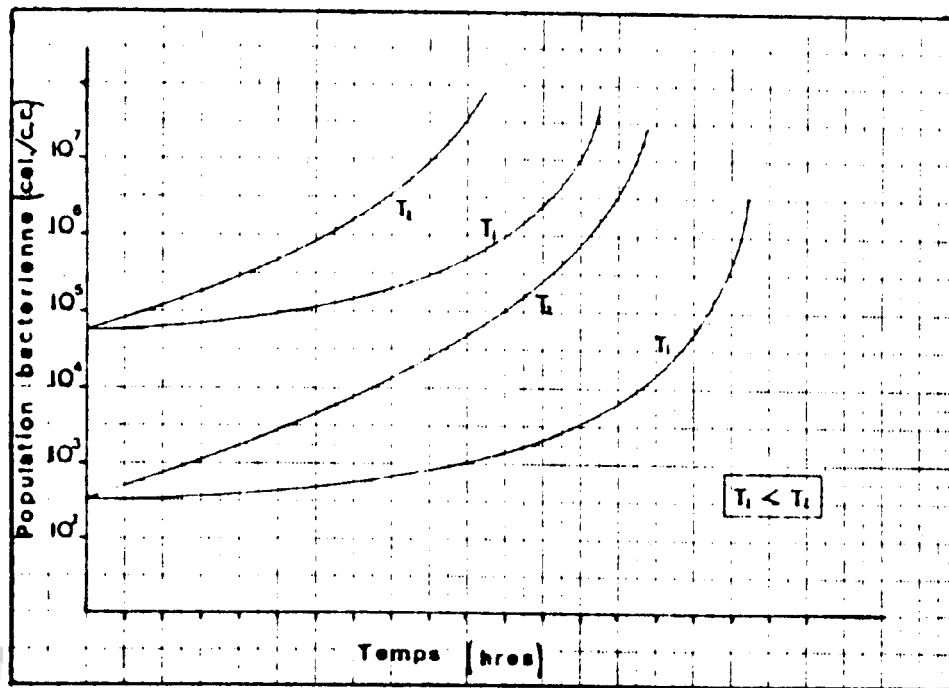


Figure 8: Courbes théoriques illustrant les causes et le taux de développement des populations bactériennes dans la sève.

Les bactéries représentent donc un danger permanent pour les membranes. Le diamètre d'une cellule, étant trop petite pour être filtrée, elles sont entraînées avec le concentré et introduites dans le corps de la membrane. Elles peuvent donc se fixer sur les surfaces et se multiplier suivant les courbes montrées à la figure 8. Après un certain temps, leur nombre peut devenir tel que les colonies prennent l'apparence d'un gel (gélatine) qui obstrue presque complètement le passage du concentré. Même pour une concentration très faible, la pression efficace tend vers zéro et la membrane n'est plus opérationnelle.

Il est virtuellement impossible d'éviter tout développement bactérien dans la membrane. Il existe cependant des moyens préventifs et probablement correctifs dont l'efficacité reste cependant à démontrer pour assurer une durée de vie des membranes se rapprochant de celle illustrée à la figure 6. Les principaux moyens préventifs sont les suivants:

- assurer la propreté des équipements de collecte et d'entreposage de la sève;
- traiter la sève le plus rapidement possible après la collecte ou, à défaut, l'entreposer dans des réservoirs refroidis par une circulation d'eau froide;
- pasteuriser la sève, juste avant son admission dans le concentrateur à l'aide d'appareils utilisés dans le traitement des eaux domestiques. Pour être efficace, ces appareils doivent pouvoir détruire 99,99% des bactéries présentes initialement dans la sève. D'autres développements et améliorations devront cependant être apportés aux pasteurisateurs expérimentés avant que l'on puisse parler d'une technique vraiment opérationnelle.

L'entretien des membranes

Essentiellement, l'entretien des membranes vise à limiter le développement bactérien et à débarrasser périodiquement les espaces destinés à la circulation du concentré des colonies qui s'y seraient développées. Un rinçage fréquent au filtrat complété, pour certains types d'appareils, par un lavage au moyen d'un produit acide, peut s'avérer adéquat. Il est cependant difficile de prévoir la fréquence de ces "lavages" en terme de temps ou de volume de sève traitée, puisque la sève varie énormément en contenu bactérien d'un jour à l'autre.

Des développements devront sans doute améliorer cet aspect du fonctionnement des concentrateurs par osmose inversée. Entre-temps, l'acheteur éventuel devra obtenir par écrit de son vendeur une cédule précise d'entretien indiquant le type et la quantité de produit à utiliser, la fréquence des opérations d'entretien (rinçage et/ou lavage, ainsi qu'une garantie explicite concernant la performance des membranes). Il est très important que cette garantie précise la façon dont sera évaluée la membrane dans le cas d'un mauvais fonctionnement.

Le producteur devrait également éviter toute expérimentation qui pourrait lui être suggérée, à moins que la suggestion provienne de son vendeur et qu'un document signé par une personne autorisée assure la validation de la garantie.



Modifications à apporter au système d'évaporation conventionnel.

Il est important de considérer le concentrateur O.I. comme faisant partie d'un système de transformation de la sève et, par conséquent, tenir compte des modifications que son introduction suppose aux équipements déjà en place. En fait, on ajoute deux opérations à celles exigées pour un système conventionnel: la concentration partielle de la sève et le stockage du concentré. On modifie également l'évaporation puisque la quantité d'eau à enlever du concentré par évaporation pour l'amener à 66 °Brix est considérablement réduite.

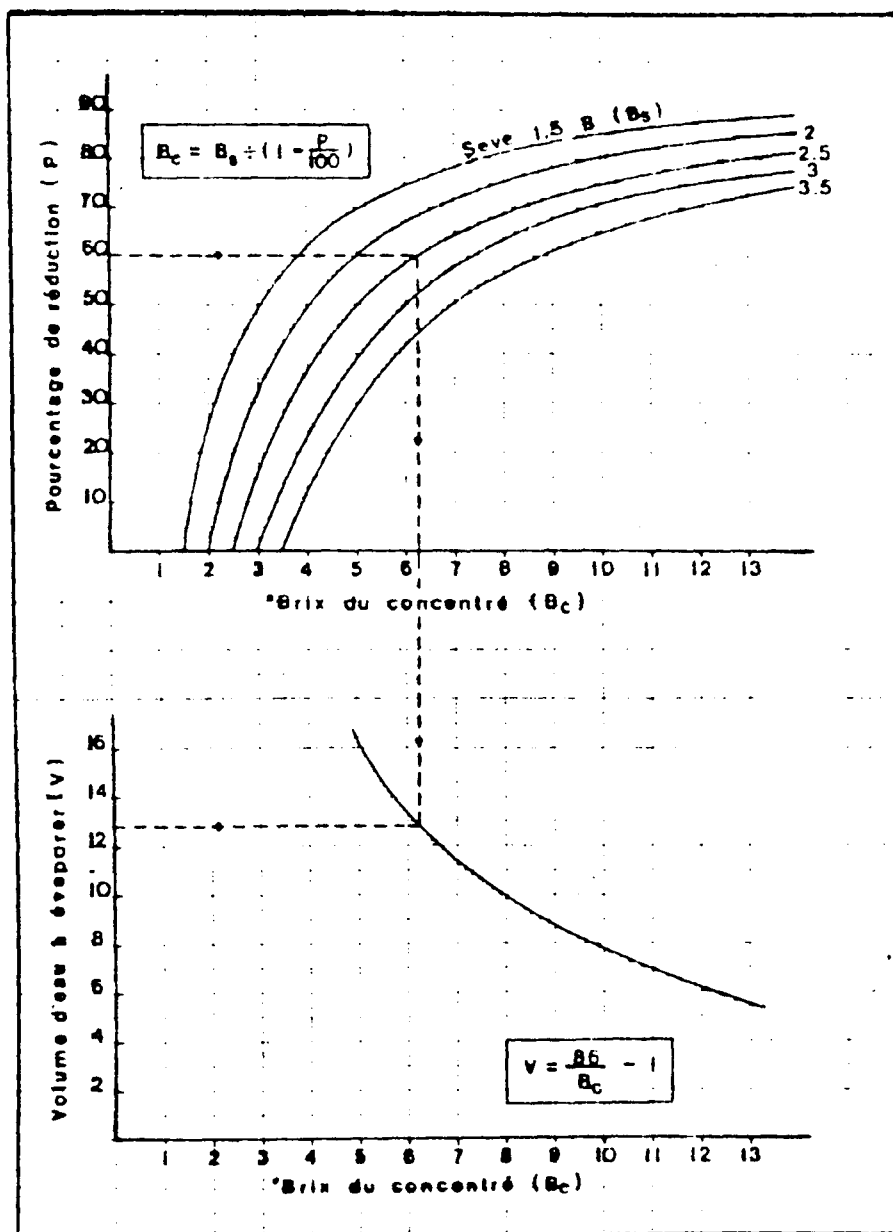


Figure 9: Courbes permettant d'estimer la quantité d'eau à évaporer à partir d'une solution partiellement concentrée par osmose inversée.

Il faut également mentionner les modifications à faire dans la sucrerie pour aménager un espace isolé et possiblement chauffé de façon à éviter le gel de la solution dans l'appareil. L'installation électrique, quant à elle, doit être suffisante pour supporter la demande additionnelle de courant requis pour le fonctionnement des pompes du concentrateur. Le tableau 1 peut servir de guide pour évaluer les installations actuelles.

Tableau 1: Courant à pleine charge des moteurs monophasés C.A. (en ampères).

Pompe		Demande continue (amp)	
Alimentation	Haute pression	230 V	210 V
1	5 *	36	39
1	7.5	48	53
1	10 **	58	64

Réf.: Code canadien de l'électricité (art. 28-704).

* Non encore disponible

** Branchement rarement autorisé en tension monophasée (110/220 V)

Stockage du concentré

Les règles qui s'appliquent dans le cas du concentré sont les mêmes que celles déjà mentionnées pour le stockage de la sève. Cependant, suite à son séjour plus ou moins prolongé dans le concentrateur, la solution est plus chaude, plus concentrée en sucres et en aliments minéraux, et la population bactérienne est, elle aussi, augmentée. On a donc une solution susceptible de se dégrader rapidement. Idéalement, il faudrait la traiter immédiatement après la concentration ou, à tout le moins, la refroidir le plus rapidement possible. Encore ici, on devrait disposer de deux réservoirs dont la capacité individuelle minimale serait donnée par l'équation suivante:

$$\text{Res. conc.} = \frac{(W_{os} \times (P/100) \times H_1) - (W_{eva} \times H_2)}{n}$$

où:

W_{os} capacité nominale de traitement du concentrateur (L/h)

P % de réduction de volume

H_1 nombre d'heures maximales d'opération du concentrateur par -jour (h)

W_{eva} capacité d'évaporation (L/h)

H_2 nombre d'heures normales d'évaporation par jour (h)

n nombre de réservoirs ($n > 2$)

Évaporateurs

Les évaporateurs qui étaient utilisés pour la transformation de la sève peuvent généralement l'être comme tel pour traiter le concentré. Ils ne représentent cependant pas le complément idéal à un système O.I..

En théorie, la puissance des unités d'évaporation devrait être réduite de moitié et la proportion de surface "à plis" devrait être réduite au profit des surfaces à fond plat. De cette façon, on pourrait réduire le volume de solution nécessaire pour initier l'évaporation ainsi que la quantité de résidu demeurant dans l'appareil à la fin d'une période de travail. Bien qu'elle varie en fonction du dessin des différents types de casseroles, cette quantité de solution est proportionnelle à la surface projetée de l'évaporateur. Potentiellement, cette solution présente les problèmes suivants:

- perte de qualité lorsque l'on débute une nouvelle période d'évaporation;
- risque élevé de produire un sirop filant;
- perte importante de sirop, si on doit vider l'évaporateur pour des opérations de nettoyage ou d'entretien.

Les travaux entrepris l'an dernier devront être poursuivis afin de concevoir un nouveau type d'évaporateur plus compatible avec la nature de la solution à concentrer. Ces équipements devront assurer une régie plus

souple d'un système avec osmose inversée de façon à développer pleinement le goût caractéristique des produits de l'érable et éviter une perte de qualité que l'on devrait ajouter aux coûts d'opération du système par osmose inversée. Entre-temps, les producteurs auraient avantage à utiliser au mieux les équipements dont ils disposent de façon à minimiser leur investissement de départ.



Conclusion

Les concentrateurs O.I. représentent certainement l'évolution technologique la plus importante intervenue dans le domaine acéricole depuis l'avènement du système de collecte sous vide de la sève d'érable. Il s'agit cependant d'appareils qui exigent une mise de fond considérable et dont le fonctionnement, bien que très simple, repose sur une technologie qui ne semble pas encore parfaitement adaptée aux particularités de la sève d'érable et aux contraintes qu'exige l'opération en forêt.

Des modifications au dessin de l'appareil pour prévenir le dommage aux membranes causé par un développement non contrôlé des bactéries, l'utilisation d'une gamme élargie de puissance de moteurs ainsi qu'une plus grande précision qui permettrait une lecture immédiate du °Brix du concentré et de la sève, par exemple, ne sont que quelques-unes des améliorations possibles et souhaitables.

L'osmose inversée représente toutefois actuellement une solution aux érablières de grandes dimensions qui sont complètement tributaires de l'huile à chauffage pour assurer l'évaporation de la sève. Ceux qui songent à utiliser ce type d'appareils doivent donc être prudents dans l'évaluation des coûts d'utilisation. Ils doivent surtout éviter la trop grande simplification qui consiste à rapporter directement le pourcentage de réduction de volume que permet le concentrateur en réduction du coût du combustible utilisé. Une étude détaillée concernant les coûts d'introduction, de financement d'opération et d'entretien vous sera présentée de façon à mieux évaluer l'économie réelle et la rentabilité de cette technique sur la base des données qui sont actuellement disponibles. Seules les performances des appareils utilisés dans des conditions normales d'opération pourront préciser ce modèle.

Les travaux de recherche et de développement vont se poursuivre au ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec afin de définir les modifications que ces appareils exigent à la régie même de l'érablière, ainsi qu'aux autres équipements qui composent l'appareil de production. Même si l'objectif est de réduire les taux de production, on ne doit pas y sacrifier l'intégrité, la qualité et la saveur particulière qui sont la définition même des produits de l'érable.