



LE CONCENTRATEUR D'EAU D'ÉRABLE

Faire plus avec sa membrane

*Donald Lemelin, conseiller pigiste
Formation en ingénierie*

Club d'encadrement technique acéricole des Appalaches
(CETAA)

Pour le compte du
ministère de l'Agriculture, des Pêcheries
et de l'Alimentation (MAPAQ)

2013

COLLABORATEURS

Voici les personnes ayant collaboré à l'élaboration de ce texte et du DVD :

- Alfa Arzate, ingénieure, Ph. D., chercheur, Centre ACER;
- Alain Boily, agronome, conseiller régional en acériculture, MAPAQ;
- Richard Boivin, réalisateur, caméraman et monteur;
- Joël Boutin, technologiste agricole, conseiller acéricole, CETAA;
- Marie-Josée Lepage, conseillère aux entreprises acéricoles et en transformation, MAPAQ;
- Marcel Moreau, conseiller en acériculture, MAPAQ.

REMERCIEMENTS

Nous remercions la collaboration de M. Léandre Landry. Il a mis ses installations et son expérience au service de l'équipe de travail de ce projet. Nous remercions aussi M. Michel Labbé pour avoir mis une partie de son équipement à notre disposition ainsi que les enseignants et les étudiants en acériculture du Centre de formation agricole de Saint-Anselme. Nous remercions M. Denis Côté, de Memprotec inc., et M. Donald Lapierre, de Les Équipements Lapierre inc., ainsi que M. Martin Chabot, de Les Équipements d'érablière CDL inc., pour le temps consacré à nos demandes.

Nous remercions le Centre ACER de nous avoir permis d'utiliser plusieurs images tirées du *Cahier de transfert technologique en acériculture* ou d'autres documents ainsi que d'avoir autorisé la collaboration de la chercheur Alfa Arzate.

Nous remercions les compagnies suivantes qui ont bien voulu fournir leurs documents d'opération et d'entretien :

- Dominion & Grim inc.
- H₂O Innovation inc.
- Les Équipements d'érablière CDL inc.
- Les Équipements Lapierre inc.
- MemProTec inc.

Nous remercions aussi tous les collaborateurs directs et indirects à l'élaboration de ce projet.

PRÉCISIONS

1. Le choix des instruments utilisés dans ce document **n'est surtout pas une recommandation de notre part pour une marque ou modèle plutôt qu'un autre**. Ce sont les appareils disponibles, lors de l'élaboration du texte et du DVD, qui ont supporté les grands principes de connaissance et d'utilisation des concentrateurs d'eau d'érable.
2. Étant donné le peu de recherches et le grand nombre d'expériences en matière de concentrateur d'eau d'érable, la théorie ainsi que les recommandations faites dans ce document sont basés sur le travail du Centre Acer, celui de l'industrie et sur l'expérience terrain.
3. Il n'y a rien qui remplace « **LES RECOMMANDATIONS DU FABRICANT** » à moins d'autorisation de celui-ci.

TABLE DES MATIÈRES

| | |
|----------------------|---|
| Collaborateurs | 2 |
| Remerciements | 2 |
| Précisions | 2 |

PARTIE 1

| | |
|---|----|
| 1. Introduction | 5 |
| 2. Les bénéfices d'une bonne utilisation et d'un bon entretien des membranes | 6 |
| 3. Osmose, osmose inverse et nanofiltration | 7 |
| 4. Les composantes d'un concentrateur de sirop d'érable | 10 |
| 5. Les aménagements possibles des membranes | 13 |
| 6. Le volume mort et le volume mort résiduel | 14 |
| 6.1 Définitions de VM et VMR | 14 |
| 6.2 Comment déterminer les VM et VMR | 15 |
| 7. L'achat d'un concentrateur d'eau d'érable | 15 |
| 7.1 Votre érablière | 15 |
| 7.2 Vos projets d'expansion | 16 |
| 7.3 Votre fournisseur et vous | 16 |
| 8. Montage du concentrateur d'eau d'érable en début de saison | 17 |
| 8.1 Montage membrane | 17 |
| 8.2 Autres raccordements | 18 |

PARTIE 2

| | |
|---|----|
| 9. Mise en marche en début de saison | 1 |
| 9.1 La membrane de l'année dernière | 1 |
| 9.1.1 L'eau disponible | 1 |
| 9.1.2 La préparation des membranes | 1 |
| 9.2 Une membrane neuve | 3 |
| 10. Mode concentration | 4 |
| 10.1 À prime abord | 4 |
| 10.2 On concentre | 5 |
| 11. Le colmatage | 6 |
| 12. La perméabilité à l'eau pure (PEP) et l'efficacité | 7 |
| 12.1 La perméabilité à l'eau pure | 7 |
| 12.2 Efficacité d'une membrane | 9 |
| 12.3 Le PEP, méthode simplifiée | 9 |
| 12.4 Le PEP pour les systèmes à plusieurs membranes | 10 |
| 13. L'intégrité du filtrat | 10 |
| 13.1 Évaluation de la turbidité | 11 |
| 13.2 Évaluation du filtrat par évaporation | 12 |
| 13.3 Évaluation de la conductivité électrique du filtrat | 14 |
| 14. L'entretien d'un concentrateur d'eau d'érable | 16 |

PARTIE 3

| | |
|--|---|
| 14.1 Quoi faire avec les préfiltres ? | 1 |
| 14.1.1 On les change quand ? | 1 |
| 14.1.2 Le changement de cartouche de préfiltre | 1 |
| 14.2 Le rinçage | 2 |

| | |
|---|----|
| 14.2.1 Est-ce le temps de rincer ? | 2 |
| 14.2.2 Désucrage | 2 |
| 14.2.3 Rinçage court (à froid) | 3 |
| 14.2.4 Rinçage long à chaud | 3 |
| 14.2.5 Rinçage long à froid | 4 |
| 14.3 Lavage | 4 |
| 14.3.1 Lavage basique (ou alcalin)..... | 5 |
| 14.3.2 Lavage acide | 6 |
| 14.3.3 Lavage enzymatique | 7 |
| 14.4 Problème de fuites | 8 |
| 15. Registres des opérations, performances et entretiens du concentrateur d'eau d'érable | 8 |
| 16. Le remisage des membranes et fermeture du concentrateur | 9 |
| 16.1 Le remisage temporaire | 9 |
| 16.2 Le remisage à long terme | 9 |
| 16.3 La fermeture du concentrateur d'eau d'érable | 10 |
| 17. La disposition des eaux de rinçage et des solutions de lavage et entreposage | 10 |
| 18. Astuces de travail | 11 |
| 19. Conclusion | 11 |
| 20. Lexique | 13 |
| Bibliographie | 15 |
| Annexe 1 Exemple de fiche technique de membrane..... | 17 |
| Annexe 2 Tableau d'entretien d'un concentrateur d'eau d'érable | 19 |
| Annexe 3 Diagramme décisionnel d'entretien | 21 |
| Annexe 4 Registre de mesures des conductivités du filtrat | 22 |
| Annexe 5 Registre des opérations et entretiens..... | 23 |
| Annexe 6 Registre des performances et entretiens (Mesure du PEP et de l'efficacité) | 24 |

LE CONCENTRATEUR D'EAU D'ÉRABLE

Faire plus avec sa membrane

1. Introduction

La fabrication du sirop d'érable est le produit de la concentration de la sève printanière de l'arbre du même nom et sous certaines conditions afin de développer sa saveur caractéristique. Depuis plusieurs années, voire plusieurs siècles, la concentration est induite par une source de chaleur qui permet d'évaporer une quantité d'eau précise de la sève pour que la solution obtenue prenne le nom de sirop d'érable.

Or, une avancée des plus importantes dans le processus de concentration est apparue au début des années 80 : l'osmose inverse, phénomène naturel et technique déjà utilisé dans d'autres domaines. L'osmose inverse permet, avec l'ajout de pression sur le liquide et d'une membrane adaptée, d'extraire une partie de l'eau de sève avant de diriger la solution plus concentrée en sucre vers la source de chaleur pour finir le procédé d'évaporation et de fabrication des composés responsables de sa saveur.

Comme tout procédé technique, l'osmose inverse a évolué vers ce que l'on appelle la technique de nanofiltration, soit une séparation membranaire très proche parente de l'osmose inverse.

Les principaux avantages de l'osmose inverse et de la nanofiltration sont :

- l'économie de combustible, bois ou huile, étant donné la quantité d'eau moindre à évaporer;
- l'augmentation de la rentabilité;
- la diminution du temps nécessaire pour l'étape d'ébullition;
- l'augmentation de la disponibilité pour d'autres tâches dans l'exploitation;
- l'augmentation de la qualité de vie des personnes en donnant la possibilité de réduire le nombre d'heures de travail;
- les gains environnementaux en diminuant la consommation d'énergie non renouvelable, et par le fait même, la diminution des gaz à effet de serre;
- la possibilité de grossir les entreprises.

Cette technique s'est solidement implantée dans le secteur acéricole.

Cette nouvelle technologie n'a pas apporté que des avantages. Elle a son lot d'exigences pour arriver à atteindre une performance optimale de la membrane, qui doit conserver ses qualités de filtration le plus longtemps possible. Dans d'autres applications, la membrane a une durée de vie de 10 ans et peut-être plus, et ce, avec un fonctionnement 24 heures sur 24, 365 jours par année. Or, en milieu acéricole, avec un fonctionnement d'environ 160 à 200 heures par année, on pourrait espérer une durée de vie d'au moins 10 années selon certains fournisseurs et conseillers techniques. Toutefois, sur le terrain, les membranes ont une durée de vie qui varie entre 1 jour et plus de 10 ans.

Pourquoi les membranes ont-ils une vie si courte? Serait-ce que les opérateurs manquent de formation? Ou transgressent-ils les recommandations du fabricant en se disant que ce n'est qu'une machine et que l'on peut « y tordre la vis au besoin »? Peut-être que les signaux avertissant d'un problème ne sont pas compris ou écoutés pour entreprendre à temps une correction? Parfois, sans aucun signal de mal fonctionnement, un problème de

membrane peut être présent et faire en sorte de laisser passer une quantité de sucre assez importante.

Ce texte ainsi que le DVD l'accompagnant ont pour but d'expliquer le phénomène de la nanofiltration ainsi que de décrire toutes les composantes d'un concentrateur d'eau d'érable afin d'uniformiser le vocabulaire et d'en maîtriser le fonctionnement. Toutes les principales opérations en cours d'une saison seront passées en revue pour mieux comprendre les recommandations d'usage de cette méthode de concentration.

Évidemment, le contenu ne correspondra pas exactement à un appareil précis vendu sur le marché. Les principes généraux applicables à tous les appareils seront privilégiés. Une fois les principes compris, chacun pourra améliorer la maîtrise de son appareil et prolonger la vie de ses membranes. **Il demeure que les instructions du fabricant priment afin que ce dernier puisse honorer la garantie.** C'est pour cette raison que tout au long de ce texte, la petite note suivante apparaîtra : « **SUIVRE LES RECOMMANDATIONS DU FABRICANT** ».

2. Les bénéfices d'une bonne utilisation et d'un bon entretien des membranes

Acheter un concentrateur d'eau d'érable est une opération relativement facile, encore faut-il bien établir ses besoins et contraintes, s'informer de ce qui se fait sur le marché, bien comprendre les principes et le fonctionnement général d'un concentrateur. Ce sujet sera traité à la **section 7** de ce document.

Bon nombre d'acériculteurs ne se soucient pas de savoir si la ou les membranes de leur concentrateur laissent passer autre chose que de l'eau. Pour eux, le filtrat est de par sa nature pure chimiquement et bactériologiquement, et donc exempt de sucre. Telle est la surprise de certains d'entre eux que d'apprendre, après vérification, qu'ils perdent dans leur filtrat jusqu'à 15 % de sirop au cours d'une saison, selon le technicien agricole Joël Boutin. Et que, de plus, ils réalisent des opérations de nettoyage avec une eau chargée de sucre et autres éléments indésirables.

Une méconnaissance de la gestion de la membrane peut causer des pertes monétaires ou des coûts d'entretien qui autrement seraient évités.

Il arrive même que le système semble bien fonctionner : bonne pression, bon débit, assez belle apparence de l'eau. Alors, pourquoi s'inquiéter? Il se peut que la membrane, pour diverses raisons, soit altérée en partie en raison de micro-déchirures dues à un mauvais préfiltrage. À ce titre, voici un exemple rapporté par Joël Boutin. Un conseiller arrive chez un nouveau client qui lui dit que tout va bien avec son concentrateur. Effectivement, il concentrait son eau d'érable, mais il ne savait pas s'il allait chercher le maximum de ses installations. Le conseiller fait des tests de bouillage de filtrat et arrive à une concentration de 10 % de sucre, ce qui représentait, pour ce cas spécifique, des pertes de 4000 livres de sirop dans sa saison. Si on évalue cette perte à 2,75 \$ la livre, c'est une perte de 11 000 \$ dans une saison moyenne. Un autre cas moins extrême est décrit par le conseiller acéricole du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec Marcel Moreau à propos d'une érablière de 33 000 entailles. Un concentrateur à cinq membranes, dont une à problèmes occasionnant des pertes de 0,52 % de sirop, soit 377 livres à 3,30 \$/livre pour un montant de 1244 \$. La constatation de cette perte a entraîné le changement de la membrane. Ce sont deux cas parmi tant d'autres. Il est important de connaître et de vérifier régulièrement la performance de son appareil.

Ce mauvais fonctionnement, comme dans le deuxième cas, peut entraîner le remplacement de la membrane. Même si le coût des membranes a beaucoup baissé dernièrement, il reste qu'il faut déboursier environ 1000 \$ à chaque remplacement. Si la durée de vie passe de 5 à 10 ans en appliquant les règles de contrôle nécessaires, on vient de réduire de moitié le coût de remplacement des membranes. Pour un propriétaire qui possède un système à cinq membranes, on calcule une économie d'environ 5000 \$. Le temps d'attente de la membrane neuve occasionne aussi des dépenses si on est obligé de concentrer à un degré moindre ou si on prend plus de temps pour la période de concentration.

Toutes les économies ainsi que les augmentations de revenus sont importantes au point de vue économique. Et je n'ai pas parlé de la satisfaction de travailler avec des systèmes en ordre, qui produisent selon les attentes réalistes fixées lors de l'achat.

3. Osmose, osmose inverse et nanofiltration

Pour bien comprendre les concentrateurs d'eau d'érable et leur fonctionnement, la connaissance des phénomènes et techniques en cause peut s'avérer un atout. Dans la nature, le phénomène physiologique de l'osmose est omniprésent. Il consiste au déplacement de l'eau à travers une membrane semi-perméable, qui ne laisse passer que les molécules d'eau en retenant toutes les autres (sucre, minéraux, micro-organismes) à

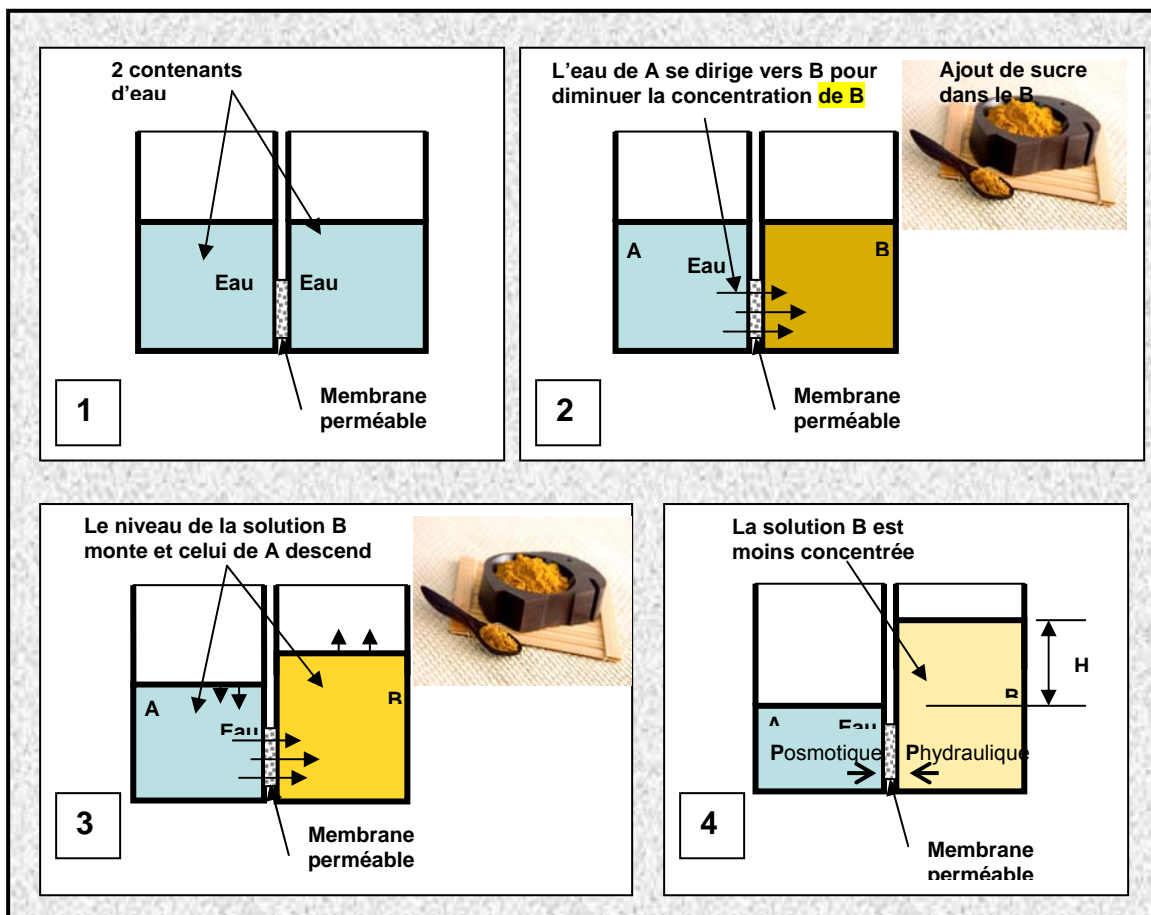


Figure 1 : Illustration du phénomène d'osmose inverse.

partir d'un milieu moins concentré vers un milieu plus concentré. C'est en quelque sorte cette différence de concentration qui devient le moteur du phénomène. Le but de ce processus est d'équilibrer les deux solutions en termes de concentration. La **figure 1** illustre le phénomène.

À l'étape **1**, deux contenants reliés par une membrane semi-perméable contiennent de l'eau pure. Aucun mouvement d'eau ne se produit. À l'étape **2**, on ajoute du sucre dans le contenant **B**, ce qui crée une solution concentrée. C'est là que le phénomène d'osmose entre en jeu et initie un mouvement de l'eau du contenant **A** vers le contenant **B**, qui est plus concentré.

Comme illustré en **3**, le niveau de la solution de **B** monte. Il va arrêter de monter à la hauteur **H**, voir en **4**. Cette dénivellation de hauteur **H** entre les 2 surfaces représente une pression que l'on dit hydraulique, égale à la pression osmotique qui tente de continuer le mouvement de **A** vers **B**.

Qu'est-ce qui arriverait si on exerçait une pression mécanique, au moyen d'une pompe, sur le dessus de la solution du contenant **B** afin d'abaisser le niveau de la solution (voir **figure 2**)? Pour ce faire, il faut que cette force mécanique soit plus grande que la pression

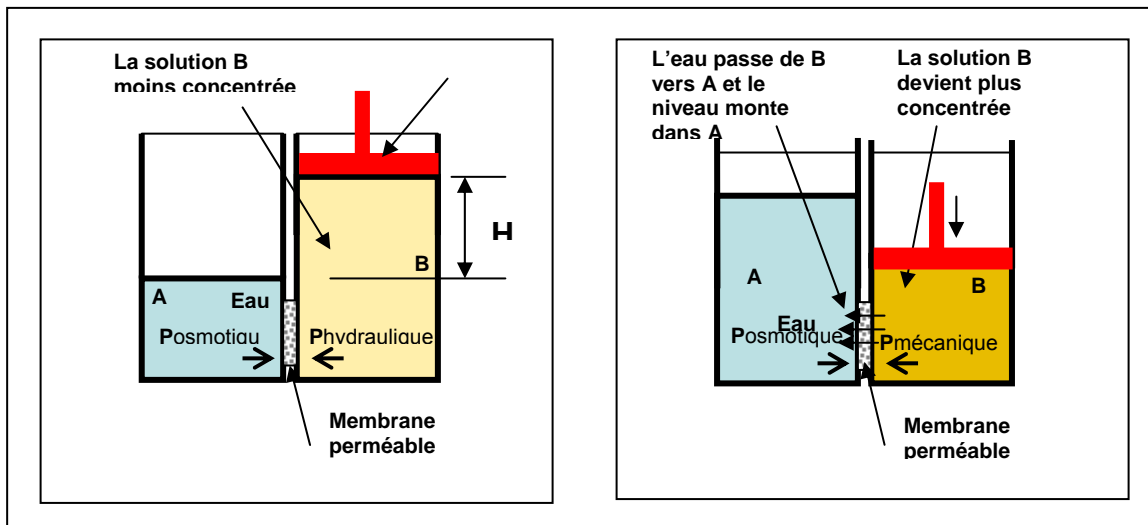


Figure 2 : Principe osmose inverse.

osmotique pour inverser le phénomène naturelle, d'où son appellation. Ainsi, on inverse le sens de l'écoulement de l'eau du contenant **B** vers le contenant **A**. En acériculture, le contenant **B** contient l'eau d'érable qui est concentrée. La sève, en se concentrant, diminue en volume. Le contenant **A** recueille l'eau débarrassée de son sucre et, dans certains cas, d'autres éléments qui devient le filtrat.

Plus la concentration de la solution en **B** augmente, plus la pression naturelle osmotique augmente et s'oppose au passage de l'eau et à la pression mécanique. Le débit à travers la membrane diminue progressivement pour cesser complètement selon une pression donnée. Si on veut repartir le passage de l'eau vers **A**, il faudra augmenter la pression.

Les membranes utilisées pour l'osmose inverse affichent une restriction quant au débit de traitement. En acériculture, on tente d'augmenter le plus possible ce débit afin diminuer le nombre d'heures de concentration pour une érablière donnée. Les intervenants du milieu

acéricole ont fait des recherches de types de membrane qui pourraient améliorer les performances de perméabilité. C'est ainsi que la nanofiltration est apparue dans le paysage de la concentration membranaire.

| Procédé | Taille des pores | Pression d'opération (psi) | Perméabilité à l'eau pure à 25 °C (L/h/m ²) | Ce qui traverse la membrane | Applications |
|---|--------------------------------|----------------------------|---|--|---|
| Nanofiltration | ~1 nm | 100 à 600 | 15 à 35 | Eau, Na ⁺ , K ⁺ et petites molécules | Concentration eau d'érable, séparation et concentration d'antibiotiques. |
| Osmose inverse | Membrane dense (genre feutrée) | 450 à 1200 | 10 à 15 | Eau | Concentration d'eau d'érable, concentration de lactosérum, de sang et de blanc d'œuf. |
| 1 nm ou 1 nanomètre = 0,000 000 001 mètre ou 1 x 10 ⁻⁹ mètre | | | | | |

Tableau 1 : Taille des pores et applications de 2 procédés de concentration.

La nanofiltration tire son nom de l'unité de mesure, soit le nanomètre (1 x 10⁻⁹ mètre voir **tableau 1**). La membrane conçue pour ce procédé de filtration est basée sur le concept du tamisage et est donc dotée de petits trous de l'ordre du nanomètre.

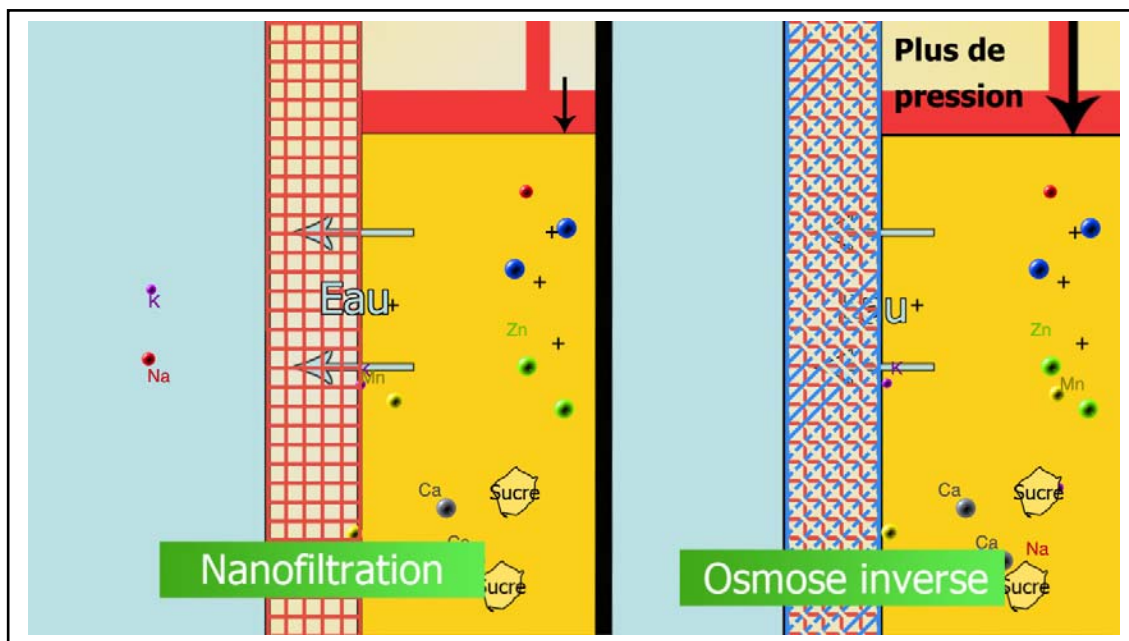


Figure 3 : Illustration des 2 types de séparations par membrane.

Le **tableau 1** donne les propriétés des membranes d'osmose inverse et de nanofiltration propre à l'acériculture. La nanofiltration permet donc un plus grand passage de solution à une pression plus basse, parce qu'elle a moins de restriction que la membrane d'osmose inverse. La **figure 3** illustre la différence de la taille des pores sur le passage des éléments. Le passage ne dépend pas seulement du diamètre des trous, mais aussi des charges ioniques en présence.

Le choix de la nanofiltration tient au fait que l'on peut augmenter le débit de traitement d'un concentrateur tout en maintenant une pression acceptable. Ceci permet de diminuer

le temps de concentration ou d'augmenter la capacité des concentrateurs pour des érablières de grande envergure.

Le **tableau 2** donne les limites de température, de pression d'opération et de pH de certaines membranes utilisées en osmose inverse et en nanofiltration.

| Membrane | Température d'opération max (°C) | Pression d'opération max (psi) | pH en opération continue | pH courte période lavage |
|----------------------------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| BW 30 (Filmtec) | 45 | 600 | 2 à 11 | 1 à 13 |
| Maple 8040 (Osmonics) | 50 | 600 | 3 à 10 | 1 à 11 |
| NF 70 (Filmtec) | 35 | 250 | 3 à 9 | 1 à 11 |
| NF 270 (Filmtec) | 45 | 600 | 3 à 10 | 1 à 12 |
| NF 90 (Filmtec) | 45 | 600 | 3 à 10 | 1 à 13 |
| XLE 440 (Filmtec) | 45 | 600 | 2 à 11 | 1 à 13 |
| Maple sap Mark I (Filmtec) | 45 | 600 | 3 à 9 | 2 à 11 |
| PVD 1 | 40 | 400 | 2 à 8 | 2 à 9 |
| TFC S8" (Koch) | 45 | 350 | 4 à 11 | 2,5 à 11 |

Tableau 2 : Liste de membranes d'osmose ou de nanofiltration avec leurs limites de température, de pression d'opération et de pH.

4. Les composantes d'un concentrateur d'eau d'érable

Une fois le principe maîtrisé, une description sommaire de chacune des composantes d'un concentrateur d'eau d'érable va permettre une compréhension de l'appareil et une

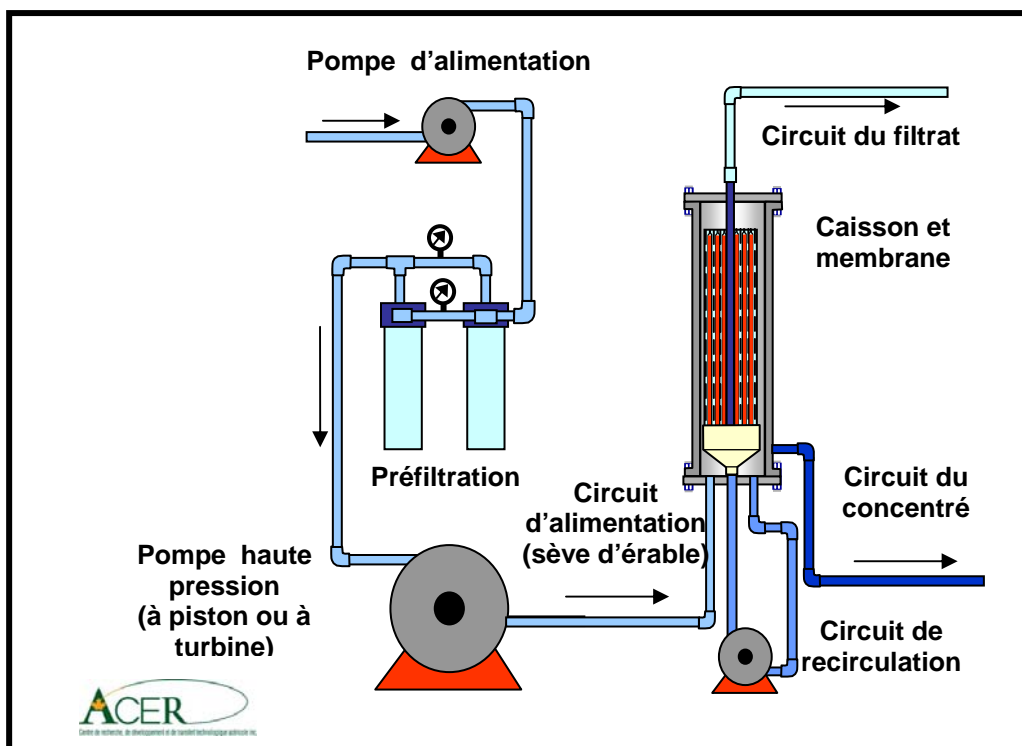


Figure 4 Les composantes d'un concentrateur d'eau

uniformisation du vocabulaire utilisé tout au long de ce document.

La **figure 4** illustre un concentrateur d'eau d'érable qui est situé, dans la chaîne de fabrication du sirop, entre le réservoir d'eau d'érable et un réservoir du concentrée prêt à passer par l'évaporateur.

Le premier élément est la pompe d'alimentation, qui apporte l'eau d'érable au système. Elle pousse cette eau dans le 2^e élément, le préfiltre, pour enlever les impuretés de 5 micromètres¹ et plus qui pourraient colmater et même altérer la membrane. Effectivement, les impuretés pourraient, si elles sont plus ou moins tranchantes, briser la membrane et ces microfissures laisseraient passer sucre et autres composés. Les préfiltres de 5 µm retiennent une partie du biofilm.

Le troisième élément, la pompe à pression, monte la pression jusqu'à 500 à 600 psi², selon le modèle et la capacité du système. En expliquant le phénomène d'osmose inverse, on a vu que la pression est essentielle pour inverser le phénomène et augmenter le débit.

Le caisson avec son module, quatrième élément et le cœur de la concentration, reçoit cette pression. Le module, communément appelée membrane, n'est rien d'autre que plusieurs membranes réunies deux par deux qui forme des enveloppes contenant des supports poreux (voir **figures 5, 6, 7 et 8**). Ces enveloppes laissent passer l'eau purifiée,

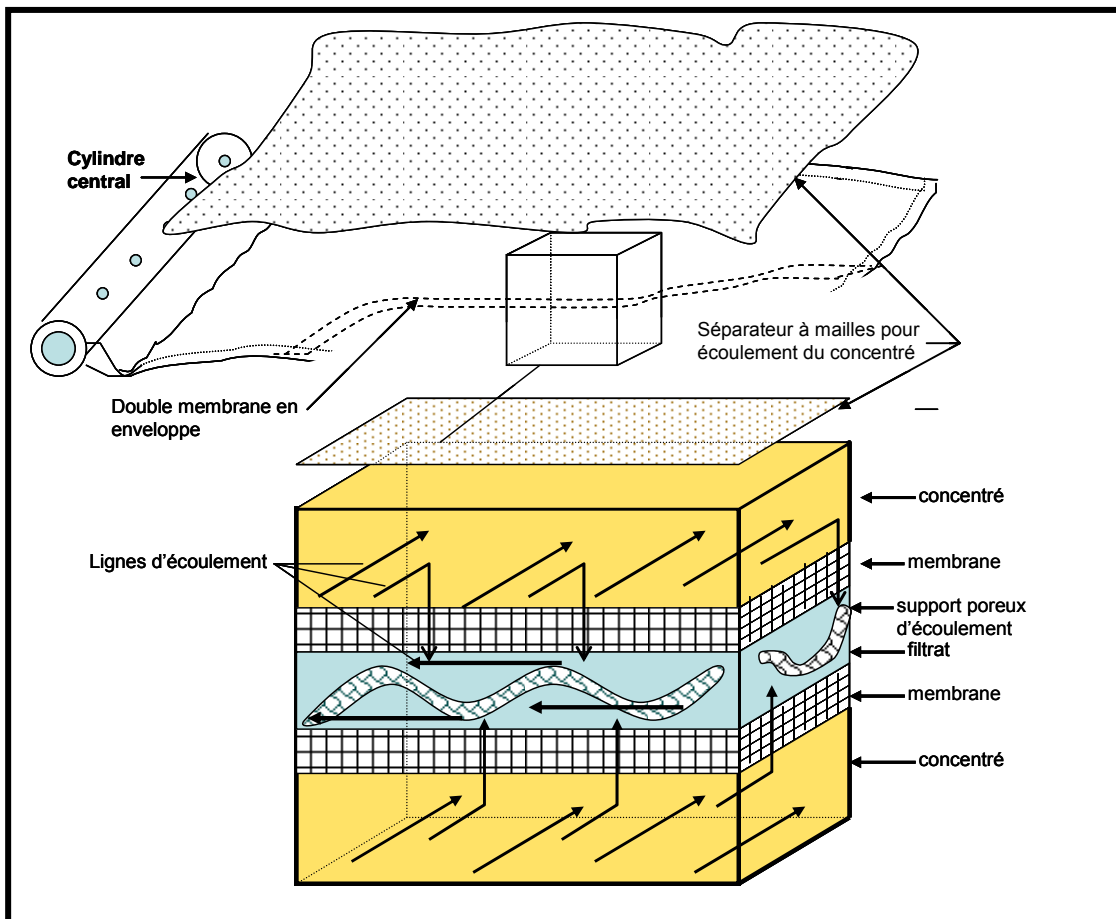


Figure 5 : Membrane en montage et coupe d'une double membrane en enveloppe.

¹ Un micromètre : 1 µm, soit 0,000 001 m ou 10⁻⁶ m.

² psi : livre par pouce carré (pounds per square inch)

nommée filtrat ou perméat; la partie ouverte de ces enveloppes est connectée à un tube central perforé qui laisse sortir le filtrat. Pour rendre ces enveloppes de membranes plus pratiques, elles ont été enroulées sur elles-mêmes avec d'autres grillages, appelés séparateurs à mailles et qui sont situés entre chaque enveloppe. Ces séparateurs laissent passer la solution d'eau d'érable, qui se concentre de plus en plus (voir **figures 5, 7 et 8**). Cette dernière solution porte le nom de concentré. La membrane se définit par sa hauteur, soit 40 ou 60 pouces (po), son diamètre (4 ou 8 po), de même que sa surface totale déroulée et fonctionnelle (exemple : 400 pi²). La capacité de traitement d'une membrane est fonction de sa surface.

La cinquième partie du système est la pompe de recirculation qui fonctionne en circuit fermé. Son travail consiste à faire passer, à nouveau et en continue, une partie du concentré à travers la membrane. Le rôle de balayeur de membrane image bien son principal travail. Ainsi, cette

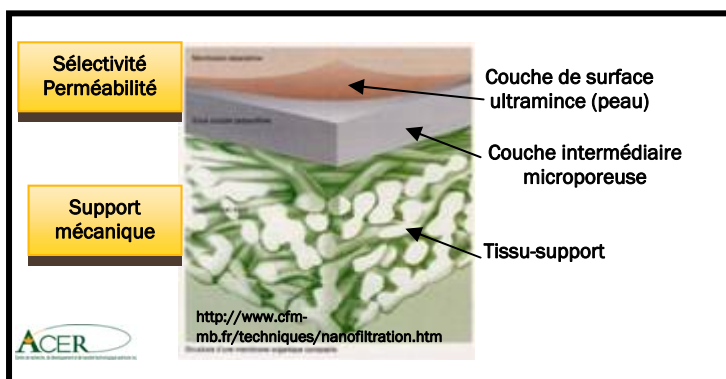


Figure 6 : Configuration d'une membrane composite.



Figure 7 : Module spiralé.

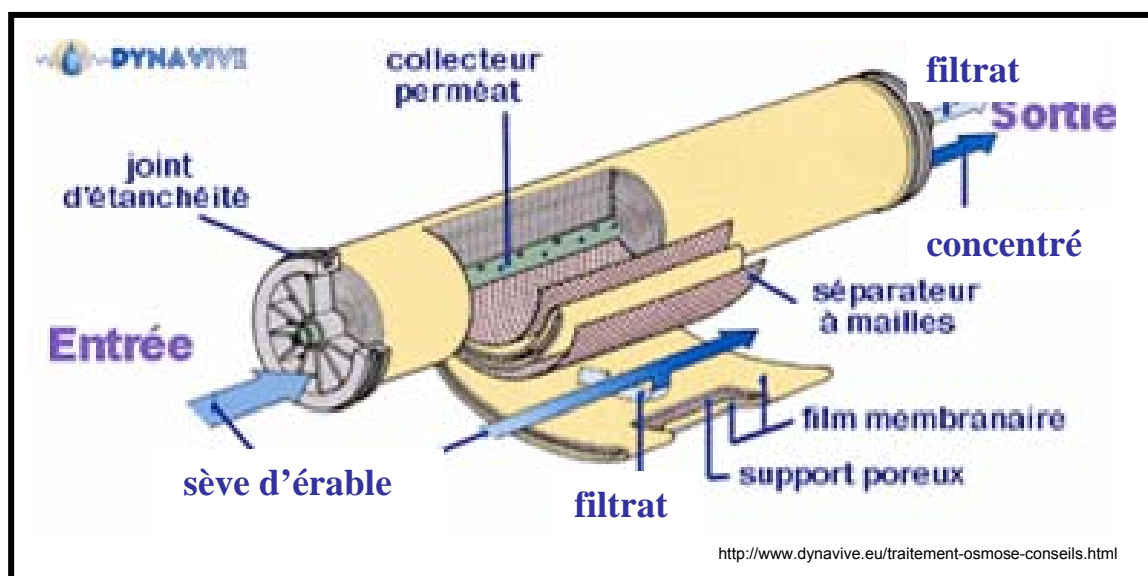


Figure 8 : Configuration d'un module spiralé.

recirculation diminue le colmatage pendant les périodes de concentration par la turbulence qu'elle crée. De plus, cette même recirculation améliore le décollement des saletés lors de la période de lavage. Elle joue aussi un rôle d'équilibrage de concentration sur toute la longueur de la membrane.

À ces principaux éléments s'ajoutent tout un système de conduites, munies de valves simple direction ou à 3 voies, ainsi qu'une cuve de lavage, qui sert pour la circulation en circuit fermé utilisée notamment dans l'opération de lavage.

Pour gérer le concentrateur en tout ou en partie, un tableau de contrôle est doté de plusieurs éléments :

- valves pour contrôler la pression et le débit;
- démarreurs de pompe d'alimentation et de pression;
- rotamètres, pour le concentré et le filtrat, munis ou non de valves d'échantillonnage, de lumières indicatrices de fonctionnement ou de non-fonctionnement ainsi que certaines pour la haute température;
- thermomètre et un ou des manomètres.

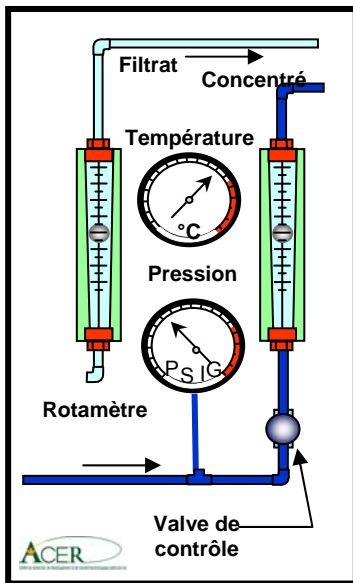


Figure 9 : Panneau de

Le tableau de contrôle est adapté au système choisi selon les besoins.

5. Les aménagements possibles des membranes

Selon les besoins, un système peut se composer d'une seule membrane de 4 po par 40 po ou de 8 po par 40 ou 60 po pour de petites entreprises. Pour rencontrer les besoins des grosses entreprises, il est essentiel d'utiliser plusieurs membranes pour atteindre des taux de concentration de 8 °Brix, 15 °Brix et même 20 °Brix. Selon les besoins, les membranes sont montées différemment soit en parallèle, soit en série.

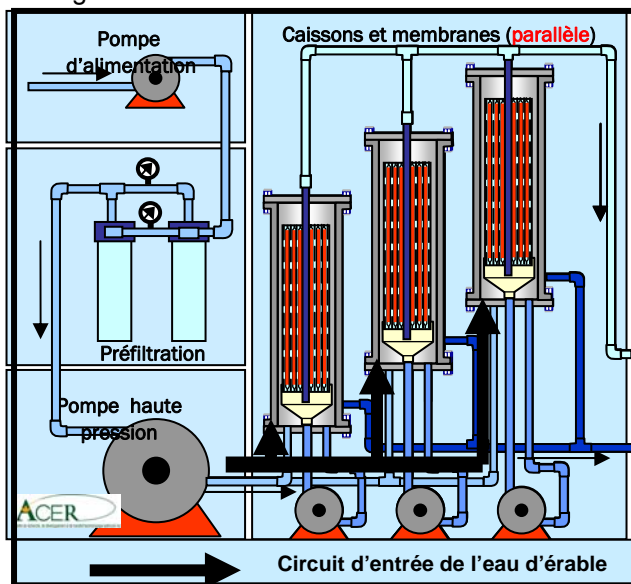


Figure 10 : Montage des membranes en parallèle

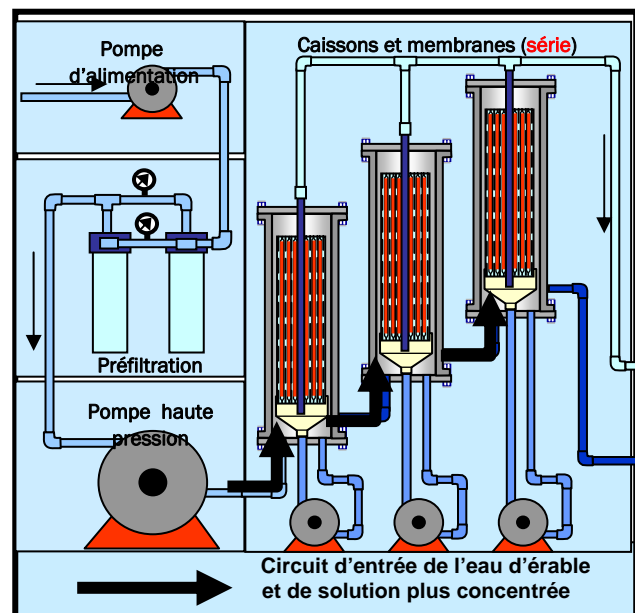


Figure 11 : Montage des membranes en série.

Cette configuration donne de grands débits pour ceux qui veulent fonctionner à faible concentration. Elle n'est pas conseillée pour la haute concentration. Elle a aussi

Le montage des membranes en parallèle consiste à diriger l'eau, en provenance de la pompe haute pression, à toutes les membranes par une conduite (voir **figure 10**). Évidemment cette pompe devra fournir le débit nécessaire correspondant à la capacité totale du concentrateur.

l'avantage que le fonctionnement de chacune des membranes est indépendant des autres.

Le montage des membranes en série (voir **figure 11**) est tel que le concentrée sortant de la première membrane est dirigé vers l'entrée de la seconde. Cette dernière va concentrer un peu plus la solution et ainsi de suite. À l'image de l'échelle, chaque membrane aide à monter la concentration de la solution d'érable. Chaque module a un taux d'efficacité et un taux de concentration qui lui sont propres.

Pour une même installation, le travail de concentration est divisé inégalement par le nombre de membranes en présence, ce qui permet de conserver un débit intéressant. Cette configuration convient à la haute concentration.

6. Le volume mort et le volume mort résiduel

Comme décrit dans les sections précédentes, un concentrateur d'eau d'érable est composé de plusieurs parties, incluant la tuyauterie qui relie ces parties entre elles. Une fois que le concentrateur est en marche, il se remplit d'eau d'érable, de concentré et de filtrat. Il faudra gérer tout le volume de liquide contenu par l'appareil pour bien le nettoyer le temps venu.

Lors de l'opération de nettoyage, il nous faut connaître les deux types de volumes de solutions retrouvées dans un appareil : le volume mort (VM) et le volume mort résiduel (VMR).

6.1 Définitions de VM et VMR

Le volume mort d'un concentrateur d'eau d'érable est le volume de la solution (eau d'érable et concentré) qui demeure dans l'appareil au terme d'un cycle de concentration (voir **figure 12**). Chaque appareil, selon sa configuration, possède un VM qui lui est propre. L'opération de drainage va permettre d'extraire la partie libre de ce volume de solution.

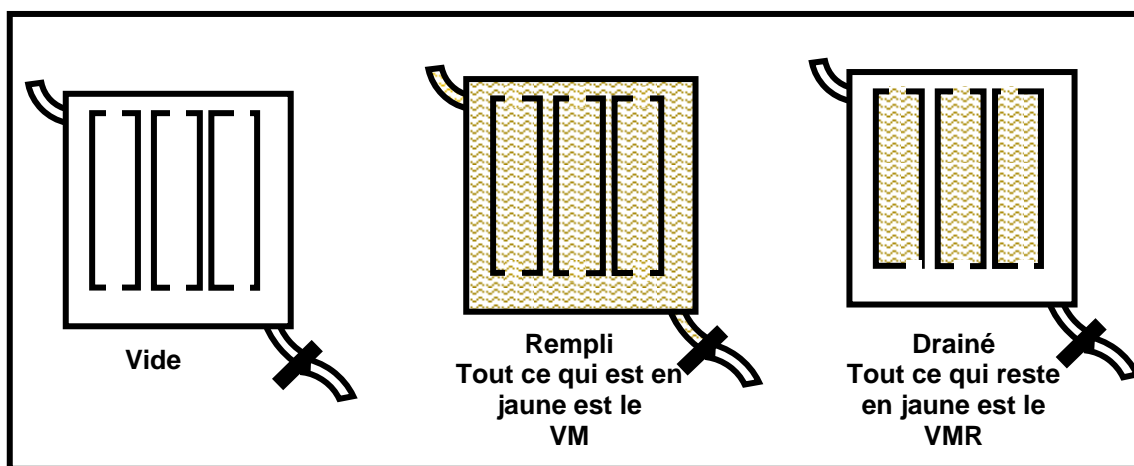


Figure 12 : Illustration du volume mort (VM) et du volume mort résiduel (VMR).

Le volume mort résiduel représente le volume de solution (eau d'érable et concentré) qui demeure dans l'appareil une fois drainé (voir **figure 12**). Tout comme le VM, le VMR est spécifique à chaque appareil et il faut le déterminer une fois le système monté. Le VMR

dépend de toutes les facilités de drainage tant manuelles qu'automatique qu'offre l'appareil tel que les valves ou le démontage de certaines conduites. Plus le drainage est maximisé, plus le VMR est petit. Par contre, il faut faire le drainage comme on le ferait en cours de saison, ni plus ni moins. Ainsi, on aura à travailler toujours avec le même VMR. Comme le volume d'eau nécessaire au lavage et au rinçage est dépendant du VMR, il importe que le système permette un bon drainage facile à réaliser. Par exemple, le volume recommandé d'un rinçage court est de 30 fois le VMR.

6.2 Comment déterminer les VM et VMR

Une des méthodes de détermination du volume mort et du volume mort résiduel consiste à profiter du fait qu'en début de saison, le système est vide de tout liquide. Il suffit de connaître le volume d'eau disponible avant la mise en marche et de déduire, par les quantités manquantes les volumes recherchés.

La méthode de détermination du VM et du VMR se fait comme suit :

- **remplir** la cuve de lavage avec une eau propre et adéquate et tracer une ligne repère sur la paroi du réservoir; (si ce réservoir n'est pas assez grand, préparer un ou des contenants d'eau dont vous connaissez le volume et que vous verserez dans le réservoir au besoin);
- **calculer** le volume d'eau ainsi préparée (par la dimension des contenants, en pieds cubes, et le facteur de 6,23 gallons impériales au pied cube ou 1000 litres au mètre cube);
- **diriger** les sorties du concentré et du filtrat vers la cuve de lavage ;
- **mettre** en marche le montage en mode lavage jusqu'à stabilisation du niveau du liquide dans la cuve de lavage;
- **arrêter** le système;
- **mesurer** la différence de hauteur entre la première marque et le niveau actuel;
- **calculer** le volume d'eau correspondant à cette différence, représentant l'eau manquante qui remplit l'appareil et toutes ses composantes : c'est le **VM**.

IMPORTANT

1. On a tout intérêt à drainer l'appareil comme on le fait en saison. Ainsi il sera facile de reproduire la même procédure.

2^e étape :

- **drainer** l'appareil; le but est de drainer comme on fait en saison;
- **diriger et/ou verser** l'eau de drainage dans la même cuve de lavage;
- **mesurer** la différence de hauteur entre la première marque de référence et le nouveau niveau d'eau;
- **calculer** le nouveau volume d'eau correspondant à cette différence; ce volume représente l'eau manquante qui est dans l'appareil et toutes ses composantes après drainage; c'est le **VMR**.

7. L'achat d'un concentrateur d'eau d'érable

Le concentrateur d'eau d'érable est un investissement important dans une exploitation acéricole. À cette étape, trois personnes sont concernées : l'acériculteur, soit le principal

intéressé, son conseiller et le vendeur fournisseur. Trois acteurs importants dans l'élaboration du cahier des charges, l'identification des disponibilités dans le marché et la sélection du choix final.

7.1 Votre érablière

Afin de réaliser le bon choix, il faut bien établir ses besoins, et pour ce faire, la connaissance de l'érablière est indispensable. Voici quelques éléments à mettre sur papier avant d'aller rencontrer un fournisseur :

- le nombre d'entailles réelles;
- le degré Brix du concentré souhaité à produire;
- la coulée quotidienne de pointe (litres par entaille par jour);
- la coulée quotidienne lors d'une faible coulée (litres par entaille par jour);
- le pourcentage de la coulée quotidienne de pointe qui sera traitée quotidiennement en % (80 % peut être une valeur correcte, mais c'est au propriétaire de déterminer cette valeur);
- le nombre d'heures maximum de concentration par jour choisi par l'opérateur (exemple : 10 heures par jour, encore là, c'est le choix de l'opérateur, de sa situation, de ses contraintes);
- le nombre d'heures minimum de concentration par jour choisi par l'opérateur, qui dépend de l'évaporateur en place, du besoin pertinent et économiquement valable de mettre en marche l'appareil (exemple : 2,5 heures).

Un bon conseiller va utiliser ces données avec celles des capacités des concentrateurs du manufacturier et un facteur de séparation donné, par exemple 30 %, et fournir le nombre de membranes nécessaires pour répondre au besoin en concentration de l'exploitation. Le *Cahier de transfert technologique en acériculture* (CTTA), rédigé par le Centre ACER, présente la méthodologie pour calculer soi-même le nombre de membranes.

Le facteur de séparation est le pourcentage que représente le débit du concentré sortant par rapport au débit de la sève entrant ; dans notre exemple on parle de 30 %; si 10 gallons par minute de sève entrent, il en ressort 3 gallons de concentré et 7 gallons de filtrat ($(3 \div 10) \times 100 = 30 \%$).

7.2 Vos projets d'expansion

Lors de l'élaboration d'un projet de concentration d'eau d'érable, il est important de connaître la situation actuelle pour que le système réponde adéquatement au besoin. Il ne faut pas oublier les projets d'acquisition d'avenir en autant que faire se peut. Ceci permet de prévoir les futurs aménagements et de planifier déjà les agrandissements qui seront nécessaires. Ceci n'oblige en rien le propriétaire par rapport aux achats ou aux locaux futurs, mais permet une meilleure planification.

7.3 Votre fournisseur et vous

Avant de choisir un fournisseur et un équipement, certaines précautions peuvent vous aider grandement par la suite. En voici quelques-unes :

- Bien comprendre les principes de fonctionnement d'un concentrateur tel que l'osmose, l'osmose inverse et la nanofiltration.
- Connaître toutes les composantes d'un système, leur utilité et leur fonctionnement.

- S'assurer que le vendeur peut vous fournir toutes les fiches techniques et instructions relatives à l'utilisation du concentrateur.
- Insister auprès du fabricant pour obtenir la formation technique permettant de se familiariser avec toutes les composantes de l'appareil et d'en connaître les limites; la formation avant l'achat permet de bien comprendre les facilités et difficultés d'un appareil par rapport à un autre.
- S'enquérir de toutes les procédures pour bien entreposer l'appareil étant donné qu'il est en arrêt pendant dix mois de l'année.
- Prendre connaissance des garanties et du service après vente.
- Si possible, consulter un conseiller technique privé qui n'a pas de lien avec aucun fabricant, ce qui ajoute un éclairage nouveau qui est des plus pertinents.

Toutes ces précautions sont autant d'atouts que le futur investisseur met dans son jeu pour faire un bon choix et par la suite performer et maintenir cette performance.

8. Montage du concentrateur d'eau d'érable en début de saison

En général, tous les systèmes ressemblent au schéma de la **figure 13**, illustrant le concentrateur avec ses 3 types de bassins : eau d'érable, concentré et filtrat en plus de la cuve de lavage.

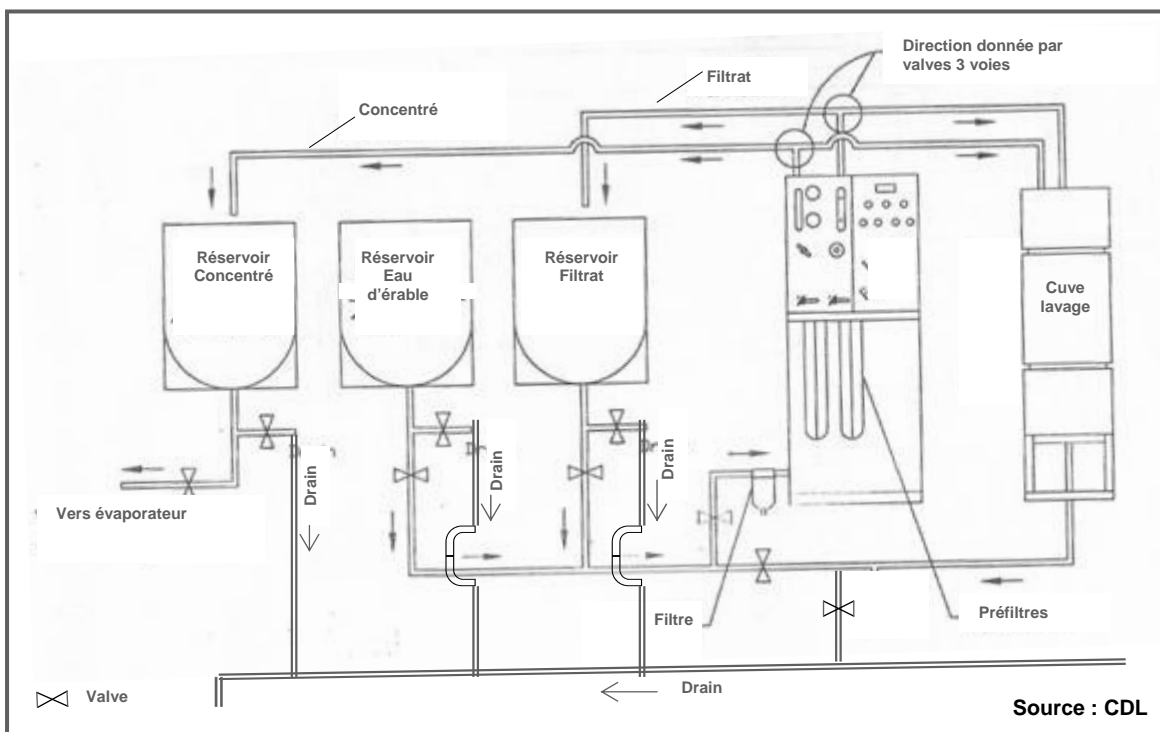


Figure 13 : Schéma illustrant d'un concentrateur avec les divers bassins reliés par un système de tuyauterie et le drain d'évacuation des eaux et solutions à rejeter.

Un ensemble de tuyauterie et de valves permet de selon les possibilités suivantes :

- l'eau d'érable vers le concentrateur ou le drain;
- le filtrat vers la cuve de lavage, le concentrateur, les autres bassins ou le drain.
- le concentré vers l'évaporateur ou le drain;
- la solution de lavage vers le concentrateur ou le drain.

IMPORTANT

Chauffer le local du concentrateur à un minimum de 15 °C pendant 24 à 48 heures avant

Un simple jeu de valves disposées au bon endroit permet toutes ces possibilités et aussi d'isoler au besoin certaines parties.

Il faut chauffer le local du concentrateur à environ 15 °C minimum pendant 24 à 48 heures avant la mise en marche afin d'éliminer tout résidu d'eau glacée se retrouvant dans les pompes ou ailleurs, car ce manque pourrait occasionner un bri mécanique.

8.1 Montage de la membrane

Le printemps venu, les préparatifs avant la coulée exigent notamment de revoir toute l'installation du concentrateur d'eau d'érable. La première étape est de procéder au montage des membranes dans les caissons. Entreposée depuis une dizaine de mois dans un caisson d'entreposage dans une solution de remisage, la membrane doit être transférée dans le caisson du concentrateur. Les étapes d'installation peuvent différer légèrement selon les modèles, mais la méthode se ressemble. De prime abord, il faut « **SUIVRE LES RECOMMANDATIONS DU FABRICANT** ».

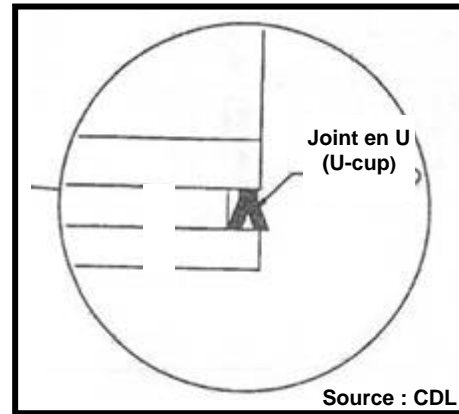


Figure 14 : Joint d'étanchéité en « U ».

Les étapes générales sont :

- **sortir** la membrane du caisson de remisage;
- **vérifier** si les joints d'étanchéité, joint torique et joint en « U », sur les bouchons et sur la membrane sont en bon état;
- **s'assurer** que le joint d'étanchéité en « U », s'il est changé, soit installé dans la bonne direction par rapport au caisson;
- **enduire** les joints toriques (communément appelés « O-Rings ») et le joint en U (« U-Cup ») avec un lubrifiant alimentaire sous forme de graisse afin d'obtenir une meilleure étanchéité;

IMPORTANT

1. La bonne direction du joint en U.
2. Enduire les joints d'étanchéité avec une graisse alimentaire.

- **insérer** un bouchon dans l'orifice du filtrat à l'extrémité où il y a le joint torique;
- **installer** la soucoupe à cette même extrémité;
- **insérer** la membrane dans le caisson métallique avec soin pour ne pas l'altérer en s'assurant de la bonne direction;
- **remettre** le couvercle et les boulons de serrage.

8.2 Autres raccordements

Pour poursuivre l'installation du printemps, les autres étapes sont :

- **raccorder** toutes les conduites de filtrat et de concentré;
- **installer** les débitmètres;
- **vérifier** la plomberie et les connections aux différents bassins;

IMPORTANT

1. Placer des préfiltres neufs.
2. Disjoncteur à « On ».
3. Attendre que les caissons soient remplis, pour brancher les pompes de recirculation.
4. Vérifier les fuites.

- **placer** des préfiltres neufs et lubrifier les joints d'étanchéité;
- **faire tourner** de quelques tours les moteurs à l'aide d'un tournevis avant démarrage comme recommandé par certains fabricants et lorsque possible;
- **faire** tous les raccordements électriques;
- **ne pas brancher** les pompes de recirculation ou faire en sorte que son interrupteur soit à « Off »;
- **pousser** le disjoncteur en position « On » dans la

boîte électrique;

- **vérifier** les fuites et les **corriger** lors de la mise en marche.

9. Mise en marche en début de saison

Février arrive et les membranes reposent dans leur caisson d'entreposage dans une solution bactéricide (telle que le métabisulfite de sodium) et parfois contre le gel (tel le glycol) depuis près de dix mois. On doit éliminer cette solution et parfois remplacer une membrane par une neuve. Ces deux situations se ressemblent, mais il y a de petites différences significatives pour leur mise en marche.

9.1 Les membranes de l'année dernière

Le premier cas, le plus usuel, est de démarrer une saison avec les membranes de l'année précédente. Il faut une eau de qualité pour les remettre en marche.

9.1.1 L'eau disponible

Une fois le montage terminé, la préparation se fait avec de l'eau de qualité étant donné l'absence de filtrat. Une eau de qualité possède les propriétés suivantes :

IMPORTANT

Faire analyser l'eau disponible à la cabane à sucre pour connaître son potentiel d'utilisation.

fer < 0,3 milligramme par litre (mg/l)
manganèse :... < 0,2 mg/l
chlore :..... aucun
dureté :..... < 100 ppm (parties par million)
conductivité électrique .300 à 400 microsiemens (µS/cm)
caractéristiques microbiologiques :
bactéries atypiques :...< 200 UFC/100 ml (Unités
Formant une Colonie
par 100 millilitres)
flore coliforme :..... < 10 UFC/100 ml

Une bonne analyse de l'eau disponible sur le site permet de connaître son potentiel d'utilisation. Le fer, la dureté et les caractéristiques microbiologiques sont les trois éléments à faire vérifier. Le propriétaire se chargera de mesurer la conductivité.

Si l'eau sur place ne convient pas, demandez aux voisins si leur eau pourrait faire l'affaire. Sinon, pour ceux qui ont une vieille membrane mise de côté, ils peuvent se préparer du filtrat en concentrant l'eau disponible sur place. Il faudra vérifier sa conductivité électrique.

Une autre option, comme on est en mode rinçage et non en mode concentration, consiste à utiliser la première eau d'érable, sans résidu de lavage, pour réaliser l'entretien (voir **section14**, pour voir ce que peut être l'entretien) de la membrane.

9.1.2 La préparation des membranes

Remettre en fonction le concentrateur implique un certain nombre d'actions d'entretien sur la membrane pour éliminer toute trace de métabisulfite de sodium (MTBS) et de glycol. En tout premier lieu, il est important de « **SUIVRE LES RECOMMANDATIONS DU FABRICANT** ». Si elles s'avéraient incomplètes ou manquantes, voici quelques suggestions :

Le cas de la membrane entreposée dans du MTBS uniquement :

- **rincer** en circuit ouvert avec le volume d'eau nécessaire, soit la somme de la moitié de la capacité de traitement de chacune des membranes :
 - **diriger** la sortie du filtrat et du concentré vers le drain;
 - **faire** fonctionner en circuit ouvert, à basse pression ou en mode rinçage selon l'appareil.

Exemple :

capacité de 600 gph_{us} (gallon américain par heure)
 $300\text{gph}_{us} \times 0,833 \text{ gph}_{imp}/\text{gph}_{us} = 250 \text{ gph}_{imp}$. (gallon impérial par heure)
 système à 5 membranes 8 x 40 po
 volume d'eau nécessaire : $250 \text{ gph}_{imp} \times 5 = 1\,250 \text{ gph}_{imp}$.

- **Note :** Ce n'est pas le moment de faire un test de perméabilité à l'eau pure (PEP); il est préférable d'attendre après la première période de concentration; alors on aura notre PEP de début d'année qui servira de référence pour toute la saison.

Le cas de la membrane entreposée dans le MTBS et le glycol :

- **rincer** avec un volume d'eau équivalent à la somme de la moitié de la capacité de traitement de chacune des membranes :
 - **diriger** la sortie du filtrat et du concentré vers le drain;
 - **faire** fonctionner en circuit ouvert, à basse pression ou en mode rinçage selon l'appareil.

IMPORTANT

S'assurer qu'aucune trace de MTBS et de glycol ne demeure dans la membrane avant la concentration d'eau d'étable.

- **effectuer** un lavage basique en circuit fermé avec :
 - 7,5 g_{imp}/membrane de 4 x 40 po;
 - 15 g_{imp}/membrane de 8 x 40 po;
 - 22,5 g_{imp}/membrane de 8 x 60 po.

Pour déterminer la quantité d'eau à mettre dans la cuve de lavage, il faut tenir compte du VM qui est l'eau contenue dans l'appareil et contribuant au lavage aussi. L'exemple qui suit et la **section 14.3.1** sur le lavage basique illustrent ce calcul;

- **drainer**;
- **réaliser** un rinçage court (à froid) avec 30 VMR (voir **section 14.2.2**);
- **faire** un lavage basique;
- **drainer**;
- **rinçage court (à froid)** avec 30 VMR.

Exemple :

Membranes remisées dans le MTBS et le glycol
 Concentrateur : 5 membranes de 8 x40 po de 600 gph_{us} chacune ou 500 g_{imp}
 VM : 45 g_{imp} VMR : 6 g_{imp}

| | | | |
|---|--|--|------------------------|
| Volume d'eau nécessaire pour tous les lavages et rinçages : | | | |
| $\{5 \times (\frac{1}{2} \text{ capacité})\}$ | $+ \{2 \times [(15 \text{ g}_{\text{imp.}} \times 5 \text{ memb.}) - \text{VM}]\}$ | $+ \{2 \times (30 \times \text{VMR})\}$ | |
| $\{5 \times (250 \text{ g}_{\text{imp.}})\}$ | $+ \{2 \times [(75 \text{ g}_{\text{imp.}}) - 45 \text{ g}_{\text{imp.}}]\}$ | $+ \{2 \times (30 \times 6 \text{ g}_{\text{imp.}})\}$ | |
| $\{1250 \text{ g}_{\text{imp.}}\}$ | $+ \{60 \text{ g}_{\text{imp.}}\}$ | $+ \{360 \text{ g}_{\text{imp.}}\}$ | |
| Volume d'eau nécessaire : | | | 1 670 g _{imp} |

- **Note** : Ce n'est pas le moment de faire un test PEP; il est préférable d'attendre après la première période de concentration; alors on aura notre PEP de début d'année qui servira de référence pour toute la saison.

9.2 Une membrane neuve

Il est très important de conditionner une membrane neuve pour qu'elle puisse performer et afin d'adapter cette dernière à l'eau d'érable à traiter. Avant cette étape, il faut toutefois nettoyer la membrane de tout résidu contenu dans cette dernière à la livraison.

La qualité de l'eau utilisée est de très grande importance et il faut consulter la section 8.1.1 *L'eau disponible* pour s'assurer d'une eau adéquate.

IMPORTANT

Pour une membrane neuve, un bon nettoyage suivi d'une période de concentration de sève de 24 heures cumulatives et d'un entretien est un bon conditionnement. Après, il faut faire le PEP, qui sera celui de référence.

Le nettoyage recommandé suit les étapes suivantes :

- **rincer** avec un volume d'eau équivalent à la somme de la moitié de la capacité de traitement de chacune des membranes :
 - **diriger** la sortie du filtrat et du concentré vers le drain;
 - **faire** fonctionner en circuit ouvert, à basse pression ou en mode rinçage

selon l'appareil.

- **effectuer** un lavage basique en circuit fermé avec :
 - 7,5 g_{imp}/membrane de 4 x 40 po;
 - 15 g_{imp}/membrane de 8 x 40 po;
 - 22,5 g_{imp}/membrane de 8 x 60 po.

Pour déterminer la quantité d'eau à mettre dans la cuve de lavage, il faut tenir compte du VM qui est l'eau contenue dans l'appareil qui contribuera au lavage aussi. L'exemple précédent et la **section 14.3.1** sur le lavage basique illustrent ce calcul.

- **drainer**;
- **effectuer** un rinçage court (à froid) avec 30 VMR.

Le conditionnement de la membrane s'effectue en concentrant la sève d'érable pendant une période minimale de 24 heures, de préférence en continue, sinon au cumulatif

(exemple : 3 journées de 8 heures de concentration). Après cette période, on procède à un cycle de lavage-rinçage très important de la membrane, pour aller chercher une référence essentielle, soit la perméabilité à l'eau pure (PEP) de référence qui servira de comparaison toute la durée de vie de la membrane.

L'entretien se fait comme suit :

- **désucrage** (voir **section 14.2.2**);
- **rinçage long à chaud** (voir **section 14.2.4**);
- **lavage basique** en circuit fermé avec :
 - 7,5 g_{imp.}/membrane de 4 x 40 po;
 - 15 g_{imp.}/membrane de 8 x 40 po;
 - 22,5 g_{imp.}/membrane de 8 x 60 po(voir **section 14.3.1** pour détail sur lavage basique).
- **rinçage court (à froid)** avec 30 VMR (voir **section 14.2.3**);
- **test PEP** afin de déterminer la perméabilité à l'eau pure qui sera considérée comme référence (PEP_{INITIAL}) pour la vie de la membrane (voir **section 11**).

10. Mode concentration

Chaque compagnie donne ses recommandations de concentration. Alors, il primordial de « **SUIVRE LES RECOMMANDATIONS DU FABRICANT** ». Si elles s'avéraient incomplètes ou manquantes, voici quelques suggestions :

10.1 À prime abord

En mode concentration, il faut connaître les limites de l'appareil, c'est-à-dire dans quelles conditions il est le plus performant. Une membrane ou plusieurs membranes montées en parallèle ne donnera pas du 20 °Brix à un débit acceptable. Il est recommandé de s'en tenir en deçà de ces limites. La connaissance du produit à concentrer, en l'occurrence l'eau d'érable, permet de voir venir les difficultés. En effet, une eau de début ou de fin de saison a plus d'effets sur le colmatage des membranes qu'une eau de milieu de saison.

Aussi, bien connaître les facteurs qui influencent le débit de filtration permet de réagir convenablement au bon moment. Le **taux de filtration** est défini par : la quantité de filtrat qu'une membrane peut extraire de la solution à concentrer par unité de temps (en anglais « permeate rate »). Voici ces facteurs :

- la surface des membranes, le matériau les composant, la technique d'enroulement, la hauteur et le diamètre de la cellule;
- la concentration recherchée : plus on augmente la concentration, plus la pression osmotique augmente et plus le taux de filtration baisse, et l'inverse est vrai;
- la température : plus la température de l'eau d'érable augmente, plus le taux augmente;

- la propreté et le colmatage de la membrane affecte à la baisse le taux de filtration;
- l'usure normale de la membrane aussi.

D'autres considérations à tenir compte lors de la concentration sont :

- planifier la concentration de telle sorte que le concentré sera bouilli le plus vite possible;
- l'eau d'érable et les produits de lavage ou de remisage ne devraient jamais venir en contact;
- tenir compte des caractéristiques de l'évaporateur : chauffage, ratio des surfaces des pannes à fond plat et à plis afin d'adapter ces derniers à la concentration d'arrivée de la sève et éviter le problème de dépôts calcaires dans la panne à plie.

10.2 On concentre

Avant de débiter dans cette section, une précision s'impose à propos des mots « vanne » et « valve » souvent utilisés dans les manuels d'instructions. Ces deux mots représentent la même réalité, soit un dispositif mécanique qui règle le passage ou non d'un liquide, et seront utilisés indifféremment.

Après avoir pris en considération tous les tenants et aboutissants de la concentration, la démarche pourrait ressembler à celle-ci :

1. **remplacer** les préfiltres de lavage si on fait suite à un lavage;
2. **fermer** toutes les vannes pour s'assurer qu'il n'y a pas d'erreur de circuit;
3. **ouvrir** la vanne d'alimentation en « eau d'érable »;
4. **s'assurer** que tuyau d'amenée d'eau soit plein avant le départ, parce que les pompes ne sont pas faites pour tourner à sec (situation qui peut survenir lorsque le réservoir est loin du concentrateur);
5. **ouvrir** les vannes pour diriger, vers le drain, les premiers jets de filtrat et de concentré;
6. **ouvrir** les valves sur chaque caisson, ou peser sur le bouton du préfiltre ou de tout autre dispositif, qui permet d'éliminer les poches d'air dans la plomberie et les pompes à turbine;
7. **ouvrir** complètement les vannes « concentré » et « pression » ou selon les recommandations du fabricant. Par exemple, CDL écrit d'ouvrir la valve de concentration d'un tour et celle de pression de deux tours;

IMPORTANT

1. Changer les préfiltres de lavage
2. Bien connaître et maîtriser toutes les vannes
3. Les pompes ne doivent pas tourner à sec
4. S'assurer que tous les caissons sont remplis avant d'enclencher les pompes de recirculation
5. Évaluer le rapport des débits « filtrat : concentré » afin d'obtenir la concentration fixée au départ
6. Mesurer le °Brix du concentré pour faire les ajustements nécessaires

8. **appuyer** le bouton « Départ en mode concentration » et le témoin vert s'allume;
9. **rediriger**, après environ une minute, les vannes de concentré et de filtrat vers leur réservoir respectif;
10. **attendre** de voir passer le concentré dans le débitmètre;
11. **enclencher** les pompes à recirculation (connexion ou interrupteur); maintenir une pression supérieure à 20 psi (entre 30 et 60 psi); certains concentrateurs arrêtent automatiquement si la pression est inférieure à 20 psi;

12. **mesurer** la concentration de l'eau d'érable au réfractomètre ou autre instrument;
13. **respecter** le taux de conversion maximal du système que vous avez : taux de conversion de 70 % par membrane soit un rapport filtrat-concentré à 7 – 3, soit un si on concentre à plus haut °Brix avec plusieurs membranes, le taux de conversion va augmenter ; demander à votre fournisseur les valeurs à respecter;
14. **évaluer** le rapport entre le débit du concentré et le débit du filtrat

Données de départ : concentration eau d'érable, concentration concentré choisie :

- $W_{\text{filtrat}} = ((\text{°Brix}_{\text{conc}} \div \text{°Brix}_{\text{eau}}) - 1) \times W_{\text{conc}}$

W_{filtrat} : débit du filtrat (GPM) W_{conc} : débit du concentré (GPM)
 $\text{°Brix}_{\text{eau}}$: concentration eau érable $\text{°Brix}_{\text{conc}}$: concentration du concentré.

Exemple :

L'eau est à 2,5 °Brix et la concentration du concentré choisie, de 12 °Brix

Si on met le débit du concentré à 1 GPM

$$W_{\text{filtrat}} = ((12 \div 2,5) - 1) \times 1 = 3,8 \text{ GPM}$$

Le rapport « concentré : filtrat » est de « 1 : 3,8 »

En d'autres mots si le débitmètre du concentré indique 3 GPM, celui du filtrat sera 11,4 GPM (3 x 3,8), afin de garder le même rapport.

15. **ajuster** le débit du concentré et la pression afin de suivre le rapport concentré-filtrat et aussi pour ne pas dépasser la pression permise;
16. **prendre** un échantillon de concentré par la valve du débitmètre. une fois le système stabilisé (environ après 10 minutes de fonctionnement) et analyser au réfractomètre la concentration;
17. **ajuster** à nouveau le débit du concentré et refaire le test de concentration et ajuster au besoin;
18. **mesurer** la concentration du concentré régulièrement en cours de journée pour maintenir une certaine régularité.

11. Le colmatage

Le colmatage d'une membrane peut être défini comme l'ensemble des phénomènes qui interviennent dans la modification de ses propriétés filtrantes, à l'exception de la compaction et de la modification chimique. Le colmatage entraîne des variations de perméabilité qui peuvent être réversibles ou irréversibles. C'est un mécanisme complexe qui peut être amplifié avec l'augmentation de pression.

Les agents colmatants se divisent en deux catégories :

- Résidus solubles dans l'eau, pouvant être éliminés par une étape de rinçage, tel le sucre;
- Résidus non solubles dans l'eau, formant une couche poreuse et résistante :
 - Protéines (éliminées par détergents basiques);
 - Sels, colmatage sévère, (éliminés par détergents acides);
 - Micro-organismes (éliminés par détergents basiques);
 - Colloïdes (la préfiltration enlève des colloïdes; éliminés en général par un détergent basique);
 - Polysaccharides insolubilisés (éliminés en général par un détergent basique).

Un agent nettoyant efficace doit éliminer la matière organique, dissoudre les sels minéraux et détruire les micro-organismes. Malheureusement, on ne peut retrouver toutes ses fonctions dans un seul agent.

12. La perméabilité à l'eau pure (PEP) et l'efficacité

Pour évaluer la performance d'une membrane, il existe deux catégories de mesures. La première consiste à évaluer l'intégrité du filtrat. Cette façon de faire se retrouve à la **section 13**. La deuxième catégorie consiste à évaluer le débit de filtration, soit la capacité de la membrane à extraire de l'eau pure d'une solution.

L'efficacité d'une membrane est le fruit de la comparaison de sa performance actuelle avec celle qu'elle avait lorsqu'elle était neuve. C'est un paramètre indicateur pour guider un cycle d'entretien.

12.1 La perméabilité à l'eau pure

IMPORTANT

1. Eau de qualité (filtrat).
2. Pression recommandée.
3. Taux de conversion de 70 % si une membrane (rapport : filtrat – concentration de 7 – 3), si plusieurs membranes, celui établi par votre fournisseur.
4. Mesure volume d'eau et temps de remplissage.
5. Calculer débit.
6. Prendre la température du filtrat
7. Modifier débit en fonction température.
8. Inscrire au registre.

La méthode d'évaluation de la perméabilité à l'eau pure (PEP) consiste à faire passer de l'eau pure, en l'occurrence du filtrat de qualité, dans le concentrateur et d'évaluer le débit de filtration que produit la membrane dans des conditions bien établies de pression, de température et de taux de séparation. Ces conditions doivent être toujours les mêmes lors de toutes les évaluations du PEP pour fin de comparaison.

Le PEP peut se prendre à différents moments de la production, mais de façon courante, c'est après un processus d'entretien comme un rinçage ou lavage. La méthode qui suit est précise et convient bien lorsque les débitmètres

ne sont plus fonctionnels. Les étapes se résument comme suit :

- **alimenter** le concentrateur au filtrat (la quantité minimum est d'environ le tiers de la capacité nominale de l'appareil);
- **démarrer** l'appareil en mode concentration à la pression selon « **LES RECOMMANDATIONS DU FABRICANT** ». À défaut de recommandations, fixer la pression à environ 50 % de la pression recommandée pour la concentration de l'eau d'érable. Toujours réaliser les PEP à la même pression pour une même membrane;

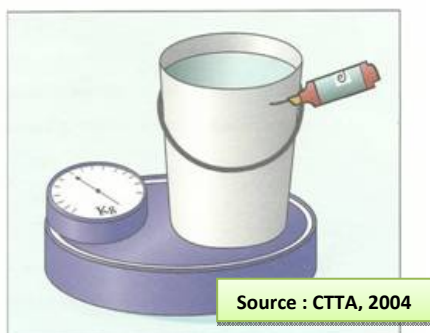


Figure 15 : Illustration de la méthode de détermination du volume d'un contenant par pesée.

- **utiliser** toujours le même taux de conversion, soit le rapport filtrat-concentré à 7:3, pour un taux de conversion de 70 % par membrane. Si on concentre à plus haut °Brix avec plusieurs membranes, le taux de conversion va augmenter. Demandez à votre fournisseur les valeurs à respecter;

- **laisser** fonctionner l'appareil 5 minutes pour équilibrer la membrane ou jusqu'à ce que les débits soient stables;
- **mesurer** le débit de filtration. Pour ce faire, remplir un contenant dont on connaît la capacité et mesurer le temps de remplissage; le contenant doit être assez grand pour que le remplissage dure environ une minute. Pour connaître la quantité, soit trouver le volume du contenant, soit peser le volume d'eau dans le contenant (contenant plein moins contenant vide et transformer le poids en volume) (voir **figure 15**);

Exemple :

20 kg d'eau donne un volume de 20 litres,
 temps de remplissage : 1 min 30 sec
 $W = \text{Volume(l)} \div \text{temps (min)}$
 $= 20 \text{ l} \div 1,5 \text{ min} = 13,3 \text{ l/min}$

- **prendre** la température du filtrat et calculer le débit corrigé en fonction de la température; le tableau des facteurs de correction est fourni avec l'appareil; la **figure 16** montre un tel tableau;
- **Inscrire** au Registre des performances et entretiens (voir **Annexe 6**).

| Température °C | Facteur de correction F_c |
|----------------|-----------------------------|
| 0 | 0,672 |
| 1 | 0,695 |
| 2 | 0,718 |
| 3 | 0,742 |
| 4 | 0,766 |
| 5 | 0,790 |
| 6 | 0,816 |
| 7 | 0,842 |
| 8 | 0,866 |
| 9 | 0,893 |
| 10 | 0,919 |
| 11 | 0,946 |
| 12 | 0,973 |
| 13 | 1,000 |
| 14 | 1,028 |
| 15 | 1,055 |
| 16 | 1,084 |
| 17 | 1,112 |
| 18 | 1,142 |
| 19 | 1,170 |
| 20 | 1,200 |
| 21 | 1,229 |
| 22 | 1,259 |
| 23 | 1,289 |
| 24 | 1,319 |
| 25 | 1,350 |

Note

La température modifie le débit mesuré. C'est pour cette raison que nous ramenons toutes les valeurs à la température de 13 °C. Ainsi, toutes les tests PEP seront sur une même base de température et donc comparables.

Comment utiliser le tableau?

- Le débit est mesuré « W »
- La température est connue
- Le facteur de correction apparaît dans le tableau : F_c

Débit corrigé donne le PEP
 $PEP = W \div F_c$

Dans l'exemple précédent :
Température = 8 °C
Facteur de correction = 0,866
 $W = 13,3 \text{ l/min}$
 $PEP = \frac{13,3}{0,866} = 15,35 \text{ l/min}$

Important : Ce n'est pas tous les fabricants qui utilisent ce tableau. Insistez pour que votre vendeur vous fournisse le document technique (tableau de corrections) qui convient à votre appareil.

Figure 16 : Modèle de tableau de facteurs de correction du débit de filtration en fonction de la température.

12.2 Efficacité d'une membrane

La mesure du « PEP_H » est donc la mesure de son état actuel de propreté ou de colmatage après un temps « H » heures d'opération. Par exemple, après 18 heures de fonctionnement, le PEP₁₈ est de 15,35 litres/minute.

L'efficacité d'une membrane provient de la comparaison du PEP à un moment donné de la production, au PEP_{INITIAL}, lorsque la membrane était neuve. Au début, l'efficacité était à son meilleur et devient la référence de 100 %. Étant donné qu'il sera de plus en plus difficile d'atteindre l'efficacité du début de vie de la membrane, on évalue le PEP à chaque début de saison et il devient le PEP au temps 0 (PEP₀) de référence pour la saison. C'est à partir de ce dernier que l'on déterminera l'efficacité.

IMPORTANT

1. L'efficacité se calcule par rapport au PEP₀, soit celui du début de saison.
2. Ne pas oublier d'inscrire au registre.

EFF_H correspond à l'efficacité, exprimée en %, après « H » heures d'opération et se calcule comme suit :

$$EFF_H = (PEP_H \div PEP_0) \times 100$$

Exemple :

Le PEP₀ = 16,16 l/min

Le PEP₁₈ = 15,35 l/min

EFF₁₈ = (15,35 ÷ 16,16) x 100

EFF₁₈ = 95 %

Ne pas oublier d'inscrire au Registre des performances et entretiens.

Au fil des ans, on pourra toujours comparer tous les PEP₀, de début de saison, avec le PEP_{INITIAL}, à l'état neuf, et voir l'évolution de l'efficacité. Cette information donnera un élément de plus à considérer lors de la prise de décision sur le changement ou non d'une membrane.

12.3 Le PEP, méthode simplifiée

Il existe une méthode simplifiée pour déterminer un PEP. Au lieu de remplir un contenant à volume connu, de mesurer le temps et de calculer le débit, la méthode consiste à utiliser les débitmètres installés sur le concentrateur. Une certaine fiabilité de cet instrument nous permet de prendre une lecture utilisable pour le calcul du PEP et de l'efficacité.

Il est essentiel que ce débitmètre ne montre aucun signe de mal fonctionnement. Ensuite, il est important de bien connaître le repère de lecture sur le plongeur

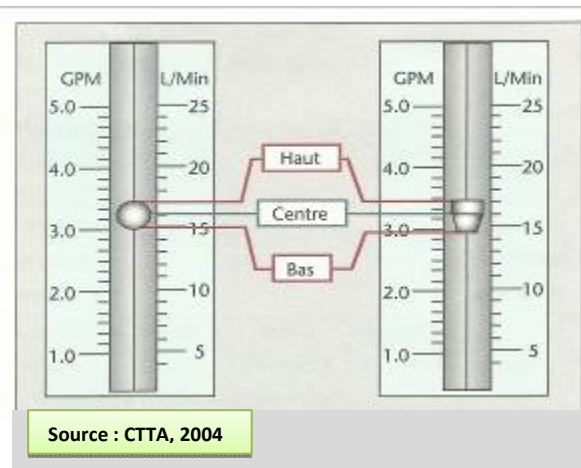


Figure 17 : Illustration de 2 plongeurs et des différences de lecture si le haut, le centre ou le bas est utilisé comme repère.

comme mentionné dans le livre d'instructions. S'il n'y a pas d'indications quant à ce repère, en fixer un (haut, bas ou milieu du plongeur) et le conserver pour toutes les mesures (voir **figure 17**).

La méthodologie ressemble à la méthode plus longue :

- **alimenter** le concentrateur au filtrat (la quantité minimum est d'environ le tiers de la capacité nominale de l'appareil);
- **démarrer** l'appareil en mode concentration à la pression selon « **LES RECOMMANDATIONS DU FABRICANT** ». À défaut de recommandations, fixer la pression à environ 50 % de la pression recommandée pour la concentration de l'eau d'érable; toujours réaliser les PEP à la même pression pour une même membrane;

IMPORTANT

1. Eau de qualité (filtrat).
2. Pression recommandée.
3. taux de conversion de 70 % si une membrane (rapport : filtrat – concentration de 7 – 3), si plusieurs membranes, celui établi par votre fournisseur.
4. S'assurer que le débitmètre fonctionne bien.
5. Lire le débit sur le débitmètre.
6. Prendre la température du filtrat
7. Modifier le débit en fonction de la température.
8. Inscrire au registre.

- **utiliser** toujours le même taux de conversion, soit le rapport filtrat-concentré à 7:3, pour un taux de conversion de 70 % par membrane. Si on concentre à plus haut °Brix avec plusieurs membranes, le taux de conversion va augmenter. Demandez à votre fournisseur les valeurs à respecter;
- **laisser** fonctionner l'appareil 5 minutes ou jusqu'à ce que les débits soient stables pour équilibrer la membrane;
- **lire** le débitmètre du filtrat;
- **prendre ou lire** la température du filtrat et calculer le débit corrigé en fonction de la température. Le tableau des facteurs de correction est fourni avec l'appareil (voir **figure 16**);
- **inscrire** au Registre des performances et entretiens (voir **Annexe 6**).

12.4 Le PEP pour les systèmes à plusieurs membranes

Pour les systèmes à plusieurs membranes, réaliser un test de perméabilité à l'eau pure (PEP) pour l'ensemble du système permet d'évaluer l'efficacité du concentrateur. Si l'efficacité baisse en deçà de 85 %, rien n'indique quelle membrane est en difficulté. Et dans le temps, on perd un indice supplémentaire pour décider de changer ou non de membrane.

Pour pallier cette problématique, il est possible d'aller chercher le suivi de l'efficacité de chacune des membranes en faisant installer des débitmètres sur chacun des caissons métalliques. À partir de méthode des sections précédentes, il sera possible d'évaluer le PEP de chacune des membranes.

13. L'intégrité du filtrat

Le système de concentration de l'eau d'érable, en plus de sa fonction de concentrateur, devrait permettre la production d'un filtrat contenant le minimum d'éléments comme le sodium et le potassium. Ce filtrat qu'on associe à une eau pure peut à la limite, et il l'est,

être utilisé pour la consommation d'eau embouteillée. Cependant, dans la majorité des cas, on s'en sert pour l'entretien du concentrateur lui-même, des différents bassins et autres. Pour cette raison, il est important de préserver toute l'intégrité du filtrat.

Les causes possibles d'une perte d'intégrité du filtrat sont :

1. un mauvais choix de membranes (problème relevant du manufacturier acéricole);
2. une perte de propriétés fonctionnelles de la membrane. Cela peut être causé par une usure normale, une usure occasionnée par l'agressivité des solutions d'entretien ou une utilisation abusive (débit excessif, température au-delà des limites, etc.);
3. une altération chimique de la membrane (le chlore et le peroxyde d'hydrogène au-delà des limites de tolérances;
4. un bris mécanique de la membrane causé par des particules (limailles métalliques ou de plastique, débris de bois ou autre) qui n'ont pas été interceptées par les préfiltres lors des changements ou travaux effectués en aval;
5. un défaut de conception : problème de colle quant à la membrane, problème de joints non adaptés ;
6. un problème de montage par des joints endommagés et non graissés.

IMPORTANT

Les principales causes de perte d'intégrité du filtrat :

1. usure de la membrane par vieillissement, solutions agressives, utilisation abusive;
2. altération chimique (chlore) de la membrane;
3. bris mécanique par mauvais filtrage ou manque de filtrage lors d'entretien;
4. problème de montage et joints;
5. mauvaise conception par la compagnie.

Comment mesurer la perte d'intégrité quand ni l'industrie, ni la réglementation concernant les produits de l'érablerie n'imposent de normes en ce domaine? Les procédures suivantes n'auront pour but que de mesurer l'écart entre ce qu'on a et ce qu'on devrait avoir comme filtrat.

13.1 Évaluation de la turbidité

L'évaluation de la turbidité consiste à un exercice visuel sur le changement d'apparence du filtrat après quelques heures d'entreposage. C'est un signe de la présence d'une biomasse microbienne dans le filtrat et de sucre pour l'alimenter.

Discussion sur cette méthode

IMPORTANT

La turbidité du filtrat est un signe visuel important pour déclencher une opération d'entretien de type vérification et réparation des composantes.

- Tout dépend de l'ampleur de la turbidité.
- Comme la méthode est très visuelle, il serait bon de vérifier l'intégrité par évaporation ou par la conductivité du filtrat (voir les sections suivantes).
- Il reste qu'une turbidité importante et rapide donne un signal d'entretien sans équivoque de type vérification des joints toriques et à la limite d'un changement de la membrane.
- Il faut aussi savoir qu'à la fin de la saison, l'augmentation de la température extérieure favorise aussi l'augmentation

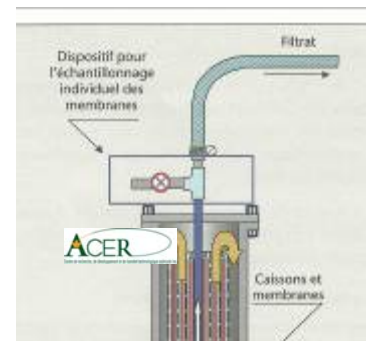


Figure 18 : Illustration d'un dispositif d'échantillonnage du filtrat d'une seule membrane.

plus rapide de la température du filtrat, ce qui donne un milieu favorable au développement bactériologique.

13.2 Évaluation du filtrat par évaporation

La méthode par évaporation consiste à faire concentrer par évaporation une certaine quantité de filtrat et à vérifier la concentration du résidu avec un réfractomètre.

La procédure :

- **ajuster** l'appareil en fonction, avec un taux de conversion de 70 % environ par membrane. Si on concentre à plus haut °Brix avec plusieurs membranes, le taux de conversion va augmenter. Demandez à votre fournisseur les valeurs à respecter.

Le taux de conversion = $\text{débit}_{\text{filtrat}} \div (\text{débit}_{\text{filtrat}} + \text{débit}_{\text{concentré}}) \times 100$;

IMPORTANT

1. Le résidu en provenance de l'évaporation d'un échantillon de filtrat peut déceler la présence d'éléments qui ne sont pas nécessairement du sucre, mais plutôt des minéraux ou les deux.
2. Cette présence demande de vérifier et de remplacer au besoin les joints d'étanchéité.
3. L'absence d'éléments dans le filtrat est par contre le message clair que la membrane est en bon état.

- **prélever** environ 4 litres de filtrat dans un contenant propre en acier inoxydable, rincé trois fois avec du filtrat, qui sera bouilli et réduit à environ 200 ml (concentration de 20:1 environ); la **figure 18** illustre un dispositif pour l'échantillonnage individuel d'une membrane; on peut aussi faire l'échantillonnage pour l'ensemble des membranes en se rendant à la sortie de l'appareil;

- **mesurer** le volume de filtrat (V_{filtrat}) prélevé;
- **chauffer** pour réduire le volume du filtrat afin d'obtenir un petit volume ($V_{\text{résiduel}}$);
- **diminuer** le volume de filtrat. Cela est possible en utilisant le four à micro-ondes comme source de chaleur. Dans un gros pot Masson,

ou équivalent, propre et rincé trois fois avec du filtrat, environ 250 ml évaporé pour obtenir de 10 à 12 ml, toujours selon un ratio de 20:1. Mesurer exactement le volume du filtrat et le volume résiduel;

- **laisser** refroidir le volume résiduel à température pièce et mesurer le $V_{\text{résiduel}}$;
- **établir** le ratio d'évaporation qui correspond à $(R_{\text{Évap}}) = V_{\text{filtrat}} \div V_{\text{résiduel}}$
- **évaluer** la teneur en sucre apparente du résidu d'évaporation avec un réfractomètre. Avec cette valeur de concentration apparente de sucre (°Brix) et à l'aide du **tableau 3**, il est possible de déterminer la teneur en sucre apparente du filtrat en parties par million (ppm) et la quantité de litres de sirop perdus par 1000 litres de filtrat.

Exemple

Soit une réserve de filtrat 12 800 litres.

Échantillon de 10 litres (V_{filtrat});

Après ébullition, un volume résiduel de 625 ml ($V_{\text{résiduel}}$)

Concentration du résidu : 0,75 °Brix

Calcul du ratio d'évaporation : $R_{\text{Évap}} = V_{\text{filtrat}} \div V_{\text{résiduel}}$
 $= 10 \div 0,625 = 16,0$

Tableau 2 avec R = 16 et Brix = 0,75 °

La perte es 470 ppm (parties par million), soit environ 0,54 litre de sirop par 1 000 litres de filtrat

Pour toute la réserve : 12 800 l x $\frac{0,54 \text{ litre sirop}}{1\ 000 \text{ l}} \approx 7 \text{ litres de sirop}$
(perte maximale)

| Ratio d'évaporation « R » | Concentration apparente de sucre (°Brix) dans le résidu d'évaporation | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|---|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|
| | 0,75 | | 1,00 | | 1,50 | | 2,00 | | 2,50 | | 3,00 | |
| | ppm | Vol sirop/ Vol filtrat ¹ | ppm | Vol sirop/ Vol filtrat ¹ | ppm | Vol sirop/ Vol filtrat ¹ | ppm | Vol sirop/ Vol filtrat ¹ | ppm | Vol sirop/ Vol filtrat ¹ | ppm | Vol sirop/ Vol filtrat ¹ |
| 10,0 | 750 | 0,86 | 1000 | 1,14 | 1510 | 1,73 | 2020 | 2,31 | 2520 | 2,88 | 3040 | 3,48 |
| 10,5 | 720 | 0,82 | 960 | 1,10 | 1440 | 1,65 | 1920 | 2,20 | 2400 | 2,74 | 2890 | 3,31 |
| 11,0 | 680 | 0,78 | 910 | 1,04 | 1370 | 1,57 | 1830 | 2,09 | 2290 | 2,62 | 2760 | 3,16 |
| 11,5 | 650 | 0,74 | 870 | 1,00 | 1310 | 1,50 | 1750 | 2,00 | 2200 | 2,52 | 2640 | 3,02 |
| 12,0 | 630 | 0,72 | 840 | 0,96 | 1260 | 1,44 | 1680 | 1,92 | 2100 | 2,40 | 2530 | 2,89 |
| 12,5 | 600 | 0,69 | 800 | 0,91 | 1210 | 1,38 | 1610 | 1,84 | 2020 | 2,31 | 2430 | 2,78 |
| 13,0 | 580 | 0,66 | 770 | 0,88 | 1160 | 1,33 | 1550 | 1,77 | 1940 | 2,22 | 2330 | 2,66 |
| 13,5 | 560 | 0,64 | 740 | 0,85 | 1120 | 1,28 | 1490 | 1,70 | 1870 | 2,14 | 2250 | 2,57 |
| 14,0 | 540 | 0,62 | 720 | 0,82 | 1080 | 1,24 | 1440 | 1,65 | 1800 | 2,06 | 2170 | 2,48 |
| 14,5 | 520 | 0,59 | 690 | 0,79 | 1040 | 1,19 | 1390 | 1,59 | 1740 | 1,99 | 2090 | 2,39 |
| 15,0 | 500 | 0,57 | 670 | 0,77 | 1010 | 1,16 | 1340 | 1,53 | 1680 | 1,92 | 2020 | 2,31 |
| 15,5 | 490 | 0,56 | 650 | 0,74 | 970 | 1,11 | 1300 | 1,49 | 1630 | 1,86 | 1960 | 2,24 |
| 16,0 | 470 | 0,54 | 630 | 0,72 | 940 | 1,08 | 1260 | 1,44 | 1580 | 1,81 | 1900 | 2,17 |
| 16,5 | 460 | 0,53 | 610 | 0,70 | 910 | 1,04 | 1220 | 1,40 | 1530 | 1,75 | 1840 | 2,10 |
| 17,0 | 440 | 0,50 | 590 | 0,67 | 890 | 1,02 | 1190 | 1,36 | 1480 | 1,69 | 1790 | 2,05 |
| 17,5 | 430 | 0,49 | 570 | 0,65 | 860 | 0,98 | 1150 | 1,32 | 1440 | 1,65 | 1730 | 1,98 |
| 18,0 | 420 | 0,48 | 560 | 0,64 | 840 | 0,96 | 1120 | 1,28 | 1400 | 1,60 | 1690 | 1,93 |
| 18,5 | 410 | 0,47 | 540 | 0,62 | 820 | 0,94 | 1090 | 1,25 | 1360 | 1,56 | 1640 | 1,88 |
| 19,0 | 400 | 0,46 | 530 | 0,61 | 790 | 0,90 | 1060 | 1,21 | 1330 | 1,52 | 1600 | 1,83 |
| 19,5 | 390 | 0,45 | 510 | 0,58 | 770 | 0,88 | 1030 | 1,18 | 1290 | 1,48 | 1560 | 1,78 |
| 20,0 | 380 | 0,43 | 500 | 0,57 | 750 | 0,86 | 1010 | 1,16 | 1260 | 1,44 | 1520 | 1,74 |
| 20,5 | 370 | 0,42 | 490 | 0,56 | 740 | 0,85 | 980 | 1,12 | 1230 | 1,41 | 1480 | 1,69 |
| 21,0 | 360 | 0,41 | 480 | 0,55 | 720 | 0,82 | 960 | 1,10 | 1200 | 1,37 | 1450 | 1,66 |
| 21,5 | 350 | 0,40 | 470 | 0,54 | 700 | 0,80 | 940 | 1,08 | 1170 | 1,34 | 1410 | 1,61 |
| 22,0 | 340 | 0,39 | 460 | 0,53 | 690 | 0,79 | 920 | 1,05 | 1150 | 1,32 | 1380 | 1,58 |
| 22,5 | 330 | 0,38 | 450 | 0,51 | 670 | 0,77 | 900 | 1,03 | 1120 | 1,28 | 1350 | 1,54 |
| 23,0 | 330 | 0,38 | 440 | 0,50 | 660 | 0,75 | 880 | 1,01 | 1100 | 1,26 | 1320 | 1,51 |
| 23,5 | 320 | 0,37 | 430 | 0,49 | 640 | 0,73 | 860 | 0,98 | 1070 | 1,22 | 1290 | 1,48 |
| 24,0 | 310 | 0,35 | 420 | 0,48 | 630 | 0,72 | 840 | 0,96 | 1050 | 1,20 | 1260 | 1,44 |
| 24,5 | 310 | 0,35 | 410 | 0,47 | 620 | 0,71 | 820 | 0,94 | 1030 | 1,18 | 1240 | 1,42 |
| 25,0 | 300 | 0,34 | 400 | 0,46 | 600 | 0,69 | 810 | 0,93 | 1010 | 1,16 | 1210 | 1,38 |

¹ Nombre de litres de sirop par 1000 litres de filtrat ou nombre de gallons de sirop perdus par 1000 gallons.

Discussion sur cette méthode

Qu'est-ce qu'on peut conclure avec ces résultats?

1. Cette méthode est normalement entreprise lorsqu'on décèle dans le filtrat une petite trace de sucre avec un réfractomètre.
2. Il est probable que les minéraux concentrés dans le résidu fausseront la valeur de la teneur réelle en sucre. Donc, on surestime la perte en sucre dans le filtrat tel que décrit au **tableau 3**.
3. La méthode permet de confirmer la présence de minéraux et d'un certain niveau de sucre dans le filtrat. Cette présence importante d'éléments envoie un signal qu'il faut penser à l'entretien en termes de vérification et de réparation des composantes d'étanchéités telles que les joints toriques, et peut-être à la limite changer la membrane elle-même.
4. Ce qui est certain, c'est que, si la concentration du résidu correspond à la même concentration que l'eau pure, il est certain que la membrane peut être maintenue en opération. C'est une des interprétations valables de la méthode.

13.3 Évaluation de la conductivité électrique du filtrat

La mesure de la conductivité électrique est une mesure indirecte de la quantité d'éléments minéraux dans le filtrat. Elle est mesurée à l'aide d'un conductimètre électrique (voir **figure 19**) en microSiemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$).



Source : Richard Boivin

La procédure est la suivante :

Figure 19 : Conductimètre électrique.

- **ajuster** l'appareil en fonction, avec un taux de conversion de 70 % environ par membrane. Si on concentre à plus haut °Brix avec plusieurs membranes, le taux de conversion va augmenter. Demandez à votre fournisseur les valeurs à respecter. Le taux de conversion = $\text{débit}_{\text{filtrat}} \div (\text{débit}_{\text{filtrat}} + \text{débit}_{\text{concentré}}) \times 100$;

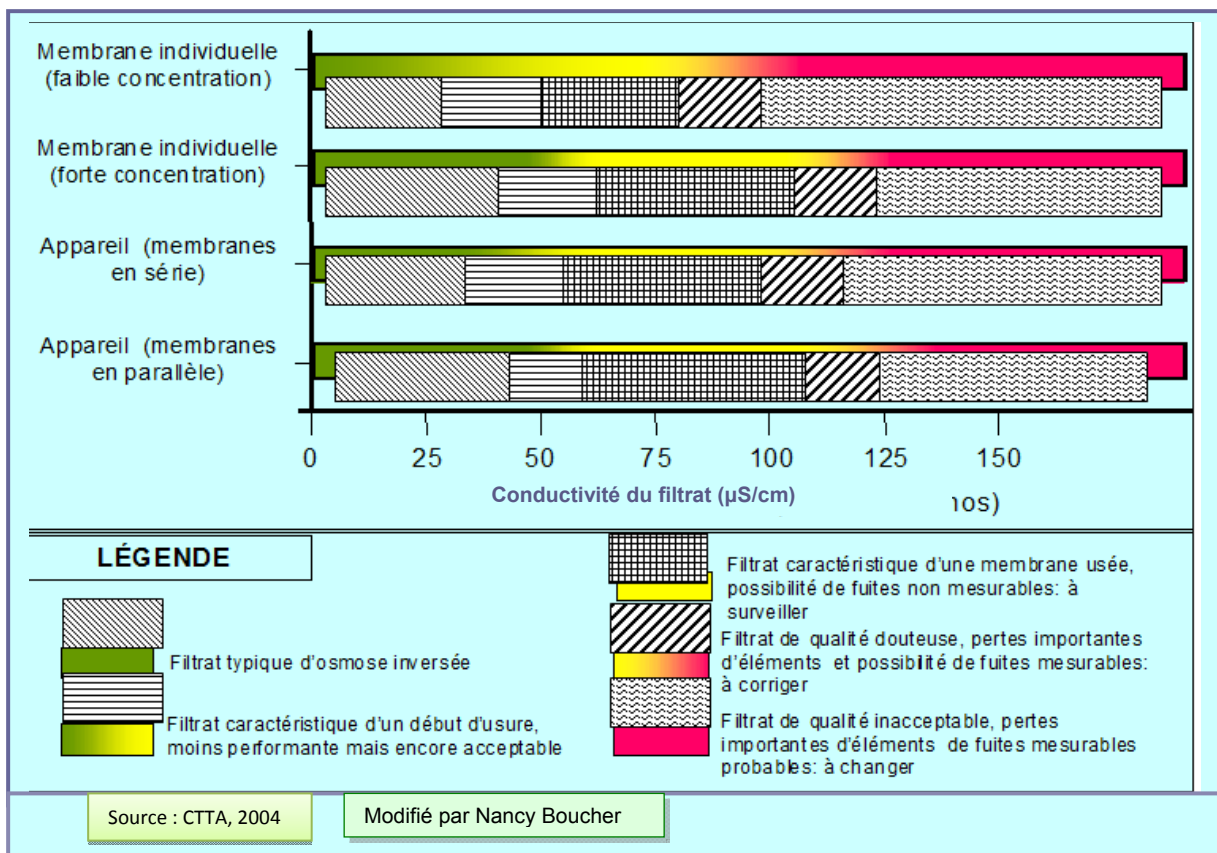


Figure 20 : Illustrations des seuils critiques relatifs à la conductivité électrique du filtrat d'un concentrateur et la grille d'interprétation.

- **prélever**, dans un contenant propre et rincé trois fois avec du filtrat, la quantité suffisante de filtrat selon l'appareil utilisé;
- **prélever** près de la membrane La **figure 18** illustre un dispositif pour l'échantillonnage individuel d'une membrane. On peut aussi faire l'échantillonnage pour l'ensemble des membranes en se rendant à la sortie de l'appareil;
- **mesurer** la conductivité électrique avec un appareil calibré adéquatement;

- **se référer** à la grille d'analyse et d'interprétation du fabricant si disponible, si elle est non disponible, consulter celle de la **figure 20**.

Discussion sur cette méthode

Comment interpréter les résultats?

1. La figure 20, ou l'équivalent, est l'outil de base le plus approprié pour prendre une décision à partir de la conductivité électrique du filtrat.
2. Par contre, on sait qu'en nanofiltration, la conductivité électrique d'un filtrat peut varier de 1 à 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$, mais que les valeurs extrêmes supérieures ne s'appliquent pas à la majorité des membranes.
3. On sait aussi que, pour un concentrateur à plusieurs membranes, la conductivité électrique du filtrat de chacune des membranes tend à augmenter du début de la concentration vers la fin.
4. On doit donc prendre chaque système comme ayant ses propres caractéristiques et comportements, et faire un suivi de la conductivité électrique des membranes. Repérez ainsi dans quel ordre se situe la conductivité électrique lorsque la membrane est à son meilleur, un peu à l'image du PEP initial. Pour ce faire, il faut prendre la conductivité électrique du filtrat à différents moments critiques comme :
 - à la première utilisation d'un appareil neuf;
 - après chaque manipulation impliquant un déplacement de membrane;
 - à chaque remplacement de membrane;
 - après chaque période de remisage temporaire ou saisonnier;

IMPORTANT

1. La valeur de conductivité électrique de 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$ demeure une valeur charnière dans l'évaluation du filtrat pour connaître l'état de la membrane.
2. On sait par contre que pour certaines membranes de nanofiltration, la conductivité électrique du filtrat peut varier de 1 à 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$.
3. On observe dans les cas de plusieurs membranes, que chacune d'elles ne donne pas le même filtrat en termes de conductivité.
4. On doit donc considérer son système comme unique et faire le suivi de la conductivité électrique à partir du début de vie jusqu'au moment présent.
5. Se servir de ce suivi au même titre que le document d'analyse fourni par la compagnie ou celui de ce texte.

- et chaque fois que c'est nécessaire pour la vérification des membranes et que c'est corroboré par une autre méthode de vérification d'intégrité du filtrat ou autres signaux du système;
- lors de l'augmentation naturelle de la quantité de minéraux dans l'eau d'érable de fin de saison, ce qui aura pour effet de laisser passer des minéraux en proportion dans le filtrat; il serait intéressant de suivre la conductivité électrique de l'eau d'érable en fin de saison.

5. Toutes ces données doivent être consignées dans un Registre des mesures de conductivité du filtrat

(voir **Annexe 4**) qui servira de document d'analyse tout comme celui de la **figure 20**. Ce dernier, par contre, demeure le document de référence pour la grande majorité des cas.

6. L'augmentation de la conductivité électrique peut donner un signal qu'il faut penser à l'entretien en termes de vérification et de réparation des composantes, comme les joints d'étanchéité toriques et à la limite changer la membrane elle-même.

14. L'entretien d'un concentrateur d'eau d'érable

Font partie de l'entretien une ou plusieurs des actions suivantes de lavage mécanique (rinçage), de lavage chimique ainsi que la vérification et le remplacement de certaines pièces comme les préfiltres, les joints d'étanchéité, tout au long de la période de concentration. Avant toute chose, il est recommandé de suivre « **LES RECOMMANDATIONS DU FABRICANT** ». À défaut de recommandations ou par manque de précisions, cette section porte sur l'entretien d'un concentrateur d'eau d'érable. Il y a des entretiens périodiques déjà programmés et il y aussi des entretiens que certains signaux avertisseurs obligent. L'**Annexe 2** fait état d'un certains nombres de signaux et des différentes actions d'entretien suggérées sous forme de tableau. Et l'**Annexe 3** illustre un organigramme décisionnel typique d'entretien d'un concentrateur d'eau d'érable en complémentarité au tableau.

14.1 Quoi faire avec les préfiltres?

Le préfiltre est la deuxième barrière après le filtre placé à l'arrivée de l'eau au bassin d'eau d'étable. La cartouche qui le compose est de 5 micromètres (μm), où 1 μm représente 0,000 001 mètre ou 10^{-6} m. Il est important de consulter et de suivre les « **LES RECOMMANDATIONS DU FABRICANT** ». À défaut de tels recommandations, il est suggéré de consulter les points qui suivent.

14.1.1 On le change quand?

En début de saison, on place une cartouche neuve dans le caisson du préfiltre (voir **figure 21**). fait de même après un arrêt significatif de plus de 24 heures du système, qui entraîne l'utilisation de solution antimicrobienne comme le métabisulfite sodium (MTBS) au niveau de la membrane.

Une différence de pression avant-après préfiltres plus de 20 psi est le signal de changer les cartouches des préfiltres.

Certains préconisent d'ajouter une membrane lavable par-dessus la cartouche pour prolonger la vie de cette dernière de plusieurs heures. Cette membrane peut être changée à chaque rinçage. D'un autre côté, certains préconisent de changer les cartouches au moins tous les jours étant donné le prix qui a presque réduit de 50 %. Ces propositions restent au choix du propriétaire, en autant qu'il respecte le signal de la différence de pression de 20 psi pour entreprendre une action.



Figure 21 :Caissons et cartouche d'un préfiltre.

IMPORTANT

1. Installer un préfiltre neuf au début de saison et après un arrêt important.
2. Changer le préfiltre lorsque une différence de pression avant-après préfiltre correspond à plus de 20 psi.
3. Lubrifier le joint torique avec un lubrifiant alimentaire.

Certains systèmes s'arrêtent automatiquement lorsque la différence de pression programmée à l'usine est atteinte, ce qui facilite encore plus la détection de problèmes.

14.1.2 Le changement de cartouche du préfiltre

La démarche de changement de cartouche du préfiltre est relativement simple et se déroule comme suit :

- **arrêter** l'appareil;
- **fermer** la valve d'alimentation;
- **ouvrir** les robinets des débitmètres pour décompresser le système;
- **drainer** le caisson, si possible;
- **dévisser** le caisson, changer la cartouche;
- **graisser** le joint torique avec un lubrifiant alimentaire;
- **remettre** le caisson et visser raisonnablement (éviter les outils pour cette étape);
- **remettre** en marche comme pour commencer une session.

14.2 Le rinçage

Le rinçage est un procédé d'entretien des membranes réalisé avec du filtrat de qualité auquel aucun produit de lavage ou entreposage n'a été ajouté. Il peut être court ou long, à froid ou à chaud. Le désucrage est inclus dans la catégorie de rinçage.

Il est important de « **SUIVRE LES RECOMMANDATIONS DU FABRICANT** ». Si elles s'avéraient incomplètes ou manquantes, voici quelques suggestions.

Peu importe le procédé, il se réalise en deux étapes. La première étape est le désucrage, qui consiste à récupérer toute la solution concentrée qui se trouve dans l'appareil après l'arrêt; opération qui ne prend que quelques minutes en début de rinçage. La vanne de concentré est alors dirigée pour que la solution récupérée aboutisse au réservoir concentré. La deuxième étape est celle du rinçage proprement dit, et donc les eaux seront finalement dirigées vers le drain par les jeux des vannes appropriées.

14.2.1 Est-ce le temps de rincer?

Diverses situations demandent de rincer les membranes.

IMPORTANT

1. Le rinçage est la première étape de l'entretien de la membrane.
2. Il se fait en 2 étapes : le désucrage et le rinçage proprement dit (court, long, à chaud, à froid).
3. Quand rincer? À des moments déjà préétablis : fin d'un cycle, fin de journée, fin de saison, après le lavage.
4. Quand rincer? Selon certains signaux : baisse d'efficacité (moins de 85 %), baisse du filtrat, baisse °Brix du concentré, augmentation de la pression.

Les incontournables :

- la fin d'un cycle de concentration;
- la fin d'une journée;
- la fin de saison,
- après un cycle de lavage.

D'autres signaux :

- baisse d'efficacité, déduite par le PEP_H , (moins de 85 %);
- baisse du débit du filtrat, si $((\text{débit filtrat actuel} \div \text{débit filtrat du début de la séance}) \times 100) < 60 \%$;
- baisse du °Brix du concentré;
- augmentation de la pression d'opération.

14.2.2 Désucrage

Le désucrage d'un concentrateur consiste à récupérer toute la solution sucrée contenue dans l'appareil à la suite d'un arrêt de concentration d'eau d'érable. Il est recommandé de récupérer ce produit plus ou moins sucré contenu dans le volume mort (VM) de l'appareil que l'on n'aura pas drainé auparavant. Il représente une quantité de sirop relativement importante. Le volume total que l'on sortira vraiment sera plus grand que le VM, car on est en mode dilution.

Le désucrage est une opération relativement simple qui ne prend que le temps d'obtenir un produit ne contenant aucun sucre, et ce, après avoir concentré de l'eau pure ou du filtrat. Les étapes pour désucrer sont les suivantes :

- **diriger** la vanne du concentré vers le réservoir du concentré et celle du filtrat vers le réservoir du même nom; certains producteurs ne veulent pas diluer leur réserve de concentré, alors il dirige le concentré vers le réservoir d'eau d'étable ;
- **débuter** le désucrage en mode concentration à basse pression;
- **vérifier** la concentration à intervalles réguliers du concentré avec un réfractomètre ou un densimètre;
- **arrêter** le système lorsque le 0 °Brix est atteint à la sortie du concentré.

14.2.3 Rinçage court (à froid)

Le rinçage court à froid est strictement destiné à éliminer une solution de lavage et à refroidir la membrane après un lavage ou un rinçage à chaud, et ce, avant le cycle de concentration. Le volume de filtrat nécessaire correspond à environ 30 fois le VMR.

IMPORTANT

1. Le rinçage court convient à l'élimination de solution de lavage ou au refroidissement de la membrane.
2. Quantité d'eau : 30 x VMR.

Les étapes pour y parvenir sont les suivantes :

- **préparer** un volume de filtrat correspondant à environ 30 fois le VMR
- **diriger** la sortie du concentré et la sortie du filtrat vers le drain;
- **faire** fonctionner en circuit ouvert, à basse pression ou en mode rinçage, selon l'appareil, et ce, le temps nécessaire pour passer le volume d'eau équivalent à 30 fois le VM;
- **faire** un test PEP.

14.2.4 Rinçage long à chaud

L'action du rinçage long à chaud peut être apparentée à un lavage parce que sa capacité de dissolution des sucres et des autres composés normalement solubles dans l'eau en est grandement améliorée.

Ce rinçage peut se réaliser à circuit ouvert s'il y a possibilité de chauffer l'eau au-dessus de 30 °C au préalable, sans toutefois dépasser la limite permise pour la membrane utilisée. Plus la température est chaude, plus grande est l'efficacité. Si on est en circuit fermé, la température va augmenter par la friction des pompes et le circuit va arrêter de lui-même à la température de consigne qui varie de 35 à 50 °C selon les membranes utilisées.

IMPORTANT

1. Le rinçage long à chaud améliore la dissolution des sucres et autres composés solubles.
2. En circuit ouvert : on chauffe l'eau > 30 °C.
En circuit fermé : la température monte par la friction des pompes et l'appareil arrête automatiquement.
3. Quantité d'eau : selon circuit ouvert ou fermé, le volume est différent.
4. Après, rinçage court à froid et PEP.

La procédure est la suivante :

- **drainer** l'appareil;
- **préparer** la quantité d'eau nécessaire selon un des deux cas suivants :

En circuit fermé :

- 7,5 g_{imp.}/membrane de 4 x 40 po
- 15 g_{imp.}/membrane de 8 x 40 po
- 22,5 g_{imp.}/membrane de 8 x 60 po

En circuit ouvert :

- le volume nécessaire pour un rinçage d'une durée de 30 minutes

(0,5 heures) dépend du débit de la pompe d'alimentation ($W_{\text{pompe-alimentation}}$)

- volume = $W_{\text{pompe-alimentation}} \text{ g}_{\text{us}}/\text{h} \times 0,833 \text{ g}_{\text{imp}}/\text{g}_{\text{us}} \times 0,5 \text{ h}$
- le volume sera en gallons impériaux.

- **couper** l'arrivée d'eau d'étable;
- **ouvrir** la vanne de lavage;
- **diriger** le concentré et le filtrat vers la cuve de lavage dans le cas du circuit fermé. Dirigez-les plutôt vers le drain dans le cas du circuit ouvert;
- **ajuster** la pression la plus basse possible, si le type d'appareil utilise le mode concentration lors de cette opération ou **opérer** suivant le mode rinçage, selon l'appareil;
- **attendre** l'arrêt automatique pour le circuit fermé ou le temps de passer toute l'eau chaude pour le circuit ouvert;
- **drainer** l'appareil;
- **faire** un rinçage court à froid pour refroidir le circuit avant le test PEP;
- **réaliser** un test PEP.

14.2.5 Rinçage long à froid

Le rinçage long est différent du précédent parce que l'on utilise de l'eau froide. Selon la problématique à régler, ce rinçage peut suffire à nettoyer la membrane. La procédure est semblable au rinçage long à chaud. Par contre, on ne parle plus de recirculation en circuit fermé et l'eau qui sort du système est dirigé vers le drain. Certains utilisent, pour ce rinçage, de grandes quantités d'eau selon la disponibilité de leur installation.

IMPORTANT

1. Après un rinçage long à froid, il est recommandé de vérifier le PEP.
2. Si le PEP n'est pas satisfaisant, privilégier le rinçage long à chaud décrit précédemment.

Il est important de vérifier le PEP, et si ce n'est pas concluant, il est recommandé d'envisager le rinçage long à chaud comme décrit dans la section précédente.

14.3 Lavage

L'opération de lavage, tout comme celle du rinçage, contribue à assurer l'intégrité de la membrane et vise à restaurer les performances de l'appareil. La gestion d'un concentrateur devrait permettre de diminuer le nombre de lavage au minimum pour les raisons suivantes :

IMPORTANT

1. La première règle en lavage est de faire en sorte d'en faire le moins possible.
2. Il est important de garder l'image du sirop étant un produit pur, en diminuant le nombre de lavages au stricte nécessaire.
3. Le suivi quotidien et les tests PEP bien faits sont des clés du succès.

1. pour éliminer les lavages inutiles;
2. pour diminuer les risques de contamination du sirop par des résidus de produit de lavage;
3. pour laisser aux produits de l'érable leur image dite « naturel »;
4. pour augmenter la vie utile des membranes;
5. pour diminuer les coûts d'entretien;
6. pour protéger votre investissement.

Une bonne gestion se fait notamment par un bon suivi quotidien et par des tests PEP réalisés de façon rigoureuse et précise.

Dans les cas incontournables, le filtrat utilisé pour préparer les solutions de lavage doit être de qualité. Trois types de lavage sont possibles : lavage basique, lavage acide et lavage enzymatique. Chaque compagnie a ses propres façons de réaliser le lavage des membranes, c'est pourquoi il est très important de « suivre **LES RECOMMANDATIONS DU FABRICANT** » pour ne pas altérer les membranes par un produit non recommandé ou mal utilisé, ce qui peut passer outre aux conditions essentielles au maintien des garanties.

14.3.1 Lavage basique (ou alcalin)

Le lavage basique (ou alcalin) est le premier des trois types de lavage à effectuer. Il sert à déloger la matière organique telle que les protéines. Il sous-entend que le pH de la solution de lavage est élevé soit entre 9 et 13. La Fiche technique de la membrane (voir un exemple à l'**annexe 1**) indique les limites de tolérance tant acide que basique à ne pas dépasser au risque d'altérer définitivement la membrane. Pour cette raison, il est important de mesurer le pH lors de la préparation de la solution qui doit être le plus près de sa limite acceptable et ne jamais la dépasser. Il faut tenir compte du volume mort de l'appareil qui viendra diluer la solution lors de la mise en marche du concentrateur.

Le lavage basique augmente d'efficacité avec la température. Pour cette raison, commencer avec une solution à 30 °C et faire en sorte que le lavage dure un minimum de 30 minutes au dessus de cette température. Il s'effectue en mode recirculation ou à basse pression.

IMPORTANT

1. Installer les préfiltres de lavage.
2. Quantité d'eau chauffée à 30 °C =
 - 7,5 g_{imp}/membrane de 4 x 40 po;
 - 15 g_{imp}/membrane de 8 x 40 po;
 - 22,5 g_{imp}/membrane de 8 x 60 po.
 Cette quantité inclut le VM (voir exemple dans le texte).
3. Diriger l'eau de la cuve de lavage vers le concentrateur et les 2 sorties de ce dernier vers la cuve de lavage de façon à monter un circuit fermé.
4. Ajouter savon alcalin en demi-recette dans un premier temps et faire virer le concentrateur.
5. Mesurer le pH avec pH-mètre électronique ou à bandelettes.
6. Ajuster le pH en ajoutant de l'eau ou du savon selon les besoins.
7. Mode concentration à basse pression ou selon le mode de votre appareil et ce, jusqu'à arrêt. automatique avec température et un minimum de fonctionnement de 30 minutes au dessus de 30 °C
8. Vidanger la cuve.
9. Drainage, rinçage court et PEP et changer les préfiltres de lavage pour des neufs.

Voici quelques étapes à suivre :

- **drainer**, rinçage court et PEP;
- **installer** des préfiltres de lavage. Ces préfiltres pourront être conservés pour les lavages subséquents;
- **préparer** une quantité de filtrat de qualité dans la cuve de lavage égale à :
 - 7,5 g_{imp}/membrane de 4 x 40 po
 - 15 g_{imp}/membrane de 8 x 40 po
 - 22,5 g_{imp}/membrane de 8 x 60 po.

Ce volume doit tenir compte du VM de l'appareil, dans ce sens qu'il est inclus dans la quantité donnée plus haut. En voici un exemple :

- un concentrateur à 3 membranes de 8 x 40 po avec un VM de 20 g_{imp}:
- 3 membranes x 15 g_{imp}/membrane = 45 g_{imp}
- volume à préparer = 45 – 20 = 25 g_{imp} dans la cuve de lavage



Figure 22 : Le pH-mètre à bandelettes (haut) et électronique

- **ajouter** le nettoyeur concentré, souvent de l'hydroxyde de sodium, à la demi-recette recommandée pour la quantité d'eau total (dans l'exemple, c'est 45 gimp). Pour ce faire, ajouter et mélanger la quantité de savon nécessaire à un petit volume d'eau, et par la suite, verser ce mélange dans la cuve de lavage;
- **ouvrir** la vanne de la cuve lavage vers le concentrateur;
- **diriger** les sorties de filtrat et de concentré vers la cuve de lavage afin de permettre un circuit fermé;
- **ouvrir**, au panneau de contrôle, les valves de concentration et de pression pour laver à la plus basse pression si le type d'appareil utilise la pompe à haute pression lors du lavage, et si c'est un autre type d'appareil, suivez les instructions du fabricant;
- **démarrer** le système;
- **laisser** fonctionner le temps que toute la solution soit bien mélangée;
- **mesurer** le pH avec un pH-mètre électronique calibré ou avec un pH-mètre à bandelettes (voir **figure 22**); le premier est beaucoup plus précis. Celui à bandelettes permet, à la rigueur, de mesurer au demi-degré près par l'évaluation des couleurs. Si par mégarde, une mauvaise évaluation de l'opérateur sous-estime le pH, il y a risque de dépassement et altération de la membrane;
- **rajouter** du produit basique ou de l'eau selon la valeur du pH mesurée pour atteindre le pH fixé pour le lavage;
- **laisser** fonctionner en circuit fermé (cuve-concentrateur-cuve); commencer à chronométrer le temps; l'appareil arrête automatiquement lorsque la température limite est atteinte; si le temps de lavage n'a pas duré 30 minutes, il faut rajouter de l'eau froide et du savon et continuer le lavage pour atteindre le 30 minutes.
- **vidanger** la cuve de lavage;
- **drainer**;
- **rinçage court (à froid)**, diriger les sorties de concentré et de filtrat vers le drain;
- **vérifier** le pH dans l'eau de rinçage pour s'assurer qu'il ne reste aucun produit de lavage dans le concentrateur. Cette vérification peut aussi se faire par la conductivité lors que celle du produit sortant est la même que le filtrat utilisé pour le rinçage, on peut dire qu'il n'y a plus de nettoyeur dans l'appareil;
- **faire** un test PEP;
- **enlever** les préfiltres de lavage et les remplacer par d'autres pour la concentration.

14.3.2 Lavage acide

Il est de bon usage de réaliser un deuxième lavage basique consécutif après un premier lavage basique qui n'a pas permis un retour d'efficacité acceptable :

- si le pH n'a pas été maintenu à la valeur désirée en cours de lavage;
- si la procédure n'a pas été suivie à la lettre avant de passer au lavage acide, parce que la problématique est plus souvent liée aux micro-organismes.

IMPORTANT

1. Le lavage acide ressemble en tout point au lavage basique.
2. Ne pas descendre le pH en dessous de la limite permise pour la membrane utilisée.
3. Volume de filtrat pour solution acide =
 - 7,5 g_{imp.}/membrane de 4 x 40 po
 - 15 g_{imp.}/membrane de 8 x 40 po
 - 22,5 g_{imp.}/membrane de 8 x 60 po.Cette quantité inclut le VM (voir exemple dans le texte, section 14.3.1).

Le lavage acide vient après le lavage basique. Si, après ces deux types de lavage, l'efficacité de la membrane n'est pas encore acceptable, on refait un cycle basique et acide avant de passer au lavage enzymatique. Il arrive qu'il faille répéter plus d'une fois les cycles basique et acide.

Le lavage acide est celui qui s'attaque aux minéraux qui colmatent la membrane en les solubilisant. Les acides utilisés le plus couramment sont les acides citriques ou chloridriques.

Le lavage acide ressemble en tout point au lavage basique (ou alcalin), à la différence près que l'on abaisse le pH de la solution au voisinage de 3 avec un produit acide approuvé pour cette opération. On utilise le même volume d'eau, soit :

- 7,5 g_{imp.}/membrane de 4 x 40 po;
- 15 g_{imp.}/membrane de 8 x 40 po;
- 22,5 g_{imp.}/membrane de 8 x 60 po.

Ce volume doit tenir compte du VM de l'appareil, dans ce sens qu'il est inclus dans la quantité donnée plus haut; pour illustrer, voir l'exemple de la section précédente.

On ne doit pas descendre en dessous de la limite permise par le fabricant de membrane. Cette information se retrouve dans la fiche technique de la membrane. Le tout se déroule en circuit fermé qui s'arrête automatiquement lorsque la température préprogrammée est atteinte. Pour plus de détails sur la méthodologie, voir la section 14.3.1.

14.3.3 Lavage enzymatique

Le lavage enzymatique sert à digérer, grâce à des enzymes spécifiques, un certain composé qui coagule à l'intérieur des zones d'écoulement du concentré, et que ne peuvent atteindre les solutions mentionnées précédemment. C'est un dernier recours après l'inefficacité des lavages basique et acide.

IMPORTANT

1. Le lavage enzymatique doit être utilisé lorsque les lavages chimiques n'ont plus d'effet
2. Lavage complexe qui devrait être confié aux fournisseurs.
3. Nécessite temps de trempage et recirculation.
4. Long et coûteux.
5. Produit enzymatique non disponible maintenant.

C'est un procédé qui suppose des temps de trempage plus ou moins longs, suivi de cycle de recirculation. Ce type de lavage est plus complexe, car il faut contrôler plusieurs paramètres afin d'avoir un succès. On devrait confier ce lavage aux fournisseurs. Il convient en fin de saison. Le produit enzymatique n'est pas disponible sur le marché en ce moment. Ce lavage est coûteux. Il représente aussi une alternative aux traitements chimiques pour des membranes sensibles.

14.4 Problème de fuites

S'il y a des problèmes de fuites, il faut d'abord vérifier le serrage des raccords. Si le problème persiste, démonter et lubrifier tous les joints toriques avec un enduit de grade alimentaire ou les remplacer par des neufs que l'on aura lubrifiés aussi.

15. Registres des opérations, performances et entretiens du concentrateur d'eau d'érable

Les registres des opérations, des performances et de l'entretien du concentrateur d'eau d'érable et de la conductivité du filtrat permettent de consigner sur papier les renseignements sur son fonctionnement. Il est le prolongement de la mémoire, qui est souvent défaillante. Finis les « il me semble », « ça arrive de temps en temps », « je pense que » ou autres formules vagues. Les données relevées et inscrites au tableau permettent de suivre l'évolution du système dans le temps. De cette évolution, il est possible de reconnaître la diminution de l'efficacité et certains signaux en fonction de la période de la saison et des variations de température.

IMPORTANT

1. Les registres sont le prolongement de la mémoire.
2. Trois registres (Conductivité, PEP et Opérations) sont des outils de diagnostic précieux pour orienter l'entretien.

Il devient un outil de diagnostic précieux. Certaines compagnies en font une obligation pour que la garantie soit valide. Chaque compagnie a développé ses propres tableaux. Ce document en propose trois qui s'inspirent de tout ce qui circule dans le milieu.

Le premier est le *Registre des mesures de conductivité électrique du filtrat* (voir **Annexe 4**) qui a été traité à la **section 13.3**. Le deuxième est le *Registre des opérations et entretiens* et le troisième, le *Registre des performances et entretiens* (voir **Annexes 5 et 6**). Ces deux derniers documents contiennent le mot « entretien » parce qu'ils possèdent, tous les deux, cette finalité intrinsèque.

Le *Registre des mesures de conductivité électrique* permet de consigner toutes les mesures de conductivité électrique effectuées sur le filtrat du concentrateur, autant par la membrane que pour l'ensemble du système. Chaque montage de concentrateur peut être unique et possède ses propres comportements quant à la conductivité électrique. Le registre devient un outil d'analyse et de diagnostic pour chaque membrane s'il a été complété depuis le début. C'est un suivi indispensable.

Le *Registre des opérations et entretiens* est un recueil des lectures de débits, de concentrations, de températures et de conductivité qui permettront de constater des variations dans ces mesures ainsi que dans les taux de rejet calculés. De ces variations, l'opérateur pourra décider des interventions d'entretien à entreprendre.

Le *Registre des performances et entretiens* permet de calculer le PEP à un moment donné ainsi que l'efficacité de la membrane. Si cette dernière descend en bas de 85 %, une opération d'entretien sera déclenchée. Les données recueillies sont des débits, des températures, des pressions qui permettront de calculer le taux de rejet, le PEP au temps « T » ainsi que l'efficacité, donnée déterminante dans le processus d'entretien.

16. Le remisage des membranes et fermeture du concentrateur

Le remisage est une opération qui permet de conserver toutes ses propriétés au module durant une période de non-fonctionnement plus ou moins longue. Il comprend deux étapes : la préparation et le remisage proprement dit. Tout d'abord, il est important de « suivre **LES RECOMMANDATIONS DU FABRICANT** ». À défaut de recommandations ou par manque de précision, deux propositions sont décrites plus bas, soit le remisage temporaire et le remisage à long terme.

16.1 Le remisage temporaire

Le remisage temporaire ou quotidien est nécessaire lorsque survient un arrêt temporaire de coulée où le concentrateur n'est plus en fonction. Durant cet arrêt, le module se doit de reposer dans une solution de conservation afin d'éviter le développement d'une masse de bactéries qui pourraient colmater les membranes. On parle ici d'un arrêt que l'on prévoit au-delà de 24 heures.

La procédure consiste à :

- **entreprendre**, à l'arrêt de l'appareil, la procédure de nettoyage, soit le désucrage, le rinçage court, le PEP. Si nécessaire, poursuivez la procédure par le rinçage long à chaud, le PEP, le lavage basique, de nouveau le PEP, le lavage acide, et une dernière fois le PEP (voir Tableau d'entretien **Annexe 2**).
- **préparer**, dans une cuve de lavage, une solution bactéricide (métabisulfite de sodium) avec du filtrat selon la recette du fabricant;
- **faire circuler** en circuit fermé pendant 5 minutes;
- **faire sortir** de la solution par tous les robinets d'échantillonnage, pendant la mise en marche;

IMPORTANT

1. Bien laver la membrane et recouvrir un PEP acceptable.
2. Pour un arrêt de plus de 24 heures, garder les membranes dans une solution bactéricide.
3. Pour une longue durée d'entreposage, utiliser une solution bactéricide et antigel, s'il y a risque de gel.
4. Entreposer les caissons et membranes dans un endroit frais.
5. À la fin de la saison, ouvrir toutes les valves pour un drainage maximal
6. Mettre le disjoncteur à « Off ».

- **ne jamais faire** chauffer la solution dans l'appareil;
- **arrêter** le concentrateur et laisser reposer dans la solution jusqu'à nouvelle utilisation;
- **assurer** une température au dessus de 7 °C pour éviter les risques de gel;
- **vidanger** la cuve de lavage;
- **drainer** et faire un rinçage long à froid avant de concentrer à nouveau;
- **changer** les préfiltres.

16.2 Le remisage à long terme

Le remisage à long terme convient à la longue période de repos annuelle d'une dizaine de mois.

En plus de lutter contre le développement de bactéries, il faut s'assurer que le module ne gèle pas. L'entreposage a ses règles à suivre selon les recommandations du fabricant. En voici quelques-unes :

1. le module ne doit pas être exposé au gel;
2. l'entreposage doit être fait dans un endroit frais (environ 7 °C) ;

3. le module doit toujours rester humide, d'où la recommandation d'ajouter une solution de remisage appropriée (antibactérienne et au besoin antigel). Certains acériculteurs préfèrent confier la tâche de nettoyage et d'entreposage de leurs modules à leur fournisseur.

La procédure en deux étapes d'entretien et d'entreposage est la suivante :

- **faire** l'entretien : désucrage, rinçage court, PEP, rinçage long à chaud, PEP, lavage basique, PEP, lavage acide, PEP, *si PEP pas satisfaisant*, recommencez le cycle des lavages (voir *Tableau d'entretien* de l'Annexe 2);
- **confier** à votre fournisseur la suite du nettoyage, incluant peut-être le lavage enzymatique. Si, après toutes ces tentatives, le PEP n'est toujours pas satisfaisant, il se chargera du même coup de l'étape entreposage;
- **arrêter et drainer** le système;
- **sortir** le module du caisson métallique et la laisser se vider d'eau;
- **préparer** une solution de remisage avec un bactéricide et un antigel, s'il y a risque de gel au lieu d'entreposage, dans les proportions recommandées par le fabricant;
- **remplir** le caisson de remisage de la solution de remisage;
- **introduire** lentement le module dans le caisson;
- **attendre** quelques minutes, le module va absorber la solution; rajouter de la solution pour l'immersion totale;
- **entreposer** au frais.

16.3 La fermeture du concentrateur d'eau d'érable

La fermeture du concentrateur d'eau d'érable consiste à bien vider le système de toutes solutions et à empêcher toutes obstructions possibles. Voici quelques suggestions :

- **déconnecter** les tuyaux haute pression des caissons;
- **enlever** les préfiltres;
- **s'assurer** que tous les débitmètres sont drainés;
- **ouvrir** toutes les valves;
- **boucher** les tuyaux qui vont vers le concentrateur pour empêcher la vermine d'y pénétrer;
- **garder** la température au-dessus de 0 °C si le système est difficile à drainer complètement;
- **mettre** le disjoncteur du panneau électrique à « Off ».

17. La disposition des eaux de rinçage et des solutions de lavage et d'entreposage

Afin de préserver l'environnement, quelques recommandations sont nécessaires au sujet de la disposition des eaux de rinçage et des solutions de lavage. Les voici :

1. les eaux de rinçage peuvent être répandues sur le sol ou être éliminées par le système d'égout de l'érablière;
2. se référer aux recommandations des fabricants de produits de lavage et d'entreposage en ce qui concerne la méthode d'élimination de la solution usée;
3. en l'absence de recommandations, il serait minimalement de mise de ne jamais déverser des solutions de lavage ou d'entreposage à l'intérieur de la bande

- riveraine d'un cours d'eau qui est de 10 ou 15 mètres, dépendamment de la configuration du terrain avoisinant le cours d'eau;
4. il est recommandé de consulter le ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs du Québec ainsi que votre municipalité afin de connaître les règlements en vigueur et s'y conformer.

18. Astuces de travail

Pour faciliter le travail des opérateurs, cette section se veut une énumération de quelques astuces de travail. Elles sont énumérées sans ordre particulier. Les voici :

1. Suivre une ou plusieurs formations avant l'achat d'un concentrateur d'eau d'érable. Ceci vous aidera à faire votre choix et vous aidera à opérer l'appareil.
2. Désigner une personne comme opérateur du concentrateur d'eau d'érable. Cette personne acquerra une bonne connaissance de son appareil ainsi que des trucs pour régler les problèmes.
3. Bouillir le plus rapidement possible la solution concentrée.
4. S'assurer que les solutions de nettoyage ou de remisage ne viennent jamais en contact avec l'eau d'érable, et ce, pour préserver l'intégrité du produit.
5. Bien rincer la tubulure après le lavage au chlore, pour ne pas introduire ce produit d'assainissement dans une membrane non tolérante au chlore.
6. Lorsque l'eau d'érable devient de plus en plus difficile à concentrer comme en fin de saison, au lieu de monter la pression indument, prévoir :
 - fixer l'efficacité des membranes à 90 % au lieu de 85 % pour déclencher un entretien plus rapidement;
 - diminuer la pression de travail, pour diminuer le colmatage, même si le débit en est réduit;
7. La planification de la concentration en fonction du transport d'eau peut obliger de réduire le débit en diminuant la pression pour ne pas arrêter le concentrateur en attendant un nouvel arrivage.
8. Ne pas s'approprier les recettes des voisins, qui pourraient être fatales pour ses propres membranes.
9. Ne pas improviser en utilisant n'importe quels produits dit « de lavage » qui ne conviendraient pas aux membranes.
10. Pour maintenir la performance de ses membranes, il faut respecter le taux de conversion, le pourcentage de concentration et le cycle d'entretien.

19. Conclusion

Le concentrateur d'eau d'érable est un appareil formidable pour économiser temps et argent, en diminuant de façon significative le temps d'évaporation par la chaleur. Il est une avancée technologique importante dans le système de traitement de l'eau d'érable. Comme conséquences directes, il permet d'améliorer la qualité de vie de l'exploitant. Il permet aussi d'entrevoir la possibilité d'expansion d'une entreprise.

Comme la vie d'un concentrateur est associée à la vie de la membrane, il faut prendre soin de cette dernière. Il faut en connaître les limites tant au niveau des produits d'entretien que de la manière d'opérer le concentrateur.

L'improvisation et les méthodes miracles peuvent être fatales pour les membranes. Une recette donnée par le voisin peut ne pas être appropriée à votre concentrateur. Ceci est d'autant plus vrai lorsque les appareils ne proviennent pas du même fabricant.

L'opérateur, pour performer et ne pas altérer les membranes de façon permanente, doit suivre une bonne formation et maîtriser les recommandations du fabricant. Ce document contribue à une meilleure compréhension des phénomènes en présence et complète les recommandations des fabricants au besoin. Il se veut un outil pour uniformiser le vocabulaire utilisé en concentration membranaire afin que tous les intervenants parlent des mêmes réalités avec les mêmes mots, et ainsi éviter la confusion.

20. Lexique

Pour permettre des échanges sur de mêmes réalités, il est nécessaire d'utiliser les mêmes mots tout en ayant les mêmes définitions de ces mots. On retrouve dans le milieu plusieurs façons d'exprimer un même concept. Alors, le lexique qui suit a pour but d'uniformiser le langage dans le secteur de la concentration membranaire.

| | |
|---|--|
| Caisson métallique | Contenant métallique cylindrique qui contient le module spiralé. Un concentrateur peut être constitué d'un ou de plusieurs caissons (en anglais <i>pressure vessel</i>). |
| Concentré | Partie concentrée de la solution à traiter qui ne traverse pas la membrane (dans notre contexte, solution d'eau d'érable concentrée partiellement qui sera à nouveau concentrée par une autre opération comme l'évaporation). |
| Colmatage de la membrane | Dépôt de matière sur les membranes (en surface ou dans les pores) entraînant une baisse de productivité et pouvant entraîner une variation du taux de séparation et de la perméabilité de la membrane. Peut être réversible ou irréversible. |
| Concentration (facteur de ou pourcentage de) | $((\text{Brix concentré} - \text{Brix sève érable}) / \text{Brix concentré}) \times 100 = \text{valeur en \%}$ |
| Débit de filtration | Quantité de filtrat qu'une membrane peut extraire de la solution à concentrer par unité de temps (en anglais <i>permeate rate</i>) PCM ou PCH (pieds cubes par minute ou par heure). |
| Désucrage d'un concentrateur | Opération qui consiste, à récupérer toutes la solution sucrée contenue dans l'ensemble des caissons et des membranes à la suite d'un arrêt de concentration d'eau d'érable. |
| Efficacité (taux d' ou pourcentage d') EFF_H | L'efficacité après un temps « H » d'utilisation de la membrane est le rapport du PEP _H et la mesure PEP ₀ , c'est-à-dire le PEP mesuré lors de la première utilisation de la membrane neuve (membrane neuve et après conditionnement adéquat) ou mesuré lors de la première utilisation de l'année, moment dit temps « 0 ». Le tout multiplié par 100 pour obtenir un %. |
| Entretien | Diverses actions effectuées afin de maintenir la performance du concentrateur membranaire. Ces actions peuvent être le lavage mécanique (rinçage) et le lavage chimique ainsi que la vérification et le remplacement de certaines pièces, comme les préfiltres ou les joints d'étanchéité, tout au long de la période de concentration. |
| Filtrat | Partie de la solution à concentrer qui traverse la membrane (eau pratiquement pure qui servira au rinçage, nettoyage de différents systèmes dont le concentrateur d'eau d'érable). |
| Lavage basique ou | Opération de nettoyage du module avec une solution normalement préparée avec du filtrat et un produit chimique |

| | |
|--|---|
| alcalin | basique comme l'hydroxyde de sodium qui aura un pH élevé de l'ordre de 9 à 13, selon les spécifications du fabricant. |
| Lavage acide | Opération de nettoyage du module avec une solution normalement préparée avec du filtrat et un produit chimique acidifiant comme l'acide citrique qui aura un pH bas qui s'approchera de 3, selon les spécifications du fabricant. |
| PEP (perméabilité à l'eau pure) | Débit de filtration d'une membrane alors que l'on tente de concentrer de l'eau pure ou du filtrat en maintenant constants les paramètres (température et pression d'opération) pouvant affecter le débit du filtrat (en anglais <i>pure water permeation</i>). |
| PEP_H d'une membrane | La mesure du PEP après un temps H heures d'opération. C'est donc la mesure de son état actuel de propreté ou de colmatage. Par exemple, après 18 heures de fonctionnement, le PEP ₁₈ est de 13,33 litres/minute. |
| Perméat | Synonyme de filtrat. |
| Perméation (flux de) | Débit de filtrat passant à travers la membrane, par unité de surface de membrane. |
| Rétentat | Synonyme de concentré. |
| Taux de conversion | La portion du débit de l'eau d'érable traitée qui sort en filtrat : $(\text{débit filtrat} / (\text{débit filtrat} + \text{débit concentré})) \times 100 = \text{valeur en \%}$. |
| Taux de séparation | La portion du débit de la sève traitée qui sort en concentré : $(\text{Débit concentré} / (\text{débit filtrat} + \text{débit concentré})) \times 100 = \text{valeur en \%}$. |
| Valve | Dispositif mécanique qui règle le passage ou non d'un liquide, synonyme de vanne. |
| Vanne | Dispositif mécanique qui règle le passage ou non d'un liquide, synonyme de valve. |
| Volume mort de l'appareil | « Volume de liquide qui circule dans toutes les parties de l'appareil lorsque ce dernier fonctionne en mode concentration ». Volume de liquide contenu dans toutes les composantes du concentrateur après un certain temps de fonctionnement. |
| Volume mort résiduel | Volume de liquide contenu dans toutes les composantes du concentrateur après drainage de l'appareil. |

Bibliographie

Allard, Gaston. 1995. *Comment établir les facteurs permettant de corriger les débits des membranes d'osmose inversée en fonction de la température du filtrat*, Info-fiche acéricole, Publication no : 257-FCH-0395, Centre de recherche, de développement et transfert technologique acéricole inc., (Centre ACER)

Allard, Gaston. 1995. *Calcul de la « perméabilité à l'eau pure » (PEP) et de l'efficacité (EFF) d'une membrane d'osmose inversée*, Info-fiche acéricole, Publication no : 256-FCH-0395, Centre de recherche, de développement et transfert technologique acéricole inc., (Centre ACER)

Allard, Gaston. 1995. *Comment établir le volume mort (VM) et le volume mort résiduel (VMR) d'un appareil d'osmose inversé*, Info-fiche acéricole, Publication no : 255-FCH-0395, Centre de recherche, de développement et transfert technologique acéricole inc., (Centre ACER)

Allard, Gaston, M. Belzile. 2004. *Cahier de transfert technologique en acériculture*, Centre de recherche, de développement et transfert technologique acéricole inc., (Centre ACER)

Arzate, Alfa. 2011. *Ce qu'il faut savoir sur les membranes pour maintenir leur performance*, Revue Forêt de chez nous, Volume 22, no 1, pages 24 et 25.

Arzate, Alfa. 2011. *Concentration élevée de la sève d'érable et nature du sirop d'érable ... une première exploration*, 1 page, Centre de recherche, de développement et transfert technologique acéricole inc., (Centre ACER)

Arzate, Alfa. 2009. *Séparation par membrane et son application en acériculture : théorie et pratique*, Formation Centre ACER

Auteur inconnu, *Quand laver sa membrane ???*, Présentation avec logiciel Microsoft PowerPoint (ou Diaporama avec logiciel Microsoft PowerPoint)

Batungwanayo, Aline, É. Wong, A. Arzate, 2009.. *Mesure de la conductivité électrique du sirop d'érable*, Info-fiche acéricole no 312a0309F, Centre de recherche, de développement et transfert technologique acéricole inc., (Centre ACER)

Boucher, Nancy. *Production acéricole 5256, Module 10 : Traitement de l'eau d'érable*, DEP Acéricole, Commission scolaire des Hauts-Cantons

Boucher, Nancy. 2012. *Module 10 : Traitement de l'eau d'érable*, Présentation avec logiciel Microsoft PowerPoint (ou Diaporama avec logiciel Microsoft PowerPoint)

Boutin, Joël. 1997, *Développement d'une régie pour l'opération et l'entretien des appareils d'osmose inversée*, Rapport des activités de l'année 1997 du Club acéricole régional des Appalaches, 23 pages

Comité agricole et rural des Appalaches (C.A.R.A). 1996. *Cahier des bonnes pratiques 1996*

Côté, Denis. 2012, *Entrevue filmée*, Memprotec inc

CDL inc. 2002. *La fendeuse, Manuel d'instruction, Instructions manual,*

Dominion & Grimm inc.. 2011. *Osmose D&G, Manuel de l'opérateur pour modèle 500 gph à 1000 gph*, 42 pages.

Guisard, Christian. 2000. *Guide de la Nanofiltration*, Cahiers du CFM, 64 pages

H₂O Innovation inc.. 2010. *Éconox Séparateur pour l'érablière, Manuel d'opération et d'entretien*, 39 pages

H₂O Innovation inc.. *Formation sur les membranes dans le domaine de l'acériculture*, Diaporama préparé par Rock Gaulin et Pierre Courtois

Lapierre, Donald. 2012. *Entrevue filmée*, Les équipements Lapierre

Lauzier, Gaétan. 2003. *Que devrait-il avoir dans le filtrat d'osmose inversée ?*,

Les équipements Lapierre. 2011. *Manuel d'utilisateur, Concentrateur Turbo & Turbo nouvelle génération*, Version : 3, 47 pages.

Les équipements Lapierre. *Concentrateur*, DVD

Memprotec inc. Documents divers sur appareil osmoseur et leur utilisation

Memprote inc. *Formation MemPro 100 et 200*, DVD, Version 2

Trépanier, Simon. 2000. *Bonnes pratiques en acériculture, Partie 2*, Club acéricole du Granit

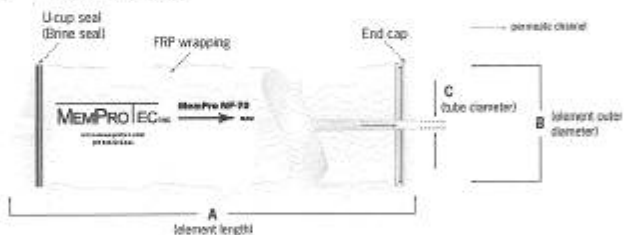
ro NF-70

| | | |
|-------------------------------|---|--|
| Product Specifications | Permeate Flow rate ¹⁾ : | 7,500 GPD (28,4 m ³ /day) |
| | Monovalent Ion Rejection (NaCl) ²⁾ : | 85-95 % |
| | Divalent Ion Rejection (MgSO ₄) ³⁾ : | 99.5 % |
| | Effective Membrane Area : | 400 ft ² (37.2 m ²) |

1. The stated performance is initial data taken after 30 minutes of operation based on the following monovalent test conditions; 2,000 mg/L NaCl solution at 75 psig (0.5 MPa) applied pressure, 15 % recovery, 77 °F (25 °C) and pH 6.5-7.0.
2. The stated performance is initial data taken after 30 minutes of operation based on the following divalent test conditions; 2,000 mg/L MgSO₄ solution at 75 psig (0.5 MPa) applied pressure, 15 % recovery, 77 °F (25 °C) and pH 6.5-7.0.
3. Permeate Flow rate for individual elements may vary but will be no more than 15 % below the value shown.
4. Minimum MgSO₄ rejection 99.0 %.
5. Effective membrane area may vary within 3 %.
6. All elements are vacuum sealed in a polyethylene bag containing 1.0 % SBS (Sodium bisulfite) solution and packaged individually in a cardboard box.

| | | |
|----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| Product Description | Membrane Type : | Thin-film Composite |
| | Membrane Material : | PA (Polyamide) |
| | Membrane Surface Charge : | Negative |
| | Element Configuration : | Spiral-Wound, FRP wrapping |

| | | |
|---------------------------|-----|--------------------|
| Product Dimensions | A = | 40 inch (1,016 mm) |
| | B = | 8.0 inch (203 mm) |
| | C = | 1.12 inch (28 mm) |



1. One interconnector (coupler) would be supplied for each membrane element.
2. All MemPro Tec membrane elements fit nominal 8.0-inch (203 mm) I.D. pressure vessel.
3. Outer feature may vary as design revisions take place.

| | |
|-----------------|--|
| Features | <ul style="list-style-type: none"> • MemPro NF-70 elements with 90 % monovalent ion rejection and more than 99 % rejection of divalent ions are useful for water softening, removing endocrine disruption chemicals from drinking water and also food processing. |
|-----------------|--|

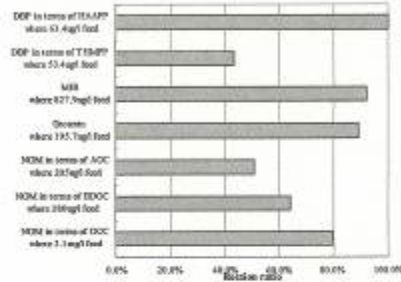
inc

Page 1 of 2

Source : Memprotec inc.

NF-70

Organic Rejection Characteristics



DBP (Di-benzyl-phthalate), HAAFP (haloacetic acid formation potential), THMFP (THM Formation Potential), THM (Trihalomethane), MB (methyl isobutyl), NOM (Natural organic matter), BDOC (biodegradable dissolved organic carbon), DOC (Dissolved organic carbon)

Conditions for Handling MemPro in general

- Customers must keep the element boxes dry at room temperature to prevent them from freezing and damages from heat. If the polyethylene bag is broken, a new protective solution has to be added to the RO membrane element and the element has to be repackaged air-tight to prevent from biological growth.
- Keep elements moist at all times after initial wetting.
- Permeate water obtained from first hour of operation should be discarded in order to flush the protective solution in the elements.
- MemPro elements should be immersed in a protective solution during storage, shipping or system shutdowns to prevent biological growth and freeze damage. The standard storage solution contains one (1) weight percent sodium bisulfite or sodium metabisulfite (food grade). For short term storage of one week, one (1) weight percent sodium metabisulfite solution is adequate for inhibiting biological growth.
- The customer is fully responsible for the effects of incompatible chemicals on elements. Their use will void the element limited warranty.

Application Data

Operating Limits

- Max. Pressure drop / Element 15 psi (0.1 MPa)
- Max. Pressure drop / 240" vessel 60 psi (0.42 MPa)
- Max. Operating pressure 800 psi (4.14 MPa)
- Max. Feed flow rate 66 gpm (15.0 m³/hr)
- Min. Concentrate flow rate 16 gpm (3.6 m³/hr)
- Max. Operating temperature 113 °F (45 °C)
- Operating pH range 3.0 ~ 10.0
- CIP pH range 2.0 ~ 11.0
- Max. Turbidity 1.0 NTU
- Max. SDI (15 min) 5.0
- Max. Free Chlorine concentration 0.1 mg/L

Design Guideline for Various Water Source

- Waste water (SDI < 5) 8 ~ 12 gfd
- Waste water pretreated by UF (SDI < 3) 10 ~ 14 gfd
- Seawater, open intake (SDI < 5) 7 ~ 10 gfd
- High salinity well water (SDI < 3) 8 ~ 12 gfd
- Surface water (SDI < 5) 12 ~ 16 gfd
- Surface water (SDI < 3) 13 ~ 17 gfd
- Well water (SDI < 3) 13 ~ 17 gfd
- RO/UF permeate (SDI < 1) 21 ~ 30 gfd

Saturation Limits for Salts

- CaSO₄ 230 % saturation
- SrSO₄ 800 % saturation
- BaSO₄ 6,000 % saturation
- SiO₂ 100 % saturation

Above values are saturation limit at the tail end of the membrane elements for each sparingly soluble salts with proper scale inhibitor.

CaCO₃ Scaling potential limits as LSI or SDSI

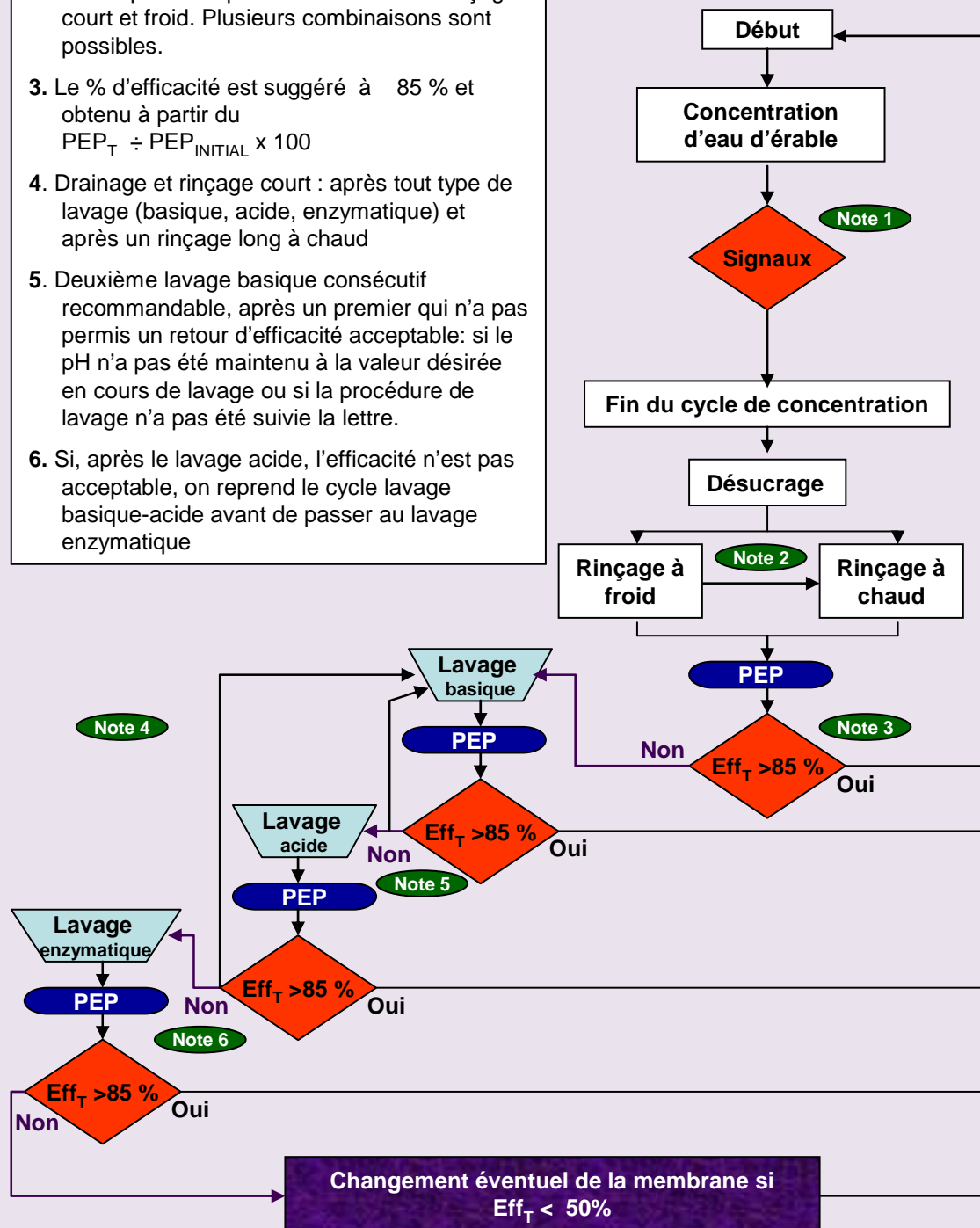
- Without scale inhibitor < -0.2
- LSI (SDSI) with SHMP < -0.5
- LSI (SDSI) with special inhibitor¹ < -1.5
- SDSI with any inhibitor < -0.5

1. Special inhibitor means one of approved organic inhibitors. It should be approved from real plant for more than three years.

| TABLEAU D'ENTRETIEN D'UN CONCENTRATEUR D'EAU D'ÉRABLE | |
|---|---|
| SIGNES | ACTIONS (Voir note en bas du tableau) |
| Programmés | |
| Fin de journée | <ul style="list-style-type: none"> - Désucrage, Rinçage court, PEP, - <i>et si nécessaire</i> : Rinçage long à chaud, PEP, Lavage basique, PEP, Lavage acide, PEP, Lavage basique, PEP - <i>si PEP pas satisfaisant</i> : recommencer le cycle des lavages. |
| Fin d'une coulée | <ul style="list-style-type: none"> - Désucrage, Rinçage court, PEP, - <i>et si nécessaire</i> : Rinçage long à chaud, PEP, Lavage basique, PEP, Lavage acide, PEP, Lavage basique, PEP - <i>si PEP pas satisfaisant</i> : recommencer le cycle des lavages. |
| Arrêt significatif du système de plus de 24 heures | <ul style="list-style-type: none"> - Désucrage, Rinçage court, PEP, - <i>et si nécessaire</i> : Rinçage long à chaud, PEP, lavage basique, PEP, Lavage acide, PEP, Lavage basique, PEP - <i>si PEP pas satisfaisant</i> : recommencer le cycle des lavages. - Ajout d'une solution antimicrobienne dans le système, |
| Reprise après Arrêt significatif du système de plus de 24 heures | <ul style="list-style-type: none"> - Changer les préfiltres, Rinçage long à froid |
| Début de saison | <ul style="list-style-type: none"> - Préfiltres neufs, Rinçage long à froid - <i>et si glycol</i> : lavage basique, Rinçage court, Lavage basique, Rinçage court |
| Fin de saison | <ul style="list-style-type: none"> - Rinçage court, PEP, Rinçage long à chaud, PEP, Lavage basique, PEP, Lavage acide, PEP, - <i>si PEP pas satisfaisant</i> : recommencer le cycle des lavages. - Lavage enzymatique, PEP |
| Avertisseurs | |
| Pression avant et après préfiltres : différence de 20 psi | <ul style="list-style-type: none"> - Changer préfiltres |
| Baisse d'efficacité : moins de 85 %, (déduite par le PEP _H) | <ul style="list-style-type: none"> - Désucrage, Rinçage court, PEP, - <i>et si nécessaire</i> : Rinçage long à chaud, PEP, Lavage basique, PEP, Lavage acide, PEP, Lavage basique, PEP - <i>si PEP pas satisfaisant</i> : recommencer le cycle des lavages. |
| Baisse du débit de filtration | <ul style="list-style-type: none"> - Désucrage, Rinçage court, PEP, - <i>et si nécessaire</i> : Rinçage long à chaud, PEP, Lavage basique, PEP, Lavage acide, PEP, Lavage basique, PEP - <i>si PEP pas satisfaisant</i> : recommencer le cycle des lavages. |
| Baisse du °Brix du concentré | <ul style="list-style-type: none"> - Désucrage, Rinçage court, PEP, - <i>et si nécessaire</i> : Rinçage long à chaud, PEP, Lavage basique, PEP, Lavage acide, PEP, Lavage basique, PEP - <i>si PEP pas satisfaisant</i> : recommencer le cycle des lavages. |
| Augmentation de la pression d'opé- | <ul style="list-style-type: none"> - Désucrage, Rinçage court, PEP, |

| ration | <ul style="list-style-type: none"> - <i>et si nécessaire</i> : Rinçage long à chaud, PEP, Lavage basique, PEP, Lavage acide, PEP, Lavage basique, PEP - <i>si PEP pas satisfaisant</i> : recommencer le cycle des lavages. |
|--|--|
| TABLEAU D'ENTRETIEN D'UN CONCENTRATEUR D'EAU D'ÉRABLE (suite) | |
| SIGNES | ACTIONS (Voir note en bas du tableau) |
| Augmentation de la conductivité du filtrat | <ul style="list-style-type: none"> - Vérification et réparation des composantes d'étanchéités : joints toriques (O-Rings) - À la limite changer la membrane |
| Problème de limpidité du filtrat | <ul style="list-style-type: none"> - Vérifier le montage de l'appareil, l'état des joints toriques - À la limite, changer de membrane |
| Présence d'éléments dans filtrat décelés par la méthode d'évaporation | <ul style="list-style-type: none"> - Vérifier le montage de l'appareil, l'état des joints toriques - À la limite, changer de membrane |
| Problème de fuites | -Vérification du montage et des joints de toutes les composantes du système |
| Note : <ol style="list-style-type: none"> 1. Plus de détails dans le texte sur les actions d'entretien énumérés plus haut 2. Lorsqu'avec le PEP, on calcule une efficacité acceptable, c'est le signal de revenir en mode concentration. Il ne faut pas aller plus loin dans la démarche d'entretien. 3. Drainage et rinçage court : après tout type de lavage (basique, acide, enzymatique) et après un rinçage long à chaud 4. Deuxième lavage basique consécutif recommandable, après un premier lavage basique qui n'a pas permis un retour d'efficacité acceptable, <ul style="list-style-type: none"> • si le pH n'a pas été maintenu à la valeur désirée en cours de lavage, ou • si la procédure n'a pas été suivie à la lettre <p><i>Le concentrateur d'eau d'érable, Faire plus avec sa membrane, 2013</i></p> | |

1. Voir l'annexe 2: Tableau d'entretien d'un concentrateur d'eau d'érable : signes et actions
2. Le rinçage peut être court ou long et peut être fait avec du filtrat froid ou chaud. Le rinçage chaud peut être précédé et suivi d'un rinçage court et froid. Plusieurs combinaisons sont possibles.
3. Le % d'efficacité est suggéré à 85 % et obtenu à partir du $PEP_T \div PEP_{INITIAL} \times 100$
4. Drainage et rinçage court : après tout type de lavage (basique, acide, enzymatique) et après un rinçage long à chaud
5. Deuxième lavage basique consécutif recommandable, après un premier qui n'a pas permis un retour d'efficacité acceptable: si le pH n'a pas été maintenu à la valeur désirée en cours de lavage ou si la procédure de lavage n'a pas été suivie la lettre.
6. Si, après le lavage acide, l'efficacité n'est pas acceptable, on reprend le cycle lavage basique-acide avant de passer au lavage enzymatique



Source : CTTA, 2004 (modifié par Donald Lemelin, 2012)

REGISTRE DE MESURES DE CONDUCTIVITÉ ÉLECTRIQUE DU FILTRAT
Valeurs données en microSiemens par centimètre (µS/cm)

Annexe 4

| Date | | | Conductivité électrique (µS/cm) | | | | | | | | | |
|------|----|----|---------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------------|
| aa | mm | jj | Système complet | Membrane 1 | Membrane 2 | Membrane 3 | Membrane 4 | Membrane 5 | Membrane 6 | Membrane 7 | Membrane 8 | Commentaires |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |

Année : 20_____

REGISTRE DES OPÉRATIONS ET ENTRETIENS

Annexe 5

Érablière : _____ Modèle de machine : _____ Modèle de membrane : _____

Note : Il est recommandé de prendre des mesures lorsque le système s'est stabilisé, après au moins 30 minutes de marche.

| Date | Nb d'heures d'opération | Pression préfiltre (psi) | | Température (° C) | Débit (GPM) ou (litres/min) | | Taux de conversion ((B÷(A+B) x 100) (%)) | Pression membrane opération (psi) | Concentration (° Brix) | | Conductivité électrique (µS/cm ²) | Entretiens et Commentaires |
|--|-------------------------|---|-------|-------------------|--|-----------|--|-------------------------------------|--|-----------|--|---|
| | | Avant | Après | | Concentré A | Filtrat B | | | Eau érable | Concentré | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| Recommandations (texte pour plus de détails) | | Si différence de plus de 20 psi, changer cartouches | | | Si taux de conversion dépasse 75 %, modifier le débit concentré ou la pression | | | Ne pas dépasser limite du fabricant | Ajuster pression ou débit concentré pour respecter limite du fabricant | | 1 ^{ère} alerte si dépasse 50 µS/cm ² | Noter tout ce qui peut être utile pour un bon suivi |

Opérateur _____

REGISTRE DES PERFORMANCES ET ENTRETIENS

Annexe 6

Date : 20 _____

(Mesure du PEP et calcul de l'efficacité)

Membrane : modèle _____ marque _____ No série _____ Modèle de machine : _____

Vendeur : _____ Date d'achat : _____

Perméabilité à l'eau pure initiale

PEP_{INITIALE} : _____ (D) Pression initiale : _____ psi Date du PEP_{INITIALE} : _____ Taux de rejet : 70 % aprox.

Efficacité initiale : 100%

| Date | heures opération Nb | Pression membrane opération (psi) | Débit (GPM) ou (l/min) | | Taux de conversion (B÷(A+B) x 100) (%) | Temp. filtrat (° C) | Facteur correction f (température) F _C | PEP _T (actuel) (GPM) ou (l/min) C | Efficacité (C ÷ D) x 100 % | Entretiens et Commentaires |
|---|---------------------------|--|---------------------------------|--------------|--|---------------------------|--|--|---|----------------------------------|
| | | | Concentré A | Filtrat B | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| Recommandations (voir texte pour plus de détails) | | Stabiliser la pression à celle initiale. | | | Ajuster à 70 % aprox. | | Voir tableau du fabricant | (B ÷ F _C) | Si l'efficacité est inférieure à 85 %, déclencher une opération d'entretien. Inscrire toutes les actions d'entretiens. | |

Opérateur : _____