



Centre de recherche, de développement et de transfert technologique acéricole inc.

La séparation membranaire : comment maintenir la performance des membranes ?

Alfa Arzate, ing., Ph.D.

Journées Acéricoles

Hiver 2010

OBJECTIF DE LA PRÉSENTATION

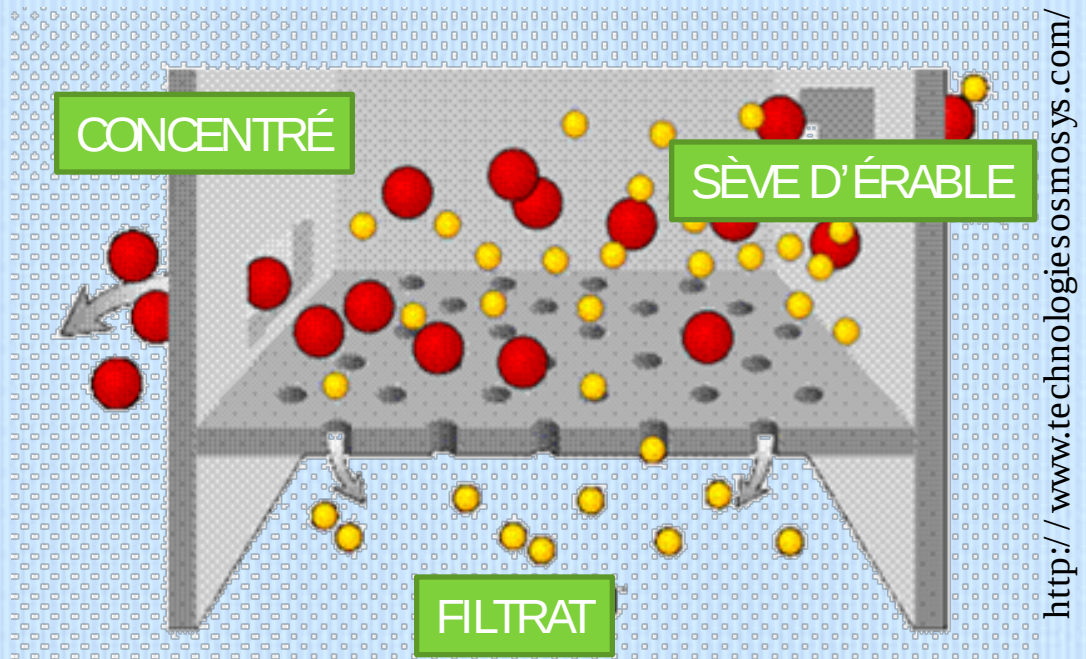
L'objectif premier de cette présentation est de fournir des renseignements généraux sur la performance des membranes utilisées pour concentrer la sève d'érable afin d'en faire la meilleure utilisation possible.

Concentration de la sève d'érable par membrane

Qu'est-ce que la concentration par membrane?

Sous l'effet d'une différence de pression

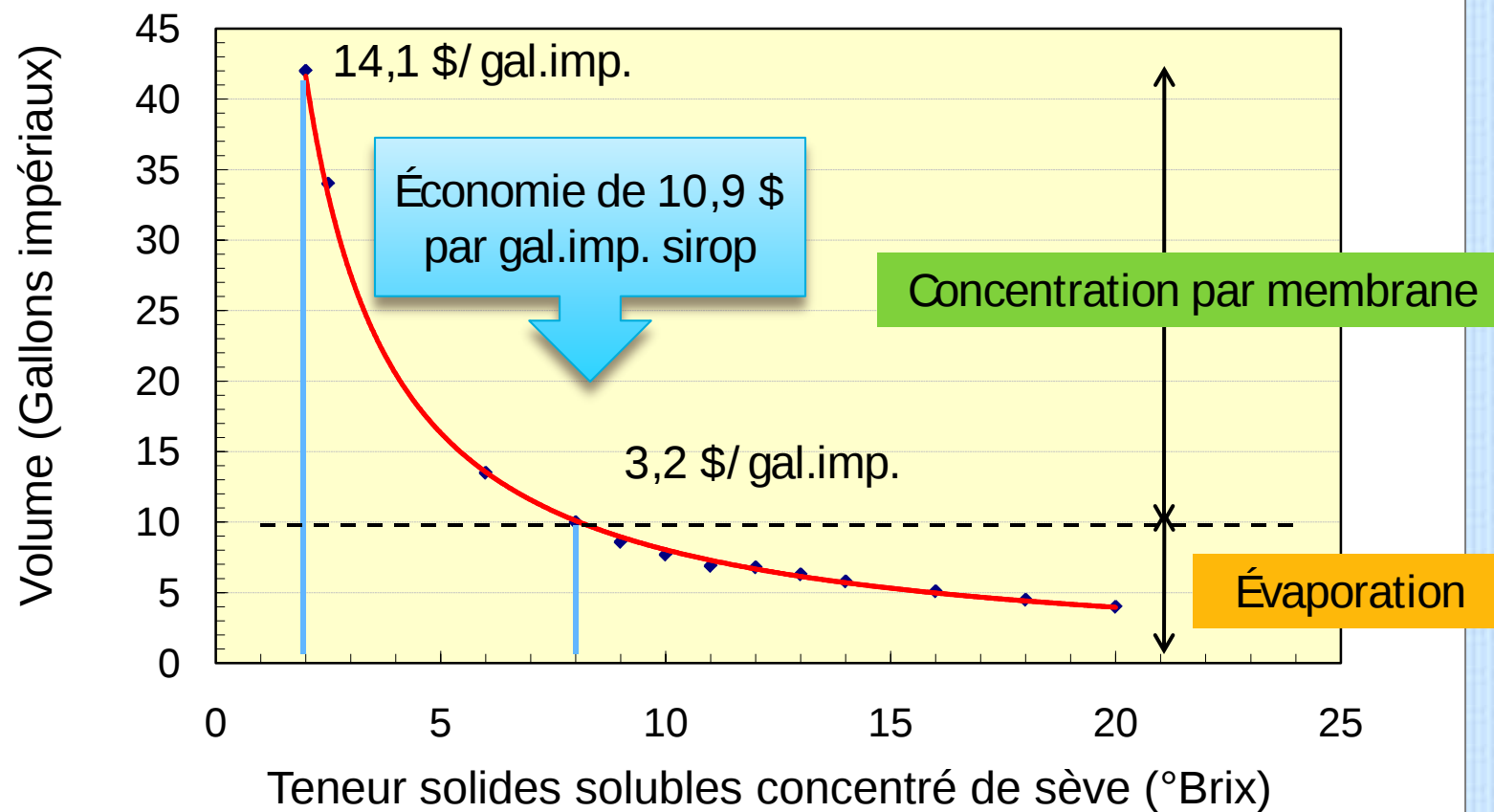
Le liquide qui reste en deçà de la membrane est appelé concentré, il circule généralement tangentielle-ment à la membrane



L'eau contenue dans la sève d'érable qui est capable de traverser la membrane se retrouve dans le filtrat

Pourquoi la sève d'érable est concentrée par membrane?

VOLUME D'EAU À ÉVAPORER PAR VOLUME DE SIROP PRODUIT



EE évap = 75 %

Huile à 0,75 \$/ litre

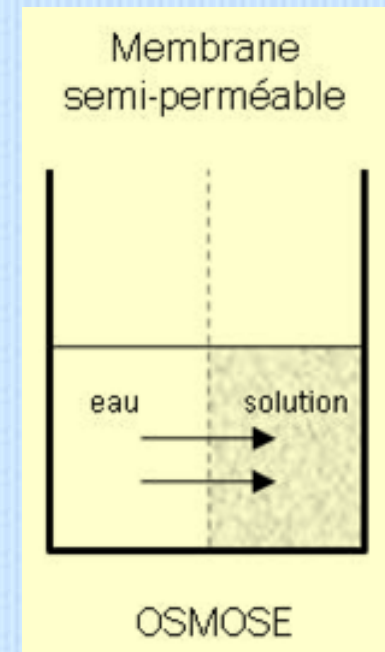
Quelles techniques sont utilisées pour concentrer la SE?

	Nanofiltration (NF)	Osmose inverse (OI)
Taille des pores	~ 1 nm	Membrane dense
Pression d'opération (psi)	100 à 600	450 à 1200
Perméabilité à l'eau pure à 25 ° C (L/ h/ m ²)	15 à 35	10 à 15
Origine de la sélectivité	Différence de taille et de charge entre les particules ou molécules à séparer	Différence de solubilité et de diffusion dans la membrane des molécules à séparer
Ce qui traverse la membrane	Eau, Na ⁺ , K ⁺ et petites molécules (sucre?)	Eau

Qu'est-ce que l'osmose inverse?

L'**osmose** est un phénomène naturel. Lorsque deux solutions de concentration différente sont séparées par une membrane :

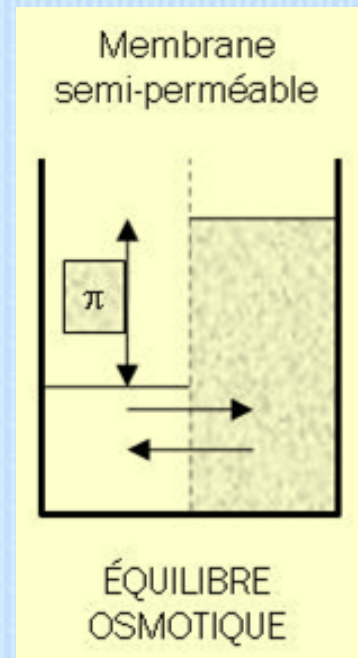
L'eau migre de la solution diluée à la solution concentrée sous l'action d'un gradient de concentration



Qu'est-ce que l'osmose inverse?

Si cette migration d'eau est empêchée en appliquant une pression sur la solution concentrée, la quantité d'eau transférée par osmose va diminuer. L'**équilibre osmotique** est donc atteint.

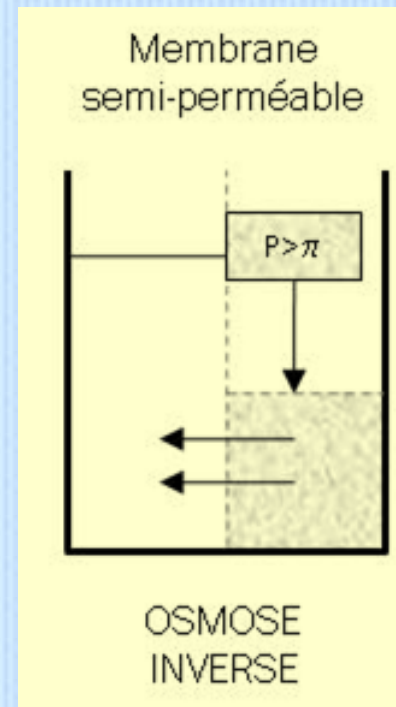
Pression osmotique (p)



Qu'est-ce que l'osmose inverse?

Une augmentation de la pression au-delà de la pression osmotique se traduit par une migration d'eau dirigée en sens inverse de la migration osmotique (**osmose inverse**) :

L'eau migre de la solution concentrée vers la solution diluée



Quelle est la pression osmotique des solutions de sucre?

Concentration massique (%)	Pression osmotique – p (psi)
3,31	38
9,31	110
12,04	146
14,61	188
19,33	265
21,50	305
23,55	346
25,5	386
29,12	476
32,40	560

La pression
d'opération doit donc
être plus grande que
la pression osmotique
(p)

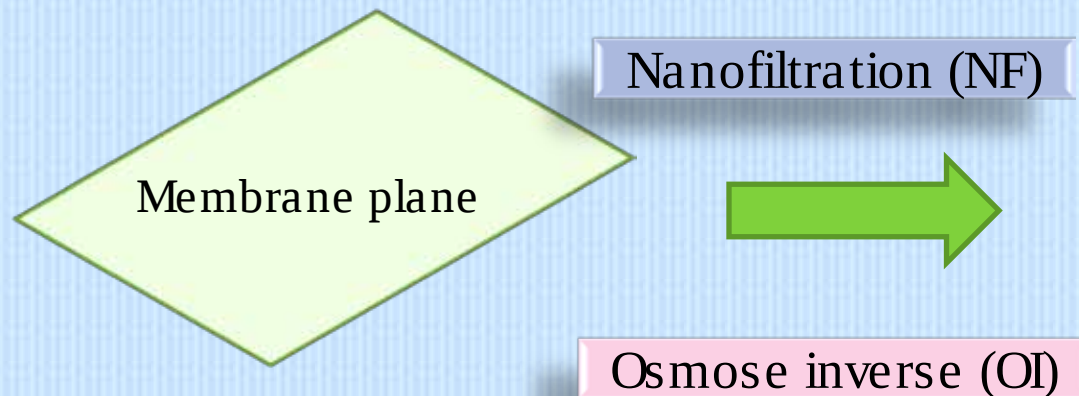
Sourirajan, 1967

La concentration massique équivaut aux degrés Brix

Les membranes utilisées en acériculture

Quel est le type de membrane utilisé en acériculture?

- § Des membranes composites organiques, c'est-à-dire faites en polymères tel que la polyamide (TFC)*
- § Des modules spiralés composés d'une membrane plane enroulée sur elle-même autour d'un tube poreux qui recueille le filtrat

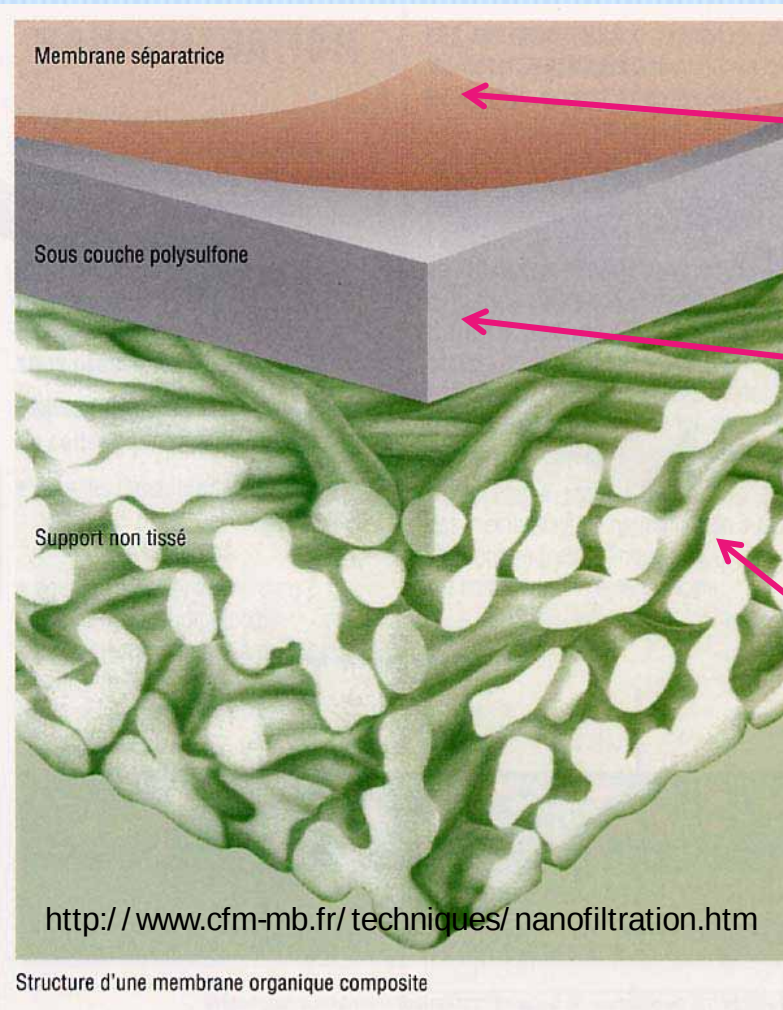


* Ainsi que le polyvinyl alcohol derivate

Comment est composée une membrane composite?

Sélectivité
Perméabilité

Support
mécanique



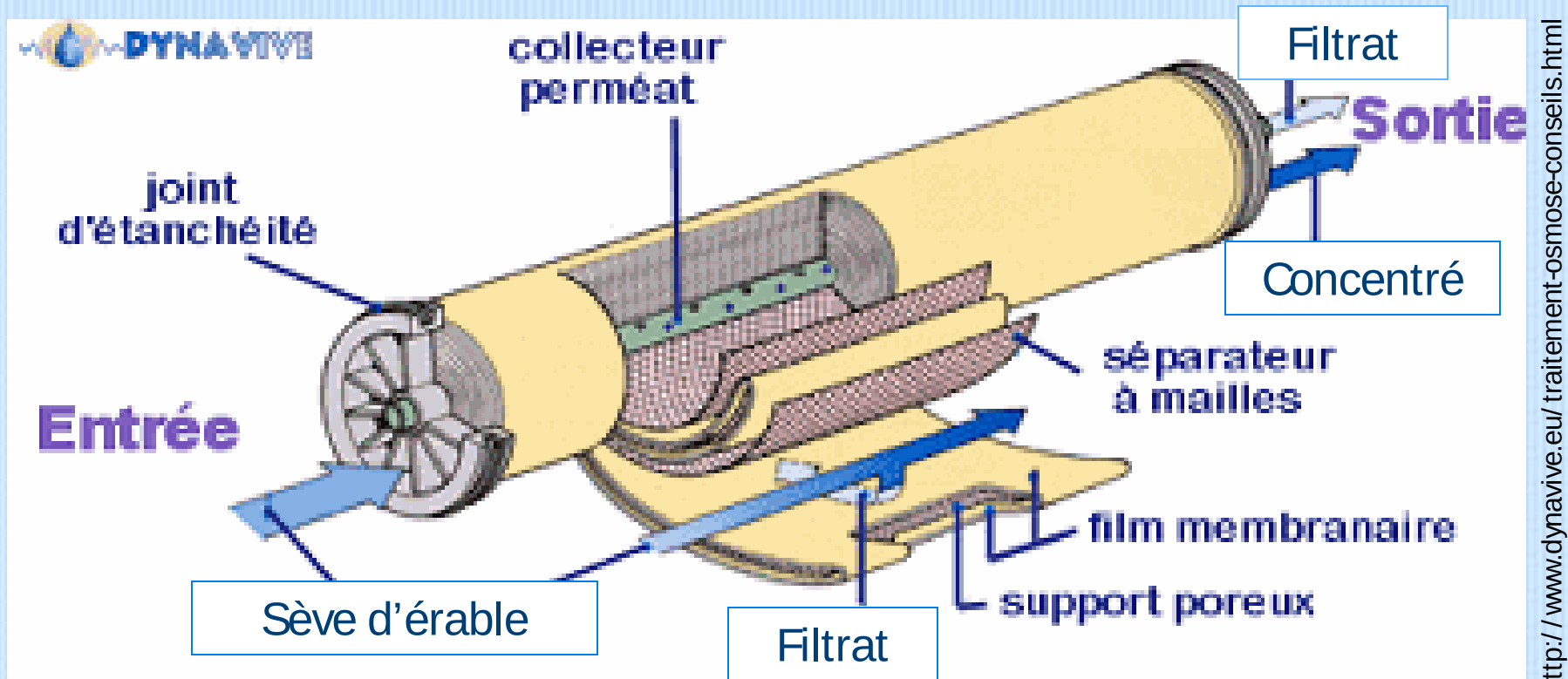
Couche de surface
ultramine (peau)

Couche intermédiaire
microporeuse

Tissu-support

Comment est composé un module spiralé?

Carter rigide contenant la membrane, une entrée et deux sorties

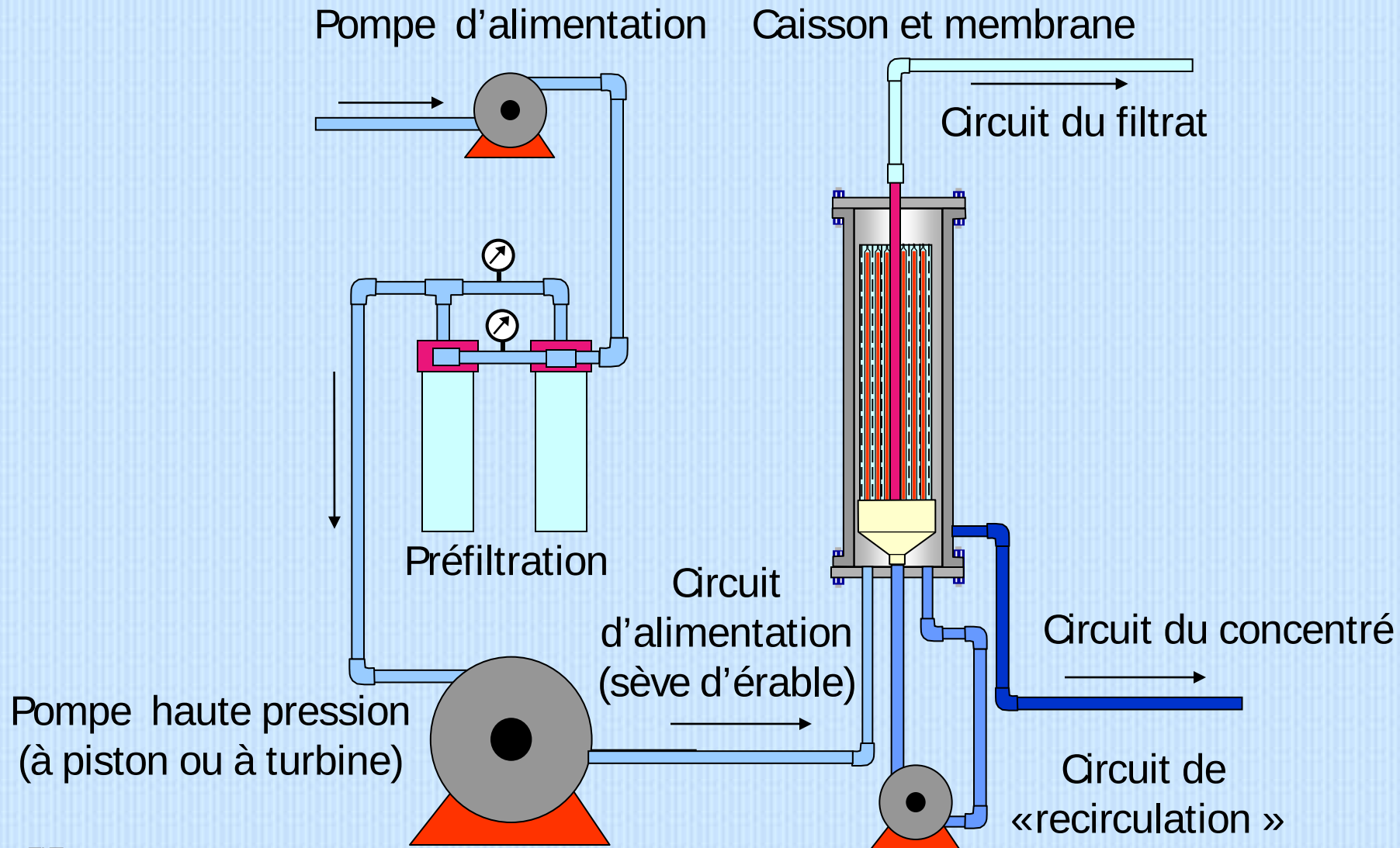


<http://www.dynative.eu/traitement-osmose-conseils.html>

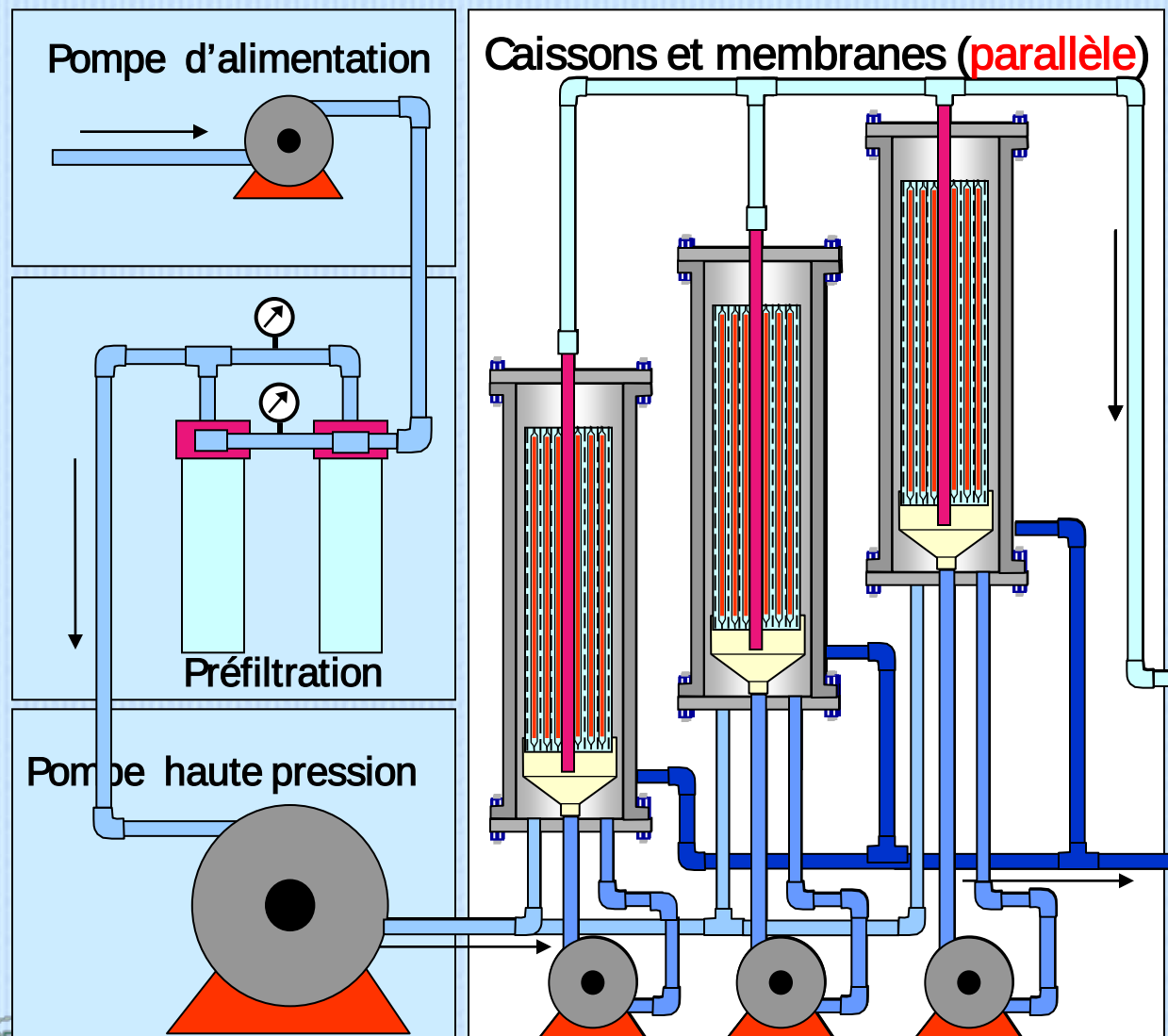
Dans le cylindre multicouches, le filtrat s'écoule selon un chemin spiralé vers le tube poreux et l'alimentation circule axialement dans les canaux

Les appareils utilisés en acériculture

Quelles sont les composantes de l'appareil?

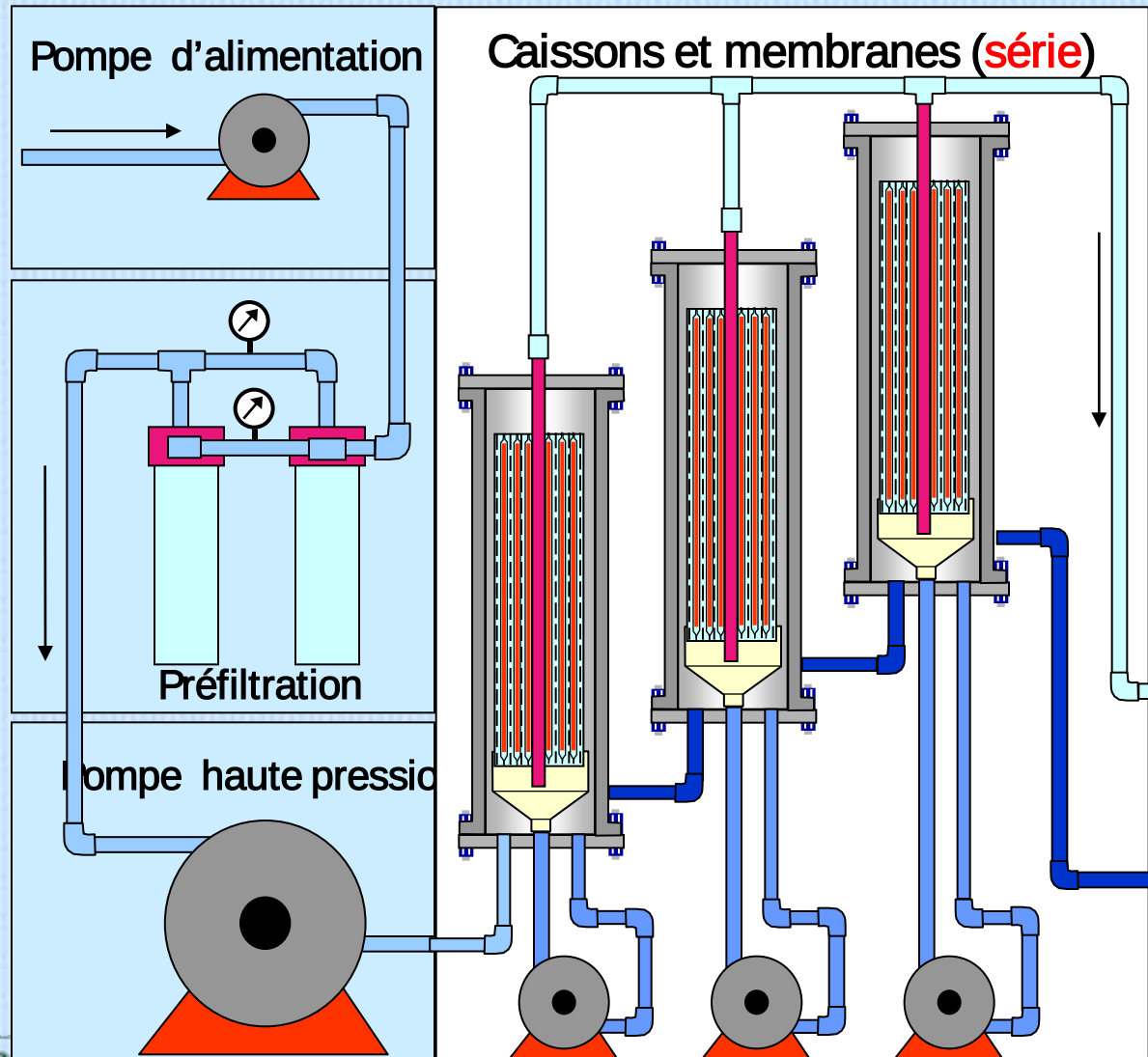


Quels sont les arrangements possibles?



- Grand volume de sève d'érable à traiter
- Plus performant dans les applications pour lesquelles on désire un faible taux de séparation (par rapport en série)
- Génère un taux d'efficacité et de performance semblables pour chaque membrane

Quels sont les arrangements possibles?



- Plus performant dans les applications pour lesquelles on désire un taux de séparation élevé
- Génère un taux d'efficacité ainsi que des performances différents pour chaque membrane

Quels sont les critères de sélection des membranes?

§ Capacité de traitement nominale

§ Caractéristiques fonctionnelles de la membrane

- ✓ Taux de rétention (Na^+ , K^+ , Mg^{++} , Ca^{++} et sucres)
- ✓ Tolérance au pH et au chlore résiduel libre
- ✓ Débit maximal à travers la membrane
- ✓ Pression et température d'opération maximales
- ✓ Résistance à la biodégradabilité

Quelle information est disponible dans les fiches techniques?

Product Information



FILMTEC™ Membranes

FILMTEC BW30-400 High Rejection, High Surface Area Brackish Water RO Element

Information sur la rétention et la perméabilité

Information sur les dimensions

Information sur les conditions d'opération

Quelles sont les limites d'opération à respecter?

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

Quelles sont les limites d'opération à respecter?

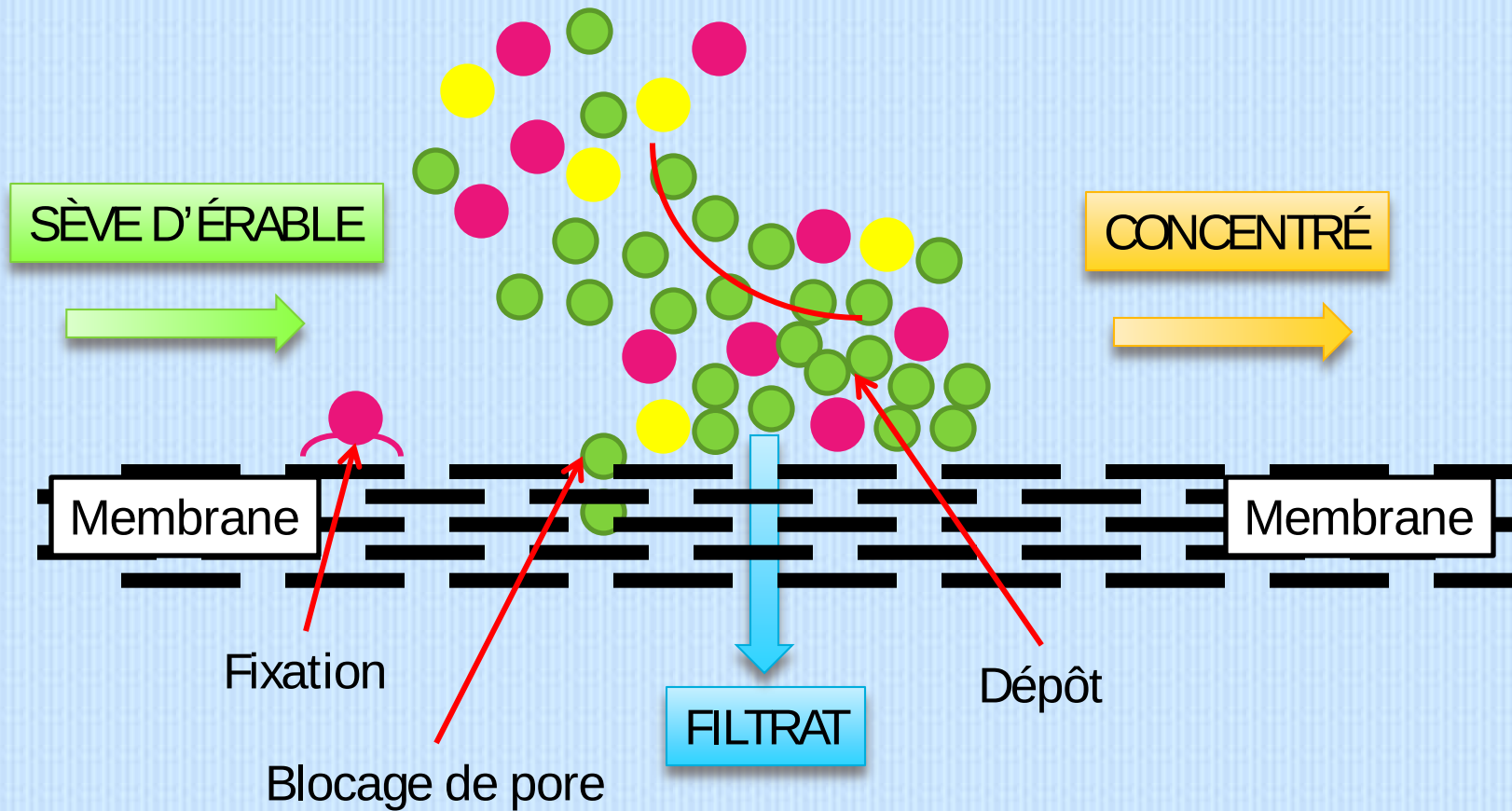
MEMBRANE	pH en opération continue	pH courte période lavage
BW 30 (Filmtec)	2 à 11	1 à 13
Maple 8040 (Osmonics)	3 à 10	1 à 11
NF 70 (Filmtec)	3 à 9	1 à 11
NF 270 (Filmtec)	3 à 10	1 à 12
NF 90 (Filmtec)	3 à 10	1 à 13
XLE 440 (Filmtec)	2 à 11	1 à 13
Maple sap Mark I (Filmtec)	3 à 9	2 à 11
PVD 1 (Hydranautics)	2 à 8	Non disponible
TFC S8" (Koch)	4 à 11	2,5 à 11

Colmatage

Qu'est-ce que le colmatage des membranes?

- § Le colmatage est défini comme le dépôt de matière sur les membranes (en surface ou dans les pores) entraînant une baisse de la perméabilité et pouvant entraîner une variation du taux de séparation.
- § Il peut être réversible ou irréversible selon les moyens employés pour en éliminer la perte de perméabilité des membranes.
- § Les mécanismes de colmatage sont complexes.

Qu'est-ce que le colmatage des membranes?



Quels sont les principaux agents colmatants en acériculture?

- § Polysaccharides et métabolites bactériens (biofilm)
- § Microorganismes vivants
- § Sels minéraux
- § Résidus d'écume (composés peptidiques ou protéines)
- § Autres : lubrifiant des pompes

Quels sont les moyens utilisés pour contrer le colmatage?

- § Utilisation d'un préfiltre qui permet d'enlever préalablement des matières colmatantes
- § Simple changement des conditions d'opération :
 - v Débit de filtration
 - v Pression d'opération
- § Rinçage au filtrat
- § Lavage chimique

Il est important donc d'établir un cycle de nettoyage périodique qui permettra de rétablir les performances des membranes

Comment déterminer le niveau de colmatage?

- § Ce niveau peut être déterminé par l'efficacité relative de la membrane.
- § L'efficacité relative est la mesure du rapport entre la perméabilité à l'eau pure (PEP) à un moment donné et la même mesure effectuée alors que la membrane était neuve.
- § Cet indicateur permet de guider le cycle de nettoyage.

Comment déterminer le niveau de colmatage?

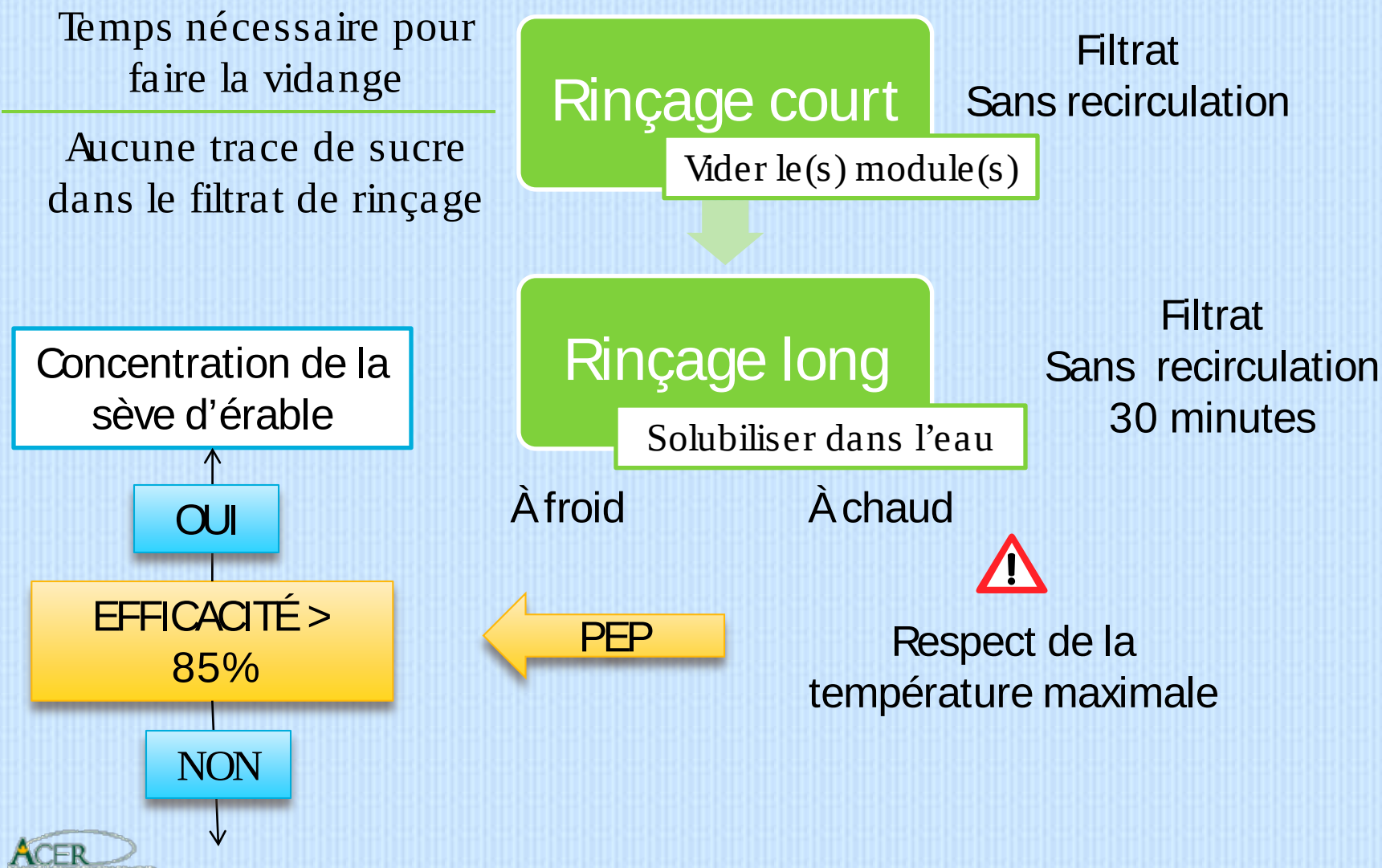
- § Le test de la perméabilité à l'eau pure (PEP) est déterminé par le débit de filtrat qui passe à travers la membrane à une pression et à une température constantes.
- § Des protocoles décrivant la mesure du PEP sont disponibles au site web du Centre ACER.

Nettoyage et décolmatage

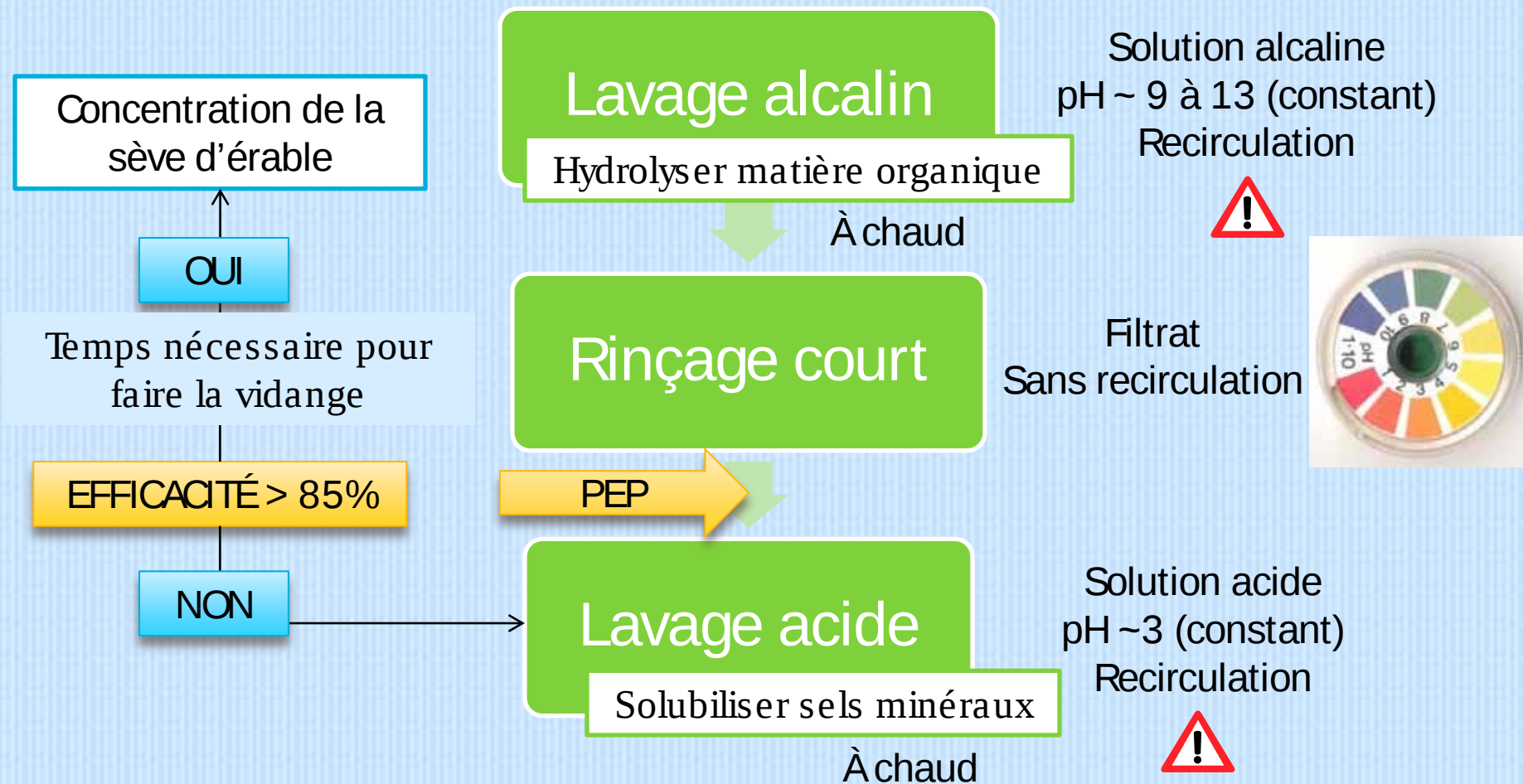
Quand faut-il procéder au nettoyage?

- § Le plus tôt possible après la fin d'un cycle de concentration de la sève d'érable de façon à limiter l'activité microbienne.
- § Lorsqu'une diminution du débit de filtration corrigé de 10 % à 15 % est observée pendant la période de concentration de la sève d'érable.

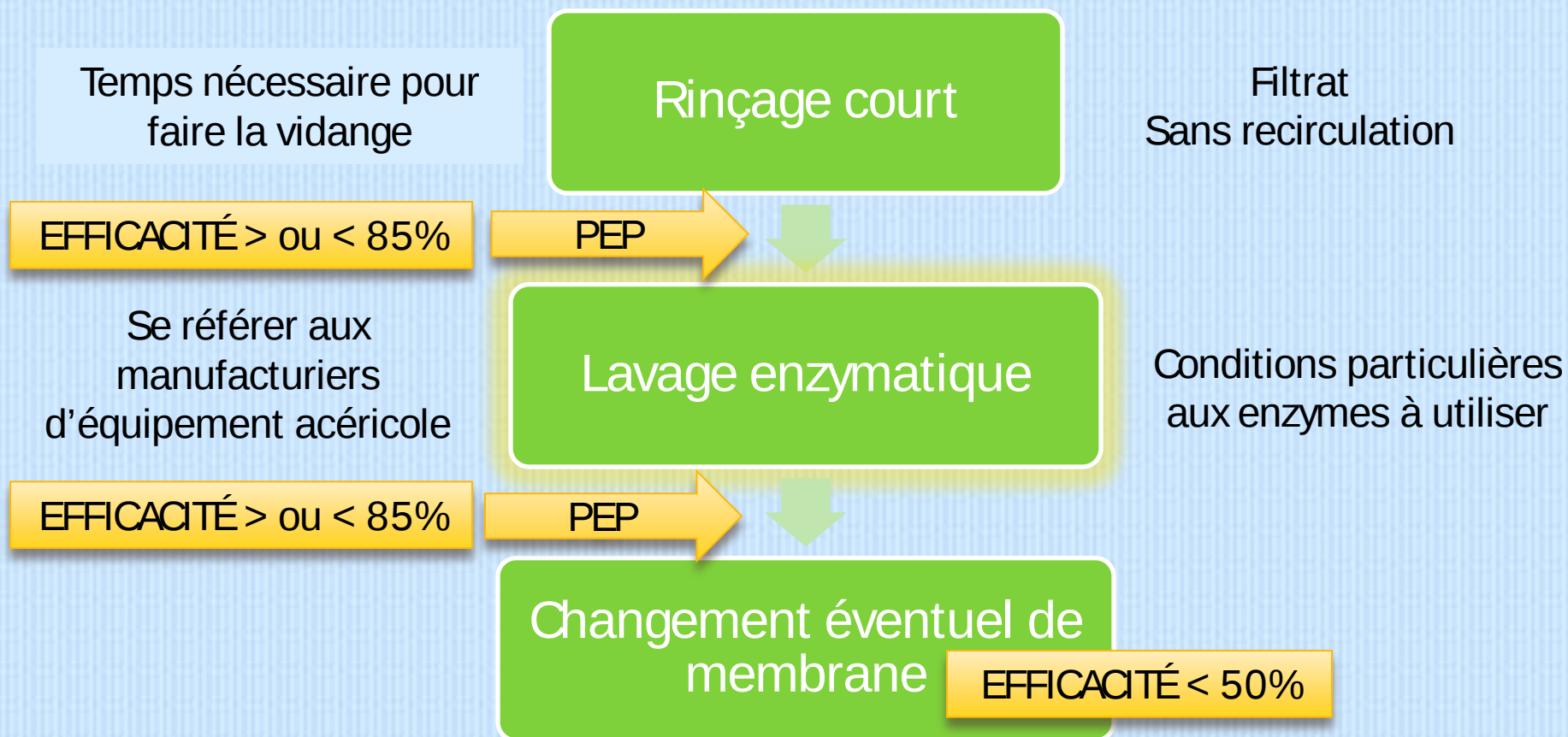
Quel cycle de nettoyage devrait être effectué?



Quel cycle de nettoyage devrait être effectué?



Quel cycle de nettoyage devrait être effectué?



Quel volume de solution doit être utilisé pour le lavage chimique?

Lavage	Volume de liquide
Lavage alcalin (avec recirculation)	20 fois VMR
Lavage acide (avec recirculation)	20 fois VMR

Le volume mort résiduel représente le volume de solution (sève d'érable et concentré) qui demeure dans l'appareil au terme d'un drainage.

Il est une caractéristique particulière de chaque appareil et doit être évalué pour chaque système en opération.

Comment entreposer les membranes pour une courte période?

- § Si l'appareil est arrêté pour une période de plus que 24 heures, la membrane doit être bien lavée et entreposée à l'aide d'un agent bactéricide tel que le métabisulfite de sodium (1% en masse).
- § Lorsque la membrane est remise en fonctionnement, la procédure à suivre doit comprendre la vidange de la solution désinfectante et un rinçage long sans recirculation avec du filtrat.

Comment entreposer la membrane à la fin de la saison?

- § Une fois que la membrane est lavée, elle peut être entreposée avec une solution de métabisulfite de sodium (1 % en masse).
- § Lorsqu'il y a des risques de gel, des agents antigel sont utilisés (glycérine ou propylène glycol). Pour de l'information détaillée, il faut se référer aux manufacturiers d'équipement acéricole.

Vérification de la qualité de l'opération de concentration

Comment évaluer l'efficacité de l'opération de concentration?

Par la mesure globale de certaines propriétés du filtrat, ce qui permet d'évaluer la performance de la membrane quant à la rétention.

	Teneur en solides solubles	Conductivité électrique
Mesure globale de	Solides solubles	Ions minéraux
Reflète une perte en	Saccharose	Minéraux
Instrument de mesure	Réfractomètre (Méthode réduit 20:1)	Conductimètre électrique
Valeur de référence	0	< 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$

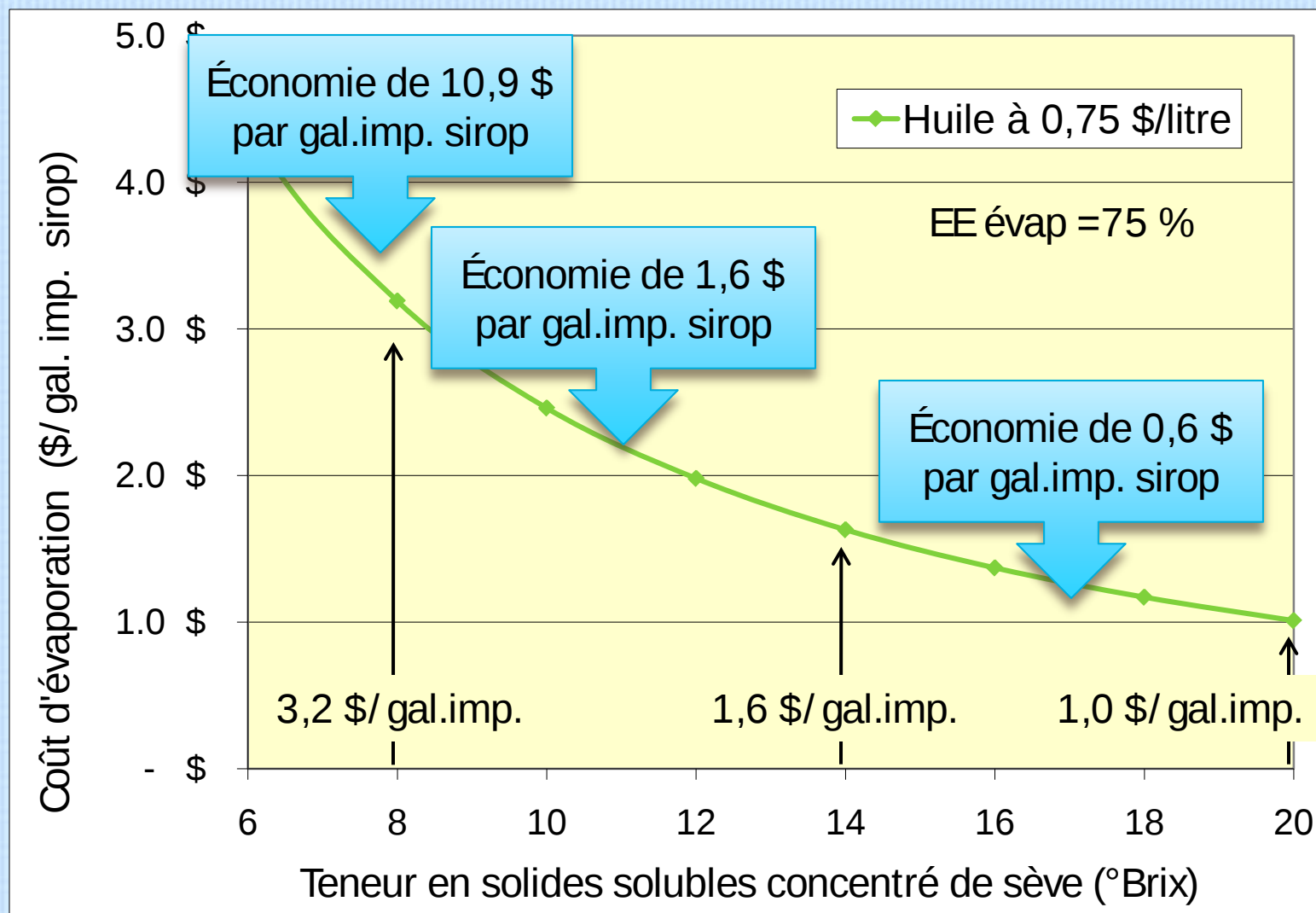


Quelles sont les causes de perte d'intégrité du filtrat?

- § Mauvais choix de membrane
- § Perte des propriétés fonctionnelles de la membrane :
 - ∅ Par une altération chimique
 - ∅ Par un choc thermique
 - ∅ Par un bris ou rupture mécanique
- § Défauts de conception ou d'assemblage du concentrateur

Concentration à haute teneur en sucre

Pourquoi concentrer à une teneur en sucre élevée?



Quels points faut-il revoir?

- § L'arrangement des modules (plutôt en série et en cascade).
- § Le fonctionnement en continu afin d'éviter la prolifération de microorganismes avec le réchauffement des liquides.
- § Le possible compactage des membranes et éventuel accroissement du phénomène de colmatage.

Quels points faut-il revoir?

- § La contamination du concentré en attente de traitement.
- § L'augmentation de la valeur de degrés Brix de transfert.
- § La formation de la pierre de sucre dans la casserole à plis.
- § L'éventuel changement des caractéristiques commerciales du sirop d'érable.
- § L'harmonisation du procédé de transformation de la sève d'érable.

Où est-ce que l'on est?

- § La valeur optimale pour la teneur en solides solubles dans le concentré n'a pas encore été établie (12, 16, 18, 20 ° Brix).
- § Cette valeur dépend des performances du concentrateur et des conditions d'opération dans l'évaporateur.
- § Aucune étude se prononçant sur l'effet d'un niveau de concentration élevé sur les caractéristiques du sirop d'érable n'a été publiée.

Quels points importants devraient être retenus?

- § Lorsqu'on envisage d'augmenter la teneur en sucre du concentré, il faudrait :
- ∅ Assurer la production d'un concentré et d'un filtrat de qualité
 - ∅ Établir des méthodes de contrôle adaptées au nouvel appareil;
 - ∅ Revoir le design et la gestion de l'évaporateur (efficacité du procédé et maintien de la valeur commerciale du sirop d'érable).

Comment les dimensions de la casserole à plis seraient affectées?

§ Analyse comparative de la surface des casseroles à plis

Paramètre	CAS à 8 ° Brix	CAS à 14° Brix	CAS à 20 ° Brix
Nbre d'entailles	10 000	10 000	10 000
CQP (L/ j)	50 000	50 000	50 000
BQEva (L/ j concentré)	12 500	7 000	5 000
BHÉva (gal.imp./ h)	172	93,4	68,8
EVAplis (gal.imp./ h)	130	52,5	24,8
Longueur plis (pied)	5,5	2,2	1,0

° Brix transfert = 30

Taux d'évaporation moyen = 0,52 gal.imp/ h pied²

Largeur foyer = 5 pieds

23,83 gal. imp./ h pied-long.

Comment les dimensions de la casserole à plis seraient affectées?

Surface servant à l'évaporation de l'eau

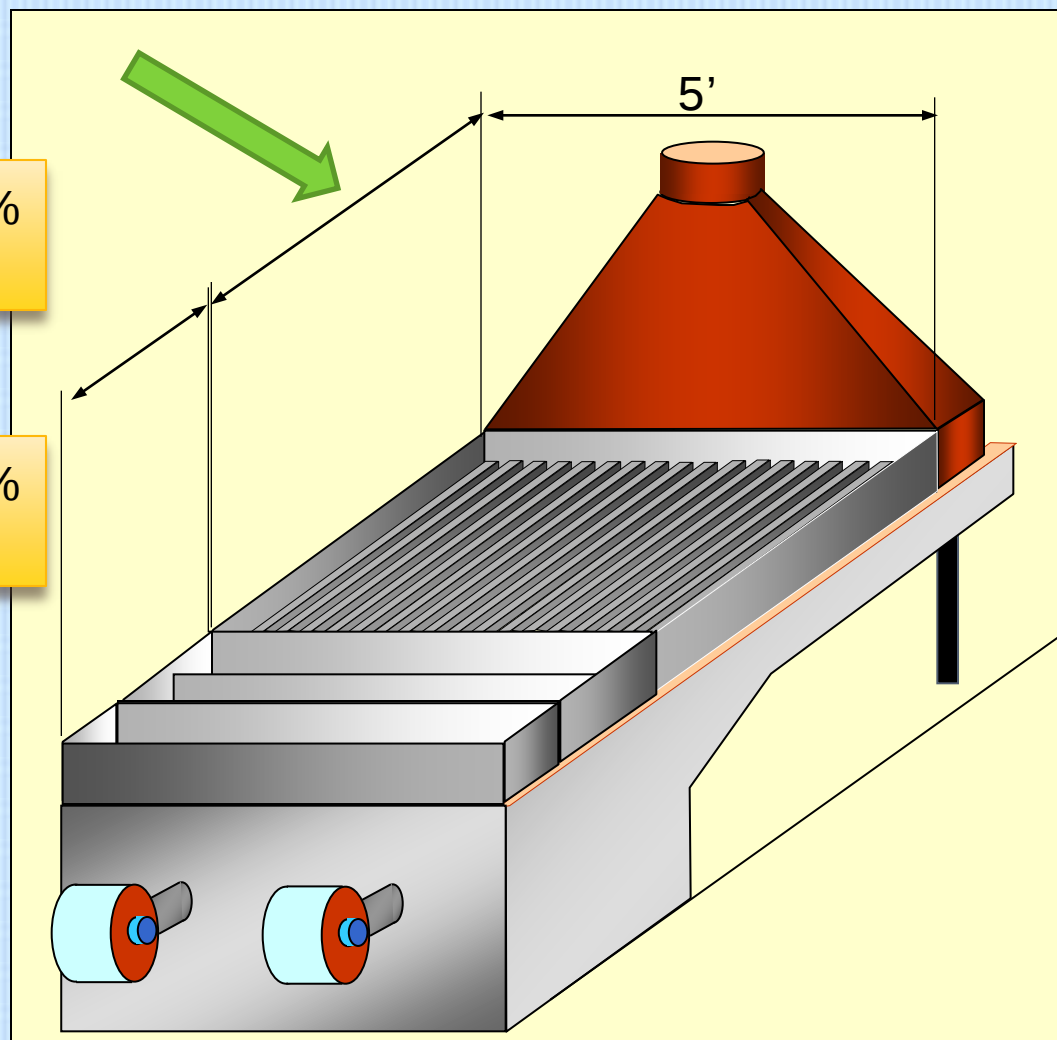
5,5' (concentré à 8 ° Brix)

Réduction d'environ 60 %
de la surface

2,2' (concentré à 14 ° Brix)

Réduction d'environ 82 %
de la surface

1' (concentré à 20 ° Brix)



Conclusion

La performance d'une membrane est conservée lorsque ...

- § les conditions d'opération respectent les valeurs de référence fournies par le fabricant (pression, température et pH).
- § le cycle de nettoyage est planifié afin de réduire le colmatage.
- § des mesures préventives sont mises en place afin de réduire le colmatage.
- § un appareil est bien dimensionné par rapport au volume à traiter et au rapport de concentration ciblé.

Merci de votre attention!