

Utiliser le concentrateur de sève d'érable de manière optimale

Par vos conseillers acéricoles :

Patrice Bertrand
Joël Boutin
Michaël Cliche
Andrée Gagnon
Phillipe Leduc

Raymond Nadeau
Sylvain Mailloux
Andréanne Ouellet
Vincent Poisson

Collaborateurs :

Conseillers acéricoles du MAPAQ (David Lapointe, Lucie Günther, Éric Roy)

Centre ACER (Luc Lagacé) et Tim Rademacher (maintenant au *Centre Proctor*)

Journées acéricoles MAPAQ - 2025

Plan de présentation

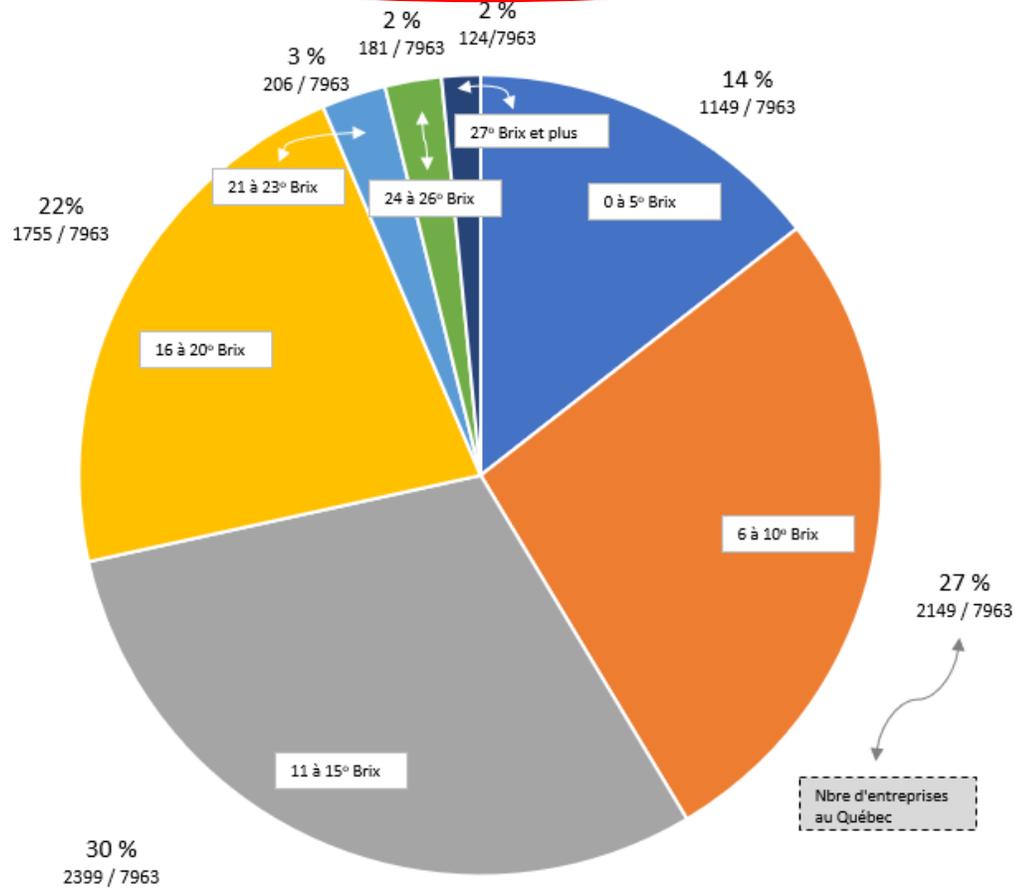
Introduction

1. Fonctionnement et membranes
2. Le bon concentrateur pour mon entreprise
3. PEP, intégrité du filtrat et performance des membranes
4. Lavage et rinçage
5. Quelques problèmes / pistes de solution

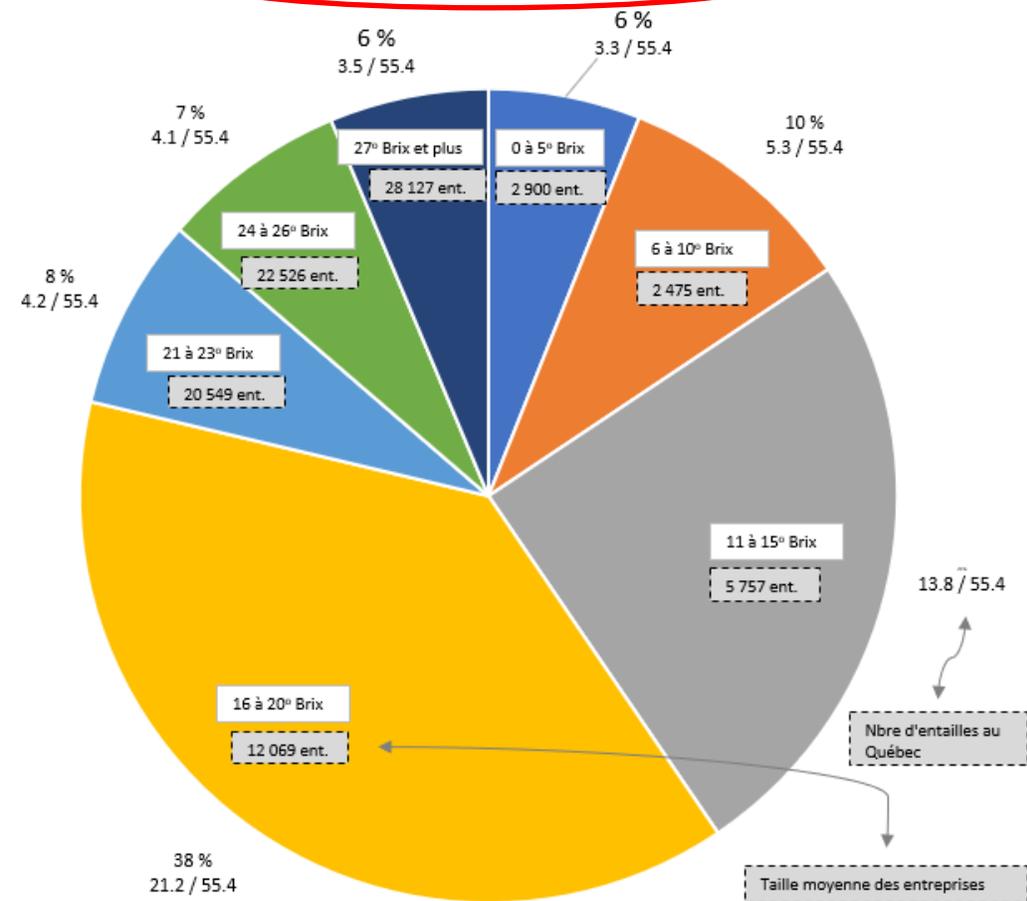
Synthèse / Conclusion

Introduction

Niveau de °Brix vs Nbre d'entreprises



Niveau de °Brix vs Nbre d'entailles



- 72 % concentrent à 15⁰ Brix ou moins, soit 5 697 / 7 963 entreprises
- 22 % concentrent entre 15-20⁰ Brix, soit 7 452 / 7 963 entreprises
- 6 % concentrent 21⁰ Brix ou plus, soit 511 / 7 963 entreprises

Source : PPAQ, 2024.

Introduction

Contexte

- Évolution rapide des niveaux de concentration des appareils (°Brix) et de la capacité de traitement (gal./h)
- ... et il y a plus de sève à traiter

Avantages de bien maîtriser le concentrateur

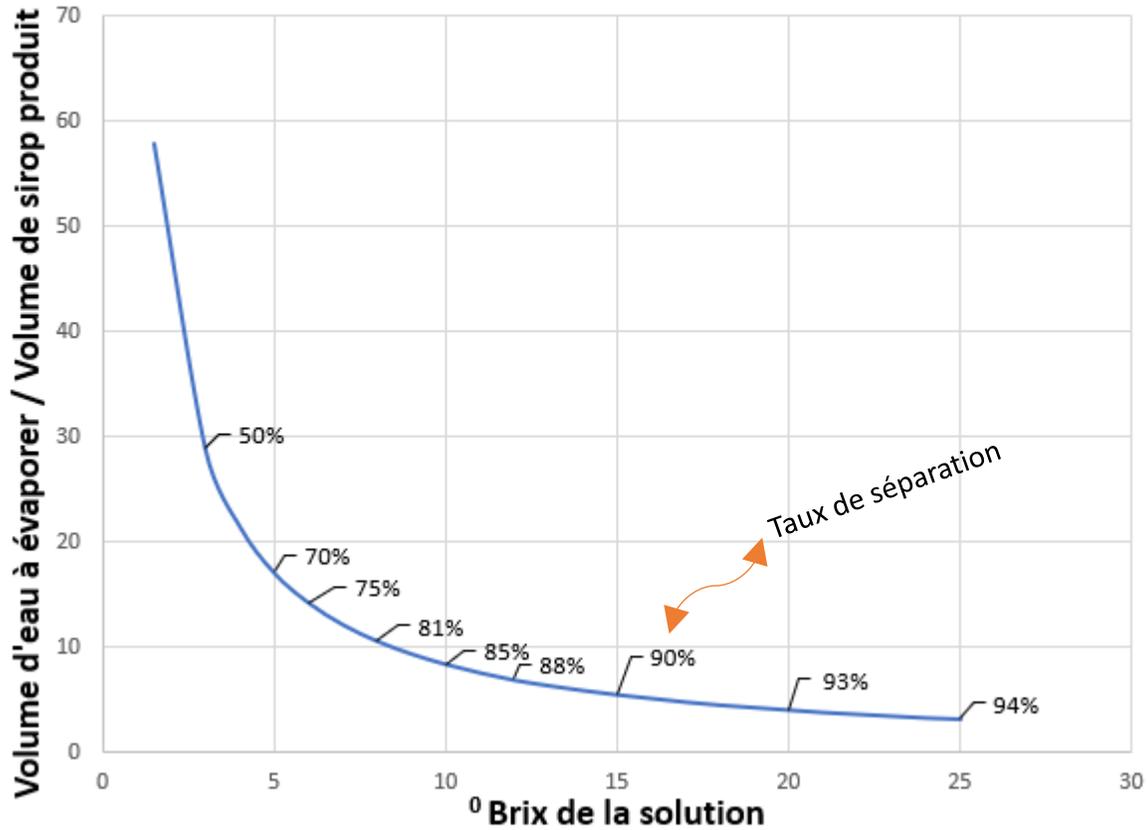
- Améliore l'efficacité énergétique
- Réduit le temps main-d'œuvre
- Permet de traiter beaucoup de sève et la traiter plus rapidement
- Meilleur contrôle des paramètres d'évaporation postconcentration de la sève

Défis

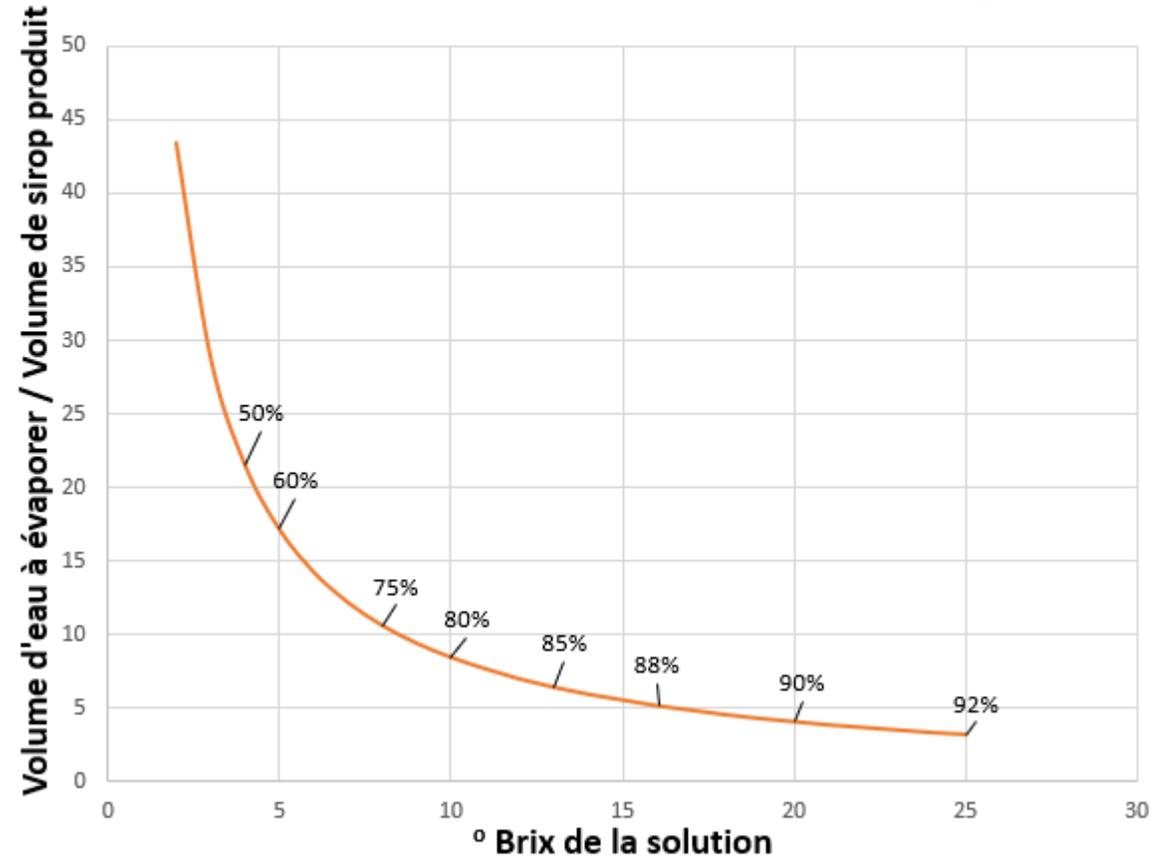
- Colmatage de membrane nécessitant une meilleure compréhension (ex. : plus de lavages alcalins ou acides, etc.)
- Importance de considérer les paramètres de la saison (ex. : sève abondante, sève chaude, sève peu sucrée, etc.)
- Tenir compte des limites des membranes (ex. : jusqu'à 20°-22 °Brix pas de problème majeur avec des membranes de nanofiltration)
- Ajustement des paramètres d'évaporation pour obtenir des sirops savoureux

Introduction

Volume d'eau à évaporer en fonction d'une sève à 1.5 °Brix

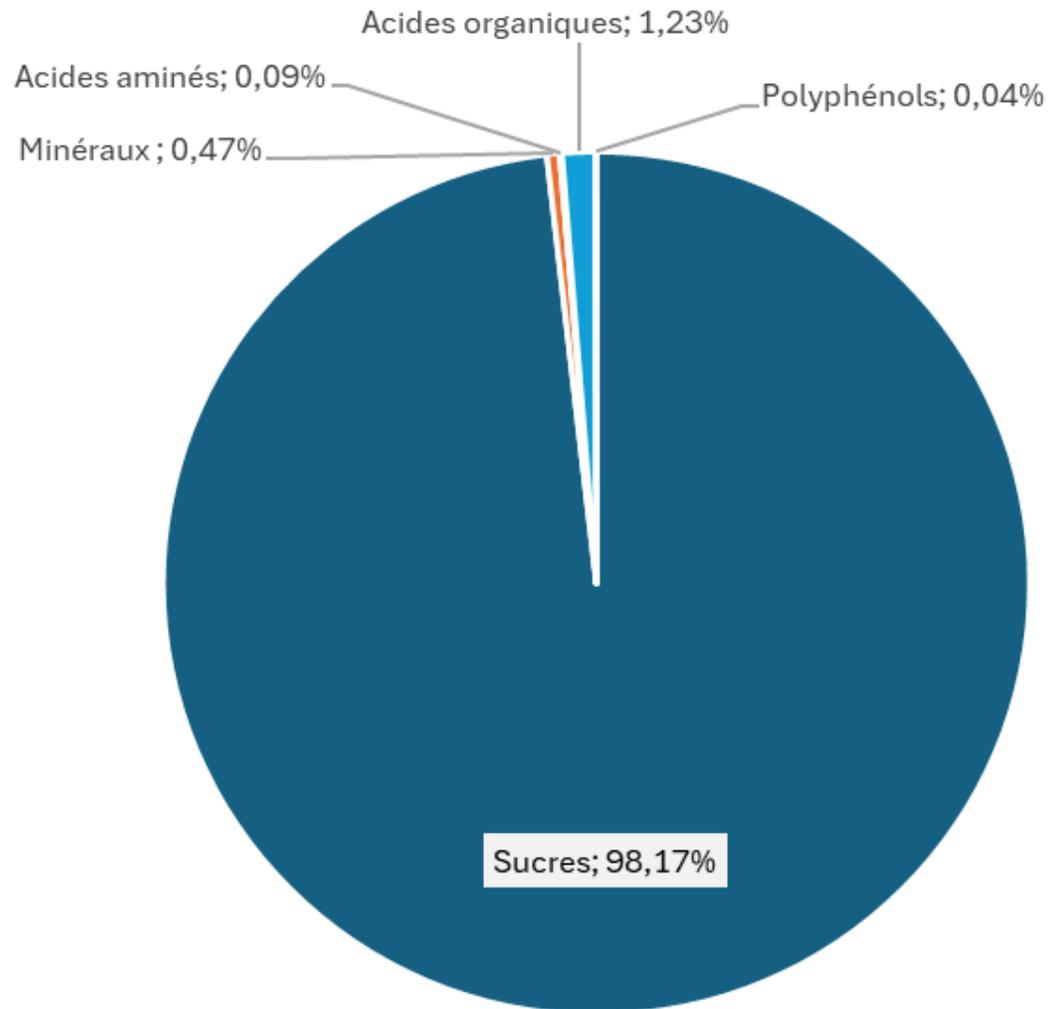


Volume d'eau à évaporer en fonction d'une sève à 2.0 °Brix



Introduction

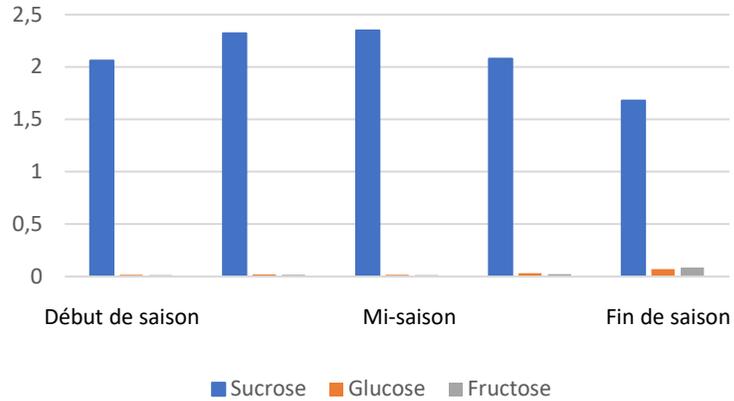
Composants de la sève d'érable



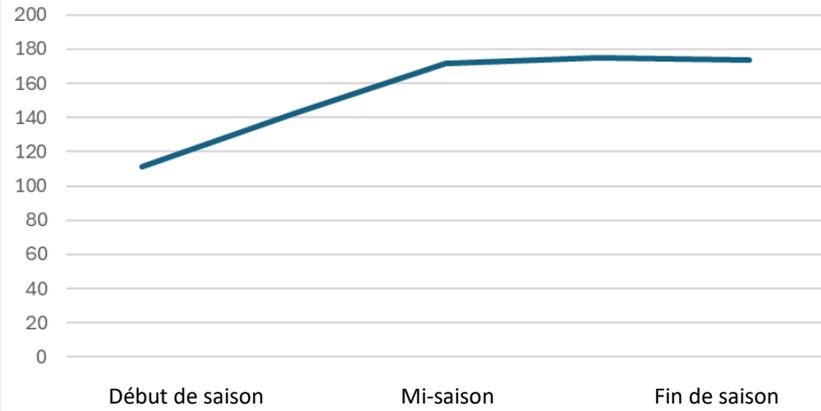
Source : Adapté de Centre ACER, 2021.

Introduction

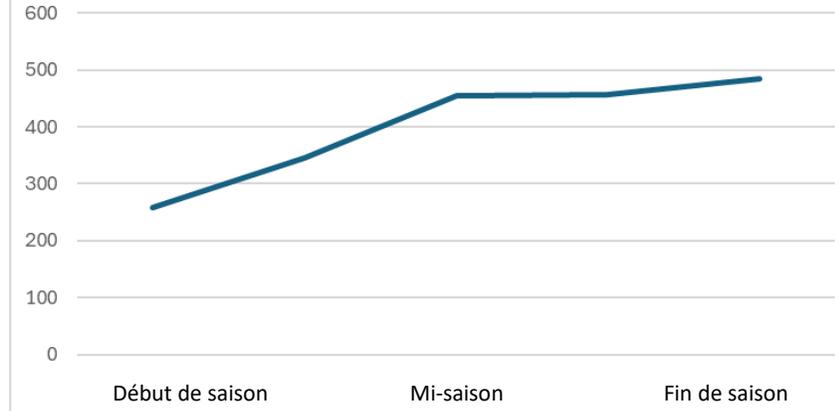
Sucres (%)



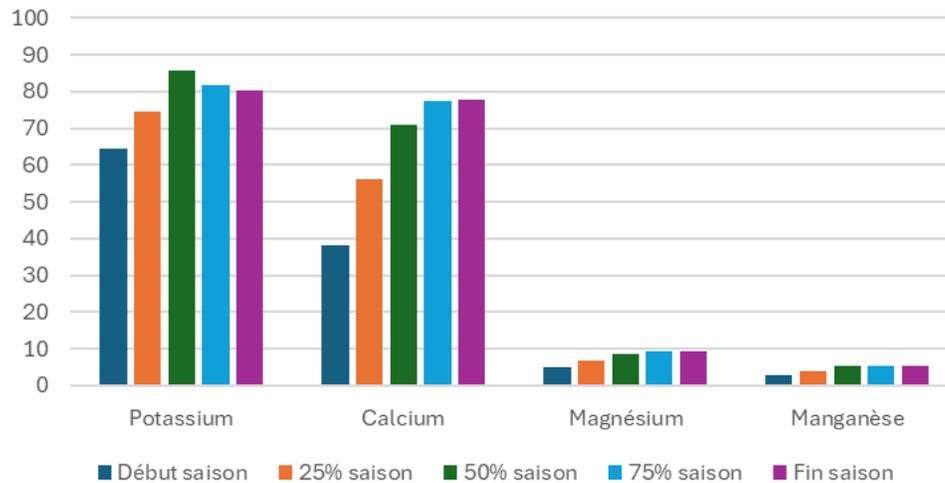
Éléments minéraux (µg/ml)



Acides organiques (µg/g)



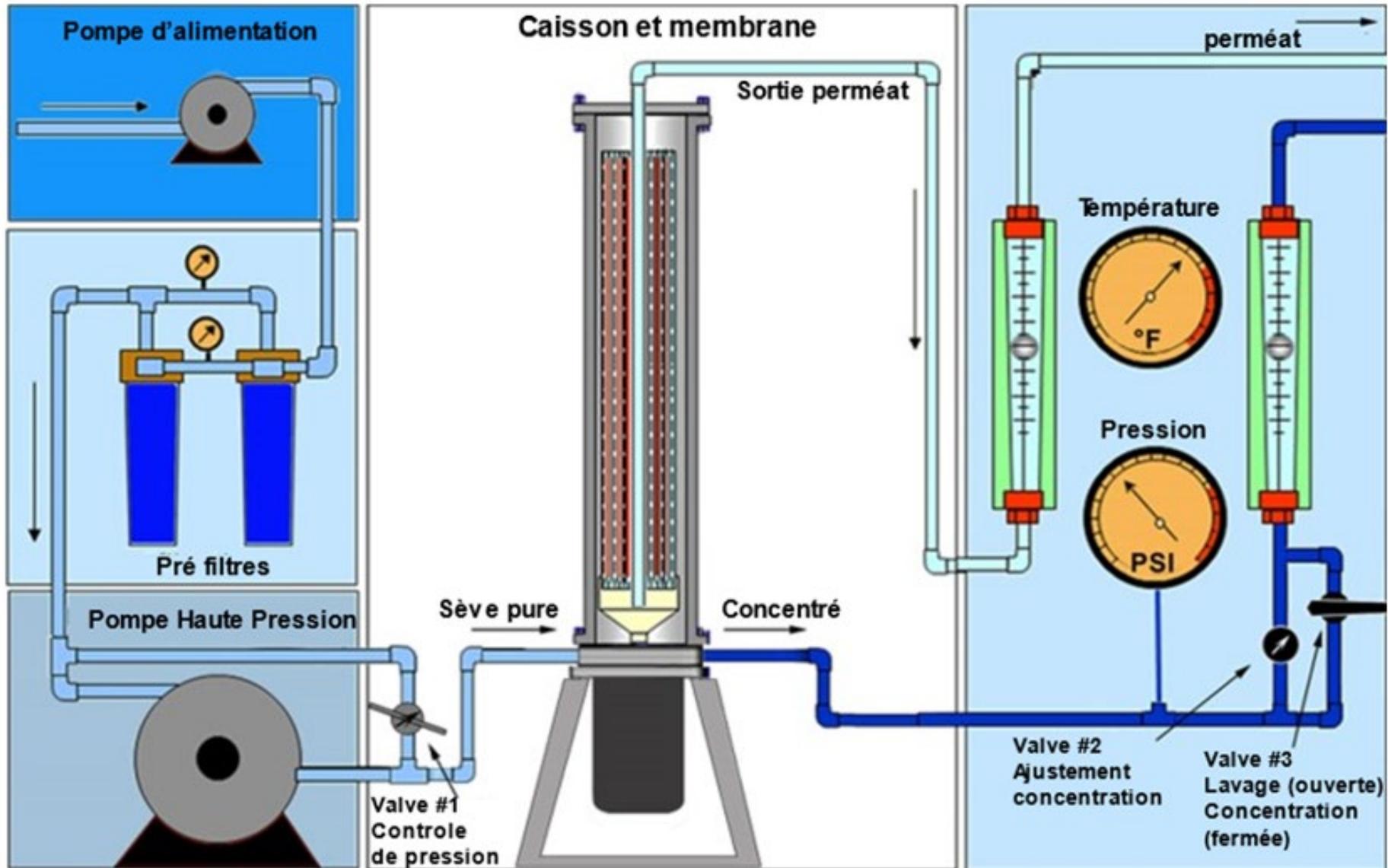
Éléments minéraux µg/ml



- Variation des composants dans la sève d'érable durant la saison

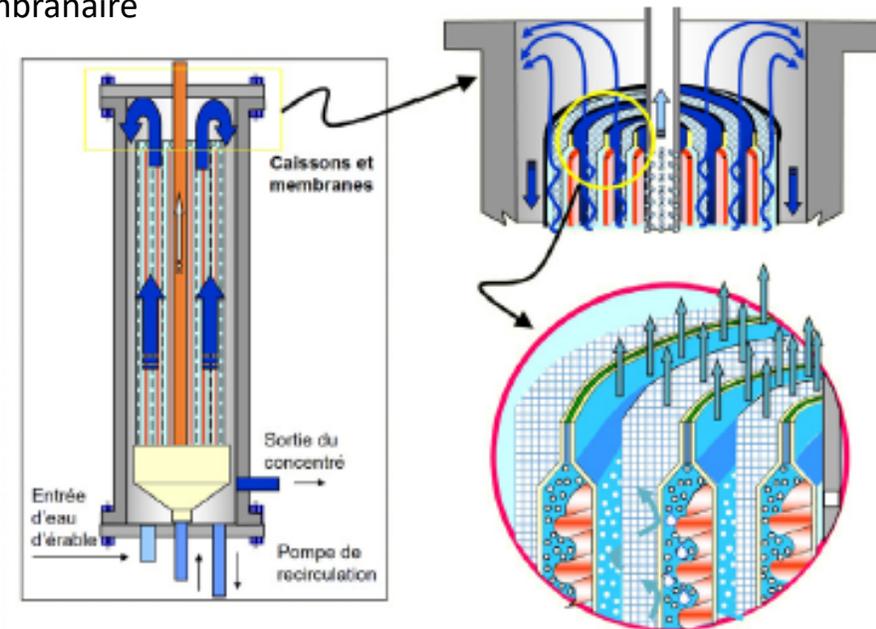
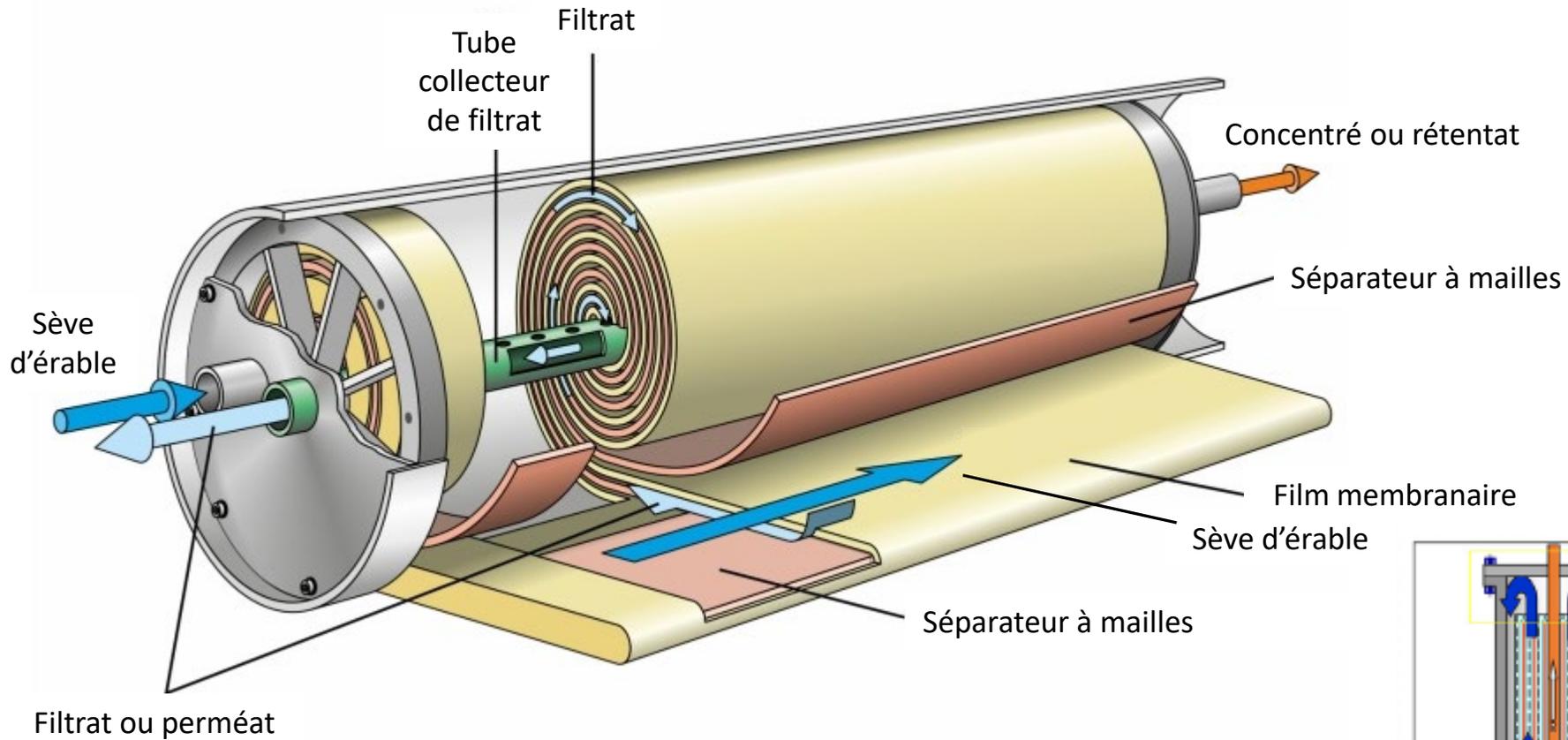
Source : Adapté de Lagacé et coll., 2015.

1. Fonctionnement et membranes



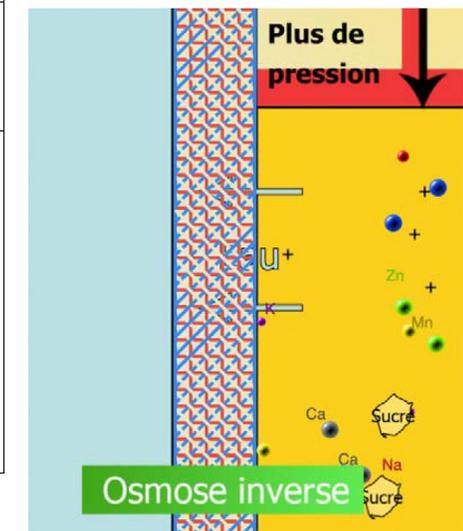
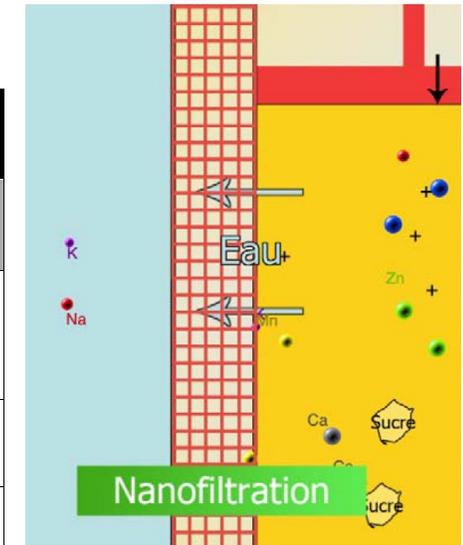
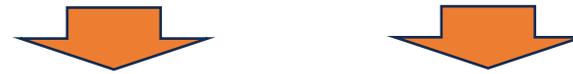
Source : Centre ACER, 2004.

1. Fonctionnement et membranes



1. Fonctionnement et membranes

Objectifs du procédé	Clarification		Concentration	
	Microfiltration (MF)	Ultrafiltration (UF)	Nanofiltration (NF)	Osmose inverse (OI)
Procédé membranaire	Microfiltration (MF)	Ultrafiltration (UF)	Nanofiltration (NF)	Osmose inverse (OI)
Taille des pores	100 à 10 000 nm (gros)	1 à 100 nm (moyen)	1 à 10 nm (petit)	Dense Solubilisation/diffusion (très petit)
Pression d'opération (PSI)	3 à 30 PSI (0.2 à 2 bar)	30 à 150 PSI (2 à 10 bar)	100 à 600 PSI (7 à 40 bar)	450 à 1 200PSI (30 à 80 bar)
Débit à travers la membrane	150 à 1500 l/h/m ²	50 à 300 l/h/m ²	50 à 100/h/m ²	10 à 60 l/h/m ²
Exemple de particules retenues par la membrane	Certaines bactéries, levures et poussières	Virus et particules de petites tailles (colloïdes)	Sucres, certains sels dissous (ex. : Na ⁺ , K ⁺), et petites molécules	Sucres, ions et sels dissous
Applications	<ul style="list-style-type: none"> Épuration bactérienne du lait Fractionnement des globules, des protéines Traitement d'émulsions huile/eau 	<ul style="list-style-type: none"> Concentration de protéines Clarification et stabilisation de moûts, jus et vins Fabrication de préfromage liquide 	<ul style="list-style-type: none"> Concentration de sève Séparation et concentration d'antibiotiques Fractionnement d'acides aminés Adoucissement de l'eau potable 	<ul style="list-style-type: none"> Concentration de sève Concentration de sang, de blanc d'œuf Dé-alcoolisation des vins et de la bière Dessalement des eaux



1. Fonctionnement et membranes

Tableau 3.22. Spécifications des principales membranes de 8 pouces disponibles dans le secteur acércole

Fabricant	Modèle	Genre	Concentration	Dimensions	Surface active	Débit perméat	Pourcentage de rétention ions		
		OI / NF	STD / HB	po x po	p ²	gal Imp./ jour	Monovalents (NaCl)	Divalents (MgSO ₄)	Divalents (CaCl ₂)
Dow Filmtec	BW30-400	OI	STD	8 x 40	400	10 500	99,5	n.d.	n.d.
Dow Filmtec	BW30LE-440	OI	STD	8 x 40	440	11 500	99	n.d.	n.d.
Dow Filmtec	LE-400	OI	STD	8 x 40	400	11 500	99,3	n.d.	n.d.
Dow Filmtec	BW30XFR-LE-400/34i	OI	STD	8 x 40	400	11 500	99,1	n.d.	n.d.
Dow Filmtec	XLE-440	OI	STD	8 x 40	440	14 000	99	n.d.	n.d.
Dow Filmtec	Maple Sap Mark EB	OI	STD	8 x 40	440	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Hydranautics	ESPA4-LD	OI	STD	8 x 40	400	12 000	99,2	n.d.	n.d.
Dow Filmtec	Maple Sap Mark I	NF	STD	8 x 40	440	12 000	n.d.	n.d.	n.d.
Dow Filmtec	NF90-400	NF	STD	8 x 40	400	7 500 à 9 500	85 - 95	>97	n.d.
Dow Filmtec	NF90-400/34i	NF	STD	8 x 40	400	10 000	n.d.	98,7	n.d.
Dow Filmtec	NF270-400	NF	STD	8 x 40	400	12 500 à 14 700	n.d.	97	40 à 60
Dow Filmtec	NF270-400/34i	NF	STD	8 x 40	400	12 500	n.d.	97	n.d.
H ₂ O Innovation	70-400	NF	STD	8 x 40	400	7 500	85 - 95	99,5	n.d.
Hydranautics	8040-LHY-PVD1	NF	STD	8 x 40	365	2 100	80	n.d.	n.d.
Dow Filmtec	Hypershell RO-8038	OI	HB	8 x 38	370	n.d.	99	n.d.	n.d.
H ₂ O Innovation	SC-70-400	NF	HB	8 x 40	320	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Dow Filmtec	BW30-4040	OI	STD	4 x 40	78	2 400	99,5	n.d.	n.d.
Dow Filmtec	XLE-4040	OI	STD	4 x 40	400	2 600	99	n.d.	n.d.
Dow Filmtec	Maple Sap Mark E4	OI	STD	4 x 40	87	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Dow Filmtec	NF90-4040	NF	STD	4 x 40	82	2 000	n.d.	>97	n.d.
Dow Filmtec	NF270-4040	NF	STD	4 x 40	82	2 500	n.d.	>97	n.d.
H ₂ O Innovation	70-4040	NF	STD	4 x 40	85	1 600	85 - 95	99,5	n.d.
n.d.	CDL Max-4040	OI	Jusqu'à 25 °Brix	4 x 40	75	2 350	99,2	n.d.	n.d.
n.d.	CDL Max-8040	OI	Jusqu'à 25 °Brix	8 x 40	400	12 000	99,2	n.d.	n.d.
n.d.	CDL Max-1640	OI	Jusqu'à 25 °Brix	16 x 40	1500	48 000	99,2	n.d.	n.d.

OI : osmose inverse
 NF : nanofiltration
 n.d. : information non disponible

STD = niveau de concentration standard
 HB = niveau de concentration élevé (haut Brix)

Fabricant	Modèle	Dimension (po x po)	Plage de pH d'opération	Plage de pH de nettoyage	Pression d'opération maximale (psi)	Plage de température d'opération	Plage de température de lavage
Dow Filmtec	BW30-400	8 x 40	1-10,5	1-12	600	45 °C	35 °C
Dow Filmtec	BW30LE-440	8 x 40	1-10,5	1-12	600	45 °C	35 °C
Dow Filmtec	LE-400	8 x 40	1-10,5	1-12	600	45 °C	35 °C
Dow Filmtec	BW30XFR-LE-400/34i	8 x 40	1-10,5	1-12	600	45 °C	35 °C
Dow Filmtec	XLE-440	8 x 40	1-10,5	1-12	600	45 °C	35 °C
Dow Filmtec	Maple Sap Mark EB	8 x 40	3-9	1-13	600	45 °C	35 °C
Hydranautics	ESPA4-LD	8 x 40	2-10	1-12	600	45 °C	n.d.
Dow Filmtec	Maple Sap Mark I	8 x 40	3-9	1-13	600	45 °C	35 °C
Dow Filmtec	NF90-400	8 x 40	1-10,5	1-12	600	45 °C	35 °C
Dow Filmtec	NF90-400/34i	8 x 40	1-10,5	1-12	600	45 °C	35 °C
Dow Filmtec	NF270-400	8 x 40	1-10,5	1-12	600	45 °C	35 °C
Dow Filmtec	NF270-400/34i	8 x 40	1-10,5	1-12	600	45 °C	35 °C
H ₂ O Innovation	70-400	8 x 40	3-10	2-12	600	45 °C	n.d.
Hydranautics	8040-LHY-PVD1	8 x 40	2-8	n.d.	400	40 °C	n.d.
Dow Filmtec	Hypershell RO-8038	8 x 38	2-10	2-11	800	45-50 °C	35 °C
H ₂ O Innovation	SC-70-400	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Dow Filmtec	BW30-4040	4 x 40	1-10,5	1-12	600	45 °C	35 °C
Dow Filmtec	XLE-4040	4 x 40	1-10,5	1-12	600	45 °C	35 °C
Dow Filmtec	Maple Sap Mark E4	4 x 40	3-9	2-11	600	45 °C	n.d.
Dow Filmtec	NF90-4040	4 x 40	1-10,5	1-12	600	45 °C	35 °C
Dow Filmtec	NF270-4040	4 x 40	1-10,5	1-12	600	45 °C	35 °C
H ₂ O Innovation	70-4040	4 x 40	3 à 10	2 à 12	600	45 °C	n.d.
n.d.	CDL Max-4040	4 x 40	2 à 10	1 à 12	600	45 °C	n.d.
n.d.	CDL Max-8040	8 x 40	2 à 10	1 à 12	600	45 °C	n.d.
n.d.	CDL Max-1640	16 x 40	2 à 10	1 à 12	600	45 °C	n.d.

n.d. : information non disponible

Source : Centre ACER, 2021.

1. Fonctionnement et membranes

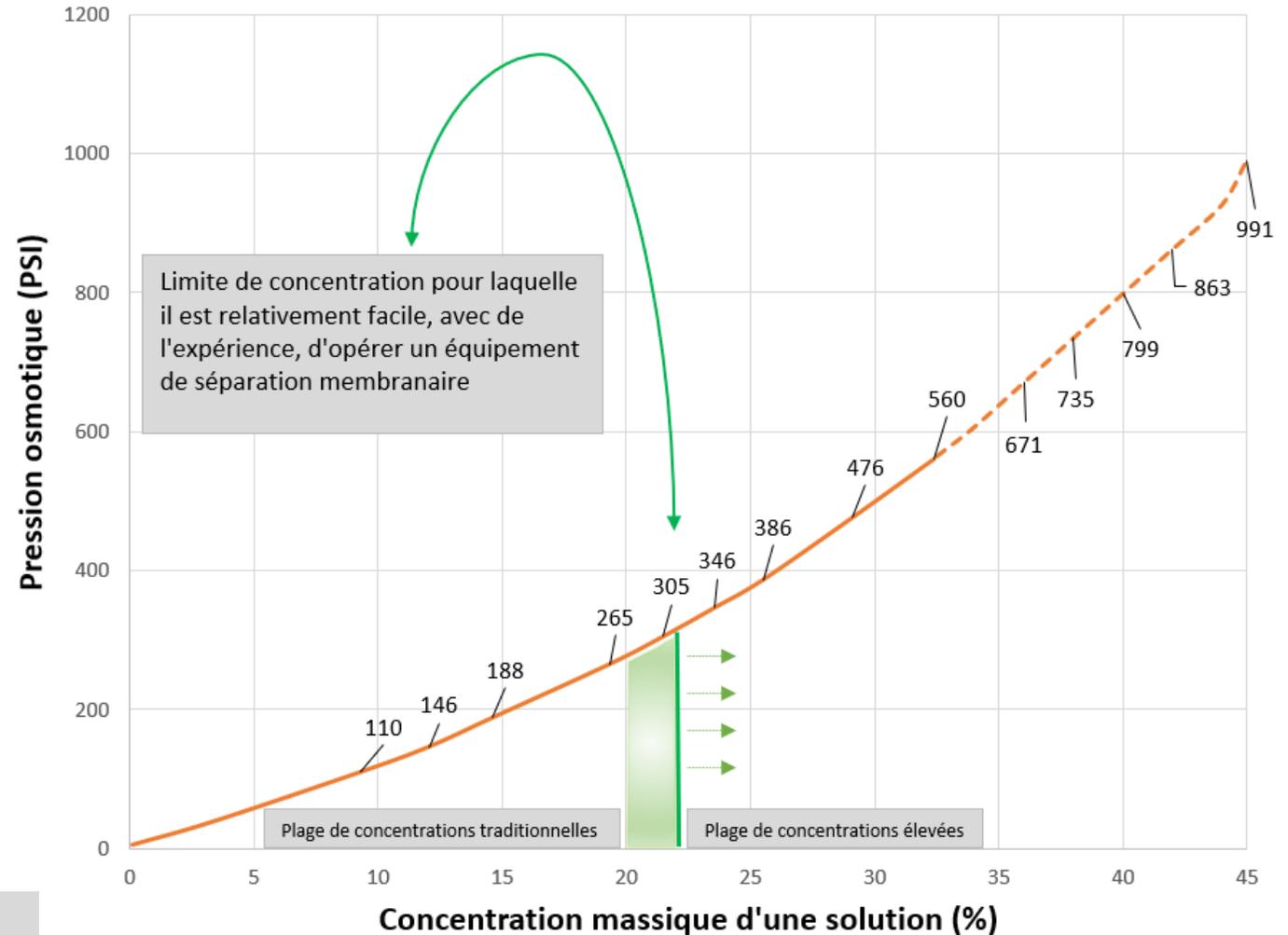
- La pression d'opération doit être plus grande que la pression osmotique (π)

Concentration massique (%)	Pression osmotique - π (PSI)
0.1	5
3.31	38
9.31	110
12.04	146
14.61	188
19.33	265
21.5	305
23.55	346
25.5	386
29.12	476
32.4	560
32.5	565
34	607
36	671
38	735
40	799
42	863
44	927
45	991

Source: Adapté de Sourirajan, 1967.

- Dans nos conditions d'opération, il faut souvent opérer entre 375-475 PSI pour 20-22° Brix

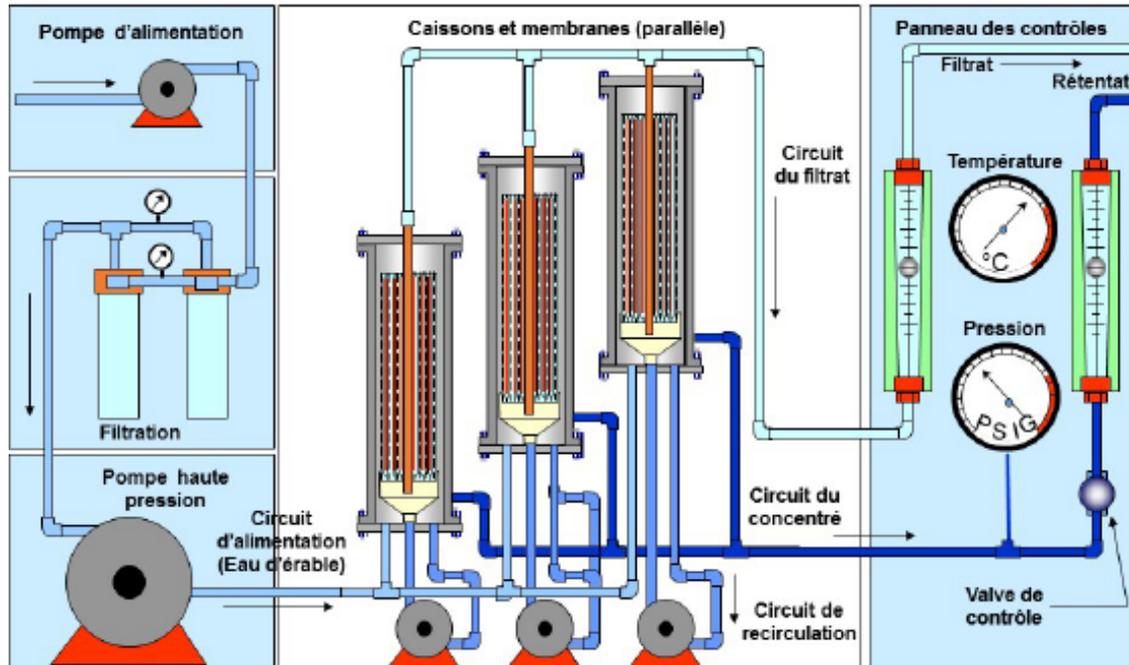
Pression osmotique en fonction de la concentration massique (%) d'une solution de sucre



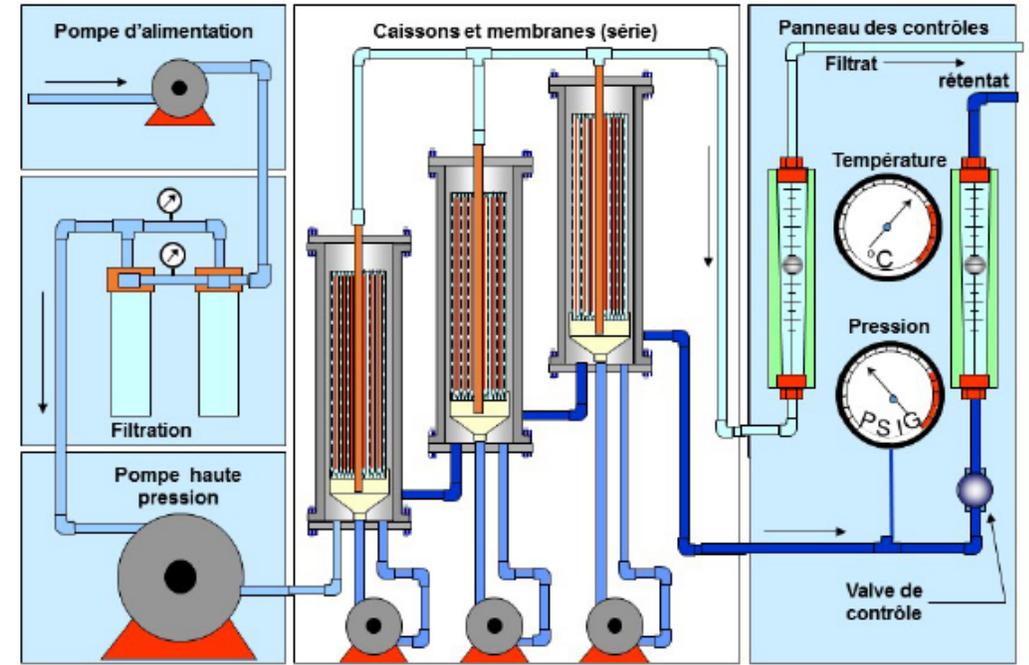
Source : Adapté et modifié de Centre ACER, 2021.

1. Fonctionnement et membranes

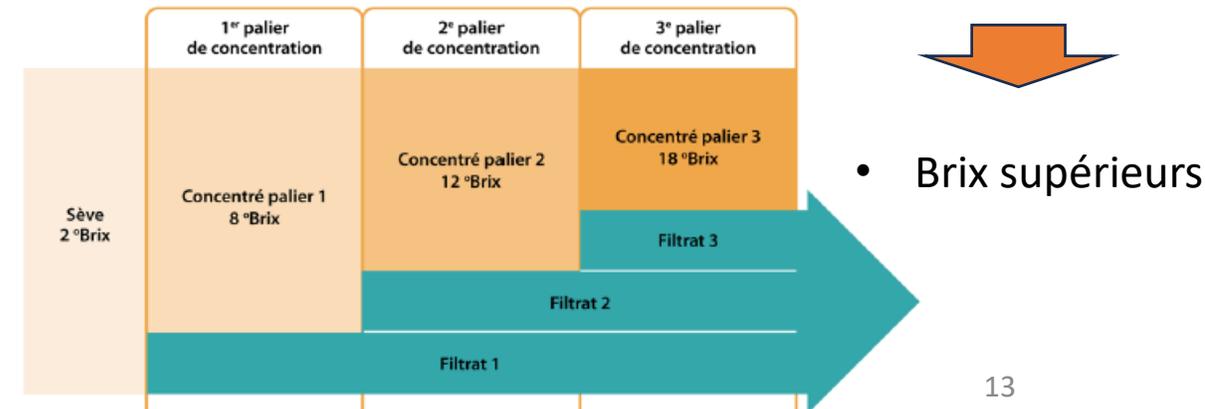
En parallèle



En série



- Grands débits de traitement
- Plus facile à laver/rincer



- Brix supérieurs

1. Fonctionnement et membranes

! Réchauffement de la sève !

- Concentrer deux fois avec des pompes à haute pression réchauffe la sève
- Concentrer à haut °Brix réchauffe la sève
- Un appareil de style barboteuse avec une pompe à déplacement positif ne réchauffe pas la sève



1. Fonctionnement et membranes

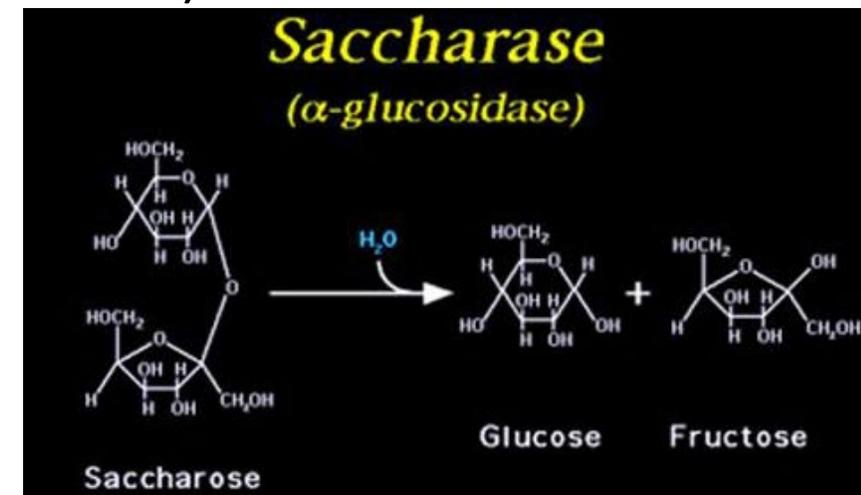
Effet de la double concentration sur la sève ou du haut Brix vs la **sève/concentré chaud**

- Sucres invertis + acides aminés + **chaleur** + temps = COULEUR
- Sucrose + **chaleur** = peu de CAMEL et peu de COULEUR
- L'activité microbienne accentue l'acidité de la sève
- L'acidité accélère toutes ces réactions

- Caramel avec sucrose : 185 °C / 365 °F (pas supposé)
- Caramel avec glucose : 146 °C / 295 °F (points chauds seulement)
- Caramel avec fructose : 104 °C / 219 °F (facile à obtenir)



Source : Joël Boutin, 2021.



1. Fonctionnement et membranes

- Pour éviter que la ou les membranes se colmatent
 - Si une seule membrane :
 - Une règle est de ne pas dépasser 4 x le °Brix de la sève
 - Ex. : sève à 2,0 °Brix x 4 = 8 °Brix (et donc 80 % de taux de séparation)
 - Si deux membranes ou plus :
 - Une règle est de ne pas dépasser un taux de séparation de 80-90 %

1. Fonctionnement et membranes

Concentration maximale avec membranes en série

- Maximum 80 % à 90 % selon le concentrateur
- Débit filtrat / débit total x 100
 - Exemple :
 - Débit filtrat : 15,2 gal./min
 - Débit concentré : 2,3 gal./min
 - Débit total : 17,5 gal./min
 - Alors, débit filtrat / débit total x 100 = $15,2 / 17,5 = 86.9 \%$
 - Ok car entre 80 et 90 %

1. Fonctionnement et membranes

Tableau 4.2. Taux de séparation (%) en fonction de la teneur en extrait sec soluble initiale et finale d'une solution

		Brix initial (°Brix)																												
		1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,2	2,4	2,6	3	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
Teneur en extrait sec soluble finale du palier de concentration (°Brix)	4	75	70	65	60	55	50	45	40	35	25																			
	6	84	80	77	74	70	67	64	61	57	51	34																		
	8	88	85	83	80	78	76	73	71	68	63	51	26																	
	10	90	88	86	85	83	81	79	77	75	71	61	41	21																
	12	92	90	89	87	86	84	82	81	79	76	68	51	34	17															
	14	93	92	90	89	88	86	85	84	82	79	73	58	44	30	15														
	16	94	93	92	91	89	88	87	86	85	82	76	64	52	39	26	13													
	18	95	94	93	92	91	90	89	87	86	84	79	68	57	46	35	23	12												
	20	95	94	94	93	92	91	90	89	88	86	81	72	62	52	42	32	21	11											
	22	96	95	94	93	92	92	91	90	89	87	83	74	66	57	48	38	29	20	10										
	24	96	95	95	94	93	92	92	91	90	89	85	77	69	61	52	44	35	27	18	9									
	26	97	96	95	94	94	93	92	92	91	89	86	79	71	64	56	49	41	33	25	17	8								
	28	97	96	96	95	94	94	93	92	92	90	87	80	74	67	60	53	46	38	31	23	16	8							
	30	97	96	96	95	95	94	93	93	92	91	88	82	76	69	63	56	50	43	36	29	22	15	7						
	32	97	97	96	96	95	94	94	93	93	92	89	83	77	71	65	59	53	47	41	34	27	21	14	7					
	34	97	97	96	96	95	95	94	94	93	92	90	84	79	73	68	62	56	50	45	38	32	26	20	13	7				
36	98	97	97	96	96	95	95	94	94	93	90	85	80	75	70	65	59	54	48	42	37	31	25	19	13	6				
38	98	97	97	96	96	95	95	95	94	93	91	86	81	77	72	67	62	56	51	46	40	35	29	24	18	12	6			
40	98	97	97	97	96	96	95	95	94	94	91	87	82	78	73	69	64	59	54	49	44	39	34	28	23	17	12	6		

Source : Centre ACER, 2021.

Légende :

■ Taux de séparation trop élevé (taux de séparation entre 80 % et 100 %)

■ Taux de séparation élevé (taux de séparation entre 70 % et 80 %)

■ Taux de séparation adéquat (taux de séparation de 70 % et moins)

Taux de séparation théorique



Le vrai taux de séparation (concentration) doit être calculé comme le présente la diapositive précédente

2. Le bon concentrateur pour mon entreprise

Ai-je le bon concentrateur pour mon entreprise?

Il faut considérer par exemple :

- Nombre d'entailles
- Niveau de Brix souhaité
- Coulée moyenne et de pointe
- Système d'évaporation
- Réservoirs
- Temps de travail (concentration et évaporation)

- **Facilité d'opération**
 - 8-15 °Brix – Facile et agréable 😊
 - 15-22 °Brix – Faisable
 - 22 °Brix et plus – Rigueur et discipline ... *débimètre, pression d'opération, caisson renforcé, lavage ++, repenser l'évaporation, entretien, brix de transfert, plat/plis, etc.*

2. Le bon concentrateur pour mon entreprise

- Trois exemples de tandem évaporateur-concentrateur

Nbre d'entailles	5 000	10 000	25 000
Sève à traiter	1/2 gallon de sève à traiter/jour/entaille à 2 Brix		
Concentrateur	3 caissons 12 brix	5 caissons 15-16 brix	12 caissons 20 brix
Volume de concentré	401 gallons imp.	591 à 633 gallons imp.	1 163 gallons imp.
Taux de séparation	83%	87 à 88%	90%
Évaporateur	Bois HP avec une capacité de 3 gal./pi2 d'évaporation	Bois HP avec une capacité de 3 gal./pi2 d'évaporation	Granules avec une capacité de 3 gal./pi2 d'évaporation
	Requis 3,5' x 14'	Requis 4' x 15'	Requis 5' x 16'
Temps de travail	6h	7h	8h

Source : Philippe Leduc, 2024.

Chaque cas est unique... n'hésitez pas nous contacter.

2. Le bon concentrateur pour mon entreprise

Exemple - Érable rouge

- 5 000 entailles à majorité en érables rouges produisant en moyenne 4 lbs/entaille
- Moyenne 2/3 gallon de sève à traiter par jour soit 3 500 gal. imp. à 1.5 Brix

Exemple - Érable à sucre

- 5 000 entailles à majorité en érables à sucre produisant en moyenne 4 lbs/entaille
- Moyenne 1/2 gallon de sève à traiter par jour soit 2 630 gal. imp. à 2 Brix

- Si on concentre à 8° Brix avec deux membranes et un taux de séparation de 81 %
- Ça va nous laisser 640 gal. imp. de concentré de sève
- Pour produire 800 lbs de sirop (60 gal. imp.)
- Si on produit 25 jours on aura 4 lbs/entaille

Pour bouillir

- Si je veux bouillir les 640 gal. imp. de concentré en 4 heures par jour
- Je dois bouillir 160 gal. imp. par heure
- Si j'ai un évaporateur au bois performant qui évapore 3 gal/h/pi²
- J'ai besoin d'un évaporateur d'une superficie de 53 pi²
 - Un 3 ½ x 15 (52,5 pi²) ou
 - Un 4 x 14 (56 pi²)
- À cela on ajoute 1 heure pour allumer et une heure pour éteindre

Le Convertisseur acéricole (Version 1.1b)
Centre de recherche, de développement et de transfert technologique en acériculture (Le Centre ACER Inc.)

Le prix du sirop d'érable	Volume d'eau vs longueur d'un tube
Concentration de sève/concentré/sirop	Taux d'évaporation
Mélange pour obtenir un sirop à 66 °Brix	Calcul d'une solution de lavage
Eau à ajouter pour réduire un sirop à 66 °Brix	Poids spécifique d'une solution vs °Brix
% transmittance d'un mélange de sirop	Brix original d'une solution avant dilution
Volume à mélanger pour obtenir un % trans.	

Concentration de sève/concentré/sirop

Concentré d'osmose inversée
642.21 Gallons Imp

Une quantité d'eau d'érable de 2630 Gallons Imp
à une concentration de 2 °Brix produira

concentré à 8 °Brix
pour un taux de séparation de 75%

Sirop produit
60.63 Gallons Imp à 66 °Brix

2. Le bon concentrateur pour mon entreprise

- **Quelques mots sur les pompes (d'alimentation et de haute pression)**
 - Avant l'achat d'un concentrateur... genre de question que l'on peut se poser?
 - Quelle configuration me permet d'avoir par exemple 4 gal. US/min. de concentré à 22 °Brix ?
 - Poser la question de cette manière permet à l'équipementier de choisir la pompe d'alimentation, de haute pression, le nombre de membrane et il évaluera si une pompe de surpression est nécessaire
 - Devant notre concentrateur... des questions que l'on peut se poser?
 - J'ai ajouté des poteaux au fil des ans. Devrai-je changer mes pompes HP pour passer de 10 à 20 GPM?
 - De manière générale :
 - Les pompes de 7,5 hp font 32 GPM
 - Les pompes de 5,0 hp font soit 10 ou 20 GPM (suffisant pour trois membranes uniquement)
 - Mon concentrateur n'a pas un débit suffisant ?
 - Faire un test de concentration à 8 °Brix pour voir si l'on a au minimum le débit de la pompe d'alimentation
 - Règle du pouce...
 - Il faut 7-8 GPM par membrane
 - La pompe d'alimentation doit supporter le débit maximal de la pompe haute pression
 - Plus la pression d'alimentation est élevée, plus c'est facile pour la pompe haute pression

3. PEP, intégrité du filtrat et performance des membranes

- Déterminer la capacité de la membrane à extraire l'eau pure à partir de la sève
- Évaluer l'état de propreté et de colmatage de la membrane
- Permet de savoir quand laver la membrane et renseigne sur l'efficacité du dernier lavage
- Obligatoire pour le biologique

Moment idéal pour faire le PEP

- 1) Après la première journée de concentration de la saison
- 2) Après chaque rinçage au filtrat ou lavage avec une solution à base de soude caustique ou d'acide citrique
- 3) Occasionnellement avant d'entreprendre un rinçage ou un lavage
- 4) Avant le remisage des membranes (idéalement le test devrait être fait pour chaque membrane individuellement)

Matériel nécessaire

- Tuyauterie permettant l'alimentation directement du bassin de filtrat
- Thermomètre permettant la prise de température du filtrat
- Débitmètre et petit échantillonneur
- Cadran à pression et débitmètre à filtrat fonctionnel sur l'appareil
- Charte de correction des températures
- Calculatrice et registre

3. PEP, intégrité du filtrat et performance des membranes

Comment faire le PEP

1. Rincer la membrane (drainer le concentré et rincer avec 15 à 20 fois le volume mort de l'appareil)
2. S'assurer que le rinçage a refroidi suffisamment la membrane (comparer la température à l'alimentation et après filtration)
3. On peut procéder au test PEP lorsque l'on est en présence de filtrat propre dans l'ensemble de l'appareil
4. On débute en mettant l'appareil en marche en mode concentration à une pression comprise entre 150 et 300 psi. Il est important de le faire toujours à la même pression à chaque fois.
5. En même temps que l'on ajuste la pression, on fixe le débit du concentré à un débit qui sera toujours le même à chaque test PEP. Ce débit n'a pas besoin d'être élevé (1 ou 2 gallons/minute). Il n'est cependant pas possible de fixer le débit du concentré sur certains appareils, mais on peut procéder au test PEP tout de même.
6. À ce moment, l'alimentation se fait à partir du bassin de filtrat froid et la sortie va au drain
7. Quand le débit du concentré et la pression d'opération sont stabilisés et qu'il n'y a plus de bulles d'air dans les débitmètres, on prend en note le débit du filtrat et sa température

Il existe d'autres méthodes... n'hésitez pas nous contacter.

3. PEP, intégrité du filtrat et performance des membranes

- Exemple de calcul du PEP

Date	Opération	Nbre d'heure d'opération (heures)		Débit de filtrat (l/min.)	Température du filtrat (°C)	Facteur de correction*	PEP (l/min.)	Efficacité PEP (%)
25 mars	6 h - concentration 1 h - rinçage	6 heures	6 heures	60	11 °C	1.057	63.42	100 %
26 mars	8 h - concentration 1 h - rinçage	8 heures	14 heures	40	4 °C	1.305	52.65	83 %
27 mars	22 h - concentration 1 h - rinçage	22 heures	36 heures	48	14 °C	0.973	46.46	73 %

Facteur de correction pour une membrane de 8 pouces		
°F	°C	Facteur de correction
32	0	0,672
33,8	1	0,695
35,6	2	0,719
37,4	3	0,742
39,2	4	0,766
41	5	0,790
42,8	6	0,816
44,6	7	0,842
46,4	8	0,866
48,2	9	0,893
50	10	0,919
51,8	11	0,946
53,6	12	0,973
55,4	13	1,000
57,2	14	1,028
59	15	1,055
60,8	16	1,084
62,6	17	1,112
64,4	18	1,142
66,2	19	1,170
68	20	1,200
69,8	21	1,229
71,6	22	1,259
73,4	23	1,289
75,2	24	1,319
77	25	1,350

- Exemple de charte et de facteurs de correction*

* N.B. : Il existe plusieurs chartes de correction. Dans certains cas, il faut multiplier par le facteur de correction et dans d'autres cas, il faut diviser par le facteur de correction.

Source : Centre ACER, 2021.

3. PEP, intégrité du filtrat et performance des membranes

PEP au-dessus de 85 %

- Ok

PEP entre 75 % et 85 %

- On fait un lavage alcalin (savon)

PEP moins de 75 % (en bio)

- On fait un lavage acide

Si après savons, lavages acides et rinçages, le PEP ne revient pas au-dessus de 85 %

- Assainisseur - ex. : acide peracétique

Si après tout ça le PEP ne revient pas au-dessus de 85 %

- Vérifier le montage, les joints, raccords, valves pas étanches, etc.
- Membrane trop usée, etc.

3. PEP, intégrité du filtrat et performance des membranes

➤ Intégrité du filtrat - Observations

1. Visuelle – sève brouillée
2. Tactile – parois glissantes
3. Conductivité

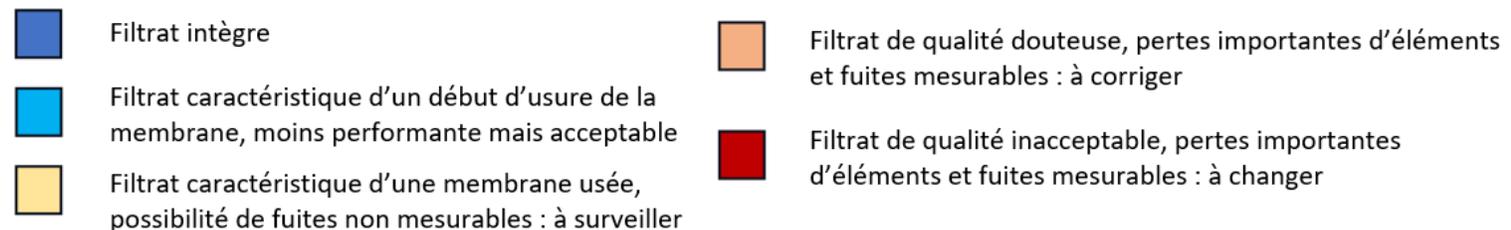
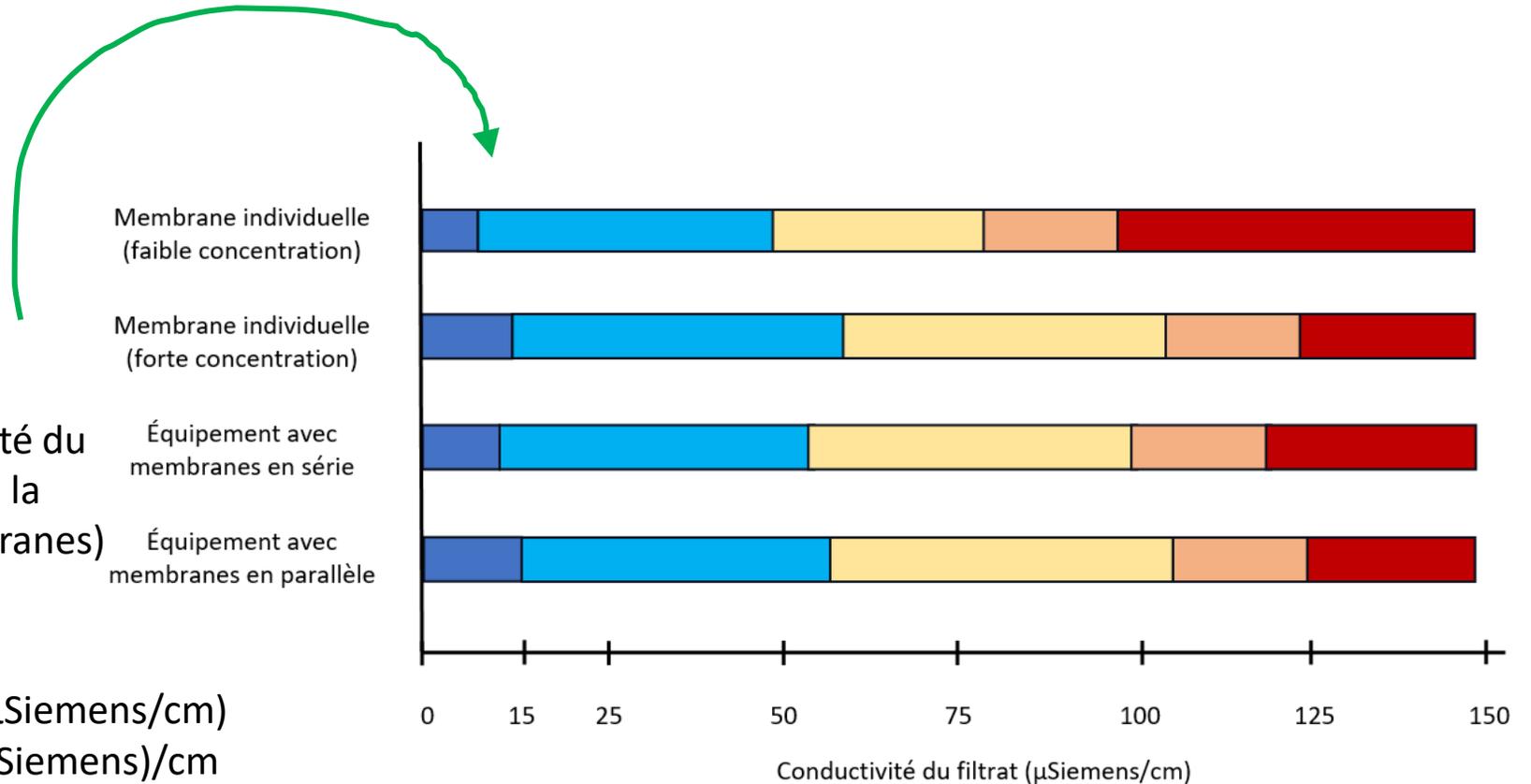
➤ Consensus des conseillers acéricoles neutres et indépendants sur l'intégrité du filtrat à 10-15 $\mu\text{Siemens/cm}$ (lorsque la mesure se fait sur le total des membranes)

➤ Conductivité du filtrat vs la saison

- Début de saison (moins de 10 $\mu\text{Siemens/cm}$)
- En fin de saison (moins de 15 $\mu\text{Siemens/cm}$)

➤ Conductivité du filtrat varie selon plusieurs paramètres :

- Type de membrane (NF vs OI)
- Température du filtrat
- Etc.



3. PEP, intégrité du filtrat et performance des membranes

➤ Évaluation de la perte de sucres provenant des membranes

- On le fait en bouillant pour concentrer environ 40-50 fois

Formule possible :

Exemple :

- a)** Volume de filtrat de départ
- b)** Volume de filtrat à la fin
- c)** a / b = nbre de réduction
- d)** °Brix de la sève ayant servi
- e)** °Brix du filtrat à la fin
- f)** e / c = °Brix du filtrat à l'origine
- g)** $f / d \times 100$ = % des sucres perdus

- a)** 5 litres (5 000 ml) au départ
- b)** 100 ml à la fin
- c)** a / b = 50 réductions
- d)** Sève à 2 °Brix
- e)** Filtrat à 3 °Brix
- f)** e / c = 0.06 °Brix à l'origine
- g)** $f / d \times 100$ = 3 % de sucres perdus

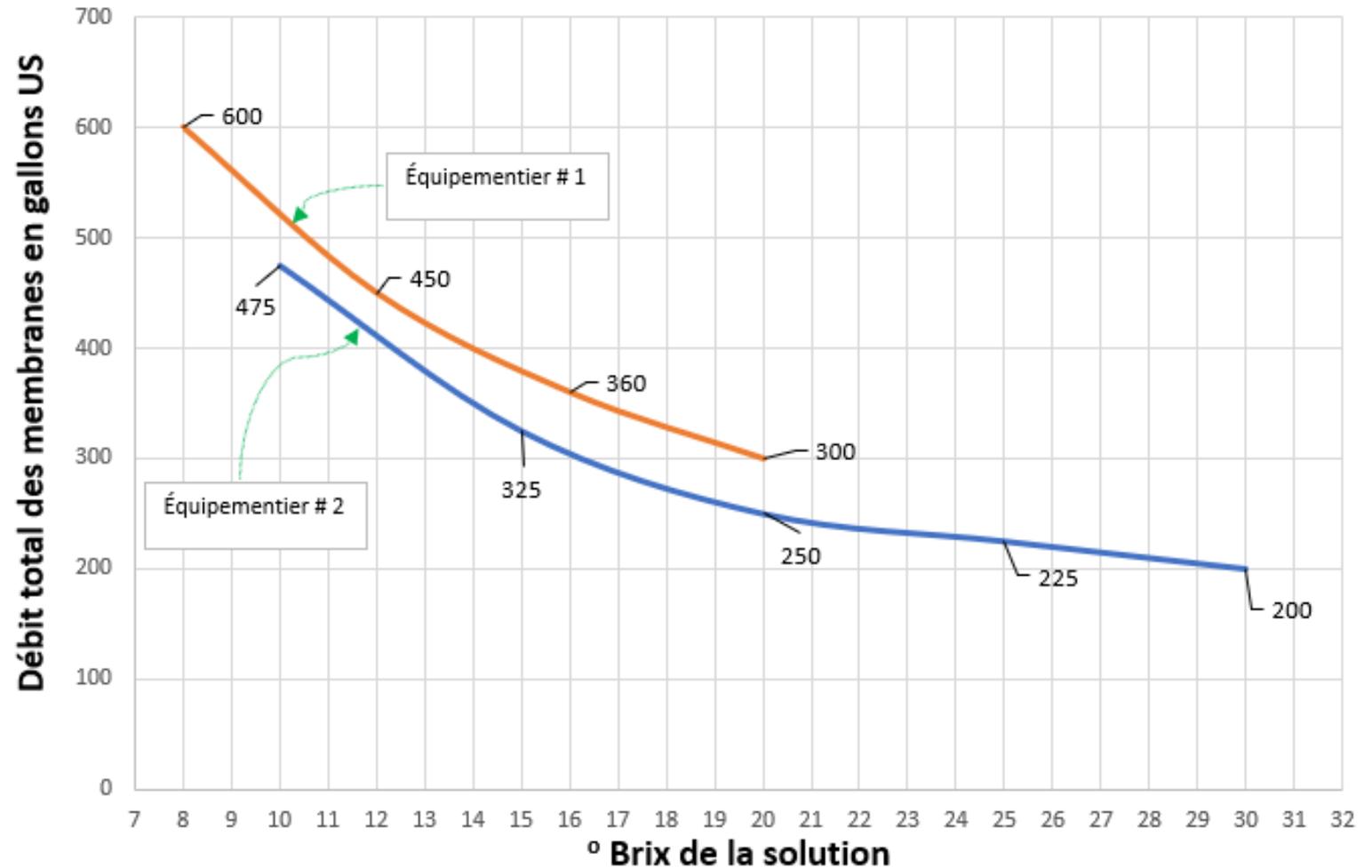
- Perte monétaire - Ex. : Si 10 000 entailles, et 100 barils de sirop produits, il va manquer 3 barils (3 %).
 - À 3,10 \$/lb, c'est 4 000 \$ manquant
- Normalement, avec des membranes de nanofiltration en bon état, la perte de sucre devrait être entre 0,4 % et 1 %.

3. PEP, intégrité du filtrat et performance des membranes

➤ Performance des membranes, dans nos conditions d'opération varient en fonction entre autres :

- ° Brix de la sève
- Température de la sève
- Composition de la sève
- Etc.

Performance théorique des membranes selon deux équipementiers



Source : Courbes dérivées de présentations réalisées par certains équipementiers lors des journées portes ouvertes.

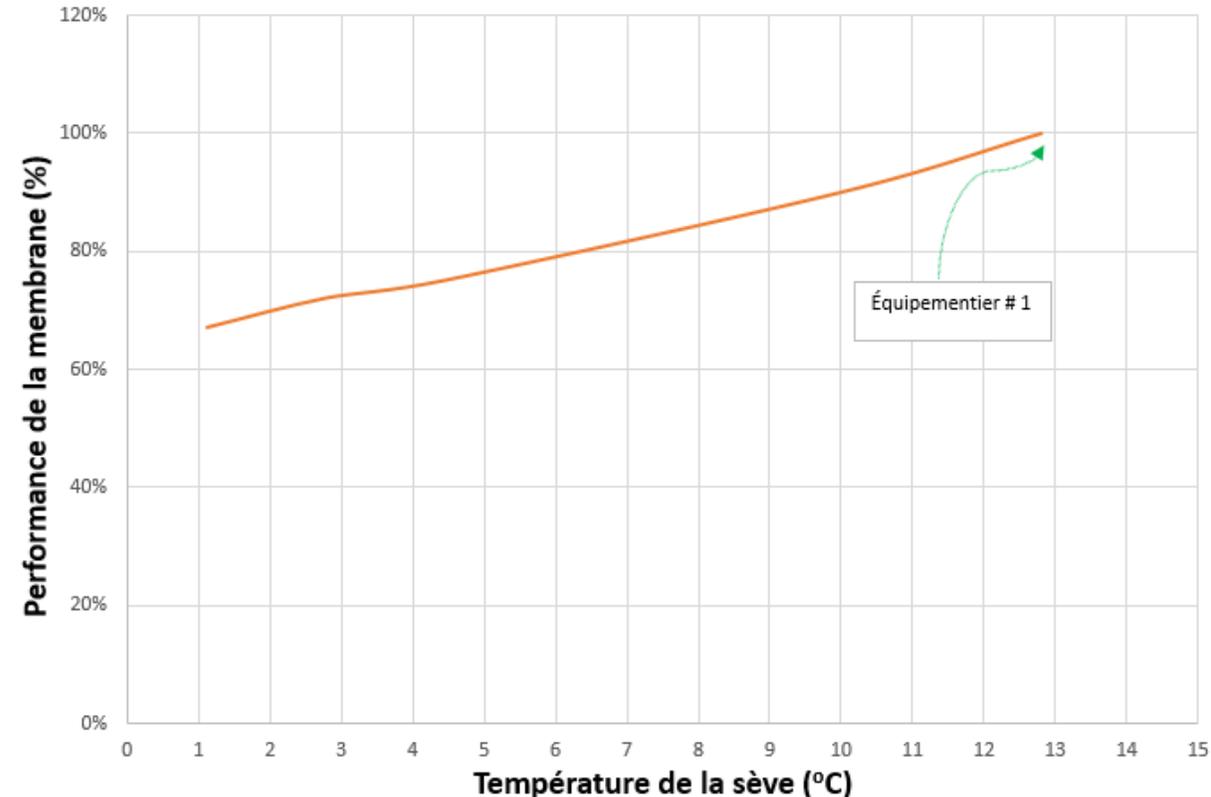
3. PEP, intégrité du filtrat et performance des membranes

➤ Augmentation de la température de la sève

- Quelques exemples mesurés sur le terrain
 - De manière générale, +0.5 à 0.75 °C / membrane
 - +2 à + 4 °C lorsque concentré jusqu'à 12-16 °Brix
 - + 4 à +6 °C lorsque concentré à 18 °Brix ou + (selon le nombre élevé de membranes)
 - +8 °C (plus rare) lorsque température ambiante très chaude dans la salle d'osmose, « booster pump », et plus de 12 membranes et/ou 24 °Brix et +

Source : Comm. pers. Raymond Nadeau, 2024.

Exemple de performance des membranes en fonction de la température de la sève



Source : Adapté de Maple syrup reverse osmosis seminar part 1 / part 2 – H₂O Innovation + Leader, 25 janvier 2023.

3. PEP, intégrité du filtrat et performance des membranes

- **Quelques mots sur la pompe de surpression (booster pump)**
 - Sert à accroître la pression d'opération, le débit total et le niveau °Brix
 - Installée sur les dernières membranes (ex. : les trois dernières)
 - Peut venir avec une « drive » (variateur de vitesse)

- Attention au mirage...
 - Oui. Elle permet de concentrer à plus de 20, 25, 30 °Brix...
 - Mais, à quel prix ? Et quelle efficacité ?
 - Revoir le travail...
 - Revoir le tandem évaporateur-concentrateur...
 - Etc.



4. Lavage et rinçage

Les bases du lavage

- **Savon** (lavage alcalin) : solubilise les grosses molécules comme les sucres, les matières organiques, etc.
- **Acide** : aide à dissoudre les minéraux
- **Acide peracétique (assainisseur - peroxyde d'hydrogène et acide acétique)** : lorsque les savons, lavages acides et les rinçages ne fonctionnent pas, il faut un assainisseur qui réduira le développement microbien
- **Drainer** un équipement (ou **purge**) : permet de réduire les volumes de rinçage requis. Sinon, il faut diluer un produit de lavage... Donc, drainer avant rinçage permet d'avoir des rinçages et lavages plus efficaces
- **Rinçage à froid long** : pour éliminer la solution de lavage
- **Rinçage à chaud** : pour éliminer la solution de lavage en profondeur
- **Rinçage à froid court** : pour tempérer les membranes et les durcir

4. Lavage et rinçage

Quelques mots sur le colmatage des membranes

Les agents de colmatage :

1. Résidus solubles dans l'eau (ex. : le sucre)

→ La plupart sont éliminés lors du rinçage

2. Résidus non solubles dans l'eau

- Ils forment une couche

- Sels – colmatage sévère
- Protéines
- Micro-organismes
- Micro-organismes
- Colloïdes (la préfiltration enlève des colloïdes)
- Polysaccharides insolubilisés

- Éliminés par des détergents acides
- Éliminés par des détergents basiques
- Éliminés par des détergents basiques
- Éliminés par un assainisseur
- Éliminés en général par un détergent basique
- Éliminés en général par un détergent basique

4. Lavage et rinçage

Le colmatage des membranes – de manière imagée

Importance du rinçage avant lavage

- C'est un peu comme « balayer un moustiquaire »

Importance du rinçage après lavage

- Résidus de lavage, défauts de saveur...

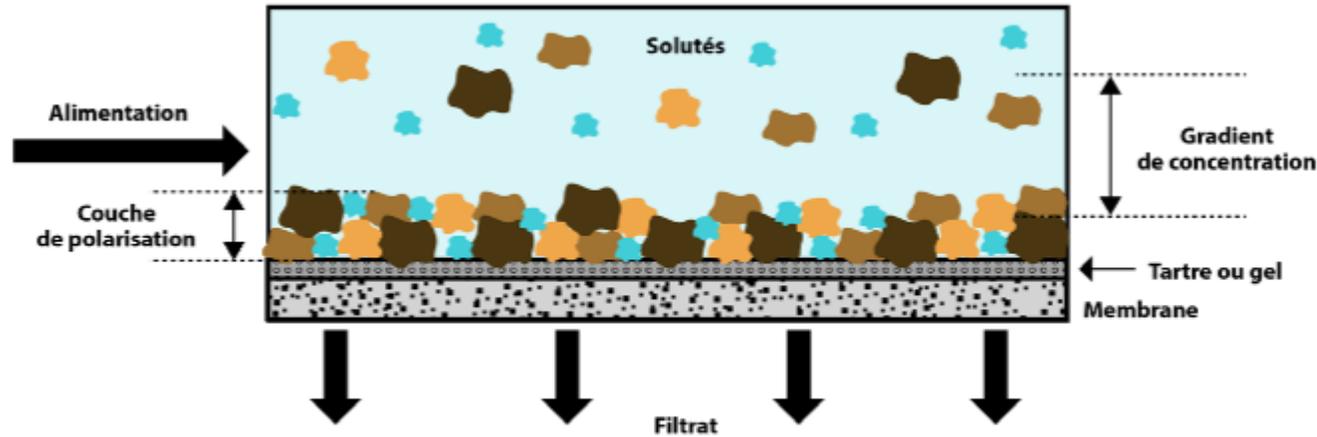
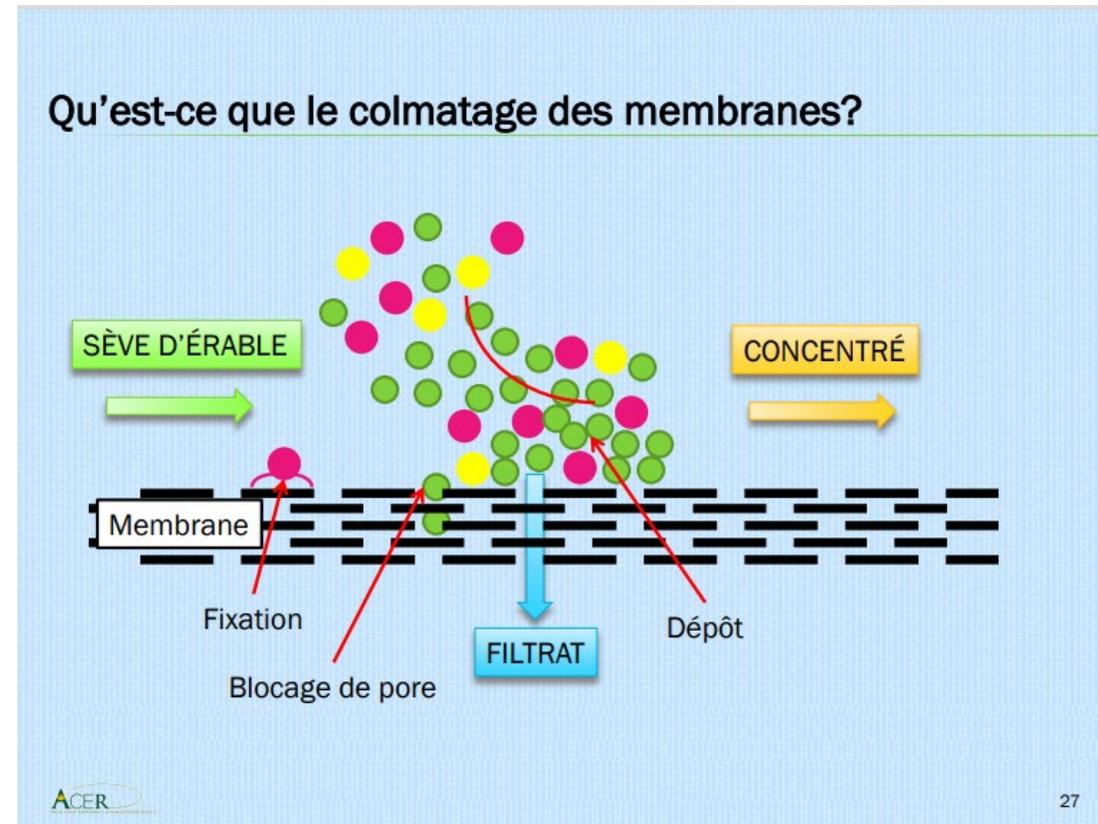


Figure 2.7. Illustration des phénomènes de colmatage et de polarisation de la concentration

Source : Centre ACER, 2021.



ACER

27

Source : Centre ACER, 2004.

34

4. Lavage et rinçage

Volume mort (VM)

Ensemble du volume que contient le concentrateur lorsque rempli d'eau à l'arrêt

Exemple de VM

VM d'un concentrateur 4 membranes :

Cartouche préfiltre :	1 gallon par préfiltre	4 Gal _{us}
Plomberie :	selon la dimension	4 Gal _{us}
Cuve de lavage :		25 Gal _{us}
Caisson de membrane :	13 Gallons par caisson	52 Gal _{us}

VM: 60 Gal_{us} **

**Généralement, la cuve de lavage est toujours drainée.

Source : Philippe Leduc, 2024.

* Attention aux calculs vs les pompes submersibles

4. Lavage et rinçage

Volume mort résiduel (VMR)

Ensemble du volume que contient le concentrateur lorsqu'il est entièrement drainé de son contenu à l'arrêt

Exemple de VMR

VMR d'un concentrateur 4 membranes :

Cartouche préfiltre : 1 gallon par préfiltre 4 Gal_{US} Drainée

Plomberie : selon la dimension 4 Gal_{US}

Cuve de lavage : 25 Gal_{US} Drainée

Caisson de membrane : 13 Gallons par caisson 52 Gal_{US} Drainée

VMR : 4 Gal_{US} **

**Généralement, la cuve de lavage est toujours drainée.

Source : Philippe Leduc, 2024.

4. Lavage et rinçage



Photo 8
Valve de drainage de la turbine

Photo 9
Bouchon de drainage de la pompe d'alimentation

Photo : CDL, 2024.



Photo: H₂O Innovation, 2024.



Drain D & G sur une membrane

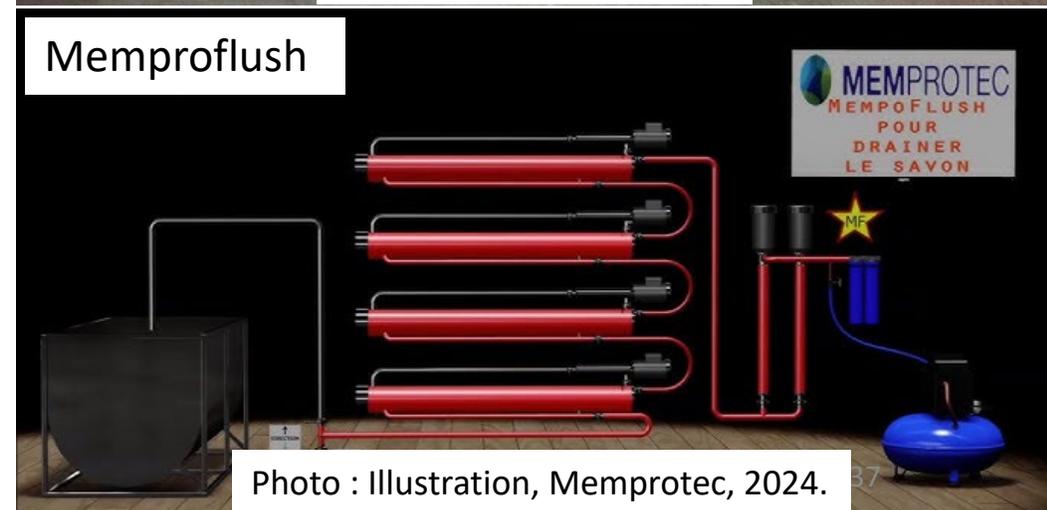
Photo : Joël Boutin, 2022.

- Les préfiltres
- Quelques mots sur le drainage des appareils
- Drainage et type de pompe... attention



Purge sur filtreur

Photo : Joël Boutin, 2022.



Memproflush

Photo : Illustration, Memprotec, 2024.

4. Lavage et rinçage

Étapes d'entretien du concentrateur	Recommandations		
	Volume nécessaire	Nombre maximal de fois que l'étape peut être réalisée pour un entretien complet	Volume total nécessaire
Rinçage chaud	10 à 15 VM	2	20 à 30 x VM
Rinçage froid court	5 à 10 VM	2	10 à 20 x VM
Lavage basique	5 à 10 VM	3	15 à 30 x VM
Lavage acide	5 à 10 VM	1	5 à 10 x VM
Rinçages froids longs (suite aux lavages et aux concentrations)	25 à 30 VMR	5	125 à 150 x VMR
PEP	15 à 20 VM	2	30 à 40 x VM
TOTAL			80 à 130 x VM + 125 à 150 x VMR

- Importance d'avoir toujours au minimum 15 gal. US / membrane
- Ex. : si 4 poteaux de 8 po, il faut avoir 60 gal. US de lavage en circuit fermé
- Ce volume est calculé par l'addition du VM et du contenu de la cuve de lavage

Source : Centre ACER, 2021.

4. Lavage et rinçage

Concentration

- Désucrage
- Rinçage froid long
- Rinçage chaud
- Rinçage froid court



PEP



Si 85 % et +

Si - de 85 %



- Savon 
- Rinçage froid long
- Rinçage chaud
- Rinçage froid court



PEP



Si 85% et +

Si - de 85 %
Si - de 75 % (bio)

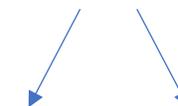


- Acide
- Rinçage froid long
- Rinçage chaud
- Rinçage froid court

- Savon 
- Rinçage froid long
- Rinçage chaud
- Rinçage froid court



PEP



Si 85 % et +

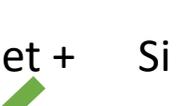
Si - de 85 %



- Acide peracétique 
- Rinçage froid long
- Rinçage chaud
- Rinçage froid court



PEP



Si 85 % et +

Si - de 85 %



- Rincer au minimum aux 4 h
- Laver au minimum aux 8 h

5. Quelques problèmes / pistes de solution

- Comment opérer le concentrateur en début de saison?
 - Moins concentrer la sève car ratio minéraux/sucre est différent et la sève est moins sucrée
- Sève rougeâtre?
 - Début de saison (souvent à une date précise), lorsque présent, moins concentrer, nettoyer filtres, un acide ...
- Comment augmenter le débit du concentrateur?
 - Plusieurs possibilités (ex. : changer les pompes d'alimentation, nombre et type de membranes, etc.)
- Quelles sont les pressions d'opération d'optimales?
 - Bien lire les recommandations - chaque membrane est différente
- Concentrer en deux passes?
 - Attention! Il faut maintenir la température de la sève et du concentré basses pour ne pas dégrader le concentré.
- À quelle température considère-t-on que la sève est chaude?
 - Ça dépend. Si la sève est à 10-14 °C, il faut la traiter en 5-6 heures max. Dépend début de saison vs fin de saison.
- Que fait-on lorsque début de saison hâtif puis pas de coulée pendant 10 jours
 - Laver les membranes aux 3-4 jours, mais il faut rincer...
 - Acide citrique? Attention norme biologique...
 - Se garder du filtrat... ou de l'eau de qualité



Source: Sylvain Mailloux, 2024.

Une eau de qualité possède les propriétés suivantes :

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 (μ S/cm)

caractéristiques microbiologiques :

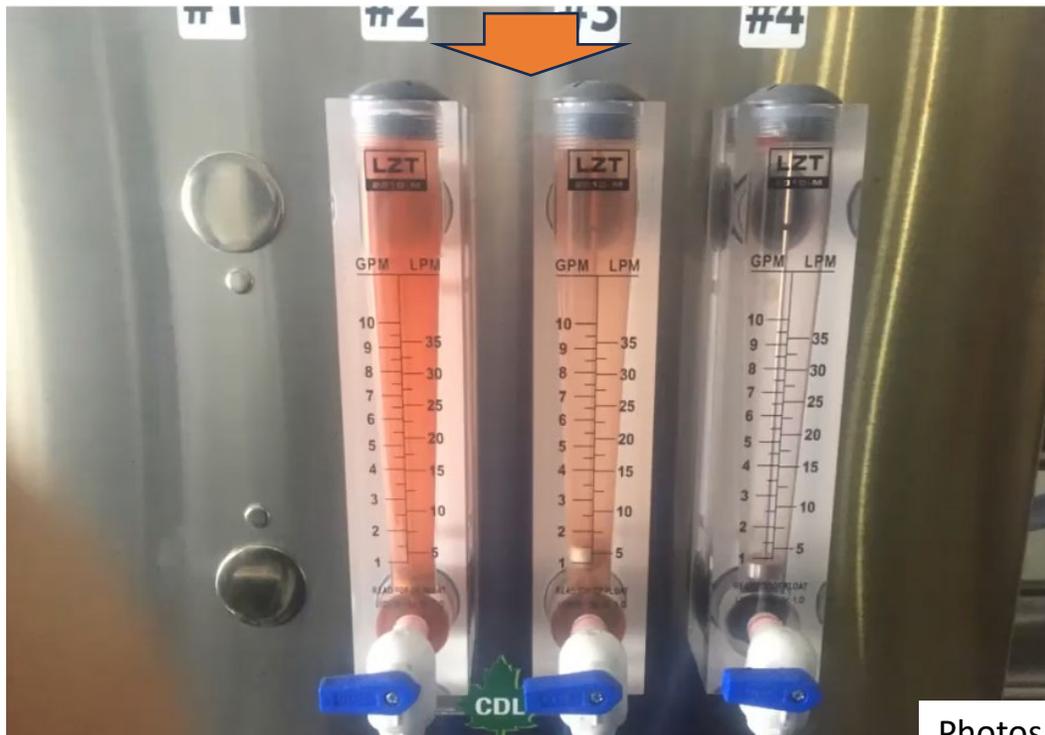
bactéries atypiques : < 200 UFC/100 ml (Unités formant une colonie par 100 millilitres)

flore coliforme : < 10 UFC/100 ml

5. Quelques problèmes / pistes de solution



- Colonisation par des micro-organismes pendant l'été
- Cet appareil était rempli de filtrat sans aucun produit de protection (ex. : MTBS, MTBP, acide citrique)



Photos : Joël Boutin, 2022.

5. Quelques problèmes / pistes de solution

- Essentiel d'avoir deux personnes qui connaissent le concentrateur
- Et qui connaissent le chemin de la sève, du concentré et du filtrat



Photo : Joël Boutin, 2022.

5. Quelques problèmes / pistes de solution

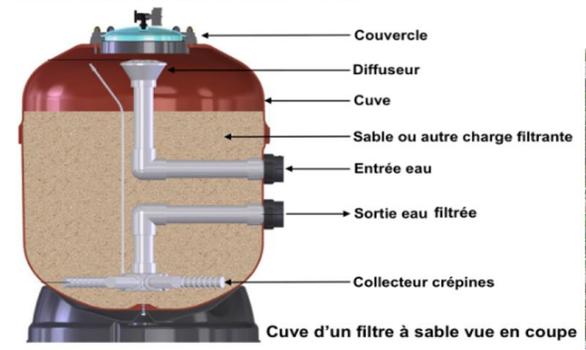
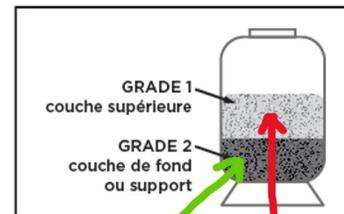
- Composantes de l'appareil (filtre 1 à 5 microns)



- Cartouches de 5 microns



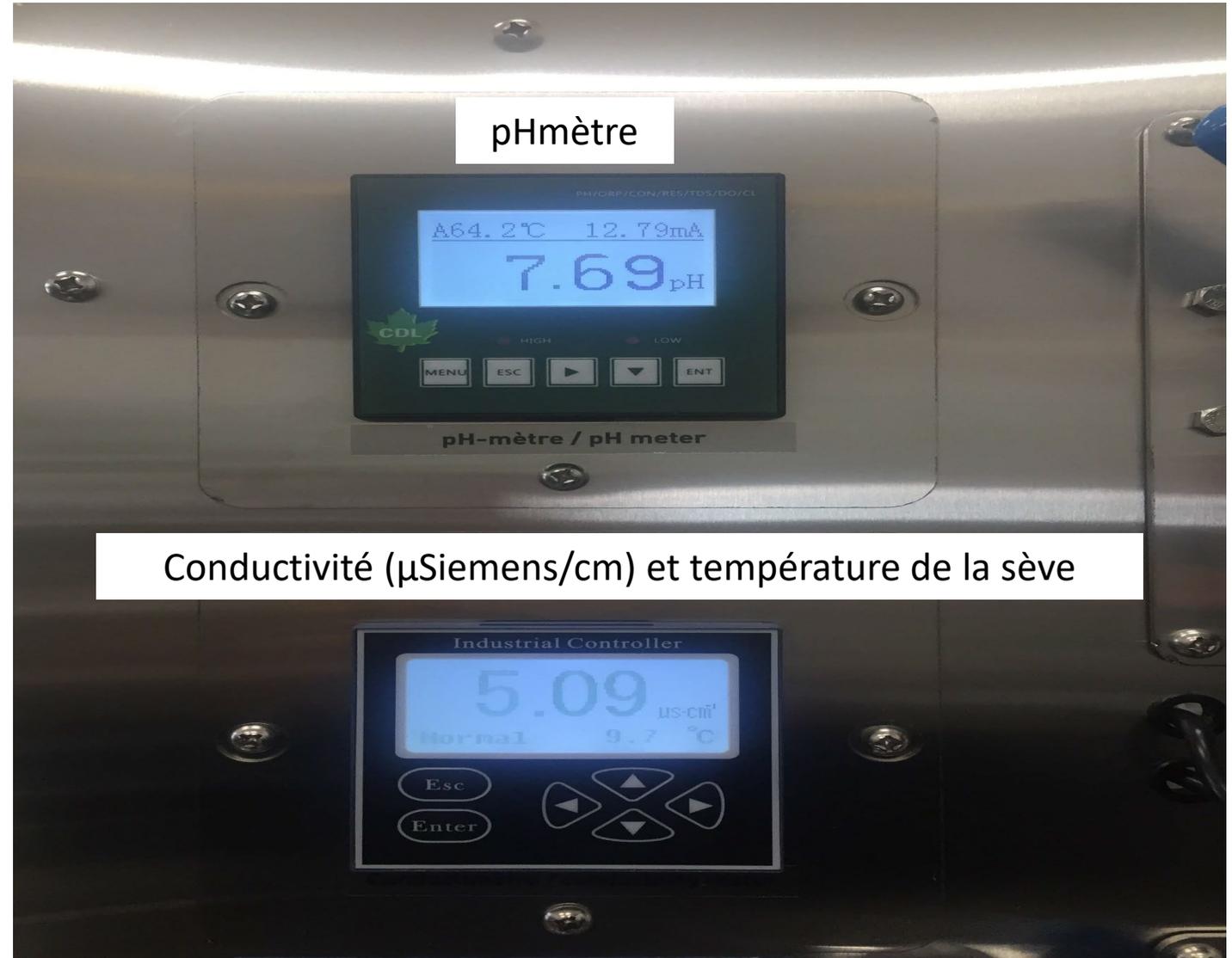
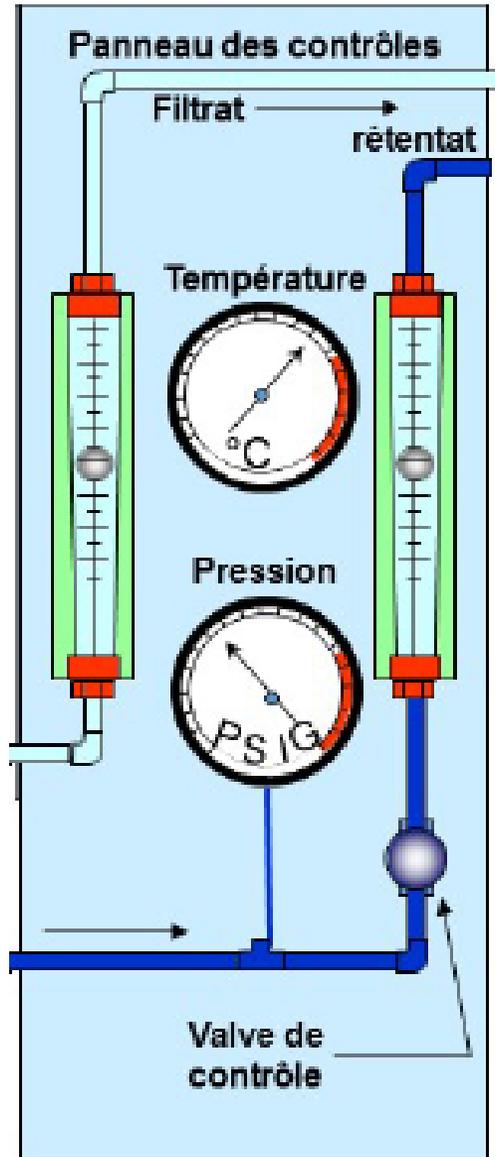
Du sable au verre



5. Quelques problèmes / pistes de solution

- Améliorer la plomberie?
 - La configuration doit être compréhensible par au moins deux personnes
 - En matériaux alimentaires, démontables, lavables et souvent multidirectionnelles
- Exigence envers les équipementiers pour mon prochain achat?
 - Exiger un concentrateur qui se draine; vous réduirez alors les quantités de filtrat nécessaire pour laver et rincer
 - Avoir des débitmètres adaptés à chaque membrane (ex. : sur un six membranes 10 GPM, 10 GPM, 5 GPM, 5 GPM, 2 GPM, 2 GPM) et avoir un débitmètre total et adéquat pour mesurer le PEP
 - Prêter attention aux spécificités des membranes proposées
 - Un manuel d'opération et d'entretien
- Sirop acide ou ayant possiblement des résidus de savon
 - Possible qu'il manque de filtrat pour laver/rincer
 - L'équipement ne peut probablement pas se drainer avant lavage, etc.
- Comment opérer en contexte d'abondance
 - Toujours surveiller le concentrateur
 - Prendre le temps de rincer et laver les membranes au moins une fois par jour
 - Etc.

5. Quelques problèmes / pistes de solution



Source : Centre ACER, 2004.

Photo : Joël Boutin, 2022.

5. Quelques problèmes / pistes de solution

- Mesure des débits / membrane
- Mesure du débit total

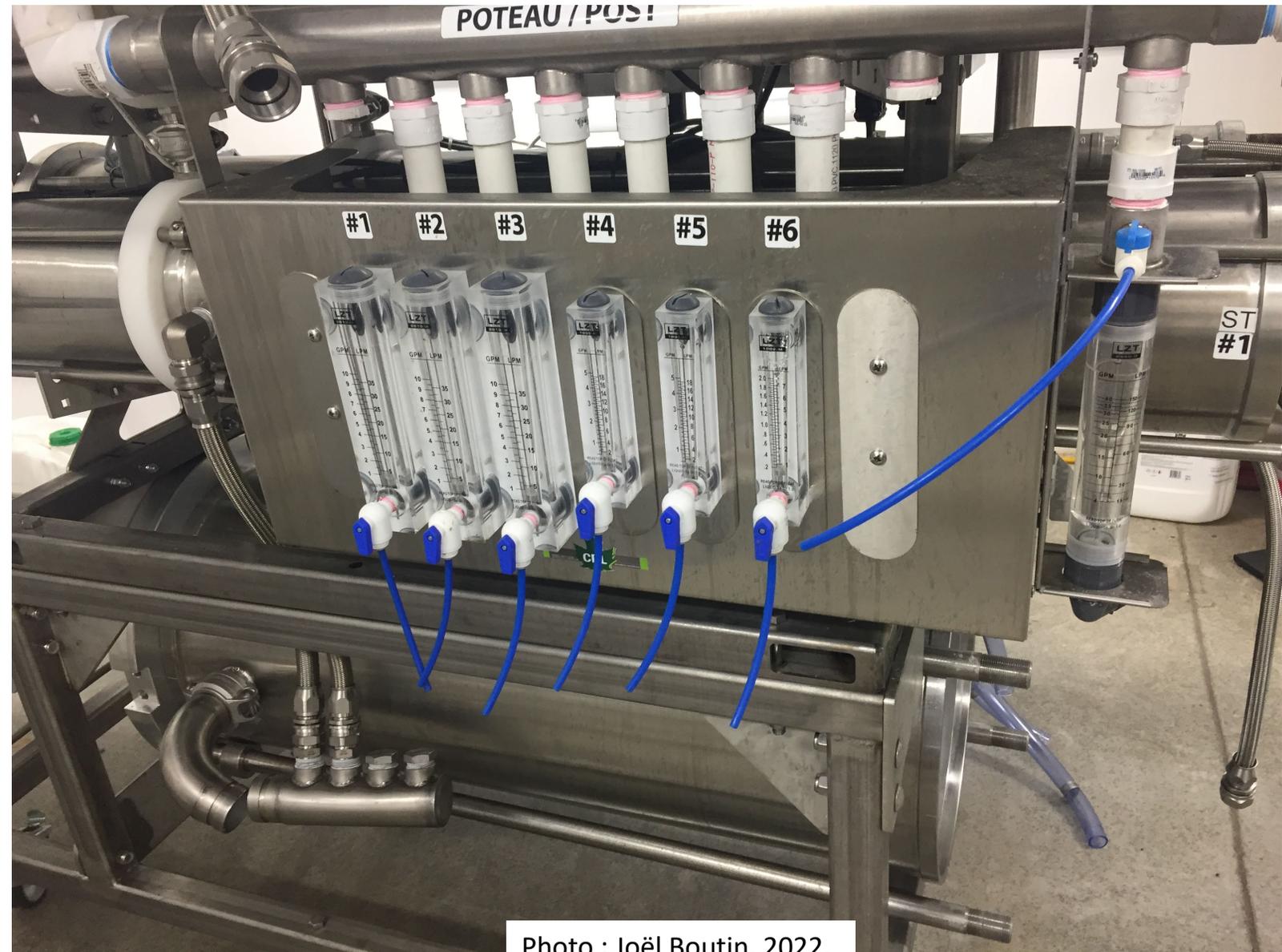


Photo : Joël Boutin, 2022.

5. Quelques problèmes / pistes de solution

- Mesure du débitmètre total pour faciliter le PEP



Pour aller plus loin...

Pour des conseils techniques et de la formation

en salle, à la cabane ou en érablière – n’hésitez pas à nous contacter

- Plusieurs dispensateurs de services-conseils sont accrédités aux Réseaux Agriconseils
- Plusieurs services-conseils sont admissibles à de l’aide financière

Conseillers acéricoles ayant contribué à cette présentation

- Patrice Bertrand (Club d’encadrement technique acéricole de Portneuf)
- Joël Boutin (Club d’encadrement technique acéricole des Appalaches)
- Michaël Cliche (Association des propriétaires de boisés de la Beauce)
- Andrée Gagnon (Club acéricole des Pays d’en Haut)
- Philippe Leduc (Club acéricole du Sud du Québec)
- Sylvain Mailloux
- Raymond Nadeau (Club de qualité acéricole Beauce-Appalaches)
- Andréanne Ouellet (Club d’encadrement technique en acériculture de l’Est)
- Vincent Poisson (Club acéricole du Sud du Québec)

Exemples de services-conseils :

- Production de sirop de qualité
- Atteinte de haut rendement
- Aide à la transition biologique
- Analyse technique de système de collecte
- Réalisation de design d’installation de tubulure
- Calcul des VM, VMR et du PEP de vos concentrateurs
- Planification de l’aménagement forestier, martelage
- Etc.

cspinc@telus.net	418 286-4648
carajoelboutin@telus.net	418 952-0408
michael.cliche@apbb.qc.ca	418 228-5110
agagnon.acericole@gmail.com	819 440-9743
pleduc@proforet.com	819 583-0257
smailoux.acericole@gmail.com	450 334-0507
gcseve@gmail.com	418 389-4081
aouellet@clubacer.ca	418 499-2222
vpoisson@proforet.com	819 583-0257

Note 1 D’autres conseillers acéricoles sont également accrédités aux Réseaux Agriconseils en région.
Appelez votre réseau en région pour de l’information.

Synthèse / Conclusion

- *Beaucoup de subtilités qui n'ont pas été abordées dans cette conférence*
 - *Ex. : ph des lavages, quantité de produit de lavage, etc.*

- Le concentrateur est au cœur des activités des entreprises acéricoles
- Il est essentiel de bien comprendre le fonctionnement de cet équipement
- Rigueur et discipline dans l'entretien des membranes et dans l'opération de cet équipement
- Intelligence humaine (IH) est indispensable
 - Attention aux pièges des automates et des équipements intelligents 😊

Note importante : Il est essentiel de respecter les recommandations des fabricants de membranes et des équipementiers pour le bon usage des membranes et le bon fonctionnement de votre concentrateur. Il en va notamment de la garantie de l'équipement.

Quelques références citées

Documents de référence

- Centre ACER (Centre de recherche, de développement et de transfert technologique inc.), 2004. Cahier de transfert technologique en acériculture. 656 pages.
- Centre ACER (Centre de recherche, de développement et de transfert technologique inc.), 2008. Procédés de séparation membranaire et leur application dans l'industrie alimentaire. Alfa Arzate. Revue de littérature 642-RVL-0508. 56 pages.
- Centre ACER (Centre de recherche, de développement et de transfert technologique inc.), 2010. La séparation membranaire : comment maintenir la performance des membranes ? Alfa Arzate. Présentation powerpoint. 51 diapos.
- Centre ACER (Centre de recherche, de développement et de transfert technologique inc.), 2021. Volume 1 : Les appareils de concentration membranaire et les évaporateurs. Cahier de transfert technologique en acériculture. 2^e édition. 253 pages.
- Lagacé, L., Leclerc, S., Charron, C. et M. Sadiki, 2015. Biochemical composition of maple sap and relationships among constituents. Journal of food composition and analysis 41 (2015). Pp 129-136.
- Lemelin, D., 2013. Le concentrateur d'eau d'érable. Faire plus avec sa membrane. Club d'encadrement technique acéricole des Appalaches (CETAA) pour le compte du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ). 60 pages.
- MAPAQ, 2013. Le concentrateur d'eau d'érable. DVD. 30 min.

Autre site internet consulté

- Gunt Hamburg. Equipment for engineering education. Schéma Membrane CE 530 Osmose inverse. [en ligne] www.gunt.de Page consultée le 28 novembre 2024.

Documents des conseillers acéricoles

- Boutin, J., 2021. Formation portant sur la bonne dimension de l'évaporateur. Présentation powerpoint. 7 diapositives
- Boutin, J., 2023. Formation portant sur la concentration de l'eau d'érable pas osmose. Présentation powerpoint. 116 diapositives
- Leduc, P., 2024. Fichier de calcul portant sur le dimensionnement des équipements évaporateur-concentrateur. Fichier .xls
- Leduc, P., 2024. Saines pratiques pour l'entretien du concentrateur. Club acéricole du Sud du Québec. 5 pages.

Bonne saison des sucres!