



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

Siège social et station expérimentale
142, Rang Lainesse
Saint-Norbert d'Arthabaska
Québec G0P 1B0
Téléphone : (819) 369-4002
Télécopieur : (819) 369-9589

RAPPORT D'ÉTAPE

PORTRAIT DE L'INTÉGRITÉ DU FILTRAT PRODUIT LORS DE LA CONCENTRATION PARTIELLE DE LA SÈVE D'ÉRABLE – SAISON 2003

Par :

Alfa Arzate, Ph.D.

Collaborateurs :

Aline Batungwanayo, ing. jr.

Michel Cartier, tech.

Cette recherche a été réalisée grâce à une aide financière accordée dans le cadre du Programme d'appui financier aux regroupements et aux associations de producteurs désignés du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec.



Toute information contenue dans ce document est la propriété du Centre ACER.

Cette information ne peut pas être utilisée, reproduite ou transmise sans l'autorisation écrite du Centre ACER, à moins que ce ne soit pour usage personnel et non commercial. Lorsque de l'information issue de ce rapport est utilisée, reproduite ou transmise à une tierce personne, pour toute fin autorisée, il doit être clairement indiqué sur les documents utilisés, reproduits ou transmis que cette information est la propriété du Centre ACER.

RÉSUMÉ

Cette étude a été réalisée dans le but d'établir le portrait de l'intégrité des filtrats produits lors de la concentration partielle de la sève d'érable au cours de la saison 2003. Ce portrait est basé sur la caractérisation physico-chimique du filtrat, ce qui pourrait être un indicateur de la performance du procédé de séparation membranaire utilisé, et en conséquence de l'intégrité du concentré de sève d'érable à transformer. La teneur en solides solubles, le pH et la conductivité électrique des échantillons provenant de six régions du Québec ont été mesurés au cours de la saison. Les facteurs les plus susceptibles d'influencer la nature du filtrat ont été analysés : région de production, date de cueillette, type d'appareil et taille de l'érablière.

Un portrait de la nature de la sève d'érable, du concentré de sève et du filtrat a été dressé sur la base de leur caractérisation physico-chimique. Sur un total de 281 échantillons de filtrat, 8 % possède une teneur en solides solubles supérieure à 0,1 °Brix et 40 % a une conductivité électrique supérieure à 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Ces résultats montrent que des pertes ont lieu pour les deux espèces chimiques d'intérêt, soit le saccharose et les minéraux.

Il appert que le facteur le plus susceptible d'influencer l'intégrité du filtrat est le type d'appareil de séparation membranaire utilisé pour la production du concentré de sève.

Mots clés : sève d'érable, filtrat, concentré de sève, séparation membranaire, concentration partielle de la sève d'érable

ABSTRACT

This study was conducted in order to determine the portrait of membrane separation performance used in sugarhouses for pre-concentration of maple sap during the season 2003. This portrait is based on the physicochemical characterization of the permeate, which can be used as an indicator of the integrity of concentrated maple sap to be transformed. The soluble solids content, the pH and the electric conductivity of the samples coming from six regions of Quebec were measured during the season. The factors that are most likely to influence the quality of permeate were analyzed: region of production, collecting date, type of equipment and size of the sugarbush.

A portrait of the physicochemical characterization of maple sap, concentrated maple sap and permeate was drawn up. Out of 281 samples of permeate, 8% has soluble solids content higher than 0.1 °Brix and 40% has an electric conductivity higher than 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$. These results show that losses take place for the two chemical species of interest, i.e. sucrose and minerals.

The type of membrane separation equipment used to pre-concentrate maple sap seems to be the factor that has the greatest influence on the integrity of the permeate.

Key words: maple sap, permeate, maple sap concentrated, membrane separation, maple sap partial concentration

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ.....	iii
ABSTRACT	iv
TABLE DES MATIÈRES.....	v
LISTE DES TABLEAUX.....	vi
LISTE DES FIGURES.....	vii
MISE EN CONTEXTE.....	1
INTRODUCTION.....	2
OBJECTIFS.....	4
MATÉRIEL ET MÉTHODES.....	5
1. ÉCHANTILLONNAGE.....	5
2. FICHE D'INSCRIPTION.....	6
3. ANALYSES DES ÉCHANTILLONS.....	7
RÉSULTATS ET DISCUSSION.....	8
1. ÉCHANTILLONS	8
2. FICHE D'INSCRIPTION.....	9
3 CARACTÉRISATION DES ÉCHANTILLONS	10
4. TAUX DE RÉTENTION.....	18
5. EFFET DES FACTEURS.....	20
CONCLUSION	24
REMERCIEMENTS.....	26
BIBLIOGRAPHIE.....	27

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 :	Descriptif du plan d'échantillonnage	6
Tableau 2 :	Instrumentation utilisée pour la caractérisation physico-chimique des échantillons	7
Tableau 3 :	Caractéristiques techniques de l'instrumentation	7
Tableau 4 :	Valeurs limites établies par l'analyse statistique pour chaque liquide analysé	8
Tableau 5 :	Variation de la teneur en solides solubles, pH et conductivité électrique mesurée dans les échantillons de sève d'érable prélevés dans six régions du Québec au cours de la saison de coulée 2003	11
Tableau 6 :	Variation de la teneur en solides solubles, pH et conductivité électrique mesurée dans les échantillons de concentré de sève prélevés dans six régions du Québec au cours de la saison de coulée 2003	13
Tableau 7 :	Variation de la teneur en solides solubles, pH et conductivité électrique mesurée dans les échantillons de filtrat prélevés dans six régions du Québec au cours de la saison de coulée 2003	15
Tableau 8 :	Effet de la région et de la date de cueillette sur les propriétés physico-chimiques des échantillons de sève d'érable prélevés dans six régions du Québec au cours de la saison de coulée 2003	21
Tableau 9 :	Effet du type d'appareil et de la taille de l'érablière sur les propriétés physico-chimiques des échantillons de concentré de sève prélevés dans six régions du Québec au cours de la saison de coulée 2003	22
Tableau 10 :	Effet du type d'appareil et de la taille de l'érablière sur les propriétés physico-chimiques du filtrat prélevé dans cinq régions du Québec au cours de la saison de coulée 2003	22

LISTE DES FIGURES

Figure 1 :	Distribution des valeurs de la teneur en solides solubles mesurées dans les échantillons de sève d'érable prélevés dans six régions du Québec au cours de la saison de coulée 2003	11
Figure 2 :	Distribution des valeurs de pH mesurées dans les échantillons de sève d'érable prélevés dans six régions du Québec au cours de la saison de coulée 2003	12
Figure 3 :	Distribution des valeurs de conductivité électrique mesurées dans les échantillons de sève d'érable prélevés dans six régions du Québec au cours de la saison de coulée 2003	12
Figure 4 :	Distribution des valeurs de la teneur en solides solubles mesurées dans les échantillons de concentré de sève prélevés dans six régions du Québec au cours de la saison de coulée 2003	13
Figure 5 :	Distribution des valeurs de pH mesurées dans les échantillons de concentré de sève prélevés dans six régions du Québec au cours de la saison de coulée 2003	14
Figure 6 :	Distribution des valeurs de conductivité électrique mesurées dans les échantillons de concentré de sève prélevés dans six régions du Québec au cours de la saison de coulée 2003	15
Figure 7 :	Distribution des valeurs de la teneur en solides solubles mesurées dans les échantillons de filtrat prélevés dans six régions du Québec au cours de la saison de coulée 2003	16
Figure 8 :	Distribution des valeurs de pH mesurées dans les échantillons de filtrat prélevés dans six régions du Québec au cours de la saison de coulée 2003	17
Figure 9 :	Distribution des valeurs de conductivité électrique mesurées dans les échantillons de filtrat prélevés dans six régions du Québec au cours de la saison de coulée 2003	18
Figure 10 :	Taux de rétention basé sur la teneur en solides solubles calculé pour	

les échantillons prélevés dans six régions du Québec au cours de la saison de coulée 2003	19
--	----

Figure 11 : Taux de rétention basé sur la conductivité électrique calculé pour les échantillons prélevés dans six régions du Québec au cours de la saison de coulée 2003	20
--	----



MISE EN CONTEXTE

Ce rapport correspond à l'étape préliminaire du projet 642 : « Étude de l'impact des procédés de séparation membranaire utilisés pour la concentration partielle de la sève d'érable sur la composition et les caractéristiques sensorielles du sirop d'érable ». Il fait partie du Projet 146 initié par M. Gaston B. Allard en 2003 visant à évaluer l'intégrité du filtrat produit par les appareils de séparation membranaire utilisés pour la concentration partielle de la sève d'érable.

La cueillette d'information et d'échantillons a été réalisée en collaboration avec les responsables des clubs d'encadrement technique et des conseillers et répondants en acériculture du MAPAQ.

INTRODUCTION

Le sirop d'érable est un produit alimentaire qui est défini par règlement en fonction de son origine et des procédés utilisés pour sa production. Il doit donc provenir exclusivement de la concentration de la sève d'érable sans qu'aucun élément ne soit ajouté ou extrait de celle-ci. La technologie d'osmose inverse a été introduite dans le domaine acéricole au début des années 80. Elle a permis la concentration partielle de la sève d'érable à l'aide d'une membrane sélective. Il a fallu vérifier que cette opération n'altérerait ni l'intégrité, ni la nature du sirop d'érable. Il a été conclu que les propriétés chimiques, physiques et sensorielles des sirops d'érable produits à l'aide de cette technologie n'étaient pas affectées.

Au fil des dernières décennies, résultant du développement de la technologie membranaire, une vaste gamme de membranes a été introduite sur le marché pour répondre aux besoins de diverses industries. En acériculture, afin d'augmenter la capacité de traitement des systèmes de séparation membranaire (volume par unité de temps), différents types de membranes ont été graduellement utilisés. De par leur nature, ces membranes permettent le passage, vers le filtrat, de certains éléments intrinsèques à la sève d'érable. Ceci compromet à différents niveaux la production d'un sirop d'érable pur, intègre et avec des caractéristiques répondant aux besoins des consommateurs. Ce mouvement a entraîné une perte d'intégrité du filtrat, contrairement au cas du procédé d'osmose inverse. Il y a donc possiblement des pertes d'éléments minéraux qui risquent éventuellement de devenir incompatibles avec la définition même du sirop d'érable.

À l'heure actuelle, l'ensemble des intervenants du monde acéricole reconnaissent l'importance de cette question, mais aucune étude publiée ne se prononce sur l'ampleur des effets que pourrait avoir l'utilisation de ces procédés membranaires sur l'intégrité du filtrat, et en conséquence sur celle du concentré de sève d'érable et du produit fini.

Dans ce contexte, il devient primordial de préciser la nature et l'importance de cette problématique. Il est essentiel de bien établir le portrait de l'intégrité des filtrats produits lors de la concentration partielle de la sève d'érable. En effet, ceci permettra d'une éventuelle dévalorisation du sirop d'érable dont l'aspect naturel, la pureté et l'intégrité demeurent ses principales qualités commerciales.

Cette étude a été donc réalisée dans le but d'établir le portrait de l'intégrité des filtrats produits au cours de la saison 2003 dans six régions du Québec. Des échantillons de sève d'érable, de

concentré de sève et de filtrat ont été prélevés en érablière à trois périodes au cours de la saison de coulée à l'étude. La teneur en solides solubles, le pH et la conductivité électrique des 843 échantillons ont été mesurés.

La première partie de ce document présente la méthodologie utilisée dans l'étude. En deuxième partie, le portrait de la nature de chacun des liquides à l'étude est dressé sur la base de leur caractérisation physico-chimique. Le taux de rétention caractérisant l'opération de séparation membranaire est aussi présenté pour les deux espèces chimiques d'intérêt, soit le saccharose et les minéraux. De plus, les facteurs les plus susceptibles d'influencer la nature du filtrat ont été analysés (région de production, date de cueillette, type d'appareil et taille de l'érablière) de façon globale afin d'établir des effets descriptifs. Finalement, dans la conclusion, l'état de la problématique à l'étude est développé.

OBJECTIFS

1. Caractériser le filtrat produit par les appareils de séparation membranaire utilisés en acériculture en 2003.
2. Établir les facteurs les plus susceptibles d'influencer l'intégrité des filtrats en se basant sur les résultats de leur caractérisation.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. ÉCHANTILLONNAGE

Des échantillons de sève d'érable, de sève d'érable préconcentrée (« concentré de sève ») et de filtrat provenant de l'opération de concentration partielle de la sève d'érable ont été prélevés en érablière au cours de la saison de coulée 2003. Les prélèvements ont été effectués au début, au milieu et à la fin de la saison dans cinq régions du Québec.

Pour chaque prélèvement, environ 125 mL de chaque liquide a été récolté à l'entrée et à la sortie du système de concentration partielle de la sève d'érable. L'ensemble de trois échantillons, appelé « triplet », a été congelé, acheminé aux laboratoires du Centre ACER à Saint-Norbert d'Arthabaska et conservé à -20°C .

Le descriptif du plan d'échantillonnage est présenté au Tableau 1. Les facteurs qui ont été considérés lors de la planification de l'échantillonnage sont les suivants :

a) Taille de l'érablière

Les érablières de moins de 5000 entailles ont été rassemblées dans le groupe de petites et moyennes érablières, tandis que les érablières de 8000 entailles et plus ont été rassemblées dans le groupe de grandes érablières.

b) Type d'encadrement

Les érablières participant à cette étude ont été coordonnées par les responsables des clubs d'encadrement technique en acériculture ou par les conseillers et répondants en acériculture du MAPAQ.

c) Région du Québec

Les cinq régions du Québec ciblées sont le Bas Saint-Laurent, l'Estrie, Chaudière-Appalaches, les Laurentides et la Montérégie Est.

d) Type d'appareil

Les quatre systèmes de séparation membranaire qui ont été identifiés pour cette étude correspondent aux équipements commercialisés dans le milieu acéricole par les compagnies CDL, Lapierre, Darveau et Airablo.

e) Période dans la saison

Les échantillons ont été prélevés au début, au milieu et à la fin de la saison de coulée 2003.

Tableau 1 : Descriptif du plan d'échantillonnage.

Facteur A Taille de l'érablière	Facteur B Type d'encadrement	Facteur C Région	Facteur D Type d'appareil	Facteur E Période dans la saison	Nombre de triplets
2 < 5000 entailles > 8000 entailles	2 Club Non Club	5 R1 R5 R12 R15 R16	4 S1 S2 S3 S4	3 Début Milieu Fin	1
Nombre de producteurs		2 x 2 x 5 x 4 x 3 x 1			240
Nombre total de triplets		240 x 3 répliqués			720
Nombre d'échantillons à traiter		720 x 3 liquides			2160

Au total, 240 producteurs ont été ciblés pour participer à cette étude, ce qui devait permettre de prélever 2160 échantillons.

2. FICHE D'INSCRIPTION

Dans le but de compiler l'information concernant l'opération de concentration partielle de la sève d'érable, tous les triplets étaient accompagnés de la fiche d'inscription du producteur participant à l'étude. Ce document contenait l'information ci-dessous :

- Description de l'érablière
- Description de l'appareil
- Description des membranes
- Engagement du producteur
- Identification et confirmation par le représentant local du projet

3. ANALYSES DES ÉCHANTILLONS

Afin de caractériser les triplets, les propriétés physico-chimiques telles que le pH, la teneur en solides solubles (°Brix) et la conductivité électrique ont été mesurées à 20 °C. Pour ce faire, les instruments présentés au Tableau 2 ont été utilisés.

Tableau 2 : Instrumentation utilisée pour la caractérisation physico-chimique des échantillons.

Propriétés physico-chimiques	Méthode
pH	pH metre JENCO 601 A
Teneur en solides solubles	Réfractomètre MISCO PA202 (Palm Abbe II)
Conductivité électrique	Conductimètre HANNA PWT et DIST 3

Les caractéristiques techniques des instruments utilisés sont présentées au Tableau 3, ainsi que le coefficient de variation exprimant le pourcentage de dispersion des mesures effectuées avec chaque instrument.

Tableau 3 : Caractéristiques techniques de l'instrumentation.

	Propriétés physico-chimiques		
	Degré Brix (-)	pH (-)	Conductivité électrique ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
Précision	$\pm 0,1$	$\pm 0,01$	± 40 (PWT) ± 2 (DIST 3)
Résolution	0,1	0,01	0,1
Température (°C)	20	20	20
Coefficient de variation (%)	< 1,0	< 2,5	< 3,0

RÉSULTATS ET DISCUSSION

1. ÉCHANTILLONS

Au total, 1278 échantillons ont été reçus au Centre ACER, soit 59 % du nombre d'échantillons ciblé lors de la planification de l'échantillonnage. L'état physique de ces échantillons a été tout d'abord vérifié, ce qui a permis d'écarter de cette étude des échantillons confinés dans des contenants mal fermés, trop remplis, brisés ou non identifiés. Par la suite, les échantillons restant ont été triés par producteur et par date de cueillette afin de rassembler les triplets qui étaient complets.

Suite à la caractérisation des triplets, une analyse par type de liquide (sève d'érable, concentré de sève et filtrat) a été effectuée afin d'éliminer les échantillons n'appartenant pas au type de liquide codé sur leur étiquette. Pour ce faire, les échantillons ont été triés en fonction de leur teneur en solides solubles (°Brix) suivant les deux critères ci-dessous :

- a) Analyse statistique descriptive basée sur la méthode de boîte à moustaches (*Box-plot*) qui a permis d'identifier les observations extrêmes (atypiques) de la distribution;
- b) Évaluation des observations extrêmes au cas par cas afin de déterminer leur nature atypique.

La valeur limite, inférieure et supérieure, utilisée pour l'analyse des échantillons est présentée au Tableau 4 en fonction du type de liquide caractérisé. Dans le cas de la sève d'érable, des valeurs de teneur en solides solubles considérés typiques se situent entre 1 et 5 °Brix. Tous les échantillons se trouvant au-delà de cet intervalle ont été considérés atypiques.

Tableau 4 : Valeurs limites établies par l'analyse statistique pour chaque liquide analysé.

Type de liquide	Valeur limite	
	Inférieure (°Brix)	Supérieure (°Brix)
Sève d'érable	1	5
Filtrat	0	1
Concentré de sève	0,8	n.d.

n.d. – non déterminée

Pour les échantillons de filtrat, la valeur limite supérieure considérée est de 1 °Brix. Aucune valeur limite inférieure n'a été établie car le filtrat ne doit pas contenir, a priori, des solides solubles (saccharose ou sucres invertis). Pour les échantillons de concentré de sève, la valeur limite inférieure considérée est de 2,5 °Brix, et aucune valeur limite supérieure n'a été établie car il n'y a pas de référence établie pour le taux de séparation utilisé par le producteur.

Les échantillons ci-dessous ont été détectés atypiques et ont été retirés de l'analyse :

- a) Quatre échantillons de sève d'érable ayant une teneur en solides solubles de 0,2, 5,4, 5,8 et 6,7 °Brix ;
- b) Un échantillon de concentré de sève ayant une teneur en solides solubles de 0,8 °Brix ;
- c) Cinq échantillons de filtrat ayant une teneur en solides solubles de 1,2, 1,8, 2,1, 2,5 et 2,8 °Brix.

En fin de compte le nombre total de triplets à analyser a été de 281, c'est-à-dire 843 échantillons.

2. FICHE D'INSCRIPTION

Le nombre de fiches d'inscription reçues au Centre ACER a été de 211. Cependant, seulement 30 % de ces fiches contenait l'information concernant la description de l'appareil et des membranes. De ce fait, aucune analyse poussée n'a pu être complétée afin de déterminer l'effet de ces facteurs sur l'intégrité des liquides caractérisés.

La représentativité de quatre des cinq facteurs considérés lors de la planification de l'échantillonnage est présentée ci-dessous :

a) Taille de l'érablière

Les érablières participant à cette étude étaient représentées selon leur taille de la façon suivante :

- Petite et moyenne érablière (< 5000 entailles) : 39 %
- Grande érablière (> 8000 entailles) : 61 %

b) Type d'encadrement

Les érablières participant à cette étude étaient encadrées à 30 % par des clubs d'encadrement technique en acériculture et à 70 % par des conseillers et répondants en acériculture du MAPAQ.

c) Région du Québec

Les régions étaient représentées de la façon suivante :

Bas Saint-Laurent :	29,2 %
Estrie :	12,5 %
Chaudière-Appalaches :	21,4 %
Laurentides :	22 ,4 %
Montréal Est :	9,9 %

La région de la Mauricie (R4) qui n'a pas été considérée dans l'étude au départ était représentée avec 4,6 % des échantillons.

d) Type d'appareil

Les équipements servant à la concentration partielle de la sève d'érable étaient représentés de la façon suivante :

Lapierre :	36,3 %
Airablo :	22,1 %
Darveau :	18,5 %
Autre :	14,6 %
CDL :	8,5 %

3 CARACTÉRISATION DES ÉCHANTILLONS

3.1 Sève d'érable

Les propriétés physico-chimiques caractérisant les échantillons de sève d'érable prélevés dans le cadre de cette étude sont présentées au Tableau 5. De plus, la distribution de la valeur de ces propriétés dans les échantillons évalués est présentée aux Figures 1, 2 et 3.

Tableau 5 : Statistique descriptive de la caractérisation macroscopique des échantillons de sève d'érable prélevés dans six régions du Québec au cours de la saison de coulée 2003.

Propriétés physico-chimiques	Valeur moyenne	Écart-type	Étendue
Teneur en solides solubles (°Brix)	2,3	0,4	1,0 – 3,8
pH	7,22	0,73	4,70 – 8,91
Conductivité électrique (µS/cm)	484	74	248 – 932

La teneur en solides solubles dans la sève d'érable varie de 1,0 à 3,8 °Brix. La valeur moyenne de cette propriété est de 2,3 °Brix. Environ 45 % des échantillons est autour de cette valeur moyenne (Figure 1).

Environ 27 % des échantillons possède une valeur moyenne de pH qui est de 7,22, ce qui représente un pH neutre selon l'échelle logarithmique de pH (Figure 2). Cette valeur peut cependant varier de 4,70 (acide) à 8,91 (basique).

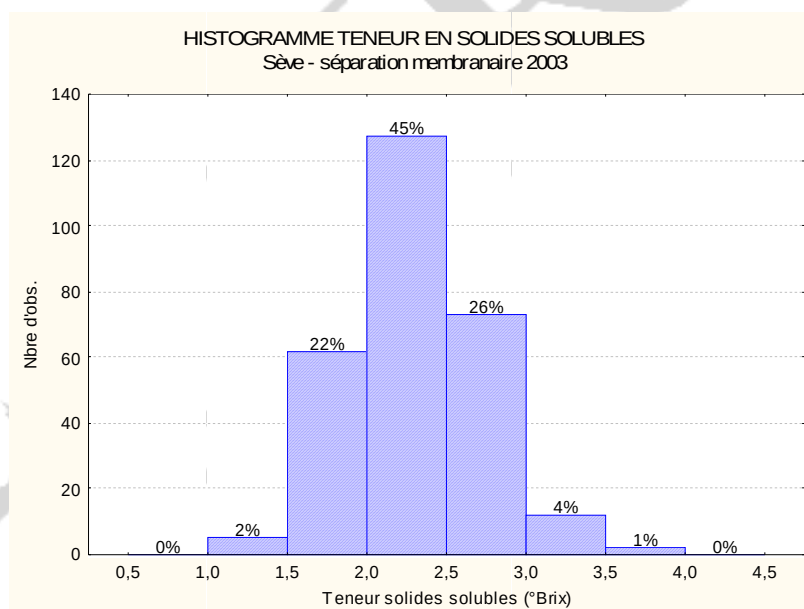


Figure 1 : Distribution des valeurs de la teneur en solides solubles mesurées dans les échantillons de sève d'érable prélevés dans six régions du Québec au cours de la saison de coulée 2003.

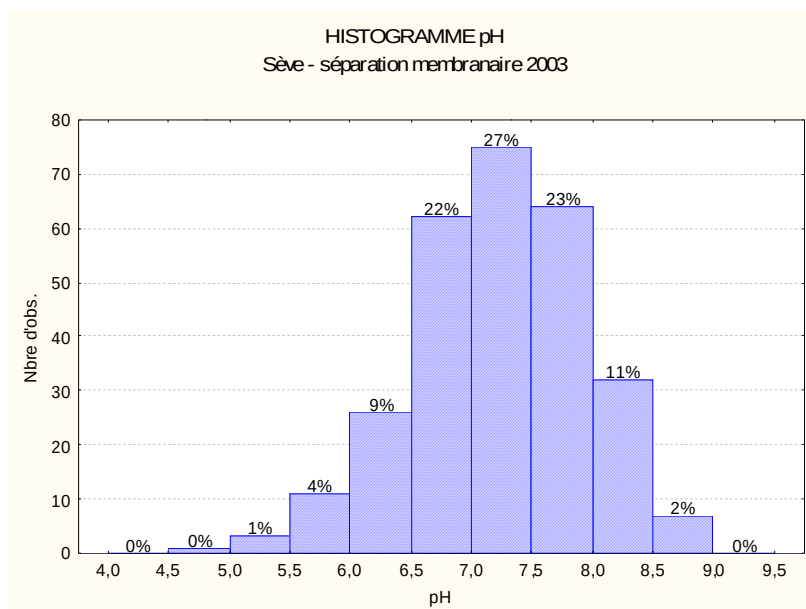


Figure 2 : Distribution des valeurs de pH mesurées dans les échantillons de sève d'érable prélevés dans six régions du Québec au cours de la saison de coulée 2003.

En ce qui concerne la conductivité électrique de la sève d'érable, la valeur moyenne est de 484 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Environ 43 % des échantillons est autour de cette valeur (Figure 3). Cette propriété peut cependant varier de 248 à 932 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

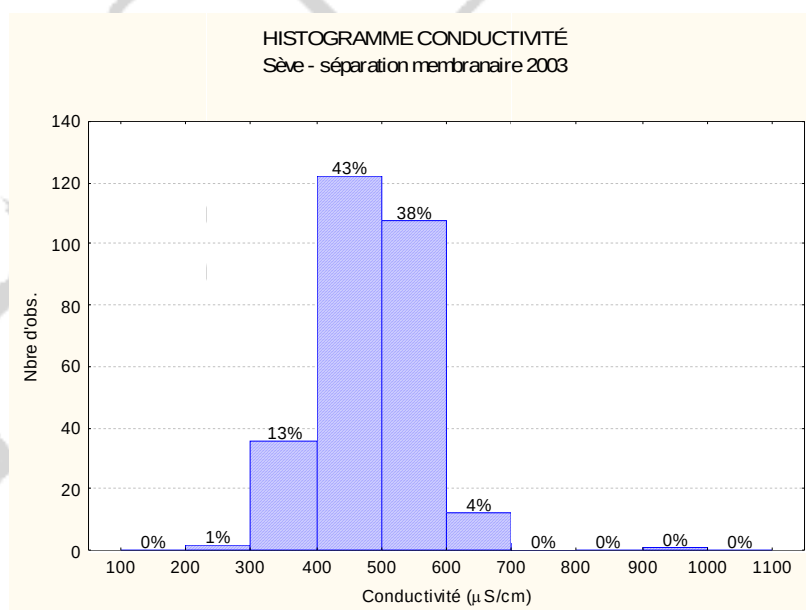


Figure 3 : Distribution des valeurs de conductivité électrique mesurées dans les échantillons de sève d'érable prélevés dans six régions du Québec au cours de la saison de coulée 2003.

3.2 Concentré de sève

Les propriétés physico-chimiques caractérisant les échantillons de concentré de sève d'érable prélevés dans le cadre de cette étude sont présentées au Tableau 6. De plus, la distribution de la valeur de ces propriétés dans les échantillons évalués est présentée aux Figures 4, 5 et 6.

Tableau 6 : Statistique descriptive de la caractérisation macroscopique des échantillons de concentré de sève prélevés dans six régions du Québec au cours de la saison de coulée 2003.

Propriétés physico-chimiques	Valeur moyenne	Écart-type	Étendue
Teneur en solides solubles (°Brix)	8,4	2,2	3,1– 16,2
pH	7,30	0,68	4,75 – 8,62
Conductivité électrique (µS/cm)	1179	237	627 – 1886

La teneur en solides solubles dans le concentré de sève varie de 3,1 à 16,2. La valeur moyenne pour cette propriété est de 8,4 °Brix. Environ 23 % des échantillons est autour de cette valeur moyenne (Figure 4).

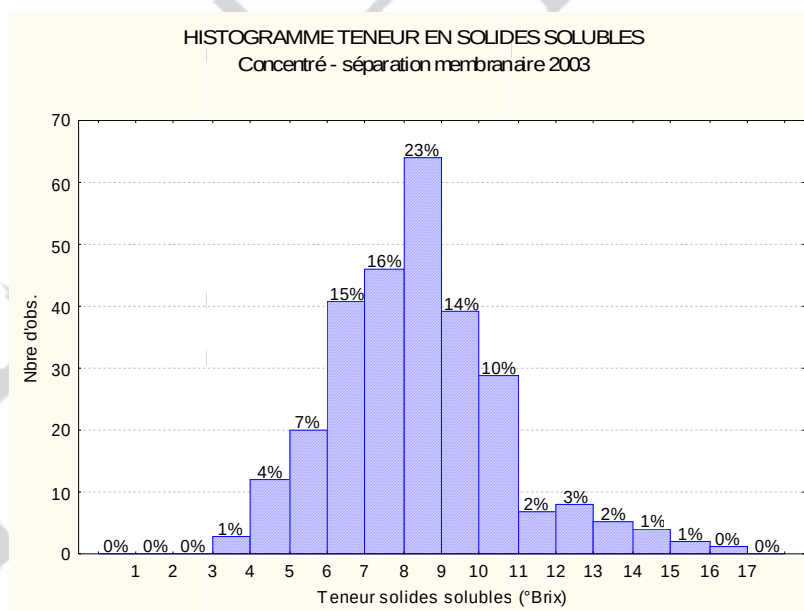


Figure 4 : Distribution des valeurs de la teneur en solides solubles mesurées dans les échantillons de concentré de sève prélevés dans six régions du Québec au cours de la saison de coulée 2003.

Environ 30 % des échantillons possède une valeur moyenne de pH qui est de 7,30, ce qui représente un pH neutre selon l'échelle logarithmique de pH (Figure 5). Cette valeur peut cependant varier de 4,50 (acide) à 8,62 (basique).

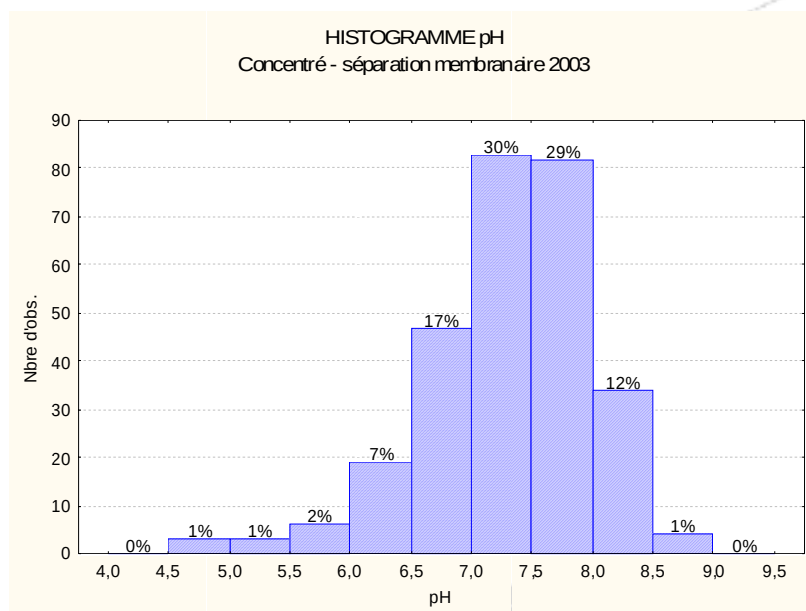


Figure 5 : Distribution des valeurs de pH mesurées dans les échantillons de concentré de sève prélevés dans six régions du Québec au cours de la saison de coulée 2003.

En ce qui concerne la conductivité électrique du concentré de sève, la valeur moyenne est de 1179 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Environ 35 % des échantillons est autour de cette valeur (Figure 6). Cette propriété peut cependant varier de 627 à 1886 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

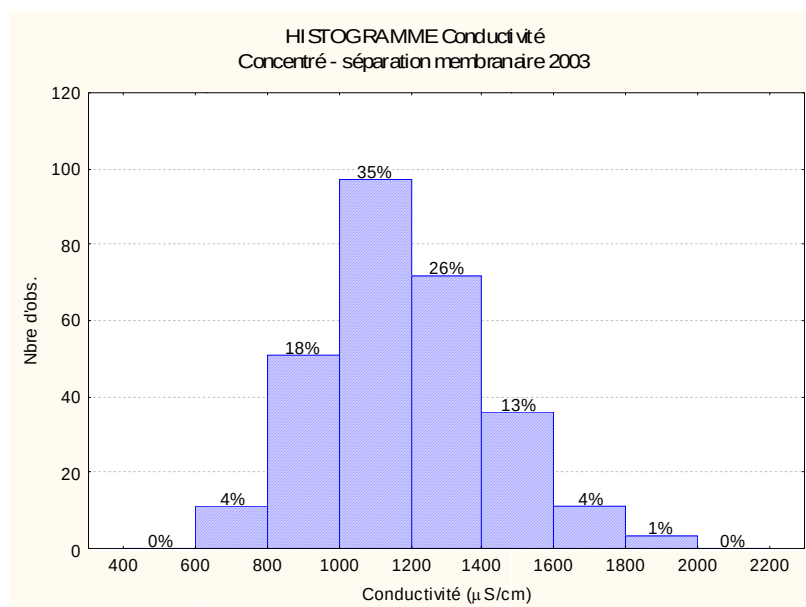


Figure 6 : Distribution des valeurs de conductivité électrique mesurées dans les échantillons de concentré de sève prélevés dans six régions du Québec au cours de la saison de coulée 2003.

3.3 Filtrat

Les propriétés physico-chimiques caractérisant les échantillons de filtrat sont présentées au Tableau 7. De plus, la distribution de la valeur de ces propriétés dans les échantillons évalués est présentée aux Figures 7, 8 et 9.

Tableau 7 : Statistique descriptive de la caractérisation macroscopique des échantillons de filtrat prélevés dans six régions du Québec au cours de la saison de coulée 2003.

Propriétés physico-chimiques	Valeur moyenne	Écart-type	Étendue
Teneur en solides solubles (°Brix)	0,04 ^[1]	0,1	0,0 – 0,7
pH	7,22	0,83	3,64 – 9,27
Conductivité électrique ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	58	66	1 - 437

[1] – Valeur moyenne en deçà de la résolution de l'instrument de mesure.

La teneur en solides solubles dans le filtrat varie de 0 à 0,7. La valeur moyenne pour cette propriété est de 0,04 °Brix. Environ 92 % des échantillons possède une valeur inférieure à 0,1 °Brix.

À titre d'exemple, la valeur minimale détectée par le réfractomètre utilisé, soit 0,1 °Brix, équivaut à une présence de 1000 ppm de sucre dans le filtrat. Le filtrat provenant d'un procédé d'osmose inverse ne devrait pas contenir de molécules de sucre (saccharose ou sucres invertis) à des concentrations détectables à l'aide d'un réfractomètre de laboratoire. Cette détection devrait même demeurer impossible lorsque le filtrat est réduit dans un rapport 20:1 par évaporation.

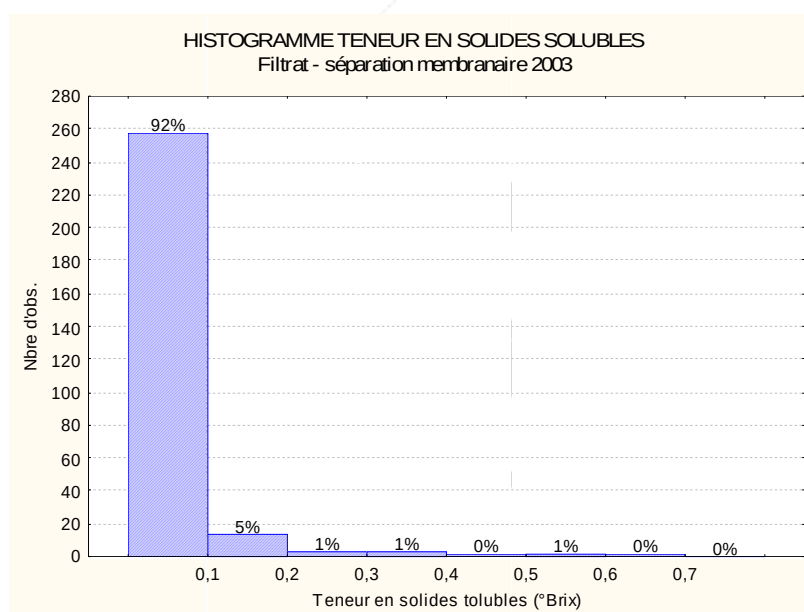


Figure 7 : Distribution des valeurs de la teneur en solides solubles mesurées dans les échantillons de filtrat prélevés dans six régions du Québec au cours de la saison de coulée 2003.

Environ 25 % des échantillons possède une valeur moyenne de pH de 7,22, ce qui représente un pH neutre dans l'échelle logarithmique de pH (Figure 8). Cette valeur peut cependant varier de 3,64 (acide) à 9,27 (basique). Cette propriété suit la même tendance que celle observée pour la sève d'érable.

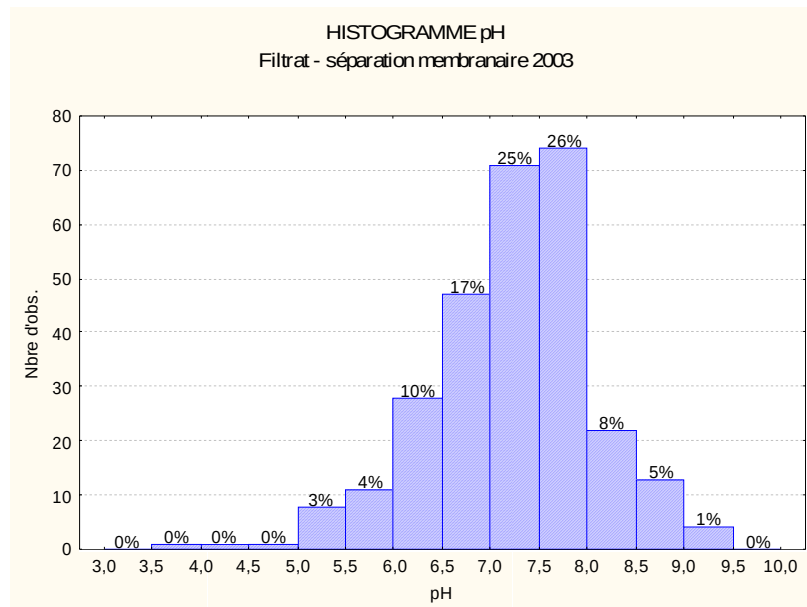


Figure 8 : Distribution des valeurs de pH mesurées dans les échantillons de filtrat prélevés dans six régions du Québec au cours de la saison de coulée 2003.

En ce qui concerne la conductivité électrique du filtrat, la valeur moyenne est de 58 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Environ 60 % des échantillons possède une valeur inférieure à 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Figure 9). Cette propriété peut cependant varier de 1 à 437 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

La conductivité d'une eau correspond à sa capacité à conduire plus ou moins bien un courant électrique la traversant. Cette propriété est proportionnelle à la concentration d'ions présente dans la solution. La mesure de la conductivité électrique du filtrat est donc une mesure indirecte de la quantité globale d'ions (éléments minéraux) se retrouvant dans ce liquide. Dans le milieu acéricole, la valeur de 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a été établie pour caractériser un filtrat provenant d'un procédé d'osmose inverse comme étant intègre (Allard et Belizle, 2004). Cette valeur maximale correspond à des filtrats obtenus avec des membranes d'osmose inverse ayant un début d'usure, moins performantes mais encore acceptables. Pour un filtrat typique d'osmose inverse, une valeur de 25 $\mu\text{S}/\text{cm}$ est plutôt référée (Allard et Belizle, 2004).

À titre d'exemple, l'eau purifiée de première qualité présente le niveau de pureté le plus faible et sa conductivité électrique est normalement de 1 à 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

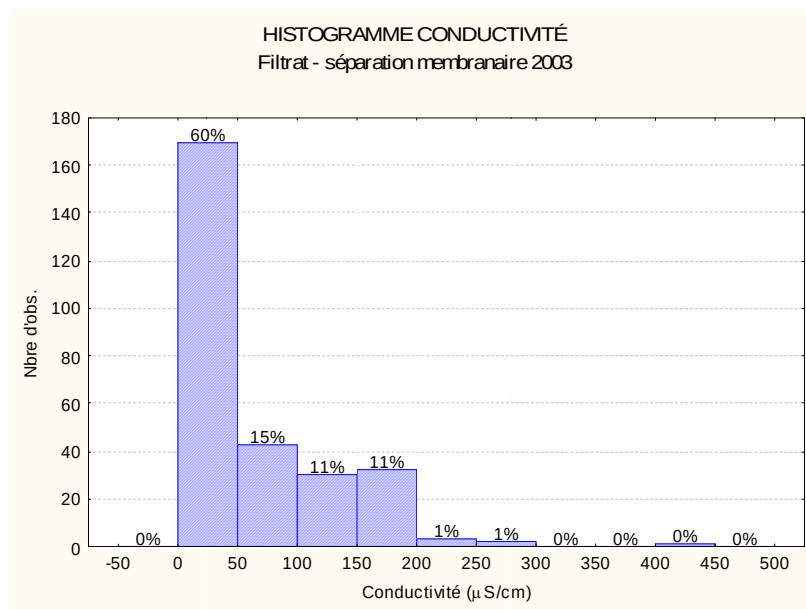


Figure 9 : Distribution des valeurs de conductivité électrique mesurées dans les échantillons de filtrat prélevés dans six régions du Québec au cours de la saison de coulée 2003.

4. TAUX DE RÉTENTION

Le taux de rétention (TR) a été calculé comme la différence de concentration de l'espèce d'intérêt (minéraux ou sucre) dans la sève d'érable à traiter (C_o) et le filtrat (C_p), divisée par la concentration de cette même espèce dans la sève d'érable à traiter. L'expression ci-dessous décrit cette relation :

$$TR = \frac{C_o - C_p}{C_o}$$

La sélectivité d'une membrane est, en général, définie par le taux de rétention de l'espèce chimique que la membrane est censée retenir. Dans cette étude, les deux espèces chimiques d'intérêt sont les sucres et les minéraux.

4.1 Taux de rétention basé sur la teneur en solides solubles (TR_s)

Pour le calcul de ce paramètre, la mesure de la teneur en solides solubles a été utilisée. La majorité des opérations de séparation membranaire ont un taux de rétention de sucre élevé (entre 95 et 100 %) tel qu'illustré à la Figure 10. Cependant, un 9 % des procédés opèrent

à des taux de rétention inférieurs à 95 %. Ceci montre que dans certains cas extrêmes (1 % des échantillons), une perte de saccharose allant jusqu'à 25 % à 30 % peut avoir lieu.

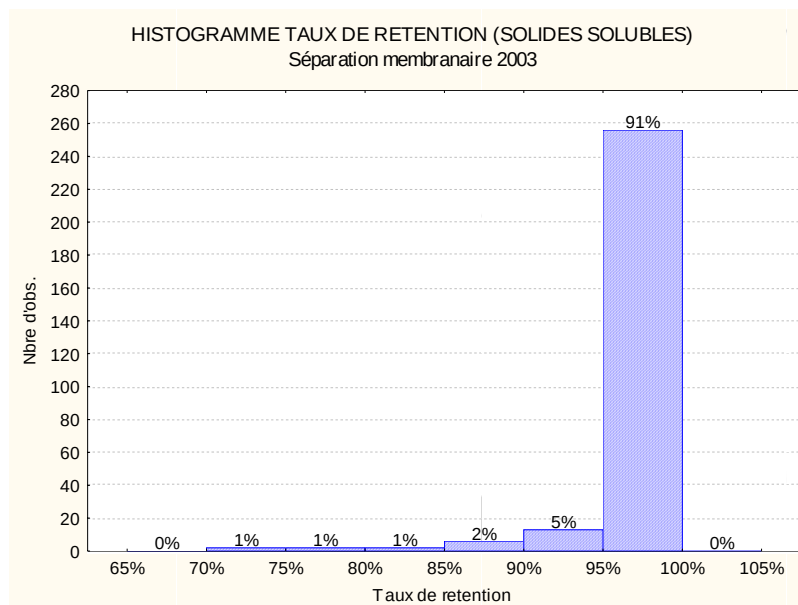


Figure 10 : Taux de rétention basé sur la teneur en solides solubles calculé pour les échantillons prélevés dans six régions du Québec au cours de la saison de coulée 2003.

4.2 Taux de rétention basé sur la conductivité (TR_c)

Pour le calcul de ce taux de rétention, la mesure de la conductivité électrique a été utilisée. Un peu plus de la moitié des opérations de séparation membranaire a un taux de rétention élevé (entre 90 et 100 %) tel qu'illustré à la Figure 11. Cependant, 40 % des procédés opèrent à des taux de rétention inférieurs à 90 %. Ce résultat est directement lié aux mesures de conductivité électrique et est en accord avec les résultats obtenus lors de la détermination de cette propriété. Ces valeurs de taux de rétention montrent que dans certains cas extrêmes (1 % des échantillons), une perte de minéraux allant jusqu'à 50 % à 60 % peut avoir lieu.

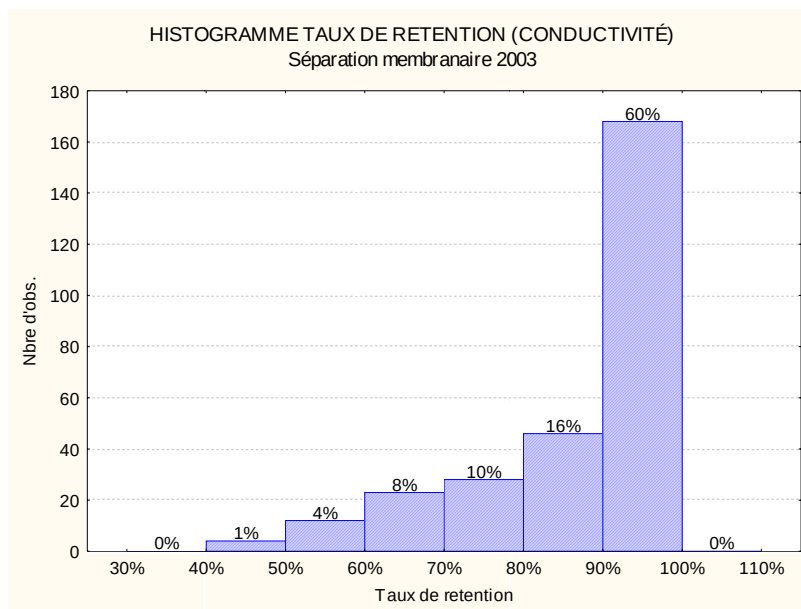


Figure 11 : Taux de rétention basé sur la conductivité électrique calculé pour les échantillons prélevés dans six régions du Québec au cours de la saison de coulée 2003.

5. EFFET DES FACTEURS

L'effet des facteurs susceptibles d'influencer l'intégrité des filtrats a été déterminé à l'aide d'une analyse de variance à effet multiples ayant une corrélation significative marquée à $p = 0,05$. Seulement les facteurs liés de façon phénoménologique à la nature des liquides ont été analysés, soit la région, la date de cueillette, la taille d'érablière et le type d'appareil. Il est important de rappeler ici que le facteur type d'appareil comprend plusieurs caractéristiques techniques du système de séparation membrane : le type de membrane, la configuration du montage mécanique (le type d'alimentation au module et la circulation de la solution à l'intérieur du module), la façon d'opérer le système et l'historique des cycles de lavage de la membrane. Les résultats de cette analyse sont interprétés de façon globale afin d'établir des effets descriptifs pour chacun des liquides à l'étude (sève d'érable, concentré de sève et filtrat). Des interactions existantes éventuellement entre les facteurs n'ont pas donc été déterminées.

5.1 Sève d'érable

L'effet de la région et de la date de cueillette sur la nature de la sève d'érable a été analysé (Tableau 8). L'analyse statistique montre que la **région de production** et la **date de cueillette**

ont un effet significatif sur les trois propriétés mesurées dans les échantillons de sève d'érable analysés.

La région de production est directement liée à des milieux pédologiques ayant des conditions particulières. Ces conditions déterminent en grande partie la disponibilité des éléments nutritifs (par exemple, les sels minéraux) pouvant être sélectionnés et absorbés par l'érable à sucre (Ressources naturelles Canada, 1995). De ce fait, la nature de la sève d'érable pourrait être en dépendance avec la région de production.

Par ailleurs, il est bien connu que la composition de la sève d'érable change au cours de la saison de coulée. Une valeur du pH neutre est observée au début de la saison pour les échantillons de sève d'érable analysés. Des valeurs de pH acide sont obtenues vers la fin de la saison de coulée, ce changement pourrait aussi être associé à l'acidification de la sève d'érable par la prolifération bactérienne. La tendance suivie par la teneur en solides solubles et la conductivité électrique est similaire à celle du pH, mais moins accentuée.

Tableau 8 : Effet de la région et de la date de cueillette sur les propriétés physico-chimiques des échantillons de sève d'érable prélevés dans six régions du Québec au cours de la saison de coulée 2003.

	Teneur solides solubles	pH	Conductivité électrique
Région	Oui	Oui	Oui
Date de cueillette	Oui	Oui	Oui

5.2 Concentré de sève

L'effet du type d'appareil et de la taille de l'érablière sur la nature du concentré de sève a été analysé (Tableau 9). L'analyse statistique montre que le **type d'appareil** n'a pas d'effet significatif sur la conductivité électrique des échantillons analysés. Cependant, ce facteur a un effet significatif sur la valeur de la teneur en solides solubles et du pH des échantillons de concentré de sève analysés. Ceci veut dire que les différents appareils participant à cette étude pourraient produire un concentré de sève ayant des valeurs élevées ou faibles de conductivité indépendamment de l'appareil utilisé. Cependant, ces appareils seraient liés à la production d'un concentré de sève ayant une teneur en solides solubles et pH spécifiques à chacun d'entre eux.

En ce qui concerne l'effet de la **taille d'érablière** sur la nature du concentré de sève, l'analyse statistique montre qu'il n'y a pas d'effet significatif sur les trois propriétés mesurées dans les échantillons. Ceci veut dire que n'importe quelle érablière participant à cette étude pourrait utiliser un taux de concentration élevé ou faible indépendamment de sa taille.

Tableau 9 : Effet du type d'appareil et de la taille de l'érablière sur les propriétés physico-chimiques des échantillons de concentré de sève prélevés dans six régions du Québec au cours de la saison de coulée 2003.

	Teneur en solides solubles	pH	Conductivité électrique
Type d'appareil	Oui	Oui	Non
Taille de l'érablière	Non	Non	Non

5.3 Filtrat

L'effet du type d'appareil et de la taille de l'érablière sur la nature du filtrat a été analysé (Tableau 10). L'analyse statistique montre que le **type d'appareil** a un effet significatif sur les trois propriétés mesurées dans les échantillons. Cette dépendance pourrait être directement liée au type de membrane et aux conditions d'opération utilisées par ces appareils de séparation membranaire. Il est cependant impossible de se prononcer à ce sujet car cette information n'est pas disponible.

En ce qui concerne l'effet de la **taille d'érablière** sur la nature du filtrat, l'analyse statistique montre qu'il n'y a pas d'effet sur la conductivité électrique des échantillons analysés. Cependant, ce facteur a un effet significatif sur la teneur en solides solubles et le pH des échantillons analysés. Ceci veut dire que n'importe quelle érablière participant à cette étude pourrait produire un filtrat ayant une conductivité électrique élevée ou faible indépendamment de sa taille. Cependant, la taille de l'érablière serait liée à la production d'un filtrat ayant une teneur en solides solubles et pH spécifique aux petites et moyennes ou grandes érablières.

Tableau 10 : Effet du type d'appareil et de la taille de l'érablière sur les propriétés physico-chimiques du filtrat prélevé dans cinq régions du Québec au cours de la saison de coulée 2003.

	Teneur en solides solubles	pH	Conductivité électrique
Type d'appareil	Oui	Oui	Oui
Taille de l'érablière	Oui	Oui	Non

CONCLUSION

Les résultats de cette étude ont permis d'établir un portrait de l'intégrité du filtrat provenant des appareils de séparation membranaire utilisés en acériculture lors de la saison de coulée 2003. Sur un total de 281 triplets analysés, 8 % des filtrats possède une teneur en solides solubles supérieure à 0,1 °Brix et 40 % des filtrats a une conductivité électrique supérieure à 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Ces valeurs montrent qu'il y a des filtrats contenant des sucres (saccharose et sucres invertis) et des minéraux, ce qui génère une perte d'espèces chimiques d'intérêt lors de la transformation de la sève d'érable. En effet, la perte de sucre se traduit directement en une perte économique, tandis que la perte en minéraux compromet la production d'un sirop d'érable intègre. Dans le cas extrême, 0,7 % de sucre peut être retrouvé dans le filtrat et une concentration de minéraux équivalente à 437 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Cette étude démontre donc que ***la mesure de la conductivité électrique du filtrat est un moyen de contrôle de l'opération de concentration partielle de la sève d'érable suffisamment fiable pour être utilisé en érablière*** et qu'il existe un problème réel sur 40 % des échantillons prélevés dans le cadre de cette étude.

Par ailleurs, à première vue, le facteur le plus susceptible d'influencer l'intégrité du filtrat est le type d'appareil de séparation membranaire utilisé pour la concentration partielle de la sève d'érable. Sur la base des résultats obtenus, aucune conclusion approfondie ne peut être établie du fait du manque d'information sur les membranes utilisées dans ces appareils. Ces résultats amènent cependant à une réflexion en ce qui concerne les trois points ci-dessous :

1. Le type de procédé de séparation membranaire utilisé dans les érablières lors de la saison 2003.

Est-ce qu'un procédé d'osmose inverse a toujours été utilisé pour la production des échantillons analysés? La valeur de la conductivité électrique de certains filtrats permet de croire qu'un autre type de séparation membranaire a été utilisé.

2. Le type de configuration des modules installés dans les érablières.

Est-ce que certains triplets pourraient provenir des systèmes de séparation membranaire arrangés en série? Est-ce que des membranes de différents types sont utilisées dans des systèmes en série?

3. La manipulation et l'entretien des appareils de séparation membranaire.

Est-ce que les appareils fonctionnent dans des conditions d'opération optimales et suivent des cycles de nettoyage adéquats? La température de procédé, les matières en suspension dans la sève d'érable à traiter, le pH des solutions de lavage, le colmatage des membranes, etc. peuvent influencer la performance de ces appareils.

Afin de préciser la nature de cette problématique, de l'information décrivant les membranes utilisées dans les appareils de séparation membranaire et l'arrangement des systèmes serait nécessaire.



REMERCIEMENTS

Nos sincères remerciements aux intervenants en acériculture qui ont participé à la cueillette des échantillons, aux producteurs et à M. Gaston B. Allard initiateur de cette étude.



BIBLIOGRAPHIE

ALLARD G.B. et BELIZLE M. (2004). Cahier de Transfert Technologique en Acériculture. Section 6 : Concentration partielle de l'eau d'érable par osmose inversée. La Pocatière, Québec. 38 p.

Ressources naturelles Canada. (1995). L'érable à sucre – caractéristiques, écologie et aménagement. MRN (RN95-3050) et MAPAQ (95-0064). Québec, Canada. 394 p.

