

Siège social

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

Bureau de Québec

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

Projet de recherche : rapport final

Traitement de la sève d'érable printanière par rayonnement ultraviolet

Par: J. Dumont, chimiste
D. Lessard
G. B. Allard, ing. & agr.



Le but de ce travail était d'évaluer l'effet de l'absorbance de la sève d'érable printanière à la longueur efficace de la source ultraviolette sur le taux de destruction des bactéries par exposition au rayonnement ultraviolet et de déterminer quels seront les facteurs déterminant qui optimisent l'efficacité du traitement, soit le temps d'exposition et le parcours optique du rayonnement. Nous avons d'abord observé que la sève d'érable printanière stérile avait un taux de transmission moyen de 50% à 254 nm pour un parcours optique de 10 mm et que ce taux n'était plus que de 30% pour la sève contaminée. L'incidence de cette absorbante sur l'efficacité du traitement est d'autant plus important que le parcours optique du rayonnement est grand. Avec un parcours optique de 38 mm, une exposition au rayonnement de 9 secondes, ne nous permet d'atteindre qu'un taux de destruction de 97%, alors qu'avec un parcours optique de 13 mm, une exposition de 6 secondes, nous permet d'atteindre un taux de destruction de 99.97%. Ces conditions optimisées pourraient permettre de prolonger la durée de l'entreposage de la sève d'érable mais ne devraient pas se substituer aux bonnes pratiques sanitaires recommandées pour obtenir un sirop d'érable de qualité.



Table des matières

Introduction	1
Matériels et méthodes.....	2
Appareils pour le traitement au rayonnement ultraviolet.....	2
Milieux étudiés.....	3
Evaluation de l'efficacité du traitement	3
Mesure de l'absorbante.....	4
Résultats et discussion.....	4
Remerciements	6
Références	7

Traitement de la sève d'érable printanière par rayonnement ultraviolet



Introduction

Depuis bien des années, il est admis que la contamination microbiologique de l'eau d'érable entraîne une baisse de la qualité du sirop (Naghski *et coll.*, 1957). En effet, le sirop produit à partir d'une sève d'érable fortement contaminée sera plus foncé et aura un goût de caramel plus prononcé qui peut masquer le goût d'érable (Willits *et coll.*, 1961, Holgate, 1950).

Le traitement de la sève d'érable à l'aide de rayonnement ultraviolet a été introduit en acériculture dans les années soixante-dix. Kissinger et Bell (1972) ont évalué l'effet du rayonnement ultraviolet sur les bactéries et les levures provenant de la sève d'érable. Ils ont alors déterminé les conditions adéquates pour la pasteurisation de la sève d'érable. Avec un parcours optique de 13 mm, la source utilisée pouvait détruire 99.99% de la population bactérienne en moins de 12 secondes.

Plus récemment, avec un appareil commercial, Whalen et Morselli (1983) ont obtenu des taux de destruction de 86.2 à 99.4% pour les bactéries et de 31.6 à 75.0070, pour les levures. Le temps d'exposition au rayonnement était alors de 8.2 secondes et le parcours optique de 31.8 mm.

Avec de la sève d'érable printanière concentrée par osmose inversée et une durée d'exposition au rayonnement d'environ 18 s, le même appareil a donné des taux de destruction de 43.3 à 98.5% pour les bactéries et de 0.0 à 73.2% pour les levures (Morselli et Whalen, 1984).

D'autre part, on sait que l'efficacité du traitement par le rayonnement ultraviolet dépend de facteurs tels la nature et le degré de contamination, la présence de particules et les propriétés physiques du milieu (Banwart, 1981). Norest et Schild (1986) notent que l'efficacité du traitement dépend de la dose de rayonnement que reçoivent les microorganismes. Cette dose est régie par la loi de Berr-Lambert selon la relation:

$$D = I_0 e^{-kbt}$$

où:

D = dose reçue ($\mu\text{W.s/cm}^2$);

I_0 = intensité initiale du rayonnement ($\mu\text{W/cm}^2$);

K = constante reliée aux caractéristiques physiques du milieu;

b = parcours optique (cm);

t = durée de l'exposition (secondes).

L'efficacité du traitement est donc liée à l'intensité initiale du rayonnement, aux caractéristiques physiques du milieu, au parcours optique et à la durée de l'exposition. L'objet de ce travail est de vérifier lesquels de ces facteurs devraient être pris en compte lors du traitement de la sève d'érable printanière.

L'intensité initiale du rayonnement est fonction de la source utilisée et est généralement spécifiée par le fournisseur. Les caractéristiques physiques du milieu pouvant influencer la transmission du rayonnement dans le milieu peuvent être déterminées par l'absorbance de ce milieu à la longueur d'onde efficace de la

source. L'absorbance de la sève d'érable printanière, en lumière ultraviolette a déjà été observée et est due à la présence de composés de la famille des purines (Wasseem, 1988).

Nous avons d'abord déterminé dans quelle mesure la transmission de la lumière ultraviolette est influencée par la présence de contamination microbienne dans la sève d'érable. Ainsi, nous avons vérifié comment varie l'absorbance de la sève d'érable printanière stérile et contaminée à la longueur d'onde efficace de la source, soit 254 nm. Ensuite, nous avons déterminé l'effet de l'absorbance du milieu sur l'efficacité du traitement. Nous avons aussi étudié l'effet du parcours optique et de la durée de l'exposition sur le taux de destruction des microorganismes et calculé la dose de rayonnement reçue correspondant à chacune de ces conditions afin de déterminer les paramètres adéquats pour obtenir un traitement efficace.



Matériels et méthodes

Appareils pour le traitement au rayonnement ultraviolet.

L'évaluation de l'effet des caractéristiques physiques du milieu sur l'efficacité du traitement ont été effectuées à l'aide d'un appareil commercial de marque Erié, modèle EP-SM, muni d'une source à basse pression à vapeur de mercure d'une puissance de 40 watts (Volt ARC UV-LUX, no. G-36T6L). Selon les données du fabricant, au débit recommandé, soit $6.1 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ (8 gal.imp./min), cette source fournit une exposition de 9 s d'une dose minimum de $35,000 \mu\text{W}\cdot\text{s}/\text{cm}^2$ avec un rendement théorique de 92% de la lumière émise à 254 nm. Dans ce cas, le parcours optique du rayonnement ultraviolet est de 38 mm.

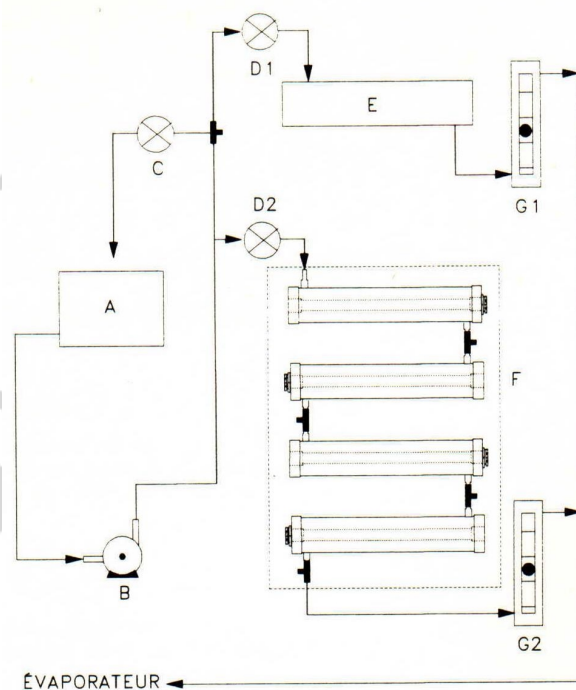


Figure 1. Schéma du montage expérimental utilisé pour l'évaluation de l'effet de la dose du rayonnement sur l'efficacité du traitement.

A: réservoir de sève, B: pompe d'alimentation, C, D1 et D2: valves de contrôle de débit, E: source U.V. dont le parcours optique est de 38 mm, F: sources U.V. dont le parcours optique est de 13 mm, G1 et G2: rotamètres de précision.

Pour évaluer l'effet du parcours optique et de la durée de l'exposition, nous avons utilisé le montage illustré à la figure 1. En variant le nombre de sources placées en série (F) on peut faire varier la durée de l'exposition. Dans chacun des circuits (E et F), les sources utilisées sont du même type que pour l'appareil commercial Erié mentionné précédemment. Le parcours optique des sources "E" et "F" est respectivement de 13 et 38 mm. Afin d'obtenir une turbulence comparable dans les deux systèmes (nombre de Reynolds d'environ 6000), les débits de sève peuvent être réglés alternativement à 4.5×10^{-4} m³/s pour les sources "F" et 6.1×10^{-4} m³/s pour la source "E" par l'intermédiaire de la pompe (B) et du système de valves (C, D1 et D2). Dans ces conditions la durée d'exposition est de 3 s pour chaque source "F" et de 9 s pour la source "E".

Le montage illustré à la figure 1 est muni de valves permettant la prise d'échantillon (non-illustrées). Après stérilisation à l'alcool 70%, un échantillon de sève d'érable est prélevé à l'aide d'une seringue stérile de 10 mL, au travers du bouchon de caoutchouc de la valve.

Une désinfection des montages à l'hypochlorite de sodium 0.02%, en circulation pendant 5 min, et un rinçage à l'eau déminéralisée stérile sont effectués avant et après chaque essai.

Milieux étudiés

L'étude de l'absorbance de la sève d'érable printanière en ultraviolet a été fait sur des échantillons de sève provenant de l'érablière expérimentale du ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation du Québec, St-Norbert, Québec. Les sèves stériles ont été fournies par l'équipe du Dr. Jacques Goulet de l'université Laval, Québec, et ont été recueillies au cours du printemps 1987, selon une méthode assurant des conditions sanitaires (Goulet *et coll.*, 1985), puis gardées congelées à -40 °C jusqu'à leur utilisation. Les échantillons contaminés ont été recueillis par un système de tubulure selon la méthode recommandée par le Conseil des productions végétales du Québec (C.P.V.Q., 1984).

Pour l'évaluation de l'effet de l'absorbance et du degré de contamination du milieu sur l'efficacité du traitement, nous avons utilisé de la sève d'érable printanière concentrée par osmose inversée que nous avons gardée congelée à -40°C jusqu'à son utilisation. Pour obtenir des milieux de différents degrés d'absorbance, nous avons mélangé en différentes proportions de la sève d'érable printanière à des solutions de saccharose de qualité alimentaire. Après avoir ajusté la concentration en sucre du milieu à 2 °Brix, tous ces milieux ont été inoculés au même taux (10^6 u.f.c./mL) avec le même type de culture prélevé de la sève d'érable printanière le printemps précédant et gardée lyophilisée jusqu'à utilisation.

Dans le cas de l'évaluation de l'effet du parcours optique et de la durée de l'exposition, le milieu traité était de la sève d'érable printanière entreposée à l'obscurité dans un bassin ouvert, pendant un maximum de 48 h avant les essais. Ces essais ont été faits lors du printemps 1989 à l'érablière expérimentale du ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation du Québec, St-Norbert, Québec.

Evaluation de l'efficacité du traitement

Nous avons évalué l'efficacité du traitement en mesurant le taux de destruction de la population bactérienne "T" défini par la relation suivante:

$$T = \frac{(P_0 - P_1) \times 100}{P_0}$$

où:

P_0 est la population initiale

P_1 est la population après traitement.

Le dénombrement des bactéries a été fait après 48 h d'incubation à 20 °C dans l'obscurité, dans un milieu de culture "Plate Count Agar" préparé selon les indications du fabricant et enrichi de 0.5% de saccharose.

Mesure de l'absorbante.

La mesure de l'absorbante à 254 nm, des milieux traités et de la sève d'érable printanière stérile a été effectuée dans les cellules de quartz d'un parcours optique de 10 mm, à l'aide d'un spectrophotomètre Beckman, modèle DU-7 ou équivalent.



Résultats et discussion

Comme nous l'avons mentionné précédemment, et tel que relevé par plusieurs auteurs (Norest et Schild, 1986, Banwart, 1981) la quantité d'énergie disponible pour détruire les microorganismes dépend de l'absorbance du milieu. Le tableau 1 montre les valeurs d'absorbance à 254 nm de sèves printanières d'érable stériles et contaminées. On remarque que la sève non-stérile a une valeur d'absorbance plus élevée que la sève stérile. D'après ces données, on évalue le taux de transmission moyen de la sève stérile à environ 50%, alors que la sève contaminée a un taux de transmission moyen d'environ 30%, à 254 nm. L'efficacité du traitement au rayonnement ultraviolet pourrait être influencée par les composés absorbants présents dans la sève ainsi que son degré de contamination.

Tableau 1. Absorbance de la sève d'érable printanière à 254 nm.

	Date					
	87-03-23	87-03-24	87-03-25	87-03-29	87-03-30	87-04-02
Absorbance de la sève stérile	0.313	0.320	0.357	0.264	0.281	0.350
	Date					
	89-03-25	89-03-27	89-03-30	89-04-01	89-04-06	89-04-08
Absorbance de la sève non-stérile	0.432	0.494	0.486	0.456	0.595	0.634
Log du compte bactérien	4.76	6.11	7.66	6.49	6.85	6.91

La figure 2 illustre la relation entre l'absorbance du milieu et le taux de destruction obtenu par la méthode décrite précédemment, en fonction du temps d'exposition au rayonnement ultraviolet. En examinant les résultats illustrés sur cette figure, on remarque que pour obtenir un taux de destruction d'au moins 99.70, le taux de transmission du milieu ne pourra être inférieur à 55% ($A = 0.26$), si on irradie pendant 5 s, moins de 45% ($A = 0.35$), si on irradie pendant 13 s et moins de 20% ($A = 0.70$), si irradié pendant 27 s. Si on est plus exigeant du point de vue de l'efficacité du traitement et que l'on vise un taux de destruction de 99.99%, le taux de transmission du milieu ne pourra être moins de 70%, environ ($A = 0.15$), si on irradie pendant 5 s, moins de 63% ($A = 0.20$) si on irradie pendant 13 s et moins de 45%, ($A = 0.35$) si on irradie pendant 27 s. Comme nous avons pu le vérifier, le taux de transmission de la sève d'érable à 254

nm, étant au mieux de 50%, on devra en tenir compte en pratique dans le choix des conditions d'irradiation pour obtenir un taux de destruction adéquat.

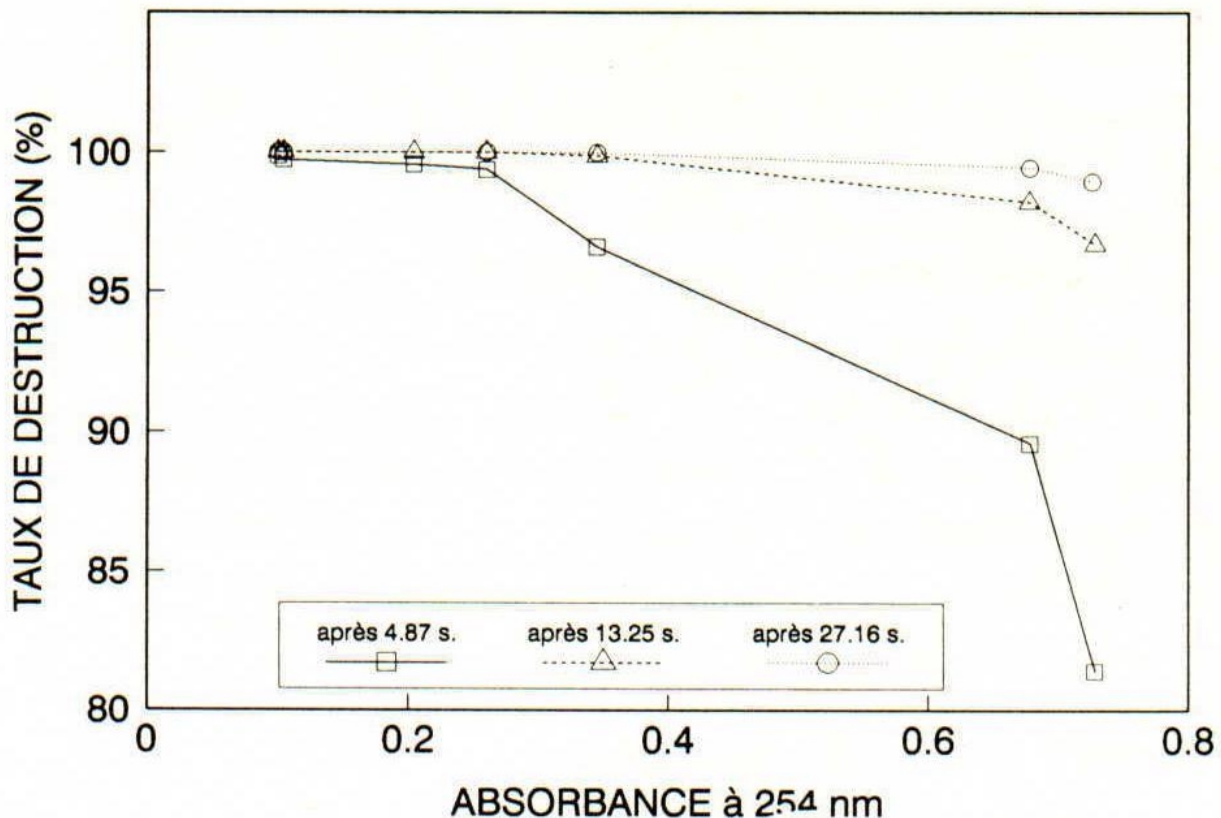


Figure 2. Relation entre l'absorbance de la sève à 254 nm et le taux de destruction des microorganismes pour différentes durées de l'exposition au rayonnement ultraviolet.

Comme nous l'avons mentionné précédemment, pour augmenter l'efficacité du traitement, la dose reçue peut être changée de deux façons: en faisant varier la durée de l'exposition au rayonnement ou en faisant varier le parcours optique du rayonnement. Des essais concernant ces deux effets ont été menés à l'aide du montage décrit à la figure 1, lors du printemps 1989, sur de la sève d'érable printanière dont le taux de transmission du rayonnement ultraviolet à 254 nm pour un parcours optique de 10 mm, se situait autour de 30% et dont le compte total de bactéries avant traitement étaient d'environ 10^7 u.f.c./mL. Chaque résultat rapporté est la moyenne de onze essais menés au cours du printemps 1989. La dose théorique fournie par la source ($35,000 \mu\text{W.s/cm}^2$) est donnée pour un milieu dont le taux de transmission est de 92% pour l'appareil Erié, soit avec un parcours optique du rayonnement de 38 mm. Le tableau 2 donne les doses reçues par la sève d'érable printanière calculée d'après les données théoriques de la source [relation (1)] en fonction du parcours optique, de la durée de l'exposition au rayonnement et du taux moyen de transmission de la sève utilisée. Les taux de destruction obtenus expérimentalement résultant des traitements dans chacune de ces conditions sont fonction de la dose d'énergie reçue. Ainsi, si on utilise un appareil commercial conçu pour le traitement de l'eau potable, dont le parcours optique est de 38 mm, par exemple, pour obtenir une dose pouvant détruire 99.99% de la population, soit, de l'ordre de 5000 à $8000 \mu\text{W.s/cm}^2$, le temps d'exposition devra être 10 à 20 fois plus long, soit de 90 à 200 s. Lorsque le milieu à traiter a un faible taux de transmission, comme c'est le cas pour la sève d'érable printanière, le principal facteur à prendre en compte pour obtenir une dose adéquate de rayonnement n'est plus le temps d'exposition qui serait alors trop long, mais le parcours optique du rayonnement soit l'épaisseur de liquide que le rayonnement a à franchir.

Tableau 2. Effet du parcours optique et de la durée de l'exposition sur le taux de destruction.

Parcours optique (mm)	Durée de l'exposition (s)	Dose d'énergie reçue * $\mu\text{W.s/cm}^2$)	Taux de destruction (%)
13	3	2700	99.50 (0.64) ¹
	6	5300	99.97(0.05)
	9	8000	99.99(0.03)
	12	11000	99.99(0.02)
38	9	400	97.27(4.79)

¹ Les valeurs entre parenthèses sont les écarts types de la moyenne des onze essais.

En se référant à d'autres secteurs de l'industrie alimentaire, un taux de destruction de 99.95 % à 99.99 % est requis pour la stérilisation des emballages utilisés lors du procédé de conditionnement aseptique (Bayliss et Waites, 1979). Dans le cas du cidre de pomme, par exemple, Harrington et Hills (1968) montrent l'avantage du traitement au rayonnement ultraviolet qui détruit 99% de la population microbienne en 40 s, permettant ainsi un entreposage prolongé du jus de pomme, sans détérioration microbiologique. Dans le secteur acéricole, il semble qu'une population bactérienne de 10^5 u.f.c./mL de la sève printanière puisse avoir un effet négatif sur la qualité du sirop produit (Allard, 1988). La population bactérienne pouvant s'élever à 10^7 u.f.c./mL, en visant un taux de destruction de 99.99% nous aurons après traitement, une population de l'ordre de 10^3 ce qui pourrait nous permettre, comme dans le cas du jus de pomme, de prolonger la période d'entreposage. Ainsi, le tableau 2 indiquerait que seul le prototype dont le parcours optique est de 13 mm peut nous fournir cette efficacité avec une durée d'exposition au rayonnement qui demeure pratique, soit 9 s.

L'acériculteur devra cependant tenir compte du fait que dans les conditions d'entreposage pratiquées dans le milieu, la sève printanière est toujours vulnérable à la contamination et à la prolifération microbiennes (bassin ouvert, chaleur à proximité du bassin d'entreposage, lavage inadéquat du système). Dans ce contexte, la prolongation de la durée de l'entreposage de la sève d'érable printanière est limitée même après traitement au rayonnement ultraviolet et ne devrait pas remplacer les bonnes pratiques sanitaires qui permettent d'obtenir un produit de qualité (lavage de la tubulure et des bassins, entreposage dans un bassin couvert au frais, etc.) (Allard, 1988).



Remerciements

Nous désirons remercier le docteur Jacques Goulet de l'université Laval pour ses conseils concernant les techniques de microbiologie et le personnel des laboratoires de sciences et technologie des aliments et de l'érablière expérimentale de St-Norbert pour leur aide et leur soutien technique.



Références

- Allard, G.B. 1988. Amélioration des techniques d'assainissement des réseaux de tubulure servant à la collecte de l'eau d'érable. Ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation du Québec, Direction de la recherche agro-alimentaire, Service des productions végétales.
- Banwart, J.G. 1981. Control of microorganism by destruction. In: Basic Food Microbiology. Abridged Edition. Van Nostrand Reinhold Company (Ed.). p. 459. Avi Publishing, New York, NY.
- Bayliss, C.E., Waites, W.M. 1979. The Combined Effect of Hydrogen Peroxide and Ultraviolet Irradiation on Bacterial Spores. Appl. Bacteriol. 47:263..Conseil des productions végétales du Québec. 1984. Erablière. Entaillages des érables.
- Goulet, J., Lagacé, F., Lebrun, A., Pouliot, G. et Villeneuve, L. 1985. Caractérisation des constituants mineurs de la sève d'érable. Rapport présenté au M.A.P.A.Q., Québec.
- Harrington, W.O., Hills, C.H. 1968. Reduction of the microbial population of apple cider by ultraviolet irradiation. Food Technol. 22: 117.
- Holgate, K.C. 1950. Changes in the composition of maple sirup during the tapping season. New York State Agricultural Experiment Station, Geneva, N.Y., bulletin no. 742.
- Kissinger, J.C. et Bell, P.A. 1972. An economical ultraviolet-irradiation unit for pasteurizing flowing maple sap. Agriculture Research Service, U.S. Department, of Agriculture, ARS-73-71, EMN, publication no. 363 1.
- Morselli, M.F. et Whalen, M.L. 1984. In-line ultraviolet light treatment of sugar maple sap at different flow rates and on sap concentrated by reverse osmosis. Agricultural Experiment Station, University of Vermont, Res. Rep. 37.
- Naghski, J., Reed, L.L. et Willits, C.O. 1957. Maple Syrup. X. Effect of controlled fermentation of maple sap on the color and the flavor of maple sirup. Food Res. 2: 176.
- Norest, D. et Schild, J.I. 1986. Les aspects nouveaux de la technologie du rayonnement U.V. dans l'industrie alimentaire. L'eau, l'industrie, les nuisances. 100:35.
- Waseem, M. 1988. Les régulateurs de croissance de la sève printanière des tiges et bourgeons d'acer saccharum march, relations possibles avec la reprise de croissance. Thèse de doctorat. Université de Montréal, département des sciences biologiques, Montréal, Québec.
- Whalen, M.L. et Morselli, M.F. 1983. In-line ultraviolet light treatment of sugar maple sap. Agricultural Experimental Station, University of Vermont, Res. Rep. 32.
- Willits, C.O., Frank, H.A. et Bell, R.A., 1961. Maple Syrup. XIX. Flavor and color through controlled fermentation of maple sap. Food Technol. 11:473. Submitted September 17, 1990 Revised January 28, 1991 Accepted February 17, 1991