



Centre de recherche de développement et de transfert technologique en acériculture

Siège social

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

Bureau de Québec

1140, rue Taillon
Québec, Qc, G1N 3T9
Tel : (418) 643-8903
Fax : (418) 643-8350

Projet de recherche: Rapport final

Étude des variations régionales en métaux lourds contenus dans l'eau d'érable en fonction de la période de récolte.

Par: Jean Pierre Renaud, Ph. D. , physiologiste



Afin de déterminer les concentrations naturelles de plomb (Pb) et de certains métaux lourds dans l'eau d'érable, des analyses de plomb (Pb), cuivre (Cu), fer (Fe), zinc (Zn), sodium (Na) et cadmium (Cd), ont été effectuées sur des échantillons recueillis dans 6 régions agricoles du Québec. Le pH et la concentration en solides totaux (Brix) ont également été mesurés sur ces échantillons. L'eau a été récoltée en début, milieu et fin de saison chez 15 producteurs par région.

Les résultats obtenus montrent que pour l'ensemble des métaux analysés, les concentrations médianes retrouvées dans l'eau d'érable se situent sous le seuil de quantification des méthodes de dosage utilisées, sauf pour le Zn (206ug/L) et le Cd (0.9ug/L). Cependant, dans une faible proportion des érablières échantillonnées, certains métaux lourds ont été détectés de façon naturelle. En ce qui concerne le Pb, sa présence n'a été observée que dans 18% des érablières échantillonnées. Les concentrations étaient inférieures à 52ug/L. Des concentrations relativement élevées (i.e. supérieures à 200ug/L) ont également été obtenus pour le Na, Zn, Fe et Cu dans certains échantillons.

Les concentrations en métaux lourds varient peu en fonction des régions agricoles. Les variations observées dans les échantillons semblent plutôt associées à des conditions locales, encore mal définies. Aucune corrélation entre les métaux lourds disponibles dans le sol et les concentrations mesurées dans l'eau d'érable n'a été observée. Seul le pH de l'eau d'érable varie significativement d'une région à l'autre. En moyenne, les pH obtenus pour les régions 01 (6.2 à 7.8) et 05 (6.2 à 8.5) sont supérieurs à ceux obtenus pour les régions 02 (3.8 à 7.8) et 04 (4.4 à 7.8).

Au cours d'une saison, les concentrations en métaux lourds de l'eau varient peu, alors que le pH tend à diminuer. Les valeurs de pH passent en moyenne de 7.0 en début de saison, à 6.7 en fin de saison. Une contamination microbienne des entailles ou une modification du métabolisme des arbres pourraient expliquer cette diminution du pH.

Comme certains métaux lourds sont présents de façon naturelle dans l'eau d'érable, il est important de mieux comprendre leurs origines. Des études plus poussées en ce domaine devraient être effectuées.



Table des matières

Problématique	1
Protocole expérimental.....	1
Plan d'échantillonnage	1
Méthodes d'analyses	2
Analyse des variations de la concentration en métaux lourds, en solides totaux et du pH	2
Influence de la disponibilité en métaux lourds du sol sur les concentrations en métaux lourds retrouvées dans l'eau d'érable	2
Résultats	3
Variation du Plomb dans l'eau	3
Variations des autres métaux lourds, du pH et de la concentration en solides totaux.....	3
Variation de la concentration en métaux lourds dans l'eau.....	3
Variation du pH.....	3
Variation de la concentration en solides totaux (Brix).....	3
Relation entre la disponibilité en métaux lourds du sol et leurs concentrations dans l'eau d'érable	3
Discussion	4
Conclusion.....	6
Bibliographie.....	6
Remerciements.....	7

Étude des variations régionales en métaux lourds contenus dans l'eau d'érable en fonction de la période de récolte.



Problématique

Les préoccupations des consommateurs pour une alimentation saine sont sans conteste grandissantes. En ce sens, le sirop d'érable a toujours joui d'une image d'aliment naturel de qualité. Cependant, l'utilisation d'équipements acéricoles pour la fabrication d'aliments autres que le sirop d'érable a récemment soulevé un doute concernant l'apport possible de plomb (Pb) par ces équipements. Peu de recherches ont permis de quantifier le niveau naturel de métaux lourds dans l'eau et le sirop d'érable (Robinson et al. 1989, Couillard et Chouinard 1995). La plupart des travaux sur la composition de l'eau d'érable ont porté sur les variations du pH, de la teneur en sucres (Holgate 1950), et des éléments minéraux majeurs tels l'azote (N), le phosphore (P), le potassium (K), le calcium (Ca) et le magnésium (Mg) (Leaf 1964, Laing et al. 1971). Laing et al. (1971) ont également mesuré les variations saisonnières en sodium (Na), fer (Fe) et manganèse (Mn). Robinson et al. (1989) ont mesuré les concentrations en cuivre (Cu), Fe, Pb, et zinc (Zn) dans l'eau et le sirop d'érable produit au Nouveau-Brunswick, en Nouvelle-Écosse et au Québec. Plus récemment, Couillard et Chouinard (1995) ont étudié l'effet de différents amendements organiques du sol sur les concentrations en aluminium (Al), cadmium (Cd), Cu, Fe, Mn, Pb et Zn retrouvées dans l'eau d'érable.

Comme il existe peu de travaux permettant de connaître les niveaux de métaux lourds dans l'eau d'érable, cette étude a été entreprise. Le dosage du Pb, Cu, Fe, Zn, Na et Cd, a été effectué sur des échantillons provenant de 6 régions agricoles du Québec. Les effets de la provenance régionale et de la période de récolte sur les concentrations en métaux lourds, en solides totaux, ainsi que sur le pH de l'eau ont été analysés. De plus, nous avons tenté de mettre en relation l'influence du type de sol et de sa disponibilité en métaux lourds, avec les concentrations retrouvées dans l'eau d'érable en utilisant les données d'inventaire des sols établies par le MAPAQ (Tabi et al. 1990).



Protocole expérimental

Plan d'échantillonnage

Au printemps 1995, des échantillons d'eau d'érable ont été récoltés en début, milieu et fin de saison, dans 90 érablières, réparties dans 6 régions agricoles du Québec soient: la région du Bas St-Laurent et de la Gaspésie (01), de Québec (02), de Beauce - Appalaches (03), des Bois-Francs (04), de l'Estrie (05), et du Nord de Montréal (10). Dans chacune des régions, 15 producteurs ont été sélectionnés. Pour chaque érablière, l'eau a été récoltée sur un érable à sucre sain, de 25 à 35cm de diamètre à 1,5m au-dessus du sol (DHP), situé à 100 m ou plus de la cabane à sucre. Des échantillons d'eau ont été recueillis par le producteur, en utilisant un chalumeau et une bouteille de plastique

préalablement lavée avec de l'acide nitrique, de façon à éviter toute contamination par le matériel de prélèvement. Le dispositif de récolte est schématisé à la Figure 1. L'échantillon d'eau a été congelé, après chaque prélèvement. A la fin de la saison, les échantillons ont été expédiés au laboratoire. Sur un total de 270 échantillons, 234 ont été reçus au laboratoire et analysés.

Méthodes d'analyses

Le pH de l'eau a été mesuré à l'aide d'un pH-mètre Fisher (modèle 620), muni d'une électrode combinée. Les solides totaux (Brix) ont été mesurés à l'aide d'un réfractomètre de table de marque Reichert-Jung (modèle auto-Abbé). Les concentrations en cuivre (Cu), fer (Fe), zinc (Zn) et sodium (Na) ont été déterminées par spectrométrie d'émission au plasma d'argon (ICP). Les concentrations en Plomb (Pb) et en cadmium (Cd) ont été déterminées par absorption atomique avec four au graphite (AA-FG) (Miller-Ihli 1994). Les seuils de quantification sont de 200ug/L pour le Na, 20ug/L pour le Cu et le Fe, 10ug/L pour le Zn, 1ug/L pour le Pb et 0.1ug/L pour le Cd.

Analyse des variations de la concentration en métaux lourds, en solides totaux et du pH

Des analyses de variance visant à déterminer l'effet de la région et de la période de récolte sur les concentrations en métaux lourds, en solides totaux et sur le pH de l'eau ont été effectuées à l'aide de la procédure GLM de SAS (1988). Les médianes, moyennes, écarts types, ainsi que les valeurs minimales et maximales ont été rapportés pour l'ensemble des données afin d'illustrer la variation de ces paramètres (Tableau 1). Lorsque des effets significatifs ont été détectés, les valeurs associées à ces variables ont été présentées.

Influence de la disponibilité en métaux lourds du sol sur les concentrations en métaux lourds retrouvées dans l'eau d'érable

A partir des localisations cadastrales d'un sous échantillon de 20 érablières issues des régions 02, 03 et 04, le type de sol associé à ces érablières a été déterminé (i.e. série de sol) à l'aide des cartes pédologiques provenant des études pédologiques du Service de recherche en Sols du MAPAQ, ainsi que des cartes forestières du Ministère des Ressources Naturelles du Québec. Connaissant les types de sol associés à ces érablières, un estimé de la disponibilité en métaux lourds de ces sols a été tiré de l'inventaire des sols agricoles du Québec (Tabi et al. 1990). Pour se faire, les données d'inventaire utilisées provenaient de prairies dans lesquelles la couche de sol située sous la couche de labour (couche 2) a été analysée (Tabi et al. 1990). Une analyse de corrélation entre la concentration en métaux lourds contenue dans l'eau d'érable et celle disponibles dans le sol a été effectuée à l'aide de SAS (1988).

Il faut toutefois être prudent dans l'interprétation de ces données, car elles ne proviennent pas d'un échantillonnage directement associé à chaque érablière. Les données issues des cartes pédologiques et de l'inventaire sont représentatives de grands ensembles de sols agricoles, et non pas de sols forestiers. Elles sont utilisées ici, à titre purement indicatif.



Résultats

Variation du Plomb dans l'eau

Dans les analyses de variance, aucune influence de la région ou de la période de récolte n'a été détectée pour la concentration en Pb de l'eau. La concentration moyenne en Pb est de 1ug/L et varie entre 0 et 52ug/L. La valeur médiane en Pb est de 0ug/L (Tableau 1). Globalement, la présence de Pb dans l'eau d'érable a été détectée dans seulement 16 érablières sur un total de 90, soit dans 18% des cas.

Variations des autres métaux lourds, du pH et de la concentration en solides totaux

Variation de la concentration en métaux lourds dans l'eau

Aucun effet de région ou de période n'a influencé les concentrations en métaux lourds de l'eau d'érable. De tous les métaux analysés, la concentration en Zn étaient en moyenne la plus élevée (Tableau 1). La concentration maximale en Na était très élevée (50mg/L), à cause de valeurs particulièrement élevées observées chez un seul producteur.

Variation du pH

L'eau recueillie au cours de cette expérience avait un pH moyen de 6.8. Il variait entre 3.8 et 8.5. Seulement 4% des échantillons avaient un pH inférieur à 6.0 et 5% des échantillons avaient un pH supérieur à 7.7.

La région a influencé le pH de l'eau recueillie. Ainsi, suivant un ordre décroissant de pH moyen, on note au Tableau 2 le classement suivant par région: 05 avec un pH de 7.1; 01 avec un pH 7.0; 10 avec un pH 6.9; 03 avec un pH 6.8; 02 avec un pH 6.6; et 04 avec un pH 6.5. Globalement on peut dire que le pH moyen de l'eau recueilli dans la région 05 est plus élevé que celui de la région 04.

Un effet de saison a également été observé. Au début de la saison le pH moyen de l'eau était de 7.0, et il était de 6.7 à la fin (Tableau 3).

Variation de la concentration en solides totaux (Brix)

La concentration en solides totaux n'a pas variée en fonction de la région ou de la période de récolte. Globalement, la concentration moyenne en solides totaux était de 2.8%, avec des valeurs observées allant de 0.9% à 6.2% (Tableau 1). Moins de 15% des échantillons avaient une concentration inférieure à 2%, et seulement 11% des échantillons avaient une concentration supérieure ou égale à 4%.

Relation entre la disponibilité en métaux lourds du sol et leurs concentrations dans l'eau d'érable

Aucune corrélation significative n'a été observée entre la disponibilité en métaux lourds du sol et leurs concentrations dans l'eau d'érable. Le Tableau 4 illustre la répartition des érablières analysées suivant leur appartenance à différentes séries de sols. A titre indicatif, les concentrations moyennes en Pb disponible dans le sol et celles retrouvées dans l'eau sont également rapportées (Tableau 4). Le faible

nombre de séries de sols présent dans notre analyse et le grand nombre de valeurs zéro pour les concentrations en métaux lourds de l'eau, rendent l'analyse statistique pour le moins difficile. Un échantillonnage direct des sols aurait été préférable. Il faut garder à l'esprit que le sol est un milieu assez hétérogène dans les érablières et que certaines variables locales, comme le pH du sol, peuvent affecter de façon importante la disponibilité des oligos éléments du sol. De plus, la variabilité de la mesure de la concentration en métaux lourds de l'eau à l'intérieur d'une même érablière aurait dû être déterminée.



Discussion

Les concentrations en métaux lourds mesurées dans cette étude sont généralement inférieures à celles obtenues par Robinson et al. (1989) dans 9 érablières du Québec. Selon le Tableau 5, les métaux lourds se retrouvent dans l'eau d'érable dans l'ordre décroissant de concentration suivant: Mn >> Zn >> Cd. La majorité des échantillons analysés ne contenaient pas de Pb, Fe, Na et Cu (concentrations médianes de 0ug/L). Dans l'eau d'érable, la présence de fortes concentrations en Mn a été rapportée par Couillard et Chouinard (1995), ainsi que par Laing et al. (1971). Notre étude apporte plus de précisions sur les valeurs associées à d'autres éléments mineurs (Tableau 5). Elle permet également de constater que le Zn et le Cd sont présents dans la majorité des échantillons, avec des concentrations médianes de 206 et 0.9ug/L respectivement. Ces concentrations sont très faibles. A titre d'exemple, elles sont inférieures aux concentrations moyennes maximales de Zn et Cd retrouvées dans l'eau potable au Canada (Méranger et al. 1981, Environnement Canada 1984).

Les concentrations en Pb mesurées dans notre étude varient entre 0 et 52ug/L. Robinson et al. (1989) ont obtenu des valeurs de Pb oscillant entre 3 et 2090ug/L, avec une moyenne de 80ug /L. Dans le sirop, cette concentration passe à 660ug/L (Robinson et al. 1989), ce qui représente un facteur de concentration d'environ 8 fois. Ce facteur de concentration est inférieur à celui auquel on peut s'attendre pour une eau d'un Brix moyen de 2.6%, i.e. un facteur de concentration de 33 fois. Ainsi, il est possible que le Pb contenu dans l'eau précipite, ou soit retenu lors du processus de fabrication du sirop (Robinson et al. 1989).

Aucune différence significative entre les 6 régions agricoles examinées n'a été obtenue en termes de teneurs en métaux lourds retrouvées dans l'eau. Ce résultat est similaire à celui obtenu par Robinson et al. (1989). Ces derniers n'ont observé aucune différence significative entre la Nouvelle Écosse, le Nouveau Brunswick et le Québec en termes de concentrations en métaux lourds. Par contre, la composition de l'eau était très variable à l'intérieur d'une même province (Robinson et al. 1989). Au Québec, les teneurs en Cu, Fe et Pb et les valeurs de pH étaient particulièrement variables (Robinson et al. 1989). Ces variations sont probablement liées à des facteurs édaphiques et à une hétérogénéité assez grande entre les érablières étudiées par Robinson et al. (1989). Pour notre part, nous n'avons pas pu établir un lien entre le type de sol et la concentration en métaux lourds retrouvée dans l'eau (Tableau 4). Il est probable que des facteurs locaux liés au sol, tels une variation de pH, ou une hétérogénéité dans la disponibilité en métaux lourds, ainsi que des facteurs liés à l'arbre échantillonné (e.g. âge, vigueur) soient à l'origine de ce résultat négatif. On peut cependant présumer que la disponibilité en métaux lourds d'un sol soit un facteur important lié à la présence de métaux lourds dans l'eau d'érable, de même que la capacité d'absorption et de stockage de l'arbre. Frelich et al. (1989), au Wisconsin, ont observé un accroissement des concentrations en Pb dans le bois d'érable au cours du dernier siècle qui serait liée à

l'émission de Pb par les véhicules automobiles. Ce résultat suggère un lien étroit entre la disponibilité en Pb d'un sol et la quantité de ce même élément retrouvé à l'intérieur de l'arbre. Par contre pour le pin loblolly, Jordan et al. (1990) n'ont observé aucune corrélation entre la disponibilité en métaux lourds du sol et la concentration en métaux retrouvée dans le bois de cette espèce. Devant ces résultats contradictoires, il serait certainement nécessaire d'effectuer plus de recherches afin de clarifier la situation.

En ce qui concerne les valeurs de pH de l'eau d'érable, un effet régional significatif a été observé. Ainsi, le pH moyen se distribue de la façon suivante suivant les régions: 7.1 pour la région 05; 7.0 pour la région 01; 6.9 pour la région 10; 6.8 pour la région 03; 6.6 pour la région 02; et 6.5 pour la région 04. Pour leur part, Robinson et al. (1989) n'ont pas observé de différences significatives de pH dans l'eau recueilli en Nouvelle Écosse (pH de 5.6), au Nouveau Brunswick (pH de 3.9) et au Québec (pH de 4.2). Ces valeurs sont largement inférieures à celles que nous avons obtenues (pH moyen de 6.8) et sont probablement associées à une contamination microbienne des sèves analysées par Robinson et al. (1989). Le pH de l'eau d'érable est probablement influencé par la génétique de l'arbre et le type de sol dans lequel il puise ses ressources minérales. Cependant les données obtenues dans notre étude ne permettent toutefois pas de vérifier cette affirmation. Les zones de bois décolorées, induites par les blessures d'entaillage, pourraient également influencer le pH de l'eau récoltée. Good et al. (1955) ont déjà rapporté que ces zones sont plus alcalines. De plus, un accroissement des concentrations en K, Ca et Mn est associé à ces zones de blessure (Smith et Houston 1994). Comme les variables pouvant influencer le pH de l'eau sont nombreuses et que nous n'en avons mesuré aucune directement, il est difficile de préciser les raisons sous-jacentes aux différences de pH observées dans notre étude.

Aucune corrélation significative n'a été observée entre la teneur en métaux lourds et le pH de l'eau d'érable, sauf dans le cas du Cd ($r=-0.24$; $p=0.0002$). Ainsi plus le pH de l'eau est bas, plus la concentration en Cd tend à être élevée. Cette corrélation est toutefois assez faible ($r=-0.24$). Robinson et al. (1989) soulignent le fait que l'eau d'érable recueillie au Nouveau Brunswick possède un pH très bas (3.9) et contient de fortes teneurs en Zn (130 à 10230ug/L) et en Pb (3 à 2090ug/L). Ce lien entre le pH de l'eau et les métaux lourds est assez ténu et probablement indirect. Une explication impliquant des facteurs édaphiques tels que les types de sols, ou leur teneur en métaux lourds, devrait être élaborée.

Au cours d'une saison de coulée, la contamination microbienne cause un arrêt prématuré de la récolte (Naghski et Willits 1955). Cette contamination, qui est favorisée par l'accroissement des températures printanières, peut causer une acidification de la sève au cours de la saison. Cette observation est en accord avec les résultats obtenus par plusieurs autres chercheurs (Naghski et Willits 1955, Laing et al. 1971). Dans notre étude toutefois, les variations du pH moyen sont assez restreintes et passent de 7.0 au début de la période de coulée à 6.7 à la fin de la saison. Pour leurs parts, les teneurs en métaux lourds varient peu au cours d'une saison. Cependant, Robinson et al. (1989) ont observé une diminution des teneurs en Cu, Pb, et une augmentation des teneurs en Zn avec la saison. En début de saison, les teneurs en ces éléments étaient respectivement de 250, 110 et 1430ug/L comparativement à 150, 20 et 2110ug/L en fin de saison. Laing et al. (1971) ont observé une augmentation de Fe dans la sève au cours d'une saison de coulée. Ces variations peuvent être dues à la mobilisation des réserves internes en métaux lourds dans le tronc, à une variation de l'absorption par les racines, ou à une disponibilité variable de ces éléments dans le sol. Pour le hêtre, des variations saisonnières en Pb, Cd et Zn ont également été observées par Hagemeyer et Schafer (1995). Pour cette espèce, les concentrations en Pb et Cd dans le bois sont faibles durant la saison de croissance. Les concentrations en Pb sont également plus fortes près de la zone de transition entre le bois de cœur et

l'aubier. Pour l'érable, la physiologie de l'absorption, du stockage et de la remobilisation des métaux lourds est un domaine encore largement inexploré qui mériterait plus d'efforts de recherche.



Conclusion

Notre étude permet de préciser la distribution des concentrations naturelles de métaux dans l'eau d'érable. Les éléments présents dans pratiquement tous les échantillons d'eau sont le Zn et le Cd. Les variations saisonnières des teneurs en métaux lourds sont pratiquement inexistantes. Ce résultat toutefois, diffère de ceux obtenus par d'autres chercheurs.

Des variations régionales de la teneur en métaux lourds n'ont pas été observées dans cette étude. Cependant, des influences locales, soient au niveau du sol, ou de l'arbre pourraient influencer les concentrations en métaux lourds obtenues dans la sève d'érable. Cette dernière hypothèse mérite d'être vérifiée.

En ce qui concerne le Pb, sa présence dans l'eau a été détectée dans seulement 18% des érablières échantillonnées. Il n'est donc pas un élément constitutif important de l'eau d'érable. Cependant, sa concentration a atteint une valeur de 52µg/L dans certains échantillons. En raison de la présence naturelle de ce métal dans l'eau d'érable, une attention particulière doit être apportée pour ne pas atteindre, ou dépasser, dans les produits de l'érable, les normes actuellement admises pour un produit alimentaire.



Bibliographie

- Couillard, D. et P. Chouinard. 1995. Détermination de l'influence de différentes pratiques de valorisation des boues d'épuration des eaux usées urbaines sur la productivité des érablières et des plantations d'arbres de Noël et évaluation des risques de contamination du sol et des ressources hydriques. INRS-eau, Rapport de recherche No R-438. 386p.
- Environnement Canada 1984. Références sur la qualité des eaux. Guide des paramètres de la qualité des eaux. (Décret 1158-84).
- Frelich, L.E., J.G. Bockheim et J.E. Leide. 1989. Historical trends in tree-ring growth and chemistry across an air-quality gradient in Wisconsin. Can. J. For. Res. 19: 113-121.
- Good, H.M., P.M. Murray et H.M. Dale. 1955. Studies of heartwood formation and staining in sugar maple, *Acer saccharum* Marsh. Can. J. Bot. 33: 34-41.
- Hagemeyer, J. et H. Schafer. 1995. Seasonal variation in concentrations and radial distribution patterns of Cd, Pb and Zn in stem wood of beech trees (*Fagus sylvatica* L.). Science of the Total Environment 166: 77-87.
- Holgate, K.C. 1950. Changes in the composition of maple sap during the tapping season. Bull. 742. N.Y. State Agr. Exp. Stn., Geneva. 14p.

- Jordan, D.N., L.M. Wright et B.G. Lockaby. 1990. Relationship between xylem trace metals and radial growth of Loblolly pine in rural Alabama. *J. Environ. Qual.* 19: 504-508.
- Laing, F.M., J.W. Marvin, M. Morselli, D.W. Racusen, E.L. Arnold et E.G. Malcolm. 1971. Effect of high-vacuum pumping on volume yields and composition of maple sap. *Res. Rep. MP 65. Vermont Agr. Exp. Stn., Univ. Vermont.* 11p.
- Leaf, A.L. 1964. Pure maple syrup: nutritive value. *Science* 143:963-964.
- Méranger, J.C., K.S. Subramanian et C. Chalifoux. 1981. Survey for cadmium, cobalt, chromium, copper, nickel, lead, zinc, calcium, and magnesium in canadian drinking water supplies. *J.A.O.A.C.* 64: 44-53.
- Miller-Ihli, N.J. 1994. Graphite furnace atomic absorption method for the determination of lead in sugars and syrup. *JAOAC International* 77: 1288-1292.
- Naghski, J. Et C.O. Willits. 1955. Maple sirup. IX. Micro-organisms as a cause of premature stoppage of sapflow from maple tap holes. *Appl. Microbiol.* 3: 149-151.
- Robinson, A.R., K.S. MacLean et H.M. MacConnell. 1989. Heavy metal, pH, and total solid content of maple sap and syrup produced in eastern Canada. *J.Assoc. Off. Anal. Chem.* 72: 674-676.
- SAS. 1988. SAS/Stat user's guide. Release 6.03 ed. SAS institute, Cary, N.C. 1028p.
- Smith, K.T. et D.R. Houston. 1994. Metal concentrations in wood of sugar maple infected with sapstreak disease. *Can. J. For. Res.* 24: 185-188.
- Tabi, M., L. Tardif, D. Carrier, G. Laflamme et M. Rompré. 1990. Inventaire des problèmes de dégradation des sols agricoles du Québec. Entente auxiliaire Canada-Québec sur le développement agro-alimentaire. ISBN 2-550-211161-8.



Remerciements

Nous remercions Gilles Paillard et Vincent Marquis, de la Direction des laboratoires d'expertises et d'analyses alimentaires (MAPAQ), pour l'analyse des métaux lourds et les mesures de pH et de concentration en solides totaux. Le travail de M. Denis Brière, de la Direction de l'environnement et du développement durable (MAPAQ), pour la localisation des érablières sur les cartes cadastrales fut grandement apprécié. Nous remercions également MM. Pierre Audesse et Ghislain Gilbert, du Centre de recherche et d'expérimentation en sols, pour les analyses par ICP et l'utilisation des cartes pédologiques. Nous tenons à remercier M. Sylvain Végiard pour ses nombreux conseils statistiques, et M. Benoît Côté pour ses références concernant les métaux lourds contenus dans le bois. Ce projet a été réalisé avec la collaboration des conseillers régionaux et des producteurs impliqués dans cette étude. Le financement, provenant de RCPEQ et du MAPAQ fut grandement apprécié.

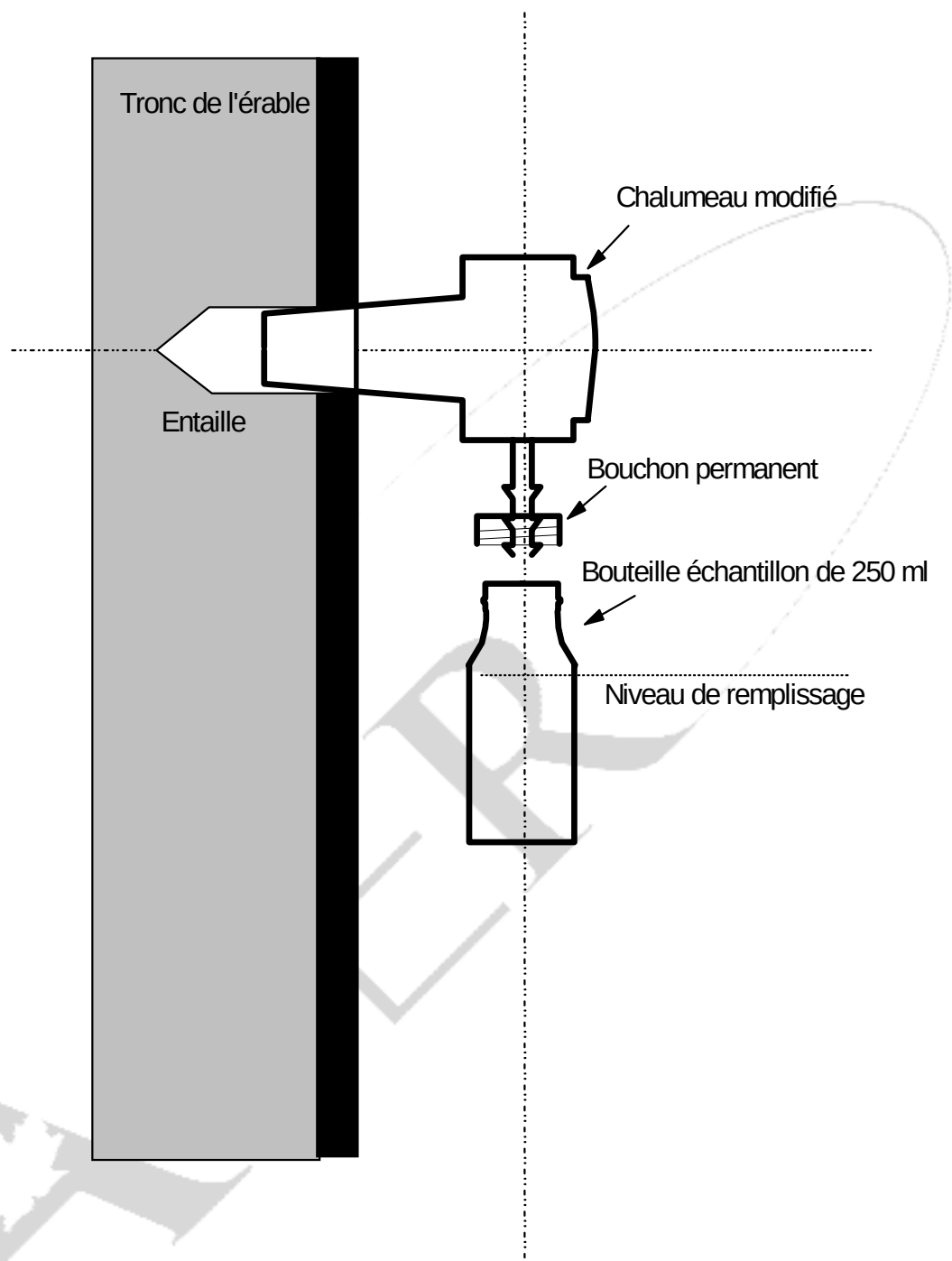


Figure 1. Illustration du dispositif de récolte d'eau d'érable

Tableau 1. Concentrations en métaux lourds (mg/L), en solides totaux (Brix) et pH de l'eau d'érable, toutes provenances confondues. (nombre d'échantillons analysés = 234).

Variable	Médiane	Moyenne	Écart type	Percentile 95	Minimum	Maximum
Pb	0	0.001	0.005	0.005	0	0.052
Cu	0	0.015	0.025	0.047	0	0.327
Fe	0	0.040	0.173	0.170	0	1.897
Zn	0.206	0.261	0.359	0.528	0	4.517
Na	0	0.608	5.138	0.247	0	50.141
Cd	0.001	0.001	0.001	0.003	0	0.010
PH	6.8	6.8	0.5	7.6	3.8	8.5
Brix	2.7	2.8	0.9	4.7	0.9	6.2

Tableau 2. Effet de la région sur le pH de l'eau d'érable.
(Plus de détails dans le texte. N= nombre d'échantillons analysés).

Région	N	Moyenne	Écart type	Minimum	Maximum
1	44	7.0	0.4	6.2	7.8
2	39	6.7	0.7	3.8	7.8
3	36	6.8	0.4	6.3	7.6
4	34	6.5	0.7	4.4	7.8
5	43	7.1	0.5	6.2	8.5
10	38	6.9	0.5	5.9	7.7

Tableau 3. Effet de la période de récolte (saison) sur le pH de l'eau recueillie.
(N=nombre d'échantillons analysés).

Saison	N	Moyenne	Écart type	Minimum	Maximum
Début	83	7.0	0.4	4.4	7.9
Milieu	81	6.8	0.6	3.8	8.5
Fin	70	6.7	0.5	5.0	7.8

Tableau 4. Regroupement des différentes séries de sols illustrant la relation entre la disponibilité en Pb du sol et la concentration moyenne en Pb de l'eau recueillie.

Série de sols	Fréquence (N)	Pb sol (mg/kg)	Pb eau (ug/L)
Woodbridge	9	0.87	4.0
Sainte-Marie	4	2.11	0.0
Saint-Samuel	2	0.54	0.0
Greensboro	2	1.07	0.0
Riv. du Loup	1	1.68	28.9
Raimbault	1	0.84	0.0
Calais	1	1.97	0.0

Tableau 5. Concentrations médianes en métaux lourds de l'eau d'érable (en ug/L). Les valeurs entre parenthèses représentent l'étendue des valeurs observées.

Élément	Saison - 1995 90 érablières	Couillard et Chouinard 1995	Robinson et al. 1989	Laing et al. 1971
Pb	0 (0-52)	<60	(3 - 2090)	ND
Cu	0 (0-327)	(19.8 - 29.1)	(50 - 2030)	ND
Fe	0 (0-1897)	(30.9 - 34.4)	(30 - 4290)	(0 - 3800)
Zn	206 (0-4517)	(340 - 400)	(130 - 17130)	ND
Na	0 (0-50000)	ND	ND	(0 - 4000)
Al	ND	(75 - 123)	ND	ND
Cd	0.9 (0-10)	(3.8 - 5.3)	ND	ND
Mn	ND	(14720 - 18680)	ND	(2000 - 9500)

ND = non déterminé.