Environnement Canada · Environment Canada

Évaluation d'un collecteur automatique de pluie et de ses constituants organiques

W.M.J. Strachan et H. Huneault

GB
707
C3384
No.128

ÉTUDE Nº 128, COLLECTION DES RAPPORTS TECHNIQUES

INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE SUR LES EAUX
DIRECTION GÉNÉRALE DES EAUX INTÉRIEURES
CENTRE CANADIEN DES EAUX INTÉRIEURES
BURLINGTON (ONTARIO) 1982

20516836

Environnement Canada Environment Canada

Évaluation d'un collecteur automatique de pluie et de ses constituants organiques

W.M.J. Strachan et H. Huneault

ENVIRONNEMENT CANADA
BIBLIOTHÈQUE
LONGUEIL

GB
707
C3384
No. 128

Canada

ÉTUDE N° 128, COLLECTION DES RAPPORTS TECHNIQUES

INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE SUR LES EAUX
DIRECTION GÉNÉRALE DES EAUX INTÉRIEURES
CENTRE CANADIEN DES EAUX INTÉRIEURES
BURLINGTON (ONTARIO) 1982

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1983
N° de cat. En36-503/128F
ISBN 0-662-92122-4

Table des matières

Page

RÉSUMÉ v

ABSTRACT v

INTRODUCTION 1

DESCRIPTION DU COLLECTEUR 2

EXPÉRIENCE 3
Récupération 3
Sur le terrain 3

DISCUSSION 4

SOMMAIRE 5

REMERCIEMENTS 5

RÉFÉRENCES 5

Tableaux

1a. Résultats des expériences de récupération utilisant la résine XAD-2 3
1b. Résultats des expériences de récupération utilisant la résine XAD-7 3
2. Détails relatifs à l'échantillonnage sur le terrain 3
3. Résultats des échantillonnages sur le terrain 4

Illustration

Figure 1. Collecteur automatique de pluie et de ses constituants organiques, (couvercle à demi-ouvert) 2

Résumé

On a conçu, construit et évalué un collecteur automatique de l'eau de pluie et de ses constituants organiques persistants. Il consiste en un grand entonnoir (0.209 m^2) revêtu de téflon, avec un couvercle relevable automatique et en une colonne de téflon contenant de la résine XAD-2 ou XAD-7. On en a vérifié le taux de récupération et la précision sur le terrain avec un certain nombre d'organochlorés et de biphényles polychlorés (BPC) que l'on trouve fréquemment dans la pluie à une concentration de l'ordre du nanogramme par litre. En moyenne, la récupération a été de 86 %, et le coefficient moyen de variation sur le terrain pour l'α-HCH, le lindane et les BPC a été de 33 %, pour des échantillons de pluie de 0.4 à 22 L. L'utilisation du collecteur est recommandée pour des réseaux d'échantillonnage de composés organiques persistants.

Abstract

An automated rain sampler has been designed, built and evaluated as a collecting device for persistent organic chemicals in rain. It consists of a large Teflon-coated funnel (0.209 m^2) with an automated lid and a Teflon column containing XAD-2 or XAD-7 resin. The sampler was tested for recoveries and field precision with a number of organochlorine substances and polychlorinated biphenyls (PCB's) frequently found at the nanogram per litre level in rain. Recoveries averaged 86% and the mean coefficient of variation for α-BHC, lindane and PCB's was 33% under field conditions where samples of 0.4–22 L of rain were collected. The sampler is recommended for use in network sampling for these persistent organic compounds.

Évaluation d'un collecteur automatique de pluie et de ses constituants organiques

W.M.J. Strachan et H. Huneault

INTRODUCTION

Le dépôt atmosphérique constitue une source importante de matières organiques rémanentes dans l'écosystème des Grands lacs (Eisenreich et coll., 1980). D'autres auteurs ont traité ce phénomène, mais peu ont tenté d'en mesurer l'importance sur le bilan de ces matières. Des études ont été réalisées, entre autres, à Hawaï (Benvenue et coll., 1972), en Norvège (Lunde et coll., 1977), à Tokyo (Masahiro et Takahisa, 1975) et dans les Caraïbes (Bidleman et Olney, 1974), ce qui montre l'aspect mondial du phénomène; son caractère généralisé est également mis en évidence par les concentrations mesurées chez divers êtres vivants de localités que l'on ne croyait pas réceptrices d'autres types d'apports (Peterle, 1969; Sodergren et coll., 1972; Clausen et coll., 1974; Swain, 1978). Des composés comme les biphényles polychlorés (BPC), l'hexachlorobenzène (HCB), le dichloro-diphényl-trichloréthane (DDT) et les isomères de l'hexachlorocyclohexane (HCH) ont tous été décelés, mais aucun n'avait une tension de vapeur qui révélait leur présence probable dans l'atmosphère. De plus, en Amérique du Nord, l'usage des BPC et du DDT est limité ou interdit depuis 1971, ce qui laisserait croire qu'ils ne devraient plus se trouver dans l'atmosphère dix ans plus tard. Le fait qu'ils le sont (Murphy et Rzeszutko, 1977; Strachan et coll., 1980; Swain, 1978) indique qu'il faut déterminer précisément leur concentration ainsi que celle d'autres composés afin de pouvoir en trouver les sources et évaluer les tendances.

Les précipitations peuvent être classées sommairement en dépôt humide et en dépôt sec. Les échanges vapeur-eau ou vapeur-sol peuvent également figurer dans la détermination de l'apport atmosphérique de ces matières à l'écosystème. Les rapports existants ne s'entendent pas sur la forme principale dans laquelle ces produits chimiques se trouvent dans l'atmosphère, c'est-à-dire s'ils se trouvent adsorbés sur des particules, sous forme d'aérosol ou à l'état de vapeur. Eisenreich et coll. (1980) ont examiné la question et montré que l'apport vers le milieu aquatique dépend surtout de la concentration et du type des particules ainsi que de la méthode d'échantillonnage. Même s'ils concluent qu'une proportion élevée (80 à 100 %) des contaminants atmosphériques se trouve à l'état de vapeur, ce sont les matières qui atteignent effectivement la surface de la terre ou de l'eau qui ont soulevé le plus d'inquiétudes.

Le dépôt sec de matières organiques toxiques sous forme de particules représente un facteur quantitatif inconnu. Des modèles théoriques permettent de calculer la vaporisation à l'aide de constantes d'équilibre et de coefficients de transfert (Smith et coll., 1981; Wolff et van der Heijde, 1982). Quant au flux de particules, on n'en a fait que des estimations grossières (Eisenreich et coll., 1980), et la teneur en matières organiques rémanentes se trouvant sur ou dans les particules est également inconnue. La nature des collecteurs du dépôt sec présente une difficulté majeure, puisque pour en arriver aux quantités nécessaires, on utilise dans la plupart des modèles un filtre qui attrape les particules amenées dans une veine d'air, ce qui peut provoquer une désorption des contaminants. La présente étude porte sur l'échantillonnage du dépôt humide.

On a étudié à fond (Allen et Halley, 1980) les métaux et les substances inorganiques présents dans le dépôt humide, soit adsorbés sur des particules, soit dissous dans l'eau de pluie. Quant aux composés organiques, ce n'est que ces dernières années qu'on a tenté de les doser dans la région des Grands lacs (Murphy et Rzeszutko, 1977; Strachan et Huneault, 1979; Swain, 1978). Il est cependant rare que des substances autres que les BPC ou le DDT soient étudiées car il faut prélever des échantillons volumineux et en concentrer les substances constituantes avant de les doser. Dans le laboratoire de l'Institut national de recherche sur les eaux, de grands collecteurs (2 m^2 et 0.36 m^2) en acier inoxydable ont déjà été employés, mais on a souvent observé des particules fines qui adhéraient à la surface métallique. Ceci est d'une importance considérable, car d'après des observations préliminaires (Strachan et coll., 1980), les particules jouaient un rôle important dans le dépôt humide de matières organiques. De plus, il est souhaitable que les collecteurs du dépôt humide puissent être laissés sans surveillance sur le terrain pendant de longues périodes sans que cela influe sur l'intégralité de l'échantillon. La codistillation, ajoutée aux transformations biologiques et abiotiques, font douter de la qualité des échantillons emmagasinés en phase aqueuse. Ces facteurs

ainsi que le besoin de distinguer le dépôt humide du dépôt sec ont mené à la mise au point du collecteur décrit ci-dessous.

DESCRIPTION DU COLLECTEUR

Dans la région des Grands lacs, et ailleurs au Canada, on peut s'attendre à une pluviosité moyenne mensuelle de 5 à 10 cm, et des chutes de pluie de 1 cm ne sont pas rares. On souhaitait mettre au point un échantillonneur des précipitations à la fois individuelles et mensuelles. Une surface d'environ 0.2 m^2 était donc indiquée pour obtenir des échantillons d'au moins 1 L, volume nécessaire pour pouvoir doser des concentrations de 0.5 à 5.0 ng de composé par échantillon, limites basées sur les concentrations que l'on a observées dans la région (Strachan et coll., 1980).

Le matériau choisi a été de l'acier inoxydable revêtu de téflon. Le métal nu a des inconvénients car on a observé, pour le dépôt sec toutefois, que les particules chargées étaient fortement retenues sur le métal. Si cela devait se produire pour le dépôt humide, les concentrations seraient sous-estimées. On considère généralement le téflon comme une matière inerte, et pour le temps d'exposition aux précipitations auquel on l'a soumis, il n'a pas libéré de substances parasites, et, apparemment, aucune des substances qu'on vise à doser ne s'y est adsorbée; il est également facile d'en recouvrir des surfaces métalliques. Il représentait donc un matériau de choix pour la colonne et la surface de l'entonnoir.

Le collecteur a été construit par M.I.C. Co., de Thornhill (Ontario), selon les caractéristiques et les plans des auteurs. La figure 1 montre le prototype final. Il comprend un entonnoir carré (0.46 m sur 0.46 m) et un couvercle, tous deux en acier inoxydable. L'entonnoir possède un rebord de 10 cm et sa surface est inclinée à 20° vers le centre pour favoriser une évacuation rapide dans une colonne. Toutes les surfaces en contact avec l'échantillon sont recouvertes de 0.076 cm (0.030 po) de téflon. Les pattes et le châssis sont d'aluminium moulé de 0.318 cm (1/8 po) d'épaisseur et sont démontables pour faciliter le transport. Un treillis en acier inoxydable empêche les éclaboussures provenant des surfaces horizontales d'aller dans le collecteur. Le poids total est de 47 kg, et les dimensions hors tout sont de 0.5 m de largeur sur 1 m de longueur sur 1.2 m de hauteur lorsqu'il est fermé; lorsqu'il est ouvert le couvercle ajoute 0.5 m à la longueur.

Le couvercle est conçu pour s'ouvrir automatiquement au cours de précipitations seulement. Le détecteur de pluie, lequel est installé sur un bras situé à au moins 0.5 m

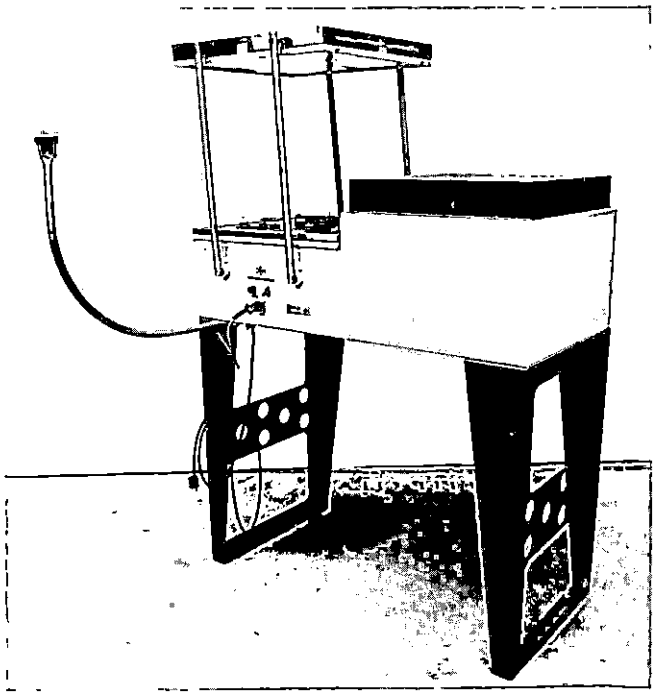

Figure 1. Collecteur automatique de pluie et de ses constituants organiques (couvercle à demi-ouvert).

de toute partie du collecteur, a deux surfaces sensibles installées à 20° de l'horizontale et légèrement chauffées pour ne réagir qu'en cas de pluie. Les circuits de commande sont une version modifiée de ceux du collecteur de pluie Sangamo et de ses constituants inorganiques et actionnent un moteur à démultiplicateur de 1/50 hp à 120 V de courant alternatif. Une petite chaufferette située dans le châssis électrique central évite la condensation qui s'y produisait autrement.

La sortie de l'entonnoir est filetée et s'adapte à une colonne entièrement de téflon (2 cm de diamètre intérieur sur 25 cm) dont le bas est doté d'un disque d'appui. La colonne débouche sur un tube en U pour conserver son humidité à la résine. Dans des conditions normales d'utilisation, une charge d'au moins 10 cm est maintenue. Le débit dans la colonne est alors de 20 à 50 mL/min. La résine XAD contenue dans la colonne a été soumise à une extraction dans un appareil de Soxhlet à l'acétone et au méthanol successivement pendant trois heures dans chaque cas puis conservée dans le méthanol. Avant de visser la colonne à l'entonnoir, on a versé la résine mélangée au méthanol (des tampons de laine de verre cuite sont nécessaires au-dessous et au-dessus des 30 à 40 mL du lit de résine) et on l'a lavée avec 5 à 10 fois son volume d'eau exempte de substance organique. On ne s'en est pas occupé, mais on pourrait dévisser et fermer les colonnes, ce qui permettrait de les poster et, également, de les fournir préalablement lavées au personnel de terrain.

EXPÉRIENCE

Récupération

On a dilué un certain nombre d'organochlorés dans de l'acétone jusqu'à une concentration de 0.1 à 0.5 mg/mL. On a ensuite ajouté de petits volumes (2.0 μL) de cette solution à des échantillons de 2.0 L d'eau bidistillée dans un appareil de verre et débarassée de toute substance organique par passage dans une colonne de résine XAD-2 fraîchement préparée et lavée. Après un brassage de 15 min, trois de ces échantillons ont été versés lentement sur la surface de l'entonnoir et de là, dans des colonnes séparées remplies partiellement avec de la résine XAD-2 ou XAD-7. Le débit était d'environ 20 mL/min. Les résines ont été retirées des colonnes et soumises à une extraction avec 50 à 75 mL d'éther; on a ensuite ajouté à l'extrait 1 mL d'iso-octane, comme préservatif, puis on l'a concentré à 1 mL. Les concentrés ont été analysés par chromatographie (colonne capillaire OV-1 de 25 m, programmation de 90 à 260°C à raison de 4°C/min, détecteur à capteur d'électrons). Les tableaux 1a et 1b présentent les résultats de ces expériences de récupération pour les résines XAD-2 et XAD-7, respectivement.

Sur le terrain

Dans des conditions normales de terrain, la précision de l'ensemble de la technique d'échantillonnage et d'analyse a été évaluée. On a utilisé trois collecteurs pour prélever des échantillons sur un terrain du Centre canadien des eaux intérieures (CCEI) situé à la pointe Fifty Mile, près de Hamilton (Ontario), à 10 km sous le vent d'une région fortement industrialisée d'environ 300 000 habitants. On y a prélevé des échantillons en avril et au début de mai 1981; on a ensuite déménagé les collecteurs jusqu'au bassin versant des lacs Turkey, région «éloignée» touchée

Tableau 1a. Résultats des expériences de récupération utilisant la résine XAD-2

	Conc. de l'essai (μg/L)	Moyenne (μg/L)	C.V. (%)	Récupération (%)
α-HCH	0.29	0.25	3	87
Heptachlore	0.42	0.32	8	76
Aldrine	0.22	0.16	9	73
γ-Chlordane	0.55	0.46	15	83
α-Chlordane	0.55	0.54	17	98
Dieldrine	0.22	0.20	13	88
Endrine	0.65	0.63	13	98
p,p'-DDT	0.41	0.35	25	85
Récupération moyenne				86

Tableau 1b. Résultats des expériences de récupération utilisant la résine XAD-7

	Conc. de l'essai (μg/L)	Moyenne (μg/L)	C.V. (%)	Récupération (%)
Hexachlorobenzène	0.12	0.077	8	63
Lindane (γ-HCH)	0.25	0.11	7	42
Heptachlore	0.12	0.029	90*	25*
Aldrine	0.067	0.045	16	67
γ-Chlordane	0.71	0.74	5	103
α-Chlordane	0.48	0.34	6	72
Endosulfan	0.42	0.34	6	82
p,p'-DDE	0.54	0.29	9	53
p,p'-TDE	0.41	0.29	4	80
p,p'-DDT	0.36	0.21	7	57
Méthoxychlore	0.51	0.29	12	58
Récupération moyenne				68

*Valeur non comprise dans la moyenne.

Tableau 2. Détails relatifs à l'échantillonnage sur le terrain

Endroit	Échantillon	Dates*	Pluviosité (mm)	Pluviosité (L)
Pointe Fifty Mile	50-1104	81-04-08 au 81-04-13	2.0	0.42
	50-1404	81-04-13 au 81-04-14	9.9	2.07
	50-2404	81-04-22 au 81-04-27	10.2	2.12
	50-2804	81-04-27 au 81-04-29	10.4	2.18
	50-0505	81-04-29 au 81-05-06	4.8	1.01
Lacs Turkey	TL-0206	81-06-02 au 81-06-04	86.1	18.0
	TL-0406	81-06-04 au 81-06-09	15.5	3.23
	TL-0906	81-06-09 au 81-06-12	20.0	4.18
	TL-1806	81-06-18 au 81-07-10	106.	22.2
	TL-1007	81-07-10 au 81-08-14	72.	15.0

*Les échantillons ont été prélevés pour toute la période indiquée et correspondaient aux nombres entiers d'épisodes individuelles de pluie.

Tableau 3. Résultats des échantillonnages sur le terrain

Échantillon	α-HCH (ng/L)	Lindane (ng/L)	γ-Chlordane (ng/L)	Dieldrine (ng/L)	p,p'-DDT (ng/L)	Endosulfan (ng/L)	Endrine (ng/L)	BPC (ng/L)
50-1104								61(66)*
50-1404	35(49)	7(20)						9(98)
50-2404	38(15)	11(15)				2 (25)		11(9)
50-2804	29(29)	10(28)	0.9(11)					22(16)
50-0505	10(31)	5(35)						32(45)
TL-0206	5(3)	1(4)	0.1(41)	0.4(12)		0.7(69)	0.2(49)	1(36)
TL-0406	28(31)	7(60)						8(28)
TL-0906	48(14)	11(47)						3(20)
TL-1806	19(39)	7(51)			0.4(38)			1(65)
TL-1007	32(31)	9(14)		0.6(12)				2(33)
C.V. moyen (%)	(27)	(30)	(20)	(12)	(38)	(37)	(49)	(42)
Limite de dosage (ng/échantillon)	0.5	0.5	1.0	1.0	3.0	1.5	2.0	5.0

*Les chiffres entre parenthèses indiquent le pourcentage de variation du coefficient.

par les pluies acides et située à 50 km de Sault-Ste-Marie (Ontario), qui compte 80 000 habitants. Les prélèvements y ont duré de juin à août 1981. Aux deux endroits, un pluviomètre à auget basculant a servi à mesurer la pluviosité, et on a calculé les volumes prélevés à partir des millimètres mesurés et de la surface de l'entonnoir (0.209 m^2). Aux deux endroits, on a veillé à placer les trois collecteurs et le pluviomètre à découvert, à au moins 3 m de tout objet de hauteur équivalente ou supérieure. Le tableau 2 présente des détails sur les échantillons prélevés. Ces derniers ont été analysés selon le processus décrit ci-dessus, mais avec une étape de purification additionnelle, selon les modes opératoires établis par Environnement Canada (1979). Le tableau 3 donne les résultats des analyses. Seules les données concernant les substances et les précipitations dont les concentrations observées excédaient les limites de dosage (0.5 à 5 ng/échantillon) y figurent. En plus des substances présentées au tableau 3, celles qu'on a examinées ainsi que leurs limites (ng/échantillon) comprennent l'hexachlorobenzène (0.5), l'heptachlore-époxyde (1.0), l'α-chlordane (1.0), le p,p'-DDE (1.0), le p,p'-TDE (4.0), le mirex (2.0), et le méthoxychlore (5.0). Certaines de ces substances furent observées à l'état de traces.

DISCUSSION

Aux tableaux 1a et 1b, si on exclut l'heptachlore, le coefficient moyen de variation de la récupération a été de 13 % (résultats variant de 3 à 25 %) avec la résine XAD-2 et de 8 % (r.v. de 4 à 16 %) avec la résine XAD-7. Ces valeurs sont comparables à la précision obtenue pour les étalons primaires des chromatographes de phase gazeuse (moyenne 9 %, r.v. de 5 à 12 %) et supérieures à la moyenne de 25 % signalée par Environnement Canada (1979). Cette dernière amélioration est peut-être due à l'étape de purification, omise des manipulations de récupération en laboratoire, mais utilisée pour les analyses des échantillons prélevés sur le terrain.

Les récupérations obtenues à l'aide des résines XAD-2 et XAD-7 (tableaux 1a et 1b, respectivement) ont été en moyenne de 86 % (r.v. de 73 à 98 %) et de 68 % (r.v. de 42 à 103 %), respectivement. Les résultats obtenus avec la résine XAD-2 se comparent avantageusement à ceux que l'on a obtenus (80 %) dans les laboratoires d'Environnement Canada, où des manipulations identiques, moins l'étape de purification sur colonne de Porasil, ont été faites. Ils sont également meilleurs que ceux que l'on a obtenus avec la résine XAD-7, ce qui n'est pas surprenant étant donné la nature non polaire de toutes les substances essayées. Pour les échantillonnages sur le terrain, on a utilisé la résine XAD-2, mais pour des substances autres que celles figurant dans la présente étude, la XAD-7 pourrait offrir certains avantages. Il vaudrait peut-être la peine de considérer l'utilisation d'un mélange de résines pour l'échantillonnage général des matières organiques contenues dans les précipitations humides.

D'après le tableau 3, on peut voir qu'il n'existe aucune corrélation systématique entre le coefficient de variation et les concentrations observées dans les échantillons recueillis sur le terrain. En outre, les quantités adsorbées ne comportaient aucune déviation du genre. Pour les échantillons de la région des lacs Turkey, on a décelé des traces d'autres composés à une fréquence un peu plus élevée, mais non significative statistiquement. En plus des composés présentés au tableau 3, on a parfois trouvé du méthoxychlore, de l'heptachlore-époxyde et du

p,p'-DDE, en concentrations inférieures aux limites de dosage. L'utilité de ces données pour évaluer la précision de l'échantillonnage étant douteuse, elles ne figurent plus dans la présente étude. En effet, puisque seuls l'α-HCH, le lindane (γ-HCH) et les BPC ont été observés à des fréquences et en quantités significatives, les observations portent sur eux seulement.

Dans les échantillons prélevés sur le terrain, les coefficients de variation de l'α-HCH, du lindane et des BPC ont été en moyenne 27, 30 et 42 % respectivement. Comme il a été déjà mentionné, Environnement Canada (1979) a signalé une moyenne de 25 % pour l'analyse répétée d'une seule prise d'essai. Il semblerait donc que la méthode d'échantillonnage employée par les auteurs n'augmente l'imprécision que de peu et que l'utilité sur le terrain du collecteur et des colonnes de résine XAD-2 est confirmée. La variabilité légèrement supérieure qu'on a observée peut être due à des fluctuations soit de l'intensité de la pluie, soit des concentrations des eaux de pluie recueillies par les différents collecteurs. Puisque la plupart des matières que la pluie contient sont entraînées par elle, de l'atmosphère, au début de chaque épisode de précipitation (Strachan et coll., 1980), ce sont probablement les concentrations qui sont la cause de cette variabilité mais ceci n'est pas du tout certain. La proximité d'objets élevés ou des autres collecteurs pourrait avoir eu un effet, mais ceci est peu probable à cause des précautions qu'on a prises à cet égard.

SOMMAIRE

Le collecteur décrit est conçu pour recueillir et concentrer les constituants organiques rémanents de la pluie, dissous ou particulaires. Il n'est pas utilisable pour recueillir le dépôt sec ou la neige, mais on tente actuellement de l'adapter à ce dernier usage (C.H. Chan, Direction générale des eaux intérieures, communication personnelle). En moyenne 86 % des organochlorés sont récupérés, avec un coefficient moyen de variation de 33 %, calculé pour des échantillons multiples prélevés dans des conditions naturelles. Peu d'études de contrôle de la qualité ont été tentées pour ce genre d'échantillonnage, mais les résultats obtenus seraient comparables à ceux d'autres techniques. Le collecteur offre également les avantages d'un fonctionnement sans surveillance pendant des périodes prolongées et d'une méthode simple de manipulation des échantillons sur le terrain, car les colonnes peuvent être facilement remplacées, fermées et livrées. Il est recommandé d'utiliser ces échantillonneurs dans les réseaux nationaux d'échantillonnage comme dans le cadre du programme CANSOC de la Direction générale des eaux intérieures et du Service de l'environnement atmosphérique d'Environnement Canada.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier R. Thomson, qui a vu à l'analyse des échantillons prélevés sur le terrain, dans les laboratoires de la région de l'Ontario de la Direction générale des eaux intérieures ainsi que A. Pashley, de l'Institut national de recherche sur les eaux, pour son aide et ses conseils techniques. La mise au point du collecteur et l'acquisition des trois prototypes ont été subventionnées grâce au Fonds pour les contrats de recherche sur les contaminants de l'environnement d'Environnement Canada, subvention 9-904-EMS-IWD.

RÉFÉRENCES

Allen, H.E. et M.A. Halley. 1980. Assessment of airborne inorganic contaminants in the Great Lakes. Annexe B du rapport du Conseil consultatif sur les sciences à la Commission mixte internationale.

Benvenue, A., J.N. Ogata et J.W. Hylin. 1972. Organochlorine pesticides in rainwater, Oahu, Hawaii, 1971-1972. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 8: 238-241.

Bidleman, T.F. et C.E. Olney. 1974. Chlorinated hydrocarbons in the Sargasso sea atmosphere and surface water. Science, 183: 516-518.

Clausen, J., L. Braestrup et O. Berg. 1974. The content of polychlorinated hydrocarbons in arctic mammals. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 12: 529-534.

Eisenreich, S.J., B.B. Looney et J.D. Thornton. 1980. Annexe A du rapport du Conseil consultatif sur les sciences à la Commission mixte internationle.

Environnement Canada. 1979. *Manuel des méthodes analytiques* (avec mises à jour). Direction générale des eaux intérieures. Ministère de l'Environnement, Ottawa.

Lunde, G., J. Gether, N. Gjos et M-B.S. Lande. 1977. Organic micropollutants in precipitation in Norway. Atmos. Environ. 11: 1007-1014.

Masahiro, O. et H. Takahisa. 1975. Alpha- and gamma-BHC in Tokyo rainwater (December 1968 to November 1969). Environ. Pollut. 9: 283-288.

Murphy, T.J. et C.P. Rzeszutko. 1977. Precipitation inputs of PCB's to Lake Michigan. J. Great Lakes Res. 3: 305-312.

Peterle, T.J. 1969. DDT in Antarctic snow. Nature, 224: 620.

Smith, J.H., D.C. Bomberger, Jr. et D.L. Haynes. 1981. Volatilization rates of intermediate and low volatility chemicals from water. Chemosphere, 10: 281-290.

Sodergren, A., B. Svensson et S. Ulfstrand. 1972. DDT and PCB in south Swedish streams. Environ. Pollut. 3: 25-37.

Strachan, W.M.J. et H. Huneault. 1979. Polychlorinated biphenyls and organochlorine pesticides in Great Lakes precipitation. J. Great Lakes Res. 5: 61-68.

Strachan, W.M.J., H. Huneault, W.M. Schertzer et F.C. Elder. 1980. Organochlorines in precipitation in the Great Lakes region. *In* Hydrocarbons and Halogenated Hydrocarbons in the Aquatic Environment, B.K. Afghan and D. Mackay (eds.), Plenum Press, pp. 387-396.

Swain, W.R. 1978. Chlorinated organic residues in fish, water, and precipitation from the vicinity of Isle Royale, Lake Superior. J. Great Lakes Res. 4: 398-407.

Wolff, C.J.M. et H.B. van der Heijde. 1982. A model to assess the rate of evaporation of chemical compounds from surface waters. Chemosphere, 11: 103-117.