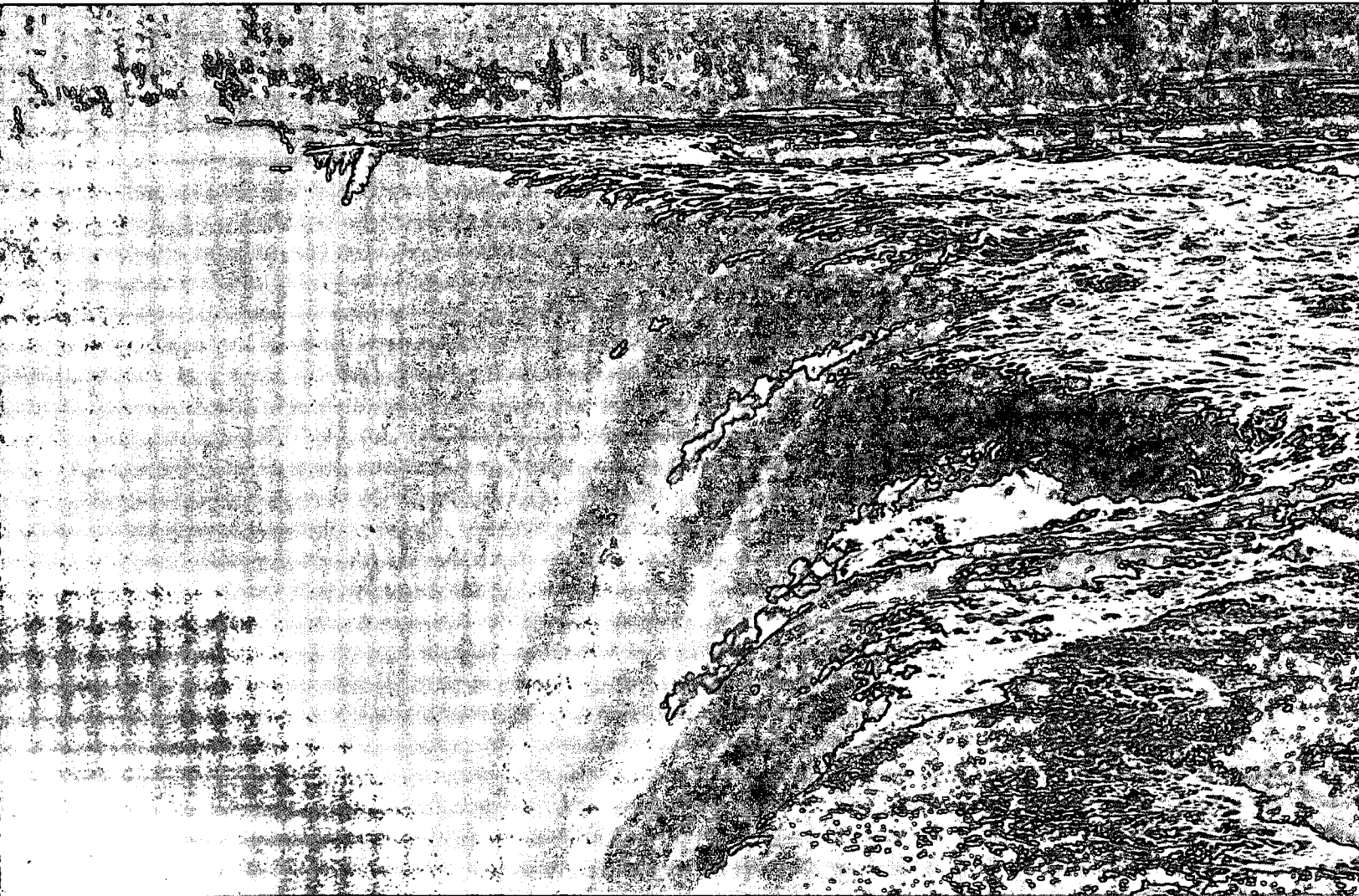




# Les organochlores et les hydrocarbures aromatiques polycycliques dans le fleuve Saint-Laurent, à la hauteur de l'île Wolfe, 1982 à 1984

A. Sylvestre



GB  
707  
C338  
no. 144F

la

**ÉTUDE N° 144, COLLECTION DES RAPPORTS  
TECHNIQUES**

**DIRECTION GÉNÉRALE DES EAUX INTÉRIEURES  
ET DES TERRES  
RÉGION DE L'ONTARIO  
DIRECTION DE LA QUALITÉ DES EAUX  
BURLINGTON (ONTARIO) 1987**

*(Available in English on request)*



Environnement  
Canada

Environment  
Canada

# **Les organochlorés et les hydrocarbures aromatiques polycycliques dans le fleuve Saint-Laurent, à la hauteur de l'île Wolfe, 1982 à 1984**

**A. Sylvestre**

**ÉTUDE N° 144, COLLECTION DES RAPPORTS  
TECHNIQUES**

**DIRECTION GÉNÉRALE DES EAUX INTÉRIEURES  
ET DES TERRES  
RÉGION DE L'ONTARIO  
DIRECTION DE LA QUALITÉ DES EAUX  
BURLINGTON (ONTARIO) 1987**

*(Available in English on request)*

Publié avec l'autorisation  
du ministre de l'Environnement

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1987

N° de cat. En 36-503/144F

ISBN 0-662-94484-4

# Table des matières

	Page
RÉSUMÉ . . . . .	v
ABSTRACT . . . . .	v
INTRODUCTION . . . . .	1
MÉTHODE . . . . .	1
Stations d'échantillonnage . . . . .	1
Méthode d'échantillonnage . . . . .	1
RÉSULTATS ET DISCUSSION . . . . .	2
Pesticides organochlorés et BPC . . . . .	2
Dans les échantillons d'eau non filtrée . . . . .	2
Dans les sédiments en suspension . . . . .	4
Chlorobenzènes . . . . .	6
Hydrocarbures aromatiques polycycliques . . . . .	7
Estimations des charges . . . . .	7
CONCLUSIONS . . . . .	8
RECOMMANDATIONS . . . . .	8
REMERCIEMENTS . . . . .	9
RÉFÉRENCES . . . . .	9
ANNEXE A. Fréquence des organochlorés à la hauteur de l'île Wolfe, de 1982 à 1984 . . . . .	11

## Tableaux

1. Organochlorés et hydrocarbures aromatiques polycycliques mesurés à la station de l'île Wolfe, de 1982 à 1984 . . . . .	3
2. Concentrations des pesticides organochlorés et des BPC à l'île Wolfe, de 1982 à 1984 . . . . .	3
3. Comparaison des concentrations des organochlorés à la station n° 78 du programme de surveillance et à l'île Wolfe en octobre 1983 . . . . .	4
4. Concentrations des pesticides organochlorés et des BPC aux stations 189S et 192N en juin 1981 . . . . .	5
5. Concentrations des chlorobenzènes dans les sédiments en suspension à l'île Wolfe, de 1982 à 1984 . . . . .	6
6. Estimations des charges des pesticides organochlorés, des BPC et des chlorobenzènes du lac Ontario au fleuve Saint-Laurent, de 1982 à 1984 . . . . .	7
7. Estimations des charges des matières organochlorées entrant dans le lac Ontario, d'après les publications, et sortant à la hauteur de l'île Wolfe, de 1982 à 1984 . . . . .	8

# Illustration

Page

Figure 1. Emplacement des stations d'échantillonnage . . . . .	2
----------------------------------------------------------------	---

## Résumé

D'avril 1982 à décembre 1984, on a prélevé mensuellement dans le Saint-Laurent, au niveau de l'île Wolfe, des échantillons d'eau non filtrée et de sédiments en suspension pour l'analyse des organochlorés et des hydrocarbures aromatiques polycycliques.

Dans plus de 40 % des échantillons d'eau non filtrée, on a décelé de l' $\alpha$ -BHC et du  $\gamma$ -BHC ainsi que de la dieldrine. L' $\alpha$ -BHC, la dieldrine, les BPC et le DDT total ont été trouvés dans plus de la moitié des échantillons de sédiments en suspension, tandis que le mirex, l' $\alpha$ -chlordane et le  $\beta$ -endosulfan ont été mesurés de 20 % à 35 % du temps. Les chlorobenzènes fortement chlorés tels que l'hexachlorobenzène, le pentachlorobenzène, le 1, 2, 3, 4-tétrachlorobenzène et le 1, 2, 4-trichlorobenzène ont été détectés dans plus de la moitié des échantillons de sédiments en suspension. Une estimation grossière du bilan des BPC, du DDT total et du BHC total dans le lac Ontario, porte à croire que ces composés demeurent en grande partie dans le lac ou se volatilisent.

## Abstract

Whole water and suspended sediment samples were collected monthly at Wolfe Island on the St. Lawrence River from April 1982 to December 1984. Samples were analyzed for organochlorines and polyaromatic hydrocarbons.

$\alpha$ - and  $\gamma$ -BHC and dieldrin were found in more than 40% of the whole water samples.  $\alpha$ -BHC, dieldrin, PCBs, and tDDT occurred in more than 50% of the suspended sediment samples, and mirex,  $\alpha$ -chlordane, and  $\beta$ -endosulfan were measured 20% to 35% of the time. Higher chlorinated chlorobenzenes such as hexa, penta, 1,2,3,4-tetra, and 1,2,4-tri were also detected in more than 50% of the suspended sediment samples. Rough estimates of the loading budget for PCBs, tDDT, and tBHC for Lake Ontario suggest that these compounds remain in the lake or are volatilized. Recommendations for future monitoring programs are discussed.

# Les organochlorés et les hydrocarbures aromatiques polycycliques dans le fleuve Saint-Laurent, à la hauteur de l'île Wolfe, 1982 à 1984

A. Sylvestre

## INTRODUCTION

Au cours de la dernière décennie, les préoccupations environnementales face à l'excès d'éléments nutritifs dans le bassin des Grands lacs se sont graduellement reportées sur les contaminants toxiques. L'utilisation intensive de pesticides agricoles persistants, entre 1950 et 1970, ainsi que l'élimination insatisfaisante de beaucoup d'autres substances toxiques sont à l'origine du problème actuel dans le bassin des Grands lacs.

L'attention des scientifiques et du public a d'abord convergé vers la rivière Niagara et l'ouest du lac Ontario; jusqu'à tout récemment, il avait été rarement fait mention de problèmes de contamination de la partie orientale du lac.

En trois occasions, soit en 1975, 1977 et 1981, la région de l'Ontario de la Direction de la qualité des eaux a signalé l'existence de contaminants organochlorés dans la zone internationale du Saint-Laurent. Afin d'évaluer l'ampleur de cette contamination, la Direction a élargi son programme régulier de surveillance de la qualité des eaux à sa station permanente de l'île Wolfe sur le chenal sud du fleuve Saint-Laurent en ajoutant l'échantillonnage et l'analyse des contaminants organochlorés.

L'objet de ce rapport est de présenter et d'évaluer les résultats obtenus durant les trois premières années de cette étude. Dans la première partie, on décrit la station et les méthodes d'échantillonnage. La deuxième partie traite de la présence et des concentrations des pesticides organochlorés, des BPC, des chlorobenzènes et des hydrocarbures aromatiques polycycliques. Cette deuxième partie donne aussi une estimation des charges des principaux contaminants vers le fleuve Saint-Laurent. Enfin, on trouve des recommandations pour des études ultérieures et l'orientation à venir du programme.

## MÉTHODE

### Station d'échantillonnage

La station d'échantillonnage est située sur l'île Wolfe, entre la pointe Banford et la rive américaine, à 44° 12' 24" N et 76° 14' 18" O (figure 1).

L'île Wolfe divise le fleuve en deux branches. Dans le chenal sud passe environ 60 % du débit sortant du lac Ontario; le reste s'écoule dans le chenal nord (Casey et Salbach, 1974).

La pointe Banford, sur le chenal sud, a été retenue comme l'endroit qui convenait le mieux à l'installation d'une station permanente de surveillance de la qualité des eaux, à cause de la faible influence anthropique sur le chenal. La station a commencé à fonctionner en octobre 1976, et on n'y échantillonnait que les principaux paramètres de qualité de l'eau (pH, conductance spécifique, turbidité, éléments nutritifs, ions principaux et métaux à l'état de traces). En avril 1982, on ajoutait les composés organochlorés (pesticides organochlorés, BPC et chlorobenzènes) et les hydrocarbures aromatiques polycycliques.

### Méthode d'échantillonnage

Les sédiments en suspension ont été prélevés au moyen d'une conduite d'admission, d'une pompe et d'une centrifugeuse Westfalia. La conduite d'admission est formée d'un tuyau en polyéthylène de 0.75 po. L'entrée de la conduite est située à environ 122 m de la rive, à 6 m au-dessus du lit du fleuve dans une colonne d'eau d'environ 14 m. Durant la période d'échantillonnage, on a utilisé deux types de pompe: une pompe Moyno modèle FA-11, d'avril 1982 à juin 1984 et une pompe électromagnétique immergée March 5C-MD, par la suite. L'eau pompée passait à travers la centrifugeuse à un débit approximatif de 6 L/min. Afin de recueillir suffisamment de sédiments pour l'analyse, la centrifugation était effectuée sur une période de 24 heures.

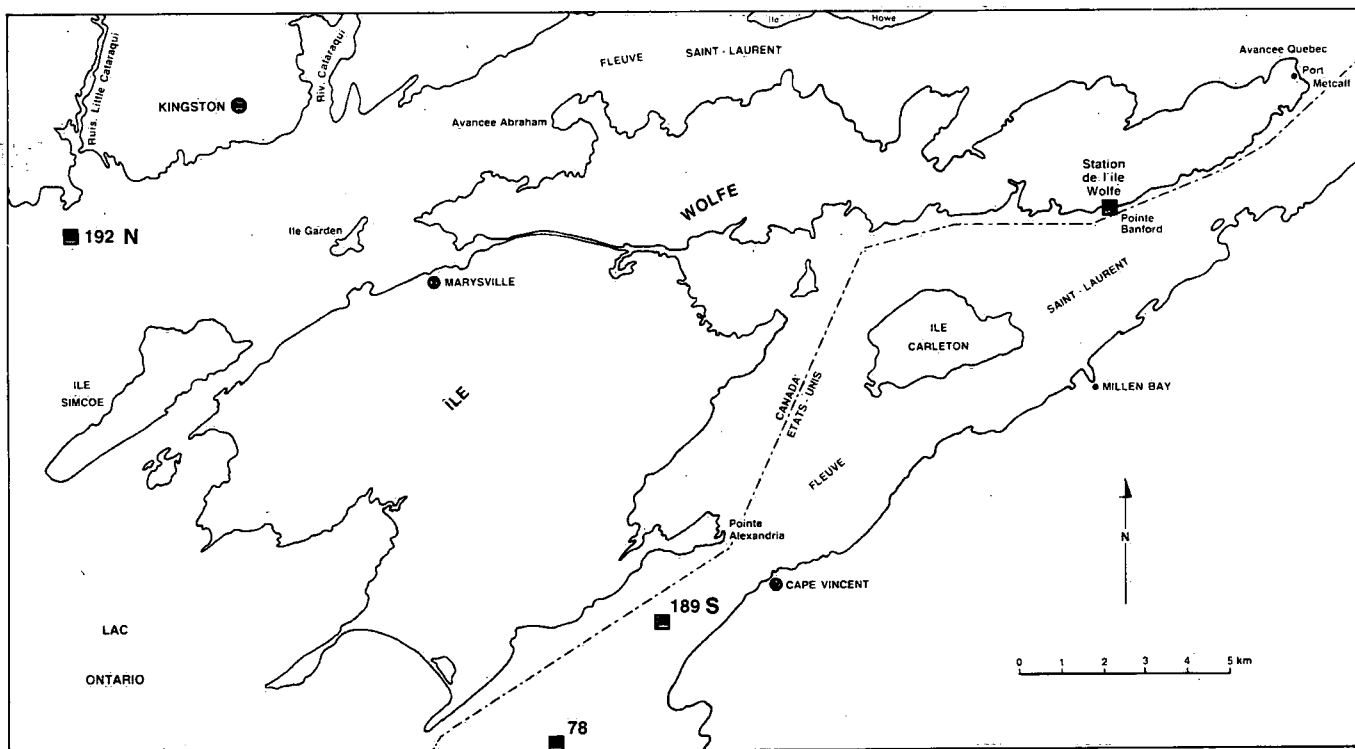


Figure 1. Emplacement des stations d'échantillonnage.

Les sédiments en suspension ont été retirés des bols de la centrifugeuse en grattant les parois au moyen d'une raclette en téflon. La boue obtenue a été filtrée sous pression sur un filtre en téflon de 5 microns. Le filtre a ensuite été séché à l'air dans un dessiccateur. Après dessiccation complète, les sédiments ont été récupérés du filtre, homogénéisés dans un mortier, puis soumis au Laboratoire national de la qualité des eaux (LNQE) pour analyse. Les méthodes d'analyse des sédiments sont décrites dans le *Manuel des méthodes analytiques* (Environnement Canada, 1986).

Ce programme de prélèvement des sédiments en suspension a débuté en avril 1982 et s'est effectué selon une fréquence d'échantillonnage mensuelle. Chaque fois qu'un échantillon de sédiment était prélevé, un échantillon d'eau non filtrée l'était aussi à l'aide de deux bouteilles de verre de 1 L, préalablement nettoyées (méthodes d'analyse dans *Manuel des méthodes analytiques*, Environnement Canada, 1986). Les données présentées dans le présent rapport portent sur la période d'avril 1982 à décembre 1984.

## RÉSULTATS ET DISCUSSION

### Pesticides organochlorés et BPC

La liste des pesticides organochlorés (POC) régulièrement analysés, se trouve au tableau 1. Les limites de détec-

tion sont comme suit : 0.4 ng/L dans l'eau (9.0 ng/L dans le cas des BPC) et 4 ng/g dans les sédiments (90 ng/g dans le cas des BPC). Les résultats des analyses d'eau non filtrée et ceux des matières en suspension seront examinés séparément.

### Dans les échantillons d'eau non filtrée

Trois des 18 pesticides organochlorés régulièrement analysés dans l'eau non filtrée ont été décelés dans plus de 40 % des échantillons (annexe A tableau A-1). Il s'agit de l' $\alpha$ -BHC, du  $\gamma$ -BHC et de la dieldrine. Leur concentration moyenne entre 1982 et 1984 était respectivement de 5.8 ng/L, 1.0 ng/L et 0.4 ng/L (tableau 2), c'est-à-dire environ la moitié des concentrations observées à l'embouchure de la rivière Niagara (respectivement 10.5 ng/L, 2.1 ng/L et 0.6 ng/L) entre 1980 et 1981 (Kuntz et Warry, 1983).

En plus de ces trois composés, des BPC, l' $\alpha$ -chlordane, le  $\gamma$ -chlordane, le p,p'-DDE et l'heptachlore-époxyde ont été mesurés dans plus de 40 % des échantillons prélevés dans la rivière Niagara, à Niagara-on-the-Lake en 1980-1981 (Kuntz et Warry, 1983). Dans les deux cas, le volume prélevé était le même (2 L), mais la limite de détection était inférieure en ce qui concerne les échantillons de Niagara-on-the-Lake (0.1 ng/L). Il faut noter que les concentrations d' $\alpha$ -chlordane et de  $\gamma$ -chlordane, de p,p'-DDE et d'hepta-



chlure-époxyde mesurées à Niagara-on-the-Lake étaient près ou au-dessous de la limite de détection des échantillons de l'île Wolfe. Comme la rivière Niagara apporte beaucoup d'organochlorés au lac Ontario (Warry et Chan, 1981; Oliver et Nicol, 1984), il n'est pas surprenant d'en déceler certains à de faibles concentrations à la hauteur de l'île

**Tableau 1. Organochlorés et hydrocarbures aromatiques polycycliques mesurés à la station de l'île Wolfe, de 1982 à 1984**

Eau non filtrée et sédiments en suspension	
<b>Pesticides organochlorés</b>	
p,p'-DDT	
o,p'-DDT	
p,p'-TDE	
p,p'-DDE	
p,p'-Méthoxychlore	
Heptachlore	
Heptachlore-époxyde	
α-Endosulfan	
β-Endosulfan	
α-Chlordane	
γ-Chlordane	
α-BHC	
γ-BHC	
Mirex	
Aldrine	
Endrine	
HEOD (dieldrine)	
<b>BPC</b>	
Araclor total	
<b>Sédiments en suspension</b>	
<b>Hydrocarbures aromatiques polycycliques</b>	
Pyrène	
Fluorène	
Indène	
1,2,3,4-Tétrahydronaphthalène	
1-Méthyl-naphthalène	
2-Méthyl-naphthalène	
β-Chloronaphthalène	
Acénaphthalène	
Quinoline	
Acénaphthène	
Phénanthrène	
Fluoranthène	
<b>Chlorobenzènes</b>	
1,3-Dichlorobenzène	
1,2-Dichlorobenzène	
1,4-Dichlorobenzène	
1,3,5-Trichlorobenzène	
1,2,3-Trichlorobenzène	
1,2,4-Trichlorobenzène	
1,2,3,4-Tétrachlorobenzène	
Pentachlorobenzène	
Hexachlorobenzène*	

\* Aussi analysé dans l'échantillon d'eau non filtrée.

**Tableau 2. Concentrations des pesticides organochlorés et des BPC (fréquence >40 %) à l'île Wolfe, de 1982 à 1984**

Paramètres	N	Fréquence (%)	Écart-type		
			Moy.	Intervalle	
Eau non filtrée (ng/L)					
α-BHC	32	94	5.8	3.3	LD - 13.8
γ-BHC	32	88	1.0	0.6	LD - 2.5
Dieldrine	32	41	0.4	0.3	LD - 1.6
Sédiments en suspension (ng/g)					
BPC	30	93	162	78	LD - 360
DDT total	30	90	18	13	LD - 58
Dieldrine	30	83	9	7	LD - 29
α-BHC	30	53	5	5	LD - 29

Remarque : Les valeurs égales à la limite de détection entrent dans les calculs en étant posées égales à la moitié de cette limite.

Wolfe. Dans le lac, ces contaminants peuvent disparaître du fait de la volatilisation, de l'absorption par les organismes aquatiques ou de la sédimentation des particules sur lesquelles les pesticides sont adsorbés (Robinson, 1973).

Cependant la rivière Niagara n'est pas l'unique source de pesticides polluant le lac Ontario. Les apports atmosphériques semblent appréciables (Strachan et Huneault, 1979). Il en est de même de la baie de Quinte (Frank et coll., 1980; Fox et Joshi, 1984) ainsi que des rivières Oswego (Holdrinet et coll., 1978; Scudato et DelPrete, 1982) et Black (Collins, 1980), sans mentionner les nombreuses sources mineures, tant locales que diffuses. Toutes ces sources de même que les bons résultats obtenus par l'échantillonnage d'importants volumes d'eau (McCrea et coll., 1985; Biberhofer et Stevens, 1985) portent à croire que le chenal sud du Saint-Laurent renferme davantage d'organochlorés qu'a permis d'en déceler la présente étude.

Afin de confirmer cette hypothèse, les concentrations mesurées dans un échantillon de 36 L prélevé à la station n° 78 au large de l'île Wolfe, dans le cadre du programme de surveillances (figure 1), sont présentées simultanément avec les teneurs mesurées à l'île Wolfe en octobre 1983 (tableau 3). Dans cet échantillon, on a décelé des BPC, du DDT total, du méthoxychlore, de l'endrine, de l'α-chlordane et du γ-chlordane ainsi que de l'heptachlore-époxyde, à des concentrations inférieures à la limite de détection de la méthode d'analyse utilisée pour les échantillons de l'île Wolfe.

La présence de BHC à la station de l'île Wolfe peut s'expliquer par l'utilisation abondante de ces composés comme fongicides et pour l'enrobage des semences (Martin et Worthing, 1974). La présence de BHC dans les échantillons d'eau non filtrée est attribuable à la fois à leur solubilité plus grande (α-BHC : 1.21 à 2.03 mg/L; γ-BHC : 7.52

Tableau 3. Comparaison des concentrations des organochlorés (ng/L) à la station n° 78 du programme de surveillance et à l'île Wolfe en octobre 1983

Paramètre	N° 78	Ile Wolfe
α-BHC	4.83	4.9
γ-BHC	1.16	0.5
Heptachlore-époxyde	0.333	< LD
α-Chlordane	0.010	< LD
γ-Chlordane	0.026	< LD
Dieldrine	0.538	< LD
Endrine	0.093	< LD
Mirex	< LD	< LD
Méthoxychlore	0.052	< LD
DDT total	0.175	< LD
BPC	0.430	< LD

Remarque 1 : Source des données de la station n° 78 : Biberhofer et Stevens, 1985.

Remarque 2 : Limite de détection pour les données de l'île Wolfe : 9.0 ng/L pour les BPC et 0.4 ng/L pour les organochlorés.

mg/L à 25° C)(United States Environmental Protection Agency, 1979) comparativement aux autres organochlorés et à leur utilisation régulière. La rivière Niagara (Kuntz et Warry, 1983) ainsi que les apports atmosphériques (Strachan et Huneault, 1979) constituent les principales sources de ces substances dans le lac Ontario. La concentration de l'α-BHC est plus élevée (5.8 ng/L) que celle du γ-BHC (1.0 ng/L). Ce phénomène serait peut-être dû à la transformation photochimique, dans certaines conditions naturelles, des produits commerciaux du lindane (constitués à plus de 90 % de γ-BHC) (United States Environmental Protection Agency, 1979) en α-BHC (Malaiyandi et coll., 1982; United States Environmental Protection Agency, 1979). Le γ-BHC peut aussi s'isomériser en α-BHC, en β-BHC et en δ-BHC à la faveur de processus biologiques (Benezet et Matsumura, 1973; United States Environmental Protection Agency, 1979).

L'aldrine, la dieldrine et le DDT sont des insecticides largement utilisés en Ontario entre 1950 et 1969, année de leur interdiction (Harris et Miles, 1975). La transformation biologique de l'aldrine en dieldrine (United States Environmental Protection Agency, 1979) et la forte rémanence de cette dernière expliquent la présence de la dieldrine dans les échantillons d'eau, 15 ans après l'interdiction. La dieldrine est omniprésente dans le bassin du lac Ontario (Harris et Miles, 1975). Les concentrations décelées à l'île Wolfe vont de non décelable à 1.6 ng/L. La concentration moyenne de ce composé est près de la limite de détection, puisque 60 % des résultats étaient inférieurs à 0.4 ng/L. La valeur mesurée dans le lac Ontario, au large de l'île Wolfe en octobre 1983 était de 0.583 ng/L (Biberhofer et Stevens, 1985).

Le DDT a été décelé très rarement dans les échantillons d'eau non filtrée de l'île Wolfe. L'usage répandu de ce pesticide a été associé aux régions de culture du tabac situées surtout dans le bassin du lac Érié (Frank et coll., 1974). Son absence peut s'expliquer par la sensibilité insuffisante des méthodes d'analyse, Biberhofer et Stevens ayant signalé une concentration de 0.175 ng/L à la station n° 78 (figure 1) en 1985.

On n'observe aucune variation saisonnière évidente chez les paramètres mesurés lors de la présente étude.

Comme les données ne portent que sur trois années, que les écarts-types fluctuent énormément et que beaucoup de valeurs sont inférieures à la limite de détection, il est difficile de déterminer l'évolution de ces paramètres.

Cinq des valeurs correspondant à l'α-BHC excédaient l'objectif de 10 ng/L fixé par la CMI (Commission mixte internationale, 1978). Les objectifs de 1.0 ng/L concernant l'aldrine, la dieldrine et les BPC sont dix fois plus faibles (Commission mixte internationale, 1978), et les concentrations de dieldrine ont dépassé cette valeur en trois occasions. Le seul résultat obtenu pour l'aldrine et les deux pour les BPC ne sont pas conformes à cet objectif. L'origine de ces fortes concentrations est imprécise.

#### *Dans les sédiments en suspension*

Dans le cas des sédiments en suspension, la situation diffère légèrement (annexe A, tableaux A-2 et A-3). Comme dans les échantillons d'eau, l'α-BHC et la dieldrine ont été décelés dans plus de 40 % des échantillons, mais les concentrations de γ-BHC étaient généralement inférieures à la limite de détection de 4.0 ng/g. La concentration d'α-BHC (6 ng/g) était deux fois plus faible qu'à Niagara-on-the-Lake entre 1979 et 1981 (Kuntz et Warry, 1983), tandis que la concentration de dieldrine (9 ng/g) était deux fois plus élevée.

Les BPC ont été décelés dans 93 % des échantillons. Leur moyenne (1982 à 1984) est de 162 ng/g, c'est-à-dire près de quatre fois moins qu'à Niagara-on-the-Lake (1979 à 1981), mais relativement proche des valeurs observées près de Cape Vincent en 1981 (200 ng/g) et en aval de Kingston (190 ng/g). (Merriman, 1985; tableau 4). Les BPC ont été introduits au Canada en 1929 dans l'industrie d'équipement électrique et dans d'autres produits. Depuis 1977, leur usage est limité à l'équipement électrique (Durham et Oliver, 1983). Ils sont fort répandus dans le bassin du lac Ontario. Dans les sédiments du fond du lac Ontario, Frank et coll. (1979) signalent une concentration moyenne de 57 ng/g. La rivière Niagara (Kuntz et Warry, 1983; Fox et coll., 1983; Durham et Oliver, 1983)

ainsi que la baie de Quinte (Frank et coll., 1979) en sont des sources importantes. Cependant, les apports par les précipitations sous forme sèche et humide peuvent être considérés comme importants (Eisenreich et coll., 1981).

Tableau 4. Concentrations des pesticides organochlorés et des BPC (ng/g) aux stations 189S et 192N en juin 1981

Paramètres	Sédiments de fond		Sédiments en suspension	
	189S	192N	189S	192N
α-BHC	<	<	2	<
γ-BHC	<	<	<	<
Heptachlore	<	<	<	<
Aldrine	<	<	<	<
Heptachlore-époxyde	<	<	<	<
γ-Chlordane	<	<	3	7
α-Chlordane	<	<	5	<
α-Endosulfan	<	<	<	<
p,p'-DDE	3	45	16	14
Dieldrine	<	<	14	4
Endrine	<	<	<	<
o,p'-DDT	<	<	<	<
p,p'-TDE	<	11	<	20
p,p'-DDT	<	<	9	<
β-Endosulfan	<	<	<	<
Mirex	<	9	6	6
p,p'-Méthoxychlore	<	<	<	<
<b>BPC</b>	<b>10</b>	<b>310</b>	<b>200</b>	<b>190</b>

< = Au-dessous de la limite de détection.

Source : Merriman, 1985.

Le DDT a aussi été décelé dans les échantillons de matières en suspension de l'île Wolfe. Il n'est pas surprenant de trouver ce composé et ses métabolites associés uniquement aux particules, à cause de leur faible solubilité (0.0012 ppm) (United States Environmental Protection Agency, 1980). Le DDT total a été décelé dans 90 % des échantillons à une concentration moyenne de 18 ng/g. Sa forme oxydée, le p,p'-DDE, est la plus commune (87 %), même si la forme réduite, le p,p'-TDE, s'observe aussi (43 %). Le p,p'-DDT a été trouvé dans trois échantillons. Dans des échantillons prélevés près de Cape Vincent (station 189S) en 1981, ce dernier a été dosé à 9 ng/g (Merriman, 1985). Comme il s'agit de la forme prédominante dans la préparation technique de DDT (près de 77 %) (United States Environmental Protection Agency, 1980), l'hypothèse de la présence d'une source près du chenal sud est possible. Cependant, à cause de la stabilité du composé, il est possible que cette source soit constituée de vieux dépôts sédimentaires.

Par contraste avec les échantillons d'eau non filtrée, dans lesquels peu de composés sont identifiés dans moins de 40 % des cas, on a trouvé dans les échantillons de matières en suspension de l'α-chlordane (33 %), du mirex (33 %) et de l'α-endosulfan (20 %) (annexe A, tableau A-3).

Le chlordane est un insecticide pour les sols, importé au Canada en 1940 (Harris et Miles, 1975). Son utilisation a notablement augmenté en 1970, année d'interdiction de l'aldrine, de la dieldrine et de l'heptachlore (Frank et coll., 1979). Depuis 1977, l'utilisation de ce produit est aussi interdite. Les concentrations d'α-chlordane varient de la limite de détection à 27 ng/g (annexe A, tableau A-3), mais la plupart des valeurs observées se trouvent près de la limite de détection. En 1981, les valeurs observées dans les matières en suspension à la station 189S (figure 1) étaient 3 ng/g pour le γ-chlordane et 5 ng/g pour l'α-chlordane (Merriman, 1985).

Le mirex a été signalé pour la première fois dans le lac Ontario dans des échantillons de poissons capturés dans la baie de Quinte en 1973 (Kaiser, 1974). Par la suite, une étude sédimentologique réalisée par Holdrinet et coll. (1978) a permis d'identifier deux sources de cette substance pour le lac Ontario, c'est-à-dire les rivières Niagara et Oswego. Ces auteurs ont aussi déterminé qu'un rejet dans la rivière Oswego a eu lieu au début des années 1960. La substance a probablement fait son apparition dans la rivière Niagara vers la même période, c'est-à-dire la fin des années 1950 ou le début des années 1960 (Pickett et Dossett, 1979). Ces deux cours d'eau véhiculent toujours du mirex. Entre 1979 et 1981, des concentrations de 12 ng/g ont été signalées à Niagara-on-the-Lake par Kuntz et Warry (1983). Dans leur étude de 1979, Scudato et DelPrete (1982) concluent que la rivière Oswego constitue toujours une source de mirex et qu'il en sera ainsi pour de nombreuses années. En 1981, on a constaté que cet insecticide est aussi répandu dans les matières en suspension de la zone internationale du fleuve Saint-Laurent, à des concentrations de 2 à 6 ng/g (Merriman, 1985). Les concentrations maximales ont été observées en amont de Kingston et près de Cape Vincent (stations 192N et 189S, respectivement [figure 1]). En 1975, une étude des sédiments du fond du Saint-Laurent, dans la zone internationale, n'avait pas trouvé de mirex (limite de détection = 1.0 ng/g) (Kuntz, 1985). L'année suivante, Holdrinet et coll. (1978) n'ont décelé aucun résidu de mirex dans une série d'échantillons de matières en suspension prélevés dans le Saint-Laurent entre le lac Ontario et la ville de Québec (limite de détection = 1.0 ng/g).

Cependant, dans les échantillons biologiques, la situation diffère. Après la découverte de la substance dans le poisson de la baie de Quinte (Kaiser, 1974), on a aussi décelé du mirex chez les adultes du goéland argenté (*Larus argentatus*) de l'île Pigeon, en 1975 (Mineau et coll., 1984) et dans plusieurs espèces de poisson capturées entre l'île Carleton et Massena en 1976 par le New York State Department of Environmental Conservation (Mirex Task

Force, 1977). Karl Sun, du ministère de l'Environnement de l'Ontario, a aussi signalé la présence de mirex chez les queues à tache noire (*Notropis hudsonius*) à Cornwall, de 1979 à 1983 (Suns et coll., 1985). Dans le bassin de Kingston tributaire du lac Ontario, source la plus proche du fleuve, le principal courant se déplace dans le sens contraire à celui des aiguilles d'une montre (Pickett et Bermick, 1977; Simons 1975). Ce phénomène a peut-être empêché le mirex d'atteindre le fleuve en concentrations décelables avant la fin des années 1970. La bioaccumulation de cette substance à travers la chaîne trophique et la mobilité des organismes biologiques peuvent expliquer la présence antérieure de mirex et sa répartition plus répandue dans le biote que dans les sédiments.

L' $\alpha$ -endosulfan et le  $\beta$ -endosulfan ont été décelés dans 12 % et 20 % des échantillons respectivement. Les résultats d'une étude sédimentologique réalisée en 1977 ont conduit Frank et coll. (1979) à soupçonner un déversement d'endosulfan dans le bassin Niagara du lac Ontario. Ce déversement combiné à l'utilisation du composé par les tabaculteurs jusqu'en 1977 pourrait expliquer sa présence dans le lac. Cependant il n'y avait pas d'endosulfan dans les sédiments ni dans les matières en suspension des stations 189S et 192N (tableau 4), en 1981 (Merriman, 1985).

### Chlorobenzènes

De nombreuses études ont signalé la présence de chlorobenzènes dans le lac Ontario (Oliver et Nicol, 1982; Fox et coll., 1983; Biberhofer et Stevens, 1985). La plupart de ces études se rapportent à l'embouchure de la rivière Niagara ou à proximité parce que les sources situées dans cette région sont bien connues. Les chlorobenzènes énumérés dans le tableau 1 ainsi que le 1,2,4,5-tétra chlorobenzène ont été observés dans plus de 70 % des échantillons de matières en suspension prélevés hebdomadairement à Niagara-on-the-Lake en 1980 (Kuntz, 1984). Les apports atmosphériques de chlorobenzènes se limitent généralement à l'hexachlorobenzène (HCB) (Strachan et Edwards, 1984). Selon Oliver et Nicol (1982), la répartition de différents chlorobenzènes dans les sédiments du fond porte à croire à la présence d'une source à l'extrémité orientale du lac Ontario. Les résultats observés à l'île Wolfe montrent aussi une répartition et des concentrations différentes de celles de la rivière Niagara. Quatre des neuf chlorobenzènes ordinairement analysés ont été décelés dans plus de 40 % des échantillons. Il s'agissait surtout de dérivés fortement chlorés (tableau 5). Les isomères manufacturés peu chlorés étaient presque absents à l'exception du 1,2-dichlorobenzène, décelé dans 40 % des échantillons (annexe A, tableau A-4). La concentration moyenne de ce dernier pour

la période de 1982 à 1984 (137 ng/g) atteint presque la valeur signalée à Niagara-on-the-Lake en 1980 (148 ng/g, N = 28) (Kuntz et Warry, 1983). Cependant, à l'exception de la période comprise entre juillet 1983 et mai 1984, l'analyse de cette substance reste sous la limite de détection. Il est donc peu probable que ces concentrations élevées soient une expression fidèle de la réalité. L'interaction de solvants durant l'analyse est peut-être la cause de ces anomalies. Le composé le plus utilisé soit le 1,4-dichlorobenzène, n'est décelé dans aucun échantillon. Les concentrations des dérivés fortement chlorés sont inférieures à celles qui sont observées à Niagara-on-the-Lake. Les valeurs moyennes de ces chlorobenzènes à l'île Wolfe, entre 1982 et 1984, sont : 32 ng/g pour le 1,2,4-trichlorobenzène, 14 ng/g pour le 1,2,3,4-tétrachlorobenzène, 11 ng/g pour le pentachlorobenzène et 13 ng/g pour l'hexachlorobenzène comparativement aux valeurs : 61 ng/g, 71 ng/g, 58 ng/g et 94 ng/g, respectivement, observés à Niagara-on-the-Lake en 1980 (Kuntz et Warry, 1983).

Tableau 5. Concentrations des chlorobenzènes (ng/g, fréquence >50 %) dans les sédiments en suspension à l'île Wolfe, de 1982 à 1984.

Paramètres	N	Fréquence (%)	Moy.	Écart	
				type	Intervalle
1,2,4-Tri	28	54	32	44	LD - 131
1,2,3,4-Tétra	28	64	14	20	LD - 95
Penta	28	57	11	13	LD - 56
Hexa	28	89	13	11	LD - 54

Remarque : Les valeurs inférieures à la limite de détection entrent dans les calculs en étant posées égales à la moitié de cette limite.

La présence de dérivés fortement chlorés du benzène peut s'expliquer par leur plus forte tendance à s'associer aux sédiments en suspension tandis que les dérivés peu chlorés sont peu solubles et plus volatils (Oliver, 1984). Selon Oliver (1984), «une grande partie des chlorobenzènes véhiculés par la rivière Niagara dans le lac Ontario se volatilise».

Les données dont nous disposons sont trop fragmentaires pour permettre d'évaluer une tendance à long terme. Cependant les concentrations des trois dérivés fortement chlorés du benzène sont plus faibles en 1984 (annexe A, tableau A-4) qu'au cours des deux années antérieures.

L'hexachlorobenzène est le seul dérivé chloré du benzène qui a été analysé dans les échantillons d'eau non filtrée. Les concentrations sont restées inférieures à la limite de détection (0.4 ng/L) sauf en deux occasions où elles ont légèrement dépassé cette limite.

## Hydrocarbures aromatiques polycycliques

Le tableau 1 donne la liste des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) pour lesquels les échantillons de sédiments en suspension prélevés à l'île Wolfe ont été analysés. La majorité de ces substances ne sont pas décelées à la limite de détection de 50 ng/g, sauf le fluoranthène, le  $\beta$ -chloronaphtalène et l'acénaphtalène, décelés en quelques occasions. Ces valeurs pourraient être le résultat d'interactions au cours des analyses.

### Estimation des charges

Afin d'estimer la quantité de matières organiques sortant du lac Ontario, il est nécessaire d'en calculer les charges. Comme les données nécessaires à ce calcul sont fragmentaires sur le plan spatio-temporel, il a fallu poser les hypothèses suivantes :

- 1) Le chenal sud est homogène en ce qui concerne les paramètres pour lesquels on estime la charge.
- 2) Le chenal nord et le chenal sud ont des concentrations similaires.
- 3) Les moyennes annuelles de chaque paramètre, calculées à partir de 6 à 12 valeurs mensuelles, sont représentatives de l'ensemble de l'année.

Les charges issues des sédiments en suspension sont obtenues par multiplication de la concentration moyenne annuelle du paramètre (mg/kg) par le débit annuel moyen ( $\text{pi}^3/\text{s}$ ), par la concentration moyenne annuelle dans les sédiments et par un coefficient de transformation ( $8.937 \times 10^{-4}$ ) pour obtenir le résultat en kilogrammes par année. Un procédé semblable a servi au calcul de la charge en milieu aqueux : concentration moyenne annuelle du paramètre ( $\mu\text{g}/\text{L}$ ) multipliée par le débit moyen annuel ( $\text{pi}^3/\text{s}$ ) et par un coefficient de transformation ( $8.937 \times 10^{-1}$ ). Les calculs sont faites pour les paramètres décelés dans plus de 40 % des échantillons prélevés entre 1982 et 1984. Les valeurs inférieures à la limite de détection sont entrées dans les calculs en étant posées égales à la moitié de cette limite.

Les données de débit proviennent de Cornwall. Elles ont décalé de neuf jours la durée approximative du trajet de l'eau depuis l'île Wolfe. Les données sur le débit ne sont pas corrigées pour tenir compte de la contribution (1 %) (Casey et Salbach, 1974) des tributaires du fleuve Saint-Laurent entre l'île Wolfe et Cornwall.

Les estimations des charges dans la fraction aqueuse sont plus semblables que celles des sédiments en suspension

si on compare les résultats de l'île Wolfe (tableau 6) à ceux de Niagara-on-the-Lake (1980 et 1981) (Kuntz et Warry, 1983). Cet écart ne s'explique pas seulement par des concentrations inférieures de matières organochlorées dans les sédiments, mais aussi par les concentrations plus faibles des sédiments en suspension (moyenne de 1.4 mg/L à l'île Wolfe entre 1982 et 1984 comparativement à 8.9 ng/L à Niagara-on-the-Lake entre 1979 et 1983) (Kuntz, 1984).

Tableau 6. Estimations des charges des pesticides organochlorés, des BPC et des chlorobenzènes (fréquences > 40 %) du lac Ontario au fleuve Saint-Laurent, de 1982 à 1984

Paramètres	1982	1983	1984	Moy.
Dans l'eau non filtrée (kg/an)				
$\alpha$ -BHC	1410	1674	1129	1404
$\gamma$ -BHC	356	165	220	247
Dieldrine	75	60	172	102
Dans les sédiments en suspension (kg/an)				
BPC	83	48	38	56
DDT total	14	3	4	7
Dieldrine	3	2	3	3
$\alpha$ -BHC	3	1	1	2
1,2,3-Tri	2	12	10	8
1,2,3,4-Tétra	9	6	1	5
Penta	7	5	1	4
Hexa	9	4	2	5

Remarque : Les valeurs inférieures à la limite de détection entrent dans les calculs en étant posées égales à la moitié de cette limite.

Des estimations des charges de pesticides organochlorés et de BPC pour le lac Ontario ont été données par Strachan et Edwards (1984). Ces estimations, qui se rapportent au DDT total, aux BPC, à la dieldrine et au BHC total sont présentées dans le tableau 7. Ce tableau donne aussi les estimations des charges du lac vers le fleuve Saint-Laurent qui ont été déterminées par la présente étude. Un bilan de ces substances pour le lac Ontario devrait tenir compte de tous les aspects y compris les rejets urbains et industriels et le ruissellement provenant de sources diffuses. Il devrait aussi tenir compte des pertes dues à la volatilisation et à l'assimilation par les organismes aquatiques qui émigrent du milieu. Malheureusement, toutes les données nécessaires à l'estimation de ces processus ne sont pas disponibles. Néanmoins, une simple comparaison des données présentées dans le tableau 7 permet de déceler un écart de 82 % pour le DDT total, de 98 % pour les BPC, de 58 % pour la dieldrine et de 76 % pour le BHC total entre, d'une part, les charges combinées provenant de la rivière Niagara et des précipitations et, d'autre part, les

Tableau 7. Estimations des charges des matières organochlorées entrant dans le lac Ontario, d'après les publications, et sortant à la hauteur de l'île Wolfe, de 1982 à 1984

Paramètres	Estimations des charges venant de la rivière Niagara et des précipitations (kg/an)				Estimations des charges entrant dans le fleuve Saint-Laurent (kg/an)	
	Eau†	Sédiments en suspension†	Air†	Total	Eau non filtrée*	Différence (%)
DDT total	60	60	150	270	50‡	82
BPC	1000	1000	2300	4300	100§	98
Dieldrine	100	10	130	240	100	58
BHC total	2300	9	4500	6809	1650	76

\* Eau non filtrée = fraction des sédiments dissous et en suspension.

† Données de Strachan et Edwards, 1984.

‡ Valeur estimée = moitié de la limite de détection.

§ Valeur estimée = 0.4 ng/L.

sorties vers le Saint-Laurent. Si on pose l'hypothèse d'un équilibre pour chaque composé et de pertes négligeables dues aux organismes qui émigrent, le tableau 7 porte à croire que la plus grande partie du DDT total, des BPC et du BHC total se volatilise ou bien reste dans le lac Ontario.

### CONCLUSIONS

Trois pesticides organochlorés ( $\alpha$ -BHC,  $\gamma$ -BHC et dieldrine) sont décelés dans plus de 40 % des échantillons d'eau non filtrée prélevés à l'île Wolfe entre 1982 et 1984. Cependant, la présence d'autres composés dans les échantillons est fort probable car le prélèvement de volumes plus grands, à proximité a permis de déceler davantage de composés organochlorés.

Dans les sédiments en suspension, les BPC, le DDT total, la dieldrine et l' $\alpha$ -BHC sont décelés dans plus de la moitié des échantillons. Cependant, les concentrations sont beaucoup plus faibles que celles qui sont habituellement mesurées dans la rivière Niagara, à la hauteur de Niagara-on-the-Lake. En général, les concentrations de ces contaminants correspondent bien aux résultats d'une étude de la Direction de la qualité des eaux (région de l'Ontario) réalisée dans la même région en 1981. Le mirex et l' $\alpha$ -chlordane sont décelés dans 33 % des échantillons, le  $\beta$ -endosulfan dans 20 %.

Les dérivés fortement chlorés du benzène sont décelés à l'île Wolfe plus souvent que les dérivés moins chlorés. La répartition des chlorobenzènes paraît différente de celle qui est observée à Niagara-on-the-Lake.

L'estimation des charges porte à croire que la plus grande partie des BPC, du DDT total et du BHC total qui entre dans le lac Ontario y reste ou bien se volatilise.

### RECOMMANDATIONS

- 1) Poursuivre le prélèvement d'échantillons en vue de l'analyse des organochlorés à l'île Wolfe afin de suivre l'évolution de ces composés et d'en estimer les charges.
- 2) Prélever des échantillons plus volumineux d'eau et faire l'extraction sur place au moyen d'un dispositif à contre-courant (Goulden et Anthony, 1985) afin d'abaisser la limite de détection de la plupart des composés organochlorés.
- 3) Entreprendre une série d'études des chenaux nord et sud du fleuve Saint-Laurent afin d'évaluer la similitude des paramètres et déterminer le caractère représentatif de la station de l'île Wolfe.
- 4) Déterminer les principales caractéristiques de la circulation dans le bassin de Kingston tributaire du lac Ontario, ceci en collaboration avec l'Institut national de recherche sur les eaux, afin d'évaluer l'influence possible de la baie de Quinte et de la rivière Black sur la station de l'île Wolfe et sur le fleuve Saint-Laurent.
- 5) Planifier et réaliser en 1987 une étude des contaminants organochlorés de la zone internationale du fleuve Saint-Laurent afin de déterminer l'évolution des principaux polluants et de comparer les résultats avec ceux des études réalisées en 1975, en 1977 et en 1981.
- 6) Englober, dans les analyses ultérieures, d'autres composés organochlorés tels que le pentachlorophénol (PCP) qui est signalé dans la baie de Quinte (Fox et Joshi, 1984).

- 7) Mettre au point une méthode statistique pour améliorer l'estimation des charges.
- 8) Évaluer statistiquement la pertinence de la fréquence d'échantillonnages.

## REMERCIEMENTS

Je voudrais remercier Hans Biberhofer, qui s'est occupé des échantillons, et le personnel du Laboratoire national de la qualité des eaux, qui s'est chargé des analyses. Je remercie tout particulièrement Dave Warry, Ken Kuntz, Serge Metikosh, Mike Fox et Claude Langlois qui ont révisé ce rapport.

## RÉFÉRENCES

- Benezet, H.J., et F. Matsumura. 1973. Isomerization of  $\gamma$ -BHC to  $\alpha$ -BHC in the environment. *Nature*, 243:480-81.
- Biberhofer, J., et R.J.J. Stevens. 1985. Organochlorine contamination in ambient waters of Lake Ontario. Direction de la qualité des eaux, Région de l'Ontario, Direction générale des eaux intérieures, Environnement Canada, Burlington (Ontario), manuscrit.
- Casey, D.J., et S.E. Salbach. 1974. IFYGL stream materials balance study. Dans Proc. 17th Conf. Great Lakes Res., Int. Assoc. Great Lakes Res., pp. 668-81.
- Collin, R.L. 1980. Inplace toxics in the waters of New York. Dans Proc. Conf. Toxic and Hazardous Chemicals, Central New York Water Quality Management Program, pp. 75-85.
- Commission mixte internationale. 1978. Accord de 1978 sur la qualité des eaux des Grands lacs. Commission mixte internationale. Canada et États-Unis.
- Connell, D.W., et G.J. Miller. 1984. *Chemistry and Ecotoxicology of Pollution*. New York: John Wiley and Sons, pp. 162-227.
- Durham, R.W., et B.G. Oliver. 1983. History of Lake Ontario contamination from the Niagara River by sediment radiodating and chlorinated hydrocarbon analysis. *J. Great Lakes Res.*, 9(2):160-68.
- Eisenreich, S.J., B.B. Looney, et J.D. Thornton. 1981. Airborne organic contaminants in the Great Lakes ecosystem. *Environ. Sci. Technol.*, 51:30-38. (Cité dans Strachan et Edwards, 1984.)
- Environnement Canada. 1986. *Manuel des méthodes analytiques*. Direction de la qualité des eaux, Direction générale des eaux intérieures, Ottawa (Ontario).
- Fox, M.E., J.H. Cary, et B.G. Oliver. 1983. Compartmental distribution of organochlorine contaminants in the Niagara River and the western basin of Lake Ontario. *J. Great Lakes Res.* 9(2): 287-94.
- Fox, M.E., et S.R. Joshi. 1984. The fate of pentachlorophenol in the Bay of Quinte, Lake Ontario. *J. Great Lakes Res.*, 10(2):190-96.
- Frank, R., A.E. Armstrong, R.G. Boelens, H.E. Braun, et C.W. Douglas. 1974. Organochlorine insecticide residues in sediment and fish tissues, Ontario, Canada *Pestic. Monit. J.*, 7:165-80.
- Frank, R., R.L. Thomas, M. Holdrinet, A.L.W. Kemp, et H.E. Braun. 1979. Organochlorine insecticides and PCB in surficial sediments (1968) and sediment cores (1976) from Lake Ontario. *J. Great Lakes Res.*, 5(1): 18-27.
- Frank, R., R.L. Thomas, M.V.H. Holdrinet, et V. Damiani. 1980. Note PCB residues in bottom sediments collected from the Bay of Quinte, Lake Ontario 1972-73. *J. Great Lakes Res.*, 6(4): 371-76.
- Goulden, P.D., et D.H.J. Anthony. 1985. Design of a large sample extractor for the determination of organics in water. Contribution n° 85-121 de l'INRE. Institut national de recherche sur les eaux, Burlington (Ontario).
- Harris, C.R., et J.R.W. Miles. 1975. Pesticide residues in the Great Lakes region of Canada. *Residue Rev.*, 57:27-79.
- Holdrinet, M. Van Hove, R. Frank, R.L. Thomas, et J.L. Helging. 1978. Mirex in the sediments of Lake Ontario. *J. Great Lakes Res.*, 4(1): 69-74.
- Kaiser, K.L.E. 1974. Mirex, an unrecognized contaminant of fishes from Lake Ontario. *Science*, 185:523-25.
- Kuntz, K.W. 1984. Contaminants toxiques dans la rivière Niagara, 1975 à 1982. Étude n° 134, Collection des rapports techniques, Direction de la qualité des eaux, Région de l'Ontario, Direction générale des eaux intérieures, Environnement Canada, Burlington (Ontario).
- Kuntz, K.W. 1985. Contaminants in bottom sediments of the St. Lawrence River in June 1975. Direction de la qualité des eaux, Région de l'Ontario, Direction générale des eaux intérieures, Environnement Canada, Burlington (Ontario), Document interne.
- Kuntz, K.W., et N.D. Warry. 1983. Chlorinated organic contaminants in water and suspended sediments of the lower Niagara River. *J. Great Lakes Res.*, 9(2):241-48.
- Malaiyandi, M., K. Muzika, et F.M. Benoit. 1982. Isomerization of  $\gamma$ -hexachlorocyclohexane to its  $\alpha$ -isomer by ultra-violet light irradiation. *J. Environ. Sci. Health*, A17:299-311. Cité dans Strachan et Edwards, 1984.)
- Martin, J., et C.R. Worthing, eds. 1974. *Pesticides Manual*, 4th ed. British Crop Protection Council. Lavenham, U.K.: Lavenham Press Ltd. (Cité dans Strachan et Edwards, 1984.)
- McCrea, R.C., J.D. Fisher, et K.W. Kuntz. 1985. Distribution of organochlorine pesticides and PCBs between aqueous and suspended sediment phases in the lower Great Lakes region. *Water Pollut. Res. J. Can.*, 20(1):67-77.
- Merriman, J. 1985. Organic contaminants in bottom and suspended sediments of the international section of the St. Lawrence River. Direction de la qualité des eaux, Région de l'Ontario, Direction générale des eaux intérieures, Environnement Canada, Burlington (Ontario). Rapport inédit.
- Mineau, P., G.A. Fox, R.J. Norstrom, D.V. Weseloh, D.J. Hajlett, et J.A. Ellenton. 1984. Using the herring gull to monitor levels and effects of organochlorine contamination in the Canadian Great Lakes. Dans *Toxic Contaminants in the Great Lakes*, préparé par J.O. Nriagu et M.S. Simmons, pp. 426-52. New York: John Wiley and Sons.
- Mirex Task Force. 1977. Mirex in Canada, a Report of the Task Force on Mirex, April 1, 1977, to the Environmental Contaminants Committee of Fisheries and Environment Canada and Health and Welfare Canada. Tech. rep. 77-1. Pêches et Environnement Canada et Santé et Bien-être social Canada, Ottawa (Ontario).
- Oliver, B.G. 1984. Distribution and pathways of some chlorinated benzenes in the Niagara River and Lake Ontario. *Water Pollut. Res. J. Can.*, 19(1):47-57.
- Oliver B.G., et K.D. Nicol. 1982. Chlorobenzenes in sediments, water and selected fish from Lakes Superior, Huron, Erie and Ontario. *Environ. Sci. Technol.*, 16(8):532-36.

- Oliver, B.G., et K.D. Nicol. 1984. Chlorinated contaminants in the Niagara River 1981-1983. *Sci. Total Environ.*, 39:57-70.
- Pickett, R.L. et S. Bermick. 1977. Observed resultant circulation of Lake Ontario. *Limnol. Oceanogr.*, 22:1071-76.
- Pickett, R.L., and D.A. Dossett. 1979. Mirex and the circulation of Lake Ontario. *J. Phys. Oceanogr.*, 9(5):441-45.
- Robinson, J. 1973. Dynamics of pesticide residues in the environment. Dans *Environmental Pollution by Pesticides*, préparé par C.A. Edwards, p. 459. London: Plenum Press. (Cité dans Connell and Miller, 1984.)
- Scudato, R.J., et A. DelPrete. 1982. Lake Ontario sediment-mirex relationships. *J. Great Lakes Res.*, 8(4):695-99.
- Simons, T.J. 1975. Verification of numerical models of Lake Ontario. II. Stratified circulations and temperature changes. *J. Phys. Oceanogr.*, 5:98-110.
- Strachan, W.M.J., et H. Huneault. 1979. Polychlorinated biphenyls and organochlorine pesticides in Great Lakes precipitation. *J. Great Lakes Res.*, 5(1):61-68.
- Strachan, W.M.J., et C.J. Edwards. 1984. Organic Pollutants in Lake Ontario. Dans *Off-prints from Contaminants in the Great Lakes*, préparé par J.O. Nriagu et M.S. Simmons, pp. 239-64. New York: John Wiley and Sons.
- Suns, K., G.E. Crawford, D.D. Russel, et R.E. Clement. 1985. Temporal Trends and Spatial Distribution of Organochlorine and Mercury Residues in Great Lakes Spottail Shiners (1975-1983). Ministère de l'Environnement de l'Ontario, Rexdale (Ontario).
- United States Environmental Protection Agency. 1979. Water-related Environmental Fate of 129 Priority Pollutants, Vol. 1 et 2, EPA-440/4-79-029a et EPA-440/4-79-029b. Office of Water Planning and Standards, Washington, D.C.
- United States Environmental Protection Agency. 1980. Ambient Water Quality Criteria for DDT. EPA-440/5-80-038. Office of Water Planning and Standards, Washington, D.C.
- Warry, N.D., et C.H. Chan. 1981. Organic contaminants in the suspended sediments of the Niagara River. *J. Great Lakes Res.*, 7(4):394-403.



## ANNEXE A

## FRÉQUENCE DES ORGANOCHLORÉS À LA HAUTEUR DE L'ÎLE WOLFE, DE 1982 À 1984

Tableau A-1. Concentrations des pesticides organochlorés (ng/L, fréquence &gt; 40 %) dans l'eau non filtrée prélevée à l'île Wolfe

Année	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moy.
α-BHC (94 %)													
1982	—	—	—	8.8	6.7	5.4	5.2	6.9	6.4	7.3	1.0	5.0	5.9
1983	4.9	3.1	3.5	13.8	<0.4	<0.4	6.0	5.4	4.3	4.9	10.6	6.3	6.9
1984	5.8	6.7	3.4	6.3	5.1	—	4.2	2.7	3.6	3.0	4.1	4.5	4.5
γ-BHC (88 %)													
1982	—	—	—	2.3	1.4	1.8	1.6	2.5	1.3	1.2	<0.4	1.0	1.5
1983	1.1	1.3	1.0	1.3	<0.4	0.5	<0.4	0.7	<0.4	0.5	0.6	0.6	0.7
1984	0.6	0.7	1.2	1.3	0.9	—	0.8	0.8	0.8	0.6	0.9	9.0	0.9
Dieldrine (41 %)													
1982	—	—	—	<0.4	0.5	0.5	<0.4	0.6	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	0.3
1983	<0.4	<0.4	0.5	0.5	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	0.3
1984	<0.4	<0.4	1.6	<0.4	0.6	—	1.1	0.5	0.7	1.1	0.5	0.8	0.7

Tableau A-2. Concentrations des pesticides organochlorés et des BPC (ng/g, fréquence &gt; 50 %) dans les sédiments en suspension prélevés à l'île Wolfe

Année	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moy.
tDDT (90 %)													
1982	—	—	—	29	58	36	—	13	18	33	42	23	32
1983	6	18	26	—	11	14	6	<4	<4	13	11	16	11
1984	28	27	29	27	20	—	11	<4	4	7	9	7	16
BPC (93 %)													
1982	—	—	—	110	360	200	—	100	310	130	160	170	190
1983	330	200	110	—	120	<90	230	170	200	150	140	130	170
1984	170	140	230	150	120	—	200	<90	90	130	130	120	140
Dieldrine (83 %)													
1982	—	—	—	<4	<4	21	—	<4	10	5	6	6	7
1983	<4	17	<4	—	16	<4	6	5	8	4	7	6	7
1984	9	9	22	29	18	—	17	4	6	7	8	7	12
α-BHC (53 %)													
1982	—	—	—	<4	<4	29	—	5	10	6	5	4	8
1983	5	7	6	—	9	13	<4	<4	<4	<4	<4	<4	5
1984	5	<4	10	8	<4	—	9	<4	<4	5	<4	<4	4

Tableau A-3. Concentrations des pesticides organochlorés (ng/g, fréquence >20 % et <50 %) dans les sédiments en suspension prélevés à l'île Wolfe

Année	Janv.	Fév.	Mars.	Avr.	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Mirex (33 %)												
1982	—	—	—	10	10	<4	—	<4	<4	<4	7	6
1983	12	<4	<4	—	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	7
1984	8	5	6	5	<4	—	<4	<4	<4	<4	<4	<4
$\alpha$ -Chlordane (33 %)												
1982	—	—	—	<4	<4	21	—	<4	27	16	9	9
1983	<4	<4	<4	—	6	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4
1984	5	4	8	7	17	—	<4	<4	<4	<4	<4	<4
$\beta$ -Endosulfan (20 %)												
1982	—	—	—	<4	<4	<4	—	4	19	15	5	5
1983	5	<4	<4	—	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4
1984	<4	<4	<4	<4	<4	—	<4	<4	<4	<4	<4	<4

Tableau A-4. Concentrations des chlorobenzènes (ng/g, fréquence > 40 %) dans les sédiments en suspension prélevés à l'île Wolfe

Année	Janv.	Fév.	Mars.	Avr.	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moy.
1,2-Di (40 %)													
1982	—	—	—	—	—	<50	—	<50	<50	<50	<50	<50	—
1983	<50	<50	<50	—	<50	<50	480	370	660	260	280	370	—
1984	220	150	330	180	100	—	<50	<50	<50	<50	<50	<50	—
1,2,4-Tri (54 %)													
1982	—	—	—	—	—	< 5	—	<5	6	<5	<5	8	4
1983	9	<5	<5	—	16	25	39	25	147	<5	62	131	42
1984	88	62	125	80	37	—	<5	<5	<5	<5	<5	<5	37
1,2,3,4-Tétra (64 %)													
1982	—	—	—	—	—	50	—	26	11	19	16	7	22
1983	7	9	<5	—	44	95	10	9	11	<5	5	30	20
1984	<5	6	8	10	<5	—	<5	<5	<5	<5	<5	<5	4
Penta (57 %)													
1982	—	—	—	—	—	37	—	22	7	13	10	7	16
1983	16	<4	<4	—	28	56	10	11	21	<4	<4	23	16
1984	<4	7	6	7	<4	—	<4	<4	<4	<4	<4	<4	3
Hexa (89 %)													
1982	—	—	—	—	—	8	—	54	9	21	19	11	20
1983	38	<4	<4	—	15	16	16	15	18	8	11	12	14
1984	9	11	6	9	5	—	7	<4	9	7	8	8	7

Environment Canada Library, Burlington



3 9055 1017 3282 3