

CONTAMINATION DES EAUX ET DES SEDIMENTS EN SUSPENSION  
DU FLEUVE SAINT-LAURENT PAR LES PESTICIDES  
ORGANOCHLORES, LES BIPHENYLES POLYCHLORES ET D'AUTRES  
CONTAMINANTS ORGANIQUES PRIORITAIRES

A. Germain et C. Langlois  
Environnement Canada  
Centre Saint-Laurent  
Direction des eaux intérieures  
1001, av. Pierre Dupuy  
Longueuil (Québec)  
J4K 1A1

## RESUME

Entre 1981 et 1987, la Direction des eaux intérieures a recueilli dans le fleuve Saint-Laurent 357 échantillons d'un litre au moyen de la technique conventionnelle et 23 échantillons composés d'une fraction dissoute (50 L) et d'une fraction particulaire (10 g base sèche) au moyen de l'échantillonnage à grand volume (SEASTAR et APLE). La fréquence de détection pour l'ensemble des produits organochlorés augmente de 13 à 38% en passant de la technique conventionnelle à celle à grand volume et la diversité des produits augmente avec l'échantillonnage à grand volume, passant de 7 à 18 composés détectés. Les BPC, présents dans 22% des échantillons conventionnels, sont présents dans tous les échantillons à grand volume. En 1987, trois échantillons d'eau provenant de SEASTAR et du APLE ont été analysés pour des polluants prioritaires appartenant à la catégorie "bases/neutres". Nous avons mesuré des phtalates dans les fractions dissoute et particulaire et quelques HAP et chlorobenzènes majoritairement associés à la fraction dissoute. Les teneurs de contaminants dans l'eau sont en deça des lignes directrices pour l'alimentation en eau potable alors qu'un certain nombre d'entre eux excèdent les critères pour la protection de la vie aquatique. Dans les sédiments en suspension, seules les concentrations de BPC et DDT total excèdent parfois les critères de qualité pour le dragage et l'immersion en mer.

## ABSTRACT

Between 1981 and 1987, the Inland Water Directorate has collected 357 one litre samples in the St. Lawrence River, using the conventional technique and 23 samples, consisting of both dissolved (50 L) and particulate (10 g, dry weight basis) fractions, with the large-volume sampling method (SEASTAR and APLE). The detection frequency of the organochlorine contaminants increases from 13% for the conventional samples to 38% with the large-volume samples (50-70 L). The number of chemicals detected increases from 7 to 18 organochlorine contaminants when we analyse the large-volume samples. Also, PCBs were detected in 22% of the regular samples, when they are present in all large-volume samples. In 1987, three samples treated with the SEASTAR and the APLE were analysed for the base/neutral priority pollutants. Phtalates were detected in both dissolved and particulate fractions while PAH and chlorobenzenes were measured mostly in the dissolved phase. Levels of all contaminants in water are below water quality guidelines for drinking water, whereas they often exceed those for protection of aquatic wildlife. In suspended sediments, levels of PCB and total DDT sometimes exceed quality guidelines for dredging and sea immersion.

## INTRODUCTION

Depuis sa création en 1975, la Direction des eaux intérieures d'Environnement Canada, région du Québec, exerce une surveillance continue

de la qualité des eaux du fleuve Saint-Laurent. Dans le cadre de ce programme, les concentrations en biphényles polychlorés (BPC) et en pesticides organochlorés dans les eaux de surface font l'objet d'une attention particulière. La présence de ces deux groupes de contaminants dans les Grands Lacs et dans le tronçon international du fleuve, entre Kingston et Cornwall, est connue depuis plusieurs années. Les objectifs de la présente étude sont donc, d'une part, de caractériser le niveau actuel de contamination des eaux de surface de la section québécoise du fleuve Saint-Laurent par les composés organochlorés et, d'autre part, d'évaluer l'importance de chacune des fractions particulaire et dissoute dans le transport de ces contaminants.

#### TERRITOIRE D'ETUDE

Le territoire couvert par la présente étude s'étend de Cornwall à l'île d'Orléans (figure 1). Il fait partie du bassin hydrographique des Grands Lacs et du Saint-Laurent, d'une superficie totale de 1 183 324 km<sup>2</sup> dont plus de la moitié est en territoire canadien. Dans sa section québécoise, le débit moyen du Saint-Laurent varie de 7362 m<sup>3</sup>/s à Cornwall à 11 327 m<sup>3</sup>/s à Québec. Compte tenu que l'écoulement des eaux est régularisé par plusieurs barrages, l'écart entre les débits de crue et d'étiage n'excède pas 20% du débit moyen annuel (Environnement Canada, 1987). Près de 3,5 millions de personnes vivent sur les rives de la section québécoise du Saint-Laurent et elles sont principalement regroupées à Montréal, Laval, Longueuil, Trois-Rivières et Québec.

#### METHODOLOGIE

L'échantillonnage a été effectué selon deux techniques différentes. Entre 1981 à 1987, 54 stations ont été échantillonnées selon la technique conventionnelle qui consiste à prélever 1 L d'eau dans une bouteille en verre, prélevée selon les méthodes prescrites par Environnement Canada (1984), à l'aide d'un échantillonneur de type porte-bouteille, à 0,5 m de profondeur. L'échantillon est ensuite conservé à 4 °C jusqu'à l'analyse en laboratoire. Depuis 1984, 13 stations ont été échantillonnées selon la technique d'échantillonnage à grand volume d'eau qui se fait à l'aide d'une centrifugeuse à alimentation continue de marque Westfalia et d'un échantillonneur d'eau *in situ* de type SEASTAR. Ces appareils permettent de récolter et analyser séparément les fractions dissoute (eau) et particulaire (solides en suspension). Environ 2000 L d'eau sont centrifugés pour récupérer un échantillon de solides en suspension d'au moins 10 g (base sèche), lequel est conservé congelé jusqu'à l'analyse en laboratoire. Une partie de l'eau centrifugée (50-70 L) passe dans une colonne de résine XAD-2, montée sur l'échantillonneur SEASTAR, qui retient les contaminants dissous dans l'eau. La résine est conservée à 4 °C jusqu'à l'analyse en laboratoire. En combinant les résultats des deux fractions, nous obtenons la fraction totale<sup>1</sup> de produits présents dans l'échantillon. Cette technique permet de détecter des niveaux 20 fois plus bas pour les pesticides organochlorés et 40 fois plus bas pour les BPC qu'avec la technique conventionnelle (Germain, 1988). Lors du prélèvement de juin 1987 dans la région de Montréal, nous avons également soumis la fraction dissoute à l'extraction liquide-liquide avec un extracteur à grand volume APLE qui a été conçu et calibré par McCrea et Fisher (1985). Comme pour l'échantillonneur SEASTAR, c'est une partie de l'eau centrifugée (200 L) qui alimente cet extracteur utilisant le dichlorométhane comme solvant. Après extraction, la phase organique est recueillie dans les contenants d'origine du solvant (4 L ambré) et conservée à 4 °C jusqu'à l'analyse en laboratoire.

<sup>1</sup> Fraction totale (ng/L) = fraction dissoute (ng/L) + fraction particulaire (ng/g) x matières solides en suspension (mg/L) x 10<sup>-3</sup> g/mg

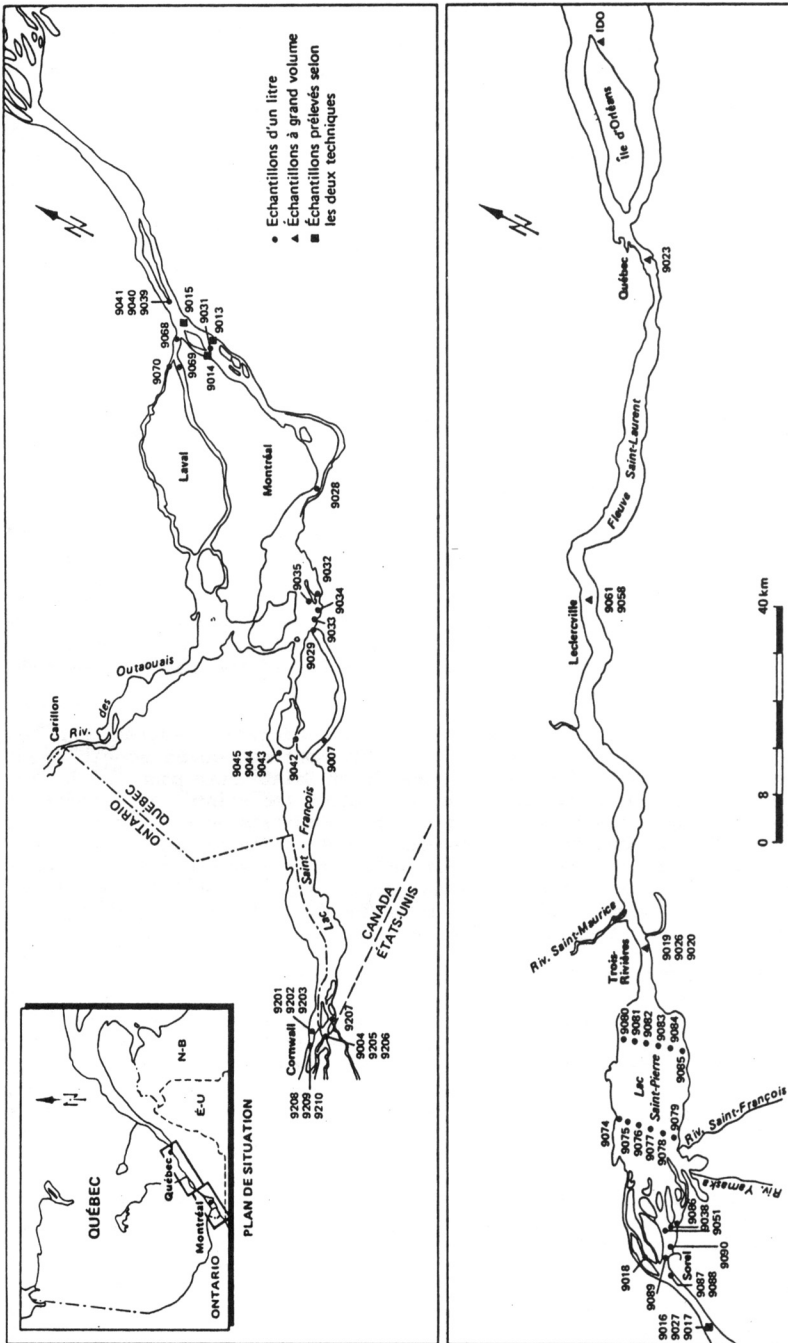


Figure 1. Localisation des stations d'échantillonnage utilisant la méthode conventionnelle (1 L) et la méthode à grand volume (2 000 L).

Les échantillons récoltés par la technique conventionnelle ont été analysés au laboratoire régional de Longueuil jusqu'en 1983 et, après cette date, au laboratoire national de la qualité des eaux à Burlington où ont également été analysés les échantillons récoltés à l'aide de l'extracteur APLE. Ceux récoltés à l'aide de l'échantillonneur SEASTAR ont été analysés au laboratoire NOVALAB Ltée qui a participé à la vérification de la méthode d'extraction utilisant la résine XAD-2. Ces trois laboratoires participent régulièrement aux contrôles de qualité interlaboratoires d'Environnement Canada. Les paramètres analysés (tableau 1) incluent les BPC et les pesticides organochlorés pour tous les échantillons et certains autres polluants prioritaires pour trois échantillons récoltés à l'aide du SEASTAR et du APLE. Toutes les analyses ont été effectuées conformément aux méthodes prescrites par Environnement Canada (1986), le Bureau des études sur les substances toxiques (1980) et par Green et Kowalski (1984). De plus, l'efficacité de la résine XAD-2 a été vérifiée avant l'usage en conditions réelles. Les résultats de récupération obtenus (moyenne de  $89 \pm 19\%$ , tableau 1) montrent que l'efficacité de la résine est semblable à celle obtenue avec l'extracteur APLE ( $92 \pm 20\%$ , McCrea et Fisher, 1985).

## RESULTATS ET DISCUSSION

### Echantillonnage conventionnel

Pour l'ensemble des stations échantillonnées selon la technique conventionnelle, nous avons analysé 357 échantillons pour les pesticides organochlorés et les BPC. Parmi les composés recherchés, seuls les deux isomères de l'hexachlorocyclohexane (alpha et gamma-HCH) ont été détectés à plus de 50%, soit à 94% et 65% respectivement (tableau 2). Ces résultats concordent avec ceux de Sylvestre (1987) (tableau 3) qui les mesure dans 94% et 88% de ses échantillons prélevés à la tête du fleuve Saint-Laurent près de l'île Wolfe. Tous les autres produits sont détectés dans moins de 20% des analyses. La fréquence de détection globale que nous avons obtenue pour l'ensemble des composés a été de 13%, ce qui inclut les BPC, mesurés dans 22% des échantillons.

Selon les différents tronçons du Saint-Laurent (tableau 3), les fréquences de détection indiquent que les BPC sont retrouvés sensiblement au même rythme dans les lacs Saint-François et Saint-Louis pour la période à l'étude, alors que la région de Montréal et du lac Saint-Pierre montrent moins de résultats positifs. Également, nos résultats de BPC montrent que c'est en août que nous avons la fréquence de détection la plus forte. Pour les isomères alpha et gamma-HCH, l'augmentation apparente des fréquences de détection de l'amont vers l'aval n'est pas significativement différente et elle est probablement reliée à une diminution de la limite de détection en 1983 et à un nombre très inégal d'échantillons analysés par tronçon.

Pour les BPC et l'alpha-HCH, les teneurs moyennes des valeurs positives diminuent du lac Saint-François au lac Saint-Louis, augmentent dans la région de Montréal puis diminuent de nouveau jusqu'au lac Saint-Pierre (tableau 3) alors que le gamma-HCH demeure stable. Les teneurs moyennes retrouvées dans les secteurs ouest des lacs Saint-François et Saint-Pierre sont plus élevées que celles mesurées dans les parties est, pour l'alpha et le gamma-HCH et les BPC. Ceci fait ressortir l'effet de sédimentation de ces lacs sur les particules en suspension, auxquelles sont majoritairement associés ces composés (Allan, 1986). Notons que c'est dans la région de Cornwall que nous mesurons les valeurs de BPC les plus élevées, avec un maximum de 125 ng/L. Ces résultats se comparent bien à ce qui est rapporté par Allan (1986) pour le lac Ontario, soit de 5 à 60 ng/L. Alors que les concentrations médianes des valeurs positives varient peu au cours de l'année et restent en général très près des limites de détection, en janvier elles atteignent 38 ng/L, lorsque le débit du fleuve est à son plus bas. Les fortes concentrations en hiver ont également été observées à l'île Wolfe et au lac Ontario (Sylvestre, 1987; Biberhofer et Stevens, 1987). Elles pourraient vraisemblablement être reliées à la couverture de glace durant cette période de l'année, laquelle empêcherait les échanges de

TABLEAU 1. Limites de détection des paramètres analysés et récupération moyenne obtenue avec le SEASTAR

Paramètres	Limites de détection					Récupération avec SEASTAR	
	technique conventionnelle		technique grand volume d'eau		fraction particulaire (ng/L)	moyenne (%)	écart type
	Longueuil (1 L) (ng/L)	Burlington (1 L) (ng/L)	SEASTAR (50-70 L) (ng/L)	APLE (200 L) (ng/L)			
<b>BIPHENYLES POLYCHLORES</b>							
BFC (Arochlor)	10	9	0,2	0,82	10	80	13
<b>PESTICIDES ORGANOCLORES</b>							
HCB	1	0,4	0,02	0,02	2	93	43
alpha-HCH	1	0,4	0,02	0,33	1	87	9
gamma-HCH	1	0,4	0,02	0,10	1	86	13
bêta-HCH	1	--	0,02	--	1	52	22
heptachlore	1	0,4	0,02	0,03	--	72	23
époxyheptachlore	1	0,4	0,02	0,02	1	96	9
aldrine	1	0,4	0,02	0,02	1	67	14
dieldrine	1	0,4	0,02	0,05	2	88	6
alpha-chlordane	1	0,4	0,02	0,02	3	96	8
gamma-chlordane	1	0,4	0,02	0,01	1	95	9
p,p'-DDE	1	0,4	0,02	0,05	1	95	23
p,p'-DDD	1	0,4	0,04	0,05	2	86	8
o,p'-DDD	1	0,4	0,06	--	5	92	6
o,p'-DDT	1	0,4	0,06	0,06	3	102	26
p,p'-DDT	1	0,4	0,1	0,07	5	91	6
endrine	1	0,4	0,08	0,04	4	117	15
alpha-endosulfan	1	0,4	0,06	0,01	3	--	--
bêta-endosulfan	5	0,4	0,1	0,02	5	61	6
mitrac	1	0,4	0,06	0,03	5	75	10
méthoxychlore	10	0,4	0,2	0,40	100	143	48
<b>CHLOROBENZÈNES</b>							
m-dichlorobenzène	--	--	2,9	0,12	500	--	--
p-dichlorobenzène	--	--	2,9	0,21	500	--	--
o-dichlorobenzène	--	--	2,9	0,14	500	--	--
1,3,5-trichlorobenzène	--	--	--	0,01	--	--	--
1,2,4-trichlorobenzène	--	--	1,5	0,08	200	--	--
1,2,3-trichlorobenzène	--	--	--	0,02	--	--	--
1,2,3,4-tétrachlorobenzène	--	--	--	0,03	--	--	--
pentachlorobenzène	--	--	--	0,01	--	--	--
<b>AROMATIQUES POLYCYCLIQUES</b>							
benzanthracène	--	--	1,5	0,06	200	95*	11
chrysène	--	--	1,5	0,14	500	93*	8
fluoranthène	--	--	1,5	0,09	200	97*	5
naphthalène	--	--	1,5	--	200	--	--
phénanthrène	--	--	1,5	--	200	84*	4
pyrène	--	--	1,5	0,08	200	96*	4
<b>PHTHALATES</b>							
benzyl butyl phthalate	--	--	1,5	--	200	--	--
d(2-éthylhexyl) phthalate	--	--	1,5	0,04	200	--	--
d(1-N-butyl) phthalate	--	--	1,5	--	200	--	--
d(1-N-octyl) phthalate	--	--	1,5	0,04	200	--	--
d(éthyl) phthalate	--	--	1,5	--	200	--	--
d(méthyl) phthalate	--	--	1,5	--	200	--	--
<b>AUTRES COMPOSÉS</b>							
isophorone	--	--	1,5	--	200	--	--
phénol	--	--	--	0,01	--	--	--
2,3,7,8-TCDD	--	--	--	0,01	--	--	--
moyenne générale						89	19

-- non analysé

\*Green et Kowalski (1984)

TABLEAU 2. Fréquence de détection (%) des BPC et des pesticides organochlorés mesurés selon les techniques conventionnelle et à grand volume (fraction dissoute, particulaire et au total) dans le fleuve Saint-Laurent

Produits	Echantillonnage conventionnel	Echantillonnage à grand volume		
	n=357	Fraction dissoute n=23	Fraction particulaire n=23	Fraction totale n=23
BPC	22	48	100	100
HCB	5	35	60	69
alpha-HCH	94	96	65	96
gamma-HCH	65	35	17	35
bêta-HCH	2	39	13	52
heptachlore	2	4	0	4
époxyheptachlore	3	0	30	30
aldrine	2	0	17	17
dieldrine	5	30	13	35
alpha-chlordane	6	30	57	74
gamma-chlordane	9	17	48	57
p,p'-DDE	11	0	39	39
p,p'-DDD	1	0	30	30
o,p'-DDD	--	9	4	13
o,p'-DDT	9	0	26	26
p,p'-DDT	10	9	44	52
endrine	1	35	0	35
alpha-endosulfan	0	26	0	26
bêta-endosulfan	1	0	0	0
mirex	1	0	0	0
méthoxychlore	1	0	0	0
Moyenne générale	13	20	27	38

-- non-mesuré

TABLEAU 3. Teneurs moyennes (ng/L)<sup>(1)</sup> et fréquence de détection (%) des BPC, de l'alpha et gamma-HCH mesurés dans le fleuve Saint-Laurent selon la technique conventionnelle (1L d'eau brute) et comparaison aux résultats obtenus par Sylvestre (1987) à l'île Wolfe.

	BPC		Alpha-HCH		Gamma-HCH	
	moyenne ng/L	fréquence %	moyenne ng/L	fréquence %	moyenne ng/L	fréquence %
lac Saint-François (total)	19,6	27	4,3	92	1,2	52
ouest	20,1	22	4,0	92	1,2	57
est	13,6	37,8	3,8	92	0,8	37,8
lac Saint-Louis	15,6	31	2,8	75	1,2	31
région de Montréal	22,0	13	4,0	98	1,0	76
région de Sorel	10,9	18	2,4	100	0,7	100
lac Saint-Pierre (total)	11,8	22	2,4	100	0,8	100
ouest	12,5	31	2,7	100	0,8	100
est	10,3	13	2,1	100	0,7	100
total fleuve	18,4	22	3,7	94	1,0	65
île Wolfe	ND	0	5,8	94	1,0	88

(1): Valeurs positives seulement

ND : non détecté

de contaminants entre l'eau et l'air ambiant. Notons également que les valeurs moyennes mesurées pour l'alpha et le gamma-HCH par Sylvestre (1987) à l'île Wolfe entre 1982 et 1984 sont légèrement plus élevées que celles que nous avons mesurées dans la partie québécoise du Saint-Laurent.

#### Echantillonnage à grand volume

Pour tous les contaminants organochlorés recherchés, les fréquences de détection augmentent considérablement avec la technique d'échantillonnage à grand volume d'eau. De cette façon, nous obtenons des fréquences de détection moyennes de 20 et 27% respectivement pour les fractions dissoute et particulaire (tableau 2). En combinant les résultats des deux fractions, la détection s'élève à 38%, ce qui est 3 fois plus élevé qu'avec l'échantillonnage conventionnel. Si nous excluons les résultats obtenus pour l'HCH, la fréquence de détection obtenue avec la centrifugation baisse de 38 à 35% alors que pour l'échantillon conventionnel, la fréquence baisse de 13 à 5%, ce qui est 7 fois plus bas. Également, la centrifugation permet de détecter 18 produits sur les 21 analysés, dont 15 le sont à plus de 20%, contrairement à 3 pour l'échantillonnage normal. Les BPC, eux, voient leur fréquence de détection augmenter de 22 à 100% d'une technique à l'autre.

En ce qui concerne les teneurs moyennes observées selon la technique d'échantillonnage à grand volume d'eau (tableau 4), la majorité des résultats obtenus avec la résine pour la fraction dissoute sont sous les limites de détection de la méthode traditionnelle, soit 0,4 ng/L pour les pesticides organochlorés et 9 ng/L pour les BPC. Pour la fraction particulaire, les BPC et le p,p'-DDT montrent les résultats les plus élevés pour l'ensemble de nos valeurs. Bien que les échantillons proviennent d'années différentes (tableau 5), dans la fraction particulaire l'alpha-HCH montre des niveaux stables alors qu'il semble y avoir une baisse de BPC, de l'amont vers l'aval. Il est possible de bien voir ce phénomène pour l'échantillonnage de septembre 1986, alors que les valeurs de BPC sont bien différentes entre l'amont (110 ng/g) et l'aval (40 ng/g) du lac Saint-Pierre (Langlois et Sloterdijk, 1988). La comparaison de nos résultats avec ceux de Merriman (1987) et Sylvestre (1987) montrent que nous obtenons des valeurs semblables pour les organochlorés mais plus faibles pour les BPC. De même, les teneurs de BPC (718 ng/g) et HCB (124 ng/g) mesurées dans les sédiments en suspension de la rivière Niagara par Kuntz et Warry (1983) sont nettement plus hautes que ce qui est mesuré dans la section québécoise du fleuve. Pour la fraction totale, 18 des 21 composés analysés ont été détectés à des niveaux moyens variant de 0,1 à 9,7 ng/L. Les niveaux maximums ont été mesurés pour l'alpha-HCH (53 ng/L), les BPC (14,5 ng/L), le gamma et l'alpha-chlordane (8,3 et 2,4 ng/L) et pour le DDT total (6,7 ng/L). Dans la fraction totale, les niveaux de BPC diminuent de Montréal à Québec puis augmentent au niveau de l'île d'Orléans. Les concentrations d'alpha-HCH dans la fraction totale ont également atteint un maximum (53 ng/L) à l'île d'Orléans, alors que l'ensemble des valeurs varie de 0,6 à 2,5 ng/L ailleurs. Ces valeurs élevées s'expliquent par la tempête, accompagnée de vents violents qu'il y a eu lors de cet échantillonnage en décembre 1984 et qui remettait des sédiments en suspension. Cela fait bien ressortir le lien qui existe entre les matières solides et les contaminants. Nous avons aussi vérifié la reproductibilité de cette méthode à la station de l'île d'Orléans, en 1984, lorsque trois échantillons prélevés à l'intérieur d'un intervalle de 12 heures ont été passés dans la colonne de résine au moyen du SEASTAR. Quatre composés différents ont été mesurés, soit l'HCB, l'alpha et le gamma-HCH et l'alpha-chlordane, à des niveaux moyens respectifs de 0,77, 47,9, 1,40 et 1,68 ng/L et les coefficients de variations pour ces résultats étaient de 8,7, 5,2, 4,3, et 6,5%.

Nos valeurs moyennes sont souvent plus élevées que ce qui a été obtenu par Biberhofer et Stevens (1987) à la sortie du lac Ontario, alors qu'elles sont inférieures ou égales à celles rapportées par Kuntz et Warry (1983) pour l'eau brute de la rivière Niagara. De l'amont vers l'aval, seuls les

TABLEAU 4. Teneurs moyennes<sup>(1)</sup> mesurées dans les fractions dissoute, particulaire et totale avec la technique d'échantillonnage à grand volume et comparaison avec d'autres études

Produits	fleuve Saint-Laurent section québécoise		Fraction totale (ng/L)	Fleuve <sup>2</sup>	Fleuve		rivière <sup>(5)</sup> Niagara (ng/L)
	Fraction dissoute (ng/L)	Fraction particulaire (ng/g)		section Inter- nationale (ng/g)	Ille <sup>(3)</sup> Wolfe (ng/g)	lac <sup>(4)</sup> Ontario (ng/L)	
BPC	0,86	55,9	2,46	117,0	162,0	0,40	19,8
HCB	0,41	2,9	0,35	---	---	0,03	0,8
alpha-HCH	9,39	4,7	9,66	2,0	6,0	4,80	10,5
lindane	0,85	0,7	0,88	---	---	1,20	2,1
bêta-HCH	0,45	8,4	0,51	---	---	---	---
heptachlore	0,30	n.d.	0,30	p 1,0	---	---	---
époxyheptachlore	n.d.	1,3	0,10	p 1,0	---	0,30	0,5
aldrine	n.d.	1,5	0,19	p 1,0	---	---	---
dieldrine	0,29	3,6	0,26	8,0	10,0	0,36	0,6
alpha-chlordane	0,54	5,0	0,36	3,6	11,7	0,01	0,3
gamma-chlordane	2,09	5,2	0,75	3,0	---	0,03	0,5
p,p'-DDE	n.d.	7,4	0,39	12,5	---	---	0,3
p,p'-DDD	n.d.	11,3	0,55	8,0	---	---	---
o,p'-DDD	0,20	1,9	0,34	---	---	---	---
o,p'-DDT	n.d.	18,1	1,01	p 1,0	---	---	---
p,p'-DDT	0,64	17,2	0,65	12,5	18,0 <sup>(6)</sup>	0,18 <sup>(6)</sup>	0,2
endrine	0,23	n.d.	0,23	p 1,0	---	0,09	---
alpha-endosulfan	0,18	n.d.	0,18	p 1,0	---	---	0,1
bêta-endosulfan	n.d.	n.d.	n.d.	p 1,0	---	---	0,1
mirex	n.d.	n.d.	n.d.	---	---	n.d.	---
méthoxychlore	n.d.	n.d.	n.d.	p 1,0	---	0,5	---

(1): Teneurs moyennes des résultats positifs.

(2): résultats calculés à partir des résultats obtenus dans la fraction particulaire par Merriman, 1987.

(3): résultats calculés pour la fraction particulaire à partir de ceux mentionnés par Sylvestre, 1987.

(4): résultats obtenus pour la fraction totale à la station 78 du lac Ontario, Biberhofer et Stevens, 1987.

(5): Kuntz et Warry, 1983.

(6): DDT total.

p: plus petit que.  
n.d.: non détecté

TABLEAU 5. Teneurs moyennes<sup>(1)</sup> en BPC et en alpha-HCH mesurées par secteur pour les fractions particulaire et totale aux différentes périodes d'échantillonnage

Année	Montréal	lac Saint-Pierre		Grand Ines	Québec	Ile d'Orléans		
		amont	aval					
1987		1986	1986	1985	1985	1985	1984	
Mois	Juin	Juin	Sept.	Sept.	Novembre	Novembre	Novembre	Décembre
BPC part. (ng/g)	67	80	110	40	23	25	30	53
a-HCH part. (ng/g)	1,7	2	p 1	p 1	1,5	1	1,5	13
BPC tot. (ng/L)	2,2	2,0	1,5	0,7	0,3	0,5	1,9	7,9
a-HCH tot. (ng/L)	0,6	1,5	1,4	1,8	1,8	2,5	1,8	46
MSST (mg/L)	3	4	4	6	17	22	62	150

p: plus petit que.

(1): valeurs positives seulement.



BPC et l'alpha-HCH ont été détectés à toutes les stations échantillonnées entre 1984 et 1987. Pour les BPC, on peut supposer que le niveau moyen mesuré avec la technique à grand volume constitue le niveau de fond du milieu, alors que les niveaux mesurés avec l'échantillon d'un litre correspondent à une épisode de contamination.

#### Autres polluants prioritaires

Lors de l'échantillonnage effectué en juin 1987 à l'aide de l'extracteur liquide-liquide APLE et de la résine XAD-2, de nombreux autres polluants prioritaires, incluant des chlorobenzènes, hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), phtalates et phénols, ont été mesurés dans les fractions dissoute et particulaire (tableau 6). Tout comme pour les pesticides organochlorés et les BPC, les résultats obtenus nous montrent que les produits sont majoritairement transportés par l'intermédiaire de la fraction dissoute. Il en ressort également que ce sont les plastifiants (phtalates) qui sont les contaminants qui affichent les plus fortes concentrations. Pour la fraction particulaire, nous avons mesuré quelques HAP à des niveaux moyens variant de 100 à 700 ng/g. Sylvestre (1987) mentionne que la majorité des HAP qu'ils ont analysés n'ont pas été détectés. En cela, nos résultats sont semblables, alors que beaucoup de produits n'ont pas été détectés. Nous ne détectons aucun chlorobenzène dans la fraction particulaire alors que Merriman (1987) et Sylvestre (1987) en retrouvent fréquemment, à des niveaux allant jusqu'à 137 ng/g, ce qui est inférieur à notre limite de détection pour ces composés. La trop faible quantité de matières solides recueillies explique les limites de détection élevées que nous avons eues pour ces composés. À l'intérieur de la fraction totale, les chlorobenzènes sont détectés à des niveaux beaucoup plus faibles que ceux mesurés dans la rivière Niagara par Oliver et Charlton (1984) alors qu'ils sont retrouvés dans la plage des valeurs mesurées par Chan et Kohli (1987) dans la rivière Saint-Clair. Concernant les HAP, Ayotte (1987) et Larue (1985) rapportent des valeurs dans l'eau servant à l'approvisionnement des aqueducs de municipalités québécoises. Parmi leurs résultats, nous avons relevé ceux provenant d'échantillons d'eau brute du fleuve Saint-Laurent et en avons calculé les moyennes montrées au tableau 6. Pour les quatre composés communs, les niveaux moyens mesurés sont dans le même ordre de grandeur, soit de 0,6 à 12 ng/L.

Les produits détectés à la fois par l'extracteur APLE et par la résine XAD-2 montrent une variabilité des valeurs assez forte, mais sont du même ordre de grandeur. Les différences notées ne peuvent pas toutes s'expliquer par le fait que le système APLE recueille et traite toute l'eau sortant de la centrifugeuse, incluant les matières solides, contrairement à l'extracteur solide-liquide, qui n'extrait que la fraction dissoute. Elles reflètent plutôt la variabilité provenant de méthodes différentes et de laboratoires différents.

Parmi les composés analysés mais non détectés, il faut mentionner le 2,3,7,8-TCDD ou dioxine qui n'a pas été retrouvé à un niveau de détection de 0,01 ng/L dans les 3 échantillons prélevés dans la région de Montréal en 1987.

#### Coefficient de distribution

À partir de résultats que nous avons obtenus, nous avons calculé les coefficients de distribution (tableau 7) de quelques pesticides organochlorés et des BPC et les avons comparés à ceux obtenus par Kuntz et Warry (1983) pour la rivière Niagara. Nos résultats montrent que la répartition de produits entre les phases dissoute et particulaire du Saint-Laurent est semblable à celle mesurée dans la rivière Niagara. Parmi les autres produits analysés, le même type de coefficient a aussi été calculé pour deux phtalates. Ils montrent que les produits sont préférentiellement rattachés aux matières solides en suspension. Malgré cette préférence, les faibles concentrations de matières solides en

TABLEAU 6. Teneurs moyennes des autres polluants prioritaires mesurés dans l'eau et les sédiments en suspension à l'aide de l'extracteur APLE et de la résine XAD-2 dans la région de Montréal en juin 1987 et comparaison avec d'autres études

Paramètres	fleuve Saint-Laurent section québécoise					
	Fraction dissoute (ng/L)	Fraction particulaire (ng/g)	Fraction totale (ng/L)	rivière(1) Niagara (ng/L)	rivière(2) Saint-Clair (ng/L) min - max	Fleuve(3) Saint-Laurent (ng/L)
<b>CHLOROBENZÈNES</b>						
m-dichlorobenzène	0,23	p 500	0,23	15	0,04 - 0,09	--
p-dichlorobenzène	2,7	p 500	2,7	48	0,01 - 6	--
o-dichlorobenzène	1,03	p 500	1,03	20	0,01 - 3	--
1,2,4-trichlorobenzène	1,1	p 500	1,1	11	0,01 - 7	--
1,2,3-trichlorobenzène	0,3	-- (4)	0,3	2,4	0,01 - 0,1	--
1,2,3,4-tétrachlorobenzène	0,02	--	0,02	3,7	0,01 - 0,06	--
pentachlorobenzène	0,04	--	0,04	1,3	0,01 - 0,02	--
<b>HYDROCARBURES POLYAROMATIQUES</b>						
benzanthracène	0,6	p 200	0,6	--	--	1,4
chrysène	1,6	700	3,0	--	--	4,7
fluoranthène	2,6	250	3,1	--	--	6,3
naphthalène (5)	16	p 200	16	--	--	--
phénanthrène	p 0,01	100	0,2	--	--	--
pyrène	3,3	350	4,0	--	--	8,0
<b>PHTALATES</b>						
benzyl butyl phtalate (5)	14	p 200	14	--	--	--
di(2-éthyl hexyl) phtalate	78	30 600	166	--	--	--
di-N-butyl phtalate (5)	89	3 967	103	--	--	--
di-N-octyl phtalate (5)	9	p 200	9	--	--	--
diéthyl phtalate (5)	54	p 200	54	--	--	--
diméthyl phtalate (5)	25	p 200	25	--	--	--
<b>AUTRES COMPOSES</b>						
isophorone	69	p 200	69	--	--	--
phénol	8	--	8	--	--	--

(1): Oliver et Charlton, 1984.

(2): Chan et Kohli, 1987.

(3): Ayotte, 1987; Larue, 1985.

(4): non analysé.

(5): Les résultats de la fraction dissoute proviennent de l'extraction solide-liquide (SEASTAR); les autres proviennent de l'extraction liquide-liquide (APLE).

TABLEAU 7. Coefficients de distribution calculés pour des produits organochlorés dans le fleuve Saint-Laurent (1984-1987) et comparaison avec la rivière Niagara.

	Coefficient log(Séd./eau) (FSL)	Coefficient(1) log(Séd./eau) (Niagara)
BFC	4,6	4,9
HCB	3,8	5,7
alpha-HCH	2,96	2,6
lindane	2,5	2,8
alpha-chlordane	3,8	3,7
gamma-chlordane	3,8	3,8
dieldrine	4,2	3,8
di-N-butyl phtalate	4,6	ND(2)
di(2-éthyl hexyl) phtalate	5,6	ND

(1) Selon Kuntz et Werry, 1983.

ND(2): non disponible.

suspension laissent présumer que la majorité des composés sont transportés par la fraction dissoute, ce qui est conforme à ce qui est rapporté par Allan (1986) et McCrea et al (1985). Nous calculons, en conséquence, que dans la section québécoise du fleuve entre Montréal et Québec, plus de 90% des contaminants sont transportés dans la fraction eau. Lorsque nous ajoutons les valeurs mesurées à l'île d'Orléans, où les matières solides sont plus élevées, la proportion présente dans l'eau baisse à 70%.

#### Comparaisons avec des lignes directrices

La comparaison de nos résultats aux lignes directrices mentionnées par le COMRE (1987) montre que ces résultats répondent aux critères recommandés pour l'alimentation pour l'eau potable. Pour ce qui est de la protection de la vie aquatique (tableau 8) toutes les valeurs positives de BPC, la majorité des résultats de la famille du DDT et quelques résultats d'alpha-HCH, de dieldrine, d'endrine et de chlordane, mesurés à partir de l'échantillon conventionnel dépassent les lignes directrices. L'échantillonnage à grand volume, qui nous permet de mesurer les contaminants à des niveaux de concentrations beaucoup plus faibles, nous montre que 60% des résultats de BPC sont supérieurs à la ligne directrice pour la protection de la vie aquatique, que 22% des valeurs la dépassent pour le DDT total, et que 17% de l'alpha-HCH et 4% des chlordanes sont supérieurs à la recommandation. Aucune valeur de phtalates ne dépasse les lignes directrices, par contre les niveaux mesurés en sont très près. Les chlorobenzènes ne montrent aucun problème.

Du côté des particules en suspension, 17% des valeurs de BPC dépassent les critères de qualité des sédiments pour l'immersion en mer, soit 100 ug/kg (Rochon, 1985). Si nous considérons le critère du ministère de l'Environnement de l'Ontario pour le dépôt de déchets de dragage en eau libre, soit 50 ug/kg (dans Champoux et Sloterdijk, 1987), la moitié de nos résultats de BPC le dépassent. Tous nos résultats de pesticides organochlorés sont conformes aux critères pour l'immersion en mer, sauf pour une valeur de p,p'-DDT. Il faut noter que certaines valeurs maximales sont proches du critère et proviennent toutes des échantillons récoltés lors de la campagne de 1984.

TABLEAU 8. Comparaison de nos résultats dans l'eau avec les lignes directrices pour l'alimentation en eau potable et pour la protection de la vie aquatique

Paramètre	Échantillonnage conventionnel			Échantillonnage à grand volume (SEASTAR et APLE)			Lignes directrices	
	Moyenne <sup>(1)</sup> ng/L	Min - Max ng/L	Max ng/L	Moyenne ng/L	Min - Max ng/L	Max ng/L	Alimentation en eau potable ng/L	Protection de la vie aquatique ng/L
<b>BIPHENYLES POLYCHLORÉS</b>								
BPC (Arochlor)	18,4	p 0,4 - 125	125	2,46	0,13 - 14,5	14,5	— <sup>(2)</sup>	1
<b>PESTICIDES ORGANOCHLORÉS</b>								
HCB	2,2	p 0,4 - 4,0	4,0	0,35	p 0,004 - 1,67	1,67	—	6,5
alpha-HCH	3,7	p 0,4 - 12	12	9,66	p 0,004 - 53,1	53,1	—	10
dieldrine	1,1	p 0,4 - 5,0	5,0	0,26	p 0,004 - 0,40	0,40	—	4
alpha-chlordane	1,3	p 0,4 - 3,0	3,0	0,36	p 0,004 - 2,41	2,41	7000 (3)	6 (3)
gamma-chlordane	1,3	p 0,4 - 3,0	3,0	0,74	p 0,004 - 8,31	8,31	—	—
p,p'-DDE	1,6	p 0,4 - 11	11	0,39	p 0,01 - 1,32	1,32	—	—
p,p'-DDD	1,8	p 0,4 - 3	3	0,55	p 0,01 - 1,37	1,37	—	—
o,p'-DDD	—	—	—	0,34	p 0,01 - 0,63	0,63	—	—
o,p'-DDT	3,7	p 0,4 - 12	12	1,01	p 0,01 - 2,77	2,77	—	—
p,p'-DDT	3,8	p 0,4 - 12	12	0,65	p 0,01 - 1,42	1,42	—	—
DDT total	—	—	—	1,59	p 0,02 - 6,2	6,2	30 (4)	1
endrine	5,5	p 0,4 - 10	10	0,22	p 0,01 - 0,50	0,50	200	2,3

(1): moyenne des valeurs positives. (3): pour chlordane total. p : plus petit que.  
(2): non mesuré (4): unité en ug/L.

## CONCLUSION

Les résultats de cette étude montrent que l'échantillonnage à grand volume est un meilleur outil que l'échantillon conventionnel pour mesurer le niveau de nombre de produits organiques. Il permet la détection d'un plus grand nombre de produits à des niveaux beaucoup plus faibles. En effet, l'échantillonnage à grand volume nous permet de mesurer les concentrations de fonds de polluants organochlorés, à des niveaux inférieurs aux limites de détection de la méthode conventionnelle. Il montre entre autres que les BPC, l'alpha et le gamma-HCH sont présents à presque tous les endroits échantillonnés dans le fleuve et que leurs concentrations diminuent généralement de l'amont vers l'aval, avec un apport non négligeable dans la région de Montréal. Excluant l'alpha et le gamma-HCH, les produits détectés au moyen de l'échantillon conventionnel d'un litre montrent plutôt un épisode de contamination du milieu. Pour l'évaluation du transport des contaminants il ne faut pas négliger l'importance de la fraction dissoute. En effet la majorité des contaminants sont à l'intérieur de cette phase dans le fleuve. Ce n'est que lorsqu'il y a remise en suspension importante des sédiments de fond que le transport des contaminants associés à la fraction particulaire augmente. Finalement, la comparaison de nos résultats avec la littérature montre que la contamination des eaux du fleuve est semblable à celle retrouvée dans le tronçon international pour les organochlorés et inférieure pour les BPC. Par rapport à la rivière Niagara, nos fréquences de détection sont plus faibles, alors que nos niveaux moyens mesurés sont parfois comparables.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier tous les employés d'Environnement Canada, région du Québec, qui ont travaillé de près ou de loin à la planification de ce travail, à l'échantillonnage ou à l'analyse des échantillons. Nous désirons remercier tout particulièrement M. Bob McCrea, d'Environnement Canada, région de l'Ontario pour les judicieux conseils scientifiques et techniques qu'il nous a fournis.

## BIBLIOGRAPHIE

- Allan, R.J., 1986. Influence des substances particulières sur le sort des contaminants dans les écosystèmes aquatiques. Etude N° 142, Série Scientifique, Direction générale des eaux intérieures, Institut National de recherches en hydrologie, centre canadien des eaux intérieures, Burlington, Ontario. 139 p.
- Ayotte, p., 1987. Micropolluants organiques. Campagnes d'échantillonnage 1986. Gouvernement du Québec. Ministère de l'Environnement. Direction des eaux souterraines et de consommation. 144 p.
- Biberhofer, J. et R.J.J. Stevens 1987. Les composés organochlorés dans les eaux ambiantes du lac Ontario. Etudes N° 159, Série Scientifique, Direction générale des eaux intérieures et terres, région de l'Ontario, Burlington, Ontario. 11 p.
- Bureau des études sur les substances toxiques (BEST), 1980. Les méthodes, d'analyses des pesticides organochlorés et des biphenyles polychlorés dans l'eau, les sédiments, les boues, les sols, les milieux biologiques, l'air et les hydrocarbures. Comité de normalisation des méthodes d'analyses, ministère de l'Environnement du Québec. 184 p.
- CCRME, 1987. Recommandations pour la qualité des eaux du Canada. Document préparé par le Groupe de travail sur les recommandations pour la qualité des eaux du Conseil canadien des ministres des ressources et de l'environnement, Ottawa, mars 1987.
- Champoux, L. et H. Sloterdijk. 1987. Etude du lac Saint-Louis 1984-1985, rapport technique N° 1, qualité des sédiments du lac Saint-Louis. Environnement Illimité Inc., rapport présenté à Environnement Canada. Direction des eaux intérieures, Longueuil. 61 p., 14 annexes.
- Chan, C.H. et J Kohli. 1987. Etude des contaminants à l'état de traces dans la rivière Saint-Clair, 1985. Etude N° 158, Série Scientifique, Direction générale des eaux intérieures et des terres, région de l'Ontario, Direction de la Qualité des eaux Burlington (Ontario). 10 p.

- Environnement Canada, 1987. Données inédites. Relevés hydrologiques du Canada.
- Environnement Canada, 1986. Manuel des méthodes analytiques, Direction générale des eaux intérieures, Direction de la qualité des eaux intérieures, Ottawa. Canada.
- Environnement Canada, 1984. Échantillonnage pour la qualité de l'eau. Direction de la qualité des eaux. Direction générale des eaux intérieures, Ottawa. 67 p.
- Germain, A., 1988. Détermination des concentrations en pesticides organochlorés et biphenyles polychlorés dans les sédiments en suspension et l'eau du fleuve Saint-Laurent. Comptes rendus du 3<sup>e</sup> colloque sur les substances toxiques, Montréal. 6 et 7 avril 1988. Approvisionnement et Services Canada, N° de cat. EN-40-11/4-1988. pp. 213-214.
- Green, D.R. et D. Kowalski. 1984. XAD Resin Column. Documentation of their Performance in the Extraction of Organics from Water. Seastar Instruments Ltd. Sidney (British-Columbia).
- Kuntz, K.W., 1984. Les contaminants toxiques de la rivière Niagara, 1975 à 1981. Etude N° 134, Collection des rapports techniques. Direction générale des eaux intérieures, région de l'Ontario. Direction de la qualité des eaux, Burlington (Ontario). 51 p.
- 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):241-248.
- Langlois, C. et H. Sloterdijk. 1988. Contamination du lac Saint-Pierre (fleuve Saint-Laurent) par certains polluants organiques et inorganiques. Environnement Canada, Direction des eaux intérieures, région du Québec. Communication présentée à la 2<sup>e</sup> conférence internationale des limnologues d'expression française, Aussois, France. 24 au 28 mai 1988, 33 p. (soumis pour publication dans la Revue des Sciences de l'Eau).
- Larue, M., 1985. Micropolluants organiques. Résultats de l'échantillonnage du mois de mai 1985 portant sur les BPC, les HPA et les composés volatiles (rapport préliminaire). Gouvernement du Québec. Ministère de l'Environnement. Direction des eaux souterraines et de consommation. 43 p.
- MCCrea, R.C., J.D. Fisher et K.W. Kuntz; 1985. Distribution of Organochlorine Pesticides and PCB's Between Aqueous and Suspended Sediment Phases in the lower Great Lakes Region. Wat. P. Res. J. of Canada, 22(4):67-78.
- MCCrea, R.C., J.D. Fisher. 1985. Conception et essai d'un extracteur liquide-liquide pour phase aqueuse (APLE) servant à déterminer les contaminants organochlorés. Etude N° 138, Collection des rapports techniques. Direction générale des eaux intérieures, région de l'Ontario. Direction de la qualité des eaux, Burlington (Ontario). 11 p.
- Merriman, J., 1987. Contaminants organiques à l'état de traces dans les sédiments du secteur international du fleuve Saint-Laurent, 1981. Etude N° 148, Collection des Rapports techniques. Direction générale des eaux intérieures et des terres, régions de l'Ontario, Direction de la qualité des eaux, Burlington (Ontario). 11 p.
- Oliver, G.B. et M.N. Charlton. 1984. Chlorinated Organic Contaminants on Setting Particulates in the Niagara River Vicinity of Lake Ontario. Environ. Sci. Technol., 18, 903-908.
- Rochon, R. 1985. Problems Associated with Dredging Operations on the St. Lawrence. Situations, Methods and Priority Areas for Research. Environnement Canada. Service de la protection de l'environnement. Rapport EPS 4/MA/1. 72 p.
- Sylvestre, A., 1987. Les organochlorés et les hydrocarbures aromatiques polycycliques dans le fleuve Saint-Laurent, à la hauteur, de l'île Wolfe, 1982 à 1984. Etude 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). 12 p.