

**ÉTAT DES CONNAISSANCES SUR LES BPC  
DANS L'ENVIRONNEMENT AU VOISINAGE  
DU LES BESTAN À MAGOG  
ET ÉVALUATION  
DE LA CONTRIBUTION DU LES BESTAN  
AUX BPC DANS LE LAC LOVERING**

Préparé pour

**WASTE MANAGEMENT INC.**

Par



440, boul. René-Lévesque Ouest  
3<sup>e</sup> étage, suite 350  
Montréal (Québec)

MB1986-07

15 MAI 2007

## TABLE DES MATIÈRES

<b>1.</b>	<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>INFORMATIONS SUR LES BPC .....</b>	<b>2</b>
2.1	SOURCES .....	2
2.2	STRUCTURE ET PROPRIÉTÉS.....	4
2.3	DESTRUCTION ET DÉGRADATION .....	5
2.4	PROPAGATION DANS L'ENVIRONNEMENT.....	6
2.4.1	Eau de surface .....	6
2.4.2	Sédiments.....	9
2.4.2	Eau souterraine.....	11
2.4.3	Atmosphère.....	11
2.4.4	Contamination des poissons.....	14
<b>3.</b>	<b>DISTRIBUTION DES BPC DANS L'ENVIRONNEMENT RÉGIONAL.....</b>	<b>16</b>
3.1	GÉNÉRALITÉS .....	16
3.2	EAU DE SURFACE.....	16
3.3	SÉDIMENTS.....	16
3.4	AIR ET LES PRÉCIPITATIONS .....	20
3.5	POISSONS.....	20
3.6	BPC MESURÉS SUR LA PROPRIÉTÉ DE WASTE MANAGEMENT .....	23
3.7	DISCUSSION SOMMAIRE.....	25
<b>4.</b>	<b>CONTRIBUTION DU LES BESTAN À LA CHARGE DE BPC DU LAC LOVERING....</b>	<b>26</b>
4.1	PROBLÉMATIQUE .....	26
4.2	CONTRIBUTION PRÉSENTE.....	26
4.3	CONTRIBUTION HISTORIQUE .....	28
4.4	CONTRIBUTION RELATIVE DU LES BESTAN.....	31
4.5	CONSIDÉRATIONS SUR LES SOURCES DES BPC ACCUMULÉES DANS LE LAC LOVERING.....	32
<b>5.</b>	<b>CONCLUSION .....</b>	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
<b>6.</b>	<b>RÉFÉRENCES.....</b>	<b>35</b>

## LISTE DES FIGURES

- Figure 2.1 : Teneur moyenne en BPC (pg/L) cours d'eau au Québec (1995 – 2005)
- Figure 2.2 : Localisation des stations d'échantillonnage du suivi à long terme au lac St-François
- Figure 2.3 : Modèle conceptuel des mouvements et transformations des BPC dans un lac
- Figure 3.1 : Teneurs en BPC (pg/L) cours d'eau périphérique du LES Bestan
- Figure 3.2 : Teneurs en BPC (ng/g) sédiments en périphérie du LES Bestan
- Figure 3.3 : Plan de localisation des BPC dans l'air ambiant et dans l'eau et les sédiments des fossés et étangs du LES Bestan
- Figure 3.4 : BPC dans les poissons des lacs au voisinage de Magog

## LISTE DES TABLEAUX

- Tableau 2.1 : Utilisations et sources de BPC dans l'environnement
- Tableau 2.2 : Propriétés physiques des BPC
- Tableau 2.3 : Teneurs en BPC de divers cours d'eau au Québec et dans les états voisins
- Tableau 2.4 : BPC dans les sédiments du lac Champlain
- Tableau 2.5 : BPC dans les sédiments des fleuves St-Laurent et Hudson
- Tableau 2.6 : BPC dans l'air ambiant
- Tableau 2.7 : Masses de précipitations et dépôts secs de BPC
- Tableau 3.1 : BPC dans l'eau de surface dans la région de Magog
- Tableau 3.2 : BPC dans les sédiments dans la région de Magog
- Tableau 3.3 : BPC dans l'air ambiant
- Tableau 3.4 : BPC dans les poissons des lacs près de Magog
- Tableau 3.5 : BPC dans l'eau et les sédiments des fossés et étang au LES
- Tableau 3.6 : BPC dans les boues d'épuration
- Tableau 3.7 : BPC dans les lixiviats
- Tableau 4.1 : Estimation des pertes historiques de BPC vers le sud
- Tableau 4.2 : Bilan des apports de BPC au lac Lovering

## 1. INTRODUCTION

Dans le cadre du Programme de suivi accru entrepris en 2002 au LES Bestan, WM a donné mandat à Envir-Eau de préparer un rapport faisant état des connaissances sur les BPC dans l'environnement au voisinage du site Bestan et aussi de présenter une évaluation de la contribution du LES Bestan à la masse de BPC présente dans le lac Lovering.

Après cette introduction, ce rapport est constitué en trois chapitres qui présentent les éléments suivants faisant le point sur les connaissances visées :

1. un chapitre relatant les informations disponibles sur la distribution des BPC dans l'environnement en général;
2. par la suite, un chapitre rapportant les informations disponibles sur la distribution des BPC dans l'environnement de la région de Magog et au voisinage du LES Bestan;
3. enfin, un chapitre concernant les contributions présentes et passées du LES et une conciliation avec les quantités observées dans le lac Lovering sont développées.

Des conclusions sont présentées à la fin et le corps du rapport est accompagné de références appropriées.

## 2. INFORMATIONS SUR LES BPC

### 2.1 SOURCES

La synthèse et la commercialisation des BPC ont débuté vers 1935 et se sont terminées de 1977 à 1987 par des interdictions dans divers pays. L'utilisation des BPC a augmenté avec l'ajout de nouvelles utilisations et l'industrialisation croissante de l'Amérique du Nord. Les pertes de BPC dans l'environnement ont nécessairement augmenté depuis 1935. Depuis la mise aux bans des BPC vers 1977 suivi de leur élimination graduelle dans les divers produits (arrêt de production en 1972 au Japon, 1977 aux É.-U. et 1983 en Allemagne), les BPC sont retirés de multiples processus de production et les divers réservoirs de BPC (transformateurs, ballasts, etc.) sont graduellement retirés et éliminés. Vers la même époque, des normes ont été mises en place pour la gestion des matières résiduelles contenant des BPC (on établit ainsi des normes pour les teneurs de BPC dans les huiles usées et on limite l'usage des huiles usées comme abat poussière).

Des mélanges de différents BPC étaient principalement commercialisés en Amérique du Nord sous le nom d'Aroclor (marque de commerce). Près d'un milliard de kg de BPC ont ainsi été fabriqués aux États-Unis durant cette période<sup>1</sup>. Il faut ajouter les BPC importés d'Europe ou d'Asie à cette quantité.

Les BPC avaient de multiples utilisations. Leur utilisation comme fluide diélectrique dans les transformateurs et les capacitances est connue du public. Il y avait aussi une grande variété d'utilisations qui sont autant de sources potentielles dans l'environnement. Le **Tableau 2.1** énumère certaines utilisations et sources potentielles de contamination pour l'environnement.

Les produits contenant des BPC ont ainsi été largement distribués non seulement dans les milieux urbains et industriels, mais aussi dans les zones rurales et c'est ce qui explique leur présence généralisée dans l'environnement. Pour mieux illustrer<sup>2</sup> :

- 23 % des 45 000 tonnes de BPC utilisés au Japon de 1962 à 1971 étaient incorporés à des produits non récupérés;
- environ 300 000 tonnes de BPC ont été placées dans divers dépotoirs aux États-Unis de 1930 à 1976;
- la stabilité des peintures « caoutchoutées » était améliorée par l'ajout de 5-8 % de BPC;
- le papier reproduction sans carbone contenait 3 % de BPC;
- l'utilisation d'un enduit de silo contenant 18 % de BPC a été identifiée comme source de contamination des fourrages pour la production laitière;
- l'utilisation d'huiles usées fréquemment contaminées aux BPC est reconnue comme source de dispersion dans les sites ruraux.

---

<sup>1</sup> Sandeen *et al.*, 2005.

<sup>2</sup> Niimi, 1994.

**Tableau 2.1 : Utilisations et sources de BPC dans l'environnement**

Catégories	Utilisations ou sources
Usages électriques	Transformateurs et capacitances Régulateurs de voltage (lignes de transmission) Démarreurs (moteurs électriques 1 phase) Correcteur de puissance (rectificateur, moteur induction CA, brûleurs) Appareils électroménagers (télévision, réfrigérateurs, laveuses) Pompes submersibles (puits) Ballasts (lampes fluorescentes) Interrupteurs
Usages non électriques	Encre d'imprimerie Papier copie sans carbone Fluide hydraulique Fluide caloporteur Retardateur de flamme Lubrifiant dans les compresseurs d'air Plastifiant (résines, caoutchouc synthétique, scellant, peintures, cires, colles et adhésifs, agents hydrofuges) Adjuvant de pesticides Huile de coupe
Matières contaminées	Huiles minérales contaminées (entretien des transformateurs) Abats poussière Sols, granulats, bétons, sédiments Machinerie Matériaux d'entretien Équipements de sécurité

À la suite de tous ces usages et de cette dispersion dans l'environnement, des traces de BPC se retrouvaient nécessairement dans les ordures municipales : ainsi, en Allemagne en 1980<sup>3</sup>, on rapporte des teneurs en BPC de 77 à 811 ng/g dans les papiers et cartons, 102 à 1 483 ng/g dans les plastiques/ cuir/ bois/ textiles, 200 à 1 485 ng/g dans les débris fins, et 45 à 586 ng/g dans les résidus verts.

Enfin, malgré l'interruption de la production industrielle des BPC depuis 20 ans ou plus, des BPC peuvent être produits en petites quantités par la combustion incomplète de certains composés organiques chlorés<sup>4</sup>.

<sup>3</sup> Wilken *et al.*, 1992.

<sup>4</sup> Kim *et al.*, 2004.

## 2.2 STRUCTURE ET PROPRIÉTÉS

Les caractéristiques physiques et chimiques des BPC régissent leurs comportements dans l'environnement. Les Aroclor ont des propriétés spécifiques résultant de la moyenne des propriétés des constituants du mélange.

### Composition chimique

Les BPC sont des composés organiques polycycliques chlorés. Chaque molécule de BPC peut contenir un à dix atomes de chlore. Les BPC avec la même teneur en chlore sont appelés homologues. Pour chaque homologue, les atomes de chlore peuvent être disposés de différentes façons (en substitution à des atomes d'hydrogène) sur les molécules de BPC. Il existe 209 congénères ou composés de BPC différents.

La classification par homologue est largement utilisée, car les propriétés chimiques et physiques sont quasi identiques pour tous les congénères d'un même homologue. L'étude du comportement des BPC est alors simplifiée. En effet, la répartition des homologues peut fournir une signature du produit et de la source.

Les BPC avec un ou deux atomes de chlore (mono et di) ne sont pas quantifiés dans la majorité des travaux et ne seront donc plus mentionnés.

### Propriétés physiques et chimiques

Les BPC ont une forte affinité pour les solides ainsi qu'un potentiel élevé d'accumulation dans les tissus organiques en association préférentielle avec les matières grasses. Ils sont difficilement dégradés et persistent donc dans l'environnement.

Les différents homologues de BPC ont des propriétés spécifiques. Leurs densité et toxicité augmentent avec leur teneur en chlore. Les BPC sont relativement insolubles dans l'eau, par contre ils sont solubles dans les hydrocarbures. En général, leur point de fusion augmente avec la teneur en chlore et, inversement, la pression de vapeur et la solubilité dans l'eau diminuent inversement à cette teneur. Ils ont une conductivité électrique faible et une conductivité thermique élevée.

Les principales caractéristiques des BPC en font des composés attrayants pour de multiples utilisations, les caractéristiques physiques sont résumées au **Tableau 2.2**.

**Tableau 2.2 : Propriétés physiques des BPC**

Propriétés <sup>5</sup>	Valeurs	Significations
Masse moléculaire (g/mol)	201-453	
Point d'ébullition (°C)	275-450	Résistances thermique et chimique élevées
Point de fusion (°C)	---	Liquide à solide à 20°C
Densité (g/cm <sup>3</sup> ) à 25°C	1,18-1,81	Plus dense que l'eau
Solubilité dans l'eau (mg/l)	0,0027-0,59	Peu soluble dans l'eau
Coefficient de partition octanol-eau (Log K <sub>ow</sub> )	4,7-6,8	Affinité pour l'huile
Pression de vapeur (mm de Hg à 25°C)	4,05*10 <sup>-5</sup> – 6,7*10 <sup>-3</sup>	Peu volatile
Constante de la Loi de Henry (atm·m <sup>3</sup> /mol à 25°C)	2,9*10 <sup>-4</sup> - 4,6*10 <sup>-3</sup>	
Point éclair (°C)	141-195	Peu inflammable et non explosif

### 2.3 DESTRUCTION ET DÉGRADATION

Les BPC sont détruits par combustion contrôlée à haute température. La combustion contrôlée est effectivement le mode de destruction préconisé pour les BPC ou pour les substances contaminées aux BPC en deçà de certains seuils réglementaires.

En plus des processus de destruction contrôlée, les BPC sont soumis à divers processus de dégradation dans l'environnement. Il faut cependant comprendre que les processus mentionnés ci-après concernent les BPC à l'état trace, et que les BPC purs ou en forte concentration dans une phase huileuse peuvent être considérés comme « quasi indestructibles » dans l'environnement avant leur dispersion.

#### Processus physico-chimiques

Dans l'atmosphère ou sur les surfaces exposées, les rayons UV du soleil entraînent la destruction des molécules de BPC qui sont peu sensibles à l'oxydation.

#### Dégradation biologique

Les BPC peuvent se dégrader de façon aérobie ou anaérobie. Cependant, dans les deux cas, la dégradation est très lente. On ne peut pas compter que les processus de dégradation réduisent rapidement les concentrations de BPC.

La dégradation biologique des BPC en présence d'oxygène est lente et touche les BPC faiblement chlorés (un ou deux chlores).

<sup>5</sup> ATSDR, 2000



En absence d'oxygène, les BPC les plus chlorés peuvent être partiellement dégradés par déchloration. Le processus enlève préférentiellement les atomes de chlore en position méta- et para entraînant ainsi l'accumulation des congénères ortho chlorés. Cette déchloration transforme des BPC hautement chlorés en BPC faiblement chlorés susceptibles à la dégradation aérobie.

## 2.4 PROPAGATION DANS L'ENVIRONNEMENT

Les BPC sont présents aujourd'hui dans toutes les composantes des écosystèmes, à savoir l'air, l'eau, le sol, les sédiments et les animaux. Malgré leur faible volatilité, la persistance des BPC fait qu'ils sont maintenant largement répandus dans l'environnement: on retrouve ces substances jusque dans les régions polaires loin de toute agglomération ou installation industrielle. La propagation de ces substances est possible à divers degrés dans chacun des divers médias de l'environnement.

### 2.4.1 Eau de surface

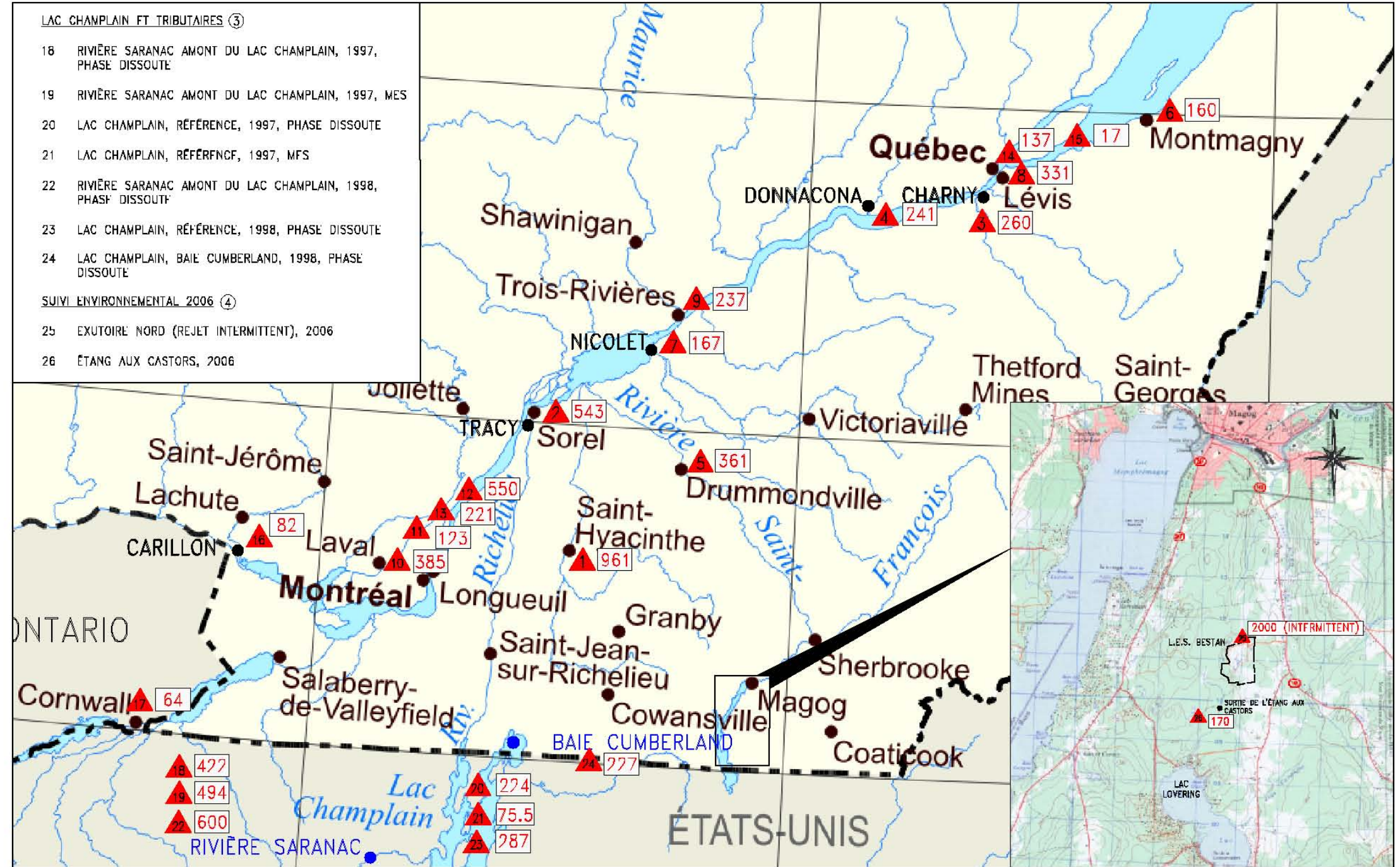
La faible solubilité des BPC dans l'eau et leur forte adsorption sur les solides et la matière organique en limite la mobilité en solution dans l'eau<sup>6</sup>. Toutefois, ils sont transportés dans les eaux de surface en se fixant sur des particules de matières en suspension (MES). Les eaux de surface chargées en MES peuvent donc les transporter sur des distances considérables. Des BPC se retrouvent donc dans les boues générées par le traitement des eaux usées des municipalités (0,09 à 11 ng/g en Allemagne en 1989<sup>7</sup> et moins de 0,25 à 4,6 ng/g aux États-Unis en 1993<sup>8</sup>).

Les teneurs en BPC de divers cours d'eau au Québec, en Ontario et dans l'état de New York sont présentées au **Tableau 2.3**. La **Figure 2.1** présente la localisation de certains de ces points en relation avec le site de Magog.

<sup>6</sup> Adeel et al, 1997; Fischer *et al.*, 1992

<sup>7</sup> Klöpffer, 1996

<sup>8</sup> Gutenmann *et al.*, 1994



- LAC CHAMPLAIN ET TRIBUTAIRES (3)**
- 18 RIVIÈRE SARANAC AMONT DU LAC CHAMPLAIN, 1997, PHASE DISSOUTE
  - 19 RIVIÈRE SARANAC AMONT DU LAC CHAMPLAIN, 1997, MES
  - 20 LAC CHAMPLAIN, RÉFÉRENCE, 1997, PHASE DISSOUTE
  - 21 LAC CHAMPLAIN, RÉFÉRENCE, 1997, MFS
  - 22 RIVIÈRE SARANAC AMONT DU LAC CHAMPLAIN, 1998, PHASE DISSOUTE
  - 23 LAC CHAMPLAIN, RÉFÉRENCE, 1998, PHASE DISSOUTE
  - 24 LAC CHAMPLAIN, BAIE CUMBERLAND, 1998, PHASE DISSOUTE
- SUIVI ENVIRONNEMENTAL 2006 (4)**
- 25 EXUTOIRE NORD (REJET INTERMITTENT), 2006
  - 26 ÉTANG AUX CASTORS, 2006

- PRISE D'EAU MUNICIPALE (1)  
AU QUÉBEC**
- 1 RIVIÈRE YAMASKA (ST-HYACINTHE) 1997-2005
  - 2 RIVIÈRE RICHELIEU (TRACY) 2001-2005
  - 3 RIVIÈRE CHAUDIÈRE (CHARNY) 2001-2002
  - 4 RIVIÈRE JACQUES-CARTIER (DONNACONA) 2002-2003
  - 5 RIVIÈRE ST-FRANÇOIS (DRUMMONDVILLE) 2002-2004
  - 6 RIVIÈRE DE LA PERDRIX (MONTMAGNY) 2000-2001
  - 7 RIVIÈRE NICOLET (NICOLET) 2003-2004
  - 8 RIVIÈRE ST-CHARLES (QUÉBEC) 2000-2001
  - 9 RIVIÈRE ST-MAURICE (TROIS-RIVIÈRES) 2003
- AUTRES DONNÉES D'EAU DE SURFACE (2)**
- 10 FLEUVE ST-LAURENT (MONTREAL) 2003-2005
  - 11 FLEUVE ST-LAURENT (MONTREAL-AMONT STATION EPURATION CUM)
  - 12 FLEUVE ST-LAURENT (EAUX BRUNES EN AVAL DE MONTREAL)
  - 13 FLEUVE ST-LAURENT (MONTREAL-POINT DE REJET DE LA CUM)
  - 14 FLEUVE ST-LAURENT (QUÉBEC) 1995-1996
  - 15 FLEUVE ST-LAURENT (QUÉBEC)
  - 16 FLEUVE ST-LAURENT (CARILLON) 1995-1996
  - 17 FLEUVE ST-LAURENT (CORNWALL) 1995-1996

**LÉGENDE:**

▲ 361 pg/L LIEU, CONCENTRATION MOYENNE EN BPC (pg/L)

**SOURCE:**

- (1) MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS
- (2) ENVIRONNEMENT CANADA CENTRE ST-LAURENT, RAPPORT ST-163
- (3) MC INTOSH AND AL (1997)
- (4) ENVIR-EAU (2006)

DIRECTION DU SUIVI ET DE L'ÉTAT DE L'ENVIRONNEMENT, SERVICE DE L'INFORMATION SUR LES MILIEUX AQUATIQUES.

NUMÉRO PROJET: HB1986-06 DESSINÉ PAR: A.C. CONÇU PAR: A.D.  
 DATE: 30/04/2007 VÉRIFIÉ PAR: A.D.  
 ÉCHELLE: FICHIER AUTOCAD #: HB1986-2.1



**FIGURE: 2.1**

**TENEUR MOYENNE EN BPC (pg/L)  
COURS D'EAU AU QUÉBEC  
(1995-2005)**

LIEU D'ENFOUISSEMENT TECHNIQUE  
WASTE MANAGEMENT  
MAGOG (QUÉBEC)



**Tableau 2.3 : BPC dans divers plans d'eau au Québec et dans les états voisins**

Lieu	Somme des BPC (pg/l)		
	Moyenne	Min	Max
<b>Prises d'eau municipales du Québec<sup>9</sup></b>			
Rivière Yamaska (St-Hyacinthe), 1997-2005	961	257	20 496
Rivière Richelieu (Tracy), 2001-2005	543	150	1 400
Rivière Chaudière (Charny), 2001-2002	260	130	480
Rivière Jacques-Cartier (Donnacona), 2002-2003	241	81	520
Rivière St-François (Drummondville), 2002-2004	361	190	490
Rivière de la Perdrix (Montmagny), 2000-2001	160	53	260
Rivière Nicolet (Nicolet), 2003-2004	167	84	410
Rivière St-Charles (Québec), 2000-2001	331	240	450
Rivière St-Maurice (Trois-Rivières), 2003	237	97	400
Fleuve St-Laurent (Montréal), 2003-2005	385	110	1 100
<b>Fleuve St-Laurent<sup>10</sup></b>			
Fleuve St-Laurent (Montréal - amont station épuration CUM)	123	---	---
Fleuve St-Laurent (eaux brunes en aval de Montréal)	550	---	---
Fleuve St-Laurent (Montréal - point de rejet de la CUM)	221	---	---
Fleuve St-Laurent (Québec), 1995-1996	137	93	251
Fleuve St-Laurent (Québec)	17	---	---
Fleuve St-Laurent (Carillon), 1995-1996	82	30	182
Fleuve St-Laurent (Cornwall), 1995-1996	64	47	89
<b>Ontario</b>			
Grands Lacs, 1990 <sup>11</sup>	500	---	---
Lac Ontario, 1991-1993 <sup>12</sup>	78	---	---
Lac Ontario <sup>23</sup>	351	---	---
Lac Supérieur <sup>23</sup>	120	---	---
Rivière Niagara <sup>23</sup>	1570	---	---
<b>Lac Champlain et tributaires<sup>13</sup></b>			
Rivière Saranac amont du lac Champlain, 1997, phase dissoute/MES	422 / 494		
Lac Champlain, site de référence, 1997, phase dissoute/ MES	224 / 75		
Rivière Saranac amont du lac Champlain, 1998, phase dissoute	600		
Lac Champlain, référence, 1998, phase dissoute	287		
Lac Champlain, baie Cumberland, 1998, phase dissoute	227		
<b>Rivières de l'état de New York (moyennes géométriques)<sup>14</sup></b>			
Mohawk R., 1998-2001	502	11	53703
Hudson R., 2, 1999-2001	6217	444	35952
Rensselaer, 1998-99	859	15	6561
Watertown, 2004-05	874	92	7623
<b>Stations marines au large de Nantucket et New Jersey (moyennes géométriques)</b>			
Lower Bay, 1998-2000	1072	151	3706
Bight, 2, 1999	16	3	74
Long Is. S., 1, 1999	150	17	326

<sup>9</sup> Communication M. St-Onge, MDDEP, juin 2006<sup>10</sup> Cossa et al, 1998. Dans ces données, les valeurs représentent la sommation de certains congénères de BPC.<sup>11</sup> Niimi, 1994<sup>12</sup> Buehler *et al.*, 1998<sup>13</sup> McIntosh, A. et al, 1997, Callahan *et al.*, 1998<sup>14</sup> DOW data, 2006.

## 2.4.2 Sédiments

En raison de leur faible solubilité et leur forte affinité pour les solides, les BPC transportés dans l'eau de surface ont tendance à s'accumuler dans les sédiments. Des études détaillées des contaminants menées depuis plusieurs années dans le lac Champlain et le fleuve Saint-Laurent ont permis de recueillir des données sur les sédiments et leurs teneurs en BPC.

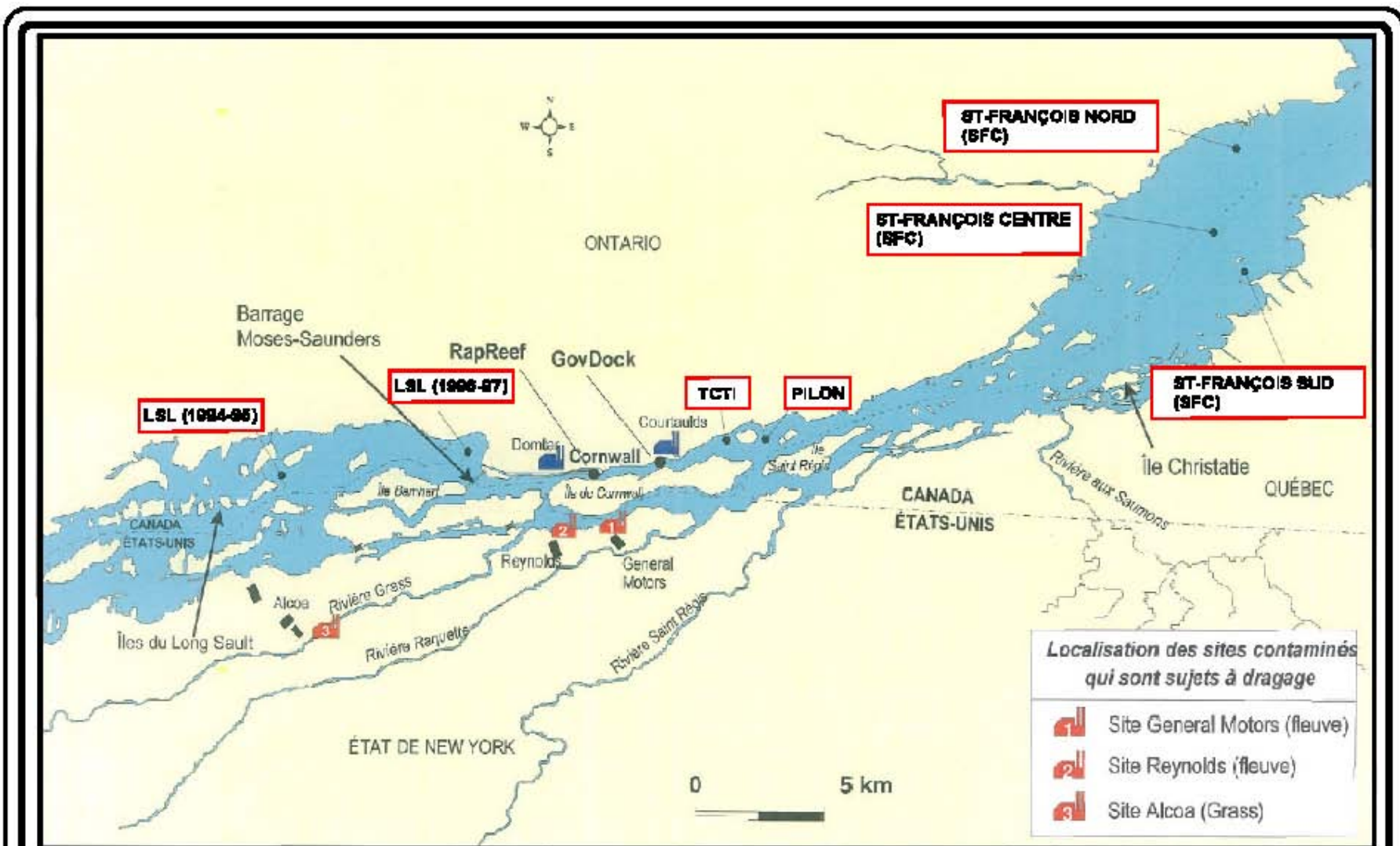
L'accumulation de sédiments dans le lac Champlain depuis 1930 varie de 9 cm dans le centre du lac loin des sources de sédiments à près de 100 cm dans les zones près de berges et recevant plus de sédiments pour diverses raisons. De plus, les maxima des teneurs en BPC sont observés dans l'horizon correspondant à 1950; la teneur maximale n'est pas observée à la surface des sédiments, mais à une certaine profondeur et l'horizon le plus chargé est associé temporellement à la période de grande utilisation des BPC. Le **Tableau 2.4** présente quelques valeurs de BPC observées dans les sédiments du lac Champlain.

**Tableau 2.4 : BPC dans les sédiments du lac Champlain<sup>15</sup>**

Endroit/ profondeur d'eau	BPC (ng/g) à une profondeur donnée (cm)						
	1	5	10	15	20	25	>30
Près rivière Ausable / 60 m		98				8,1	1
Burlington Harbour (North) / 15 m (12 cm en 50 ans)	41	63	340	95		1	1
Burlington Harbour (Oil dolphin) / 4 m (30 cm en 50 ans)	87	110		190		500	400
Cumberland bay (Wilcox dock) / 4 m (site contaminé)		1500	3500	3900		5700	8400
Baie St-Albans / 6 m		11				0,57	
IPCO outfall / 4 m (12 cm en 50 ans)		16	27			0,54	0,52
Juniper island / 98 m (9 cm en 50 ans)	56	118	28	5,6	5,7		1
Baie Missisquoi / 5 m		5				0,3	

Le **Tableau 2.5** présente les teneurs en BPC mesurées dans les sédiments dans le fleuve Saint-Laurent et dans le lac St-François, au Québec et en Ontario. La localisation des points d'échantillonnage pour le lac St-François est présentée à la **Figure 2.2**.

<sup>15</sup> McIntosh, 1994.



**LÉGENDE**

Tiré de:  
 Pelletier et Lepage (2004)  
 Environnement Canada  
 Rapport ST-225

FIGURE: 2.2

**LOCALISATION DE STATIONS D'ÉCHANTILLONNAGE DU SUIVI À LONG TERME AU LAC ST-FRANÇOIS**

LIEU D'ENFOUISSEMENT TECHNIQUE  
 WASTE MANAGEMENT  
 MAGOG (QUÉBEC)

Numéro de projet: 15-196-06	Document: A.C.	Composé: A.D.
Date: 2004-2007	Vérifié: A.D.	
Échelle: Inégale	Projet: 15-196-06-05-FC-2.2.pdf	

**ENVIR-EAU**  
 L'environnement, un choix d'affaires

**Tableau 2.5 : BPC dans les sédiments des fleuves Saint-Laurent et Hudson**

Lieu	Somme des BPC en ng/g		
	Moyenne	Min	Max
<b>Lac St-François (novembre 1994 à mai 1999)<sup>16</sup></b>			
station SFC	34	11	53
station SFS	127	51	367
station LSL	19	8	31
station TCTI	30	17	50
station Pilon	20	12	35
station SFN	29	17	45
<b>Fleuve St-Laurent, 1995-1996<sup>17</sup></b>			
Carillon	24	4,1	51
Québec	22	9,3	37
Cornwall	29	14	57
<b>État de New York<sup>18</sup></b>			
Grands tributaires du Hudson 92-95	80		
Tributaires urbains du Hudson 92-95	56		
Tributaires ruraux du Hudson 92-95	< 50		

### 2.4.2 Eau souterraine

Le transport des BPC en solution dans l'eau souterraine n'est généralement pas important, car ils sont adsorbés et fixés sur les surfaces des solides des sols et dans la matière organique.

### 2.4.3 Atmosphère

Malgré leur faible volatilité, le transport atmosphérique est le principal mode de dispersion des BPC et ce mode de transport est responsable de leur présence dans toutes les régions du globe<sup>19</sup>. Les teneurs dans l'air ambiant sont plus élevées dans les zones urbaines, tel qu'illustré par les données du **Tableau 2.6**.

<sup>16</sup> Pelletier et Lepage, 2004

<sup>17</sup> Cossa *et al.*, 1998

<sup>18</sup> Wall *et al.*, 1997

<sup>19</sup> Bremle *et al.*, 1998

**Tableau 2.6 : BPC dans l'air ambiant**

Lieu		Moyenne des BPC (pg/m <sup>3</sup> )
Suède, 11 stations en continu, 1994 <sup>20</sup>		900
Mer Baltique, 16 stations, 1995 <sup>21</sup>		600
Lac Michigan, site rural, 1990 <sup>22</sup>		130
Grande-Bretagne, sites urbains, 1991-92 <sup>23</sup>		100-3 800
Paris, 1992-1993 <sup>24</sup>		300-4 900
Saint-Anicet <sup>25</sup> : 1994-96		64
Villeroy <sup>d</sup> : 1993-96		23
Stukely: 2003 <sup>26</sup>		194
Stukely : 2002-2005		103
Vermont <sup>27</sup>	Burlington, oct. 95	1340
	Rutland, oct. 95	580
	Underhill, oct. 95	570
	Burlington, février 96	180
	Winooski, février 96	820
	Rutland, février 96	130
	Underhill, février 96	20
<b>CRITÈRE DE QUALITÉ : AIR AMBIANT<sup>28</sup></b>		10 000

Les BPC se volatilisent lentement et sont dispersés par le vent; ils se fixent principalement aux particules de l'atmosphère et reviennent à la surface terrestre avec les précipitations ou sous forme de dépôt sec. Leur propagation atmosphérique se fait par la combinaison de multiples déplacements. Ainsi, on observe des déplacements sur de longues distances avec les mouvements des masses d'air comme pour le mercure ou les pluies acides.

Le transport atmosphérique est affecté par divers facteurs climatiques. Les températures chaudes et les terrains secs favorisent une plus grande volatilisation des BPC<sup>29</sup>; les mouvements des masses d'air gouvernent le transport; les températures (on observe des concentrations plus élevées de BPC dans les glaces au sommet des Rocheuses canadiennes<sup>30</sup>) et les précipitations humides (pluie ou neige) et sèches (poussières et particules fines) contrôlent l'apport des BPC au sol.

<sup>20</sup> Backe *et al.*, 1994

<sup>21</sup> Agrell *et al.*, 1995

<sup>22</sup> Cotham *et al.*, 1995

<sup>23</sup> Halsall *et al.*, 1995

<sup>24</sup> Chevreuil *et al.*, 1996

<sup>25</sup> Poissant *et al.*, 2000.

<sup>26</sup> Walsh, 2004

<sup>27</sup> Anonyme, 1998.

<sup>28</sup> MENV, 2001b

<sup>29</sup> Manchester-Neesvig *et al.*, 1989.

<sup>30</sup> WEF, 2000.

Les apports atmosphériques de BPC sont en grande partie liés aux poussières<sup>31</sup> lessivées par la pluie. Seulement 10 à 30 % des BPC contenus dans les précipitations sur les terres parviennent au cours d'eau<sup>32</sup> avec le ruissellement. La raison de cet écart est la capture des BPC contenus dans les précipitations par les surfaces solides et les sols.

Plusieurs recherches effectuées à l'échelle continentale permettent de mieux comprendre l'importance du transport atmosphérique dans la distribution globale des BPC.

- En Europe, la Commission européenne sur l'environnement a réalisé diverses études sur le transport et l'accumulation des polluants organiques persistants (POP) dans l'environnement. Les conclusions de ces études<sup>33</sup> démontrent l'existence d'un important flux atmosphérique de BPC qui cause la présence des BPC dans toutes les régions du globe. Les apports de BPC par les précipitations sèches et humides sont plus importants dans les régions densément peuplées et près des grands centres urbains et industriels (voir Hollande, **Tableau 2.7**). Ces apports demeurent cependant importants à plusieurs centaines de kilomètres des zones sources (voir Suède, **Tableau 2.7**) et sont mesurables au milieu de l'Atlantique (voir Islande, **Tableau 2.7**);
- En Amérique du Nord, l'International Joint Commission (IJC) concluait en 1988<sup>34</sup> que le transport atmosphérique constitue le principal apport (près de 90%) de BPC au lac Supérieur. Plus récemment, les apports atmosphériques aux lacs ont été quantifiés pour chacun des lacs<sup>35</sup> et la valeur des apports au lac Ontario est indiquée au **Tableau 2.7**;
- Les informations disponibles autour des Grands Lacs montrent une diminution marquée des valeurs des apports de BPC par les précipitations à partir de valeurs plus élevées avant les années 1990, par contre cette diminution est moins importante de 1990 à 2000<sup>36</sup> et le taux de diminution s'abaisse avec le temps;
- Les variations spatiales des apports par les précipitations peuvent être importantes sur de petites distances à proximité de sources majeures<sup>37</sup>, par contre, la variation spatiale est relativement faible sur de grandes distances en raison des mouvements des masses d'air<sup>38</sup>.

---

<sup>31</sup> Van Ry *et al.*, 2002

<sup>32</sup> Smullen *et al.*, 2005

<sup>33</sup> Shatalov *et al.*, 2001

<sup>34</sup> IJC 1988

<sup>35</sup> USEPA, 1997

<sup>36</sup> Buehler *et al.*, 2000

<sup>37</sup> Offenber *et al.*, 1999

<sup>38</sup> Shatalov *et al.*, 2001



**Tableau 2.7 : Masses de précipitations et dépôts secs de BPC**

Lieu	Unité	BPC
Lac Ontario 1991-1993	g/km <sup>2</sup> /an	3,4
Hollande, 1998		10,0
Islande, 1998		0,8
Suède, 1998		5,3
<b>Précipitations<sup>39</sup></b>		
Saint-Anicet, 1994-1996	pg/l	1 660
Villeroy, 1993-1996		1 007

#### 2.4.4 Contamination des poissons

Le comportement des BPC dans l'environnement est connu. En raison de leur persistance et malgré l'arrêt de leur utilisation depuis 30 ans, plusieurs plans d'eau sont contaminés au point où la consommation des poissons y est sévèrement limitée. Heureusement, ce n'est le cas d'aucun plan d'eau au Québec. Par contre, les poissons d'autres plans d'eau, dont ceux de l'estuaire du Delaware<sup>40</sup> et la baie de San Francisco<sup>41</sup>, font l'objet de sévères restrictions à la consommation. Ces lieux ont donc fait l'objet d'études multiples et très élaborées qui nous renseignent sur les mécanismes de contamination de l'eau et des poissons et des facteurs qui contrôlent l'évolution de cette contamination.

Ces études permettent également d'établir un modèle conceptuel de la contamination de l'eau et des poissons :

1. diverses sources contribuent à l'apport des BPC au plan d'eau et ceux-ci s'accumulent dans les sédiments;
2. les BPC des sédiments sont soit transformés, soit enfouis, soit mobilisés par les organismes fouisseurs;
3. les poissons accumulent les contaminants dont les BPC en se nourrissant des organismes fouisseurs.

À partir des diverses sources et pertes de BPC identifiées précédemment, un modèle conceptuel peut être dressé tel que montré sur la **Figure 2.3**.

<sup>39</sup> Poissant *et al.*, 2000

<sup>40</sup> Bierman *et al.*, 2005.

<sup>41</sup> Mumley *et al.*, 2005.

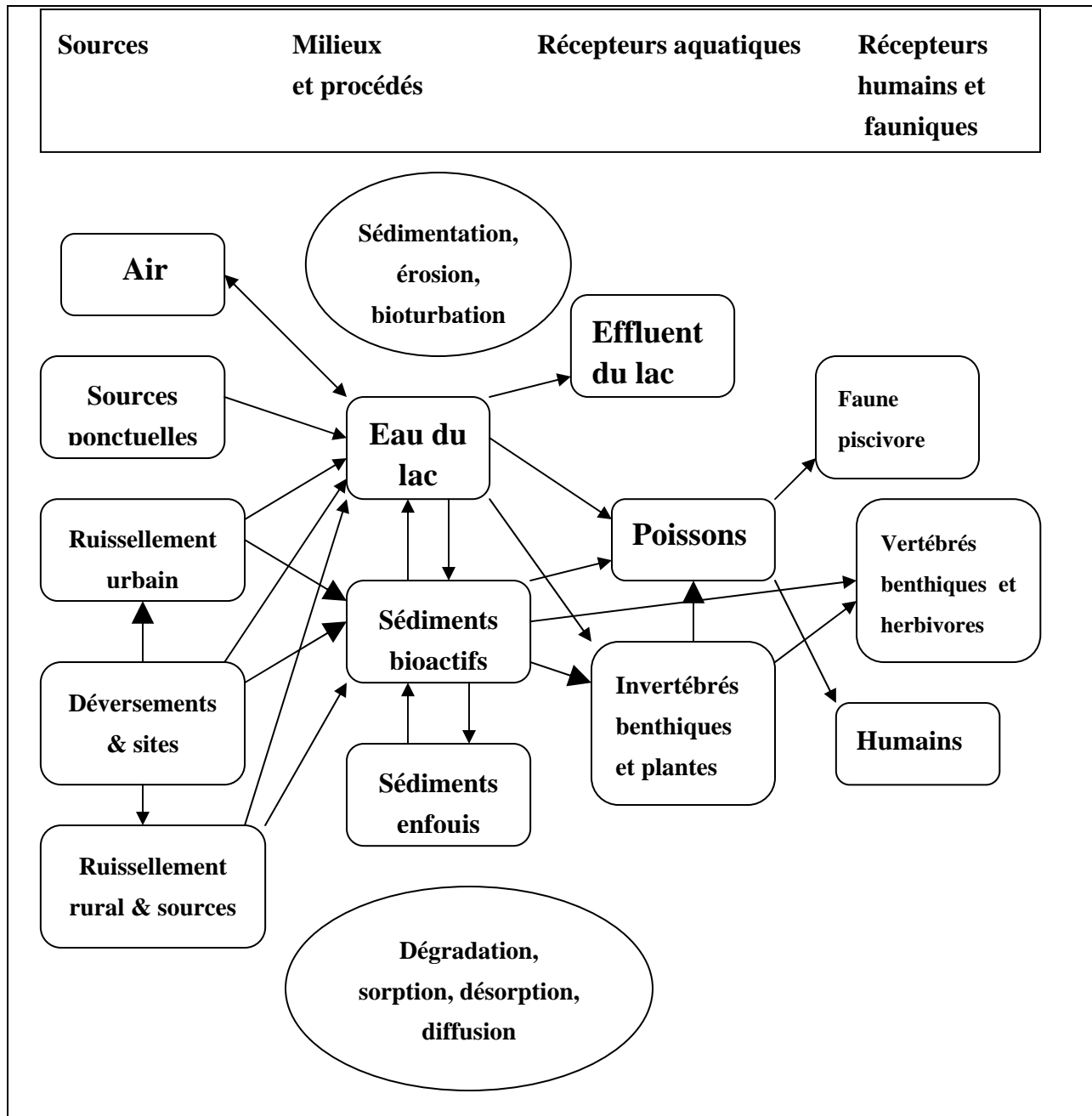


Figure 2.3: Modèle conceptuel des mouvements et transformations des BPC dans un lac

### 3. DISTRIBUTION DES BPC DANS L'ENVIRONNEMENT RÉGIONAL

#### 3.1 GÉNÉRALITÉS

Aucune étude générale ou de synthèse n'a été publiée sur la distribution des BPC dans l'environnement du territoire voisin de Magog ou du Québec par ailleurs.

Faute de connaissances approfondies sur la distribution des BPC dans l'environnement au Québec, il faut se référer aux études faites ailleurs pour interpréter les informations collectées dans la région. Ainsi, diverses études faites dans le sud du Québec, le sud de l'Ontario et le nord-est des É.-U. fournissent des informations pertinentes à la région de Magog et du LES Bestan.

Des informations sur les teneurs de BPC dans les divers compartiments de l'environnement dans la région de Magog sont présentées ci-après. Par la suite, les teneurs de BPC observées sur la propriété WM sont présentées.

#### 3.2 EAU DE SURFACE

Le **Tableau 3.1** regroupe les lieux et dates de prélèvements et les résultats des analyses d'eau de surface effectuées depuis 2001 dans la région de Magog à l'extérieur du LES Bestan. La localisation des points d'échantillonnage est présentée à la **Figure 3.1**.

La comparaison des données présentées aux **Tableaux 3.1** et **2.3** démontre une similitude entre les teneurs observées dans les eaux de surface près de Magog et celles observées ailleurs au sud du Québec et dans les régions voisines.

#### 3.3 SÉDIMENTS

Depuis 1999, divers prélèvements de sédiments ont été effectués dans les lits de cours d'eau ou de lacs de la région de Magog. Le **Tableau 3.2** présente les teneurs de BPC et carbone organique (COT) déterminées dans les échantillons. La localisation des lieux de prélèvement apparaît à la **Figure 3.2**.

**Tableau 3.1 : BPC dans l'eau de surface dans la région de Magog<sup>42</sup>.**

Endroit	Dates	BPC (pg/l)
<b>Affluents des lacs Magog et Massawipi</b>		
Ruisseau Rouge à Magog	Septembre 2000	3 800
Rivière Tomifobia Aval d'Ayers Cliff	02/11/2001	160
Fossé terre Holman au nord du LET	14/05/2003	2 100
Ruisseau Boily	28/08/2001	520
Affluent ruisseau Boily, 1762 ch. D'Ayers Cliff	14/05/2003	590
Ruisseau Boily branche ouest	25/09/2001	160
Ruisseau Boily (embouchure)	26/09/2001	180
Ruisseau sans nom au 2070, ch. d'Ayers Cliff	03/10/2001	67
<b>Affluents du lac Lovering</b>		
Ruisseau Campagna (embouchure)	17/10/2001	150
	06/08/2003	330
Ruisseau Alger (embouchure)	24/10/2001	130
Ruisseau sans nom, embouchure au lac Lovering	11/07/2001	270
	29/10/2003	450
<b>CRITÈRES DE QUALITÉ DE L'EAU<sup>43</sup></b>		
EAU POTABLE		500 000
Protection de la faune terrestre piscivore		120

**Tableau 3.2 : BPC dans les sédiments dans la région de Magog<sup>44</sup>**

Endroit	Dates	BPC ng/g	COT %	BPC ng/kg 1% COT
Ruisseau Boily, ferme Magolait, amont ponceau	24/07/2001	0,95	3,3	288
Ruisseau Boily, branche ouest non identifiée	25/07/2001	6,0	13	600
Ruisseau Boily, Embouchure rivière Magog	25/07/2001	2,8	3,4	824
Rivière Tomifobia, amont d'Ayer's Cliff	17/07/2001	0,91	1,5	607
Ruisseau Alger, embouchure lac Lovering	25/07/2001	2,2	7,9	278
Ruisseau Campagna, embouchure lac Lovering	22/07/2001	0,44	2	220
Ruisseau sans nom, derrière 2070 rte 141	26/07/2001	1,5	3,9	385
Étang privé près LES Bestan (M. Pagé)	26/07/2001	6,0	9,3	645
Ruisseau sans nom vers lac Lovering	22/07/2001	5,6	7	800
Lac Lovering (secteur nord)	23/07/2001	6,2	2,7	2 296
Lac Lovering (secteur sud)	23/07/2001	10,0	4,9	2 041
<b>CRITÈRES DE QUALITÉ DES SÉDIMENTS</b>				
SEUIL SANS EFFET <sup>45</sup>				20 000

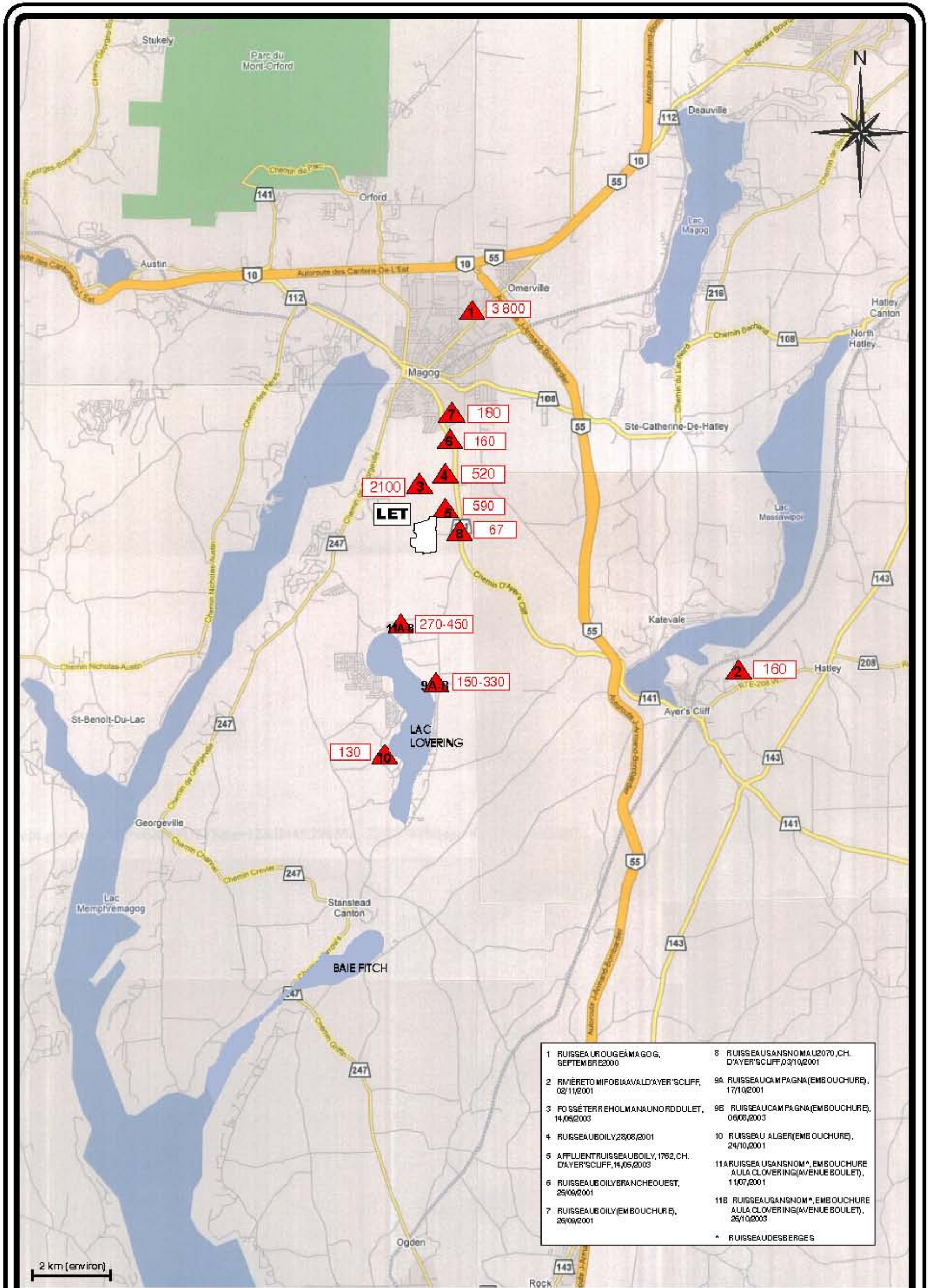
<sup>42</sup> Données compilées par Envir-Eau, 2003a et b et 2005a et b

<sup>43</sup> MENV, 2001a. MENV, 2002.

<sup>44</sup> Laliberté *et al.*, 2000; Muyldermans et al, 2002

<sup>45</sup> Environnement Canada, 1992 et MENVIQ, 1991





1 RUISSEAU ROUGE À MAGOG, SEPTEMBRE 2000	8 RUISSEAU SANS NOM AU 2070, CH. D'AYER'S CLIFF, 03/10/2001
2 RIVIÈRE TOUFIÈRE À VAL D'AYER'S CLIFF, 02/11/2001	9A RUISSEAU CAMPAGNA (EMBOUCHURE), 17/10/2001
3 FOSSETTE RHEOLMANA UNO RODOLET, 14/05/2003	9B RUISSEAU CAMPAGNA (EMBOUCHURE), 06/08/2003
4 RUISSEAU BOILY 23/08/2001	10 RUISSEAU ALGER (EMBOUCHURE), 24/10/2001
5 AFFLUENT RUISSEAU BOILY, 1762, CH. D'AYER'S CLIFF, 14/05/2003	11A RUISSEAU SANS NOM*, EMBOUCHURE À LAC LOVERING (AVENUE BOULET), 11/07/2001
6 RUISSEAU OILY BRANCHE OUEST, 25/09/2001	11B RUISSEAU SANS NOM*, EMBOUCHURE À LAC LOVERING (AVENUE BOULET), 25/10/2003
7 RUISSEAU OILY (EMBOUCHURE), 25/09/2001	* RUISSEAU DES BERGES

**LÉGENDE**



LIEU, CONCENTRATION EN BPC (pg/L)

LET:

LIMITE PROPRIÉTÉ WASTE MANAGEMENT

Figure: 3.1

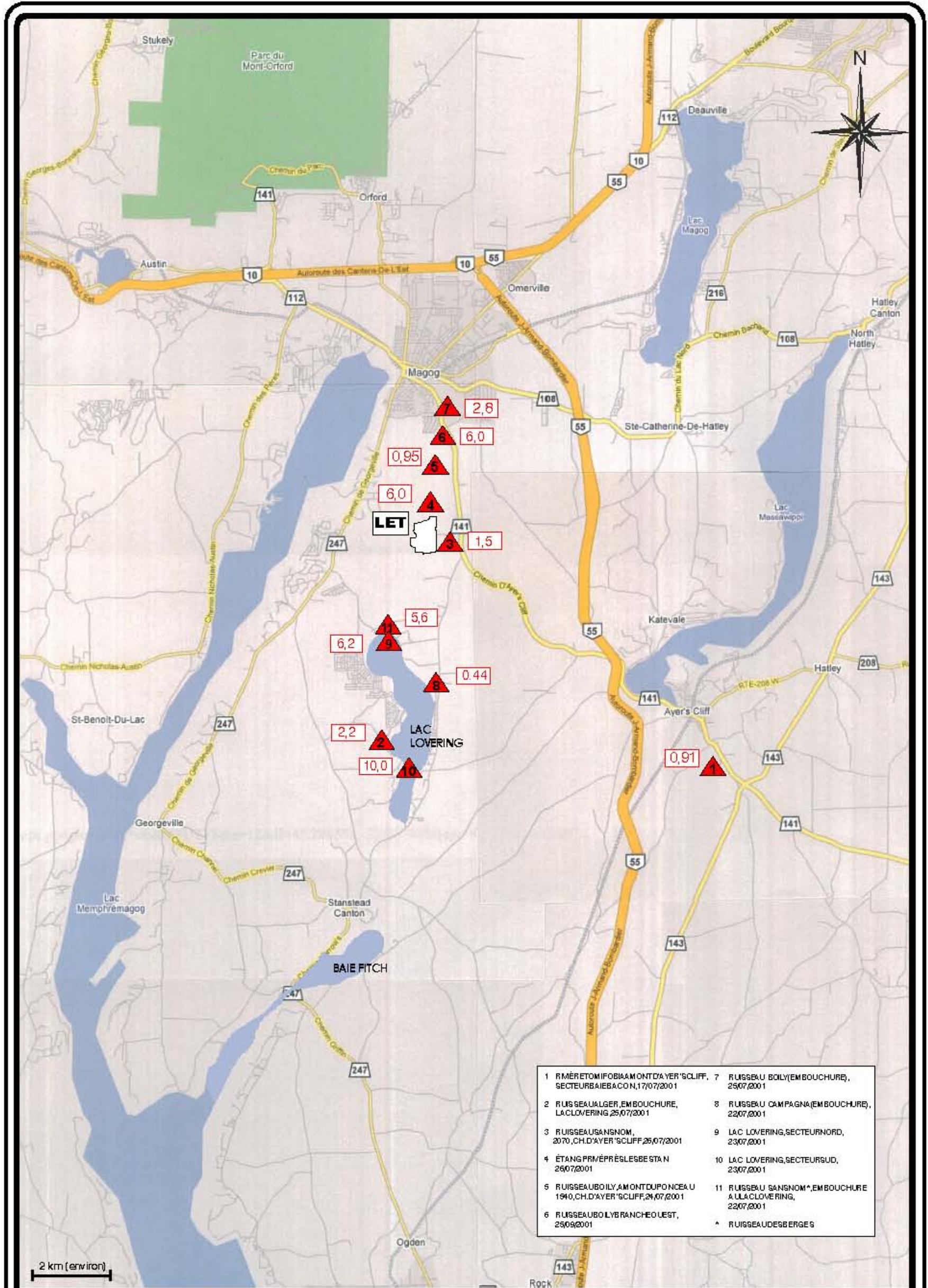
**TENEUR EN BPC (pg/L)  
COURS D'EAU PÉRIPHÉRIQUE  
DU LES BESTAN**

LIEU D'ENFOUISSEMENT TECHNIQUE  
WASTE MANAGEMENT  
MAGOG (QUÉBEC)

N° de projet: MB 1986	Dessiné par: A.C.	Conçu par: A.D.
Date: 30/04/2007	Vérifié par: A.D.	
Échelle: AUCUNE	Fichier source: W:MB 1986-FIG_3.1.odt	







1 RIMÉRETOMIFOBIAAMONTD'AYER'SCLIFF, SECTEURBAIEBACON,17/07/2001	7 RUISSEAU BELY(EMBOUCHURE), 25/07/2001
2 RUISSEAU ALGER,EMBOUCHURE, LACLÖVERING 25/07/2001	8 RUISSEAU CAMPAGNA(EMBOUCHURE), 22/07/2001
3 RUISSEAU SANSNOM, 2070,CH.D'AYER'SCLIFF,25/07/2001	9 LAC LOVERING,SECTEURNORD, 23/07/2001
4 ÉTANG PRMÉPRÉSLESBESTA N 26/07/2001	10 LAC LOVERING,SECTEURSUD, 23/07/2001
5 RUISSEAU BILY,AMONTDUPONCEAU 1940,CH.D'AYER'SCLIFF,24/07/2001	11 RUISSEAU SANSNOM*,EMBOUCHURE & LACLÖVERING, 22/07/2001
6 RUISSEAU BILYBRANCHE OUEST, 25/09/2001	* RUISSEAU DES BERGES

**LÉGENDE**



LIEU, CONCENTRATION EN BPC (ng/g)

LET:

LIMITE PROPRIÉTÉ WASTE MANAGEMENT

Figure: 3.2

**TENEUR EN BPC (ng/g)  
SÉDIMENTS EN PÉRIPHÉRIE  
DU LES BESTAN**

LIEU D'ENFOUISSEMENT TECHNIQUE  
WASTE MANAGEMENT  
MAGOG (QUÉBEC)

N° de projet: M8 1986	Dessiné par: A.C.	Conçu par: A.D.
Date: 30/04/2007	Vérifié par: A.D.	
Échelle: AUCUNE	Fichier source: M8 1986-FIG_3.2.odt	



### 3.4 AIR ET LES PRÉCIPITATIONS

Les teneurs de BPC mesurées dans l'air ambiant au voisinage du LES Bestan sont résumées au **Tableau 3.3**. La localisation des points d'échantillonnage est présentée à la **Figure 3.3**. Aucune mesure de BPC dans les précipitations n'est disponible.

**Tableau 3.3 : BPC dans l'air ambiant<sup>46</sup>**

Lieu	Moyenne des BPC (pg/m <sup>3</sup> )
LES Bestan	935
Bassin de captage	350
2010 Ch. Ayers Cliff	170
1762 Ch. Ayers Cliff	265
Rue Lachance	256

### 3.5 POISSONS

Les résultats d'analyse des poissons prélevés par le MDDEP en Estrie de 1986 à 2002 permettent de caractériser la teneur en BPC des poissons des lacs. Seule une partie des informations ayant été publiée, l'ensemble des informations a été obtenu sous forme d'un chiffrier Excel<sup>47</sup>. Des statistiques ont été établies à partir des données concernant les poissons fréquemment capturés (plus de 20 captures au total dans les quatre lacs durant la période couverte par les données) dans les quatre (4) lacs de la région (Lovering, Magog, Massawipi et Memphrémagog); ces statistiques sont présentées au **Tableau 3.4**.

Il est à noter que ces statistiques ne discriminent pas en fonction de la taille et la teneur en gras des poissons comme on le fait dans les études détaillées sur la contamination des poissons. Cette discrimination n'a pas été faite à cause du petit nombre de spécimens capturés qui limite grandement les comparaisons qui peuvent être faites entre les populations des divers lacs.

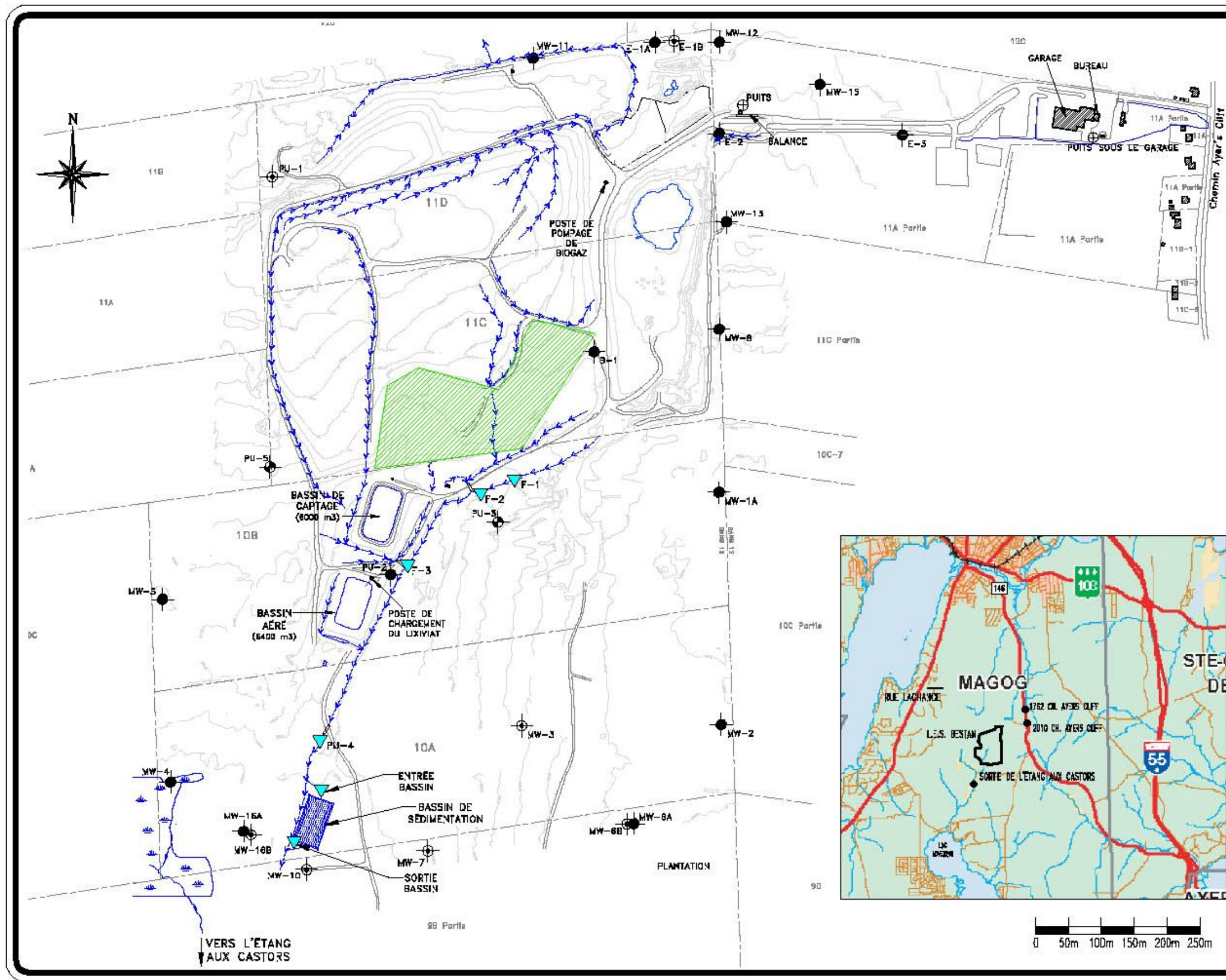
La **Figure 3.4** illustre les teneurs moyennes en BPC dans les poissons des lacs de la région de Magog. Cette figure et les statistiques du **Tableau 3.4** permettent de constater que les teneurs en BPC des poissons du lac Lovering ne sont pas significativement différentes des teneurs observées dans les poissons des autres lacs de la région, à l'exception du lac Magog. Les poissons du lac Magog montrent des teneurs de BPC nettement plus élevées que ceux des autres lacs (la contamination des poissons du lac Magog a fait l'objet d'études<sup>48</sup> particulières par le MDDEP).

<sup>46</sup> Muyldermans et al, 2001.

<sup>47</sup> Données de chiffriers du MDDEP, communication personnelle, D. Laliberté, 2005.

<sup>48</sup> Leclerc *et al.*, 2002.





**LÉGENDE**

- PIÉZOMÈTRE (MORT TERRAIN)
- PIÉZOMÈTRE (ROC)
- PIÉZOMÈTRE (MORT TERRAIN/ROC)
- LIMITE DE LOT
- 11A Parfile NUMÉRO DE LOT
- BÂTIMENT
- MARÉCAGE
- FOSSE
- AIRE ACTIVE DU SITE
- STATION D'ÉCHANTILLONNAGE EAU DE SURFACE

REF: PLAN D'ENSEMBLE PROJETÉ, SITE D'ENFOUMISEMENT, ASA ANDRÉ SIMARD ET ASSOCIÉS, QUÉBEC, REV. 2002.

NUMÉRO PROJET: 01010	DESSINÉ PAR: K.T.	CONÇU PAR: C.S.
DATE: 30/04/2007	VÉRIFIÉ PAR: A.J.	
ÉCHELLE:	FICHIER AUTOCAD: 01010-01.dwg	

**FIGURE: 3.3**  
 PLAN DE LOCALISATION DES BPC DANS L'AIR AMBIANT ET DANS L'EAU ET LES SÉDIMENTS DES FOSSES ET ETANGS DU LES BESTAN

LIEU D'ENFOUMISEMENT TECHNIQUE BESTAN  
 WASTE MANAGEMENT  
 CANTON DE MAGOG (QUÉBEC)

**ENVIR-EAU**  
 L'environnement, un choix d'affaires





Il est bon de rappeler qu'à aucun moment les autorités n'ont fait part de craintes ou soucis pour la santé des personnes en association avec les teneurs de BPC observées dans les poissons du lac Lovering.

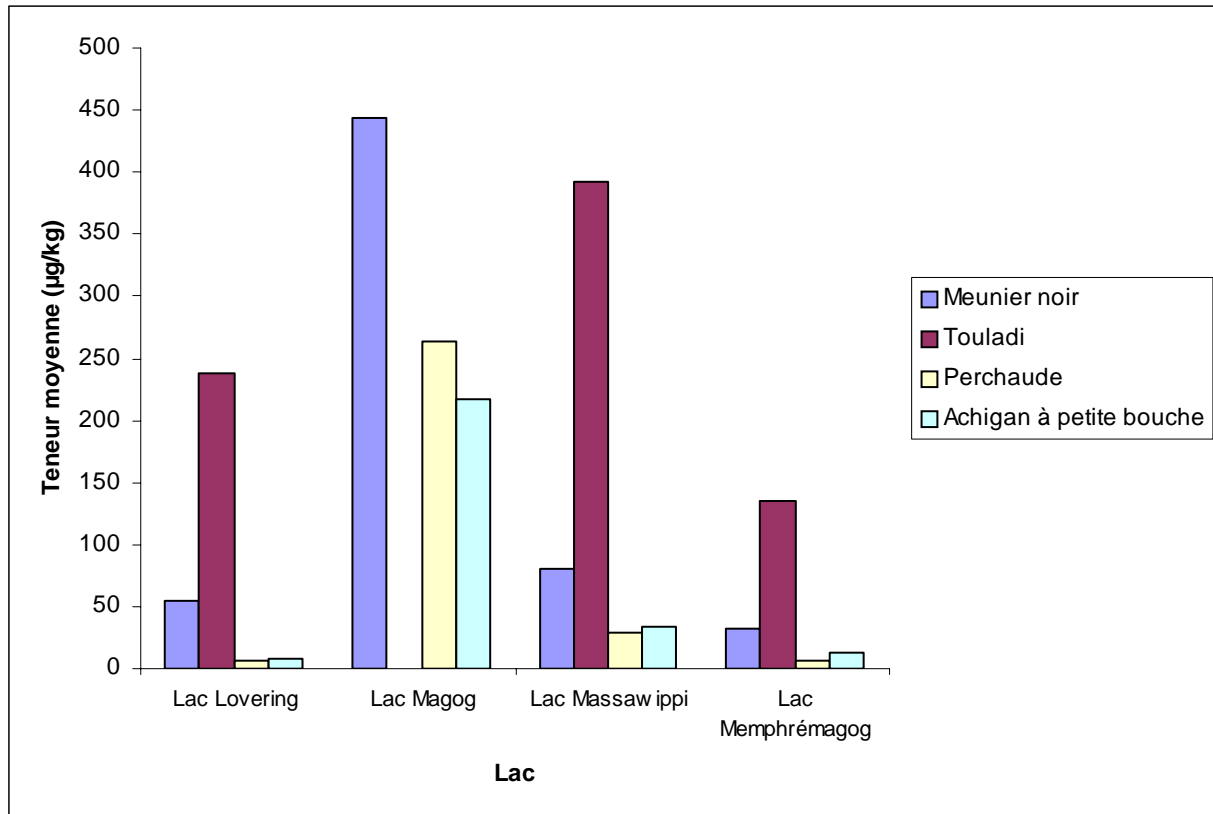


Figure 3.4 : BPC dans les poissons des lacs au voisinage de Magog

**Tableau 3.4 : BPC dans les poissons des lacs près de Magog (ng/g)**

Lacs	Lovering	Magog	Massawippi	Memphrémagog
<b>Meunier noir</b>				
Moyenne	55	444	80	32
Médiane	45	330	67,5	19,5
Minimum	28	80	44	7,6
Maximum	100	1130	140	88
Nombre de mesures (total = 48)	9	29	4	6
<b>Touladi</b>				
Moyenne	238		392	135
Médiane	230		250	115
Minimum	190		84	50
Maximum	320		1500	240
Nombre de mesures (total = 52)	5	0	35	12
<b>Perchaude</b>				
Moyenne	6	263	29	6
Médiane	3	120	29	4
Minimum	2,1	15	10	2
Maximum	20	800	48	15
Nombre de mesures (total = 26)	7	13	2	4

### 3.6 BPC MESURÉS SUR LA PROPRIÉTÉ DE WASTE MANAGEMENT

Suite au programme de suivi accru mis en place par Waste Management sur la propriété du LES Bestan, cette propriété est le lieu de la plus grande densité de données concernant les BPC dans les différents compartiments de l'environnement de la région. Ces données sont résumées aux **Tableaux 3.5 à 3.7**.

Il est important de noter que les teneurs observées de BPC dans l'eau ou les lixiviats n'excèdent pas les valeurs réglementaires concernant l'eau potable.

**Tableau 3.5 : BPC dans l'eau et les sédiments des fossés et étang au LES<sup>49</sup>**

Endroit	Dates	BPC	MES
		pg/l	mg/l
<b>Fossés sur le LES</b>			
Drainage sud Fossé, près de PU-4 à l'entrée du bassin de sédimentation	27/08/2001	8 700	
	23/09/2002	6 400	130
	01/06/2003	340	2
	29/10/2003	12 000	300
	27/03/2004	3 300	260
	18/05/2004	12 630	340
	9/09/2004	1 600	330
Sortie du bassin de sédimentation	01/06/2003	570	9
	9/09/2004	1 800	240
	31/08/2005	ND	240
	29/09/2005	720	77
	20/10/2006	ND	13
F-3	18/05/2004	3 020	37
F-2	18/05/2004	84 540	2 400
	9/09/2004	5 900	180
F-1	18/05/2004	1 820	5 700
<b>Plan d'eau "naturel" sur le site du LES</b>			
Sortie de l'étang aux Castors	27/08/2001	730	---
	23/09/2002	450	11
	14/06/2003	810	18
	29/10/2003	2 000	33
	29/03/2004	720	3
	9/09/2004	1 300	15
	31/08/2005	380	2,5
	20/10/2006	170	<3
<b>Sédiments au site LES Bestan</b>			
Étang aux Castors	24/07/2001	37	
	29/08/2002	23,5	
	et	34	
	30/08/2002	24	
Bassin de sédimentation	21/11/2002	9	
Fossé près de PU-4	21/11/2002	2,7	

**Tableau 3.6 : BPC dans les boues d'épuration<sup>50</sup>**

Station	Dates	BPC (pg/g)
Ayer's Cliff	16/08/2001	183 900
	30/08/2001	185 850
Granby	16/08/2001	98 570
	29/08/2001	91 420
Magog	15/08/2001	69 640
	29/08/2001	80 320
C.S Brooks	15/08/2001	52 020
	29/08/2001	50 360

<sup>49</sup> Envir-Eau, 2005a et b.<sup>50</sup> Envir-Eau Inc., 2003a

**Tableau 3.7 : BPC dans les lixiviats**<sup>51</sup>

Type de lixiviats	Dates	BPC
		pg/l
LIXIVIATS BRUTS	03/08/1999	1 000 000
	06/08/1999	1 000 000
	07/11/2002	532 610
	09/08/2005	410 000
LIXIVIATS TRAITÉS	31/08/1999	27 000
	22/09/1999	30 000
	31/08/1999	12 000
	22/09/1999	52 000

### 3.7 DISCUSSION SOMMAIRE

Pour mettre en perspective les teneurs de BPC observées dans la région de Magog et au voisinage du LES Bestan, il est utile de comparer les informations **des Tableaux 2.3, 3.1 et 3.5**. Cette comparaison pour l'eau de surface au sud du Québec et au nord-est des États-Unis indique que :

- la teneur moyenne de BPC dans l'eau brute de différentes rivières alimentant les usines d'eau potable pour 10 municipalités au Québec varie de 160 à plus de 900 pg/l;
- la teneur moyenne en BPC dans l'eau du lac Champlain et de ses tributaires varie de 200 à 600 pg/l.

Ces valeurs sont similaires à ce qui est observé dans la région. On constate néanmoins des valeurs plus élevées dans des petits cours d'eau à proximité de sources locales, tel que celles de la rivière Rouge à Magog et du fossé Holman.

En outre, les études réalisées dans le cadre du suivi accru au LES Bestan ne portaient pas sur les sols. Néanmoins, une partie du suivi a comporté des analyses de sédiments prélevés dans les fossés de drainage du LES. Comme ces fossés sont récents et font l'objet d'un entretien régulier, les matériaux qu'on peut y prélever contiennent une part importante de sols érodés en bordure des fossés et s'apparentent donc à des sols. Il est donc intéressant de comparer les teneurs de BPC observées dans les sédiments (**Tableaux 3.2 et 3.5**) avec celles des sols non contaminés. La seule documentation du bruit de fond dans les sols au Québec a été publiée à la suite de travaux dans le secteur de Saint-Basile-le-Grand<sup>52</sup> en 1988. À ce moment, il avait été constaté que les sols des secteurs non contaminés avaient une teneur moyenne de 36 ng/g BPC, cette valeur correspond au « bruit de fond ».

<sup>51</sup> Envir-Eau, 2003a

<sup>52</sup> Trépanier, 1992

## 4. CONTRIBUTION DU LES BESTAN À LA CHARGE DE BPC DU LAC LOVERING

### 4.1 PROBLÉMATIQUE

Bien que la surveillance environnementale effectuée dans nos lacs (concernant les BPC) porte essentiellement sur les poissons, la charge de BPC du lac Lovering (comme tout lac) se trouve dans les sédiments comme dans tout lac. Ainsi, sur la base des teneurs de BPC mesurées dans les sédiments (voir **Tableau 3.2**), et en considérant d'une tranche effective de sédiments de 10 cm, il a été estimé que près de 4 000 g de BPC sont accumulés dans les sédiments du lac Lovering<sup>53</sup>.

De plus, comme les BPC ne sont plus utilisés depuis deux décennies et qu'ils demeurent longtemps dans l'environnement, il est justifié de présumer que la charge de BPC dans le lac résulte des apports actuels et des apports historiques de BPC. Pour évaluer la contribution du LES Bestan à la charge des BPC dans le lac Lovering, il faut donc établir la contribution présente et la contribution historique tel que décrit aux sections 4.2 et 4.3.

### 4.2 CONTRIBUTION PRÉSENTE

Les études du suivi accru effectué depuis 2002 ont permis de déterminer la contribution présente du LES Bestan par le ruissellement transporté au lac Lovering via le ruisseau des Berges nom. Selon ces études, il est estimé<sup>54</sup> que la contribution présente du LES Bestan à la charge de BPC du lac Lovering est approximativement 1 g/a. Cette estimation se fonde sur les teneurs en BPC observées dans l'eau de surface quittant la propriété vers le sud (11 mesures ponctuelles dans les fossés drainants le LES vers l'étang aux Castors et sept mesures à la sortie de l'étang aux castors), les mesures de débit et l'estimation de l'écoulement annuel à partir des données hydrologiques. En acceptant la fiabilité des résultats des prélèvements et des analyses de laboratoire, la validité et la marge d'erreur de cette estimation méritent néanmoins d'être examinée sous divers aspects comme suit :

- on préfère généralement utiliser des échantillonneurs en continu au lieu de prélèvements ponctuels pour quantifier le transport de contaminants dans l'eau de surface; toutefois, les échantillons ponctuels sont néanmoins jugés acceptables dans des études<sup>55</sup> du ruissellement;

---

<sup>53</sup> Envir-Eau, 2005a.

<sup>54</sup> Envir-Eau, 2003b; Envir-Eau, 2004

<sup>55</sup> Belton *et al.*, 2005

- dans les petits bassins de drainage, le début des pluies est souvent marqué par un lessivage initial qui augmente la charge du ruissellement au début de l'événement. Néanmoins, dans le cas de bassins de drainage ruraux comme c'est le cas ici, il a été démontré que cet effet n'est pas important<sup>56</sup> pour les matières en suspension;
- en raison de la variabilité des débits d'écoulement dans les petits bassins de drainage, il est démontré qu'un nombre minimum de mesures est requis pour être en mesure d'estimer la charge<sup>57</sup> d'un cours d'eau. Le nombre et la répartition des données disponibles dans le drainage sud du LES sont cependant suffisants pour y permettre l'estimation de la charge avec une marge d'erreur de -50% à + 100%.

Cet examen permet de conclure avec confiance que, sur la base des observations effectuées, la charge de BPC quittant le terrain du LES vers le lac Lovering est effectivement d'environ 1 g/a ou entre 0,5 et 2,0 g/a.

Outre le ruissellement, il est établi que le transport atmosphérique constitue un important vecteur de BPC. Ainsi, il a été estimé<sup>58</sup> qu'un total de 24g BPC est émis annuellement en combinant les BPC dans les biogaz et la volatilisation des bassins de traitement de lixiviat. Ces émissions ont un impact perceptible à faible distance des bassins de traitement sur la propriété de Waste Management dans les teneurs observées dans l'air et dans l'accumulation dans la végétation<sup>59</sup>.

Par contre, la dispersion atmosphérique transporte la majeure partie de ces émissions vers l'est et la modélisation<sup>60</sup> de leur impact sur la qualité de l'air démontre qu'il est à peine perceptible à la limite de la propriété de WM (environ 9% du bruit de fond défini par ASA comme étant la teneur moyenne mesurée à Stukely de 2002 à 2005) pour devenir imperceptible au niveau du lac Lovering (moins de 1 % du bruit de fond). Sur la base de ces informations, il est conclu que le transport atmosphérique des BPC émis dans l'air au LES Bestan n'apporte pas une quantité appréciable de BPC au lac Lovering.

---

<sup>56</sup> Pitt *et al.*, 2005

<sup>57</sup> Pitt *et al.*, 2004

<sup>58</sup> Envir-Eau, 2003a, et 2004b

<sup>59</sup> Walsh, 2004.

<sup>60</sup> ASA, 2006.

### 4.3 CONTRIBUTION HISTORIQUE

En l'absence d'observations directes, il est préconisé d'utiliser une approche générale au niveau des phénomènes<sup>61</sup> pour reconstruire le passé. Ainsi, les apports en provenance du LES ont été estimés<sup>62</sup> à partir de diverses données historiques. Les principaux éléments de cette estimation sont relatés ci-après :

#### ***Informations sur l'exploitation***

- i) L'exploitation du LES a commencé dans la partie nord en 1970 (i.e., drainage vers le nord);
- ii) Avant l'extension dans la partie sud en 1980, aucun lixiviat ne s'écoulait vers le sud;
- iii) De 1980 à 1997, le lixiviat était traité conformément à la réglementation en vigueur avant son rejet dans le ruisseau des Berges drainant vers le lac Lovering;
- iv) De 1980 à 1992, le traitement se faisait dans une lagune sans aération forcée;
- v) Le LES a reçu des boues d'épuration de 1986 à 2001;
- vi) Des filtres "Mediaflex" ont été ajoutés à l'exutoire de la lagune en 1991-1992;
- vii) Depuis 1992, le système de traitement comprenait l'aération des bassins;
- viii) En 1993, des drains ont été installés en périphérie du LES au nord et le lixiviat intercepté par ces drains a été redirigé vers les bassins de traitement, augmentant ainsi le volume traité;
- ix) Depuis 1997, le lixiviat traité était transporté à un centre de traitement externe et n'était plus rejeté dans le bassin hydrographique du lac Lovering;
- x) La teneur en BPC du lixiviat traité n'est pas documentée avant 1999;
- xi) Des suintements intermittents de lixiviat entraînaient, encore aujourd'hui, de petites quantités de BPC vers l'eau de surface des fossés du LES.

#### ***Hypothèses de travail***

- i) Le modèle HELP permet d'estimer le volume de lixiviat produit;
- ii) La superficie de la partie sud du LES est passée de 1 ha en 1980 à 12 ha en 1997;
- iii) Les suintements intermittents de lixiviat sont présumés constants;
- iv) Le logiciel WATER9 V.2 de USEPA permet d'évaluer la volatilisation des BPC contenus dans le lixiviat brut avant l'aération forcée des bassins (1980 à 1992);
- v) La teneur en BPC du lixiviat rejeté après traitement dans le bassin est estimée égale à la teneur observée dans le lixiviat brut en 1999 et 2002 moins les pertes (83,6%) par volatilisation;

---

<sup>61</sup> Bierman *et al.*, 2005

<sup>62</sup> Envir-Eau, 2005a.

- vi) De façon pessimiste, la masse des BPC dans les pertes intermittentes de lixiviat est présumée constante depuis la troisième année d'enfouissement de boues; cette masse est fixée arbitrairement au double de la valeur observée en 2003;
- vii) Depuis 1997, seuls les suintements intermittents de lixiviat contribuent à la charge de BPC quittant le LES dans le ruissellement.

Le **Tableau 4.1** présente l'estimation des pertes historiques obtenue à partir des hypothèses de travail. Cette estimation utilise des outils reconnus tels les modèles HELP et WATER9 pour évaluer la production de lixiviat conformément aux pratiques généralement acceptées pour évaluer les volumes de lixiviat dans les études de lieux d'élimination de matières résiduelles.

L'évaluation de la contribution historique à la contamination du lac Lovering ne repose malheureusement sur aucune mesure directe de ces phénomènes. Sur la base des hypothèses énoncées, il a ainsi été estimé que 54 g de BPC auraient quitté le LES dans le ruissellement s'écoulant vers l'étang aux Castors depuis 1980 (voir **Tableau 4.1**).

**Tableau 4.1 : Estimation des pertes historiques de BPC vers le sud**

Années	Superficie ha	Précipitations mm/a	Lixiviat m <sup>3</sup>	BPC ng/l	Masse BPC (g/a)	
					Lixiviat traité	Pertes intermittentes
1980-1983	2,5	1104	28156	138 <sup>2</sup>	0,97	<sup>1</sup>
1984-1987	6	1086	68296		2,36	<sup>1</sup>
1988-1991	8	1177	91064		3,15	1,37 <sup>3</sup>
1992	10	1162	28457		3,94	1,37
1993-1995	10	1162	85371	30,3	0,86	1,37
1996-1997	11,75	1175	66874		1,01	1,37
<b>Total partiel 1997</b>			<b>368218</b>		<b>34,5g</b>	<b>13,7g</b>
1998	11,75	1072	Les lixiviats traités sont transportés vers un centre de traitement hors du bassin du lac Lovering			1,37
1999		1192			1,37	
2000		1203			1,37	
2001		898			1,37	
<b>Total partiel 1998-2001</b>						<b>5,4g</b>
<b>Grand total 1980-2001</b>						<b>53,7g</b>

<sup>1</sup> : Voir note sur l'exploitation du LES : item **v** et hypothèses de travail, item **vi** (page 27).

<sup>2</sup> : Concentration moyenne du lixiviat brut (1992 – 2002) moins les pertes par volatilisation (83,6 %).

<sup>3</sup> : Voir note hypothèses de travail, item **vi** (page 27).

La faiblesse la plus importante de cette évaluation est le fait que les seules données concernant la teneur de BPC dans le lixiviat proviennent d'analyses faites en 1999 et 2002.<sup>63</sup> Aucune information ne permet de proposer des valeurs plus élevées ou plus basses pour les teneurs de BPC dans le lixiviat durant les années 1980-1997. En fait, la littérature contient peu de données sur les teneurs de BPC dans le lixiviat de lieux d'enfouissement.

<sup>63</sup> En ne tenant pas compte de la mesure effectuée en 2002, la teneur augmente de 18% et les calculs de masse résultants seraient haussés de la même valeur, soit 18%



Les données de qualité des sédiments de l'étang aux Castors permettent cependant de contrôler indirectement le transport historique de BPC du LES Bestan vers le lac Lovering. En effet, le ruissellement provenant du LES transite par l'étang aux castors qui agit comme filtre ou bassin de sédimentation. L'étang filtre et accumule ainsi les matières en suspension et, par affinité, les BPC contenus dans le ruissellement et est donc un témoin des quantités de BPC ayant transité du LES Bestan vers le lac Lovering.

Ainsi, en admettant que:

- a) l'étang capte la plus grande partie des BPC du ruissellement;
- b) les BPC se dégradent lentement;
- c) la masse de BPC dans l'étang est estimée correctement.

La masse des BPC dans les sédiments de l'étang aux Castors est une indication de la quantité reçue en provenance du LES Bestan.

La masse de BPC ( $M_{BPC}$ ) dans les sédiments de l'étang aux Castors est évaluée<sup>64</sup> à 30 g :

$$M_{BPC} = V_{sed} \times D_s \times C_{BPC}$$

$$V_{sed} = 1\,000 \text{ m}^3 \text{ de sédiments}$$

$$D_s = \text{masse unitaire sèche des sédiments: } 1 \text{ Mg/m}^3,$$

$$C_{BPC} = \text{teneur moyenne en BPC: } 29.6 \text{ ng/g, voir Tableau 3.5}$$

La valeur de 30 g correspond à la moitié de la masse estimée des BPC ayant quitté le LES dans le ruissellement vers le sud, ce qui indique que l'estimation des quantités de BPC transportés présentée au **Tableau 4.1** est vraisemblable.

Malgré la corroboration apparente fournie par l'étang aux Castors, cette estimation de la contribution historique du LES Bestan ne peut être avancée comme un fait démontré. Il n'existe cependant pas de données ou informations permettant de déterminer mathématiquement une marge d'erreur pour cette estimation.

---

<sup>64</sup> Envir Eau, 2003a

Par contre, la valeur maximale vraisemblable de cette contribution peut être chiffrée comme suit :

- en supposant que la volatilisation des BPC dans les bassins de traitement était nulle avant l'aération forcée commencée en 1992;
- en présumant que le lixiviat brut s'écoulait jusqu'à l'étang de 1980 à 1991;
- en acceptant que les teneurs de BPC dans le lixiviat brut en 1999 et 2002 sont représentatives;
- en utilisant les volumes présentés au **Tableau 4.1**.

On peut calculer qu'approximativement 190 g de BPC auraient transité en provenance du LES jusqu'à l'étang aux castors avant 1992. À cette masse, il faudrait ajouter environ 16 g de 1992 à 2001 (voir **Tableau 4.1**) pour un total de 206 g. En n'utilisant que les valeurs de BPC dans les lixiviats mesurés en 1999 pour ces calculs, on arriverait à une valeur maximale de moins de 250 g.

Cette analyse indique donc que la contribution historique du LES à la charge de BPC dans le lac Lovering est inférieure à 100 g et potentiellement aussi basse que 50 g, mais aussi qu'elle ne dépasse pas 200 g selon toute vraisemblance.

#### 4.4 CONTRIBUTION RELATIVE DU LES BESTAN

Une évaluation de la contribution relative actuelle du LES Bestan à la charge des BPC dans le lac Lovering a été présentée en 2003<sup>65</sup> et reprise avec quelques détails additionnels en 2005<sup>66</sup>. L'essentiel de cette évaluation est repris ci-après. Pour faire un bilan quantitatif des apports au lac Lovering, il faut avoir recours aux hypothèses suivantes :

Trois types d'apports potentiels indiqués ci-dessous peuvent être postulés au lac Lovering. Ce sont :

1. les BPC transportés par le ruissellement alimentant le lac qui sont estimés à partir des teneurs observées (3 valeurs dans les ruisseaux Campagna et Alger et deux valeurs au ruisseau des Berges). D'après les cartes, 12 ruisseaux se déversent dans le lac, dont les ruisseaux Campagna, Alger et Grande-Allée et neuf autres ruisseaux, incluant le ruisseau drainant le terrain du LES Bestan, qui n'a pas de nom. Tout déversement ou source ponctuelle dans le bassin de drainage d'un ruisseau est répercuté dans la charge du lac;
2. les BPC transportés par l'atmosphère et déposés directement par les précipitations humides et sèches sur le lac (quantifiées à partir des observations à Villeroy et Ste-Anicet en 1994-96);
3. les BPC contenus dans des produits déversés directement dans le lac.

---

<sup>65</sup> Envir Eau, 2003a

<sup>66</sup> Envir Eau, 2005a

En présumant aucun déversement de substances contaminées dans le lac Lovering, les apports de BPC au lac liés aux précipitations sur sa surface et aux charges des cours d'eau qui se déversent dans le lac sont estimés au **Tableau 4.2**.

**Tableau 4.2 : Bilan des apports de BPC au lac Lovering**

Calcul des apports					
Bassins	Superficies (km <sup>2</sup> )	Précipitations (1000 m <sup>3</sup> /a)	Ruissellements (1 000 m <sup>3</sup> /a)	BPC (pg/l)	BPC (g/an)
Ruisseau sans nom	5,2		3715	360	1,3
Autres ruisseaux	38		27148	203	5,5
Précipitations directes	4,9	5557		1300	7,2
<b>Apports totaux</b>					<b>14,1</b>

Les résultats de l'évaluation présentée au **Tableau 4.2** démontrent que les apports actuels connus sont insuffisants pour expliquer la masse de BPC (4 000 g) accumulée dans les sédiments du lac Lovering. De plus, les apports présents du LES sont moins de 10% des apports de toutes les sources et les apports atmosphériques constituent la principale source d'importance. Cette deuxième conclusion n'est pas surprenante, car c'est la situation du mercure et plusieurs éléments trace dans ces mêmes lacs. Ainsi, les études au bassin du lac Champlain<sup>67</sup> ont clairement associé la présence de métaux tels le mercure ou l'arsenic à des émissions atmosphériques provenant de plusieurs centaines de kilomètres. Les seules mesures d'apports de BPC par les précipitations sur le sud du Québec donnent des valeurs similaires bien qu'inférieures à celles observées aux Grands Lacs. Ces mesures montrent aussi un gradient décroissant vers le nord et l'est à mesure qu'on s'éloigne des principales zones sources aux États-Unis. Un tel gradient est aussi observé en Europe.

Il faut donc recourir aux contributions historiques pour expliquer la masse de BPC en présence dans les sédiments du lac. La contribution du LES Bestan est estimée vraisemblablement de l'ordre de 50 à 100 g BPC ou au plus à 200 g BPC. Ceci représente moins de 5 % de la masse accumulée dans les sédiments. En modifiant certains paramètres, tel que suggéré dans la lettre du MDDEP du 19 octobre 2006, la contribution historique pourrait atteindre 300 g, soit 7,5 % d'apport. Il est raisonnable de penser que l'apport du LES Bestan serait moins de 10 %.

#### 4.5 CONSIDÉRATIONS SUR LES SOURCES DES BPC ACCUMULÉES DANS LE LAC LOVERING

Sur la base des contributions actuelles quantifiées au **Tableau 4.2**, en présumant des taux constants de 1940 à 2000, il est estimé que les apports connus au lac Lovering ne donneraient que 850 g BPC dont 760 g proviendraient de sources autres que le LES Bestan. Cette valeur est moins du quart de la masse estimée dans les sédiments.

<sup>67</sup> Gao et al., 2006.; Anonyme, 1996.

Il est possible de tenter de réconcilier cette différence. Les hypothèses à considérer dans un tel exercice seraient les suivantes :

1. *surestimation de l'accumulation dans les sédiments* : il n'y a que deux mesures de BPC dans les sédiments pour le lac Lovering sans information sur l'épaisseur des sédiments ou leur texture. L'épaisseur en a été estimée sur la base d'hypothèses raisonnables en fonction de l'équipement d'échantillonnage utilisé (benne qui pénètre peu dans les sédiments). Vu le peu de mesures, l'estimation de la masse de BPC est approximative. Ainsi, si la teneur moyenne et (ou) l'épaisseur moyenne des sédiments affectés est moindre que dans nos hypothèses, la masse de BPC en place dans les sédiments serait moindre qu'estimée. À l'inverse, une plus forte épaisseur de sédiments ou la présence d'horizons enfouis plus fortement contaminés ferait que la masse est sous-estimée. Les informations du lac Champlain sont instructives à ce sujet;
2. *sous-estimation de la contribution atmosphérique* : les informations publiées sur les BPC dans l'environnement montrent une réduction graduelle des teneurs de BPC dans l'air ambiant depuis leur élimination du commerce. La littérature sur les autres plans d'eau (Grands Lacs, lac Champlain, fleuve Saint-Laurent, fleuve Hudson) établit clairement que les apports aériens et les déversements ou sources de toutes sortes ont été nettement plus abondants avant 1985. Il est donc plausible que les apports des précipitations étaient plus élevés avant 1990, on pourrait alors doubler ces apports en restant à l'intérieur des fourchettes des valeurs observées dans le monde;
3. *sous-estimation de la contribution du LES Bestan* : selon les observations récentes, les apports actuels du LES Bestan sont de l'ordre de 1 g/a. Dans l'analyse présentée en 4.3, la valeur maximale de la contribution historique du LES Bestan est fixée à 200 g.
4. *sous-estimation de la contribution des autres cours d'eau* : Les facteurs locaux pouvant affecter les apports au lac Lovering sont les activités pouvant introduire des BPC directement dans le lac ou dans les cours d'eau se déversant dans le lac : des déversements ou rejets de produits contenant des BPC (e.g., fuite de transformateur, fluide hydraulique et autres usages); utilisation d'abat poussière contenant des BPC sur les routes du bassin de drainage.

Ces hypothèses permettraient éventuellement de réconcilier la masse de BPC estimée dans les sédiments du lac Lovering avec les apports de diverses sources.

## 5. CONCLUSION

Il est établi que les BPC sont présents à l'état trace dans tous les compartiments de l'environnement à la suite de leur dispersion durant sept décennies. Les teneurs observées près de Magog et du LES Bestan sont typiques du bruit de fond observé dans les régions limitrophes. Les teneurs en BPC détectées dans les poissons et sédiments du lac Lovering sont similaires à celles mesurées dans les cours d'eau et sédiments du sud du Québec et du lac Champlain.

Les apports totaux de BPC de toutes sources au lac Lovering seraient de l'ordre de 14 g/a. La contribution du LES Bestan est d'environ 1 g/a et provient entre autres du transport par le ruissellement de petits volumes de lixiviat du LES. Il est conclu les apports actuels de BPC sont insuffisants pour expliquer la masse accumulée dans les sédiments, soit 4 000 g. Sur la base d'hypothèses plausibles, il est estimé que la contribution historique du LES Bestan est vraisemblablement de moins de 10 % et même de moins de 5 % des BPC accumulés dans les sédiments du lac. Les informations disponibles permettent de conclure que le LES Bestan ne constitue pas la principale source de BPC dans les sédiments du lac Lovering tout en ne permettant pas d'identifier les sources des BPC excédentaires bien que plusieurs hypothèses sont formulées.

Tout en établissant que le LES Bestan n'est pas une source importante de BPC pour le lac Lovering, il est recommandé de maintenir les efforts déployés pour réduire ces apports. Par contre, en reconnaissant que les BPC sont des contaminants historiques<sup>68</sup> et endémiques, il est important de reconnaître aussi la difficulté d'établir des objectifs réalistes (normes) pour le rejet de ces substances dans l'environnement. Il n'est pas réaliste d'attendre une émission nulle, mais il est opportun de mettre en place les mesures qui réduisent ces émissions au minimum.



---

Alain Liard, géo., M.Sc.  
Consultant senior



---

André D'Astous, ing., M.Sc.A.  
Président

---

<sup>68</sup> Gold, 2005. Rhea *et al.*, 2005

## 6. RÉFÉRENCES

- Adeel Z., Luthy R.G., Dzombak D.A., Roy S.B. and Smith J.R., 1997 *Leaching of PCB compounds from untreated and biotreated sludge-soil mixtures*, Jour. Cont. Hydrology, 290-309p.
- Agrell C., Larsson P., Okla L., Bremle G., Johansson N., Zelechowska A., 1997. *Atmospheric and riverine input of hydrophobic, organic pollutants to the Baltic Sea. Large Scale Effects in the Baltic Sea*. Editors Wulff et al., Springer, Berlin.
- Anonyme, 1998. *Toxicological Advisory Committee Air Toxics Report*. Prepared for State of Vermont Agency of Natural Resources, Air Pollution Control. Vermont, February, 1998.
- Anonyme 1996. *Report 16. Background Technical Information for Opportunities for Action: An evolving plan for the future of the lake Champlain Basin. Lake Champlain Basin Program*. June 1996.
- ASA (André Simard et associés), 2006. *Étude de dispersion atmosphérique des BPC. Projet d'agrandissement du lieu d'enfouissement technique de Magog. Waste Management*. Novembre 2006.
- ATSDR, 2000, *Toxicological profile for polychlorinated biphenyls (PCBs)* Agency for Toxic Substances and Disease Registry, US Dep. Health and Human Services, Public Health Service Atlanta, 765p.
- Backe C., 1994. *Stable organic pollutants in atmosphere and precipitation in the province of Scania, southern Sweden*. Report from the Ecotox-group, Lund University.
- Bierman, V.J. Jr, Hinz, S.C., Suk, N.S., Liao, S.-L., Yagecic, J.R., Fikslin, T.J., 2005. *Dynamics of PCBs in the Delaware River estuary: existing conditions and loading reductions required for achievement of water quality standards*. WEF. TMDL 2005 Specialty Conf., Philadelphia. pp.176-191.
- Bremle G. and Larsson P., 1998. *PCB in the air during landfilling of a contaminated lake sediment*. *Atm Environment*, Vol. 32, No 6, pp. 1011-1019.
- Buehler S., Hafner W., Basu I., Audette C., Brice K., Chan C.H., Froude F., Galarneau E., Hulting M., Jantunen L., Neilson M., Puckett K. and Hites R., 1998. *Atmospheric deposition of toxic substances to the Great Lakes : IADN results through 1998*, Environment Canada, Hull.

- Buehler, S.S. and Hites, R.A., 2002. *The Great Lakes' Integrated Atmospheric deposition network*. Environ. Sci. & Technol., September 2002, pp. 354-359.
- Callahan , C., McIlroy, and L., Fuller, R., 1998. *Report 27. Cumberland Bay PCB Study, Lake Champlain Basin Program*. SUNY Plattsburgh. October 1998.
- CCME, 2001, *Recommandations canadiennes pour la qualité des sédiments : protection de la vie aquatique*, Conseil canadien des ministres de l'environnement, Environnement Canada, Hull.
- Chevreuil M., Garmouma M., Teil M. J., Chesterikoff A., 1996. *Occurrence of organochlorines and herbicides in the atmosphere and the fallout from urban and rural stations in the Paris area*. Science of the Total Environment, Vol. 182, pp. 25-37.
- Cossa , D., T.-T. Pham, B. Rondeau, B. Quémerais, S. Proulx et C. Surette. 1998. *Bilan massique des contaminants chimiques dans le fleuve St-Laurent*. Environnement Canada – Région du Québec, Conservation de l'environnement, Centre Saint-Laurent. Rapport ST-163, 258 p.
- Cotham W. F., Bidleman T. F., 1995. *Polycyclicaromatic hydrocarbons and polychlorinated biphenyls in air at an urban and a rural site near Lake Michigan*. Environ. Sci. & Technol., Vol. 29, pp. 2782-2789.
- Dessau-Soprin, 2002, *Suivi environnemental de la qualité des eaux souterraines. Échantillonnages Site technique Bestan, Magog*, Dessau-Soprin, Montréal, 13p.
- DOW Data Management, 2006. Version préliminaire de base de données du NYSDEC, communication personnelle, Simon Litten, NYSDEC.
- Envir-Eau Inc., 2002, *Programme de suivi environnemental. Lieu d'enfouissement technique Bestan, Canton de Magog*, Envir-Eau, Montréal.
- Envir-Eau Inc., 2003a, *Plan de sécurisation environnementale. programme de suivi environnemental accru. Résultats de 2001-2002. Lieu d'enfouissement Bestan, Magog (Québec)*, Envir-Eau, Montréal, 67p.
- Envir-Eau Inc., 2003b. *Plan de sécurisation environnementale. Programme de suivi environnemental accru. Présentation et interprétation des données de 2003. Lieu d'enfouissement Bestan; Magog (Québec)''*. Envir-Eau, Montréal, ,juillet 2004.



- Envir-Eau Inc., 2004a. *Plan de sécurisation environnementale. Programme de suivi environnemental accru. Présentation et interprétation des données de 2004. Lieu d'enfouissement Bestan; Magog (Québec)*. Envir-Eau, Montréal, décembre 2004.
- Envir-Eau Inc., 2004b. *Plan de sécurisation environnementale. Programme de suivi environnemental accru. Volatilisation des BPC aux bassins du LES Bestan. Lieu d'enfouissement Bestan; Magog (Québec)*. Envir-Eau, Montréal, octobre 2004.
- Envir-Eau Inc., 2005a. *Plan de sécurisation environnementale. Programme de suivi environnemental accru. Bilan des BPC au lac Lovering et évaluation des apports historiques en provenance du LES Bestan*. Envir-Eau Inc., Montréal, mai 2005, 22p.
- Envir-Eau Inc., 2005b. *Plan de sécurisation environnementale. Programme de suivi environnemental accru. Présentation et interprétation des données de 2005. Lieu d'enfouissement Bestan; Magog (Québec)*. Envir-Eau Inc., Montréal, décembre 2005, 12p.
- Environnement Canada et MENVIQ, 1992, *Critères intérimaires pour l'évaluation de la qualité des sédiments du Saint-Laurent*, rapport EM40-418, Environnement Canada, Centre Saint-Laurent, Montréal, 28p.
- Fischer J., Lorenz W. and Bahadir M., 1992. *Leaching behaviour of chlorinated aromatic compounds from fly ash of waste incinerators*. Chemosphere, 25, pp 543-552.
- Gao N., Gildemeister A. E., Krumhansi K., Lafferty K., Hopke P. K., Kim E., 2006. *Sources of fine particulate species in ambient air over Lake Champlain Basin VT*. J. Air & Waste Management Ass., Vol. 56, pp. 1607-1620.
- Gold, M.E., 2005. *Translating TMDLs for persistent pollutants into NPDES permit conditions: an uneasy fit*. WEF. TMDL 2005 Specialty Conf., Philadelphia. pp.1176-1183.
- GSI, 2000. *Étude des eaux de surface dans le cadre de l'étude d'impact du plan de développement du système de gestion des déchets solides Bestan Inc.*, GSI Environnement Inc., Montréal.
- Gutenmann W. H., Rutzke M. and Kuntz T., Lisk D. J., 1994. *Elements and polychlorinated biphenyls in sewage sludges of large cities in the United States*. Chemosphere, Vol. 28, No 4, pp. 725-728. Elsevier, London.
- Halsall C. J., Lee R. G., Coleman P. J., Burnett V., Harding-Jones P., Jones K. C., 1995. *PCBs in U.K. urban air*. Environ. Sci. & Technol., Vol. 29, pp. 1200-1209.



- IJC, 1988. *Summary—A plan for assessing atmospheric deposition to the Great Lakes by atmospheric monitoring. Task force of the surveillance work group.* A Report to the Great Lakes Water Quality Board. International Joint Commission, Great Lakes Regional Office, Windsor, Ontario
- Kim K.-S., Hong, K.-H. and Ko Y.-H., 2004. *Emission characteristics of PCDD/Fs, PCBs, chlorobenzenes, chlorophenols, and PAHs from polyvinylchloride combustion at various temperatures.* J. Air & Waste Manag. ass., 54, pp. 555-562.
- Klöpffer W., 1996. *Environmental hazard assessment of chemicals and products. Part V. Anthropogenic chemicals in sewage sludge.* Chemosphere, Vol. 33, No 6, pp. 1067-1081. Elsevier, London.
- Laliberté D. et Leclerc P., 2000. *Étude des causes de la contamination des poissons des lacs Lovering et Massawippi par des substances toxiques (Résultats de la campagne d'échantillonnage réalisée en 1999)*, ministère de l'environnement, Direction du suivi de l'état de l'environnement, Québec, 52 p.
- Leclerc, P et Muyldermans, J. , 2002, *Étude des sources de contamination des poissons du lac Magog par les BPC*, Ministère de l'environnement, Direction régionale de l'Estrie, Sherbrooke, 41p.
- Manchester-Neesvig J. B. and Andren A. W., 1989. *Seasonal variation in the atmospheric concentration of polychlorinated biphenyl congeners.* Environ. Sci. & Technol., Vol. 23, pp. 1138-1148.
- Martel D., 2002a. *Lieu d'enfouissement Canton de Magog – Intersan Inc., Suivi interne de 6 puits d'observation E-1A, E-1B, MW-11, MW-16A, MW-16B, MW-16C, 15 août 2002*, Environnement ESA Inc., Sherbrooke, 7p. + annexes.
- Martel D., 2002b. *Lieu d'enfouissement Canton de Magog – Intersan Inc., Suivi interne de 3 puits d'observation E-1B, MW-16A et MW-16B, 5 et 6 novembre 2002*, Environnement ESA Inc., Sherbrooke, 6p. + annexes.
- Martel D., 2002c. *Lieu d'enfouissement Canton de Magog – Intersan Inc., Suivi environnemental accru 2002*, Environnement ESA Inc., Sherbrooke, 22p. + annexes.
- McIntosh, A., Watzin, M. and Brown, E., 1997. *Report 23b. Lake Champlain sediment toxics assessment program. An assessment of sediment-associated contaminants in Lake Champlain phase 2.*, UVM School of Natural Resources. October 1997.

- McIntosh, A., 1994. *Lake Champlain sediment toxics assessment program. An assessment of sediment-associated contaminants in Lake Champlain phase 1*. Technical report No 5. Alan McIntosh, Editor, UVM School of Natural Resources. February 1994.
- MENV, 2001a, *Critères de qualité de l'eau de surface au Québec*, ministère de l'Environnement, Direction du suivi de l'état de l'environnement, Québec, 430 p.
- MENV, 2001b, *Critères de qualité de l'air : 3. fiches synthèses*, ministère de l'Environnement, Québec, Direction du suivi de l'état de l'environnement, 306 p.
- MENV, 2002, *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés*, ministère de l'Environnement, Québec.
- Mumley, T. and Hetzel, F., 2005. *Development of a TMDL for PCBs in San Francisco Bay*. WEF. TMDL 2005 Specialty Conf., Philadelphia. pp.1462-1484.
- Muyldermans J., Brochu P., Laliberté D., Leduc R. et Leclerc P., 2002. *Études des sources de contamination des lacs Lovering et Massawippi par des substances toxiques (Résultats de la campagne d'échantillonnage réalisée en 2001)*, Ministère de l'environnement, Direction du suivi de l'état de l'environnement, Québec, 94p. + 8 annexes.
- Niimi A. J., 1994. *Handbook of ecotoxicology. Chap 9, PCBs, PCDDs and PCDFs*. Editor Peter Calow, Backwell Scientific, Oxford, pp. 204-243.
- Offenberg J. H. and Baker J. E., 1999. *Influence of Baltimore's urban atmosphere on organic contaminants over the Northern Chesapeake Bay*. J. Air & Waste Management Ass., Vol. 49, pp. 959-965
- Pelletier M., Lepage S., 2002. *Évolution spatiale et temporelle des processus sédimentaires et de la géochimie des sédiments du lac Saint-François au 20<sup>e</sup> siècle*. Environnement Canada, Conservation de l'environnement, Centre Saint-Laurent. Rapport scientifique et technique ST-225, 150 pages.
- Pelletier M., Lepage S., 2004. *Évolution temporelle de la contamination des matières en suspension en amont du lac Saint-François entre 1994 et 1999*. Environnement Canada, Conservation de l'environnement, Centre Saint-Laurent. Rapport scientifique et technique ST-225, 150 pages.

- Pitt, R., Maestre, A., Morquecho, R. and Williamson, D., 2004. *Collection and examination of a municipal separate storm sewer system database*. Stormwater and urban water systems modeling conf.. In: Models and applications to urban Water systems, Vol. 12. CHI. Guelph, Ontario, pp. 257 – 294.
- Pitt, R.E. and Maestre, A., 2005. *Stormwater quality as described in the National Stormwater Quality Database (NSQD)*. 10th Int. conf. on urban drainage, Copenhagen/Denmark, August 2005
- Poissant L., Koprivnjak J.-F. et Fecteau M., 2000. *Substances toxiques aéroportées dans la vallée du fleuve Saint-Laurent*, Environnement Canada, Hull.
- Prucha, C., Senior manager, Groundwater programs, WM, 2006. Communication personnelle concernant les programmes de suivi environnemental aux sites de WM aux USA. Juillet, 2006.
- Rhea, J.R., Andes, F.P. and Powers, E.K., 2005. *Legacy pollutant TMDLs: an oxymoron?* WEF. TMDL 2005 Specialty Conf., Philadelphia. pp.1485-1495.
- Sandeen, L.R., Wetherington, J.D., Blye, D.R., Sankarmanchi, R., 2005. *Application of the DQO process to the Delaware estuary PCB TMDL program*. WEF. TMDL 2005 Specialty Conf., Philadelphia. pp.192-211.
- Shatalov, V., Malanichev, A., Vulykh, N., Berg, T. and Manø, S., 2001. *Assessment of POP transport and accumulation in the environment*. EMEP Report 4/2001.
- Smullen, J., Ksuniak, D., Blair, D. and Wetherington, J., 2005. *A watershed runoff loading methodology for polychlorinated byphenils*. WEF. TMDL 2005 Specialty Conf., Philadelphia. pp.164-175.
- Smullen, J., Shallcross, A.L.O., Cave, K.A., 1999. *Updating the US nationwide urban runoff quality database*. Wat. Sci. Tech., Vol. 39, No. 12, pp. 9-16.
- Tetra Tech, Inc , 1999, *Report 33. Ecological Effects of Sediment - Associated Contaminants in Inner Burlington Harbor, Lake Champlain. Lake Champlain Basin Program*. Tetra Tech, Inc.. September 1999.
- Trépanier J.-P., 1992. *Incendie de l'entrepôt de BPC de Saint-Basile-le-Grand : rapport d'interprétation des résultats d'analyses physico-chimiques*, ministère de l'Environnement, Québec.

USEPA, 1997. *Deposition of air pollutants to the great waters, second report to congress*, United States Environmental Protection Agency, Washington.

Van Ry, D.A., Gigliotti, C.L., Glenn, T.R. 4<sup>th</sup>, Nelson, E.D., Totten, L.A. and Eisenreich, S.J., 2002. *Wet deposition of polychlorinated biphenyls in urban and background areas of the Mid-Atlantic States*. Environ. Sci. Technol., 36 (15), pp. 3201-3209.

Wall, G.R., Riva-Murray, K. and Phillips, P.J., 1997. *Distribution of DDT, chlordane, and PCB's in bed sediments in the Hudson River Basin*, NYES&E, Vol. 3, No. 1, Spring 1997.

Walsh, P., 2004. BPC et PCDD/F dans l'air et les aiguilles de conifères au LES Bestan. Service des avis et expertises. Direction du suivi de l'état de l'environnement. MDDEP. 4 pages.

WEF, 2000. *Toxic chemicals discovered in Canadian Rockies*. WE&T News watch. Water Environment & Technology. January 2000, P. 15. Alexandria, Georgia.

Wilken M., Cornelsen B., Zeschmar-Lahr B., and Jager J., 1992. *Distribution of PCDD/PCDF and other organochlorine compounds in different municipal waste fractions*. Chemosphere, Vol. 25, No 7-10, pp 1517-1523. Pergamon Press, London.