

1.0-3

**ÉTUDE DES CAUSES DE LA CONTAMINATION DES POISSONS
DES LACS LOVERING ET MASSAWIPPI
PAR DES SUBSTANCES TOXIQUES**

189

DB13

Projet d'agrandissement du lieu d'enfouissement
sanitaire de Sainte-Sophie

Sainte-Sophie

6212-03-105

Résultats de la campagne d'échantillonnage réalisée en 1999.

par

Denis Laliberté

Direction du suivi de l'état de l'environnement

et

Pierre Leclerc

Direction régionale de l'Estrie

Ministère de l'Environnement

Décembre 2000

ÉQUIPE DE RÉALISATION

Rédaction et interprétation :

Denis Laliberté¹
Pierre Leclerc²

Révision linguistique :

Micheline Lampron

Agent de communication :

Hélène Beauchesne²
Guy Gagnon³

Échantillonnage :

André Hamel²
Denis Laliberté¹
Pierre Lévesque⁴
Serge Mathieu²
Jean-Paul Morin²
Denis Perron²

Réalisation graphique :

Francine Matte-Savard¹

-
- 1 Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère de l'Environnement du Québec, 675, boulevard René-Lévesque Est, 7^e étage, Québec (Québec) G1R 5V7
 - 2 Direction régionale de l'Estrie, ministère de l'Environnement du Québec, 770 rue Goretti, Sherbrooke (Québec) J1E 3H4
 - 3 Direction des communications, ministère de l'Environnement du Québec, 675, boulevard René-Lévesque Est, 29^e étage, Québec (Québec) G1R 5V7
 - 4 Direction de l'aménagement de la faune, Société de la faune et des parcs du Québec, 800, rue Goretti, Sherbrooke (Québec) J1E 3H4

RÉSUMÉ

Le ministère de l'Environnement a poursuivi en 1999 l'étude des causes de la contamination des poissons des lacs Lovering et Massawippi. Les résultats de cette étude indiquent que les concentrations en arsenic, en mercure, en biphényles polychlorés (BPC) et en dioxines et furannes (exprimées en équivalent toxique à la 2,3,7,8-tétrachlorodibenzo-p-dioxine) dans l'eau de surface sont toutes inférieures aux critères utilisés pour l'eau potable. Cependant, les teneurs en BPC et en dioxines et en furannes (exprimées en équivalent toxique à la 2,3,7,8-tétrachlorodibenzo-p-dioxine) excèdent les critères pour la protection de la faune piscivore et elles varient de façon notable selon les sites d'échantillonnage.

Des différentes analyses effectuées sur la chair de six espèces de poissons capturés au lac Lovering et au lac Massawippi, il ressort que seul le mercure présente des valeurs supérieures aux directives établies par Santé Canada pour la commercialisation des produits de la pêche. Au lac Massawippi, seules les teneurs en mercure dans les touladis excèdent la directive, alors qu'au lac Lovering, elles concernent aussi les achigans à petite bouche et les brochets maillés.

Des teneurs anormalement élevées, mais inférieures aux directives établies par Santé Canada, ont aussi été mesurées pour les BPC et les dioxines et furannes dans la chair des touladis capturés au lac Lovering et Massawippi.

Déjà sensibilisée à cette situation, la Direction de la santé publique a émis, le 23 juin 1999, un avis recommandant à la population en général de ne pas prendre plus de deux repas par mois de poissons piscivores provenant de l'ensemble des lacs de l'Estrie. Il est également recommandé pour les femmes enceintes ou qui allaitent et les enfants de moins de six ans de ne pas consommer de ces poissons.

L'analyse des résultats obtenus ne permet pas de préciser l'origine de la contamination observée par le mercure. Ces résultats révèlent que la contamination par les BPC au lac Massawippi proviendrait majoritairement de la rivière Tomifobia. Une autre partie proviendrait également du ruisseau McConnell, via un ancien

site de récupération contaminé, et d'un ruisseau sans nom officiel, mais appelé dans cette étude ruisseau « ancien pont couvert », lequel prend sa source à 1,5 km à l'est d'un lieu d'enfouissement sanitaire.

Concernant le lac Lovering, une partie de la contamination par les BPC et les dioxines et furannes proviendrait des rejets antérieurs à 1998 des eaux de lixiviation traitées d'un lieu d'enfouissement sanitaire, à partir d'un petit ruisseau qui prend sa source audit lieu d'enfouissement. La présence de BPC et de dioxines et furannes dans les sédiments et les poissons de ce ruisseau ainsi que dans les sédiments du ruisseau Boily, situé au nord d'un lieu d'enfouissement et se déversant vers la rivière Magog, laisse croire que cette source est toujours active.

Les analyses des eaux de lixiviation avant et après traitement ont montré une contamination beaucoup plus élevée que le milieu naturel de toutes les substances recherchées, à l'exception du mercure. L'insufflation d'air, comme méthode de traitement, réduit considérablement la teneur des substances toxiques dans les eaux de lixiviation. Toutefois, la proportion des substances éliminées vers l'atmosphère et celle qui reste dans les boues n'ont pas été déterminées.

Sur la base des résultats obtenus en 1999, le ministère de l'Environnement entend poursuivre au cours de la prochaine année ses études afin de préciser et d'évaluer l'origine exacte des sources de la contamination des lacs Massawippi et Lovering. L'identification de ces sources de contamination permettra l'élaboration d'un plan d'action visant à contrer à leur source les substances toxiques problématiques. Le ministère s'assurera que les organismes et citoyens concernés soient tenus informés de l'évolution de ces travaux.

Laliberté, D. et P. Leclerc, 2000. Étude des causes de la contamination des poissons des lacs Lovering et Massawippi par les substances toxiques - Campagne d'échantillonnage 1999, Direction du suivi de l'état de l'environnement et Direction régionale de l'Estrie, ministère de l'Environnement du Québec, Envirodoq ENV2000-0533.

TABLE DES MATIÈRES

— ÉQUIPE DE RÉALISATION

— RÉSUMÉ

— TABLE DES MATIÈRES

— LISTE DES TABLEAUX

— LISTE DES FIGURES

— LISTE DES ANNEXES

INTRODUCTION

1. DESCRIPTION DE L'AIRES D'ÉTUDE

1.1 Lac Lovering

1.1.1 Localisation

1.1.2 Caractéristiques du lac et de son bassin versant

1.1.3 Utilisation du territoire

1.2 Lac Massawippi

1.2.1 Localisation

1.2.2 Caractéristiques du lac et de son bassin versant

1.2.3 Utilisation du territoire

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 Localisation des stations d'échantillonnage

2.2 Échantillonnage de l'eau

2.2.1 Échantillonnage de l'eau de surface

2.2.2 Échantillonnage des eaux usées municipales

2.2.3 Échantillonnage des eaux de lixiviation

2.2.4 Mesure de débit

2.3 Échantillonnage des sédiments

2.4 Échantillonnage des poissons

2.5 Substances toxiques analysées

3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 Arsenic

3.1.1 Contamination en arsenic de l'eau, des sédiments et des meuniers noirs entiers.

3.1.2 Contamination en arsenic de la chair des poissons

3.2 Mercure

3.2.1 Contamination en mercure de l'eau, des sédiments et des meuniers noirs entiers

3.2.2 Contamination en mercure de la chair des poissons

3.3 Biphényles polychlorés (BPC)

3.3.1 Contamination en BPC de l'eau, des sédiments et des meuniers noirs entiers

3.3.2 Contamination en BPC de la chair des poissons

3.4 Dioxines et furannes

3.4.1 Contamination en dioxines et furannes de l'eau, des sédiments et des meuniers noirs entiers

3.4.2 Contamination en dioxines et furannes de la chair des poissons

3.5 Polychlorobiphényles éthers

3.5.1 Contamination en polychlorobiphényles éthers de l'eau, des sédiments et des meuniers noirs entiers

3.5.2 Contamination en polychlorobiphényles éthers de la chair des poissons

CONCLUSION

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES



LISTE DES TABLEAUX

- 2.1 Description du programme d'échantillonnage
- 3.1 Teneurs en arsenic des prélèvements (eau de surface, eaux usées, sédiments, meuniers noirs entiers) effectués en 1999
- 3.2 Teneurs moyennes en arsenic (mg/kg) dans la chair des poissons capturés dans la rivière Tomifobia, le lac Massawippi et le lac Lovering en 1999
- 3.3 Teneurs en mercure des prélèvements (eau de surface, eaux usées, sédiments, meuniers noirs entiers) effectués en 1999
- 3.4 Teneurs moyennes en mercure (mg/kg) dans la chair des poissons capturés dans la rivière Tomifobia, le lac Massawippi et le lac Lovering en 1999
- 3.5 Teneurs en biphényles polychlorés (BPC) des prélèvements (eau de surface, eaux usées, sédiments, meuniers noirs entiers) effectués en 1999
- 3.6 Teneurs moyennes en BPC ($\mu\text{g}/\text{kg}$) dans la chair des poissons capturés dans la rivière Tomifobia, le lac Massawippi et le lac Lovering en 1999
- 3.7 Teneurs en dioxines et furannes des prélèvements (eau de surface, eaux usées, sédiments, meuniers noirs entiers) effectués en 1999
- 3.8 Teneurs moyennes en dioxines et furannes (ng/kg) dans la chair des poissons capturés dans la rivière Tomifobia, le lac Massawippi et le lac Lovering en 1999
- 3.9 Teneurs en polychlorobiphényles éthers (PCDE) des prélèvements (eau de surface, eaux usées, sédiments, meuniers noirs entiers) effectués en 1999

LISTE DES FIGURES

- 2.1 Localisation des stations d'échantillonnage

LISTE DES ANNEXES

- 1 Teneurs moyennes en BPC ($\mu\text{g}/\text{kg}$) dans la chair des poissons capturés dans certains lacs de l'Estrie pour la période de 1991 à 1998
- 2 Localisation des stations d'échantillonnage et dates de prélèvement
- 3 Inventaire des captures de poissons - juillet et août 1999
- 4 Mesure de la capacité des pompes - Station d'épuration d'Ayer's Cliff
- 5 Résultats d'analyses des prélèvements d'eau de surface réalisés en 1999
- 6 Résultats des mesures de débit et d'analyses des eaux usées municipales et de l'effluent de la station d'épuration d'Ayer's Cliff en 1999
- 7A Résultats d'analyses des eaux de lixiviation d'un lieu d'enfouissement sanitaire
- 7B Charges de contaminants des eaux de lixiviation d'un lieu d'enfouissement sanitaire
- 8 Résultats d'analyses des sédiments recueillis dans les tributaires des lacs Massawippi et Lovering en 1999
- 9 Résultats d'analyses des meuniers noirs entiers prélevés dans la rivière Tomifobia, dans le lac Massawippi et le lac Lovering en 1999

INTRODUCTION

Dans le cadre du programme de surveillance des substances toxiques dans la chair des poissons d'intérêt sportif, des poissons sont capturés chaque année dans les lacs et rivières du Québec. Les poissons recueillis sont analysés pour différentes substances toxiques. Les résultats obtenus au cours des dernières années dans différents plans d'eau de l'Estrie ont révélé que plusieurs espèces piscivores présentent une concentration de mercure supérieure à la directive de 0,5 mg/kg pour la commercialisation des produits de la pêche.

Les teneurs en mercure dans les touladis capturés au lac Lovering paraissaient particulièrement élevées, atteignant 2 et 1,5 mg/kg pour les poissons de taille moyenne et grande respectivement. Ces valeurs semblent, *a priori*, plus élevées que celles mesurées au lac Massawippi (0,48 et 1,18 mg/kg) et au lac Mégantic (0,65 et 0,87 mg/kg) pour les mêmes classes de taille.

Sur la base de ces résultats, la Direction de la santé publique a émis, le 23 juin 1999, un avis recommandant à la population en général de ne pas prendre plus de deux repas par mois de poissons piscivores provenant de l'ensemble des lacs de l'Estrie. Il est également recommandé pour les femmes enceintes ou qui allaitent et les enfants de moins de six ans de ne pas consommer de ces poissons.

De plus, des teneurs anormalement élevées de BPC et de dioxines et furannes, mais inférieures aux directives, ont été mesurées dans les touladis des lacs Massawippi et Lovering. Contrairement au mercure, qui peut être présent naturellement dans le milieu, les BPC et la plupart des dioxines et furannes sont des substances synthétisées par l'homme et qui n'existent pas à l'état naturel. Les gouvernements du Canada et du Québec ont signé en 1996, dans le cadre de Saint-Laurent Vision 2000, une entente qui vise l'élimination virtuelle de ces substances toxiques, persistantes et bioaccumulatives.

Les valeurs mesurées en 1997 et 1998 pour les BPC dans la chair de touladis capturés au lac Massawippi variaient de 307 à 1047 µg/kg (en Aroclor 1254). Au lac Lovering, la teneur de ce contaminant était de 230 µg/kg pour la même espèce. Par contre, au lac Mégantic en 1997, les concentrations en BPC étaient beaucoup plus

faibles et variaient de < 40 à 65 µg/kg. Les teneurs moyennes en BPC mesurées dans la chair des touladis provenant de différents lacs de l'Estrie pour la période de 1991 à 1998 apparaissent à l'annexe 1.

Bien que les valeurs observées au lac Massawippi et Lovering soient inférieures à la directive de 2000 µg/kg pour la commercialisation des produits de la pêche, elles excèdent largement le critère associé à la protection de la faune piscivore, qui est de 160 µg/kg.

Outre la présence de BPC, les résultats ont révélé des traces de dioxines et furannes dans les touladis, à des teneurs variant de 4,77 à 9 ng/kg (en équivalent toxique à la 2,3,7,8-T4CDD) au lac Massawippi et de 4,37 ng/kg au lac Lovering. Ces valeurs sont parmi les plus élevées à avoir été mesurées dans les poissons du Québec.

Au Québec, la directive actuelle en équivalent toxique à la 2,3,7,8-T4CDD est de 15 ng/kg pour la commercialisation des produits de la pêche. En Ontario, les restrictions de consommation commencent à 10 ng/kg en équivalent toxique à la 2,3,7,8-T4CDD.

Par ailleurs, les teneurs en équivalent toxique à la 2,3,7,8-T4CDD mesurées dans les touladis des lacs Massawippi et Lovering excèdent le critère de 0,66 ng/kg pour la protection de la faune piscivore.

Sur la base des résultats obtenus, il a été décidé d'entreprendre des recherches afin de préciser l'ampleur de la contamination du milieu aquatique et d'identifier les sources potentielles de contamination par les substances toxiques détectées.

Pour atteindre ces objectifs, un programme d'échantillonnage a été élaboré par la Direction régionale de l'Estrie en collaboration avec la Direction du suivi de l'état de l'environnement. Le programme prévu comportait le prélèvement d'eau de surface, de sédiments et de poissons dans les principaux tributaires des lacs Lovering et Massawippi, ainsi que le prélèvement d'eaux usées de la municipalité d'Ayer's Cliff et d'eaux de lixiviation en provenance d'un lieu d'enfouissement sanitaire. Les différents échantillonnages ont été réalisés entre le 13 juillet et le 14 octobre 1999.

CHAPITRE 1

DESCRIPTION DE L'AIRE D'ÉTUDE

1.1 LAC LOVERING

1.1.1 Localisation

Le lac Lovering est situé à environ 9 km au sud de la ville de Magog. Deux municipalités le ceinturent, soit celle du Canton de Magog et celle du Canton de Stanstead, toutes deux faisant partie de la municipalité régionale de comté (MRC) de Memphrémagog.

1.1.2 Caractéristiques du lac et de son bassin versant

La superficie du lac est d'environ 4,9 km², pour un bassin versant de 48,1 km². Sa profondeur maximale est de 25 m et sa profondeur moyenne, de 9,75 m. Sa longueur et sa largeur maximales atteignent respectivement 6,1 km et 1,2 km; le périmètre correspond à 15,6 km. Le temps de séjour de l'eau dans le lac est de 1,59 année.

Le lac Lovering reçoit les eaux du ruisseau Alger, du ruisseau Campagna et de quelques ruisseaux sans nom, dont un provenant du nord et où, jusqu'en 1997, étaient déversées les eaux de lixiviation traitées d'un lieu d'enfouissement sanitaire. Il se déverse dans le ruisseau Fitch, situé à l'extrême sud. Ce ruisseau communique avec la baie Fitch, qui est rattachée au lac Memphrémagog. Le niveau du lac est maintenu par un barrage appartenant aux municipalités du Canton de Magog et du Canton de Stanstead.

1.1.3 Utilisation du territoire

Le lac Lovering est habité sur presque tout son pourtour, mais la population est particulièrement dense du côté est. On y pratique diverses activités de loisir, telles que la baignade, le canotage et la pêche. Il est possible que certains riverains s'alimentent en eau dans le lac, bien qu'il n'y ait pas de prise d'eau d'alimentation de réseau. Quelques activités agricoles sont exercées sur le côté nord-est du lac. Cependant, aucune activité industrielle n'a été relevée. Les résidences situées en périphérie du lac sont pourvues d'éléments épurateurs (fosses septiques et champs d'épuration) pour l'évacuation et le traitement des eaux usées.

Ce lac a été classé, en 1999, comme étant mésotrophe.

1.2 LAC MASSAWIPPI

1.2.1 Localisation

Le lac Massawippi est situé à environ 12 km à l'est de la ville de Magog. Quatre municipalités sont sises le long de ses berges, soit celles d'Ayer's Cliff, du Canton de Hatley, de North Hatley et de Sainte-Catherine-de-Hatley.

1.2.2 Caractéristiques du lac et de son bassin versant

La superficie du lac est de 18,7 km² et son bassin versant a une surface de 620 km². Sa profondeur maximale atteint 86 m et sa profondeur moyenne est de 39 m. Le périmètre du lac est de 38,3 km; sa longueur et sa largeur maximales sont respectivement de 14,2 km et 1,93 km. Le temps de séjour de l'eau dans le lac est de 1,88 année.

La principale source d'alimentation en eau du lac est la rivière Tomifobia au sud, qui elle-même reçoit les eaux de la rivière Nigger, en aval d'Ayer's Cliff. Le lac reçoit aussi les eaux du ruisseau Brook et du ruisseau Abbott, du côté est, et du ruisseau McConnell du côté sud-ouest. Ce ruisseau pourrait avoir un lien hydraulique avec les eaux souterraines d'un terrain où des activités de récupération de batteries et de transformateurs ont eu lieu au début des années 1980. Au nord, le lac donne naissance à la rivière Massawippi, qui se jette dans la rivière Saint-François à Lennoxville. Le niveau d'eau du lac est maintenu par un barrage appartenant aux municipalités d'Ayer's Cliff et de North Hatley.

Le lac Massawippi est utilisé comme réservoir d'eau potable, notamment pour les municipalités d'Ayer's Cliff, du Canton de Hatley, de Lennoxville et de Waterville. Certains riverains s'y alimentent directement. Il s'y pratique également des activités de loisir : pêche, canotage, baignade. Par ailleurs, on retrouve quelques activités industrielles ainsi que des activités agricoles importantes dans le bassin versant du lac, soit d'importantes fermes d'élevage de porcs et de

bovins pour la production de lait. Enfin, on retrouve des fermes de cultures vivrières, notamment de maïs, et des cultures d'arbres de Noël.

Signalons que la rivière Tomifobia s'écoule sur une partie du territoire de l'État du Vermont avant d'arriver au Québec. Une voie ferrée du Canadien Pacifique sillonnait autrefois cette rivière, depuis la frontière jusqu'à son embouchure dans le lac. Elle poursuivait également son tracé sur la rive est du lac Massawippi. Le long de la rivière, 18 des 19 km de cette voie ferrée ont été acquis par les Sentiers de l'Estrie, qui en ont aménagé une partie en piste cyclable; quant aux terrains du Canadien Pacifique situés le long du lac, ils ont été cédés aux propriétaires riverains.

Une importante partie des terres qui bordent la rivière Tomifobia font l'objet d'inondations récurrentes.

Ce lac a été classé, en 1999, comme étant oligo-mésotrophe.

1.2.3 Utilisation du territoire

Le lac Massawippi est peu habité en raison du relief très accidenté sur une bonne partie de sa périphérie, surtout du côté nord-ouest. La plus forte densité de population se trouve au sud, dans la municipalité d'Ayer's Cliff et du secteur de la baie Bacon. On retrouve, au nord du lac, une autre zone de concentration moins dense, celle de la municipalité de North Hatley.

CHAPITRE 2

MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 LOCALISATION DES STATIONS D'ÉCHANTILLONNAGE

La description des différentes stations d'échantillonnage apparaît au tableau 2.1. Neuf stations ont été retenues dans le bassin versant du lac Massawippi. De celles-ci, la rivière Tomifobia et le lac Massawippi, pour le prélèvement de poissons, en comptent 3 chacune. La station n° 1, soit la rivière Tomifobia en amont de Stanstead, constitue le point de référence de la présente étude puisqu'elle est située en amont des principales municipalités et activités industrielles à proximité de ce cours d'eau au Québec.

La station d'épuration du village d'Ayer's Cliff a fait l'objet de prélèvements en raison du rejet de son effluent dans la rivière Tomifobia, laquelle rejoint le lac Massawippi. La présence, à proximité du ruisseau McConnell, d'un terrain vacant où des activités de récupération d'accumulateurs et de transformateurs électriques ont eu lieu au début des années 1980 a attiré notre attention. Le ruisseau McConnell et un autre ruisseau non identifié, passant au sud d'un lieu d'enfouissement sanitaire, ont également fait l'objet de prélèvements afin de préciser leur niveau de contamination.

Quatre stations ont été retenues dans le bassin versant du lac Lovering. Les eaux de lixiviation d'un lieu d'enfouissement sanitaire ont été échantillonnées. Ces eaux étaient rejetées jusqu'en 1997 dans un petit ruisseau sans nom qui se déverse dans le lac. Ce ruisseau ainsi que deux stations pour le prélèvement de poissons au lac Lovering, constituent les autres stations de ce bassin versant.

Enfin, le ruisseau Boily, situé dans le bassin versant de la rivière Magog, a fait l'objet de prélèvements puisque les eaux souterraines en provenance d'un lieu d'enfouissement sanitaire y font résurgence.

La figure 2.1 illustre les différents endroits d'échantillonnage d'eau de surface, de sédiments et de poissons ainsi que d'eaux usées municipales et d'eaux de lixiviation. La localisation des stations d'échantillonnage et les dates de prélèvement sont présentées à l'annexe 2.

2.2 ÉCHANTILLONNAGE DE L'EAU

2.2.1 Échantillonnage de l'eau de surface

Des prélèvements par grand volume d'eau de surface ont été effectués à six endroits. Pour l'analyse des substances organochlorées, des échantillons instantanés ont été prélevés dans les principaux tributaires à l'aide de trois cylindres en acier inoxydable (Spartanburg), d'une capacité de 17,85 litres chacune. Cette méthode d'échantillonnage a été préférée en raison de la plus grande précision des résultats et du faible niveau de contamination prévu, les substances organochlorées étant reconnues comme peu solubles dans l'eau.

Pour l'analyse des métaux, des échantillons instantanés ont été prélevés à l'aide de contenants en plastique fournis par le laboratoire, auxquels les préservatifs requis ont été ajoutés.

Les prélèvements d'eau de surface dans les principaux tributaires ont été effectués par temps pluvieux. En raison des contraintes d'analyse du laboratoire, ce dernier ne pouvant recevoir par jour qu'un seul échantillon par grand volume, ils ont eu lieu à des dates différentes, entre le 18 août et le 14 octobre 1999. Les échantillons recueillis ont été acheminés au laboratoire dans les vingt-quatre heures suivant leur prélèvement.

2.2.2 Échantillonnage des eaux usées municipales

L'effluent de la station d'épuration du village d'Ayer's Cliff a été échantillonné pendant trois jours consécutifs, du 17 au 20 août 1999. Les eaux usées municipales acheminées à la station ont été échantillonnées pendant une seule journée, soit du 18 au 19 août 1999.

Les prélèvements des eaux usées municipales (affluent) et de l'effluent ont été effectués proportionnellement au temps à l'aide d'échantillonneurs de marque ISCO, modèle 3700 et 3200 respectivement, sur une période de 24 heures. Des échantillons de 50 mL étaient recueillis toutes les 7 minutes dans une bouteille en verre réfrigérée, d'une capacité de 11 litres. À



Tableau 2.1 Description du programme d'échantillonnage

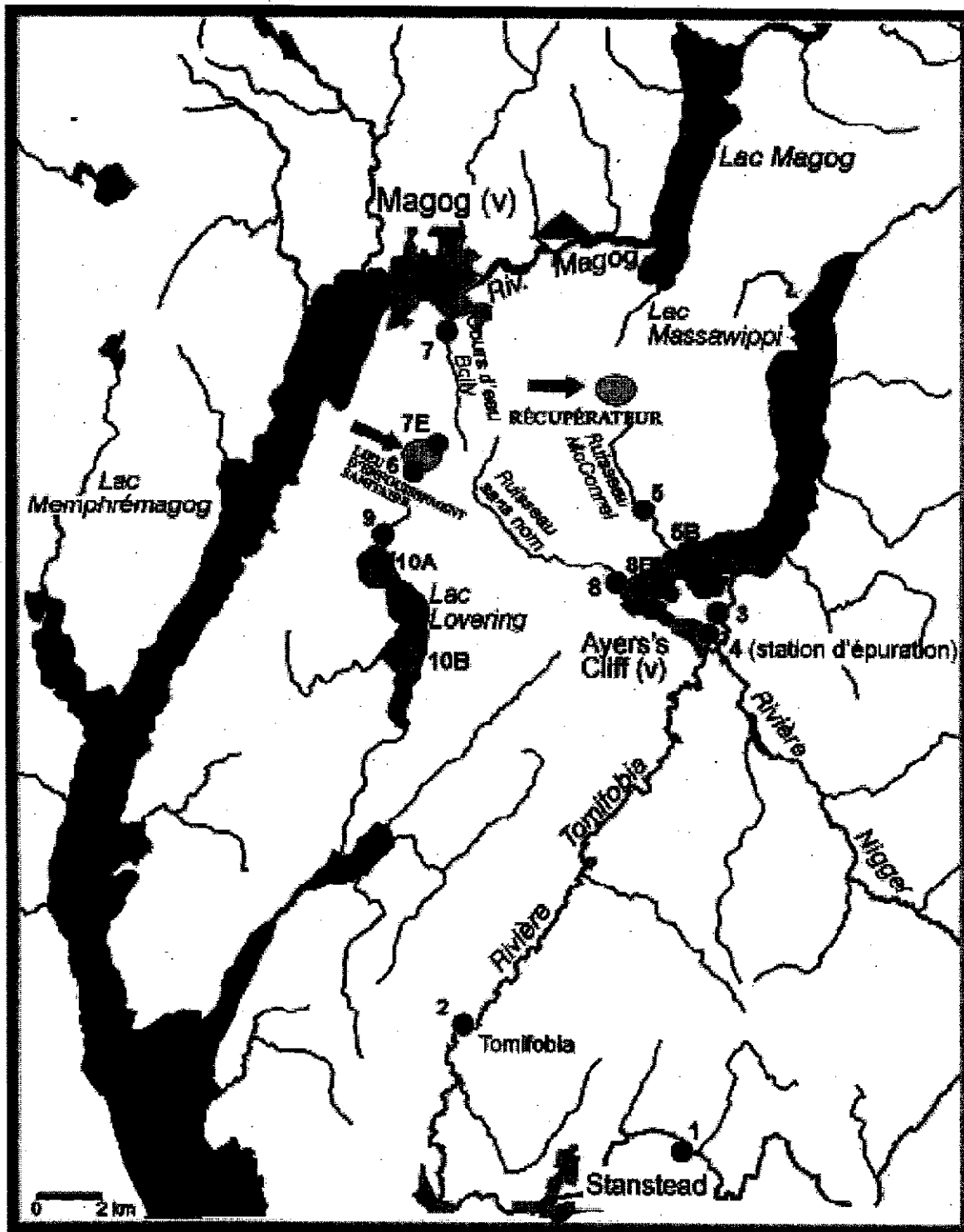
Station n°	Description	Eaux de surface	Eaux usées	Sédiments	Poissons ¹
Bassin versant du lac Massawippi					
1	Rivière Tomifobia, en amont de Stanstead	X		X	X
2	Rivière Tomifobia, à Tomifobia	X		X	X
3	Rivière Tomifobia, en aval d'Ayer's Cliff	X		X	X
3B	Lac Massawippi, secteur baie Bacon				X
4	Station d'épuration d'Ayer's Cliff		X		
5	Ruisseau McConnell	X		X ²	
5B	Lac Massawippi, secteur ruisseau McConnell				X
8	Ruisseau non identifié, ancien pont couvert	X		X ²	
8B	Lac Massawippi, secteur ruisseau ancien pont couvert				X
Bassin versant du lac Lovering					
6	Lieu d'enfouissement sanitaire		X		
9	Ruisseau non identifié, vers le lac Lovering, près de l'exutoire			X	
10A	Lac Lovering, secteur nord				X
10B	Lac Lovering, secteur sud				X
Bassin versant de la rivière Magog					
7	Ruisseau Boily, au nord d'un lieu d'enfouissement sanitaire, exutoire de l'étang artificiel	X		X ³	

1. L'inventaire des captures de poissons est présenté à l'annexe 3.

2. Les échantillons de sédiments ont été prélevés à l'exutoire des ruisseaux, avant leur décharge dans le lac Massawippi.

3. Les échantillons de sédiments ont été prélevés dans la partie marécageuse, avant l'exutoire du ruisseau vers la rivière Magog.

FIGURE 2.1 LOCALISATION DES STATIONS D'ÉCHANTILLONNAGE



La rivière Magog a fait l'objet de travaux d'investigation dans le cadre d'une autre étude dont les résultats seront disponibles prochainement.

la fin de chaque période d'échantillonnage, les bouteilles ont été soigneusement rincées avant de procéder à la mise en bouteille des échantillons. Ensuite, les préservatifs ont été ajoutés. Les échantillons ont été finalement placés dans des glacières gardées au froid et expédiées au laboratoire par courrier express.

2.2.3 Échantillonnage des eaux de lixiviation

Les eaux de lixiviation d'un lieu d'enfouissement sanitaire et celles à la sortie des dispositifs de traitement ont été échantillonnées afin de déterminer leur niveau de contamination. Les prélèvements ont été effectués par la firme Environnement E.S.A. inc. par temps sec et après une pluie significative.

Les eaux de lixiviation brutes ont été échantillonnées dans le regard situé à l'entrée des dispositifs de traitement. Les prélèvements ont été effectués du 2 au 3 août 1999 (par temps sec) et du 5 au 6 août 1999 (après une pluie significative). Les échantillons ont été prélevés proportionnellement au temps à l'aide d'un échantillonneur ISCO, modèle 3700, sur une période de 24 heures. Des prélèvements de 50 mL étaient recueillis toutes les 7 minutes dans une bouteille en verre réfrigérée, d'une capacité de 11 litres. La procédure de mise en bouteille des échantillons est identique à celle qui a prévalu pour l'effluent de la station d'épuration.

Les eaux de lixiviation traitées ont été échantillonnées dans le regard situé à la sortie des dispositifs de traitement (étangs aérés). Des échantillons instantanés ont été prélevés le 31 août 1999 (par temps sec) et le 22 septembre 1999 (après une pluie significative), en présence d'un représentant du ministère de l'Environnement. Les prélèvements ont été effectués manuellement à l'aide d'un bécher conditionné. La même procédure de mise en bouteille des échantillons que celle décrite précédemment a été utilisée. Toutefois, chacune des bouteilles a d'abord été remplie au 1/3 du volume, puis au 2/3 du volume et, finalement, au niveau correspondant au volume préalablement fixé par le laboratoire.

2.2.4 Mesure de débit

La mesure du débit des eaux usées municipales acheminées à la station d'épuration d'Ayer's Cliff a été effectuée en multipliant le temps de fonctionnement par le débit horaire moyen de chacune des pompes du poste de pompage prin-

cipal. La station d'épuration est pourvue de deux pompes permettant d'acheminer les eaux usées vers les équipements de traitement.

Une vérification du débit horaire moyen de chacune des pompes a été faite au début de la campagne d'échantillonnage. Vous trouverez à l'annexe 4 la méthode utilisée et les résultats de cette vérification. Le temps de fonctionnement a été obtenu par une lecture du compteur de chacune des pompes au début et à la fin de chaque période d'échantillonnage.

2.3 ÉCHANTILLONNAGE DES SÉDIMENTS

Les échantillons de sédiments ont été prélevés du 13 au 17 juillet 1999. Avant d'effectuer chaque prélèvement, le matériel était nettoyé avec une solution savonneuse à base d'un détergent de marque Décon, puis rincé avec du méthanol, de l'acétone et de l'hexane.

À chaque site, cinq échantillons de sédiments ont été prélevés avec une benne Ekman. Seuls les 2 ou 3 premiers centimètres résultant de chacun des coups de benne ont été conservés en vue de préparer l'échantillon à analyser. Les sédiments ont été recueillis avec une cuillère en acier inoxydable, puis déposés dans un bol en verre et homogénéisés. Immédiatement après l'homogénéisation, les sédiments ont été tamisés humides sur le site d'échantillonnage. De petites portions successives de sédiments étaient déposées sur un tamis en acier inoxydable de 180 µm, lequel était placé dans un bol en verre contenant 500 ml d'eau de la rivière prélevée au site d'échantillonnage. Le tamis et l'eau étaient agités dans un mouvement rotatif de manière à ce que l'eau puisse pénétrer par le dessous et entraîner ensuite les particules inférieures à 180 µm dans le bol en verre placé en dessous. Les sédiments qui ont traversé le tamis ainsi que l'eau utilisée pour le tamisage ont été recueillis avec la cuillère en acier inoxydable et placés dans deux pots en verre, préalablement décontaminés par rinçage avec du dichlorométhane et de l'hexane. Une feuille d'aluminium était alors placée sur l'ouverture avant de visser le bouchon en plastique. Chaque pot était ensuite enveloppé de papier d'aluminium puis placé dans une glacière contenant de la glace. Les pots contenant les sédiments ont été conservés au réfrigérateur, à une température de 4 °C et expédiés au laboratoire la semaine suivant le prélèvement.

2.4 ÉCHANTILLONNAGE DES POISSONS

Dans le cadre de ce projet spécifique, l'échantillonnage des poissons a été effectué entre les 12 et 21 juillet 1999 dans la rivière Tomifobia et dans le lac Massawippi ainsi que du 24 au 27 août 1999 dans le lac Lovering. Dans les deux lacs, la méthode utilisée a été uniquement le filet de pêche expérimental, tandis que dans la rivière Tomifobia, la seine a également été utilisée. Dans tous les cas de capture au filet, la pêche de nuit a été nécessaire étant donné les faibles résultats de la pêche de jour. Au lac Massawippi et dans la rivière Tomifobia, l'espèce cible était le meunier noir. Les espèces sportives capturées accidentellement ont également été conservées pour analyse. Au lac Lovering, l'échantillonnage a été effectué dans le cadre du suivi des populations de poissons, ce qui a permis de cibler davantage les espèces sportives sans négliger le meunier noir comme espèce indicatrice.

2.5 SUBSTANCES TOXIQUES ANALYSÉES

Les substances toxiques suivantes ont été analysées pour chacun des prélèvements d'eau de surface, de sédiments et de poissons ainsi que d'eaux usées municipales et d'eaux de lixiviation :

- arsenic
- mercure
- biphényles polychlorés
- dioxines et furannes
- polychlorobiphényles éthers.

Toutes les analyses ont été effectuées par le Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec situé à Laval.

CHAPITRE 3

RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 Arsenic

L'arsenic (As) est un métalloïde non essentiel aux organismes vivants. Il forme des composés organiques stables. Au Canada, il est surtout utilisé dans des applications métallurgiques et dans la fabrication de préservatifs pour le bois. La production d'or et de métaux communs (cuivre, zinc, plomb), l'utilisation de pesticides à base d'arsenic, la production d'électricité par des centrales thermiques alimentées au charbon ainsi que l'élimination des déchets domestiques et industriels constituent les principales sources anthropiques d'arsenic rejeté dans l'environnement. L'arsenic est rejeté naturellement dans l'atmosphère par les éruptions volcaniques et par les émissions d'arsines de méthyle qui s'échappent des sols (CCME, 1999).

L'arsenic inorganique est la forme la plus préoccupante, au point de vue toxicologique, pour les humains. L'arsenic élémentaire est peu absorbé, alors que les composés organiques d'arsenic sont absorbés facilement, mais ces deux formes sont fortement et rapidement éliminées du corps humain sans avoir été modifiées; elles ne sont donc pas considérées aussi toxiques que les composés inorganiques d'arsenic. Il a été démontré de façon constante dans de nombreuses études que les composés inorganiques d'arsenic causent le cancer chez les humains exposés par inhalation ou ingestion (CCME, 1999).

Compte tenu de la toxicité de l'arsenic, des critères ont été établis selon les milieux par différents organismes gouvernementaux.

3.1.1 Contamination par l'arsenic de l'eau, des sédiments et des meuniers noirs entiers

Dans les différents cours d'eau étudiés, les concentrations en arsenic varient de < 0,001 à 0,0029 mg/L dans l'eau, de 5,8 à 23 mg/kg dans les sédiments et de 0,06 à 0,2 mg/kg dans les poissons (meuniers noirs entiers). Dans l'eau et les poissons, les concentrations sont faibles et demeurent inférieures aux critères. Ceux-ci sont de 0,025 mg/L pour l'eau potable (CCME, 1999), de 0,190 mg/L dans l'eau de surface pour la protection de la vie aquatique (MEF, 1998) et de

3,5 mg/kg (SBESC, 1986) dans les protéines de poissons pour la consommation humaine. Dans les sédiments, la teneur la plus élevée en arsenic atteint le seuil des effets néfastes de 17 mg/kg (Environnement Canada, 1992). Il est à noter que ce seuil pour l'arsenic dans les sédiments est en révision.

Le tableau 3.1 présente les teneurs en arsenic des prélèvements d'eau de surface, de sédiments et de meuniers noirs ainsi que des prélèvements d'eaux usées municipales et d'eaux de lixiviation. Les valeurs les plus faibles s'observent à la station témoin située en amont de Stanstead. Toutefois, les teneurs les plus élevées n'ont pas été mesurées au même endroit : pour l'eau, dans le ruisseau Boily près du site d'enfouissement; pour les sédiments, dans le ruisseau « ancien pont couvert » vers le lac Massawippi, et pour les poissons (meuniers noirs), dans le lac Lovering.

Dans les eaux usées, l'arsenic a été détecté dans l'affluent (0,0053 mg/L) de la station d'épuration d'Ayer's Cliff, mais il ne l'a pas été (< 0,003 mg/L) dans l'effluent. Par contre, des valeurs beaucoup plus élevées qu'au site témoin (< 0,001 mg/L) ont été mesurées sur le site d'enfouissement, dans les eaux de lixiviation avant traitement (0,0185 à 0,0197 mg/L) et dans les eaux du lixiviat traitées (0,0056 à 0,0062 mg/L). L'insufflation d'air semble réduire d'environ 3 fois la teneur en arsenic des eaux de lixiviation. Il n'a pas été déterminé où se retrouve l'arsenic éliminé.

Les teneurs en arsenic dans l'eau varient peu d'un site à l'autre si on exclut le ruisseau Boily. Dans les sédiments, les teneurs se divisent en trois groupes, soit celle des sédiments prélevés dans la rivière Tomifobia et le ruisseau McConnell, (6,1 à 7,3 mg/kg), celle des sédiments du ruisseau Boily et du ruisseau sans nom vers le lac Lovering (12 mg/kg) et celle des sédiments du ruisseau « ancien pont couvert » vers le lac Massawippi (20 mg/kg). Pour les poissons, les sites sur la rivière Tomifobia et dans le lac Massawippi montrent des valeurs plus faibles (0,06 à 0,10 mg/kg) que ceux dans le secteur du ruisseau McConnell, du ruisseau « ancien pont couvert » et dans le lac Lovering (0,16 à 0,2 mg/kg).



Étude des causes de la contamination des poissons

Tableau 3.1 Teneurs en arsenic des prélèvements (eau de surface, eaux usées, sédiments et meuniers noirs entiers) effectués en 1999

Station n°	Description	Eau de surface (mg/L)	Eaux usées brutes (mg/L)	Eaux usées traitées (mg/L)	Sédiments (mg/kg)	Meuniers noirs entiers (mg/kg)
Bassin versant du lac Massawippi						
1	Rivière Tomifobia, en amont de Stanstead	< 0,001			6,1	0,06
2	Rivière Tomifobia, à Tomifobia	0,0015			6,4	0,08
3	Rivière Tomifobia, en aval d'Ayer's Cliff	0,001			5,8	0,1
3B	Lac Massawippi, secteur baie Bacon					0,06
4	Station d'épuration d'Ayer's Cliff		0,0053	< 0,003		
5	Ruisseau McConnell	0,0015			7,3	
5B	Lac Massawippi, secteur ruisseau McConnell					0,16
8	Ruisseau non identifié, ancien pont couvert	0,0017			20	
8B	Lac Massawippi, secteur ruisseau ancien pont couvert					0,16
Bassin versant du lac Lovering						
6	Lieu d'enfouissement sanitaire		0,0191 ⁽¹⁾	0,0059 ⁽¹⁾		
9	Ruisseau non identifié, vers le lac Lovering, près de l'exutoire				12	
10A	Lac Lovering, secteur nord					0,2
10B	Lac Lovering, secteur sud					< 0,1
Bassin versant de la rivière Magog						
7	Ruisseau Boily, au nord d'un lieu d'enfouissement sanitaire, exutoire de l'étang artificiel	0,0029			12	

1. Moyenne des résultats d'analyse des prélèvements effectués.

L'ensemble de ces données montre que le secteur de la rivière Tomifobia est peu contaminé par l'arsenic. Par contre, les sites du ruisseau Boily, du ruisseau vers le lac Lovering et particulièrement le ruisseau « ancien pont couvert » vers le lac Massawippi présentent un niveau de contamination supérieur à celui sur la rivière Tomifobia.

Les teneurs en arsenic retrouvées dans les eaux de lixiviation d'un lieu d'enfouissement sanitaire indiquent que ce site est susceptible de contaminer les eaux du ruisseau Boily et du ruisseau vers le lac Lovering. La contamination observée dans le secteur du ruisseau « ancien pont couvert » ne peut être précisée actuellement. Il faut toutefois souligner que le niveau de contamination détecté dans les différentes composantes n'est pas considéré comme élevé, à l'exception des mesures dans les sédiments du ruisseau « ancien pont couvert ».

3.1.2 Contamination par l'arsenic de la chair des poissons

Les teneurs en arsenic ont été mesurées dans la chair de six espèces de poissons capturés aux lacs Massawippi et Lovering. Celles-ci se révèlent faibles pour toutes les espèces et varient de <0,10 à 0,50 mg/kg. Les concentrations en arsenic sont inférieures à la directive de 3,5 mg/kg édictée par Santé Canada pour la commercialisation des protéines de poissons. Les valeurs les plus élevées ont été mesurées dans des achigans à petite bouche et des touladis. L'arsenic n'a pas été détecté dans 20 des échantillons analysés. Les résultats des analyses effectuées apparaissent au tableau 3.2.

3.2 Mercure

Le mercure est un métal qui se trouve naturellement dans l'environnement sous forme de sulfure. À l'état élémentaire, il possède une tension de vapeur élevée et peut ainsi être transporté sur de grandes distances. Le mercure peut être oxydé soit en sels inorganiques, soit en sels organiques, tels que les chlorures, les sulfates et les composés organo-mercuriques. Les formes inorganiques sont généralement moins toxiques que les composés organiques du mercure. Le méthylmercure et le diméthylmercure sont les composés organiques prédominants dans des systèmes naturels. La méthylation de l'ion mercurique est un processus important, car le méthylmercure présente une plus grande biodisponibilité que les espèces inorganiques. Le mercure est libéré dans l'atmosphère lors de la

combustion de déchets ou de combustible fossile, comme le charbon et lors du bris de tubes fluorescents. Les sources naturelles incluent les émissions volcaniques, les feux de forêt et l'érosion des sols (CCME, 1999).

Le méthylmercure a le pouvoir de se concentrer dans le réseau trophique, ce qui rend les organismes de niveaux trophiques les plus élevés, comme les poissons et les oiseaux piscivores, particulièrement vulnérables à son accumulation et à ses effets potentiellement toxiques. Le méthylmercure est névrotique pour les êtres humains. Les symptômes qui se manifestent le plus souvent sont des troubles sensoriels, l'ataxie (manque de coordination des mouvements), l'affaiblissement de l'acuité auditive et la constriction du champ visuel (CCME, 1999).

Compte tenu de la toxicité du mercure, des critères ont été établis selon les milieux par différents organismes gouvernementaux.

3.2.1 Contamination par le mercure de l'eau, des sédiments et des meuniers noirs entiers

Le tableau 3.3 présente les teneurs en mercure des différents prélèvements effectués. Les concentrations en mercure dans l'eau et les sédiments sont toutes inférieures aux seuils de détection. Celles-ci étaient respectivement de 0,0001 mg/L et 0,12 mg/kg. Dans les poissons, les teneurs variaient de non détectées (< 0,03) à 0,12 mg/kg. Le mercure n'a pas été détecté dans les meuniers noirs entiers capturés dans les trois secteurs du lac Massawippi, soit ceux de la baie Bacon, du ruisseau McConnell et du ruisseau « ancien pont couvert » vers le lac Massawippi. Des teneurs similaires et supérieures à la limite de détection (0,06 à 0,12 mg/kg) ont été mesurées dans les meuniers noirs capturés dans les différents secteurs de la rivière Tomifobia et du lac Lovering.

Les teneurs en mercure dans l'eau sont inférieures au critère d'eau potable de 1 µg/L (CCME, 1999). Bien que le mercure n'ait pas été détecté dans l'eau, les concentrations pourraient être supérieures au critère de protection de la faune piscivore de 1,3 ng/L (MEF, 1998), étant donné que la limite de détection était plus élevée que le critère. Quant aux sédiments, les résultats obtenus ne révèlent pas de contamination par le mercure au-delà du seuil sans effet de 0,05 mg/kg (Environnement Canada, 1992). Pour les poissons, toutes les teneurs demeurent bien inférieures au critère pour la protection de la santé humaine de 0,5 mg/kg établi par Santé Canada,

Étude des causes de la contamination des poissons

Tableau 3.2 Teneurs moyennes en arsenic (mg/kg) dans la chair des poissons capturés dans la rivière Tomifobia, le lac Massawippi et le lac Lovering en 1999

Station n°	Description	Achigan à petite bouche			Barbotte brune			Brochet maillé		
		Petit	Moyen	Gros	Petit	Moyen	Gros	Petit	Moyen	Gros
1	Rivière Tomifobia, amont Stanstead									
2	Rivière Tomifobia, à Tomifobia									
3	Rivière Tomifobia, aval d'Ayer's Cliff									
3B	Lac Massawippi, baie Bacon		0,16(5)	0,50(7)						
5B	Lac Massawippi, ruisseau McConnell		< 0,10(2)	< 0,10(4)						
8B	Lac Massawippi, ruisseau pont couvert Lac Massawippi (1997)		< 0,10(6)							
10	Lac Lovering Lac Lovering (1997)		< 0,10(6)	< 0,10(8)		< 0,10(3)	< 0,10(2)	< 0,10(4)	0,05(2)	0,06(5)

() : Nombre de poissons

Tableau 3.2 (suite) Teneurs moyennes en arsenic (mg/kg) dans la chair des poissons capturés dans la rivière Tomifobia, le lac Massawippi et le lac Lovering en 1999

Station n°	Description	Grand corégone			Perchaude			Touladi		
		Petit	Moyen	Gros	Petit	Moyen	Gros	Petit	Moyen	Gros
1	Rivière Tomifobia, amont Stanstead									
2	Rivière Tomifobia, à Tomifobia									
3	Rivière Tomifobia, aval d'Ayer's Cliff									
3B	Lac Massawippi, baie Bacon				0,11(8)	< 0,10(7)	< 0,10(3)			
5B	Lac Massawippi, ruisseau McConnell				< 0,10(5)	< 0,10(2)				
8B	Lac Massawippi, ruisseau pont couvert Lac Massawippi (1997)		0,14(5)		< 0,10(5)	< 0,10(6)	< 0,10(3)		0,12(6)	0,23(2)
10	Lac Lovering Lac Lovering (1997)				< 0,10(9)	< 0,10(9)	< 0,10(9)		0,11(2)	0,13(2)
							0,05(6)		0,06(3)	

() : Nombre de poissons

Étude des causes de la contamination des poissons

Tableau 3.3 Teneurs en mercure des prélèvements (eau de surface, eaux usées, sédiments et meuniers noirs entiers) effectués en 1999

Station n°	Description	Eau de surface (mg/L)	Eaux usées brutes (mg/L)	Eaux usées traitées (mg/L)	Sédiments (mg/kg)	Meuniers noirs entiers (mg/kg)
Bassin versant du lac Massawippi						
1	Rivière Tomifobia, en amont de Stanstead	< 0,0001			< 0,12	0,08
2	Rivière Tomifobia, à Tomifobia	< 0,0001			< 0,12	0,12
3	Rivière Tomifobia, en aval d'Ayer's Cliff	< 0,0001			< 0,12	0,06
3B	Lac Massawippi, secteur baie Bacon					< 0,03
4	Station d'épuration d'Ayer's Cliff		< 0,0003	< 0,0003		
5	Ruisseau McConnell	< 0,0001			< 0,12	
5B	Lac Massawippi, secteur ruisseau McConnell					< 0,03
8	Ruisseau non identifié, ancien pont couvert	< 0,0001			< 0,12	
8B	Lac Massawippi, secteur ruisseau ancien pont couvert					< 0,03
Bassin versant du lac Lovering						
6	Lieu d'enfouissement sanitaire		< 0,0003	< 0,0003		
9	Ruisseau non identifié, vers le lac Lovering, près de l'exutoire				< 0,12	
10A	Lac Lovering, secteur nord					0,08
10B	Lac Lovering, secteur sud					0,06
Bassin versant de la rivière Magog						
7	Ruisseau Boily, au nord d'un lieu d'enfouissement sanitaire, exutoire de l'étang artificiel	< 0,0001			< 0,12	

mais excèdent légèrement celui de 0,057 mg/kg (U.S.EPA, 1995) pour la protection de la faune piscivore dans la rivière Tomifobia et le lac Lovering.

Le mercure n'a pas été détecté dans l'affluent ou l'effluent de la station d'épuration d'Ayer's Cliff, ni dans les eaux du lixiviat brut ou traitées d'un lieu d'enfouissement sanitaire. Le seuil de détection de la méthode d'analyse était cependant relativement élevé (< 0,0003 mg/l ou < 300 ng/L).

Parmi les composantes étudiées dans le milieu aquatique, seuls les meuniers noirs montrent une contamination légèrement supérieure à un des critères. La contamination observée révèle que la rivière Tomifobia et le lac Lovering seraient plus contaminés par le mercure que le lac Massawippi. La contamination par le mercure notée au lac Lovering ne peut être expliquée avec les données disponibles actuellement. En ce qui concerne la rivière Tomifobia, les activités humaines ou la déposition atmosphérique seraient susceptibles d'en être la cause.

3.2.2 Contamination par le mercure de la chair des poissons

Les analyses de mercure ont été effectuées dans la chair de six espèces de poissons capturés dans la rivière Tomifobia et dans les lacs Massawippi et Lovering. Les résultats sont présentés au tableau 3.4. Des teneurs en mercure relativement élevées et supérieures à la directive de 0,5 mg/kg de Santé Canada pour la commercialisation des produits de la pêche sont observées dans les touladis capturés au lac Lovering. Celles-ci atteignent des valeurs comprises entre 1,65 et 2,00 mg/kg, soit plus de 3 à 4 fois supérieures au critère. Ces valeurs contrastent avec celles mesurées au lac Massawippi qui sont de 2,4 à 3,9 fois plus faibles dans les touladis. Pour la même espèce, au lac Massawippi, seules les mesures dans les gros spécimens (0,81 mg/kg) excèdent la directive de 0,5 mg/kg. On note aussi que les teneurs en mercure dans les achigans à petite bouche et les brochets maillés capturés au lac Lovering dépassent le critère, alors que ce n'est pas le cas au lac Massawippi. Toutefois, les barbottes brunes, les perchaudes et les grands corégones montrent des valeurs inférieures à la directive.

3.3 Biphényles polychlorés (BPC)

Le terme générique biphényles polychlorés (BPC) désigne un groupe de 209 congénères, chacun contenant un nombre donné d'atomes de chlore autour d'un noyau biphényle. Tous les

BPC produits en Amérique du Nord ont été fabriqués sous l'appellation commerciale « Arochlore ». Ces préparations ont été largement utilisées comme fluides diélectriques dans des circuits électriques fermés. Elles ont également été employées dans les plastifiants, les fluides caloporteurs, les liquides hydrauliques, les lubrifiants, les matières de charge de la cire et les adhésifs spéciaux. On en retrouve à de faibles teneurs dans les colorants de textiles et les encres. Au Canada, les préparations commerciales de BPC ne sont actuellement utilisées que dans les équipements électriques fermés fabriqués avant 1980 (CCME, 1999). La fabrication des BPC a été interdite en Amérique du Nord en 1977.

En raison de la persistance des BPC et de leur très vaste distribution, ils constituent toujours une menace pour la faune. La bioaccumulation est un aspect crucial du devenir des BPC dans l'environnement. Étant donné leur solubilité élevée dans les lipides et leur faible vitesse de métabolisation et d'élimination, les BPC s'accumulent dans presque tous les organismes et peuvent atteindre des concentrations relativement élevées. Chez les mammifères, les manifestations courantes d'une exposition aux BPC comprennent l'hépatotoxicité, l'immunotoxicité, la neurotoxicité, des effets sur la reproduction, une ulcération et une nécrose gastrointestinales. Le schéma de toxicité des BPC varie considérablement d'une espèce à l'autre (CCME, 1999).

Compte tenu de la toxicité des BPC, des critères ont été établis selon les milieux par différents organismes gouvernementaux.

3.3.1 Contamination par les BPC de l'eau, des sédiments et des meuniers noirs entiers

Les teneurs mesurées dans le milieu aquatique varient de manière très importante selon les sites d'échantillonnage. Elles fluctuent de 180 à 1700 pg/L dans l'eau de surface, de 765 à 4100 ng/kg dans les sédiments et de 7500 à 79 000 ng/kg dans les meuniers noirs entiers (annexes 5 à 9). Les concentrations détectées dans l'eau de surface demeurent inférieures au critère d'eau potable de 500 ng/L (MOE, 2000), mais excèdent le critère pour la protection de la faune piscivore de 120 pg/L (MEF, 1998). Dans les sédiments, les teneurs en BPC pondérées pour 1 % de carbone total sont toutes inférieures au seuil sans effet de 0,02 mg/kg (Environnement Canada, 1992). Pour les meuniers noirs entiers, les teneurs sont inférieures au critère pour la consommation humaine de 2 mg/kg établi par

Étude des causes de la contamination des poissons

Tableau 3.4 Teneurs moyennes en mercure (mg/kg) dans la chair des poissons capturés dans la rivière Tomifobia, le lac Massawippi et le lac Lovering en 1999

Station n°	Description	Achigan à petite bouche			Barbotte brune			Brochet maillé		
		Petit	Moyen	Gros	Petit	Moyen	Gros	Petit	Moyen	Gros
1	Rivière Tomifobia, amont Stanstead									
2	Rivière Tomifobia, à Tomifobia									
3	Rivière Tomifobia, aval d'Ayer's Cliff							0,23(2)		
3B	Lac Massawippi, baie Bacon	0,07(3)	0,10(5)	0,22(7)						
5B	Lac Massawippi, ruisseau McConnell	0,20(1)	0,22(2)	0,28(4)						
8B	Lac Massawippi, ruisseau pont couvert	<0,03(3)	0,12(6)							
	Lac Massawippi (1997-98)								0,38(1)	
10	Lac Lovering	0,45(8)	0,69(6)	1,18(8)	0,04(1)	0,10(3)	0,16(2)	0,78(4)		
	Lac Lovering (1997)						0,27(2)	0,66(5)		

(): Nombre de poissons

Tableau 3.4 (suite) Teneurs moyennes en mercure (mg/kg) dans la chair des poissons capturés dans la rivière Tomifobia, le lac Massawippi et le lac Lovering en 1999

Station n°	Description	Grand corégone			Perchaude			Touladi		
		Petit	Moyen	Gros	Petit	Moyen	Gros	Petit	Moyen	Gros
1	Rivière Tomifobia, amont Stanstead									
2	Rivière Tomifobia, à Tomifobia									
3	Rivière Tomifobia, aval d'Ayer's Cliff				0,26(2)					
3B	Lac Massawippi, baie Bacon				<0,03(8)	<0,03(7)	0,18(3)			
5B	Lac Massawippi, ruisseau McConnell				<0,03(5)	0,11(2)				
8B	Lac Massawippi, ruisseau pont couvert				<0,03(5)	<0,03(6)				
	Lac Massawippi (1997-98)	0,26(2)	0,24(5)	0,50(1)				0,46(5)	0,48(6)	0,81(7)
10	Lac Lovering				0,12(9)	0,33(9)	0,41(9)		1,65(2)	1,95(2)
	Lac Lovering (1997)						0,35(6)		2,00(3)	1,50(1)

(): Nombre de poissons



Santé Canada et à celui pour la protection de la faune piscivore de 160 µg/kg (U.S.EPA,1995).

Dans les sédiments, le domaine de variation s'étend de 287 à 3039 ng/kg, lorsque les résultats sont pondérés pour 1 % de carbone organique, et de 5137 à 89 434 ng/kg dans les poissons, lorsqu'ils sont pondérés pour 3 % de gras. Pour les sédiments et les poissons, les teneurs des composés organiques lipophiles sont réputées être influencées par le pourcentage de carbone organique total et le pourcentage de gras, selon le cas. L'interprétation subséquente des résultats sera faite sur la base des données uniformisées. Le tableau 3.5 présente les teneurs en BPC des prélèvements d'eau de surface, de sédiments et de meuniers noirs ainsi que des prélèvements d'eaux usées municipales et d'eaux de lixiviation. Dans le cas des sédiments, il est à souligner que les critères pour les substances organiques sont établis sur la base de 1 % de carbone total.

Les valeurs les plus faibles ont été mesurées pour l'eau (180 pg/L), les sédiments (287 ng/kg) et les poissons (5137 ng/kg) à la station témoin située en amont de Stanstead, sur la rivière Tomifobia. Les valeurs les plus élevées sont, quant à elles, mesurées à des endroits différents selon les composantes. Elles s'observent dans l'eau (1700 pg/L) de la rivière Tomifobia, en aval d'Ayer's Cliff, dans les sédiments (3714 ng/kg) du ruisseau McConnell et dans les poissons (89434 et 86 066 ng/kg) du lac Massawippi, dans les secteurs du ruisseau « ancien pont couvert » vers le lac Massawippi et de la baie Bacon respectivement.

Des BPC ont été détectés dans les eaux de lixiviation brutes (1 000 000 pg/L) et du lixiviat traité (28 500 pg/L) d'un lieu d'enfouissement sanitaire. Le traitement par insufflation d'air réduit considérablement (35 fois) la teneur en BPC des eaux de lixiviation. Il reste à déterminer si les BPC demeurent dans les boues issues du traitement ou s'ils sont entraînés dans l'air. Des BPC ont aussi été détectés dans l'affluent (9 400 pg/L) et l'effluent (480 pg/L) de la station d'épuration d'Ayer's Cliff. Le débit moyen de l'effluent y est de 1094 m³/jour. Sur la base de la teneur en BPC et du débit mesuré lors de l'échantillonnage, cet effluent rejetterait une charge en BPC évaluée à 0,5 mg/jour dans la rivière Tomifobia, juste en amont de la station d'échantillonnage située en aval d'Ayer's Cliff.

La teneur en BPC dans l'eau en aval d'Ayer's Cliff (1700 pg/L) est beaucoup plus élevée que celles mesurées aux deux autres sites sur cette

rivière. Elle est 9,4 fois supérieure à celle mesurée à la station témoin située dans la partie amont de la rivière, en amont de Stanstead (180 pg/L), et 6,3 fois supérieure à celle mesurée dans sa partie intermédiaire, à Tomifobia (270 pg/L). On note une augmentation non négligeable entre Stanstead et la station de Tomifobia plus en aval, mais le plus fort accroissement se produit dans la dernière partie entre Tomifobia et l'aval d'Ayer's Cliff. La quantité de BPC véhiculée par cette rivière au niveau d'Ayer's Cliff représente une charge d'environ 2900 mg/jour, en considérant un débit de 19,7 m³/s au moment du prélèvement. De cette quantité, seulement une très faible part provient de l'effluent de la station d'épuration d'Ayer's Cliff, soit 0,5 mgBPC/jour.

Ces données révèlent qu'il existe une ou des source(s) de contamination relativement importante(s) en amont d'Ayer's Cliff. À cet endroit, la contamination peut provenir de la rivière Tomifobia ou de la rivière Nigger, laquelle n'a pas été échantillonnée dans le cadre de ce programme. Néanmoins, le secteur de la rivière Tomifobia compris entre Stanstead et Tomifobia montre une contamination notable par les BPC. Celle-ci est toutefois de moindre niveau qu'en aval de Tomifobia. Les données actuelles ne permettent pas de déterminer la provenance des BPC. Il est à noter cependant la présence d'une ancienne voie ferrée dans ce secteur de la rivière, laquelle a été convertie en piste cyclable sur 13 de ses 19 km. Des dormants traités ont été laissés sur place à certains endroits.

Dans les sédiments et les poissons, les teneurs en BPC augmentent respectivement de 5,7 et 9,5 fois entre l'amont de Stanstead et l'aval d'Ayer's Cliff. Ainsi, elles passent de 287 à 1636 ng/kg dans les sédiments et de 5137 à 48 789 ng/kg dans les meuniers noirs entiers. Ces résultats confirment les observations constatées relatives à l'eau. De plus, la teneur en BPC mesurée dans les meuniers noirs entiers (86 066 ng/kg) capturés dans le lac Massawippi, dans le secteur de la baie Bacon, près de l'embouchure de la rivière Tomifobia, montrait une contamination deux fois plus élevée que celle observée sur la rivière Tomifobia en aval d'Ayer's Cliff. L'apport en BPC de la rivière Tomifobia a donc un impact non négligeable sur le lac Massawippi.

Aux autres sites d'étude, les concentrations en BPC dans l'eau oscillent entre 230 et 310 pg/L. Ces résultats sont indicatifs d'une contamination en BPC, par rapport à la station témoin qui ne

Étude des causes de la contamination des poissons

Tableau 3.5 Teneurs en biphényles polychlorés (BPC) des prélèvements (eau de surface, eaux usées, sédiments et meuniers noirs entiers) effectués en 1999

Station n°	Description	Eau de surface (pg/L)	Eaux usées brutes (pg/L)	Eaux usées traitées (pg/L)	Sédiments ¹ (ng/kg)	Meuniers noirs entiers ² (ng/kg)
Bassin versant du lac Massawippi						
1	Rivière Tomifobia, en amont de Stanstead	180			287	5137
2	Rivière Tomifobia, à Tomifobia	270			1000	14 180
3	Rivière Tomifobia, en aval d'Ayer's Cliff	1700			1636	48 789
3B	Lac Massawippi, secteur baie Bacon					86 066
4	Station d'épuration d'Ayer's Cliff		9400	480 ⁽³⁾		
5	Ruisseau McConnell	310 ⁽⁴⁾			3039	
5B	Lac Massawippi, secteur ruisseau McConnell					60 952
8	Ruisseau non identifié, ancien pont couvert	260			628	
8B	Lac Massawippi, secteur ruisseau ancien pont couvert					89 434
Bassin versant du lac Lovering						
6	Lieu d'enfouissement sanitaire		1 000 000 ⁽⁵⁾	28 500 ⁽⁵⁾		
9	Ruisseau non identifié, vers le lac Lovering, près de l'exutoire				911	
10A	Lac Lovering, secteur nord					36 449
10B	Lac Lovering, secteur sud					21 951
Bassin versant de la rivière Magog						
7	Ruisseau Boly, au nord d'un lieu d'enfouissement sanitaire, exutoire de l'étang artificiel	230			1031	

1. Les résultats d'analyses des sédiments ont été corrigés pour 1 % de carbone.

2. Les résultats d'analyses des meuniers noirs entiers ont été corrigés pour 3 % de gras.

3. Le laboratoire a éprouvé des difficultés lors de l'analyse des biphényles polychlorés pour ces échantillons. En raison de la nature et du volume (1 litre) des échantillons soumis pour analyse, des limites de détection plus élevées en BPC ont été observées, diminuant la précision des résultats obtenus. Seul le résultat d'une des 3 journées d'échantillonnage est présenté.

4. Compte tenu des résultats de la caractérisation effectuée par la Direction des enquêtes, cette valeur n'est peut-être pas représentative de l'impact du terrain de l'ancien récupérateur.

5. Moyenne des résultats d'analyse des prélèvements effectués.



présente qu'une concentration de 180 pg/L. Pour ce groupe de stations, la teneur la plus élevée a été mesurée dans le ruisseau McConnell (310 pg/l), soit 1,7 fois celle de la station témoin. Cette contamination proviendrait d'un terrain situé dans la partie amont de ce cours d'eau. Le débit de ce dernier n'a pas été évalué, mais il paraît beaucoup plus faible que celui de la rivière Tomifobia. Pour le lac Massawippi, l'apport en BPC provenant du ruisseau McConnell, est sans aucun doute moins considérable que celui de la rivière Tomifobia. Bien qu'elle soit non négligeable, la contamination de ce ruisseau semble avoir une influence locale, comme le montrent les teneurs en BPC dans les sédiments (3039 ng/kg), dont le niveau de contamination est de 10,6 fois supérieur à celui de la station témoin. Les meuniers noirs entiers (60 952 ng/kg) capturés dans ce secteur montrent aussi une teneur beaucoup plus élevée que le site témoin, de 11,9 fois supérieure. Toutefois, puisque les poissons sont mobiles, la contamination de ces organismes ne peut être attribuée spécifiquement à ce site. Ils demeurent susceptibles d'être influencés par d'autres sources de contamination. Il est à noter que la contamination des meuniers noirs entiers capturés dans le lac Massawippi varie peu et se situe entre 60 952 et 89 434 ng/kg.

Le second site en importance pour la contamination en BPC dans l'eau est le ruisseau « ancien pont couvert » vers le lac Massawippi, où la concentration atteint 260 pg/L, soit 1,4 fois celle mesurée à la station témoin. L'origine de cette contamination n'est pas connue. Son importance demeure en apparence beaucoup plus faible que celle de la rivière Tomifobia, compte tenu du débit estimé visuellement. Toutefois, son influence locale n'est pas négligeable puisque les sédiments (628 ng/kg) montrent une teneur en BPC deux fois supérieure à celle du site témoin. Pour les meuniers noirs entiers (89 434 ng/kg) capturés dans ce secteur, les teneurs en BPC sont 17 fois supérieures à celle du site témoin. Ici encore, la contamination des poissons ne peut être attribuée spécifiquement à ce site, pour les mêmes raisons que celles mentionnées précédemment.

Le dernier site échantillonné pour l'eau est situé sur le ruisseau Boily (230 pg/L). La teneur mesurée y est légèrement supérieure (1,3 fois) à celle du site témoin (180 pg/L). Le ruisseau Boily se draine vers la rivière Magog et n'a pas d'incidence sur le lac Massawippi. Le débit au site d'échantillonnage est apparemment faible. L'im-

port sur la rivière Magog paraît donc de peu d'importance. Les sédiments (1031 ng/kg) montrent, quant à eux, une contamination en BPC 3,6 fois supérieure au site témoin (287 ng/kg). La contamination du ruisseau Boily est susceptible de provenir d'un lieu d'enfouissement sanitaire, compte tenu du sens de l'écoulement des eaux souterraines et de la présence de BPC dans les eaux de lixiviation avant et après traitement. Les poissons n'ont pas été échantillonnés dans le ruisseau Boily.

Un autre site d'intérêt est situé sur un ruisseau non identifié coulant vers le lac Lovering. Celui-ci a été échantillonné seulement pour les sédiments et les poissons. La teneur en BPC dans les sédiments (911 ng/kg) est 3,2 fois supérieure à celle au site témoin et révèle une contamination par les BPC. Le niveau de contamination des meuniers noirs entiers capturés dans la partie nord du lac Lovering (36 449 ng/kg), dans le secteur du ruisseau échantillonné, est approximativement deux fois plus faible que celui mesuré au lac Massawippi, mais sept fois plus élevé que celui de la station témoin.

La source de la contamination en BPC est susceptible d'être le lieu d'enfouissement sanitaire, du fait que ce ruisseau prend son origine sur le site même et que dans le passé (jusqu'à 1997) les eaux de lixiviation traitées y étaient rejetées. Les résultats des analyses effectuées montrent une teneur en BPC des eaux de lixiviation après traitement de 28 500 pg/L. Bien que ces eaux ne soient plus déversées dans le ruisseau, l'analyse des sédiments récents révèle qu'il demeure une contamination résiduelle en BPC en provenance du site. L'ampleur actuelle de cette contamination reste à préciser. Étant donné que les rejets passés, mais relativement récents, ont probablement contaminé les sédiments du lac Lovering, lesquels n'ont pas été analysés, la contamination des meuniers noirs entiers peut provenir en partie de la déposition des BPC dans les sédiments.

L'ensemble de ces résultats démontre que la contamination par les BPC observée chez les poissons du lac Massawippi provient en majeure partie d'une ou des source(s) située(s) sur le bassin de la rivière Tomifobia. Toutefois la rivière Nigger n'a pas fait l'objet d'investigation dans le cadre de la présente étude. Les autres tributaires ont une contribution non négligeable d'un point de vue environnemental, mais de moindre importance. L'origine de la contamination provenant du ruisseau « ancien pont couvert » vers le lac Massawippi reste également à préciser.

Par ailleurs, le ruisseau qui prend sa source sur le site d'enfouissement semble constituer une source de contamination en BPC pour le lac Lovering. Des analyses de l'eau de ce ruisseau seront nécessaires pour juger de l'importance de cette source.

3.3.2 Contamination par les BPC de la chair des poissons

Les teneurs en BPC ont été mesurées dans la chair de six espèces de poissons capturés dans la rivière Tomifobia et dans les lacs Massawippi et Lovering. Les résultats d'analyse apparaissent au tableau 3.6. Toutes les concentrations en BPC sont inférieures à la directive de 2000 µg/kg édictée par Santé Canada pour la commercialisation des produits de la pêche. Toutefois, les teneurs mesurées dans les touladis capturés au lac Massawippi (307 à 882 µg/kg) et au lac Lovering (205 à 275 µg/kg) sont beaucoup plus élevées que celles des autres espèces. Celles-ci sont indicatrices d'une contamination anormalement élevée par les BPC et s'ajoutent aux teneurs des autres contaminants, comme les dioxines et furannes et le mercure, qui ont été détectées dans ces mêmes poissons (voir section suivante pour les dioxines et furannes). L'évaluation de la contamination doit donc prendre en considération l'ensemble de ces substances toxiques.

Les biphényles polychlorés s'accumulent peu dans la chair des autres espèces de poissons piscivores, du fait que leur chair présente un taux de gras beaucoup plus faible que le touladi. Dans ces autres espèces, les teneurs varient de 2,3 à 48 µg/kg.

3.4 Dioxines et furannes

Les polychlorodibenzo-p-dioxines (PCDD) et les polychlorodibenzofurannes (PCDF) sont des composés aromatiques planaires, qui forment des groupes de 75 et 135 congénères respectivement. Les congénères sont différenciés par le nombre et la position des atomes de chlore sur les noyaux aromatiques. Les PCDD et les PCDF sont des sous-produits formés lors d'activités anthropogéniques, incluant l'incinération des déchets, la synthèse chimique, le raffinage du pétrole, la combustion du bois, les procédés métallurgiques, la combustion de l'essence dans les véhicules automobiles, la combustion de l'huile à chauffage et la production d'électricité utilisant le charbon. Dans le passé, les usines de pâtes et papiers produisaient des quantités significatives de PCDD et PCDF, mais l'amélioration des procé-

dés (la substitution du chlore utilisé comme agent de blanchiment) à la suite de l'adoption d'un règlement en 1992 (CCME, 2000) a réduit considérablement ces émissions. La synthèse des composés phénoliques chlorés amène aussi la production de PCDD et PCDF comme impureté.

Les dioxines et furannes peuvent être accumulés par les organismes aquatiques, soit directement à partir de l'eau ou de l'ingestion de nourriture. Ils se concentrent principalement dans les tissus adipeux. La toxicité des différents congénères est variable; ceux qui contiennent des atomes de chlore en position 2,3,7,8 sont les plus toxiques. Des facteurs d'équivalence ont été établis par rapport au congénère le plus toxique, soit la 2,3,7,8-tétrachlorodibenzo-p-dioxine (2,3,7,8-T4CDD). Les effets toxiques observés chez les mammifères comprennent la perte de poids et de poils, la chloracné et l'œdème. Les effets biochimiques les plus communs incluent l'activation d'enzymes spécifiques et la suppression du système immunitaire. De nombreuses études ont montré que la 2,3,7,8-T4CDD est toxique pour le fœtus et tératogène chez les rats. Plusieurs études indiquent que l'exposition chronique à de faibles doses de la 2,3,7,8-T4CDD peut causer une augmentation de l'incidence des tumeurs, en plus d'être considérée comme carcinogène chez les mammifères (CCME, 2000).

Compte tenu de la toxicité des dioxines et furannes, des critères ont été établis selon les milieux par différents organismes gouvernementaux.

3.4.1 Contamination par les dioxines et furannes (en équivalent toxique à la 2,3,7,8-T4CDD) de l'eau, des sédiments et des meuniers noirs entiers

Les teneurs en sept polychlorodibenzo-p-dioxines (dioxines) et en dix polychlorodibenzofurannes (furannes) ont été mesurées individuellement dans l'eau de surface, les sédiments et les poissons (meuniers noirs entiers) ainsi que dans les eaux usées municipales et les eaux de lixiviation. Parmi ces substances, on considère que la 2,3,7,8-tétrachlorodibenzo-p-dioxine (2,3,7,8-T4CDD) est celle qui présente le plus haut niveau de toxicité. La toxicité totale de l'échantillon est déterminée en multipliant la concentration de chacune des substances par son facteur d'équivalence (CCME, 2000) et en sommant les résultats obtenus. L'interprétation des résultats sera faite en comparant la teneur totale en équivalent toxique à la 2,3,7,8-T4CDD.



Étude des causes de la contamination des poissons

Tableau 3.6 Teneurs moyennes en BPC¹ (ug/kg) dans la chair des poissons capturés dans le lac Massawippi et le lac Lovering en 1999

Station n°	Description	Achigan à petite bouche			Barbotte			Brochet maillé		
		Petit	Moyen	Gros	Petit	Moyen	Gros	Petit	Moyen	Gros
3B	Lac Massawippi, baie Bacon									
5B	Lac Massawippi, ruisseau McConnell		22,0(2)							
8B	Lac Massawippi, ruisseau pont couvert		20,0(6)							
	Lac Massawippi (1997-98) ¹									
10	Lac Lovering		8,3(6)	9,3(8)		3,4(3)	8,0(2)	2,3(4)		
	Lac Lovering (1997) ¹						<40(2)	<40(5)		

1 : teneurs en BPC en Aroclor 1254

Tableau 3.6 (suite) Teneurs moyennes en BPC¹ (ug/kg) dans la chair des poissons capturés dans le lac Massawippi et le lac Lovering en 1999

Station n°	Description	Grand corégone			Perchaude			Touladi		
		Petit	Moyen	Gros	Petit	Moyen	Gros	Petit	Moyen	Gros
3B	Lac Massawippi, baie Bacon					10,0(7)	48,0(3)			
5B	Lac Massawippi, ruisseau McConnell					10,0(2)				
8B	Lac Massawippi, ruisseau pont couvert					19,0(6)				
	Lac Massawippi (1997-98) ¹		130(5)						307(6)	882(7)
10	Lac Lovering				5,4(9)	3,0(9)	3,0(9)		205(2)	275(2)
	Lac Lovering (1997) ¹						< 40(6)		230(3)	

1 : teneurs en BPC en Aroclor 1254

Les teneurs en équivalent toxique mesurées dans le milieu aquatique varient de manière très importante selon les sites d'échantillonnage. Les concentrations fluctuent de 0,002 à 0,161 pg/L dans l'eau, de 0,145 à 1,278 ng/kg dans les sédiments et de 0,063 à 0,900 ng/kg dans les meuniers noirs entiers (annexes 5 à 9). Les concentrations détectées dans l'eau demeurent inférieures au critère d'eau potable de 15 pg/L (MOE, 2000), mais excèdent le critère pour la protection de la faune piscivore de 0,0031 pg/L (MEF, 1998) à tous les sites, à l'exception du ruisseau Boily (0,002 pg/L). Dans les sédiments, les teneurs en équivalent toxique pondérées pour 1 % de carbone organique sont toutes inférieures au seuil d'effets mineurs de 0,85 ng/kg (Environnement Canada, 1992). Pour les meuniers noirs entiers, les teneurs demeurent aussi toutes inférieures au critère pour la consommation humaine de 15 ng/kg établi par Santé Canada, et le critère pour la protection de la faune piscivore de 0,66 ng/kg (CCME, 2000) n'est dépassé qu'en aval d'Ayer's Cliff (0,934 ng/kg).

Dans les sédiments, le domaine de variation s'étend de 0,11 à 0,475 ng/kg lorsque les résultats sont pondérés pour 1 % de carbone organique total et de 0,043 à 0,934 ng/kg dans les poissons, lorsqu'ils sont pondérés pour 3 % de gras. Pour les poissons et les sédiments, les teneurs des composés organiques lipophiles sont réputées être influencées par le pourcentage de carbone organique total et le pourcentage de gras, selon le cas. L'interprétation subséquente des résultats pour les sédiments et les poissons sera faite sur la base des résultats uniformisés, afin de pouvoir les comparer adéquatement. Le tableau 3.7 présente les teneurs en équivalent toxique à la 2,3,7,8-T4CDD des différents prélèvements effectués. Dans le cas des sédiments, il est à souligner que les critères pour les substances organiques sont établis sur la base de 1 % de carbone total.

Les valeurs les plus faibles ont été mesurées à trois endroits différents : pour l'eau (0,002 pg/L), dans le ruisseau Boily; pour les sédiments (0,11 ng/kg), dans le ruisseau McConnell, et pour les poissons (0,043 ng/kg), à la station témoin située en amont de Stanstead sur la rivière Tomifobia. Les valeurs les plus élevées sont quant à elles mesurées à deux endroits différents. Pour l'eau (0,161 pg/L), elles s'observent dans le ruisseau « ancien pont couvert » vers le lac Massawippi; pour les sédiments (0,475 ng/kg) et les poissons (0,934 ng/kg), dans la rivière Tomifobia en aval d'Ayer's Cliff.

Des dioxines et furannes ont été détectés dans les eaux de lixiviation avant traitement (1925 pg/L en équivalent toxique) et après traitement (0,085 pg/L en équivalent toxique). Le traitement par insufflation d'air réduit considérablement (23 fois) la teneur en dioxines et furannes des eaux de lixiviation. Il reste à déterminer si ces substances demeurent dans les boues de traitement ou si elles sont entraînées dans l'air.

Des dioxines et furannes ont aussi été détectés dans l'affluent (0,525 pg/L en équivalent toxique) et l'effluent (4,15 pg/L en équivalent toxique) de la station d'épuration d'Ayer's Cliff. Lors de la campagne, le débit moyen de l'effluent municipal a été de 1094 m³/jour. Sur la base de la teneur en équivalent toxique et du débit mesuré lors de l'échantillonnage, cet effluent rejetterait une charge en équivalent toxique évaluée à environ 4,58 µg/jour dans la rivière Tomifobia, juste en amont du site d'échantillonnage situé en aval d'Ayer's Cliff. Il convient de préciser que les dioxines et furannes n'ont pu être dosés dans l'effluent de la station d'épuration que pour une seule des trois journées d'échantillonnage (19-20 août 1999). La teneur en équivalent toxique à la 2,3,7,8 T4CDD de l'effluent pour cette journée est supérieure à celle obtenue dans les eaux usées municipales à la suite du dosage du congénère 2,3,7,8 T4CDD (qui a le plus fort facteur de pondération). Cette mesure a été rendue possible en raison de limites de détection obtenues pour l'échantillon d'effluent municipal.

La teneur en équivalent toxique dans l'eau de la rivière Tomifobia en aval d'Ayer's Cliff (0,065 pg/L) est beaucoup plus élevée que celles mesurées aux deux autres sites sur cette rivière. Elle est 5,9 fois supérieure à celle mesurée à la station témoin située dans la partie amont de cette rivière, en amont de Stanstead (0,011 pg/L), et 3,6 fois supérieure à celle mesurée dans la partie intermédiaire, à Tomifobia (0,018 pg/L). On note une augmentation non négligeable entre Stanstead et la station de Tomifobia plus en aval, mais le plus fort accroissement se produit dans la dernière partie, entre Tomifobia et l'aval d'Ayer's Cliff. La quantité, en équivalent toxique, de dioxines et furanes véhiculée par la rivière Tomifobia au niveau d'Ayer's Cliff représente une charge de 111 µg/jour, en considérant un débit de 19,7 m³/s au moment du prélèvement. De cette quantité, seulement une faible part provient de l'effluent de la station d'épuration d'Ayer's Cliff, soit 4,58 µg/jour en équivalent toxique.

Tableau 3.7 Teneurs en dioxines et furannes¹ des prélèvements (eau de surface, eaux usées, sédiments et meuniers noirs entiers) effectués en 1999

Station n°	Description	Eau de surface (pg/L)	Eaux usées brutes (pg/L)	Eaux usées traitées (pg/L)	Sédiments ² (ng/kg)	Meuniers noirs entiers ³ (ng/kg)
Bassin versant du lac Massawippi						
1	Rivière Tomifobia, en amont de Stanstead	0,011			0,141	0,043
2	Rivière Tomifobia, à Tomifobia	0,018			0,303	0,059
3	Rivière Tomifobia, en aval d'Ayer's Cliff	0,065			0,475	0,934
3B	Lac Massawippi, secteur baie Bacon					0,167
4	Station d'épuration d'Ayer's Cliff		0,525 ⁽⁴⁾	4,15 ⁽⁵⁾		
5	Ruisseau McConnell	0,015			0,11	
5B	Lac Massawippi, secteur ruisseau McConnell					0,068
8	Ruisseau non identifié, ancien pont couvert	0,161			0,314	
8B	Lac Massawippi, secteur ruisseau ancien pont couvert					0,17
Bassin versant du lac Lovering						
6	Lieu d'enfouissement sanitaire		1,925 ⁽⁴⁾	0,085 ⁽⁴⁾		
9	Ruisseau non identifié, vers le lac Lovering, près de l'exutoire				0,123	
10A	Lac Lovering, secteur nord					0,11
10B	Lac Lovering, secteur sud					0,21
Bassin versant de la rivière Magog						
7	Ruisseau Boily, au nord d'un lieu d'enfouissement sanitaire, exutoire de l'étang artificiel	0,002			0,399	

1. Teneur en équivalent toxique à la 2,3,7,8-T4CDD selon des facteurs de pondération variant de 0,001 à 1,0 par congénère.
2. Les résultats d'analyses des sédiments ont été corrigés pour 1 % de carbone.
3. Les résultats d'analyses des meuniers noirs entiers ont été corrigés pour 3 % de gras.
4. En raison de la nature et du volume (1 litre) des échantillons soumis pour analyse, des limites de détection plus élevées en dioxines et furannes ont été observées, diminuant la précision des résultats obtenus.
5. Des limites de détection plus basses ont été obtenues lors de l'analyse des dioxines et furannes pour cet échantillon, permettant la quantification du congénère 2,3,7,8 T4CDD.
6. Moyenne des résultats d'analyse des prélèvements effectués.

Ces données révèlent qu'il existe une ou des source(s) de contamination relativement importante(s) en amont d'Ayer's Cliff. À cet endroit, la contamination peut provenir de la rivière Tomifobia ou de la rivière Nigger, laquelle n'a pas été échantillonnée dans le cadre ce programme préliminaire. Néanmoins, le secteur de la rivière Tomifobia compris entre Stanstead et Tomifobia montre une contamination notable par les dioxines et furannes. Celle-ci est toutefois de moindre niveau qu'en aval de Tomifobia. Les données actuelles ne permettent pas de déterminer la provenance de ces substances.

Dans les sédiments et les poissons, les teneurs en équivalent toxique pour les dioxines et furannes augmentent respectivement de 3,4 et 21,7 fois entre l'amont de Stanstead et l'aval d'Ayer's Cliff. Ainsi, elles passent de 0,141 à 0,475 ng/kg dans les sédiments et de 0,043 à 0,934 ng/kg dans les meuniers noirs entiers. Ces résultats confirment les observations relatives à l'eau de surface. Toutefois, la teneur en équivalent toxique mesurée dans les meuniers noirs entiers (0,167 ng/kg) capturés dans le lac Massawippi dans le secteur la baie Bacon, près de l'embouchure de la rivière Tomifobia, montrait une contamination 5,6 fois plus faible que celle observée sur la rivière Tomifobia en aval d'Ayer's Cliff. Bien qu'elle soit moins élevée, elle demeure encore 3,9 fois supérieure à celle mesurée à la station témoin située en amont de Stanstead. L'apport en dioxines et furannes provenant de la rivière Tomifobia a donc un impact non négligeable sur le lac Massawippi.

Aux autres sites d'étude, les concentrations en équivalent toxique dans l'eau de surface oscillent entre 0,002 et 0,161 pg/L, mais seule la valeur la plus élevée se démarque, les deux autres étant similaires à celle observée au site témoin (0,011 pg/L). Pour ce groupe de stations, la teneur la plus élevée a été mesurée dans le ruisseau « ancien pont couvert » vers le lac Massawippi (0,161 pg/L); elle est 14,6 fois plus grande que celle de la station témoin. L'origine de cette contamination reste à préciser. Le débit du ruisseau n'a pas été évalué, mais il paraît visuellement beaucoup plus faible que celui de la rivière Tomifobia. L'importance de la contamination en provenance du ruisseau « ancien pont couvert », pour le lac Massawippi, est sans aucun doute moins considérable que celle de la rivière Tomifobia. Bien qu'elle soit non négligeable, la contamination de ce ruisseau semble avoir une influence locale, comme le montrent les teneurs en dioxines et furannes dans les sédiments (0,314 ng/kg en équivalent toxique), dont le ni-

veau de contamination est de 2,2 fois supérieur à celui de la station témoin. Les meuniers noirs entiers (0,170 ng/kg en équivalent toxique) capturés dans ce secteur montrent également une teneur beaucoup plus élevée que ceux du site témoin, de 4 fois supérieure. Toutefois, puisque les poissons sont mobiles, leur contamination ne peut être attribuée spécifiquement à ce site. Ils demeurent donc susceptibles d'être influencés par la contamination provenant de la rivière Tomifobia. Il est à noter que la contamination des meuniers noirs entiers capturés dans le lac Massawippi varie peu entre les secteurs de la baie Bacon (0,167 ng/kg en équivalent toxique) et du ruisseau « ancien pont couvert » (0,170 ng/kg en équivalent toxique), lesquels se démarquent par rapport au secteur du ruisseau McConnell (0,068 ng/kg en équivalent toxique), qui présente une valeur 2,5 fois plus faible.

Les deux autres sites échantillonnés pour l'eau de surface, le ruisseau Boily (0,002 pg/L) et le ruisseau McConnell (0,015 pg/L), présentent une teneur en équivalent toxique inférieure ou comparable à celle mesurée au site témoin, situé en amont de Stanstead (0,011 pg/L) sur la rivière Tomifobia. Pour le ruisseau McConnell, la teneur en équivalent toxique mesurée dans les sédiments (0,11 ng/kg) est inférieure à celle du site témoin (0,141 ng/kg) et concorde avec celle mesurée dans l'eau. Par contre, pour le ruisseau Boily, le portrait est très différent en ce qui concerne les sédiments. La teneur en équivalent toxique se classe comme la deuxième valeur la plus élevée (0,399 ng/kg) de cette étude et équivaut à 2,8 fois celle du site témoin. Le ruisseau Boily se draine vers la rivière Magog et n'a pas d'incidence sur le lac Massawippi. La contamination du ruisseau Boily est susceptible de provenir d'un lieu d'enfouissement sanitaire compte tenu du sens de l'écoulement des eaux souterraines et de la présence de dioxines et furannes détectés dans les eaux de lixiviation. Les poissons n'ont pas été échantillonnés dans le ruisseau Boily.

Un autre site d'intérêt se trouve sur un ruisseau non identifié, vers le lac Lovering. Celui-ci a été échantillonné seulement pour les sédiments et les poissons. La teneur en équivalent toxique dans les sédiments (0,123 ng/kg) est comparable à celle observée au site témoin (0,141 ng/kg) et ne révèle pas une contamination significative par les dioxines et furannes. Par contre, le niveau de contamination des meuniers noirs entiers capturés dans les parties nord et sud du lac Lovering (0,112 ng/kg et 0,201 ng/kg) est différent de celui des sédiments, puisque les teneurs mesurées sont de 2,6 à 4,7 fois supérieures à celles des

meuniers capturés au site témoin. Les concentrations sont presque similaires à celles observées dans les meuniers noirs entiers capturés au lac Massawippi (0,068 à 0,170 ng/kg).

La source de la contamination en dioxines et furannes est susceptible d'être le site d'enfouissement, du fait que ce ruisseau prend son origine au lieu d'enfouissement sanitaire et que dans le passé (jusqu'en 1997), les eaux de lixiviation y étaient rejetées. Les résultats d'analyse révèlent que les eaux de lixiviation renferment des dioxines et furannes à des teneurs moyennes de 1,925 pg/L avant traitement et de 0,085 pg/L après traitement. Ces résultats sont supérieurs à la teneur retrouvée à la station témoin (0,011 pg/L), sur la rivière Tomifobia en amont de Stanstead.

Bien que les eaux de lixiviation traitées ne soient plus déversées dans le ruisseau vers le lac Lovering, l'analyse des meuniers noirs entiers révèle que ces derniers renferment des dioxines et furannes. Étant donné que les rejets passés, mais relativement récents, ont probablement contaminé les sédiments du lac Lovering, lesquels n'ont pas été analysés, la contamination des meuniers noirs entiers peut provenir en partie de la déposition des dioxines et furannes dans les sédiments.

L'ensemble de ces résultats démontre que la contamination par les dioxines et furannes observée chez les poissons du lac Massawippi provient en majeure partie d'une ou des source(s) situées sur le bassin de la rivière Tomifobia. Les autres tributaires ont une contribution non négligeable d'un point de vue environnemental, mais de moindre importance. Il faudra aussi préciser l'origine de la contamination provenant du ruisseau « ancien pont couvert ».

Par ailleurs, le ruisseau qui prend sa source sur le site d'enfouissement sanitaire pourrait constituer une source de contamination en dioxines et furannes pour le lac Lovering. Des analyses de l'eau de ce ruisseau seront nécessaires pour juger de l'importance de cette source.

3.4.2 Contamination par les dioxines et furannes en équivalent toxique à la 2,3,7,8-T4CDD de la chair des poissons

Les teneurs en dioxines et furannes exprimées en équivalent toxique à la 2,3,7,8-T4CDD ont été mesurées dans la chair de trois espèces de poissons : l'achigan à petite bouche, la perchaude et le touladi. Les résultats sont présentés au tableau 3.8.

Les résultats sont tous inférieurs à la directive de 15 ng/kg en équivalent toxique à la 2,3,7,8-T4CDD retenue par Santé Canada pour la commercialisation des produits de la pêche. Toutefois, ils montrent que la chair des touladis présente des teneurs en dioxines et furannes très significatives, et ce, tant au lac Massawippi (5,18 ng/kg) qu'au lac Lovering (3,47 à 5,30 ng/kg). Comme ces contaminants ne sont pas les seuls qui ont été détectés dans la chair des touladis, il faut aussi prendre en considération les teneurs en BPC et en mercure, lesquels accroissent la toxicité potentielle que peut présenter la consommation de cette espèce.

Les deux autres espèces étudiées présentent, quant à elles, des teneurs en équivalent toxique beaucoup plus faibles que les touladis. Celles-ci varient de <0,02 à 0,30 ng/kg.

3.5 Polychlorobiphényles éthers

Les polychlorobiphényles éthers (PCDE) constituent un groupe de substances qui ont une structure ressemblant à celle des biphényles polychlorés et qui ont un nombre donné d'atomes de chlore autour de deux cycles phényle réunis par un atome d'oxygène. Les PCDE sont des impuretés produites lors de la synthèse de produits industriels, tels que les chlorophénols. La toxicité de ces substances reste à établir. Il n'existe pas de critères ou de directives concernant les PCDE.

3.5.1 Contamination par les polychlorobiphényles éthers de l'eau, des sédiments et des meuniers noirs entiers

Les teneurs en polychlorobiphényles éthers (PCDE) mesurées dans le milieu aquatique varient de manière très importante selon les sites d'échantillonnage. Les concentrations fluctuent de <0,06 à 26 pg/L dans l'eau de surface et de 10,3 à 120 ng/kg dans les sédiments (annexes 5 à 9). Toutefois, les résultats d'analyse pour les meuniers noirs entiers ne sont pas encore disponibles. Il n'existe pas de critère pour les polychlorobiphényles éthers relativement à l'eau de surface et aux sédiments. Les résultats seront donc interprétés uniquement en fonction des différences spatiales observées.

Dans les sédiments, le domaine de variation des teneurs en PCDE s'étend de 6,2 à 90,9 ng/kg lorsque les résultats sont pondérés pour 1 % de carbone organique total. Pour les sédiments, les teneurs des composés organiques lipophiles sont réputées être influencées par le pourcentage de

Étude des causes de la contamination des poissons

Tableau 3.8 Teneurs moyennes en dioxines et furannes¹ (ng/kg) dans la chair des poissons capturés dans le lac Massawippi et le lac Lovering en 1999

Station n°	Description	Achigan à petite bouche			Perchaude			Touladi		
		Petit	Moyen	Gros	Petit	Moyen	Gros	Petit	Moyen	Gros
3B	Lac Massawippi, baie Bacon			0,08(7)			0,30(3)			
5B	Lac Massawippi, ruisseau McConnell			0,10(4)						
8B	Lac Massawippi, ruisseau pont couvert Lac Massawippi (1997-98)						0,10(3)			5,18(5)
10	Lac Lovering Lac Lovering (1997)			0,09(4)			<0,02(4)	3,47(2) 4,37(3)		5,30(2)

1. Teneur en équivalent toxique à la 2,3,7,8-T4CDD
(): Nombre de poissons



carbone organique. L'interprétation subséquente des résultats sera faite sur la base des données uniformisées, afin de pouvoir les comparer adéquatement. Le tableau 3.9 présente les concentrations en PCDE des prélèvements d'eau de surface, de sédiments et de meuniers noirs ainsi que des prélèvements d'eaux usées municipales et d'eaux de lixiviation.

Les valeurs les plus faibles ont été mesurées pour l'eau de surface dans le ruisseau McConnell (<0,06 pg/L), le ruisseau Boily et la rivière Tomifobia, au site témoin en amont de Stanstead (0,23 pg/L). Dans la rivière Tomifobia, de l'amont vers l'aval, la teneur en PCDE de l'eau augmente de 20 fois entre Stanstead et Tomifobia (4,5 pg/L) et demeure relativement similaire par la suite au niveau d'Ayer's Cliff (3 pg/L). La teneur la plus élevée en PCDE de l'eau de surface (26 pg/L) a été observée dans le ruisseau « ancien pont couvert » vers le lac Massawippi. Celle-ci est 113 fois plus élevée que celle obtenue au site témoin de Stanstead (0,23 pg/L).

Dans les sédiments, les valeurs les plus faibles ont été mesurées dans le ruisseau vers le lac Lovering (6,2 ng/kg), le ruisseau McConnell (8,1 ng/kg) et la rivière Tomifobia en amont de Stanstead (10 ng/kg). Les valeurs les plus élevées ont, quant à elles, été mesurées sur la rivière Tomifobia, en aval d'Ayer's Cliff (90,9 ng/kg), et à Tomifobia (45,3 ng/kg), dans le ruisseau « ancien pont couvert » vers le lac Massawippi (61,5 ng/kg) et dans le ruisseau Boily (37,5 ng/kg).

Les résultats relatifs aux sédiments montrent un portrait différent de celui concernant l'eau de surface pour la rivière Tomifobia et le ruisseau Boily. Ainsi, on constate que la contamination des sédiments augmente successivement de l'amont vers l'aval sur la rivière Tomifobia, par un facteur de 4,5 fois, et 9,1 fois par rapport au site témoin en amont.

Par ailleurs, le ruisseau Boily et le ruisseau « ancien pont couvert » vers le lac Massawippi montrent, selon le site, une contamination des sédiments en PCDE de 3,8 à 6,2 fois plus élevée que le site témoin en amont de Stanstead, et très supérieure à celle des sédiments prélevés dans le ruisseau McConnell et le ruisseau vers le lac Lovering, lesquels présentent une teneur comparable à celle du site témoin.

Les PCDE n'ont pas été détectés dans les eaux usées municipales et dans l'effluent de la station d'épuration d'Ayer's Cliff et n'ont pas été analysés dans les eaux de lixiviation d'un lieu d'enfouissement sanitaire.

Les données recueillies permettent de confirmer que la rivière Tomifobia transporte une quantité de PCDE non négligeable vers le lac Massawippi. Celle-ci représente 5,1 mg/jour au niveau d'Ayer's Cliff, en considérant un débit de 19,7 m³/s au moment du prélèvement. Selon les analyses effectuées, la part provenant de l'effluent de la station d'épuration d'Ayer's Cliff serait négligeable.

Ces données révèlent qu'il existe une ou des source(s) de contamination relativement importante(s) en amont d'Ayer's Cliff. À cet endroit, la contamination peut provenir de la rivière Tomifobia ou de la rivière Nigger, laquelle n'a pas été échantillonnée dans le cadre ce programme. Néanmoins, le secteur de la rivière Tomifobia compris entre Stanstead et Tomifobia montre une contamination notable par les PCDE, mais celle-ci est de moindre niveau qu'en aval de Tomifobia. Les données actuelles ne permettent pas de déterminer la provenance des PCDE.

Le ruisseau « ancien pont couvert » représente aussi une source de contamination par les PCDE pour le lac Massawippi. Toutefois, son importance ne peut être adéquatement quantifiée puisque nous ne disposons pas actuellement des données nécessaires. Ce ruisseau devra être étudié ultérieurement plus en profondeur pour déterminer l'origine de la contamination observée.

Quant au ruisseau Boily, qui se déverse vers la rivière Magog, les teneurs en PCDE dans les sédiments révèlent une contamination qui pourrait provenir d'un lieu d'enfouissement sanitaire. L'analyse d'un échantillon d'eau du ruisseau Boily n'a toutefois pas démontré la présence de PCDE. L'importance de cette source potentielle reste à démontrer.

Selon le résultat d'analyse des sédiments, le ruisseau qui prend son origine au lieu d'enfouissement sanitaire ne semble pas constituer une source notable de PCDE pour le lac Lovering. Des analyses de l'eau du ruisseau seront toutefois nécessaires pour juger de l'importance réelle de cette source.

3.5.2 Contamination par les polychlorobiphényles éthers (PCDE) de la chair des poissons

Les polychlorobiphényles éthers (PCDE) ont été mesurés uniquement dans cinq échantillons de la chair de gros touladis capturés au lac Massawippi en 1998. Ces analyses ont été réalisées à titre exploratoire, étant donné qu'il n'existe

Tableau 3.9 Teneurs en polychlorobiphényles éthers (PCDE) des prélèvements (eau de surface, eaux usées, sédiments et meuniers noirs entiers) effectués en 1999

Station n°	Description	Eau de surface (pg/L)	Eaux usées brutes (pg/L)	Eaux usées traitées (pg/L)	Sédiments ¹ (ng/kg)	Meuniers noirs entiers ² (ng/kg)
Bassin versant du lac Massawippi						
1	Rivière Tomifobia, en amont de Stanstead	0,23			10	à venir ³
2	Rivière Tomifobia, à Tomifobia	4,5			45,3	à venir ³
3	Rivière Tomifobia, en aval d'Ayer's Cliff	3			90,9	à venir ³
3B	Lac Massawippi, secteur Baie Bacon					à venir ³
4	Station d'épuration d'Ayer's Cliff		ND ⁴	ND ⁴		
5	Ruisseau McConnell	< 0,06			8,1	
5B	Lac Massawippi, secteur ruisseau McConnell					à venir ³
8	Ruisseau non identifié, ancien pont couvert	26			61,5	
8B	Lac Massawippi, secteur ruisseau ancien pont couvert					à venir ³
Bassin versant du lac Lovering						
6	Lieu d'enfouissement sanitaire		NR	NR		
9	Ruisseau non identifié, vers le lac Lovering, près de l'exutoire				6,2	
10A	Lac Lovering, secteur nord					à venir ³
10B	Lac Lovering, secteur sud					à venir ³
Bassin versant de la rivière Magog						
7	Ruisseau Boily, au nord d'un lieu d'enfouissement sanitaire, exutoire de l'étang artificiel	< 0,06			37,5	

ND = non détecté

NR = non réalisé

1. Les résultats d'analyses des sédiments ont été corrigés pour 1 % de carbone.

2. Les résultats d'analyses des poissons (meuniers noirs entiers) ont été corrigés pour 3 % de gras.

3. Le laboratoire a éprouvé des difficultés lors de l'analyse des polychlorobiphényles éthers dans les échantillons de poissons. Les résultats d'analyses ne sont pas encore disponibles.

4. En raison de la nature et du volume (1 litre) des échantillons soumis pour analyse, des limites de détection plus élevées en polychlorobiphényles éthers ont été observées, diminuant la précision des résultats obtenus.

pas de critère ou de directive pour ce groupe de substances dans la chair des poissons.

Les teneurs en PCDE mesurées varient de 13 à 83 $\mu\text{g}/\text{kg}$, et la teneur moyenne est de 37,4 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Ces valeurs sont indicatrices d'une contamination, mais dont la toxicité reste à évaluer lorsque les critères ou directives seront connus.

CONCLUSION

Les échantillons d'eau de surface, de sédiments et de poissons recueillis dans les tributaires et les lacs Massawippi et Lovering ont permis de déterminer les points d'entrée des substances toxiques dans les deux lacs étudiés et de faire un constat de la situation.

Les résultats indiquent que les concentrations en arsenic, en mercure, en biphényles polychlorés (BPC) et en dioxines et furannes (exprimées en équivalent toxique à la 2,3,7,8-tétrachlorodibenzo-p-dioxine) dans l'eau de surface sont toutes inférieures aux critères utilisés pour l'eau potable. Cependant, les teneurs en BPC et en dioxines et furannes (exprimées en équivalent toxique à la 2,3,7,8-tétrachlorodibenzo-p-dioxine) dans l'eau de surface excèdent les critères pour la protection de la faune piscivore et varient de façon notable selon les sites d'échantillonnage.

Dans les sédiments, seules les teneurs en arsenic excèdent les critères. Les résultats montrent néanmoins des différences spatiales importantes entre les stations d'échantillonnage des substances toxiques mesurées.

Des différentes analyses effectuées sur la chair de six espèces de poissons capturés au lac Lovering et au lac Massawippi, il ressort que seul le mercure présente des valeurs supérieures aux directives établies par Santé Canada pour la commercialisation des produits de la pêche. Au lac Massawippi, seules les teneurs en mercure dans les touladis excèdent la directive, alors qu'au lac Lovering, elles concernent aussi les achigans à petite bouche et les brochets maillés.

Des teneurs anormalement élevées, mais inférieures aux directives établies par Santé Canada, ont aussi été mesurées pour les BPC et les dioxines et furannes dans la chair des touladis capturés au lac Lovering et Massawippi.

Selon les résultats de la campagne d'échantillonnage, la contamination des poissons du lac Massawippi proviendrait de trois sources : la rivière Tomifobia, le ruisseau McConnell et un ruisseau sans nom qui traversait un ancien pont couvert (aujourd'hui démolé) avant de se déverser dans le lac Massawippi. Parmi ces différentes sources, la rivière Tomifobia serait la plus importante. La teneur relativement élevée en BPC (1700 pg/L) retrouvée en aval de la municipalité d'Ayer's Cliff est préoccupante.

La présence d'une ancienne voie ferrée longeant la rivière Tomifobia, actuellement convertie en piste cyclable sur plus de la moitié de sa longueur (13 des 19 km) pourrait en être la cause. Par ailleurs, la contribution de la rivière Nigger, qui rejoint la rivière Tomifobia en aval d'Ayer's Cliff, n'a pas été prise en compte lors de cette étude. Selon les résultats de la caractérisation des eaux usées de la municipalité d'Ayer's Cliff, la contribution de l'effluent de la station d'épuration serait négligeable dans l'apport en substances toxiques (BPC, dioxines et furannes et polychlorobiphényles éthers) provenant de la rivière Tomifobia.

La présence d'un terrain vacant, où des activités de récupération de batteries et de transformateurs électriques ont eu lieu au début des années 1980, pourrait expliquer la contamination en BPC des sédiments du ruisseau McConnell et des meuniers noirs du lac Massawippi capturés dans ce secteur. Toutefois, nous ne pouvons pour le moment identifier la source de contamination du ruisseau sans nom (ancien pont couvert) vers le lac Massawippi.

Selon les résultats des prélèvements effectués, la contamination des poissons du lac Lovering pourrait provenir des activités d'un lieu d'enfouissement sanitaire. La présence de BPC et de dioxines et furannes dans les eaux de lixiviation, avant et après traitement, est révélatrice à cet égard. Les eaux de lixiviation traitées étaient rejetées, jusqu'à juillet 1997, dans un petit ruisseau sans nom se déversant dans le lac Lovering. La présence de BPC et de dioxines et furannes dans les sédiments et les poissons de ce ruisseau, ainsi que ceux du ruisseau Boily au nord d'un lieu d'enfouissement sanitaire et se déversant vers la rivière Magog, laisse croire que cette source est toujours active. L'impact des dispositifs de traitement des eaux de lixiviation d'un lieu d'enfouissement sanitaire sur la contamination du réseau hydrographique environnant devra être précisé ultérieurement.

Cette étude a permis d'identifier les principales voies de contamination des lacs Massawippi et Lovering, mais des études plus spécifiques seront nécessaires pour préciser l'origine exacte de la contamination par les substances étudiées et d'en quantifier l'importance. Notamment, le ministère de l'Environnement investiguera cer-

tains tributaires n'ayant pas fait l'objet de recherches à ce jour et les eaux souterraines dans certains secteurs des bassins versants des deux lacs. Ces travaux seraient réalisés au cours de la prochaine année.

L'identification de ces sources de contamination permettra l'élaboration d'un plan d'action visant à éradiquer à leur source les substances toxiques problématiques.

Enfin, le Ministère s'assurera que les associations des deux plans d'eau et les citoyens concernés soient informés de l'évolution de ces travaux.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

CONSEIL CANADIEN DES MINISTRES DE L'ENVIRONNEMENT (CCME). 1999. 2000. *Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement*. Winnipeg, CCME.

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA FAUNE (MEF). 1998. *Critères de qualité de l'eau de surface au Québec*. Direction des écosystèmes aquatiques, ministère de l'Environnement et de la Faune, Québec, 387 p.

ENVIRONNEMENT CANADA, CENTRE SAINT-LAURENT et MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT DU QUÉBEC. 1992. *Critères intermédiaires pour l'évaluation de la qualité des sédiments du Saint-Laurent*, Centre Saint-Laurent, n° de catalogue EM 40-418/1991F, 28 p.

SANTÉ ET BIEN-ÊTRE SOCIAL CANADA (SBESC). 1986. *Loi et règlements des Aliments et Drogues, Lignes directrices sur les contaminants chimiques du poisson et des produits de poisson au Canada*. Ottawa.

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT DE L'ONTARIO (MOE). 2000. *Regulation made under the Ontario water resources act, Drinking water protection contents*.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (U.S. EPA). 1995. *Great Lakes Water Quality Initiative Criteria Documents for the Protection of Wildlife*. DDT, Mercury, 2,3,7,8-TCDD, PCBs. U.S. EPA, Office of water, rapport n° EPA-820-B-95-008.

ANNEXES



Annexe 1

Teneurs moyennes en BPC¹ (ug/kg) dans la chair des poissons capturés dans certains lacs de l'Estrie pour la période de 1991 à 1998

Description	Année	Touladi			Touladi (5% gras)		
		Petit	Moyen	Gros	Petit	Moyen	Gros
Lac Bowker	1996		250(1)	1530(1)		250(1)	879(1)
Lac Bowker	1991		50(2)			64(2)	
Lac Massawippi	1998			816(5)			648(5)
Lac Massawippi	1997		307(6)	1047(2)		320(6)	2554(2)
Lac Massawippi	1993		225(8)			296(8)	
Lac Lovering	1997		230(3)			155(3)	
Lac Memphrémagog	1994		200(9)	190(9)		65(9)	113(9)
Lac Lyster	1995			170(2)			160(2)
Lac D'Argent	1995			120(2)			86(2)
Lac Stukely	1995			130(2)			114(2)
Lac Mégantic	1997		65(5)	ND(4)		63(5)	ND(4)
Lac Mégantic	1991			120(6)			85(6)

¹ : BPC en Aroclor 1254

() : Nombre de poissons

Annexe 2 Localisation des stations d'échantillonnage et dates de prélèvement

STATION	COORDONNÉES		N° CARTE	DATE DE PRÉLÈVEMENT 1999
	NORD	OUEST		
Eaux				
1	N 45° 01' 13,3"	O 72° 02' 03,5"	31 H/1	18-08
2	N 45° 03' 28,3"	O 72° 07' 46,7"	31 H/1	08-09
3	N 45° 10' 31,6"	O 72° 01' 49,8"	31 H/1	22-09
4	N 45° 10' 20,9"	O 72° 02' 00,9"	31 H/1	18-08/19-08/20-08
5	N 45° 13' 08,6"	O 72° 04' 16,7"	31 H/1	30-09
6	N 45° 13' 15,0"	O 72° 08' 07,1"	31 H/1	31-08/22-09
7	N 45° 15' 23,8"	O 72° 08' 10,3"	31 H/1	31-08
8	N 45° 11' 00,6"	O 72° 04' 06,3"	31 H/1	14-10
Sédiments				
1	N 45° 01' 13,3"	O 72° 02' 03,5"	31 H/1	16-07
2	N 45° 03' 28,3"	O 72° 07' 46,7"	31 H/1	16-07
3	N 45° 10' 31,6"	O 72° 01' 49,8"	31 H/1	13-07
5	N 45° 11' 47,8"	O 72° 03' 09,7"	31 H/1	13-07/17-07
7	N 45° 13' 26,5"	O 72° 08' 22,9"	31 H/1	15-07
8	N 45° 11' 00,6"	O 72° 04' 06,3"	31 H/1	14-07
9	N 45° 11' 39,4"	O 72° 09' 51,8"	31 H/8	15-07

Annexe 3

Inventaire des captures de poissons - juillet et août 1999

Plan d'eau	Secteur	Espèce	Nombre	
Rivière Tomifobia	Amont de Stanstead	Meunier noir	1 petit	
			2 moyens	
			13 hors-classe	
Tomifobia	Meunier noir	4 petits		
		1 moyen		
		12 hors-classe		
Baie Bacon	Meunier noir	6 petits		
		4 hors-classe		
		Grand brochet	2 petits	
		Perchaude	2 petits	
Lac Massawippi	Pont couvert	Chevalier blanc	5 hors-classe	
		Meunier noir	3 petits	
			1 moyen	
	Pont couvert	Chevalier blanc	2 hors-classe	
			1 moyen	
			4 gros	
	Pont couvert	Perchaude	2 hors-classe	
			5 petits	
			6 moyens	
	Pont couvert	Perchaude	3 gros	
			Chevalier rouge	2 gros
			Achigan à petite bouche	3 petits
	Ruisseau McConnell	Meunier noir	6 moyens	
2 petits				
1 hors-classe				
Ruisseau McConnell	Achigan à petite bouche	1 petit		
		2 moyens		
		4 gros		
Ruisseau McConnell	Achigan à petite bouche	1 moyen		
		Chevalier blanc	2 gros	
		5 petits		
Ruisseau McConnell	Perchaude	2 moyens		
		2 gros		
		Chevalier rouge		
Baie Bacon	Meunier noir	6 petits		
		2 moyens		
		7 hors-classe		
Baie Bacon	Perchaude	9 petites		
		7 moyennes		
		3 grosses		



Étude des causes de la contamination des poissons

Lac Lovering	Nord	Chevalier blanc	1 moyen 6 hors-classe
		Achigan à petite bouche	3 petits 5 moyens 7 gros
		Meunier noir	5 petits 5 moyens 5 gros
		Touladi	1 moyen 1 gros
		Brochet maillé	2 petits
	Sud	Perchaude	4 petites 4 moyennes 4 grosses
		Achigan à petite bouche	4 petits 4 moyens 4 gros
		Barbotte	2 grosses
		Meunier noir	1 petit 5 moyens 5 gros
		Touladi	1 moyen 1 gros
Perchaude	Brochet maillé	2 petits 5 petites 5 moyennes 5 grosses	
	Achigan à petite bouche	4 petits 2 moyens 4 gros	
Barbotte		1 petite 2 moyennes	

Annexe 4 Mesure de la capacité des pompes - Station d'épuration d'Ayer's Cliff

Nous avons mesuré le 17 août 1999 la capacité des pompes du poste de pompage principal. Il y a une vanne à l'entrée qui isole le poste de pompage, ce qui facilite les mesures. Étant donné que cette vanne n'était pas parfaitement étanche, une mesure unique du débit d'entrée a été effectuée avec une chaudière.

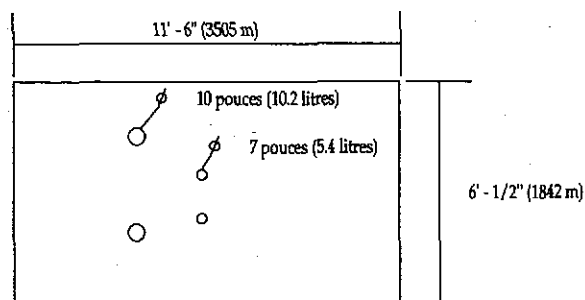
Les niveaux normaux de fonctionnement des pompes n'ont pu être respectés lors des mesures de capacité, étant donné que la conduite d'affluent était immergée à ces niveaux. Nous avons donc effectué les mesures en bas de la conduite d'affluent. Les capacités mesurées pourraient être légèrement sous-évaluées. Nous avons placé dans le puits de pompage deux repères avec un différentiel de hauteur de 8 pouces.

Les données des essais de pompage sont les suivantes :

	Essai 1	Essai 2	Essai 3
Pompe 1	29 s	27 s	27 s
Pompe 2	27 s	28 s	

Le débit de remontée mesuré était de 2,8 litres pour 7,5 secondes, ce qui correspond à 1,34 m³/h.

Dimension du poste de pompage



CALCUL :

Volume pompé sur 8 pouces (0.203)

(L X l X h)-Volume des conduites =
(1.842 X 3.505 X 0.203) - 0.031 = 1280 litres

Débit pompé Pompe 1 :

1280 29 s
X 3600 s

Pour 29 secondes de pompage
X = 158,90 m³/h + 1,34 m³/h = 160,2

Pour 27 secondes de pompage
X = 170,7 m³/h + 1,34 m³/h = 172,0

Pour 27 secondes de pompage
X = 170,7 m³/h + 1,34 m³/h = 172,0

Total : 504,2

Moyenne 168,1 m³/h

Débit pompé Pompe 2 :

1280 27 s
X 3600 s

Pour 27 secondes de pompage
X = 170,7 m³/h + 1,34 m³/h = 172,0

Pour 28 secondes de pompage
X = 164,6 m³/h + 1,34 m³/h = 165,91

Total : 337,91

Moyenne 168,9 m³/h

Préparé par : Serge Mathieu, technicien



Annexe 5

Résultats d'analyses des prélèvements d'eau de surface réalisés en 1999

Station n°	Description	Arsenic (mg/L)	BPC Total (pg/L)	Dioxines (pg/L)	Furannes (pg/L)	D&F équiv. toxique ¹	Mercuré (mg/L)	PCDE (pg/L)
1	Bassin versant du lac Massawippi							
	Rivière Tomifobia, en amont de Stanstead	< 0,001	180	4,1	0,44	0,011	< 0,0001	0,23
2	Rivière Tomifobia, à Tomifobia	0,0015	270	6,4	1,7	0,018	< 0,0001	4,5
3	Rivière Tomifobia, en aval d'Ayer's Cliff ²	0,001	1700	20,1	4	0,065	< 0,0001	3
5	Ruisseau McConnell	0,0015	310 ³	3,8	0,89	0,015	< 0,0001	< 0,06
8	Ruisseau non identifié, ancien pont couvert à l'embouchure du lac	0,0017	260	31,2	7,3	0,161	< 0,0001	26
7	Bassin versant de la rivière Magog							
	Ruisseau Boily, au nord lieu d'enfouissement, exutoire de l'étang artificiel	0,0029	230	0,91	< 0,04	0,002	< 0,0001	< 0,06
	Critère de protection							
	— Eau potable	0,025	500,000			15	0,001	
	— Faune piscivore		120			0,0031	1,3E-06	
	— Vie aquatique chronique	0,19					0,009	

1. Teneur en équivalent toxique à la 2,3,7,8-T4CDD (pg/L) selon des facteurs de pondération variant de 0,001 à 1,0 par congénère.

2. Le débit de la rivière Tomifobia dans ce secteur peut être estimé à 19,7 m³/s lors du prélèvement de cet échantillon (22/09/1999).

3. Compte tenu des résultats de la caractérisation effectuée par la Direction des enquêtes, cette valeur n'est peut-être pas représentative de l'impact du terrain de l'ancien récupérateur.

Annexe 6

Résultats des mesures de débit et d'analyses des eaux usées municipales et de l'effluent de la station d'épuration d'Ayer's Cliff en 1999

Date	Nature des eaux usées	Débit ¹ (m ³ /d)	Arsenic (mg/L)	BPC Total (pg/L)	Dioxines (pg/L)	Furannes (pg/L)	D&F équiv. toxique ²	Mercuré (mg/L)	PCDE (pg/L)
17-18 août	Effluent ³	1074	< 0,003	ND	ND	ND	ND	< 0,0003	ND
18-19 août	Effluent ³	1103	< 0,003	ND	ND	ND	ND	< 0,0003	ND
19-20 août	Effluent ³	1104	< 0,003	480	20,1	7	4,15 ⁴	< 0,0003	ND
18-19 août	Affluent ³	1103	0,0053	9400	262	15	0,525	< 0,0003	ND

ND = non détecté

1. Le débit quotidien a été évalué à partir du temps de fonctionnement et du débit horaire de chacune des pompes.
2. Teneur en équivalent toxique à la 2,3,7,8-T4CDD (pg/L) selon des facteurs de pondération variant de 0,001 à 1,0 par congénère.
3. Le laboratoire a éprouvé des difficultés lors de l'analyse des biphenyles polychlorés pour ces échantillons. En raison de la nature et du volume (1 litre) des échantillons soumis pour analyse, des limites de détection plus élevées en BPC, en dioxines et furannes et en PCDE ont été observées, diminuant la précision des résultats obtenus.
4. Des limites de détection plus basses ont été obtenues lors de l'analyse des dioxines et furannes pour cet échantillon, permettant la quantification du congénère 2,3,7,8 T4CDD.

Annexe 7A

Résultats d'analyses des eaux de lixiviation d'un lieu d'enfouissement sanitaire en 1999

Date	Nature des eaux usées	Débit (m ³ /d)	Arsenic (mg/L)	BPC Total (pg/L)	Dioxines (pg/L)	Furannes (pg/L)	D&F équiv. toxique ¹	Mercuré (mg/L)
2-3 août	lixiviat brut ²		0,0185	1 000 000	851	75,4	1,801	< 0,0003
5-6 août	lixiviat brut ³		0,0197	1 000 000	913	80,2	2,049	< 0,0003
31 août	lixiviat traité ²		0,0062	27 000	44,7	1,5	0,091	< 0,0003
22 septembre	lixiviat traité ³		0,0056	30 000	73	6	0,079	< 0,0003

1. Teneur en équivalent toxique à la 2,3,7,8-T4CDD (pg/L) selon des facteurs de pondération variant de 0,001 à 1,0 par congénère.

2. Prélèvement effectué par temps sec.

3. Prélèvement effectué après une pluie significative.

Annexe 7B

Charges de contaminants des eaux de lixiviation d'un lieu d'enfouissement sanitaire en 1999

Date	Nature des eaux usées	Débit (m ³ /d)	Arsenic (g/d)	BPC Total (mg/d)	Dioxines (ug/d)	Furannes (ug/d)	D&F équiv. toxique ¹	Mercuré (g/d)
31 août	lixiviat traité ²	60 ⁽⁴⁾	0,37	1,6	2,7	0,09	5,5	ND
22 septembre	lixiviat traité ³	60 ⁽⁴⁾	0,34	1,8	4,4	0,36	4,7	ND

ND = aucun résultat car la teneur est inférieure à la limite de détection

1. Teneur en équivalent toxique à la 2,3,7,8-T4CDD (ng/d) selon des facteurs de pondération variant de 0,001 à 1,0 par congénère.

2. Prélèvement effectué par temps sec.

3. Prélèvement effectué après une pluie significative.

4. Débit quotidien moyen selon le volume annuel d'eaux de lixiviation générées.

Annexe 8

Résultats d'analyses des sédiments recueillis dans les tributaires des lacs Massawippi et Lovering en 1999

Station n°	Description	Arsenic (mg/kg)	BPC Total (ng/kg)	Dioxines (ng/kg)	Furannes (ng/kg)	D&F équiv. toxique ¹	Mercuré (mg/kg)	PCDE (ng/kg)	COT (%)
Bassin versant du lac Massawippi									
1	Rivière Tomifobia, en amont de Stanstead	6,1	890	82,0	15,0	0,437	< 0,12	31,0	3,1
2	Rivière Tomifobia, à Tomifobia	6,4	1900	126,0	31,1	0,576	< 0,12	86,0	1,9
3	Rivière Tomifobia, en aval d'Ayer's Cliff	5,8	1800	121,0	28,4	0,523	< 0,12	100,0	1,1
5	Ruisseau McConnell, près de l'exutoire	7,3	3900	21,1	6,5	0,145	< 0,12	10,3	1,25
8	Ruisseau non identifié, ancien pont couvert, près de l'exutoire	20	765	64,4	13,4	0,381	< 0,12	77,5	1,2
Bassin versant du lac Lovering									
9	Ruisseau non identifié, vers le lac Lovering, près de l'exutoire	12	4100	61,0	15,6	0,555	< 0,12	28,0	4,5
Bassin versant de la rivière Magog									
7	Ruisseau Boily, au nord d'un lieu d'enfouissement sanitaire, près de l'exutoire	12	3300	226,0	52,0	1,278	< 0,12	120,0	3,2
Critère de protection									
	— Seuil sans effet	3	2 E+04				0,05		
	— Seuil d'effet mineur	7	2 E+05			0,85 ⁽²⁾	0,2		
	— Seuil d'effet néfaste	17	1 E+06			21,5 ⁽³⁾	1		

1. Teneur en équivalent toxique à la 2,3,7,8-T4CDD (ng/kg) selon des facteurs de pondération variant de 0,001 à 1,0 par congénère.

2. Interim sediment quality guidelines (ISQGs).

3. Niveau d'effet probable (PELs).

Annexe 9

Résultats d'analyses¹ des meuniers noirs entiers prélevés dans la rivière Tomifobia, dans le lac Massawippi et dans le lac Lovering en 1999

Station n°	Description	Arsenic (mg/Kg)	BPC Total (ng/kg)	Dioxines (ng/kg)	Furannes (ng/kg)	D&F équiv. toxique ²	Mercuré (mg/kg)	Gras %
Bassin versant du lac Massawippi								
1	Rivière Tomifobia, en amont de Stanstead	0,06	7500	1,42	0,74	0,063	0,08	4,38
2	Rivière Tomifobia, à Tomifobia	0,08	32 000	5,55	2,50	0,134	0,12	6,77
3	Rivière Tomifobia, en aval d'Ayer's Cliff	0,10	47 000	DNQ	2,94	0,900	0,06	2,89
3B	Lac Massawippi, secteur baie Bacon	0,06	70 000	DNQ	3,40	0,136	< 0,03	2,44
5B	Lac Massawippi, secteur ruisseau McConnell	0,16	64 000	ND	1,75	0,071	< 0,03	3,15
8B	Lac Massawippi, secteur ruisseau « ancien pont couvert »	0,16	79 000	DNQ	2,80	0,150	< 0,03	2,65
Bassin versant du lac Lovering								
10A	Lac Lovering, secteur nord	0,2	39 000	2,23	2,20	0,120	0,08	3,21
10B	Lac Lovering, secteur sud	< 0,1	45 000	3,32	6,30	0,412	0,06	6,15
Critère de protection								
— Consommation humaine		3,5	2 000 000			15	0,5	
— Faune piscivore			160 000			0,66	0,057	

DNQ = détecté mais non quantifié

1. Le laboratoire a éprouvé des difficultés lors de l'analyse des polychlorobiphényles éthers dans les échantillons de poissons. Les résultats d'analyses ne sont pas encore disponibles.
2. Teneur en équivalent toxique à la 2,3,7,8-T4CDD (ng/kg) selon des facteurs de pondération variant de 0,001 à 1,0 par congénère.