



## Concentrations de métaux dans la partie nord du lac Blouin avant la restauration du parc à résidus miniers Manitou

Avril 2008



Développement durable,  
Environnement  
et Parcs

Québec 

**Dépôt légal – Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2008**

ISBN 978-2-550-52651-3 (PDF)  
© Gouvernement du Québec, 2008

---

## ÉQUIPE DE RÉALISATION

---

Responsable :	David Berryman <sup>1</sup>
Échantillonnage :	Martin Duclos <sup>2</sup> Dominique Julien <sup>2</sup> Jocelyn Mercier <sup>2</sup>
Analyses au laboratoire :	Gertrude Guay <sup>3</sup> François Houde <sup>3</sup> Serge Morissette <sup>3</sup> Alain Tremblay <sup>3</sup>
Révision scientifique :	Yves Couillard <sup>4</sup> Isabelle Guay <sup>1</sup> Louis Jalbert <sup>2</sup> Denis Laliberté <sup>1</sup>
Cartographie :	Mona Frenette <sup>1</sup>
Mise en page :	Louise Godbout <sup>1</sup>
Page couverture :	Francine Matte-Savard <sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, édifice Marie-Guyart, 675, boulevard René-Lévesque Est, 7<sup>e</sup> étage, Québec (Québec) G1R 5V7

<sup>2</sup> Direction régionale de l'analyse et de l'expertise de l'Abitibi-Témiscamingue et du Nord-du-Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 180, boul. Rideau, Rouyn-Noranda (Québec) J9X 1N9

<sup>3</sup> Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 2700, rue Einstein, Québec (Québec) G1P 3W8

<sup>4</sup> Direction des substances existantes, Environnement Canada, Place Vincent Massey, 20<sup>e</sup> étage, 351, boul. Saint-Joseph, Gatineau (Québec) K1A 0H3

---

## CONCENTRATIONS DE MÉTAUX DANS LA PARTIE NORD DU LAC BLOUIN AVANT LA RESTAURATION DU PARC À RÉSIDUS MINIERS MANITOU

Référence : BERRYMAN, D., 2007. *Concentrations de métaux dans la partie nord du lac Blouin avant la restauration du parc à résidus miniers Manitou*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-52651-3 (PDF), 38 p., 3 annexes.

Mots clés : métaux, métaux en traces, qualité de l'eau, lac Blouin, rivière Bourlamaque, rivière Senneville, résidus miniers, Abitibi, Val-d'Or, Québec.

### RÉSUMÉ

Des études réalisées au cours des dernières années par le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) ont mis en évidence la pollution acide et métallique de la rivière Bourlamaque, en aval du parc à résidus miniers Manitou. La rivière Bourlamaque se déverse dans le lac Blouin, qui a été échantillonné à son tour en 2005 afin d'y vérifier les concentrations de métaux. L'eau du lac a été échantillonnée à quatre reprises, à huit stations d'échantillonnage localisées dans la partie nord du lac, principalement entre l'embouchure de la rivière Bourlamaque et le début de la rivière Harricana. À six de ces huit stations d'échantillonnage, des sédiments de fond ont été prélevés et analysés eux aussi pour déterminer leurs teneurs en métaux.

Les résultats d'analyse démontrent les fortes concentrations de métaux dans l'eau et les sédiments de la partie nord du lac Blouin. Dans l'eau, les concentrations d'aluminium, de cadmium, de cuivre, de fer, de plomb et de zinc dépassent, occasionnellement ou fréquemment selon le cas, les critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique. Les concentrations de cuivre et de zinc dans l'eau sont particulièrement fortes, jusqu'à 35 fois plus élevées que le critère aigu pour la protection de la vie aquatique. Dans les sédiments, l'arsenic, le cadmium, le cuivre, le plomb et le zinc présentent des concentrations qui dépassent, selon les cas, les concentrations d'effets probables (CEP) ou les concentrations d'effets fréquents (CEF) des critères de qualité des sédiments.

Tant dans l'eau que dans les sédiments, les concentrations élevées de certains métaux s'étendent à toute la partie à l'étude du lac et peut-être au lac entier, sauf son extrémité nord, qui est baignée par les eaux provenant de la rivière Senneville plutôt que par celles arrivant de la rivière Bourlamaque.

Le parc à résidus miniers Manitou fait l'objet d'importants travaux de restauration depuis décembre 2006. Ces travaux devraient mener à une diminution des apports de métaux dans la rivière Bourlamaque et le lac Blouin. L'état de situation dégagé dans le présent rapport doit donc être considéré comme un portrait pré-restauration, susceptible de changer au cours des prochaines années.

---

## TABLE DES MATIÈRES

ÉQUIPE DE RÉALISATION .....	iii
RÉSUMÉ .....	iv
TABLE DES MATIÈRES .....	v
ORIGINE ET OBJECTIF DE L'ÉTUDE .....	1
MÉTHODOLOGIE .....	2
Description du milieu .....	2
Échantillonnage et analyses au laboratoire .....	4
Traitement des données .....	6
RÉSULTATS .....	14
Eau : étendue de la contamination acide et métallique .....	14
Eau : ampleur de la contamination acide et métallique .....	25
Sédiments .....	30
CONCLUSION .....	35
RÉFÉRENCES .....	37

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 Stations d'échantillonnage .....	5
Tableau 2 Critères de qualité de l'eau pour les paramètres mesurés dans le cadre de cette étude .....	8
Tableau 3 Concentrations de métaux dans les sédiments prélevés dans le lac Blouin et comparaison aux critères de qualité et aux teneurs naturelles et ambiantes.....	11
Tableau 4 Résultats de l'analyse de variance et du test de comparaisons multiples comparant les concentrations mesurées aux huit stations d'échantillonnage .....	20
Tableau 5 Précipitations enregistrées à la station météorologique de Val-d'Or durant les journées d'échantillonnage et les jours précédents .....	24
Tableau 6 Nombre d'échantillons dépassant les critères de qualité de l'eau aigus (A) et chroniques (C) parmi les quatre échantillons analysés .....	26
Tableau A2.1 Résultats de l'analyse des blancs de transport et des blancs de terrain .....	41
Tableau A2.2 Résultats de l'analyse des duplicatas .....	42

---

## LISTE DES FIGURES

Figure 1	Bassin versant du lac Blouin .....	3
Figure 2	Localisation des stations d'échantillonnage .....	5
Figure 3	Concentrations d'aluminium, d'argent, d'arsenic, de baryum, de béryllium et de bore dans la partie nord du lac Blouin de juin à octobre 2005 .....	15
Figure 4	Concentrations de cadmium, de chrome, de cobalt, de cuivre, de fer et de molybdène dans la partie nord du lac Blouin de juin à octobre 2005 .....	16
Figure 5	Concentrations de nickel, de plomb, d'antimoine, de sélénium, de strontium et d'uranium dans la partie nord du lac Blouin de juin à octobre 2005 .....	17
Figure 6	Concentrations de vanadium, de zinc, de calcium, de potassium, de magnésium et de manganèse dans la partie nord du lac Blouin de juin à octobre 2005 .....	18
Figure 7	Turbidité, pH, conductivité et concentrations de sodium, de carbone organique et de solides en suspension dans la partie nord du lac Blouin de juin à octobre 2005 .....	19
Figure 8	Concentrations de zinc aux huit stations d'échantillonnage à chacune des dates d'échantillonnage .....	22
Figure 9	Concentrations d'aluminium, d'argent, d'arsenic, de baryum, de cadmium et de chrome dans les sédiments de la partie nord du lac Blouin le 13 octobre 2005 .....	32
Figure 10	Concentrations de cuivre, de fer, de mercure, de nickel, de plomb et de sélénium dans les sédiments de la partie nord du lac Blouin le 13 octobre 2005 ...	33
Figure 11	Concentrations de strontium, de zinc et de carbone organique dans les sédiments de la partie nord du lac Blouin le 13 octobre 2005 .....	34

## LISTE DES ANNEXES

Annexe 1	Carte bathymétrique du lac Blouin .....	39
Annexe 2	Contrôle de la qualité .....	40
Annexe 3	Concentrations de métaux et des autres paramètres de la qualité de l'eau mesurés dans les échantillons du lac Blouin de juin à octobre 2006.....	44

---

## **ORIGINE ET OBJECTIF DE L'ÉTUDE**

Des études ont démontré que la rivière Bourlamaque, située près de Val-d'Or en Abitibi, fait l'objet d'une forte pollution acide et métallique (Berryman et Jalbert, 2004; Berryman, 2005; Richard, 2006). Cette pollution est due aux résidus miniers que l'on trouve en maints endroits dans le bassin de la rivière Bourlamaque, certains de ces résidus étant générateurs de drainage minier acide.

La rivière Bourlamaque est particulièrement affectée par un ancien parc à résidus du nom de Manitou. Des résidus miniers non confinés ont été déposés dans le bassin du ruisseau Manitou de 1942 jusqu'à la construction d'une digue, en 1956. Des bris de digues en 1972 et 1976 ont donné lieu à de vastes épanchements de résidus miniers acides dans ce ruisseau, un tributaire de la rivière Bourlamaque. Restés non confinés, les résidus miniers du parc Manitou ont continué à s'étendre vers l'aval : ils ont couvert les berges du ruisseau Manitou, ont atteint la rivière Bourlamaque et se sont répandus sur plusieurs kilomètres dans celle-ci (Duclos, 2003; Jalbert, L., communication personnelle).

Des échantillonnages réalisés en 1999 et 2000 ont démontré que les concentrations de métaux (cuivre, zinc, cadmium et plomb) sont très élevées dans la rivière Bourlamaque, et ce, du point d'arrivée du ruisseau Manitou jusqu'à l'embouchure de la rivière située 32 km plus loin, dans le lac Blouin (Berryman et Jalbert, 2004). Ce constat a soulevé des interrogations sur les teneurs en métaux dans le lac Blouin lui-même, qui est un lieu de villégiature de la région de Val-d'Or et la source de la rivière Harricana. Pour répondre à ces interrogations, le lac Blouin a fait l'objet à son tour d'un échantillonnage en 2005. Le présent rapport présente les résultats obtenus.

Le 28 novembre 2006, le gouvernement du Québec annonçait un investissement de 47 M\$ pour restaurer le parc à résidus Manitou, en partenariat avec le secteur privé. Les travaux de restauration ont débuté en décembre 2006 et se poursuivront sur plusieurs années (Jalbert, L., communication personnelle).

L'objectif de l'étude était de déterminer l'ampleur et l'étendue de la contamination métallique dans la partie nord du lac Blouin. Compte tenu des travaux de restauration lancés au parc à résidus Manitou, l'état de situation dégagé dans ce rapport doit être considéré comme un portrait pré-intervention. L'endiguement des résidus miniers du site Manitou devrait mener à une diminution des concentrations de métaux dans la rivière Bourlamaque et le lac Blouin. Une reprise des échantillonnages dans ces plans d'eau, lorsque les travaux de restauration seront complétés, permettra de mesurer les améliorations obtenues.

---

## MÉTHODOLOGIE

### Description du milieu

Le lac Blouin est de forme allongée, d'une longueur de 13,5 km et d'une largeur maximale de 2 km. Il est orienté selon un axe sud-ouest – nord-est, et la partie urbanisée de la ville de Val-d'Or se trouve à son extrémité sud-ouest (figure 1).

La présente étude porte sur la partie nord du lac Blouin, soit le secteur qui reçoit les rivières Bourlamaque et Senneville et où la rivière Harricana prend sa source (figure 1). Cette partie du lac est relativement peu profonde; la seule carte bathymétrique disponible, qui date de 1933, y indique une profondeur maximale d'environ 8 m (annexe 1). Le lac gagne en profondeur plus au sud : on a sondé une profondeur de 9 m dans le secteur de Val-du-Repos et une part importante de la moitié sud du lac atteint des profondeurs d'environ 20 à 30 m.

Les principaux tributaires du lac Blouin sont les rivières Bourlamaque et Senneville, dont les bassins constituent respectivement 65 % et 30 % de celui du lac Blouin (figure 1). Ces deux affluents se déversent dans la partie nord du lac, près de son exutoire : la rivière Harricana. Cette proximité des deux principaux tributaires et de l'exutoire du lac, couplée à la faible profondeur d'eau dans ce secteur, entraîne nécessairement un renouvellement rapide des eaux dans la partie nord du lac.

Le bassin de la rivière Bourlamaque compte plusieurs parcs à résidus miniers (figure 1). Certains de ces parcs à résidus sont abandonnés et ne respectent pas les normes environnementales du MDDEP. C'est le cas notamment du parc à résidus Manitou qui, tel qu'expliqué précédemment, cause une forte contamination acide et métallique de la rivière Bourlamaque.

Une étude réalisée par le MDDEP en 1999-2000 (Berryman et Jalbert, 2004) démontre que la contamination métallique de la rivière Bourlamaque demeure élevée jusqu'à son embouchure, où les concentrations de cuivre et de zinc notamment dépassent le niveau aigu des critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique. La même étude portait à croire que le choc acide subi par la rivière, à la hauteur du ruisseau Manitou, se dissipait avant le lac Blouin. Tel qu'expliqué plus loin, la présente étude démontre que ce n'est pas toujours le cas : il arrive que des eaux acides de la rivière Bourlamaque atteignent le lac Blouin.

Pour sa part, la rivière Senneville draine un territoire principalement forestier qui compte peu de sites miniers (figure 1). Les teneurs en métaux de la rivière Senneville ne sont pas documentées, mais le peu d'activité minière dans le bassin de ce cours d'eau porte à croire que ces teneurs sont normales.



Figure 1 Bassin versant du lac Blouin

Outre les rivières Bourlamaque et Senneville, le lac Blouin reçoit les eaux de quelques ruisseaux, dont certains drainent des eaux pluviales d'une partie de la ville de Val-d'Or. Les eaux usées et traitées de la ville ne sont toutefois pas rejetées dans le lac Blouin. Elles sont plutôt acheminées vers la rivière Thompson, qui se déverse dans le lac De Montigny, dont les eaux s'écoulent dans la rivière Harricana (figure 1).

Une partie des rives du lac Blouin est occupée par des résidences (figure 2). Celles qui sont situées près de l'extrémité sud du lac sont connectées aux réseaux d'aqueduc et d'égout de la ville de Val-d'Or, alors que les autres s'alimentent à partir de puits privés et ont des installations septiques individuelles. Il n'y a pas de prise d'eau potable municipale dans le lac Blouin, et on n'y connaît pas de prise d'eau privée (Faucher, S., communication personnelle).

### **Échantillonnage et analyses au laboratoire**

L'eau dans la partie nord du lac Blouin a été échantillonnée aux huit stations d'échantillonnage listées dans le tableau 1 et localisées sur la figure 2. Les stations 1 et 2 étaient situées dans le chenal d'écoulement de la rivière Bourlamaque dans le lac Blouin. Les stations 3 à 7 visaient à mesurer les concentrations de métaux à différents endroits dans la zone de dispersion de l'apport de la rivière Bourlamaque. La station T, qui est sous l'effet de la rivière Senneville plutôt que de la rivière Bourlamaque, a servi de témoin.

Les échantillons d'eau ont été prélevés les 1<sup>er</sup> juin, 11 août, 12 septembre et 13 octobre 2005. L'échantillonnage a été réalisé à partir d'une embarcation. Les bouteilles d'échantillonnage étaient fixées à une perche, plongées dans le lac à environ 2 m de l'embarcation et à environ 20 cm de profondeur. Le positionnement de l'embarcation sur le lac se faisait à l'aide d'un GPS.

L'échantillonnage pour les métaux a été effectué en suivant une méthode spécifique pour les métaux en traces (Ouellet et Therreault, 1995), à l'aide de contenants spécialement décontaminés à cette fin (CEAEQ, 2006a). Les échantillons étaient conservés à un pH inférieur à 2 avec de l'acide nitrique et, au laboratoire, ils étaient simplement décantés, sans filtration ou centrifugation préalables et sans autre minéralisation, de façon à obtenir la fraction soluble à l'acide du métal (CEAEQ, 2006a). L'analyse des métaux a été réalisée en spectrométrie d'émission au plasma d'argon et détection par spectrométrie de masse (CEAEQ, 2006b).

Les 32 échantillons d'eau du lac, un duplicata et les 8 blancs pour le contrôle de la qualité ont été analysés pour 25 métaux : Al, Ag, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Sb, Se, Sr, U, V et Zn. Les échantillons d'eau du lac ont aussi été analysés pour le carbone organique dissous, les solides en suspension et la turbidité. Toutes ces analyses ont été réalisées au laboratoire de Québec du Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ). La température, le pH, la conductivité et l'oxygène dissous ont été mesurés sur le terrain à l'aide d'une sonde de marque YSI, modèle 54A.

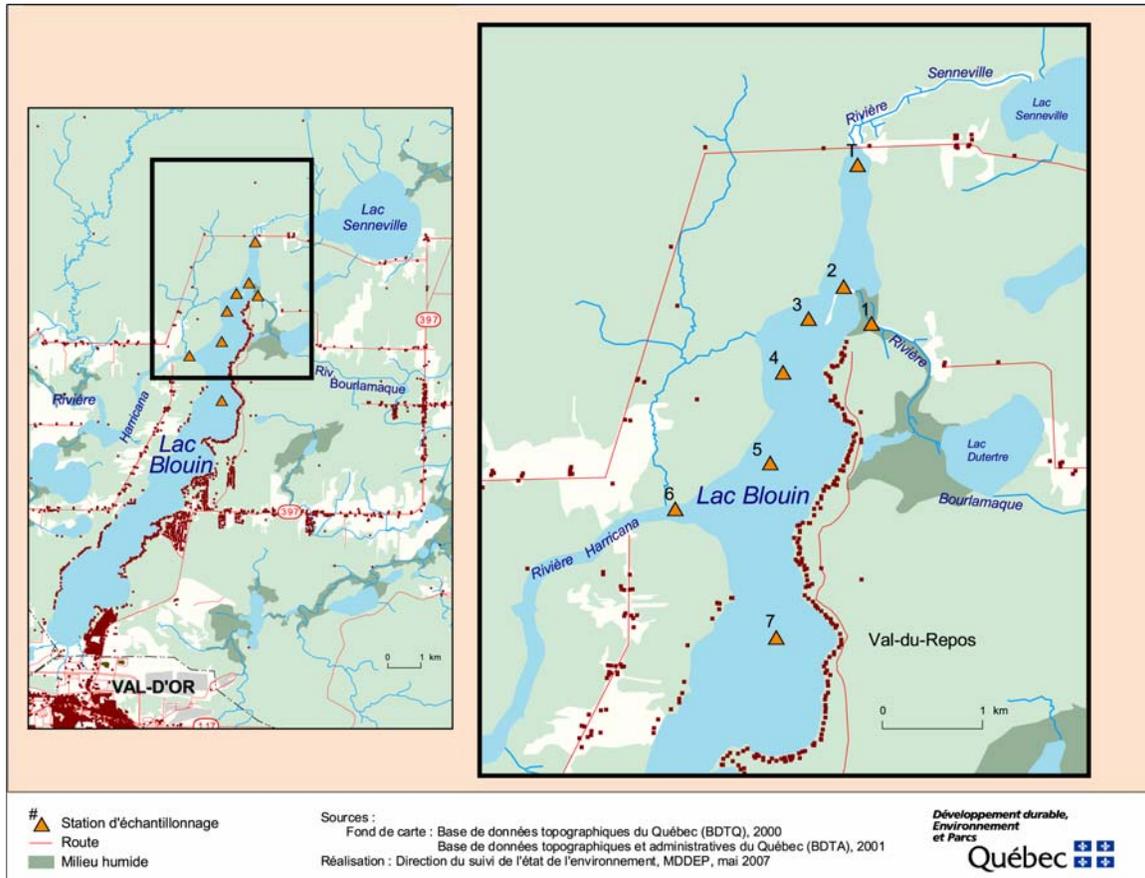


Figure 2 Localisation des stations d'échantillonnage

Tableau 1 Stations d'échantillonnage

Numéro	Site de l'échantillonnage	N <sup>o</sup> BQMA <sup>1</sup>	Carte 1/50 000	Coordonnées (NAD 83)	
				Latitude	Longitude
T	Lac Blouin, près de l'embouchure de la rivière Senneville	8010093	32 C04	48,1439268	-77,7770978
1	Lac Blouin, près de l'embouchure de la rivière Bourlamaque	8010094	33 C04	48,2268670	-77,7236780
2	Lac Blouin	8010095	34 C04	48,2136110	-77,7229750
3	Lac Blouin	8010096	35 C04	48,2178480	-77,7245460
4	Lac Blouin	8010097	36 C04	48,2118380	-77,7312950
5	Lac Blouin	8010098	37 C04	48,2057160	-77,7333250
6	Lac Blouin, à la tête de la rivière Harricana	8010099	38 C04	48,1995460	-77,7373710
7	Lac Blouin	8010100	39 C04	48,1957490	-77,7550010

<sup>1</sup> Numéro de la station dans la Banque de données sur la qualité du milieu aquatique du MDDEP.

En plus des procédures suivies au laboratoire pour assurer la qualité des analyses, un contrôle de la qualité de l'échantillonnage a été réalisé par l'analyse de blancs et la prise d'un échantillon en double. Les résultats de ces contrôles de la qualité sont présentés à l'annexe 2. Les blancs démontrent que la contamination procédurale était limitée, c'est-à-dire que les concentrations de métaux mesurées dans les échantillons d'eau du lac Blouin

ne sont que peu ou pas influencées par les manipulations sur le terrain et en laboratoire. De plus, l'analyse des deux duplicatas démontre que les concentrations de métaux ne varient pas beaucoup sur les petites échelles spatio-temporelles : ces variations ne sont pas d'une ampleur suffisante pour jeter un doute sur la représentativité de mesures effectuées à des échelles spatio-temporelles plus grandes.

La tournée d'échantillonnage du 13 octobre comprenait des prélèvements de sédiments de surface (de 0 à environ 20 cm de profondeur). Au départ, il était prévu d'effectuer un prélèvement de sédiments à chacune des huit stations d'échantillonnage de l'eau, mais un problème technique n'a permis d'échantillonner que les stations 1, 2, 3, 6 et 7. Aux stations 6 et 7, les sédiments ont été prélevés à l'aide d'une benne en acier inoxydable. À l'intérieur de la benne, des sédiments qui ne touchaient pas aux parois de celle-ci ont été prélevés à la main, avec des gants de polyéthylène. Aux stations 1 à 3, la faible profondeur de l'eau (environ 30 cm) permettait l'échantillonnage des sédiments directement à la main, avec des gants de polyéthylène. Les sédiments récoltés ont été placés dans des pots de verre de 1 litre préalablement décontaminés et ont été conservés au froid.

L'analyse des sédiments a été effectuée au laboratoire du CEAEQ situé à Laval. Les sédiments ont été séchés, tamisés à sec sur une maille de 180  $\mu\text{m}$ , et la fraction passante a été analysée pour le carbone organique total et 15 métaux : Al, Ag, As, Ba, Be, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb, Se, Sr et Zn (CEAEQ, 2006c, d, e).

## Traitement des données

### *Eau : étendue de la contamination métallique*

Pour déterminer l'étendue de la contamination métallique du lac Blouin attribuable à la rivière Bourlamaque, les concentrations de métaux mesurées dans le chenal d'arrivée de celle-ci (stations 1 et 2) sont comparées à celles mesurées ailleurs dans le lac, soit à la station témoin (station T) et aux autres stations réparties sur le parcours de dilution de la rivière dans le lac (stations 3 à 7). Cette comparaison est réalisée par un examen visuel des graphiques des résultats et, de façon plus formelle, par une analyse de variance. Lorsque l'analyse de variance détecte au moins une différence significative ( $P < 0,05$ ) entre les concentrations aux différentes stations, un test de comparaisons multiples est ensuite utilisé pour identifier les stations qui diffèrent.

Les paramètres de qualité de l'eau dont les données respectent les conditions de normalité et d'égalité des variances ont fait l'objet d'une analyse de variance paramétrique pour les données paires (test de F), suivie du test de comparaisons multiples de Holm-Sidak. Les paramètres qui ne respectent pas les conditions de normalité et d'égalité des variances ont été traités par une procédure non paramétrique : une analyse de variance sur les rangs pour données paires (test de Friedman), suivie du test SNK pour les comparaisons multiples. Ces analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel SigmaStat 3.1 de Systat Software inc. Pour ces analyses statistiques, les résultats sous la limite de détection ont été remplacés par la moitié de cette limite.

---

*Eau : ampleur de la contamination métallique*

Pour évaluer l'ampleur de la contamination, les concentrations de métaux mesurées aux stations exposées à la rivière Bourlamaque (stations 1 à 7) ont été comparées aux critères de qualité des eaux de surface du Québec (MDDEP, 2006), ainsi qu'aux teneurs obtenues à la station témoin (station T). Les critères relatifs aux substances mesurées dans le cadre de cette étude sont présentés dans le tableau 2. Il s'agit essentiellement de critères pour la protection de la vie aquatique et de critères pour la prévention de la contamination des organismes aquatiques (CPCO). Les critères pour la prévention de la contamination de l'eau et des organismes aquatiques (CPCEO) n'ont pas été utilisés dans l'étude, car il n'y a pas de prise d'eau potable dans le lac Blouin.

Les critères pour la protection de la vie aquatique visent à protéger les organismes (poissons, mollusques, algues, plantes, etc.) qui habitent les plans d'eau. Lorsque les concentrations de métaux dépassent ces critères, il y a risque d'effets sur ces organismes.

Pour la plupart des substances, les critères pour la protection de la vie aquatique comprennent deux niveaux : le « critère de vie aquatique chronique » (CVAC) et le « critère de vie aquatique aigu » (CVAA). Le critère chronique « est la concentration la plus élevée d'une substance qui ne produira aucun effet néfaste sur les organismes aquatiques (et leur progéniture) lorsqu'ils y sont exposés quotidiennement pendant toute leur vie ». « Toute concentration dans le milieu au-dessus de ce critère, lorsqu'elle est maintenue continuellement, est susceptible de causer un effet indésirable. Toutefois, de légers écarts au-dessus du CVAC ne causeront pas nécessairement d'effets sur les organismes aquatiques (1) si la durée et l'intensité de ces dépassements sont limitées et (2) s'il y a des périodes de compensation où la concentration dans le milieu est inférieure à celle du critère » (MDDEP, 2006).

Le critère de vie aquatique aigu est, quant à lui, « la concentration maximale d'une substance à laquelle les organismes peuvent être exposés pour une courte période de temps sans être gravement touchés » (MDDEP, 2006). Les dépassements de ce critère sont donc préoccupants, quelles qu'en soient l'amplitude et la durée.

Par ailleurs, il arrive que les concentrations de métaux dans les eaux de surface dépassent des critères chroniques de façon tout à fait naturelle, en raison de la géologie ou de la nature des sols d'une région. C'est souvent le cas pour le fer et l'aluminium, métaux omniprésents dans l'écorce terrestre. Il n'y a pas d'effet à appréhender dans de telles situations, qui sont facilement décelables par des dépassements de critères aux stations témoins.

Les ions majeurs, comme le calcium et le magnésium, confèrent une certaine protection aux organismes aquatiques contre la toxicité de plusieurs métaux. Pour cette raison, les critères de protection de la vie aquatique pour ces métaux sont variables et dépendent de la dureté de l'eau. En ce qui a trait à ces métaux, les critères pour le lac Blouin ont été calculés en fonction de la dureté à la station témoin, calculée à partir des concentrations

Tableau 2 Critères de qualité de l'eau pour les paramètres mesurés dans le cadre de cette étude<sup>a</sup>

Paramètre	Unités	Protection de la vie aquatique <sup>b</sup>	
		Aigu	Chronique
<b>Métaux</b>			
Aluminium	µg/l	750	87
Antimoine	µg/l	1100	240
Argent	µg/l	0,45	0,1
Arsenic <sup>c</sup>	µg/l	340	150
Baryum	µg/l	319	112
Béryllium	µg/l	0,84	0,093
Bore	µg/l	16000	1900
Cadmium	µg/l	0,58	0,10
Chrome	µg/l	630	30
Cobalt	µg/l	370	100
Cuivre	µg/l	4,2	3,1
Fer	µg/l	3500	1300
Molybdène	µg/l	29000	3200
Nickel <sup>c</sup>	µg/l	158	18
Plomb	µg/l	16	0,62
Sélénium	µg/l	DNP	5
Strontium	µg/l	75000	8300
Uranium	µg/l	320	14
Vanadium	µg/l	110	12
Zinc <sup>c</sup>	µg/l	40	40
<b>Ions majeurs</b>			
Calcium <sup>d</sup>	mg/l	-	4
Potassium	mg/l	-	-
Magnésium	mg/l	-	-
Manganèse	mg/l	1,3	0,63
Sodium	mg/l	-	-
<b>Autres</b>			
Carbone organique dissous	mg/l	-	-
Conductivité	µS/cm	-	-
pH		5,0 - 9,5	6,5 - 9,0
Solides en suspension <sup>e</sup>	mg/l	+ 25	+ 5
Turbidité <sup>ef</sup>	uNT	+ 8	+ 2

<sup>a</sup> source : MDDEP, 2006. Un trait (-) dans le tableau signifie qu'il n'y a pas de critère pour ce paramètre et la mention DNP signifie que les données disponibles ne permettent pas le calcul du critère.

<sup>b</sup> Les critères pour plusieurs métaux dépendent de la dureté de l'eau. C'est la dureté moyenne à la station témoin (27,7 mg/l (CaCO<sub>3</sub>)) qui a été utilisée pour le calcul de ces critères.

<sup>c</sup> Il y a aussi un critère pour la prévention de la contamination des organismes aquatiques : As : 21 µg/l; Ni : 4 600 µg/l; Zn : 69 000 µg/l.

---

Tableau 2 Critères de qualité de l'eau pour les paramètres mesurés dans le cadre de cette étude<sup>a</sup> (suite)

- <sup>d</sup> Critère inverse : des concentrations inférieures aux seuils indiqués rendent le milieu plus sensible à l'acidification.
- <sup>e</sup> Hausses permises par rapport aux concentrations naturelles.
- <sup>f</sup> Il y a également un critère pour les activités récréatives et l'esthétique dans les plans d'eau dont la turbidité est inférieure à 50 uNT : hausse de 5 uNT.

de calcium et de magnésium. Lors des quatre tournées d'échantillonnage, la dureté à la station témoin a varié de 13,8 à 43,8 mg/l, pour une moyenne de 27,7 mg/l (CaCO<sub>3</sub>).

Pour certaines substances, le MDDEP a aussi établi des critères pour la prévention de la contamination des organismes aquatiques (CPCO). Ces critères concernent l'exposition humaine. Ils représentent la concentration à ne pas dépasser dans l'eau afin d'éviter que le contaminant ne s'accumule dans la chair des poissons et autres organismes aquatiques, au point de nuire à leur consommation par l'être humain. Le degré d'exposition considéré dans l'établissement de ces critères est la consommation d'un repas par semaine de poissons, mollusques ou crustacés et ce, la vie durant. Parmi les substances mesurées dans le cadre de l'étude, seuls l'arsenic, le nickel et le zinc ont des CPCO (tableau 2).

Il importe de rappeler que c'est la « fraction soluble à l'acide » des métaux qui a été analysée dans le cadre de l'étude. Une partie de cette fraction des métaux peut se trouver sous forme particulaire dans l'eau et ne pas être disponible pour les organismes aquatiques. Par exemple, l'aluminium contenu dans les particules d'argile n'est pas biodisponible et n'est pas toxique. De plus, la biodisponibilité et la toxicité de certains métaux dépendent de certains facteurs, comme le pH qui affecte la toxicité de l'aluminium et le carbone organique dissous qui influence celle du cuivre. En conséquence, des concentrations de métaux qui dépassent les critères ne sont pas toujours problématiques et doivent être interprétées en tenant compte de ces facteurs circonstanciels. À l'inverse, les concentrations qui ne dépassent pas les critères peuvent être considérées comme étant sécuritaires.

### *Sédiments*

Les concentrations de métaux dans les échantillons de sédiments du lac Blouin ont été comparées aux critères pour l'évaluation de la qualité des sédiments au Québec (EC et MDDEP, 2007). Ces critères comprennent cinq niveaux de concentration, correspondant à des probabilités d'occurrence et des ampleurs croissantes d'effets sur la vie aquatique. Ces cinq niveaux sont : la concentration d'effets rares (CER), la concentration seuil produisant un effet (CSE), la concentration d'effets occasionnels (CEO), la concentration produisant un effet probable (CEP) et la concentration d'effets fréquents (CEF).

L'utilisation de l'un ou l'autre de ces niveaux de concentration dépend du contexte. Les deux premiers niveaux (CER et CSE) sont utilisés pour prévenir la contamination des sédiments, notamment lors de l'évaluation de nouveaux projets industriels. Les niveaux

CEO et CEF servent principalement à la gestion des résidus de dragage du Saint-Laurent. Les niveaux CEP et CEF servent à l'évaluation des sédiments des sites déjà contaminés et, avec le niveau CEO, à baliser leur éventuelle restauration. Dans le cas du lac Blouin, ce sont les niveaux CEP et CEF qui sont utilisés, car il s'agit d'un site dont la principale source de contamination est connue et en voie de restauration.

En plus d'être comparées aux niveaux CEP et CEF, les concentrations de métaux dans les sédiments du lac Blouin sont comparées aux teneurs considérées naturelles ou ambiantes. De fait, il est recommandé que *«Lorsque pour une substance chimique, un critère de qualité est inférieur à la teneur naturelle propre à un secteur donné, le critère de qualité prend alors la valeur de la teneur naturelle, sauf s'il s'agit de la CEF.»* (EC et MDDEP, 2007). Les estimations des valeurs naturelles ou ambiantes utilisées dans la présente étude proviennent de plusieurs sources : EC et MDDEP, 2007; CCME, 1999; Couillard et al., 2004; 2007).

Des problèmes techniques ont empêché l'échantillonnage des sédiments à la station témoin du lac Blouin. Nous ne disposons donc pas d'estimation des concentrations naturelles pour ce lac. Des données sur les teneurs naturelles ou ambiantes d'autres sites sont toutefois fournies dans le document des critères mentionnés précédemment (EC-MDDEP, 2007) et dans les Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement du Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME, 1999). Ces valeurs naturelles ou ambiantes, ainsi que les concentrations CER, CSE, CEO, CEP et CEF pour les métaux analysés dans le cadre de la présente étude, sont présentées dans le tableau 3, avec les résultats de l'analyse des cinq échantillons de sédiments du lac Blouin.

Tableau 3 Concentrations de métaux dans les sédiments prélevés dans le lac Blouin et comparaison aux critères de qualité et aux teneurs naturelles et ambiantes

Métal	Critères <sup>1</sup>		Teneurs naturelles ou ambiantes <sup>1</sup>		Teneurs lac Blouin	
	Seuil d'effet	(µg/g)	Sédiment <sup>2</sup>	(µg/g)	station	(µg/g) <sup>3</sup>
Aluminium	CER	ND	St-Laurent, préindustriel	23000	1	22000
	CSE	ND	St-Laurent, argiles post-glaciaires	48000	2	14000
	CEO	ND	Lac Vaudray, préindustriel <sup>4</sup>	53720	3	12000
	CEP	ND	Lac Caron, préindustriel <sup>4</sup>	84010	6	25000
	CEF	ND	Lac St-François, actuel	58000	7	25000
			Lac St-Louis, actuel	70000		
Lac St-Pierre, actuel			71000			
Argent	CER	ND	Lac Vaudray, préindustriel <sup>4</sup>	0,366	1	8,7
	CSE	ND	Lac Caron, préindustriel <sup>4</sup>	0,422	2	4,6
	CEO	ND			3	2,4
	CEP	ND			6	4,8
	CEF	ND			7	6,4
Arsenic	CER	4,1	St-Laurent, préindustriel	6,6	1	<b>65</b>
	CSE	5,9	St-Laurent, argiles post-glaciaires	8	2	<b>40</b>
	CEO	7,6	Lac St-François, actuel	5	3	<b>27</b>
	CEP	17	Lac St-Louis, actuel	7	6	<b>34</b>
	CEF	23	Lac St-Pierre, actuel	2	7	<b>32</b>
			Lacs canadiens, actuel <sup>6</sup>	2,5		
Baryum	CER	ND	St-Laurent, préindustriel	150	1	23
	CSE	ND	St-Laurent, argiles post-glaciaires	350	2	28
	CEO	ND	Lac St-François, actuel	630	3	26
	CEP	ND	Lac St-Louis, actuel	720	6	64
	CEF	ND	Lac St-Pierre, actuel	820	7	98
Béryllium	CER	ND	St-Laurent, préindustriel	0,82	1	< 0,4
	CSE	ND	St-Laurent, argiles post-glaciaires	2,1	2	< 0,4
	CEO	ND	Lac St-François, actuel	1,5	3	< 0,4
	CEP	ND	Lac St-Louis, actuel	1,8	6	< 0,4
	CEF	ND	Lac St-Pierre, actuel	1,8	7	< 0,4
Cadmium	CER	0,33	St-Laurent, préindustriel	0,2	1	3,6
	CSE	0,6	St-Laurent, argiles post-glaciaires	0,2	2	1,5
	CEO	1,7	Lac Vaudray, préindustriel <sup>4</sup>	0,478	3	1,3
	CEP	3,5	Lac Caron, préindustriel <sup>4</sup>	0,372	6	3,9
	CEF	12	Lac Dufault, préindustriel <sup>5</sup>	1,34	7	7,5
			Lac St-François, actuel	0,8		
			Lac St-Louis, actuel	1		
			Lac St-Pierre, actuel	0,4		
			Lacs canadiens, actuel <sup>6</sup>	0,32		

Tableau 3 Concentrations de métaux dans les sédiments prélevés dans le lac Blouin et comparaison aux critères de qualité et aux teneurs naturelles et ambiantes (suite)

Métal	Critères <sup>1</sup>		Teneurs naturelles ou ambiantes <sup>1</sup>		Teneurs lac Blouin	
	Seuil d'effet (µg/g)		Sédiment <sup>2</sup>	(µg/g)	station	(µg/g) <sup>3</sup>
Chrome	CER	25	St-Laurent préindustriel	60	1	28
	CSE	37	St-Laurent argiles post-glaciaires	150	2	29
	CEO	57	Lac St-François, actuel	52	3	28
	CEP	90	Lac St-Louis, actuel	93	6	46
	CEF	120	Lac St-Pierre, actuel	66	7	54
			Lacs canadiens, actuel <sup>6</sup>	47		
Cuivre	CER	22	St-Laurent, préindustriel	19	1	<u>340</u>
	CSE	36	St-Laurent, argiles post-glaciaires	54	2	170
	CEO	63	Lac Vaudray, préindustriel <sup>4</sup>	18,7	3	130
	CEP	200	Lac Caron, préindustriel <sup>4</sup>	27,8	6	<u>230</u>
	CEF	700	Lac Dufault, préindustriel <sup>5</sup>	21,3	7	<u>300</u>
			Lac St-François, actuel	27		
			Lac St-Louis, actuel	41		
			Lac St-Pierre, actuel	24		
			Lacs canadiens, actuel <sup>6</sup>	31		
Fer	CER	ND	St-Laurent, préindustriel	30000	1	44000
	CSE	ND	St-Laurent, argiles post-glaciaires	56000	2	38000
	CEO	ND	Lac Vaudray, préindustriel <sup>4</sup>	35170	3	29000
	CEP	ND	Lac Caron, préindustriel <sup>4</sup>	46370	6	47000
	CEF	ND	Lac Dufault, préindustriel <sup>5</sup>	47602	7	44000
			Lac St-François, actuel	26000		
			Lac St-Louis, actuel	47000		
			Lac St-Pierre, actuel	34000		
Mercure	CER	0,09	St-Laurent, préindustriel	0,083	1	0,28
	CSE	0,17	St-Laurent, argiles post-glaciaires	0,021	2	0,26
	CEO	0,25	Lac Vaudray, préindustriel <sup>4</sup>	0,0759	3	0,19
	CEP	0,49	Lac Caron, préindustriel <sup>4</sup>	0,0765	6	0,23
	CEF	0,87	Lac Dufault, préindustriel <sup>5</sup>	0,08	7	0,34
			Lac St-François, actuel	0,15		
			Lac St-Louis, actuel	0,19		
			Lac St-Pierre, actuel	0,044		
			Lacs canadiens, actuel <sup>6</sup>	0,074		
Nickel	CER	ND	St-Laurent, préindustriel	29	1	16
	CSE	ND	St-Laurent, argiles post-glaciaires	75	2	15
	CEO	47	Lac Vaudray, préindustriel <sup>4</sup>	39,8	3	14
	CEP	ND	Lac Caron, préindustriel <sup>4</sup>	63,5	6	27
	CEF	ND	Lac St-François, actuel	28	7	35
			Lac St-Louis, actuel	20		
Lac St-Pierre, actuel			26			

Tableau 3 Concentrations de métaux dans les sédiments prélevés dans le lac Blouin et comparaison aux critères de qualité et aux teneurs naturelles et ambiantes (suite)

Métal	Critères <sup>1</sup>		Teneurs naturelles ou ambiantes <sup>1</sup>		Teneurs lac Blouin		
	Seuil d'effet	(µg/g)	Sédiment <sup>2</sup>	(µg/g)	station	(µg/g) <sup>3</sup>	
Plomb	CER	25	St-Laurent, préindustriel	13	1	<b>320</b>	
	CSE	35	St-Laurent, argiles post-glaciaires	16	2	<u>120</u>	
	CEO	52	Lac Vaudray, préindustriel <sup>4</sup>	7,34	3	81	
	CEP	91	Lac Caron, préindustriel <sup>4</sup>	10,6	6	<b>210</b>	
	CEF	150	Lac Dufault, préindustriel <sup>5</sup>	Lac St-François, actuel	25	7	<b>300</b>
				Lac St-Louis, actuel	38		
				Lac St-Pierre, actuel	19		
				Lacs canadiens, actuel <sup>6</sup>	6		
Sélénium	CER	ND			1	1,2	
	CSE	ND			2	2,4	
	CEO	ND			3	1,6	
	CEP	ND			6	1,2	
	CEF	ND			7	0,9	
Strontium	CER	ND	St-Laurent, préindustriel	59	1	10	
	CSE	ND	St-Laurent, argiles post-glaciaires	110	2	15	
	CEO	ND	Lac St-François, actuel	330	3	16	
	CEP	ND	Lac St-Louis, actuel	320	6	23	
	CEF	ND	Lac St-Pierre, actuel	400	7	28	
Zinc	CER	80	St-Laurent, préindustriel	86	1	<b>970</b>	
	CSE	120	St-Laurent, argiles post-glaciaires	150	2	<u>450</u>	
	CEO	170	Lac Vaudray, préindustriel <sup>4</sup>	93,2	3	<u>370</u>	
	CEP	310	Lac Caron, préindustriel <sup>4</sup>	126	6	<b>1200</b>	
	CEF	770	Lac Dufault, préindustriel <sup>5</sup>	Lac St-François, actuel	120	7	<b>2300</b>
				Lac St-Louis, actuel	220		
				Lac St-Pierre, actuel	100		
			Lacs canadiens, actuel <sup>6</sup>	104			

<sup>1</sup> CER concentration d'effets rares CSE concentration seuil produisant un effet  
CEO concentration d'effets occasionnels CEP concentration d'effets probables  
CEF concentration d'effets fréquents ND non déterminé  
Source : EC - MDDEP, 2007 sauf <sup>4, 5, 6</sup>

<sup>2</sup> St-Laurent, préindustriel = sédiments du fleuve St-Laurent antérieurs à 1920; St-Laurent, argiles post-glaciaires = argiles de la mer de Champlain datant de plus de 8 000 ans; St-François, St-Louis et St-Pierre = sédiments de surface actuels de ces trois lacs fluviaux du St-Laurent.

<sup>3</sup> Les valeurs soulignées sont supérieures à la CEP; celles en caractères gras sont supérieures à la CEF

<sup>4</sup> Source : Couillard et al., 2007.

<sup>5</sup> Source : Couillard et al., 2004.

<sup>6</sup> Lacs canadiens = concentration moyenne de la base de données du National Geochemical Reconnaissance Program de la Commission géologique du Canada. Source : Friske et Hornbrook, 1991 cités dans CCME 1999.

---

## RÉSULTATS

### Eau : étendue de la contamination acide et métallique

Les concentrations de métaux et des autres paramètres de la qualité de l'eau mesurées dans la partie nord du lac Blouin sont présentées à l'annexe 3 et illustrées dans les figures 3 à 7. L'examen de ces figures permet de déceler deux profils de concentrations, associés respectivement aux apports des rivières Bourlamaque et Senneville.

#### *Profil 1 : apport de la rivière Bourlamaque*

Un premier profil de concentrations se caractérise par des valeurs en général plus élevées aux stations 1 à 7 qu'à la station témoin (p. ex. argent, figure 3). Plusieurs paramètres suivent ce profil de concentrations : l'argent, l'arsenic, le bore (figure 3), le cadmium, le cobalt, le cuivre, le fer, le molybdène (figure 4), le plomb, l'antimoine, le sélénium, le strontium (figure 5), le zinc, le calcium, le potassium, le magnésium, le manganèse (figure 6), le sodium et la conductivité (figure 7).

Pour la majorité de ces paramètres, les résultats de l'analyse de variance et du test de comparaison multiples (tableau 4) démontrent que les concentrations aux stations 1 et 2 sont significativement plus élevées qu'à la station témoin (T). Dans le cas du cadmium, du cuivre et du zinc, il n'y a pas de différences significatives entre les stations, malgré le fait que les concentrations mesurées à la station témoin soient plus basses que toutes celles obtenues aux autres stations. L'absence de différence significative dans ces cas est sans doute attribuable à la grande variabilité des concentrations aux stations 1 et 2. Cette grande variabilité, associée à une taille d'échantillon relativement faible (quatre valeurs par station), diminue la capacité des tests à détecter des différences significatives.

Les métaux qui se trouvent en concentrations élevées dans la rivière Bourlamaque présentent des concentrations élevées aux stations 1 et 2, car ces deux stations sont situées dans le chenal d'arrivée de la rivière à l'intérieur du lac. À ces deux stations, la rivière Bourlamaque est encore peu diluée dans le lac Blouin.

L'examen des figures 3 à 7 montre que, pour presque tous les métaux qui suivent le profil 1, les teneurs aux stations 3 à 7, sans être aussi élevées qu'aux stations 1 et 2, tendent à demeurer supérieures à celles de la station témoin. Dans la majorité des cas (Ag, As, B, Cd, Cu, Pb, Sb, Sr, Zn, Ca, K, Mg et conductivité), même les concentrations aux stations 6 et 7 tendent à être plus élevées qu'à la station témoin, ce qui indique que la zone d'influence de la rivière Bourlamaque s'étend à l'ensemble de la zone d'étude, y compris la tête de la rivière Harricana (station 6) et le secteur de Val-du-Repos (station 7). Dans le cas de l'antimoine, du bore, de la conductivité et du plomb, une ou plusieurs des stations 3 à 7 ont des concentrations significativement plus élevées que la station témoin (tableau 4).

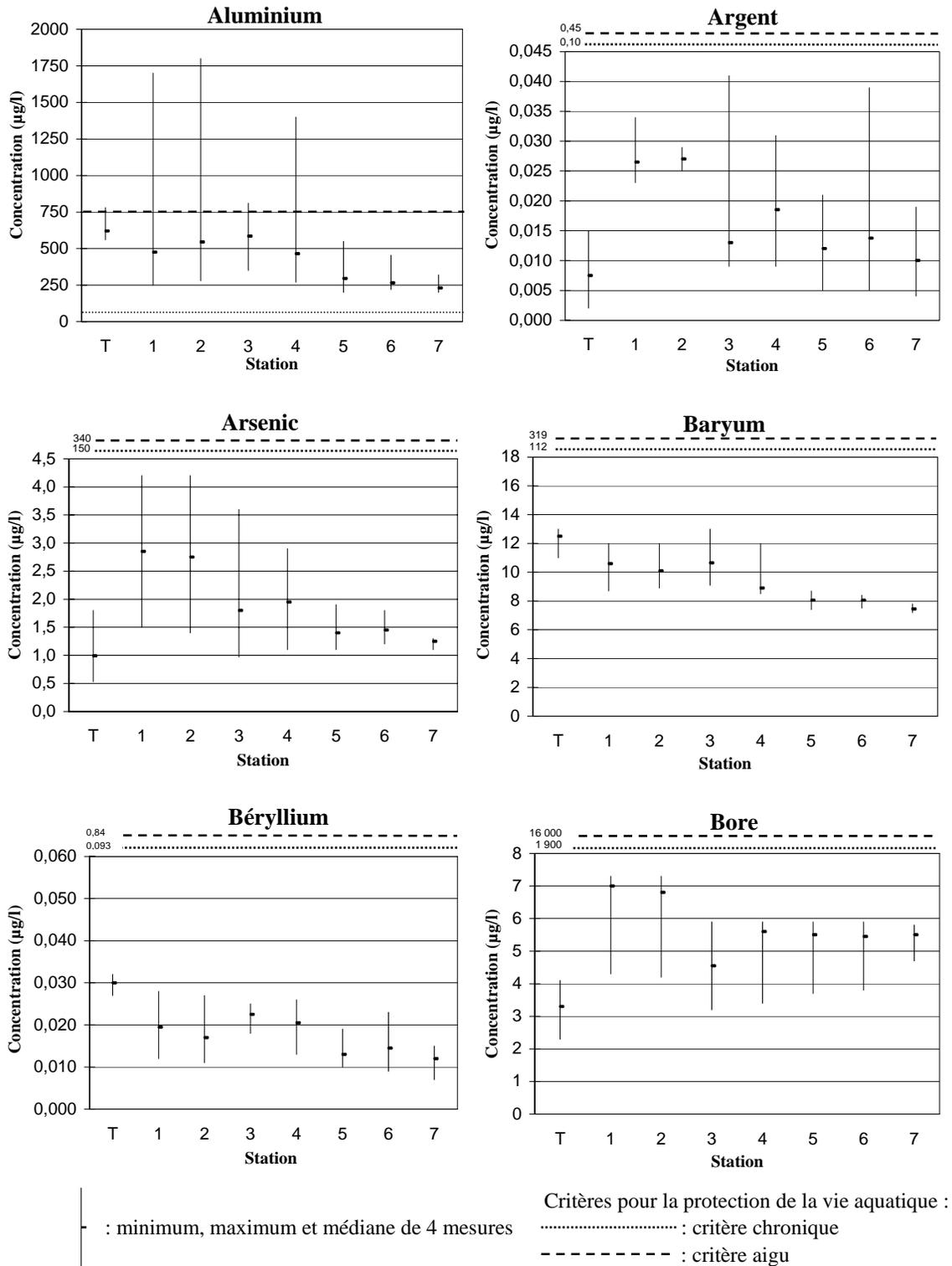


Figure 3 Concentrations d'aluminium, d'argent, d'arsenic, de baryum, de béryllium et de bore dans la partie nord du lac Blouin de juin à octobre 2005.

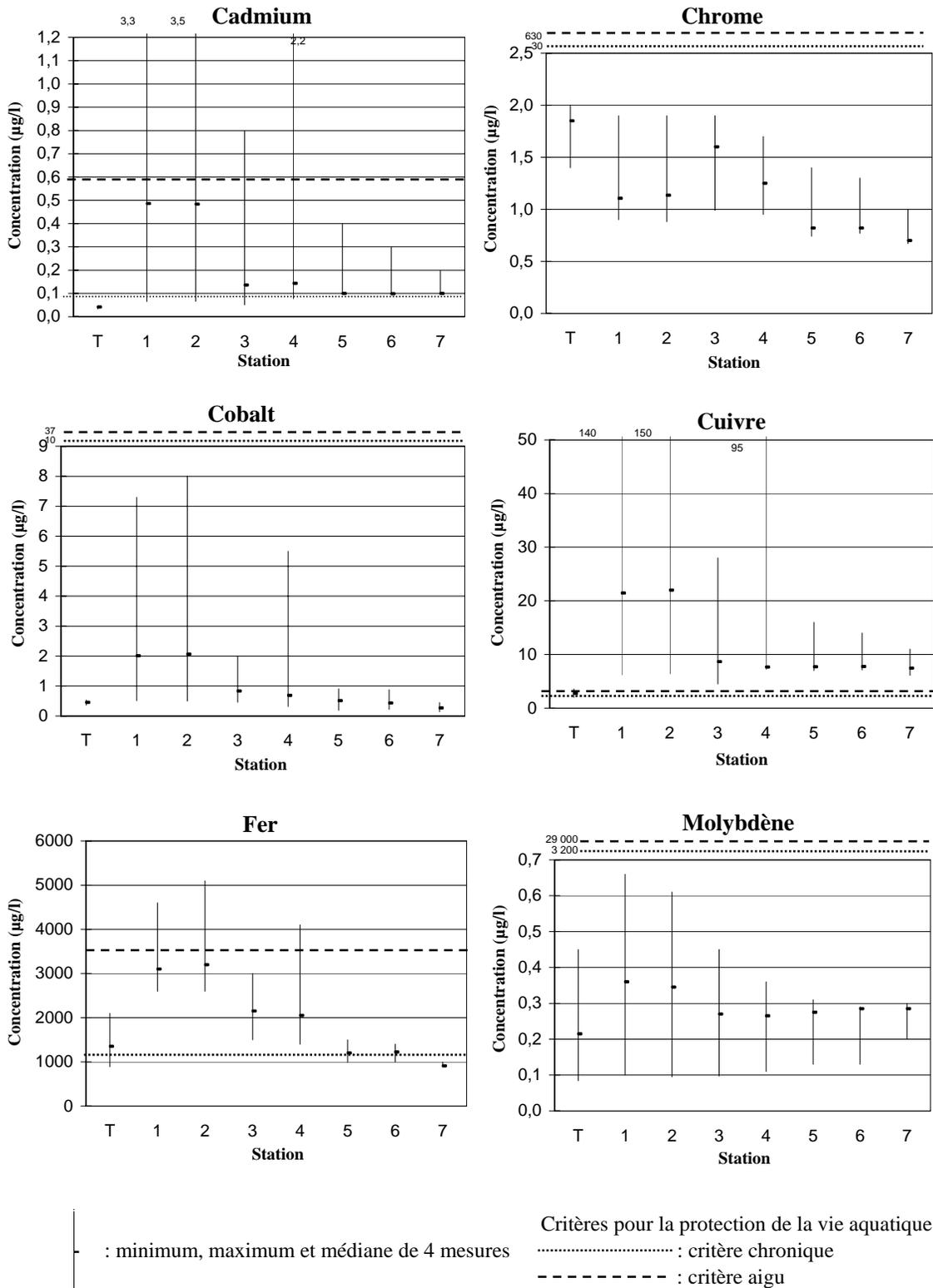


Figure 4 Concentrations de cadmium, de chrome, de cobalt, de cuivre, de fer et de molybdène dans la partie nord du lac Blouin de juin à octobre 2005.

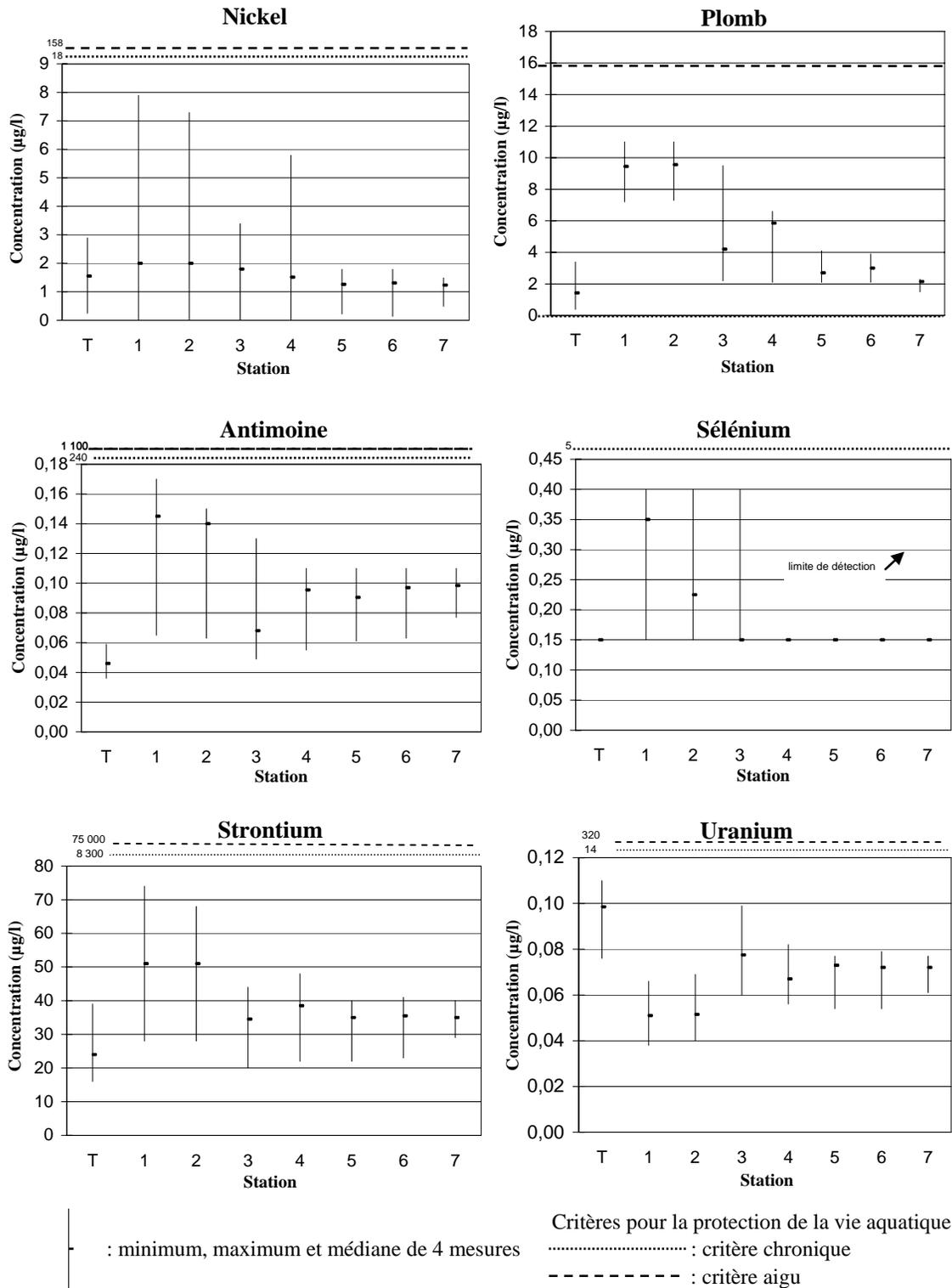


Figure 5 Concentrations de nickel, de plomb, d'antimoine, de sélénium, de strontium et d'uranium dans la partie nord du lac Blouin de juin à octobre 2005.

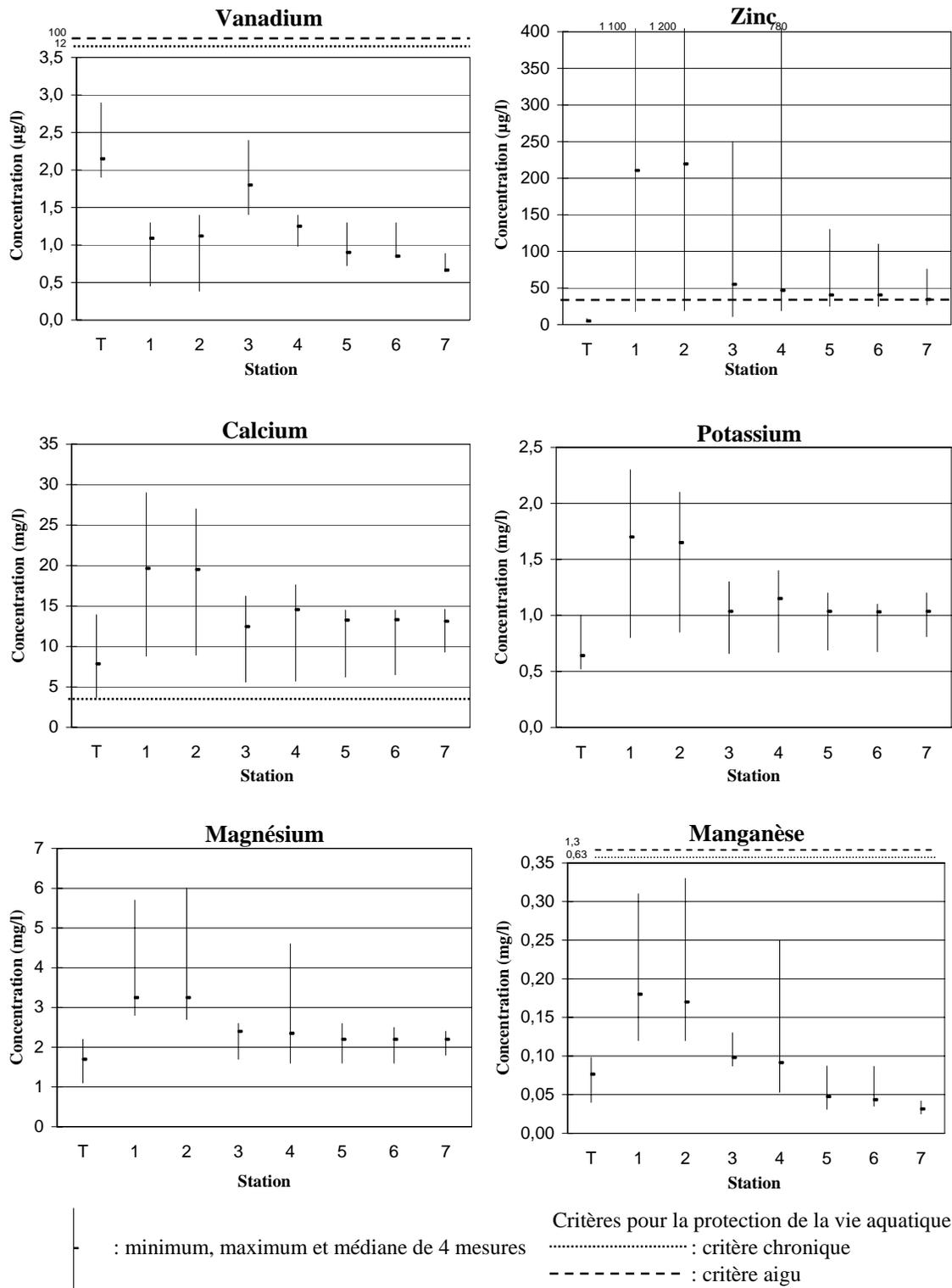


Figure 6. Concentrations de vanadium, de zinc, de calcium, de potassium, de magnésium et de manganèse dans la partie nord du lac Blouin de juin à octobre 2005.

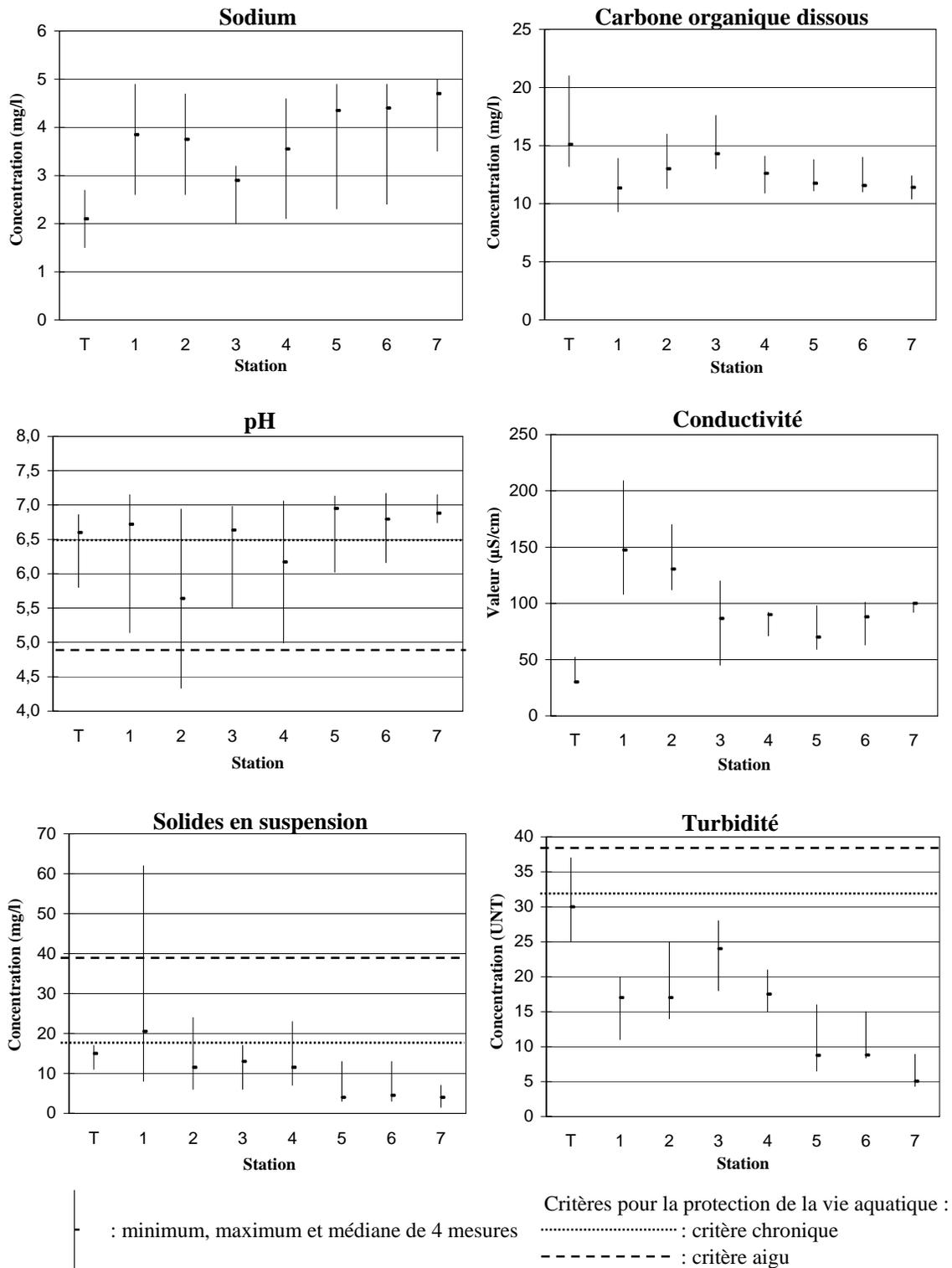


Figure 7 Turbidité, pH, conductivité et concentrations de sodium, de carbone organique et de solides en suspension dans la partie nord du lac Blouin de juin à octobre 2005.

Tableau 4 Résultats de l'analyse de variance et du test de comparaisons multiples comparant les concentrations mesurées aux huit stations d'échantillonnage

Paramètre	Normalité	Égalité des variances	Statistique du test <sup>1</sup>	P <sup>2</sup>	Stations différentes <sup>3</sup>
<b>Profil 1 : apport de la rivière Bourlamaque</b>					
Antimoine	Non	Oui	21,2	0,004	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 > T
Argent	Oui	Oui	5,51	0,001	1, 2 > T, 7
Arsenic	Oui	Non	21,6	0,003	1, 2 > T, 3, 4, 5, 6, 7
Bore	Non	Oui	20,9	0,004	1, 2 > T, 3 3, 4, 5, 6, 7 > T
Ca	Oui	Oui	7,2	< 0,001	1, 2 > T, 3, 5, 6 1 > 7
Conductivité	Oui	Oui	9,85	< 0,001	1, 2 > T, 5 1 > 3, 4, 6 7 > T
Fer	Oui	Oui	9,28	< 0,001	1, 2 > T, 5, 6, 7
Magnésium	Oui	Oui	6,19	< 0,001	1, 2 > T, 5, 6, 7
Manganèse	Oui	Oui	7,02	< 0,001	1, 2 > T, 5, 6, 7
Plomb	Oui	Oui	28,5	< 0,001	1, 2 > T, 3, 4, 5, 6, 7 3, 4 > T, 7
Potassium	Oui	Oui	8,47	< 0,001	1, 2 > T, 3, 5, 6, 7 1 > 4
Sodium	Oui	Oui	16,6	< 0,001	1, 2, 5, 6, 7 > T, 3 4 > T 7 > 4
Strontium	Oui	Oui	7,49	< 0,001	1, 2 > T, 3, 5, 6 1 > 7
Cadmium	Non	Oui	10,3	0,171	
Cobalt	Oui	Oui	2,38	0,058	
Cuivre	Non	Oui	10,9	0,142	
Molybdène	Oui	Oui	1,5	0,22	
Sélénium	Oui	Oui	3,26	0,017*	
Zinc	Non	Oui	10,3	0,173	

Tableau 4 Résultats de l'analyse de variance et du test de comparaisons multiples comparant les concentrations mesurées aux huit stations d'échantillonnage (suite)

Paramètre	Normalité	Égalité des variances	Statistique du test <sup>1</sup>	P <sup>2</sup>	Stations différentes <sup>3</sup>
<b>Profil 2 : apport de la rivière Senneville</b>					
Aluminium	Non	Oui	22,4	0,002	T, 1, 2, 3, 4 > 7
Baryum	Oui	Oui	12,8	< 0,001	T > 4, 5, 6, 7 1, 2, 3 > 5, 6, 7
Béryllium	Oui	Oui	11,7	< 0,001	T > 1, 2, 4, 5, 6, 7 1, 3, 4 > 7 3 > 5
Chrome	Oui	Oui	6,84	< 0,001	T > 5, 6, 7 3 > 7
Uranium	Oui	Oui	22,2	< 0,001	T > 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 3, 4, 5, 6, 7 > 1, 2
Vanadium	Oui	Oui	10,3	< 0,001	T > 1, 2, 4, 5, 6, 7 3 > 1, 2, 5, 6, 7
Turbidité	Oui	Oui	16,4	< 0,001	T > 1, 2, 4, 5, 6, 7 3 > 5, 6, 7 1, 2, 4 > 7
COD	Oui	Oui	3,15	0,019*	
<b>Profil 3 : pas de différences entre les stations</b>					
pH	Oui	Oui	2,14	0,083	
Nickel	Oui	Oui	1,34	0,28	
Solides en suspension	Non	Oui	19,8	0,006*	

<sup>1</sup> F de Fisher pour les paramètres respectant les conditions de normalité et d'égalité des variances; chi-carré pour les autres

<sup>2</sup> probabilité associée à la statistique du test

<sup>3</sup> stations dont les concentrations sont différentes selon le test de comparaisons multiples.

\* l'analyse de variance trouve une différence significative entre les stations (P < 0,05) mais le test de comparaisons multiples n'arrive pas à identifier les stations mutuellement différentes.

L'effet de la rivière Bourlamaque jusqu'aux stations 6 et 7 est également visible par les résultats détaillés pour chacune des tournées d'échantillonnage. La figure 8 montre les résultats détaillés pour le zinc. Aux stations 1 et 2, les concentrations sont beaucoup plus élevées dans les échantillons du 1<sup>er</sup> juin et du 13 octobre que dans ceux du 11 août et du 12 septembre, alors qu'à la station témoin les concentrations sont pratiquement les mêmes dans les quatre échantillons. La figure 8 montre que le patron de concentrations des stations 1 et 2 se poursuit, en s'atténuant, jusqu'à la station 7.

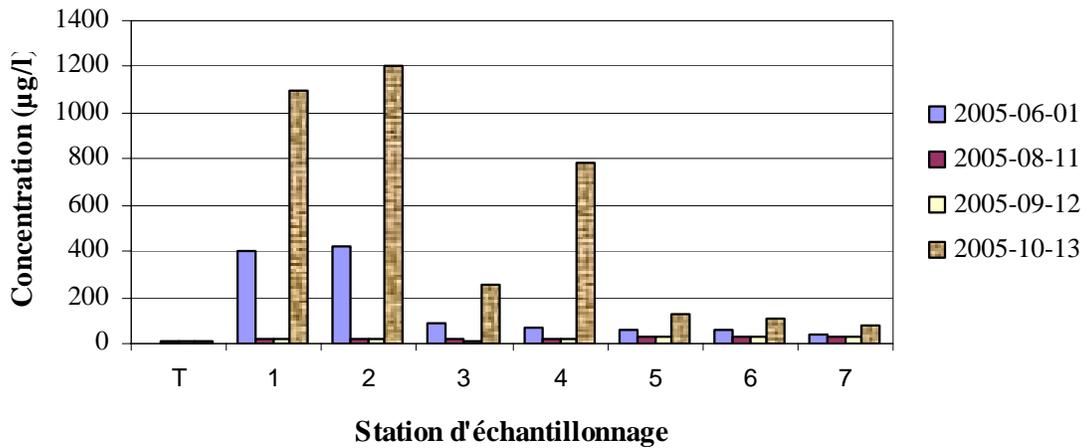


Figure 8 Concentration de zinc aux huit stations d'échantillonnage à chacune des dates d'échantillonnage

Pour le cobalt, le fer, le molybdène et le manganèse, la contamination est visible sur une moins grande étendue du lac. Les figures 4 et 6 montrent pour ces métaux un retour aux concentrations de la station témoin à partir des stations 3, 4 ou 5 selon le cas.

Pour la plupart des métaux qui suivent le profil 1, les concentrations diminuent des stations 1 et 2 vers les stations 3 et 4, vraisemblablement sous l'effet du mélange des eaux provenant de la rivière Bourlamaque avec celles en provenance de la rivière Senneville. Aux stations 3 et 4, les concentrations sont encore assez variables, comme en fait foi la longueur des traits à ces stations dans les figures 3 à 7. Aux stations 5 à 7, les concentrations se stabilisent : il y a peu de différences entre ces stations et moins de variabilité intra-station. Cette faible variabilité porte à croire qu'on rencontre, aux stations 5 à 7, des conditions de plein mélange des deux tributaires.

Étant donné qu'il n'y a pas de tributaire important dans la partie sud du lac pour diluer ce qui provient du secteur nord, il est possible que les concentrations mesurées aux stations 5 à 7 soient représentatives de toute la partie du lac située plus au sud. Il est également possible que les concentrations de métaux dans l'eau continuent de diminuer dans cette partie du lac, sous l'effet d'une sédimentation. Dans une telle éventualité cependant, l'épuration de la colonne d'eau se ferait au prix d'un enrichissement des sédiments en métaux. Un tel scénario est plausible et même appuyé par les concentrations élevées de métaux dans les sédiments à la station 7, tel qu'expliqué plus loin.

Les résultats détaillés pour le zinc à la figure 8 illustrent bien les variations temporelles des concentrations pour un même métal à une même station de mesure. Or, il n'y a pas que le zinc qui présente ce patron de concentrations, caractérisé par des valeurs plus élevées dans les échantillons du 1<sup>er</sup> juin et du 13 octobre que dans ceux des deux autres tournées d'échantillonnage. C'est également le cas pour l'aluminium, l'arsenic, le

---

béryllium, le cadmium, le cobalt, le chrome, le cuivre, le fer, le manganèse, le nickel, le vanadium et le zinc (annexe 3).

De plus, les échantillons du 1<sup>er</sup> juin et du 13 octobre présentent des bas pH aux stations 2 à 4 (annexe 3). Ces résultats démontrent que le lac Blouin reçoit périodiquement de la rivière Bourlamaque des eaux acides en plus d'être chargées en métaux. Il s'agit ici d'un fait nouveau. En effet, l'étude précédente du MDDEP démontrait que la contamination métallique de la rivière Bourlamaque atteignait le lac Blouin, mais elle portait à croire que le cours d'eau retrouvait toujours un pH normal avant son arrivée au lac (Berryman et Jalbert 2004). Les résultats décrits précédemment démontrent que ce n'est pas toujours le cas.

Pour expliquer les concentrations plus élevées de métaux dans les échantillons du 1<sup>er</sup> juin et du 13 octobre, l'hypothèse de pluies plus abondantes durant les jours précédents se pose d'emblée. De telles pluies pourraient avoir lessivé les résidus miniers présents en maints endroits dans le bassin de la rivière Bourlamaque, transportant plus de métaux vers le lac Blouin. Or, les statistiques de précipitations (tableau 5) ne soutiennent pas cette hypothèse. On constate en effet que les tournées de juin et d'octobre n'ont pas été précédées de régimes pluviométriques importants, ni même ressemblants. La tournée de juin a été précédée de 22,5 mm de précipitations, qui sont tombées quelques jours avant la journée de l'échantillonnage, alors que la journée même et le jour précédent il n'a pratiquement pas plu. À l'inverse, la tournée d'octobre a été précédée d'une période complètement sèche, suivie de 7 mm de pluie le jour de l'échantillonnage. On constate aussi que le régime de précipitations avant la tournée de septembre a été pratiquement identique à celui d'octobre, sans pourtant produire des valeurs élevées de teneurs en métaux. Il en est de même de celui avant la tournée d'août, qui a pourtant été assez ressemblant à celui de la tournée de juin.

Cette absence de relation immédiate et évidente entre les précipitations et les concentrations de métaux dans les masses d'eau qui arrivent au lac Blouin pourrait être attribuable à la dynamique relativement complexe de libération des métaux par les résidus miniers. Il est en effet connu que cette libération se fait notamment par une alternance de périodes d'assèchement et de mouillage des résidus (Aubertin et al., 2002).

La diminution des concentrations du secteur des stations 1 et 2 à la station 7 est attribuable à la dilution par les eaux provenant de la rivière Senneville, mais sans doute aussi à une sédimentation des métaux dans le lac. Cette sédimentation peut être causée par une diminution de la vitesse du courant dans le lac en allant vers le sud, à mesure qu'augmentent la distance avec l'embouchure des deux tributaires et la profondeur du plan d'eau. L'augmentation du pH le long de ce parcours peut aussi favoriser la précipitation des métaux dissous, suivie de leur sédimentation. L'hypothèse d'une sédimentation des métaux dans le lac est soutenue par les résultats d'analyse des sédiments présentés plus loin.

Tableau 5 Précipitations enregistrées à la station météorologique de Val-d'Or durant les journées d'échantillonnage et les jours précédents

Journée	Précipitations (mm)			
	1er juin	11-août	12-sept	13-oct
6 jours avant	0,0	0,0	0,0	0,0
5 jours avant	9,5	0,0	0,0	0,0
4 jours avant	7,0	5,0	0,0	0,0
3 jours avant	1,5	1,0	0,0	0,0
2 jours avant	4,0	7,5	0,0	0,0
1 jour avant	0,5	11,0	7,5	0,0
Le jour de l'échantillonnage	0,0	1,0	0,0	7,0
Total sur 2 jours <sup>1</sup>	0,5	12,0	7,5	7,0
Total sur 7 jours <sup>2</sup>	22,5	25,5	7,5	7,0

<sup>1</sup> le jour de l'échantillonnage et le jour précédent

<sup>2</sup> le jour de l'échantillonnage et les 6 jours précédents

Le sodium présente un profil de concentrations particulier (figure 7), avec des concentrations qui, sans être statistiquement différentes, tendent à être plus élevées aux stations les plus au sud (5, 6 et 7) qu'aux stations situées près des deux tributaires (T et 1 à 3). Ces résultats sont peut-être indicateurs d'un apport de sodium en provenance de la partie sud du lac, où la présence humaine est plus importante et où l'on est susceptible d'utiliser plus de sels de déglacage.

#### *Profil 2 : apport de la rivière Senneville*

L'aluminium, le baryum, le béryllium, le chrome, l'uranium, le vanadium, le carbone organique dissous et la turbidité présentent un profil de concentrations différent de celui décrit dans la section précédente. Pour ces paramètres, c'est à la station témoin que les concentrations médianes sont les plus élevées (figure 3 à 7). Sauf pour l'aluminium et le carbone organique dissous, les concentrations à la station témoin sont significativement plus élevées qu'à plusieurs autres stations (tableau 4).

Pour ces paramètres il n'y a donc généralement pas de contamination attribuable à la rivière Bourlamaque, puisque les valeurs aux stations 1 et 2 sont plus basses qu'à la station témoin. À la station 3, les concentrations remontent sans atteindre celles obtenues à la station témoin, indiquant que la station 3 se trouve dans la zone de mélange des eaux provenant des deux cours d'eau. Pour l'uranium et le carbone organique dissous, les concentrations tendent à rester à ce niveau intermédiaire jusqu'aux stations 6 et 7.

---

Pour les autres métaux suivant ce profil (Al, Ba, Be, Cr et V) et pour la turbidité, les concentrations ont tendance à diminuer jusqu'aux stations 5 à 7. La figure 7 montre que l'eau de la station témoin a une forte turbidité par rapport aux autres stations, mais que ses teneurs en solides en suspension ne sont pas particulièrement élevées. Il est possible que l'eau de la rivière Senneville soit chargée en particules très fines qui contribuent à la turbidité, mais qui, ayant peu de poids, ne contribuent pas beaucoup aux solides en suspension. L'aluminium, le baryum, le béryllium, le chrome et le vanadium sont peut-être associés à ces particules fines, qui sédimentent le long de leur parcours vers les stations 6 et 7.

### *Profil 3 : pas de différences entre les stations*

Le pH et les concentrations de nickel et de solides en suspension mesurés aux huit stations d'échantillonnage ne suivent pas les profils décrits précédemment. Pour ces paramètres, il n'y a pas de différence entre les concentrations mesurées aux stations 1 et 2 et à la station témoin (figures 5 et 7). Dans le cas du pH et du nickel, il n'y a aucune différence significative entre les stations, alors que pour les solides en suspension, l'analyse de variance conclut à l'existence d'au moins une différence significative entre les stations, mais le test de comparaisons multiples n'arrive pas à identifier les stations qui diffèrent (tableau 4).

Malgré l'absence de différence statistiquement significative entre les stations, on constate, tel qu'indiqué précédemment, des valeurs de pH anormalement basses aux stations 1, 2 et 4 dans les échantillons du 1<sup>er</sup> juin et du 13 octobre. Cette question est traitée dans la section qui suit, portant sur les dépassements des critères de qualité de l'eau.

### **Eau : ampleur de la contamination acide et métallique**

La comparaison des résultats d'analyse aux critères de qualité de l'eau du tableau 2 a permis d'identifier un certain nombre de dépassements des critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique. Pour chacun des paramètres analysés et chacune des stations d'échantillonnage, le tableau 6 présente le nombre d'échantillons sur quatre qui dépasse les critères. Les dépassements de critères sont également visibles dans les figures 3 à 7 et à l'annexe 3.

Les paramètres qui présentent des dépassements des critères de qualité de l'eau sont l'aluminium, le cadmium, le cuivre, le plomb, le zinc, le calcium, le fer, les solides en suspension et le pH. Ces dépassements sont décrits dans les paragraphes qui suivent.

#### *Aluminium*

L'aluminium est un métal omniprésent dans l'écorce terrestre. Selon les minéralogies régionales, il est fréquent que le critère chronique de ce métal soit dépassé, même en conditions naturelles. Il n'y a pas d'effet à appréhender dans cette situation, à laquelle les

Tableau 6 Nombre d'échantillons dépassant les critères de qualité de l'eau aigus (A) et chroniques (C) parmi les quatre échantillons analysés

Paramètre	Unités	Critère <sup>a</sup>		Station T		Station 1		Station 2		Station 3		Station 4		Station 5		Station 6		Station 7	
		Aigu	Chronique	A	C	A	C	A	C	A	C	A	C	A	C	A	C	A	C
<b>Métaux</b>																			
Aluminium	µg/l	750	87	1	3	1	3	2	2	1	3	1	3	0	4	0	4	0	4
Antimoine	µg/l	88	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Argent	µg/l	0,45	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Arsenic	µg/l	340	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Baryum	µg/l	-	16,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Béryllium	µg/l	7,5	0,05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bore	µg/l	-	1400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cadmium	µg/l	1,1	0,90	0	0	2	0	2	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1
Chrome	µg/l	630	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cobalt	µg/l	-	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cuivre	µg/l	4,2	3,1	0	1	4	0	4	0	4	0	4	0	4	0	4	0	4	0
Fer	mg/l	-	0,3	0	2	1	3	1	3	0	4	3	1	0	1	0	1	0	0
Molybdène	µg/l	2000	1000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nickel	µg/l	158	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Plomb	µg/l	16	0,62	0	3	0	4	0	4	0	4	0	4	0	4	0	4	0	4
Sélénium	µg/l	20	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Strontium	µg/l	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uranium	µg/l	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vanadium	µg/l	190	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zinc	µg/l	40	40	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
<b>Ions majeurs</b>																			
Calcium <sup>b</sup>	mg/l	-	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Potassium	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Magnésium	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Manganèse	mg/l	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sodium	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Autres</b>																			
Carbone organique dissous	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Conductivité	µS/cm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Solides en suspension <sup>c</sup>	mg/l	+25	+5	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Turbidité <sup>c</sup>	uNT	+8	+2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
pH		5,0 - 9,5	6,5 - 9,0	0	2	0	2	2	0	0	1	0	2	0	1	0	1	0	0

<sup>a</sup> Source : MDDEP, 2006. Un trait (-) dans la colonne signifie qu'il n'y a pas de critère pour ce paramètre.

Les critères pour plusieurs métaux sont calculés à partir de la dureté de l'eau. Dureté utilisée pour le calcul: 27,7 mg/l CaCO<sub>3</sub> (moyenne à la station témoin).

<sup>b</sup> Critère inverse : des concentrations inférieures au seuil indiqué rendent le milieu plus sensible à l'acidification

<sup>c</sup> Hausses permises par rapport aux concentrations naturelles

écosystèmes sont adaptés. C'est le cas au lac Blouin, comme en témoignent les concentrations mesurées à la station témoin, qui varient entre 620 et 780 µg/l. Ces valeurs dépassent toutes le critère chronique de 87 µg/l et l'une d'elles dépasse aussi le critère aigu de 750 µg/l (figure 3).

Dans le document sur les critères de qualité de l'eau du Québec (MDDEP, 2006), il est spécifié que l'aluminium en concentrations supérieures aux critères de qualité de l'eau peut être sans effet sur la vie aquatique si le pH et la dureté sont suffisamment élevés, soit

---

respectivement au-dessus de 6,5 et de 10 mg/l CaCO<sub>3</sub>. Dans le lac Blouin, selon la proximité avec l'embouchure de la rivière Bourlamaque, le pH est souvent inférieur à 6,5 mais la dureté est souvent supérieure à 10 mg/l CaCO<sub>3</sub>.

Aux stations directement exposées à la rivière Bourlamaque (1 et 2) les concentrations d'aluminium suivent un patron que l'on retrouve pour plusieurs métaux : des concentrations relativement basses dans les échantillons du 11 août et du 12 septembre et beaucoup plus élevées dans ceux du 1<sup>er</sup> juin et du 13 octobre. Il en résulte des dépassements du critère aigu aux stations 1 à 4 lors de la tournée d'échantillonnage du 13 octobre, avec des concentrations de 810 à 1 800 µg/l. À la station 2, l'échantillon de juin, qui atteint 800 µg/l, est également au-dessus du critère aigu. Même s'il y a parfois des dépassements naturels du critère aigu pour l'aluminium à la station témoin, les concentrations au-dessus de 1 000 µg/l mesurées dans le lac Blouin sont préoccupantes, car elles sont nettement plus élevées que celles obtenues à la station témoin. De plus, aux stations 2 et 4, ces épisodes de concentrations élevées d'aluminium étaient accompagnés de bas pH (4,3 à 5,0), ce qui augmente le potentiel de toxicité de l'aluminium.

### *Cadmium*

Les échantillons du 1<sup>er</sup> juin et du 13 octobre présentent aussi des teneurs élevées de cadmium. Lors de ces deux tournées d'échantillonnage, les concentrations de ce métal ont dépassé le critère aigu aux stations 1 et 2, alors qu'aux stations 3 et 4, l'échantillon d'octobre dépasse le critère aigu et celui de juin dépasse le critère chronique. Les concentrations diminuent avec la distance, mais, en octobre, elles se sont maintenues au-dessus du critère chronique jusqu'à la station 7. Ces résultats démontrent que la rivière Bourlamaque déverse dans le lac Blouin des eaux parfois suffisamment chargées en cadmium pour y avoir des effets sur la vie aquatique. Pour ce métal, la zone de dépassement du critère aigu se rend jusqu'à la station 4 et est donc moins étendue que pour le cuivre et le zinc, tel que décrit plus loin.

### *Cuivre*

La rivière Bourlamaque déverse dans le lac Blouin des eaux très chargées en cuivre : sauf à la station témoin, tous les échantillons dépassent le critère aigu de 4,2 µg/l pour ce métal. Les concentrations sont particulièrement élevées dans les échantillons de la tournée du 13 octobre, variant entre 95 et 150 µg/l aux stations 1, 2 et 4. Malgré la dilution et la sédimentation avec la distance, les concentrations demeurent aussi élevées que 16 µg/l à la tête de la rivière Harricana et 11 µg/l à la station 7. Les concentrations étaient aussi très élevées lors de la tournée du 1<sup>er</sup> juin, atteignant respectivement 36 et 37 µg/l dans les échantillons des stations 1 et 2.

Il est reconnu que le carbone organique dissous protège des organismes aquatiques des effets du cuivre. Avec des teneurs de 9,3 à 21 mg/l, le lac Blouin a suffisamment de carbone organique dissous pour bénéficier d'une protection. Toutefois, les teneurs en cuivre sont très élevées et pourraient avoir des effets nocifs sur la vie aquatique dans toute la partie à l'étude du lac Blouin, sauf l'extrémité nord qui ne semble exposée

---

qu'aux eaux de la rivière Senneville. En effet, les concentrations à la station témoin sont faibles et stables : les quatre échantillons se situent entre 2,0 et 3,6 µg/l. Un des quatre échantillons a dépassé légèrement le critère chronique de 3,1 µg/l, mais aucun n'a atteint le critère aigu.

### *Plomb*

Sauf pour un des échantillons de la station témoin, tous les échantillons dépassent le critère chronique de 0,62 µg/l, mais aucun n'atteint le critère aigu de 16 µg/l. Les valeurs de 0,9, 2,0 et 3,4 µg/l à la station témoin portent à croire qu'il n'y a pas vraiment d'effet à appréhender lorsque les teneurs en plomb sont de cet ordre de grandeur.

Comme le montre la figure 5, les concentrations de plomb aux stations 1 à 4, même si elles n'atteignent pas le critère aigu, sont tout de même nettement plus élevées que le critère chronique et les concentrations à la station témoin. Sans atteindre le critère aigu de 16 µg/l, 3 échantillons sur 4 aux stations 1 et 2 sont près de 10 µg/l de plomb ou légèrement supérieurs. Il est possible que ces concentrations plus élevées que les teneurs naturelles et le critère chronique aient des effets sur la vie aquatique.

### *Zinc*

Le zinc a la particularité que les critères chronique et aigu ont la même valeur, soit 40 µg/l dans le cas du lac Blouin. Les échantillons de juin et d'octobre dépassent cette valeur à toutes les stations, sauf à la station témoin. Aux stations 1 et 2, des concentrations aussi élevées que 400, 420, 780, 1 100 et 1 200 µg/l dépassent très largement le critère de 40 µg/l. Des concentrations passablement élevées sont constatées jusqu'à la tête de la rivière Harricana (station 6) et à Val-du-Repos (station 7), où les concentrations dans les échantillons d'octobre sont respectivement de 110 et 76 µg/l.

Il est à noter que, dans les échantillons des deux autres tournées d'échantillonnage (août et septembre), les concentrations de zinc aux stations exposées à la rivière Bourlamaque varient entre 11 et 28 µg/l, ce qui respecte le critère, mais dépasse tout de même les teneurs à la station témoin, qui sont faibles et stables : de 4,8 à 8,5 µg/l. Avec des teneurs constamment supérieures au bruit de fond naturel et dépassant fortement le critère dans un échantillon sur deux, il apparaît fort probable que l'apport de zinc de la rivière Bourlamaque ait un effet sur la vie aquatique dans le lac Blouin.

### *Calcium*

Les eaux dont la teneur en calcium est inférieure à 4 mg/l sont considérées comme étant plus sensibles à l'acidification. Un seul échantillon, prélevé à la station témoin, a une concentration de calcium inférieure à ce seuil (3,8 mg/l). Il n'y a aucun effet à associer à cette faible valeur de calcium.

---

### *Fer*

Un grand nombre de résultats d'analyse pour le fer dépassent le critère chronique de 1 300 µg/l. Une part de ces dépassements est naturelle, car à la station témoin, où l'on a enregistré des concentrations de 890 à 2 100 µg/l, 2 échantillons sur 4 dépassent ce seuil. Il y a tout lieu de croire que l'écosystème du lac Blouin est adapté à ces concentrations naturelles et que le simple dépassement du critère de 1 300 µg/l n'entraîne pas d'effets.

Cependant, aux stations 1 et 2, les concentrations sont plus élevées, variant de 2 600 à 5 100 µg/l, et les échantillons de la tournée d'octobre dépassent le critère aigu de 3 500 µg/l. Il est possible que ces concentrations plus élevées qu'à la station témoin et qui dépassent le critère aigu aient des effets sur la vie aquatique.

### *Solides en suspension*

Les critères aigu et chronique pour les solides en suspension ne sont pas des valeurs fixes, mais plutôt des hausses respectives de 25 et 5 mg/l, par rapport aux concentrations naturelles. La moyenne des 4 valeurs à la station témoin étant de 14,5 mg/l, les critères aigu et chronique calculés pour le lac Blouin sont respectivement 39,5 et 19,5 mg/l.

La valeur de 62 mg/l de solides en suspension à la station 1 le 11 août 2005 dépasse le critère aigu. De plus, celles de 27, 24 et 23 mg/l, mesurées le 13 octobre 2005 aux stations 1, 2 et 4 respectivement, dépassent le critère chronique. Il n'y a probablement pas d'effets à appréhender des dépassements des critères chroniques aux stations 2 et 4, car ils sont relativement peu fréquents (1 échantillon sur 4) et de faible amplitude (maximum de 1,38 fois le critère). À la station 1 toutefois, 2 échantillons sur 4 dépassent le critère chronique, et l'un d'eux dépasse aussi le critère aigu. Ces résultats portent à croire que les eaux qui arrivent de la rivière Bourlamaque sont parfois suffisamment chargées en solides en suspension pour avoir un effet sur la vie aquatique dans leur zone immédiate d'arrivée dans le lac Blouin (station 1).

### *pH*

Les pH mesurés à la station témoin se situent entre 5,8 et 6,9 pour une moyenne à 6,48. Étant donné ce bruit de fond naturel, il y a tout lieu de croire que des valeurs légèrement inférieures au critère chronique de 6,5 n'auront pas d'effets sur le lac Blouin. C'est le cas aux stations 5, 6 et 7 où les valeurs minimums sont respectivement de 6,0, 6,2 et 6,7.

Des pH plus bas ont toutefois été mesurés dans la zone immédiate d'arrivée de la rivière Bourlamaque. À la station 2 notamment, les échantillons du 1<sup>er</sup> juin et du 13 octobre atteignaient respectivement 4,8 et 4,3, ce qui est inférieur au critère aigu de 5,0 et au bruit de fond mesuré à la station témoin. Aux mêmes dates, à la station 4, les pH étaient là aussi relativement bas, avec des valeurs de 5,6 et 5,0.

Ces résultats démontrent que la forte contamination métallique détectée dans les échantillons du 1<sup>er</sup> juin et du 13 octobre était accompagnée d'une contamination acide,

---

bien visible à la station 2. Il s'agit ici d'un fait nouveau. En effet, l'étude précédente du MDDEP démontrait que la contamination métallique de la rivière Bourlamaque atteignait le lac Blouin, mais elle portait à croire que le cours d'eau retrouvait toujours un pH normal avant son arrivée au lac (Berryman et Jalbert 2004). Les résultats décrits précédemment démontrent que ce n'est pas toujours le cas.

Le fait que les masses d'eau plus chargées en métaux qui arrivent au lac Blouin soient aussi plus acides augmente la possibilité d'effets négatifs sur la vie aquatique. En effet, l'acidité contribue à solubiliser des métaux qui se trouvent au départ sous forme solide et les rend ainsi plus biodisponibles et potentiellement plus toxiques.

### **Sédiments**

Les figures 9 à 11 montrent que plusieurs métaux, soit l'aluminium, l'argent, l'arsenic, le cadmium, le cuivre, le fer, le mercure, le plomb et le zinc présentent un profil de concentrations similaire dans les sédiments du lac Blouin : des teneurs relativement élevées à la station 1, qui diminuent à la station 2, atteignent un minimum à la station 3, puis remontent aux stations 6 et 7.

La plupart de ces métaux font partie de ceux dont la rivière Bourlamaque est une source (profil 1, page 14). Il est donc possible que les concentrations décroissantes dans les sédiments de la station 1 à 3 soient dues à la dilution progressive de l'apport de la rivière Bourlamaque. Les concentrations plus élevées aux stations 6 et 7 seraient quant à elles indicatrices d'un transport des particules vers l'aval et d'une sédimentation des métaux dans les zones plus profondes du lac. Il est possible que cette contamination métallique des sédiments du lac Blouin s'étende au-delà de la station 7.

Il est à noter que le sélénium et le strontium (figures 10 et 11) ne suivent pas ce profil de concentrations dans les sédiments, même s'ils font partie de la liste des métaux trouvés en concentrations plus élevées dans l'eau de la rivière Bourlamaque (figure 5).

Le baryum, le chrome et le nickel ont un autre profil de concentrations dans les sédiments : des teneurs relativement égales et faibles aux stations 1 à 3, et plus élevées aux stations 6 et 7 (figures 9 et 10). L'absence de valeurs plus élevées pour ces métaux aux stations 1 et 2 est peut-être due au fait qu'ils ne se trouvent pas en quantités élevées dans les eaux provenant de la rivière Bourlamaque (figures 3, 4 et 5).

La figure 11 présente le pourcentage de carbone organique dans les sédiments aux 5 stations d'échantillonnage. Le profil de concentrations pour ce paramètre est différent de ceux obtenus pour les métaux, ce qui suggère que ce paramètre n'est pas explicatif des profils de concentrations métalliques obtenus.

L'arsenic, le cadmium, le cuivre, le plomb et le zinc présentent des teneurs qui dépassent, selon le cas et l'endroit, les concentrations d'effets probables (CEP) ou les concentrations

---

d'effets fréquents (CEF) (figures 9 à 11). Dans le cas de l'arsenic, les concentrations aux 5 stations d'échantillonnage dépassent le critère maximal CEF. Dans le cas du plomb et du zinc, les teneurs aux stations 1, 6 et 7 dépassent le seuil CEF, alors que celles à la station 2 dépassent le seuil CEP et que celles à la station 3 sont légèrement au-dessus (zinc) ou au-dessous (plomb) de ce seuil. Les concentrations en cadmium et en cuivre aux stations 1, 6 et 7 dépassent le seuil CEP, sans atteindre le seuil CEF. Ces dépassements de critères sont presque assurément dus à l'apport de la rivière Bourlamaque, puisque les cinq métaux en cause font partie de ceux pour lesquels la rivière Bourlamaque est une source évidente.

En plus d'être supérieures aux critères CEP ou CEF selon le cas, les concentrations d'arsenic, de cadmium, de cuivre, de plomb et de zinc dans les sédiments du lac Blouin dépassent de beaucoup les teneurs naturelles ou ambiantes rapportées dans le tableau 2. Les teneurs en mercure dépassent elles aussi ces valeurs, mais elles respectent les critères CEP et CEF. Les concentrations de chrome respectent à la fois les critères et les teneurs naturelles ou ambiantes.

Il n'y a pas de critères auxquels on peut comparer les concentrations d'aluminium, de baryum, de béryllium, de fer, de nickel et de strontium mesurées dans les sédiments du lac Blouin. Ces concentrations sont toutefois inférieures ou approximativement égales aux teneurs naturelles ou ambiantes rapportées dans le tableau 2. Dans le cas de l'argent et du sélénium, il n'y a ni critères ni teneurs naturelles ou ambiantes auxquels on peut comparer les données du lac Blouin.

Selon les récents Critères pour l'évaluation de la qualité des sédiments au Québec, les dépassements du niveau CEF mentionnés précédemment signifient que « *la contamination des sédiments est jugée problématique. Des mesures doivent être prises pour tarir les sources de la contamination. La restauration du site est souhaitable. Des évaluations biologiques devraient être entreprises afin d'établir la faisabilité d'un processus de restauration, de fixer les priorités d'action à entreprendre et de préciser les gains environnementaux.* » (EC-MDDEP, 2007).

Dans le cas du lac Blouin, des mesures sont déjà prises pour tarir la source de contamination, par la restauration du parc à résidus Manitou. Le fait d'arrêter cette importante source de contamination devrait mener à une certaine décontamination du lac par différents processus naturels. L'opportunité et la faisabilité d'accélérer cette décontamination par des travaux de restauration dans le lac Blouin ne peuvent être évaluées sur la seule base des résultats de la présente étude, car de tels travaux auraient, eux aussi, des impacts sur le lac.

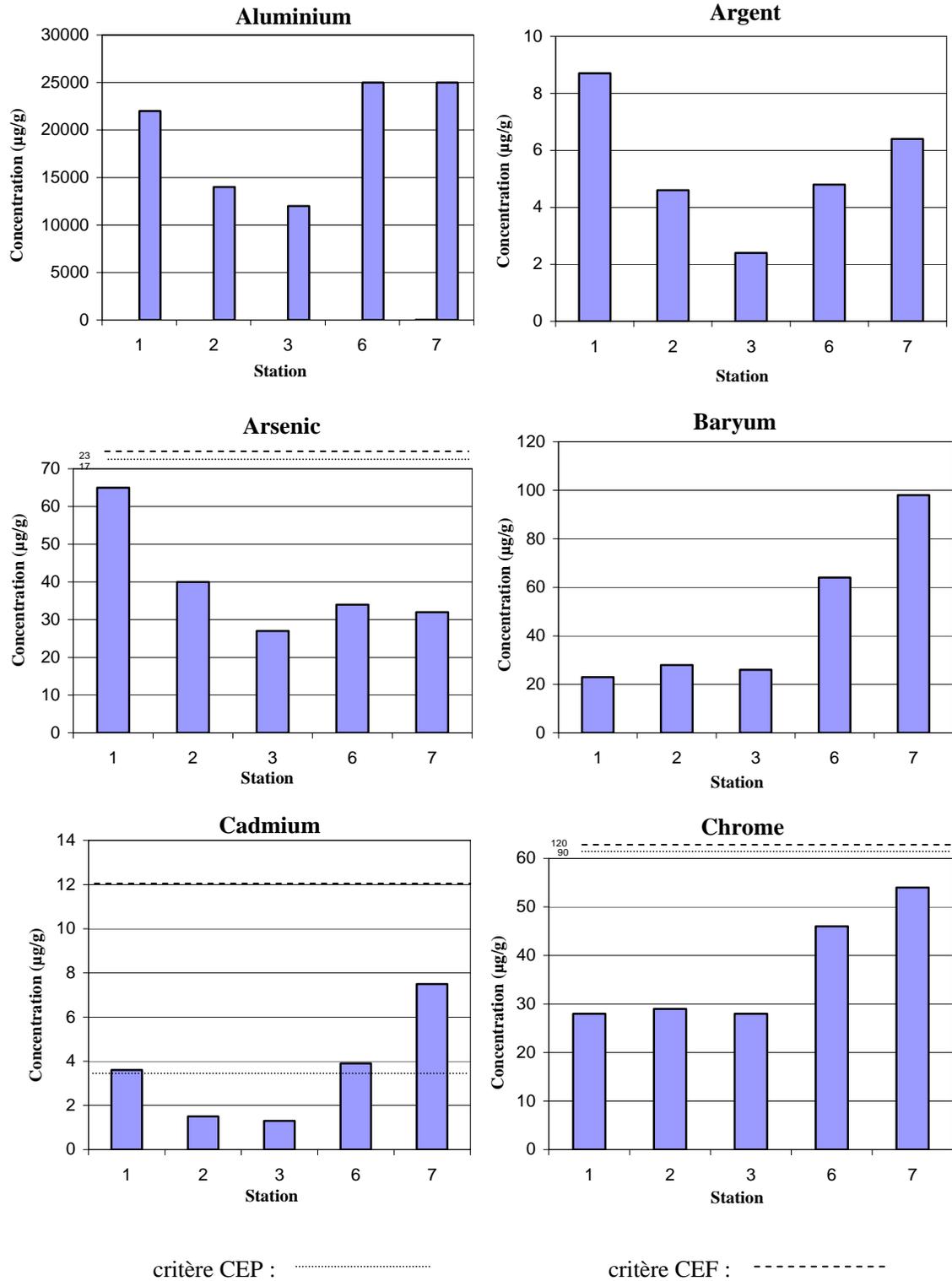


Figure 9 Concentrations d'aluminium, d'argent, d'arsenic, de baryum, de cadmium et de chrome dans les sédiments de la partie nord du lac Blouin le 13 octobre 2005.

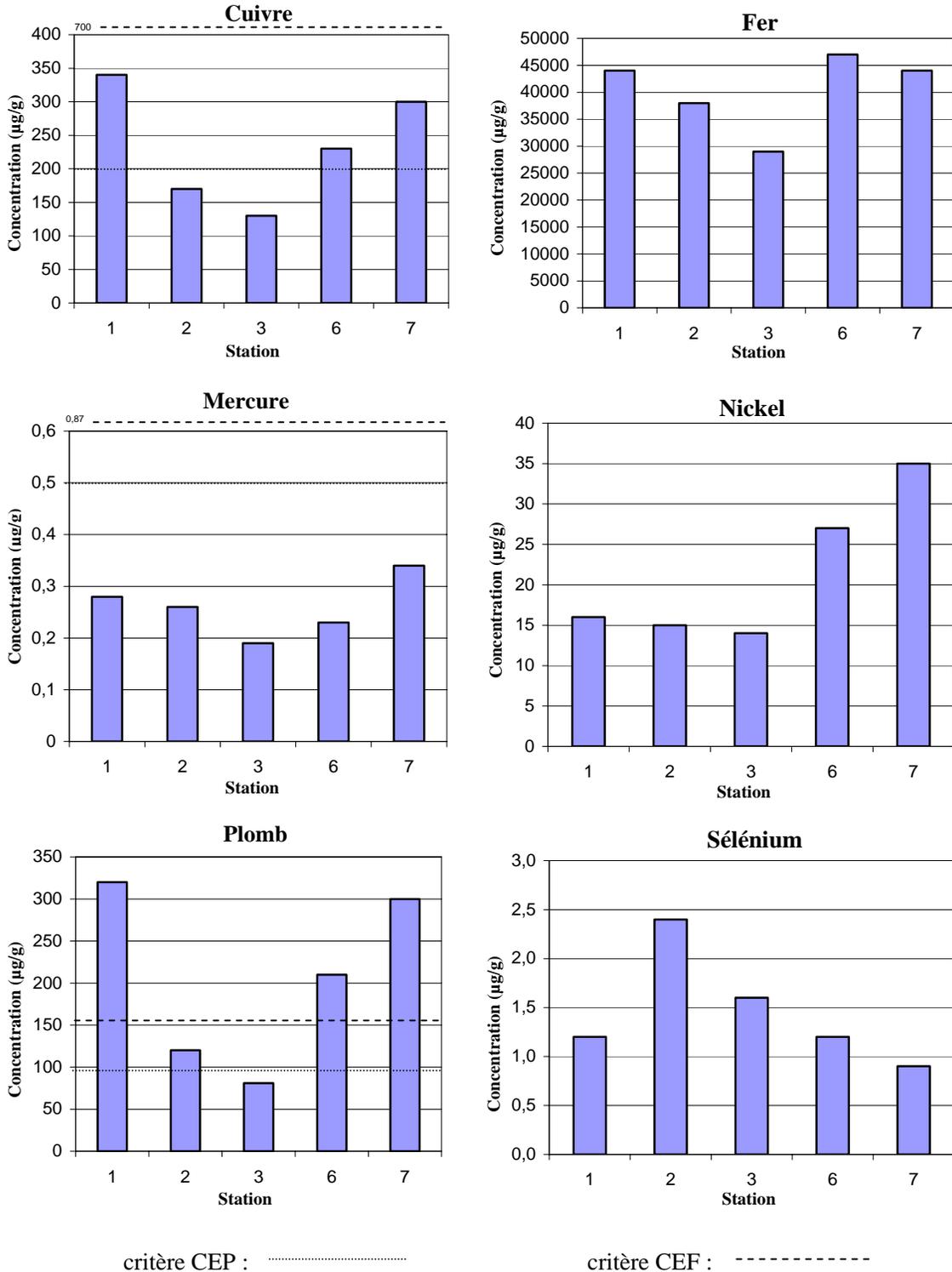


Figure 10 Concentrations de cuivre, de fer, de mercure, du nickel, de plomb et de sélénium dans les sédiments de la partie nord du lac Blouin le 13 octobre 2005.

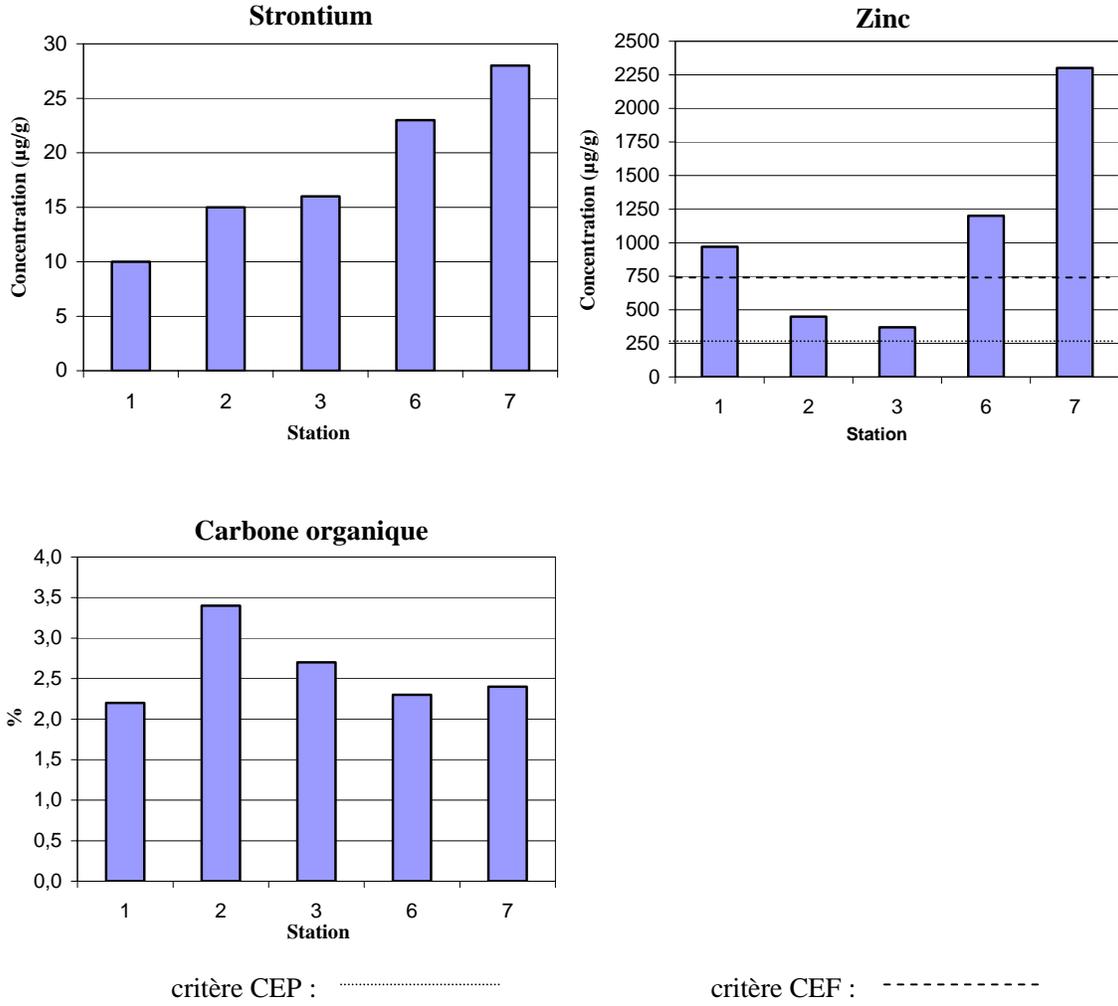


Figure 11 Concentrations de strontium, de zinc et de carbone organique dans les sédiments de la partie nord du lac Blouin le 13 octobre 2005

---

## CONCLUSION

Cette étude confirme que la rivière Bourlamaque déverse des eaux très chargées en métaux dans le lac Blouin. De plus, elle démontre que les concentrations résultantes dans le lac sont potentiellement suffisamment élevées pour avoir des effets sur la vie aquatique. Dans les échantillons d'eau du lac Blouin, les concentrations d'aluminium, de cadmium, de cuivre, de fer, de plomb et de zinc dépassent, occasionnellement ou fréquemment selon le cas, les critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique. Les concentrations de cuivre et de zinc sont particulièrement élevées : des teneurs jusqu'à 35 fois plus élevées que le critère aigu pour la protection de la vie aquatique ont été mesurées dans la zone immédiate d'arrivée de la rivière Bourlamaque dans le lac Blouin.

Cette contamination métallique, importante par son ampleur, l'est également par son étendue. Les résultats d'analyse démontrent que la contamination s'étend à l'ensemble de la zone échantillonnée dans le lac Blouin, sauf l'ultime extrémité nord qui est baignée par les eaux de la rivière Senneville. Pour le cuivre et le zinc par exemple, des concentrations jusqu'à 3,3 fois plus élevées que le critère aigu pour la protection de la vie aquatique ont été mesurées aux deux stations d'échantillonnage les plus éloignées de l'embouchure de la rivière Bourlamaque, soit celle située dans le début de la rivière Harricana et celle au centre du lac à la hauteur de Val-du-Repos. Il est possible que les concentrations mesurées à ces endroits soient représentatives de toute la partie du lac située plus au sud, puisque celle-ci ne reçoit pas de tributaire important pour diluer ce qui lui vient du secteur nord.

Les échantillonnages démontrent également que des eaux acides de la rivière Bourlamaque atteignent le lac Blouin. Des pH aussi bas que 4,3, 4,8 et 5,1 ont été mesurés dans la zone immédiate d'arrivée de la rivière à l'intérieur du lac. Sans s'étendre à l'ensemble de l'aire d'étude, la zone de bas pH couvre une certaine distance dans le lac.

L'eau en provenance de la rivière Bourlamaque est parfois également chargée de matières en suspension. Alors que les concentrations à la station témoin et aux stations les plus éloignées de l'embouchure de la rivière Bourlamaque varient entre 2 et 17 mg/l, celles mesurées aux stations directement sous l'influence de celle-ci atteignent 62 mg/l.

La rivière Bourlamaque a un effet sur la qualité des sédiments du lac Blouin. L'arsenic, le cadmium, le cuivre, le plomb et le zinc présentent, dans les sédiments du lac, des concentrations qui dépassent les niveaux les plus élevés des critères utilisés pour évaluer la qualité des sédiments. Ces dépassements de critères signifient que des effets sur la vie aquatique sont probables. Les résultats suggèrent que la zone de contamination métallique des sédiments pourrait être d'une grande étendue, puisque des dépassements des critères ont été constatés jusqu'aux stations d'échantillonnage situées à la tête de la rivière Harricana et à Val-du-Repos.

En terminant, il est important de rappeler que ce rapport présente un état de situation de la contamination acide et métallique du lac Blouin avant la restauration du parc à résidus miniers Manitou. Ce parc à résidus non confinés est à l'origine d'une part importante de la contamination de la rivière Bourlamaque et du lac Blouin. L'état de ces plans d'eau devrait s'améliorer à la suite de la restauration de l'ancien site minier, qui a débuté en décembre 2006.

---

## RÉFÉRENCES

AUBERTIN, M., B. BUSSIÈRES et L. BERNIER, 2002. *Environnement et gestion des rejets miniers*. Presses internationales polytechnique. Manuel sur cédérom.

BERRYMAN, D., 2005. *État de l'écosystème aquatique du bassin versant de la rivière Bourlamaque : faits saillants 2001-2003*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, Envirodoq n° ENV/2005/0136, collection n° QE/136, 8 p.

BERRYMAN, D. et L. JALBERT, 2004. *La rivière Bourlamaque : mortalité de poissons du 8 août 2003 et qualité de l'eau*, Québec, ministère de l'Environnement, Direction du suivi de l'état de l'environnement et Direction régionale de l'Abitibi - Témiscamingue, Envirodoq n° ENV/2004/0109, collection no QE/140, 37 p. et 4 annexes.

CCME, 1999. *Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement*, Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME), volume 2, chapitre 6 : *Recommandations canadiennes pour la qualité des sédiments : protection de la vie aquatique*.

COUILLARD, Y., A. CATTANEO, C. GALLON et M. COURCELLES, 2007. Sources and chronology of fifteen elements in the sediments of lakes affected by metal deposition in a mining area, *J. Paleolimnol.* Accepté pour publication.

COUILLARD Y., M. COURCELLES, A. CATTANEO et S. WUNSAM S, 2004. A test of the integrity of metal records in sediment cores based on the documented history of metal contamination in Lac Dufault (Québec, Canada), *J. Paleolimnol.* 32: 149-162.

EC et MDDEP, 2007. *Critères pour l'évaluation de la qualité des sédiments au Québec et leurs cadres d'application*. Environnement Canada (EC) et ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP). Version préliminaire, mars 2007, 45 p.

FRISKE, P.W.B. et E.H.W. HORN BROOK, 1991. Canada's National Geochemical Reconnaissance Programme, *Trans. Inst. Min. Metall.* 100 : B47-B56.

CEAEQ, 2006a. *Méthode d'analyse – Détermination des métaux à l'état de trace en conditions propres dans l'eau : méthode par spectrométrie d'émission au plasma d'argon et détection par spectrométrie de masse*, Québec, Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ), Méthode MA.203 – Mét.Tra. 1.0, édition 2006-08-28, 29 p.

CEAEQ, 2006b. *Terminologie recommandée pour l'analyse des métaux*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ), 13 p.

---

CEAEQ, 2006c. *Méthode d'analyse – Détermination des métaux : méthode par spectrométrie de masse à source ionisante au plasma d'argon*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ), Méthode MA.200 – Mét.1.1, révision 2006-12-05, 38 p.

CEAEQ, 2006d. *Méthode d'analyse – Détermination du mercure : méthode par spectrophotométrie d'absorption atomique, formation de vapeur*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ), Méthode MA.200 – Hg 1.0, révision 2006-09-20, 14 p.

CEAEQ, 2006e. *Méthode d'analyse – Détermination du carbone organique dans les solides : dosage par titrage*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ), Méthode MA.405 – C 1.0, révision 2006-10-06, 9 p.

DUCLOS, M., 2003. *Description physique de la rivière Bourlamaque et certains de ses tributaires*, Québec, ministère de l'Environnement, Direction régionale de l'Abitibi - Témiscamingue, Service industriel, 3 p.

FAUCHER, S., Directeur des services techniques de la ville de Val-d'Or. Communication personnelle, janvier 2007.

JALBERT, L., analyste au ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction générale de l'analyse et de l'expertise régionales et des études économiques de l'Abitibi - Témiscamingue et Nord-du-Québec. Communication personnelle, juillet 2007.

MDDEP, 2006. *Critères de qualité de l'eau de surface au Québec*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP), Direction du suivi de l'état de l'environnement [[http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/criteres\\_eau/index.htm](http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/index.htm)].

OUELLET, M. et R. THERREAULT, 2005. *Protocole d'échantillonnage de l'eau de surface pour l'analyse des métaux en traces*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, document interne, 5 p.

RICHARD, Y., 2006. *L'intégrité biotique de la rivière Bourlamaque : état des communautés benthiques et piscicoles*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN-13 : 978-2-550-47752-5 (PDF), ISBN-10 : 2-550-47752-9 (PDF), 22 p. et 3 annexes.



---

## Annexe 2 Contrôle de la qualité

En plus des procédures suivies au laboratoire pour assurer la qualité des analyses, un contrôle de la qualité de l'échantillonnage a été réalisé par l'analyse de blancs et la prise d'un échantillon en double.

Les blancs sont des bouteilles identiques à celles utilisées pour l'échantillonnage et préparées de la même façon, mais au lieu d'être remplies d'eau de rivière, elles sont remplies d'eau NANOpure® au laboratoire avant le départ sur le terrain. Il y a en fait deux types de blancs : les blancs de transport et les blancs de terrain. Les blancs de transport suivent les échantillons durant toute la procédure d'échantillonnage, mais ne sont pas décapsulés sur le terrain. Ils intègrent la contamination attribuable à la verrerie, au transport du matériel en camion, aux manipulations en laboratoire et à l'exposition à l'air du laboratoire. Les blancs de terrain aussi suivent les échantillons durant toute la tournée d'échantillonnage mais, à la différence des blancs de transport, ils sont décapsulés sur le terrain durant le temps normalement requis pour la prise d'un échantillon. Ils intègrent donc les mêmes sources de contamination que les blancs de transport, en plus des manipulations et de l'exposition à l'air sur le terrain.

Un blanc de transport et un blanc de terrain ont été réalisés lors des quatre tournées d'échantillonnage sur le lac Blouin. Ils ont été analysés pour les mêmes métaux que les échantillons d'eau du lac et les résultats sont présentés dans le tableau A2.1.

L'aluminium et le manganèse sont les seuls métaux pour lesquels on constate une contamination fréquente des blancs, soit cinq ou six blancs sur huit. Dans le cas de l'aluminium, 3 blancs présentent une contamination très faible, soit 0,2 ou 0,3 µg/l alors que la limite de détection est 0,2 µg/l. De plus, 3 autres blancs présentent une contamination un peu plus forte, soit 2,6 à 4,6 µg/l. Une de ces valeurs étant issue d'un blanc de transport, on ne peut conclure que cette contamination additionnelle est attribuable aux manipulations sur le terrain. De toutes façons, ce niveau de contamination demeure très faible et sans effet sur la qualité des résultats, car les concentrations mesurées dans les échantillons provenant du lac Blouin sont beaucoup plus élevées, soit de 200 à 1800 µg/l.

Il en est de même pour le manganèse : 5 blancs présentent une certaine contamination (0,016 à 0,024 µg/l), mais celle-ci est très faible en comparaison des concentrations mesurées dans les échantillons (25 à 330 µg/l). La même conclusion s'applique aux quelques traces de fer, de molybdène et de strontium trouvées dans les blancs de terrain du 11 août ou du 13 octobre 2005, selon le cas. Seule la valeur de 0,008 µg/l de molybdène, obtenue dans le blanc de terrain du 13 octobre 2005, s'approche légèrement de la valeur minimum de 0,08 µg/l mesurée à la station témoin lors de la tournée de juin.

On peut conclure de l'ensemble de ces résultats dans les blancs que la contamination procédurale était limitée et sous contrôle. Les concentrations de métaux dans les échantillons du lac Blouin ne sont que peu ou pas influencées par la contamination associée à la verrerie ou aux manipulations sur le terrain et en laboratoire.

Tableau A2.1 Résultats de l'analyse des blancs de transport et des blancs de terrain

Métal	1 <sup>er</sup> juin 2005		11 août 2005		12 septembre 2005		13 octobre 2005	
	transport (µg/l)	terrain (µg/l)	transport (µg/l)	terrain (µg/l)	transport (µg/l)	terrain (µg/l)	transport (µg/l)	terrain (µg/l)
Aluminium	<b>4,6</b>	<b>0,3</b>	< 0,2	<b>3,7</b>	<b>0,2</b>	< 0,2	<b>0,3</b>	<b>2,6</b>
Antimoine	< 0,004	< 0,004	-	-	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004
Argent	< 0,002	< 0,002	-	-	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Arsenic	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
Baryum	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Béryllium	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004
Bore	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4
Calcium	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Cadmium	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004
Cobalt	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008
Chrome	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
Cuivre	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06
Fer	< 0,6	< 0,6	< 0,6	<b>0,60</b>	< 0,6	< 0,6	< 0,6	<b>2,40</b>
Potassium	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
Magnésium	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Manganèse	<b>0,020</b>	<b>0,024</b>	<b>0,016</b>	<b>0,017</b>	< 0,004	< 0,004	< 0,004	<b>0,017</b>
Molybdène	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	<b>0,008</b>
Sodium	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Nickel	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Plomb	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Sélénium	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4
Strontium	< 0,004	< 0,004	< 0,004	<b>0,004</b>	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004
Uranium	< 0,0008	< 0,0008	-	-	< 0,0008	< 0,0008	< 0,0008	< 0,0008
Vanadium	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Zinc	< 0,8	< 0,8	< 0,8	< 0,8	< 0,8	< 0,8	< 0,8	< 0,8

- : pas de résultat d'analyse à cause d'une difficulté technique

Tableau A2.2 Résultats de l'analyse des duplicatas<sup>1</sup>

Métal	Duplicata 1 (µg/l)	Duplicata 2 (µg/l)	Différence relative (%)
Aluminium	450	460	2,2
Antimoine	0,063	0,063	0
Argent	0,006	0,017	96
Arsenic	1,20	1,20	0
Baryum	8,40	8,40	0
Béryllium	0,021	0,025	17
Bore	3,8	3,8	0
Calcium	6,5	6,5	0
Cadmium	0,10	0,10	0
Cobalt	0,88	0,87	1,1
Chrome	1,30	1,30	0
Cuivre	7,10	7,10	0
Fer	1200	1300	8,0
Potassium	0,67	0,68	1,5
Magnésium	1,600	1,600	0
Manganèse	87,0	86,0	1,2
Molybdène	0,130	0,130	0
Sodium	2,40	2,40	0
Nickel	0,88	0,96	8,7
Plomb	2,10	2,10	0
Sélénium	< 0,4	< 0,4	0
Strontium	23,0	23,0	0
Uranium	0,054	0,054	0
Vanadium	1,30	1,30	0
Zinc	53,0	55,0	3,7

<sup>1</sup> : Échantillons consécutifs prélevés à la station 6 le 1<sup>er</sup> juin 2005.

Le tableau A2.2 présente les résultats d'analyse de deux échantillons consécutifs prélevés à la station 6 lors de la tournée du 1<sup>er</sup> juin 2005. Pour 16 des 25 métaux analysés, les concentrations dans les deux duplicatas sont exactement les mêmes. Pour 8 autres métaux, soit l'aluminium, le béryllium, le cobalt, le fer, le potassium, le manganèse, le nickel et le zinc, les deux échantillons diffèrent de 17 % ou moins.

L'écart entre les deux duplicatas est plus important seulement pour l'argent, soit 96 %. Une part de cet écart pourrait être un artifice analytique dû à l'imprécision des méthodes d'analyse pour les concentrations qui se situent près de leur limite de détection. C'est le

---

cas pour la mesure de l'argent dans les duplicatas : une des mesures se situe à 0,006 µg/l, alors que la limite de détection est 0,002 µg/l.

Dans l'ensemble, les résultats de l'analyse des deux duplicatas démontrent que les concentrations de métaux ne varient pas beaucoup sur les petites échelles spatio-temporelles dans le lac Blouin. Ces variations ne sont pas d'une amplitude telle que cela jetterait un doute sur la représentativité de mesures effectuées à des échelles spatio-temporelles plus grandes.

Annexe 3 Concentrations de métaux et des autres paramètres de la qualité de l'eau  
mesurés dans les échantillons du lac Blouin de juin à octobre 2006

Station	Date	Ag (µg/l)	Al (µg/l)	As (µg/l)	Ba (µg/l)	Be (µg/l)	B (µg/l)	Cd (µg/l)	Co (µg/l)	Cr (µg/l)	Cu (µg/l)
T	2005-06-01	0,002	<b>780</b>	0,53	11,0	0,03	2,3	0,032	0,450	1,90	2,00
T	2005-08-11	0,010	<u>620</u>	1,10	12,0	0,03	3,3	0,041	0,360	1,40	3,10
T	2005-09-12	0,015	<u>620</u>	1,80	13,0	0,03	4,1	0,042	0,530	2,00	<u>3,60</u>
T	2005-10-13	0,005	<u>560</u>	0,88	13,0	0,03	3,3	0,043	0,460	1,80	2,40
1	2005-06-01	0,025	<u>660</u>	1,50	8,7	0,03	4,3	<b>0,900</b>	3,400	1,30	<b>36,0</b>
1	2005-08-11	0,034	<u>290</u>	4,20	9,2	0,01	6,8	0,064	0,510	0,90	<b>6,90</b>
1	2005-09-12	0,028	<u>250</u>	4,20	12,0	0,01	7,2	0,072	0,620	0,91	<b>6,20</b>
1	2005-10-13	0,023	<b>1700</b>	1,50	12,0	0,03	7,3	<b>3,300</b>	7,300	1,90	<b>140</b>
2	2005-06-01	0,029	<b>800</b>	1,40	8,9	0,02	4,2	<b>0,900</b>	3,600	1,30	<b>37,0</b>
2	2005-08-11	0,026	<u>290</u>	4,10	9,2	0,01	6,7	0,065	0,530	0,88	<b>7,00</b>
2	2005-09-12	0,028	<u>280</u>	4,20	11,0	0,01	6,9	0,067	0,500	0,97	<b>6,40</b>
2	2005-10-13	0,025	<b>1800</b>	1,40	12,0	0,03	7,3	<b>3,500</b>	8,000	1,90	<b>150</b>
3	2005-06-01	0,009	<u>690</u>	0,97	9,3	0,03	3,2	<u>0,200</u>	1,200	1,60	<b>9,90</b>
3	2005-08-11	0,041	<u>350</u>	3,60	9,1	0,02	5,9	0,072	0,470	0,99	<b>7,40</b>
3	2005-09-12	0,017	<u>480</u>	2,40	12,0	0,02	4,9	0,050	0,460	1,60	<b>4,50</b>
3	2005-10-13	0,009	<b>810</b>	1,20	13,0	0,03	4,2	<b>0,800</b>	2,000	1,90	<b>28,0</b>
4	2005-06-01	0,009	<u>580</u>	1,10	9,0	0,02	3,4	<u>0,200</u>	1,000	1,50	<b>8,00</b>
4	2005-08-11	0,031	<u>350</u>	2,90	8,5	0,02	5,3	0,076	0,380	0,95	<b>7,30</b>
4	2005-09-12	0,022	<u>270</u>	2,60	8,8	0,01	5,9	0,087	0,320	1,00	<b>7,20</b>
4	2005-10-13	0,015	<b>1400</b>	1,30	12,0	0,03	5,9	<b>2,200</b>	5,500	1,70	<b>95,0</b>
5	2005-06-01	0,012	<u>550</u>	1,10	8,5	0,02	3,7	0,100	0,910	1,40	<b>7,00</b>
5	2005-08-11	0,021	<u>270</u>	1,90	7,6	0,01	5,5	0,094	0,230	0,78	<b>7,90</b>
5	2005-09-12	0,012	<u>200</u>	1,50	7,4	0,01	5,9	0,100	0,190	0,74	<b>7,50</b>
5	2005-10-13	0,005	<u>320</u>	1,30	8,7	0,01	5,5	<u>0,400</u>	0,790	0,86	<b>16,0</b>
6	2005-06-01	0,006	<u>450</u>	1,20	8,4	0,02	3,8	0,100	0,880	1,30	<b>7,10</b>
6*	2005-06-01	0,017	<u>460</u>	1,20	8,4	0,03	3,8	0,100	0,870	1,30	<b>7,10</b>
6	2005-08-11	0,039	<u>250</u>	1,80	7,5	0,02	5,4	0,095	0,220	0,77	<b>7,70</b>
6	2005-09-12	0,016	<u>220</u>	1,70	7,8	0,01	5,9	0,097	0,230	0,84	<b>7,80</b>
6	2005-10-13	0,005	<u>280</u>	1,20	8,3	0,01	5,5	<u>0,300</u>	0,640	0,80	<b>14,0</b>
7	2005-06-01	0,010	<u>320</u>	1,10	7,6	0,02	4,7	0,100	0,450	1,00	<b>6,10</b>
7	2005-08-11	0,019	<u>240</u>	1,30	7,3	0,01	5,5	0,100	0,150	0,70	<b>7,50</b>
7	2005-09-12	0,010	<u>200</u>	1,30	7,2	0,01	5,8	0,100	0,140	0,67	<b>7,40</b>
7	2005-10-13	0,004	<u>220</u>	1,20	7,8	0,01	5,5	<u>0,200</u>	0,390	0,70	<b>11,0</b>

\* duplicata

XXX : souligné = dépassement du critère chronique**XXX** : caractère gras = dépassement du critère aigu

Annexe 3 Concentrations de métaux et des autres paramètres de la qualité de l'eau mesurés dans les échantillons du lac Blouin de juin à octobre 2006 (suite)

Station	Date	Fe (µg/l)	Mo (µg/l)	Ni (µg/l)	Pb (µg/l)	Sb (µg/l)	Se (µg/l)	Sr (µg/l)	U (µg/l)	V (µg/l)	Zn (µg/l)
T	2005-06-01	890	0,08	1,00	0,4	0,04	< 0,4	16	0,076	1,90	4,8
T	2005-08-11	<u>1600</u>	0,29	0,24	<u>2,0</u>	0,06	< 0,4	23	0,100	2,10	5,2
T	2005-09-12	<u>2100</u>	0,45	2,90	<u>3,4</u>	0,04	< 0,4	39	0,110	2,90	8,5
T	2005-10-13	1100	0,14	2,10	<u>0,9</u>	0,06	< 0,4	25	0,097	2,20	4,9
1	2005-06-01	<u>3000</u>	0,10	1,20	<u>7,2</u>	0,07	< 0,4	28	0,038	0,88	<b>400</b>
1	2005-08-11	<u>3200</u>	0,38	< 0,02	<u>11,0</u>	0,15	0,4	41	0,059	1,30	18
1	2005-09-12	<u>2600</u>	0,66	2,80	<u>9,2</u>	0,17	0,4	74	0,066	1,30	21
1	2005-10-13	<b>4600</b>	0,34	7,90	<u>9,7</u>	0,14	0,3	61	0,043	0,45	<b>1100</b>
2	2005-06-01	<u>3200</u>	0,10	1,50	<u>7,3</u>	0,06	< 0,4	28	0,040	0,94	<b>420</b>
2	2005-08-11	<u>3200</u>	0,38	< 0,02	<u>11,0</u>	0,15	0,3	40	0,060	1,30	19
2	2005-09-12	<u>2600</u>	0,61	2,50	<u>9,1</u>	0,14	0,4	68	0,069	1,40	19
2	2005-10-13	<b>5100</b>	0,31	7,30	<u>10,0</u>	0,14	< 0,4	62	0,043	0,38	<b>1200</b>
3	2005-06-01	<u>1500</u>	0,10	1,00	<u>2,2</u>	0,05	< 0,4	20	0,060	1,50	<b>91</b>
3	2005-08-11	<u>3000</u>	0,36	< 0,02	<u>9,5</u>	0,13	0,4	36	0,069	1,40	19
3	2005-09-12	<u>2200</u>	0,45	2,60	<u>4,9</u>	0,06	< 0,4	44	0,099	2,40	11
3	2005-10-13	<u>2100</u>	0,18	3,40	<u>3,5</u>	0,07	< 0,4	33	0,086	2,10	<b>250</b>
4	2005-06-01	<u>1400</u>	0,11	0,93	<u>2,1</u>	0,06	< 0,4	22	0,056	1,40	<b>71</b>
4	2005-08-11	<u>2400</u>	0,33	< 0,02	<u>6,5</u>	0,11	< 0,4	32	0,073	1,30	19
4	2005-09-12	<u>1700</u>	0,36	2,10	<u>5,2</u>	0,09	< 0,4	45	0,082	1,20	23
4	2005-10-13	<b>4100</b>	0,20	5,80	<u>6,6</u>	0,10	< 0,4	48	0,061	0,98	<b>780</b>
5	2005-06-01	1300	0,13	0,93	<u>2,1</u>	0,06	< 0,4	22	0,054	1,30	<b>55</b>
5	2005-08-11	<u>1500</u>	0,31	0,21	<u>4,1</u>	0,11	< 0,4	31	0,072	0,90	25
5	2005-09-12	990	0,28	1,60	<u>2,8</u>	0,08	< 0,4	39	0,077	0,72	26
5	2005-10-13	1100	0,27	1,80	<u>2,6</u>	0,10	< 0,4	40	0,074	0,90	<b>130</b>
6	2005-06-01	1200	0,13	0,88	<u>2,1</u>	0,06	< 0,4	23	0,054	1,30	<b>53</b>
6*	2005-06-01	1300	0,13	0,96	<u>2,1</u>	0,06	< 0,4	23	0,054	1,30	<b>55</b>
6	2005-08-11	<u>1400</u>	0,29	0,13	<u>3,9</u>	0,11	< 0,4	31	0,072	0,85	25
6	2005-09-12	1200	0,29	1,70	<u>3,5</u>	0,08	< 0,4	40	0,079	0,85	27
6	2005-10-13	1000	0,28	1,80	<u>2,5</u>	0,11	< 0,4	41	0,072	0,83	<b>110</b>
7	2005-06-01	900	0,20	0,97	<u>1,5</u>	0,09	< 0,4	29	0,061	0,89	<b>41</b>
7	2005-08-11	1000	0,29	0,48	<u>2,3</u>	0,11	< 0,4	31	0,071	0,64	28
7	2005-09-12	920	0,28	1,50	<u>2,3</u>	0,08	< 0,4	39	0,077	0,64	27
7	2005-10-13	900	0,30	1,50	<u>2,0</u>	0,11	< 0,4	40	0,073	0,69	<b>76</b>

\* duplicata

XXX : souligné = dépassement du critère chronique

**XXX** : caractère gras = dépassement du critère aigu

Annexe 3 Concentrations de métaux et des autres paramètres de la qualité de l'eau  
mesurés dans les échantillons du lac Blouin de juin à octobre 2006 (suite)

Station	Date	Ca (mg/l)	K (mg/l)	Mg (mg/l)	Mn (mg/l)	Na (mg/l)	COD (mg/l)	SS (mg/l)	Turb (UNT)	pH	Cond. (µS/cm)
T	2005-06-01	<u>3,7</u>	0,52	1,10	0,400	1,50	14,7	14	25	<u>5,8</u>	30
T	2005-08-11	8,5	0,65	1,70	0,980	2,00	15,5	11	28	6,9	52
T	2005-09-12	13,9	1,00	2,20	0,900	2,70	13,2	16	37	<u>6,4</u>	30
T	2005-10-13	7,2	0,63	1,70	0,630	2,20	21,0	17	32	6,8	30
1	2005-06-01	8,8	0,80	3,10	2,100	2,60	12,0	14	11	<u>5,1</u>	108
1	2005-08-11	16,3	1,60	2,80	1,200	3,20	13,9	<b>62</b>	16	<u>6,4</u>	125
1	2005-09-12	29,0	2,30	3,40	1,500	4,90	10,7	8	18	7,2	209
1	2005-10-13	23,0	1,80	5,70	3,100	4,50	9,3	<u>27</u>	20	7,0	170
2	2005-06-01	8,9	0,85	3,20	2,200	2,60	11,3	16	14	<b>4,8</b>	112
2	2005-08-11	16,0	1,50	2,70	1,200	3,10	16,0	6	17	6,5	141
2	2005-09-12	27,0	2,10	3,30	1,200	4,70	11,3	7	17	6,9	120
2	2005-10-13	23,0	1,80	6,00	3,300	4,40	14,7	<u>24</u>	25	<b>4,3</b>	170
3	2005-06-01	5,6	0,66	1,70	0,960	2,00	14,6	17	20	<u>5,5</u>	68
3	2005-08-11	14,2	1,30	2,40	1,000	3,10	14,0	6	18	6,8	105
3	2005-09-12	16,2	1,20	2,40	0,870	3,20	13,0	10	28	7,0	120
3	2005-10-13	10,7	0,87	2,60	1,300	2,70	17,6	16	28	6,5	45
4	2005-06-01	5,7	0,67	1,60	0,950	2,10	14,1	16	18	<u>5,6</u>	71
4	2005-08-11	12,6	1,00	2,20	0,880	3,40	13,3	7	17	6,7	90
4	2005-09-12	16,5	1,30	2,50	0,530	4,60	11,9	7	15	7,1	
4	2005-10-13	17,6	1,40	4,60	2,500	3,70	10,9	<u>23</u>	21	<u>5,0</u>	92
5	2005-06-01	6,2	0,69	1,60	0,870	2,30	13,8	13	16	<u>6,0</u>	59
5	2005-08-11	12,4	0,97	2,10	0,420	4,10	12,3	4	8,3	6,9	98
5	2005-09-12	14,1	1,10	2,30	0,310	4,90	11,1	3	6,5	7,1	70
5	2005-10-13	14,5	1,20	2,60	0,530	4,60	11,2	4	9,2	7,0	72
6	2005-06-01	6,5	0,67	1,60	0,870	2,40					
6*	2005-06-01	6,5	0,68	1,60	0,860	2,40	14,0	13	15	<u>6,2</u>	63
6	2005-08-11	12,2	0,96	2,10	0,400	4,10	12,0	5	9,2	6,6	95
6	2005-09-12	14,4	1,10	2,30	0,350	4,90	11,0	4	8,4	7,2	88
6	2005-10-13	14,5	1,10	2,50	0,470	4,70	11,1	3	8,4	7,0	72
7	2005-06-01	9,3	0,81	1,80	0,420	3,50	12,4	7	8,9	6,7	101
7	2005-08-11	12,3	0,97	2,10	0,270	4,50	11,7	6	4,6	6,8	92
7	2005-09-12	13,9	1,10	2,30	0,250	5,00	11,1	2	4,3	7,2	
7	2005-10-13	14,6	1,20	2,40	0,360	4,90	10,4	< 4	5,5	7,0	100

\* duplicata

XXX : souligné = dépassement du critère chronique**XXX** : caractère gras = dépassement du critère aigu