

**Direction du suivi de l'état de l'environnement
Direction régionale de l'Abitibi-Témiscamingue**

**LA RIVIÈRE BOURLAMAQUE : MORTALITÉ DE POISSONS DU
8 AOÛT 2003 ET QUALITÉ DE L'EAU**

**Par
David Berryman, biol., M. Sc.
Louis Jalbert, géol.**

Mars 2004

Dépôt légal – Bibliothèque nationale du Québec

Envirodoq : ENV/2004/0109

Collection : QE/140

ÉQUIPE DE RÉALISATION

Rédaction :	David Berryman ¹ Louis Jalbert ²
Échantillonnage :	Martin Duclos ² Julie Moisan ¹
Analyses de laboratoire :	Philippe Daigle ³ Christian Deblois ³ Gilles Labbé ³ Danielle Thomassin ³ Alain Tremblay ³
Révision scientifique :	Isabelle Guay ¹ Serge Hébert ¹ Patricia Robitaille ¹
Mise en page :	Lyne Martineau ¹
Cartographie et graphisme :	Francine Matte-Savard ¹ Lyne Savoie ¹
Révision linguistique :	Isabelle Brochu ⁴

¹ Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère de l'Environnement, édifice Marie-Guyart, 675, boulevard René-Lévesque Est, 7^e étage, Québec (Québec), G1R 5V7.

² Direction régionale de l'Abitibi-Témiscamingue, ministère de l'Environnement, 180, boulevard Rideau, Rouyn-Noranda (Québec), J9X 1N9.

³ Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, Complexe scientifique, 2700, rue Einstein, Sainte-Foy (Québec), G1P 3W8.

⁴ Direction des communications, ministère de l'Environnement, édifice Marie-Guyart, 675, boulevard René-Lévesque Est, 29^e étage, Québec (Québec), G1R 5V7.

LA RIVIÈRE BOURLAMAQUE : MORTALITÉ DE POISSONS DU 8 AOÛT 2003 ET QUALITÉ DE L'EAU

Référence : BERRYMAN, D. et L. JALBERT, 2003. *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 n° QE/140, 37 p. et 4 ann.

RÉSUMÉ

Le vendredi 8 août 2003, une importante mortalité de poissons a eu lieu dans la rivière Bourlamaque, près de Val-d'Or, en Abitibi. Les analyses de laboratoire démontrent que les poissons morts sont contaminés par des métaux. Les concentrations d'aluminium, de fer et de cuivre dans les branchies de perchaudes trouvées sur les lieux sont respectivement 38, 34 et 14 fois plus élevées que dans celles de perchaudes témoins, pêchées dans la rivière Bourlamaque et le lac Langlade du 14 au 18 août 2003. La contamination par les métaux est également évidente chez les autres espèces de poissons (barbottes, dorés et brochets) soumises à l'analyse.

Ces résultats viennent soutenir l'hypothèse selon laquelle la mortalité de poissons du 8 août 2003 aurait été causée par un apport massif et soudain de résidus miniers ou de contaminants qui y sont associés : métaux, acide et matières en suspension. Cet apport pourrait avoir été causé par une hausse marquée des débits, consécutive aux fortes pluies qui se sont abattues sur la région au cours des jours qui ont précédé la mortalité.

Des échantillonnages réalisés en 1999 et en 2000 démontrent que malgré un pH relativement bas, l'eau dans la partie amont de la rivière Bourlamaque est de bonne qualité. À la hauteur des sites miniers East Sullivan et Orenada, les concentrations de cuivre et de zinc dans la rivière augmentent et dépassent le seuil de toxicité aiguë des critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique. Les concentrations en cadmium dépassent le seuil d'effet chronique. Environ 1,5 km plus loin vers l'aval, le ruisseau Manitou, qui draine le site minier du même nom, a un impact majeur sur la rivière Bourlamaque. L'acidité et les concentrations de métaux extrêmes dans ce ruisseau font chuter le pH de la rivière Bourlamaque aussi bas que 4,0 et font augmenter ses teneurs en métaux à des niveaux qui dépassent de beaucoup les critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique. D'ailleurs, lors des pêches scientifiques réalisées par le ministère de l'Environnement, aucun poisson n'a été capturé aux deux stations d'échantillonnage de la rivière Bourlamaque situées entre le ruisseau Manitou et la route 117.

À environ 4 km en aval de la route 117, le pH de la rivière Bourlamaque revient à des valeurs plus normales et on constate la présence de poissons. Cependant, de cet endroit jusqu'à l'embouchure de la rivière, la qualité générale de l'eau ne varie plus beaucoup : les concentrations de cuivre et de zinc sont constamment supérieures aux seuils de toxicité aiguë des critères de qualité de l'eau, les concentrations de cadmium sont supérieures au seuil d'effets chroniques et les teneurs en plomb dépassent occasionnellement ces deux seuils. La rivière Colombière est elle aussi touchée par les rejets miniers.

TABLE DES MATIÈRES

Équipe de réalisation	i
Résumé	ii
Table des matières	iii
Liste des tableaux	iv
Liste des figures	iv
Liste des annexes	v
1. INTRODUCTION	1
2. DESCRIPTION DU MILIEU	2
3. MORTALITÉ DE POISSONS DU 8 AOÛT 2003	5
3.1 Matériel et méthodes	5
3.2 Résultats	5
3.2.1 Contamination du poisson	5
3.2.2 Données météorologiques et hydrologiques	7
3.2.3 Scénario récapitulatif	11
4. QUALITÉ DE L'EAU DE LA RIVIÈRE BOURLAMAQUE	12
4.1 Matériel et méthodes	12
4.2 Résultats	14
4.2.1 Paramètres liés à l'acidification	27
4.2.2 Métaux	28
4.2.3 Ions majeurs	30
4.2.4 Matières en suspension et turbidité	31
4.2.5 Matière organique et oxygène dissous	32
4.2.6 Nutriments et bactéries	32
4.2.7 Autres paramètres de qualité de l'eau	33
5. CONCLUSION ET SOMMAIRE RÉCAPITULATIF	34
6. BIBLIOGRAPHIE	36

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Stations d'échantillonnage dans la rivière Bourlamaque et ses tributaires lors des trois campagnes d'échantillonnage.....	13
Tableau 2	Paramètres analysés lors des campagnes d'échantillonnage de 1999 - 2000 et d'août 2003	15
Tableau 3	Concentrations ($\mu\text{g/l}$) de cuivre, de fer et de zinc dans les échantillons d'eau prélevés aux trois stations échantillonnées lors des campagnes d'échantillonnage des 10 et 11 août et des 14 et 18 août 2003.....	30

LISTE DES FIGURES

Figure 1	Bassin versant de la rivière Bourlamaque.....	3
Figure 2	Le ruisseau Manitou, près de son embouchure dans la rivière Bourlamaque.....	4
Figure 3	La rivière Bourlamaque, en aval de sa confluence avec le ruisseau Manitou, en face du parc de résidus East Sullivan.....	4
Figure 4	Localisation des stations d'échantillonnage de l'eau et des poissons.....	6
Figure 5	Concentrations d'aluminium, de cuivre et de fer dans les branchies de poissons morts le 8 août 2003 et dans les branchies de poissons témoins	8
Figure 6	Concentrations de zinc dans les branchies de poissons morts le 8 août 2003 et dans les branchies de poissons témoins	9
Figure 7	Précipitations enregistrées à la station météorologique de Val-d'Or durant les jours qui ont précédé les mortalités de poissons des 22 juin 1998 et 8 août 2003	10
Figure 8	pH, alcalinité et concentrations de sulfates dans les échantillons d'eau de la rivière Bourlamaque et quatre de ses tributaires.....	16
Figure 9	Concentrations de cadmium, de chrome et de cuivre dans les échantillons d'eau de la rivière Bourlamaque et quatre de ses tributaires	17
Figure 10	Concentrations de nickel, de plomb et de zinc dans les échantillons d'eau de la rivière Bourlamaque et quatre de ses tributaires.....	18

Figure 11	Concentrations d'aluminium, de fer et de manganèse dans les échantillons d'eau de la rivière Bourlamaque et quatre de ses tributaires	19
Figure 12	Conductivité et concentrations de sodium et de chlorures dans les échantillons d'eau de la rivière Bourlamaque et quatre de ses tributaires	20
Figure 13	Concentrations de calcium, de potassium et de magnésium dans les échantillons d'eau de la rivière Bourlamaque et quatre de ses tributaires	21
Figure 14	Température, turbidité et concentrations de solides en suspension dans les échantillons d'eau de la rivière Bourlamaque et quatre de ses tributaires	22
Figure 15	Demande biochimique en oxygène et concentrations de carbone organique dissous et d'oxygène dissous dans les échantillons d'eau de la rivière Bourlamaque et quatre de ses tributaires	23
Figure 16	Concentrations d'azote total filtré, d'azote ammoniacal total, de nitrates et de nitrites dans les échantillons d'eau de la rivière Bourlamaque et quatre de ses tributaires	24
Figure 17	Concentrations de phosphore total et de coliformes fécaux dans les échantillons d'eau de la rivière Bourlamaque et quatre de ses tributaires	25
Figure 18	Concentrations d'arsenic, de tanins et de composés phénoliques dans les échantillons d'eau de la rivière Bourlamaque et quatre de ses tributaires	26

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1	Prétraitement des échantillons, méthodes d'analyse et seuils de détection pour les paramètres conventionnels de la qualité de l'eau
Annexe 2	Protocole pour le prélèvement d'échantillons d'eau destinés à l'analyse des métaux totaux par ICP sur la rivière Bourlamaque à l'été 2000
Annexe 3	Rapport de nécropsie
Annexe 4	Résultats de l'analyse des métaux dans les branchies de poissons morts le 8 août 2003 et dans les branchies de poissons témoins

1. INTRODUCTION

Le vendredi 8 août 2003, une importante mortalité de poissons a eu lieu dans la rivière Bourlamaque, près de Val-d'Or, en Abitibi. Environ un millier de poissons morts ont été trouvés dans le tronçon terminal de cette rivière, soit entre son embouchure dans le lac Blouin et le village de Val-Senneville, situé à environ 10 km en amont. Le ministère de l'Environnement, la Société de la faune et des parcs et la Régie régionale de la santé et des services sociaux sont intervenus rapidement pour évaluer la situation, tenter de déterminer la cause de cet événement et éviter toute répercussion sur la santé publique.

Au départ, plusieurs hypothèses ont été avancées pour expliquer cette mortalité :

- épidémie chez les poissons causée par un virus ou une bactérie;
- température de l'eau plus élevée que le seuil de tolérance des poissons;
- manque d'oxygène dans l'eau de la rivière;
- prolifération d'algues toxiques;
- bris d'une digue retenant des résidus miniers;
- déversement accidentel ou illicite de substances toxiques;
- épandage de pesticides près du cours d'eau;
- bris d'une conduite de gaz naturel;
- apport d'acide par les parcs de résidus miniers;
- remise en solution de sédiments toxiques;
- remise en solution de matières toxiques par une variation rapide du pH.

La Société de la faune et des parcs a analysé chacune de ces hypothèses. Tenant compte aussi des observations qu'elle a faites sur le terrain durant les jours qui ont suivi la mortalité, la Société en est venue à la conclusion que l'hypothèse la plus plausible est celle d'un choc toxique causé par un apport massif et soudain de résidus miniers ou des contaminants qu'ils contiennent (Hamel, 2003).

En effet, on sait depuis longtemps que la rivière Bourlamaque est en fort mauvais état sur une partie de son cours. Cette rivière reçoit de l'eau acide et chargée en métaux provenant de parcs de résidus miniers qui ont été abandonnés, se sont détériorés au fil des ans et sont maintenant des sources de contaminants : acide, métaux et matières en suspension. Le lit et les rives du ruisseau Manitou, un tributaire de la rivière Bourlamaque, sont constitués de résidus miniers non confinés. Il y a aussi de très grandes quantités de ces résidus dans la rivière Bourlamaque elle-même.

Selon le scénario le plus vraisemblable, les pluies abondantes qui se sont abattues sur la région durant les jours qui ont précédé le 8 août 2003 auraient d'abord provoqué une forte hausse des débits dans la rivière Bourlamaque et dans ses tributaires. Ces forts débits auraient entraîné une grande quantité de résidus miniers dans la rivière Bourlamaque ou auraient provoqué l'érosion et la remise en suspension de résidus qui s'y trouvaient déjà. Dans un cas comme dans l'autre, le brassage des résidus aurait entraîné un relargage de contaminants (acide, métaux et matières en suspension) dans l'eau. Une masse d'eau chargée de ces contaminants aurait ensuite dévalé la

rivière, créant un choc toxique sur son passage. La forte contamination des poissons par les métaux, rapportée dans la section 3 du présent rapport, vient maintenant soutenir cette hypothèse.

Le fait que la rivière Bourlamaque subisse l'impact de parcs de résidus miniers était connu des ministères de l'Environnement et des Ressources naturelles bien avant les événements du 8 août 2003. Cependant, les correctifs à apporter aux problèmes de drainage minier acide sont complexes et fort coûteux. En 1998, le ministère de l'Environnement a donc décidé de réaliser une étude exhaustive de la rivière Bourlamaque, afin de mieux cerner l'ampleur et l'étendue des problèmes sur ce cours d'eau. Les échantillonnages nécessaires à cette étude ont été réalisés durant l'été et l'automne 1999 et 2000. L'étude a porté sur la qualité de l'eau, l'état des communautés de poissons et l'état des communautés benthiques.

En plus de présenter les résultats de l'analyse chimique des branchies des poissons morts, ce rapport dresse un portrait général de la qualité de l'eau de la rivière Bourlamaque, établi à partir de quelque 150 échantillons d'eau récoltés en 1999 et en 2000. À ces données de base s'ajoutent les résultats d'analyse d'une vingtaine d'échantillons d'eau recueillis durant les jours qui ont suivi la mortalité de poissons. Ces résultats confirment l'état dégradé de la rivière Bourlamaque dans le tronçon immédiatement en aval de la confluence avec le ruisseau Manitou. Ils démontrent aussi l'état précaire de la rivière jusqu'à son embouchure dans le lac Blouin.

2. DESCRIPTION DU MILIEU

Située près de Val-d'Or en Abitibi, la rivière Bourlamaque prend son origine dans le lac Sylvain, coule sur une distance de 71 km et se jette dans le lac Blouin (figure 1). Traversant un territoire relativement plat, la rivière Bourlamaque s'élargit à plusieurs reprises pour former les lacs Marmette, Bourlamaque, Langis, Colombière et Dutertre. Elle traverse des zones marécageuses dans sa partie amont entre les lacs Sylvain et Marmette, dans le secteur au sud de East Sullivan, dans le long tronçon s'étendant du lac Langlade à Val-Senneville ainsi qu'au lac Dutertre. À la hauteur de la route 117, sur une distance d'environ 5 km, la rivière Bourlamaque est plus encaissée et présente quelques rapides.

Le bassin de la rivière Bourlamaque a une superficie de 683 km². On y trouve plusieurs mines et parcs de résidus miniers, dont certains sont générateurs de drainage minier acide. Les parcs de résidus récents sont confinés et gérés selon la réglementation en vigueur. Cependant, certains sites miniers qui ont été exploités avant la mise en place de ces réglementations présentent des résidus non confinés.

C'est le cas du site minier Manitou, dont les résidus non confinés se déversent maintenant tout le long du ruisseau du même nom, qui coule de ce site jusqu'à la rivière Bourlamaque (figure 2). Ce déversement de résidus miniers se poursuit dans la rivière Bourlamaque (figure 3), et ce, jusqu'à la fin de la plaine inondable qui se termine au lac Colombière (Duclos, 2003). Le site minier Manitou se draine aussi vers le nord, par un ruisseau qui rejoint la rivière Colombière.

Le ruisseau Manitou et les premiers kilomètres de la rivière Bourlamaque en aval de ce ruisseau sont fortement dégradés. Dans ce secteur, l'eau est acide et chargée en métaux. Lors des pêches



Figure 2 Le ruisseau Manitou, près de son embouchure dans la rivière Bourlamaque (source : Duclos, 2003)



Figure 3 La rivière Bourlamaque, en aval de sa confluence avec le ruisseau Manitou, en face du parc de résidus East Sullivan (source : Duclos, 2003)

scientifiques réalisées par le ministère de l'Environnement en 2000, aucun poisson n'a été capturé dans la rivière Bourlamaque aux deux stations d'échantillonnage situées entre l'embouchure du ruisseau Manitou et la route 117 (Richard, à venir).

3. MORTALITÉ DE POISSONS DU 8 AOÛT 2003

3.1 Matériel et méthodes

Pour déterminer la cause de la mortalité du 8 août 2003, les agents de conservation de la faune de la Société de la faune et des parcs du Québec (FAPAQ) ont ramassé des poissons morts sur les rives de la rivière Bourlamaque. Pour constituer un échantillon représentatif à des fins d'analyse, 35 poissons ont été ramassés, soit douze dorés jaunes (*Stizostedion vitreum*), six grands brochets (*Esox lucius*), cinq perchaudes (*Perca flavescens*), huit barbottes brunes (*Ictalurus nebulosus*) et quatre meuniers noirs (*Catostomus commersoni*). Ces poissons ont été triés par espèces, congelés et expédiés à la Faculté de médecine vétérinaire de l'Université de Montréal, à Saint-Hyacinthe, le lundi 11 août 2003, à l'attention du Dr André Dallaire (Hamel, 2003). Les branchies et la chair de ces poissons ont ensuite été analysées pour en déterminer les concentrations en métaux (total extractible à l'acide). Ces analyses ont été effectuées au Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ), qui regroupe les laboratoires du ministère de l'Environnement.

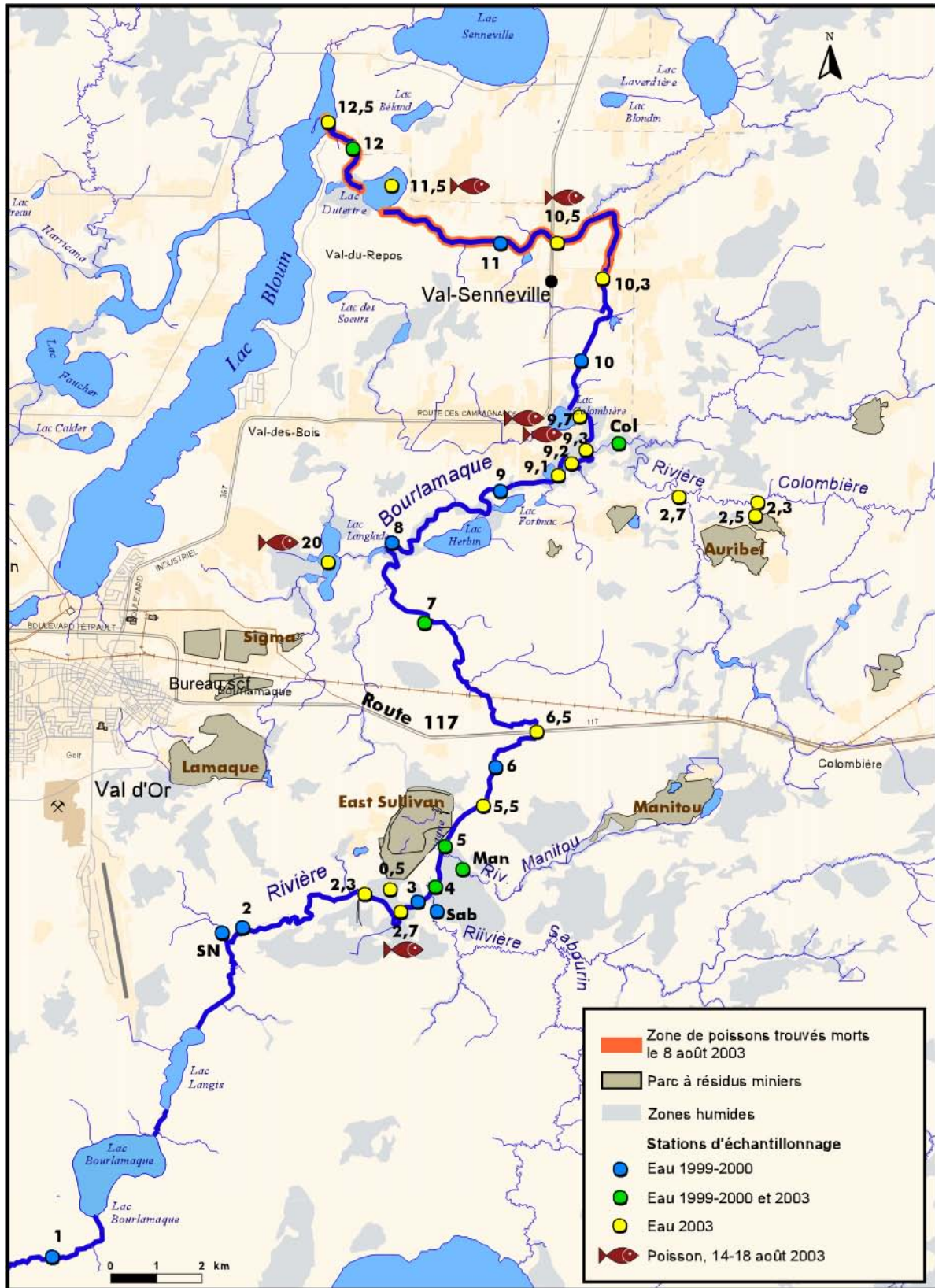
Du 14 au 18 août 2003, des pêches expérimentales ont été effectuées par la FAPAQ afin de connaître les espèces de poissons présentes dans la rivière et leur répartition dans celle-ci (Hamel, 2003). Des perchaudes pêchées aux stations 2,7, 9,3, 10,5, 11,5 et 20 (figure 4) ont été conservées et expédiées aux laboratoires du CEAEQ à des fins d'analyse. Les résultats de ces analyses constituent des valeurs témoins auxquelles sont comparées les concentrations mesurées dans les poissons morts le 8 août 2003.

Les données de précipitations ont été examinées pour vérifier s'il s'était produit des épisodes climatiques particuliers dans la région de Val-d'Or le 8 août 2003 et durant les journées qui ont précédé. Les données analysées proviennent d'Environnement Canada; elles ont été enregistrées à la station météorologique de Val-d'Or. Aucune donnée n'est disponible sur les débits de la rivière Bourlamaque, car il n'y a pas de station hydrométrique sur ce cours d'eau.

3.2 Résultats

3.2.1 Contamination du poisson

Dépêché sur les lieux, le technicien d'Urgence-Environnement a constaté que les poissons morts avaient un floc brun sur la surface externe de leur corps et dans leurs branchies (M. Duclos, ministère de l'Environnement, communication personnelle). Dans son rapport de nécropsie (annexe 3), le Dr Dallaire décrit les observations qu'il a faites sur les poissons morts qui lui ont été acheminés. Il signale que les branchies des poissons examinés présentaient des zones de décoloration noirâtre. Ce phénomène a été observé sur toutes les espèces examinées (brochets, dorés, perchaudes et barbottes). Un des dorés avait aussi une quantité importante de sédiments



Cette figure est conçue pour une impression en couleurs.

Figure 4 Localisation des stations d'échantillonnage de l'eau et des poissons

noirâtres dans la cavité buccale. De plus, en ce qui a trait aux brochets, le rapport de nécropsie signale que les décolorations noirâtres des branchies étaient parfois légèrement surélevées et qu'il s'agit peut-être de matériel adhérent.

Les résultats d'analyse des métaux dans les branchies (annexe 4) confirment que les poissons ont été exposés à une eau fortement chargée en métaux. Comme le montre la figure 5, les concentrations d'aluminium, de cuivre et de fer dans les branchies des poissons trouvés morts le 8 août 2003 sont beaucoup plus élevées que dans les poissons témoins, c'est-à-dire dans les poissons vivants pêchés dans la rivière Bourlamaque et dans le lac Langlade du 14 au 18 août 2003. La figure 6 montre qu'il y a aussi une différence dans les concentrations de zinc.

À titre d'exemple, les branchies des perchaudes pêchées du 14 au 18 août contenaient de 33 à 83 mg/kg de fer, alors que celles du spécimen du 8 août en contenaient 34 fois plus (2 300 mg/kg) (figure 5). Pour ce qui est de l'aluminium, les concentrations dans les perchaudes témoins variaient de 4,9 à 22 mg/kg, comparativement à 480 mg/kg dans l'échantillon du 8 août. Les concentrations d'aluminium dans les branchies des spécimens morts des autres espèces (barbottes, dorés et brochets) variaient de 160 à 1 300 mg/kg.

D'après le manuel d'investigation des mortalités de poissons de Meyer et Barclay (1990), des branchies colmatées sont indicatrices d'une exposition à de la matière en suspension ou à de l'hydroxyde de fer. Des branchies foncées seraient le résultat d'une exposition à certains contaminants organiques, à du sulfure d'hydrogène ou à un déficit d'oxygène. Ce manuel signale aussi qu'à une dureté de l'eau inférieure à 10 mg/l de CaCO₃, comme c'est le cas occasionnellement dans la rivière Bourlamaque, un pH inférieur à 5 est directement toxique pour certaines espèces de poissons. De plus, dans ces mêmes conditions de dureté, mais à des pH entre 5 et 6, l'aluminium, le cadmium, le cuivre et le zinc deviennent toxiques. Or, comme nous l'avons expliqué dans la section 4, ces métaux se trouvent constamment en concentrations élevées dans la rivière Bourlamaque.

3.2.2 *Données météorologiques et hydrologiques*

Compte tenu de l'omniprésence des résidus miniers dans le bassin de la rivière Bourlamaque, il est normal de poser l'hypothèse que la mortalité de poissons du 8 août 2003 soit due à un épisode aigu de pollution acide et métallique. Un tel épisode pourrait avoir été généré par une hausse marquée des débits consécutive aux précipitations abondantes.

L'analyse des données météorologiques des jours qui ont précédé l'événement du 8 août 2003 porte à croire qu'une séquence d'épisodes météorologiques aurait effectivement constitué l'élément déclencheur de cet épisode de mortalité.

En effet, des recherches effectuées par la FAPAQ démontrent qu'un autre cas de mortalité de poissons a eu lieu dans la rivière Bourlamaque en juin 1998. Cet événement aurait tué plus de 70 poissons entre le pont situé à 1 km à l'est de Val-Senneville et l'embouchure de la rivière Bourlamaque. On trouve d'ailleurs des similitudes entre les deux épisodes de mortalité, soit des pluies abondantes (70 mm) durant les cinq ou six jours qui ont précédé l'événement

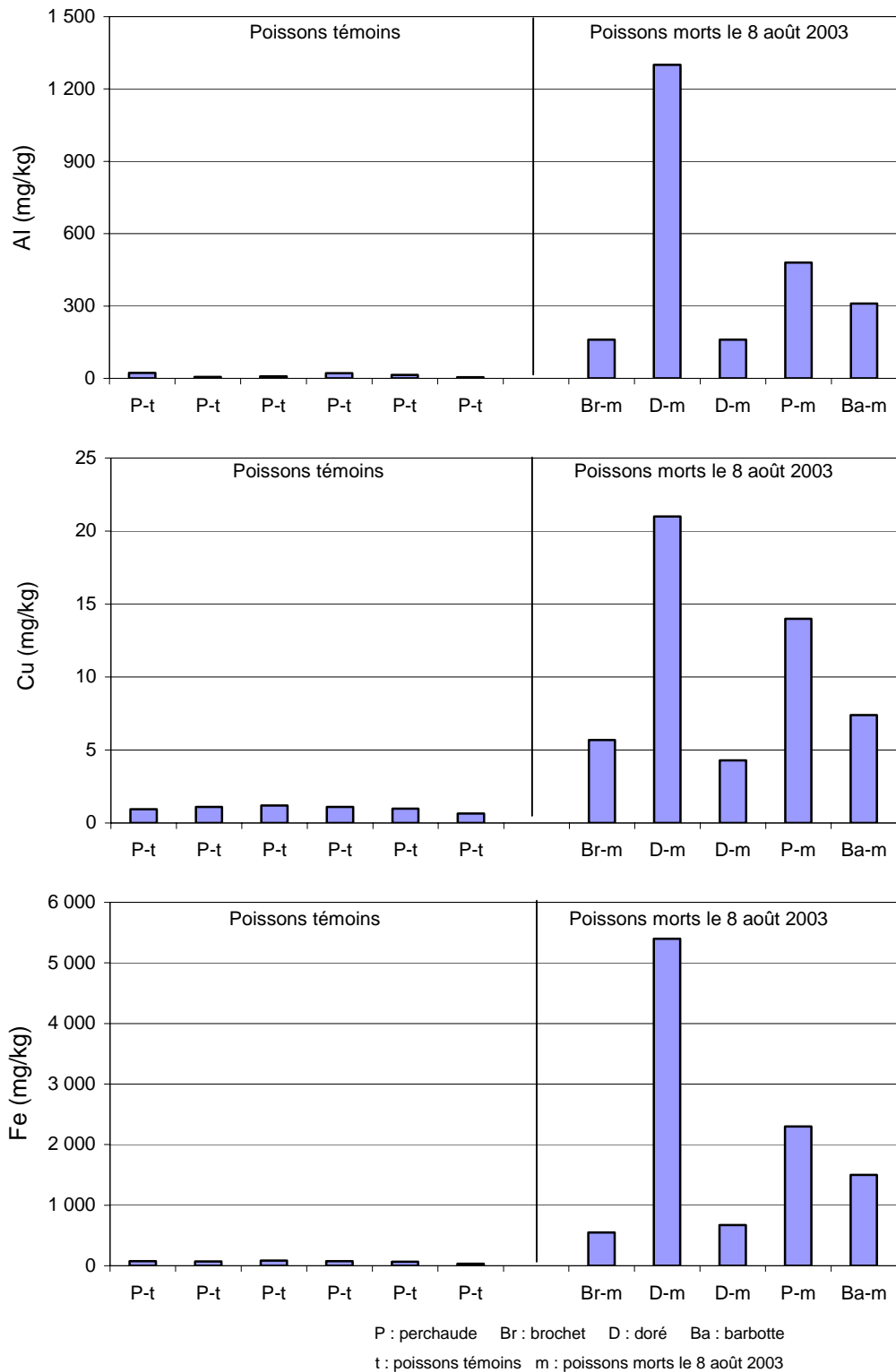


Figure 5 Concentrations d'aluminium, de cuivre et de fer dans les branchies de poissons morts le 8 août 2003 et dans les branchies de poissons témoins

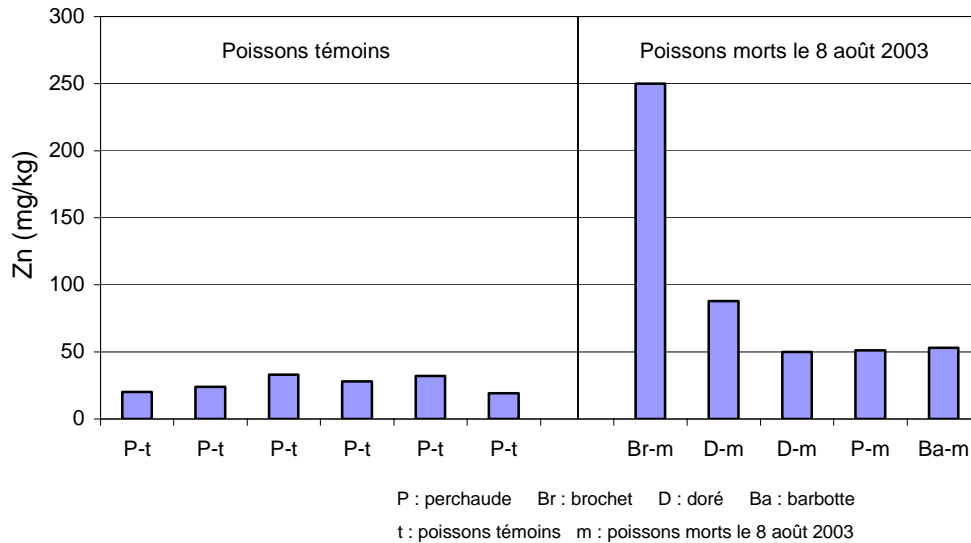


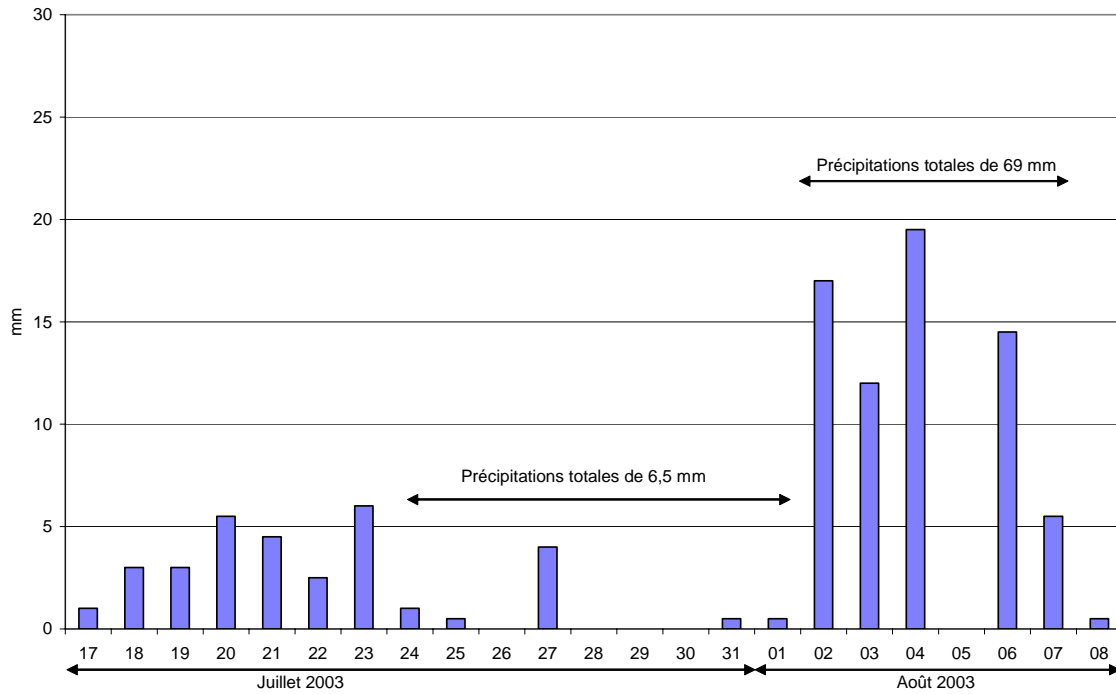
Figure 6 Concentrations de zinc dans les branchies de poissons morts le 8 août 2003 et dans les branchies de poissons témoins

(figure 7). Ces fortes pluies avaient quant à elles été précédées d'une dizaine de jours de faibles précipitations (7 mm). Ce cycle d'assèchement et de mouillage aurait favorisé la dissolution des métaux et facilité le processus d'érosion hydraulique en rendant les résidus plus friables. Mais ces précipitations ne sont pas exceptionnelles et n'expliquent pas à elles seules ces deux épisodes de mortalité.

Une autre variable à considérer est le niveau d'eau de la rivière avant et pendant ces événements. En effet, plusieurs témoins ont rapporté que le niveau d'eau de la rivière était exceptionnellement élevé au début du mois d'août 2003. Les statistiques de la station météorologique de Val-d'Or, rassemblées par Environnement Canada, indiquent que de fortes précipitations de pluie (69 mm) ont été mesurées du 2 au 7 août 2003, dont 20 mm dans la nuit du 6 au 7 août. Ces précipitations se sont ajoutées aux 125,5 mm de pluie déjà tombés en juillet, une quantité de pluie qui excède de 32 % la moyenne mensuelle. Quant au mois de juin 1998, les précipitations ont été de 89 % plus élevées que la moyenne mensuelle. Malheureusement, nous ne possédons pas de données sur le niveau d'eau de la rivière qui nous permettraient de faire des comparaisons entre 1998 et 2003.

Les précipitations plus élevées que la moyenne durant les semaines qui ont précédé les événements du 8 août 2003 auraient saturé en eau des résidus miniers présents sur les berges de la rivière, ainsi que dans les secteurs non confinés des parcs de résidus. Cette période de saturation aurait été suivie d'une période d'assèchement d'une dizaine de jours, favorisant la dissolution des métaux et augmentant la friabilité des résidus. Enfin, les fortes précipitations des cinq à six jours qui ont précédé la mortalité de poissons auraient érodé et transporté les résidus et les contaminants générés par le lessivage de ceux-ci (eau acide, métaux lourds et hydroxydes de fer) vers l'aval de la rivière, créant le choc toxique qui a tué les poissons.

Précipitations durant les jours précédant la mortalité du 8 août 2003



Précipitations durant les jours précédant la mortalité du 22 juin 1998

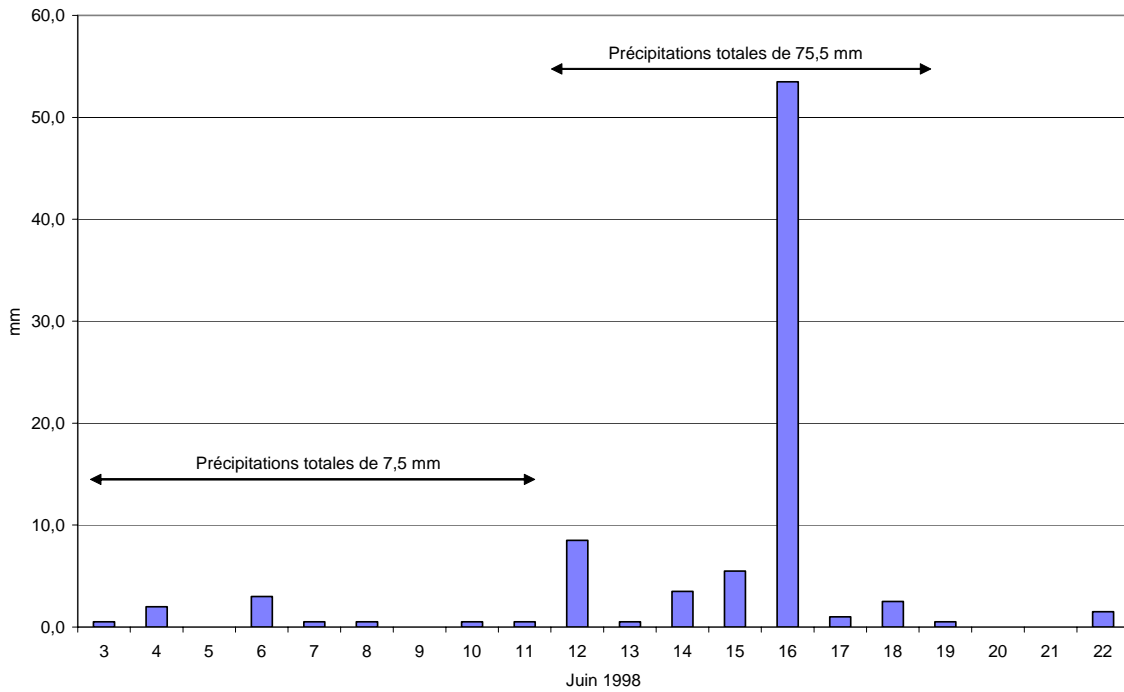


Figure 7 Précipitations enregistrées à la station météorologique de Val-d'Or durant les jours qui ont précédé les mortalités de poissons des 22 juin 1998 et 8 août 2003

Cette séquence d'épisodes météorologiques serait l'élément déclencheur des événements du 8 août 2003, favorisant la libération et le transport des contaminants contenus dans les résidus miniers présents sur les berges de la rivière, ainsi que dans les secteurs non confinés des parcs de résidus miniers orphelins. D'autre part, l'absence de données sur la mortalité de poissons survenue le 22 juin 1998 nous empêche d'affirmer que les résidus miniers en seraient la cause, même si l'on observe des similitudes sur les plans météorologique et géographique.

3.2.3 Scénario récapitulatif

Des sections qui précèdent, on peut rappeler cinq faits indiscutables :

- abondance de résidus miniers riches en métaux et générateurs d'acide dans le bassin versant de la rivière Bourlamaque et dans la rivière elle-même;
- fortes précipitations durant les jours qui ont précédé la mortalité du 8 août;
- hausse marquée du niveau des eaux dans la région durant les jours qui ont précédé la mortalité;
- présence d'un floc brunâtre sur le corps et dans les branchies des poissons morts;
- présence de métaux en très fortes concentrations dans les branchies des poissons morts.

Compte tenu de ces faits, le scénario explicatif le plus plausible commence par une érosion ou un lessivage des résidus miniers causé par de fortes pluies. Ce lessivage ou cette érosion des résidus miniers entraîne la formation d'une masse d'eau acide, chargée en métaux, qui dévale la rivière Bourlamaque. Plus bas sur la rivière, le mélange progressif de cette masse d'eau avec de l'eau moins acide provoque une remontée du pH. Dans ces conditions moins acides, les métaux précipitent, ce qui entraîne la formation d'un floc dans l'eau de la rivière Bourlamaque. Ce floc, composé notamment d'hydroxyde de fer, colmate les branchies des poissons exposés, causant leur asphyxie.

Deux autres hypothèses peuvent être considérées quant au mécanisme final du choc toxique :

- une asphyxie causée par des particules en suspension (turbidité) contenant des métaux solides et inertes, ce qui expliquerait la présence de sédiments noirâtres dans la bouche de l'un des poissons examinés et l'aspect surélevé de certaines taches sur les branchies;
- une mortalité due à la toxicité des métaux sous forme dissoute plutôt qu'à l'asphyxie, car l'aluminium, le cadmium, le cuivre et le zinc sont toxiques pour les poissons dans les eaux très douces dont le pH est inférieur à 6; ces métaux sont d'ailleurs présents en fortes concentrations dans la rivière Bourlamaque.

Toutefois, ces deux hypothèses n'expliquent aucunement la présence de floc brunâtre sur le corps des poissons morts et dans leurs branchies. De plus, des hausses de turbidité ne causent pas à elles seules des mortalités de poissons. Il est tout de même possible que les trois mécanismes d'action aient concourus, à différents degrés, au choc toxique du 8 août 2003.

En raison de l'omniprésence des résidus miniers dans le bassin de la rivière Bourlamaque, il est impossible de déterminer avec certitude le lieu d'origine et le parcours exact des métaux trouvés dans les branchies des poissons morts. Ces métaux pourraient provenir du site minier non confiné Manitou et avoir transité par la rivière Bourlamaque ou la rivière Colombière. En effet, le site minier Manitou se draine aussi vers le nord, par un ruisseau qui rejoint la rivière Colombière. De plus, les données sur la qualité de l'eau démontrent qu'il y a eu passage d'une masse d'eau acide et chargée en métaux dans la rivière Colombière le 10 août 2003 et peut-être aussi durant les jours précédents. Cette hypothèse sur le parcours emprunté par la masse d'eau qui a causé la mortalité de poissons est toutefois très incertaine. Les métaux qui ont colmaté les branchies des poissons pourraient tout aussi bien provenir de résidus miniers qui se trouvaient déjà dans la rivière Bourlamaque le 8 août 2003.

Le fait que des résidus miniers soient toujours présents en grandes quantités dans le bassin de la rivière Bourlamaque porte à croire que d'autres épisodes de mortalité de poissons pourraient survenir.

4. QUALITÉ DE L'EAU DE LA RIVIÈRE BOURLAMAQUE

4.1 Matériel et méthodes

La rivière Bourlamaque a fait l'objet d'un échantillonnage relativement intensif durant l'été et l'automne de 1999 et de 2000, dans le cadre d'une étude du ministère de l'Environnement. Des prélèvements d'eau ont été effectués à 12 stations d'échantillonnage réparties sur 50 km de cours d'eau, soit entre le lac Marmette et l'embouchure de la rivière dans le lac Blouin. Quatre tributaires de la rivière Bourlamaque, soit les rivières Sabourin et Colombière, le ruisseau Manitou et le ruisseau sans nom qui draine une partie de l'aéroport de Val-d'Or ont aussi été échantillonnés près de leur embouchure (figure 4).

Les stations 7, 8, 9, 10, 11 et 12 sur la rivière Bourlamaque et la station dans l'embouchure de la rivière Colombière ont été échantillonnées à dix reprises, soit une fois par mois, de juin à octobre inclusivement, en 1999 et en 2000. Les autres stations de la campagne de 1999 et 2000 ont été échantillonnées de la même façon, sauf qu'il n'y a pas de résultat pour le mois d'octobre 2000. Le ruisseau sans nom n'a été échantillonné que quatre fois : de juin à septembre 2000. Ainsi, à presque tous les sites d'échantillonnage de 1999 et de 2000, la qualité de l'eau est caractérisée sur la base de neuf à dix mesures, réparties sur autant de mois, couvrant l'été et l'automne de deux années consécutives.

L'échantillonnage post-mortalité de 2003 est beaucoup plus ponctuel. Douze sites ont été échantillonnés une fois chacun, de deux à trois jours après la mortalité de poissons, soit le 10 ou le 11 août 2003, selon le site. Onze sites ont été échantillonnés quelques jours plus tard, soit le 14 ou le 18 août, selon le site. Le tableau 1 présente la liste des sites échantillonnés lors de chacune des trois campagnes d'échantillonnage de l'eau, soit celle de 1999 et 2000, celle des 10 et 11 août 2003 et celle des 14 et 18 août 2003. La figure 4 présente la localisation de ces sites.

Tableau 1 Stations d'échantillonnage dans la rivière Bourlamaque et ses tributaires lors des trois campagnes d'échantillonnage

Station	Campagne d'échantillonnage		
	1999 - 2000	10 et 11 août 2003	14 et 18 août 2003
Rivière Bourlamaque			
1	X		
2	X		
2,3		X	X
2,7			X
3	X		
4	X		X
5	X	X	
5,5			X
6	X		
6,5		X	
7	X		X
8			
9	X		
9,1			X
9,2		X	
9,3		X	X
9,5			
9,7			X
10	X		
10,3		X*	
10,5			X
11	X		
12	X		X
12,5		X	
Tributaires			
0,5		X	
Sabourin	X		
Colombière	X	X	X
2,3		X	
2,5		X	
2,7		X	
Manitou	X		
Sans nom	X		

* pH seulement

Les échantillons destinés à l'analyse des paramètres conventionnels de la qualité de l'eau (pH, turbidité, phosphore, bactéries, ions majeurs, etc.) ont été prélevés à gué, en suivant le protocole en usage au ministère de l'Environnement (Hébert et Légaré, 2000). Les méthodes de laboratoire pour l'analyse de ces échantillons sont décrites à l'annexe 1.

L'échantillonnage et l'analyse des métaux ont été effectués en suivant les méthodes dites « propres » pour les substances présentes dans l'eau à l'état de traces. L'annexe 2 présente le protocole d'échantillonnage particulier qui a été suivi pour ces substances. L'analyse a porté sur les métaux totaux extractibles à l'acide.

Les échantillons de 1999 et 2000 ont été analysés pour vingt paramètres conventionnels de la qualité de l'eau, onze métaux et quatre contaminants organiques particuliers (tableau 2). Ceux des 10 et 11 août 2003 ont été analysés pour le pH, six métaux et les composés phénoliques. Les échantillons des 14 et 18 août 2003 ont été analysés pour les mêmes paramètres qu'en 1999, à peu de chose près. Tous les échantillons d'eau ont été analysés au Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ), lequel regroupe les laboratoires du ministère de l'Environnement.

4.2 Résultats

Les résultats de l'analyse des échantillons d'eau sont présentés dans les figures 8 à 18. Dans ces figures, les résultats de 1999 et 2000 sont représentés par des bâtonnets correspondant à l'étendue et à la médiane des valeurs obtenues à chacune des douze stations d'échantillonnage dans la rivière Bourlamaque et à chacune des stations situées à l'embouchure des quatre tributaires à l'étude (Sabourin, Colombière, Manitou et ruisseau sans nom).

Les résultats ponctuels post-mortalité de 2003 sont représentés par de petits cercles et de petits carrés à l'intérieur des mêmes graphiques. La position de ces points le long de l'abscisse correspond au numéro de la station d'échantillonnage. Par exemple, dans le graphique des pH (graphique du haut de la figure 8), le carré surmonté d'un cercle situé entre les bâtonnets des stations 2 et 3 indique qu'à la station 2,3, un pH de 5,5 a été mesuré le 10 août 2003 et une valeur de 5,6 a été obtenue le 14 août. L'autre petit cercle, situé un peu plus haut à droite, indique qu'un pH de 5,8 a été enregistré à la station 2,7 le 18 août.

Les résultats d'analyse de l'eau sont comparés aux critères de qualité de l'eau du ministère de l'Environnement pour la protection de la vie aquatique (MENV, 2001). Lorsque la concentration d'une substance dans l'eau dépasse ces critères, il y a un risque d'impact sur la faune et la flore qui habitent le cours d'eau.

Pour la plupart des substances, il existe deux critères pour la protection de la vie aquatique à court terme et à long terme, soit le critère d'effet chronique et le critère de toxicité aiguë. Le premier représente 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. Le critère de toxicité aiguë représente quant à lui la concentration maximale d'une substance à laquelle les organismes aquatiques peuvent être exposés pour une courte période de temps sans être gravement touchés.

Tableau 2 Paramètres analysés lors des campagnes d'échantillonnage de 1999 - 2000 et d'août 2003

Paramètre	Campagne d'échantillonnage		
	1999 - 2000	10-11/08/2003	14-18/08/2003
Paramètres d'acidification			
PH	X	X	X
Alcalinité totale	X		X
Sulfates	X		X
Métaux lourds			
Aluminium	X		X
Cadmium	X		X
Chrome	X		X
Cuivre	X	X	X
Fer	X	X	X
Magnésium	X		X
Manganèse	X		X
Nickel	X	X	X
Plomb	X	X	X
Zinc	X	X	X
Arsenic	X	X	X
Mercuré			X
Ions majeurs			
Conductivité	X		X
Calcium	X		X
Sodium	X		X
Potassium	X		X
Chlorures	X		X
Matière organique, oxygène			
Demande biologique en oxygène	X		X
Demande chimique en oxygène			X
Carbone organique dissous	X		X
Oxygène dissous	X		X
Nutriments, bactéries			
Azote total filtré	X		X
Azote ammoniacal	X		X
Nitrates et nitrites	X		X
Phosphore total dissous	X		X
Phosphore total en suspension	X		X
Coliformes fécaux	X		X
Paramètres physiques			
Solides en suspension	X		
Turbidité	X		X
Température	X		X
Contaminants organiques			
Comp. phénoliques (indice phénol)	X	X	X
Cyanures totaux	X		X
Tanins	X		X
Acides gras et résiniques	X		X
Acides gras			X

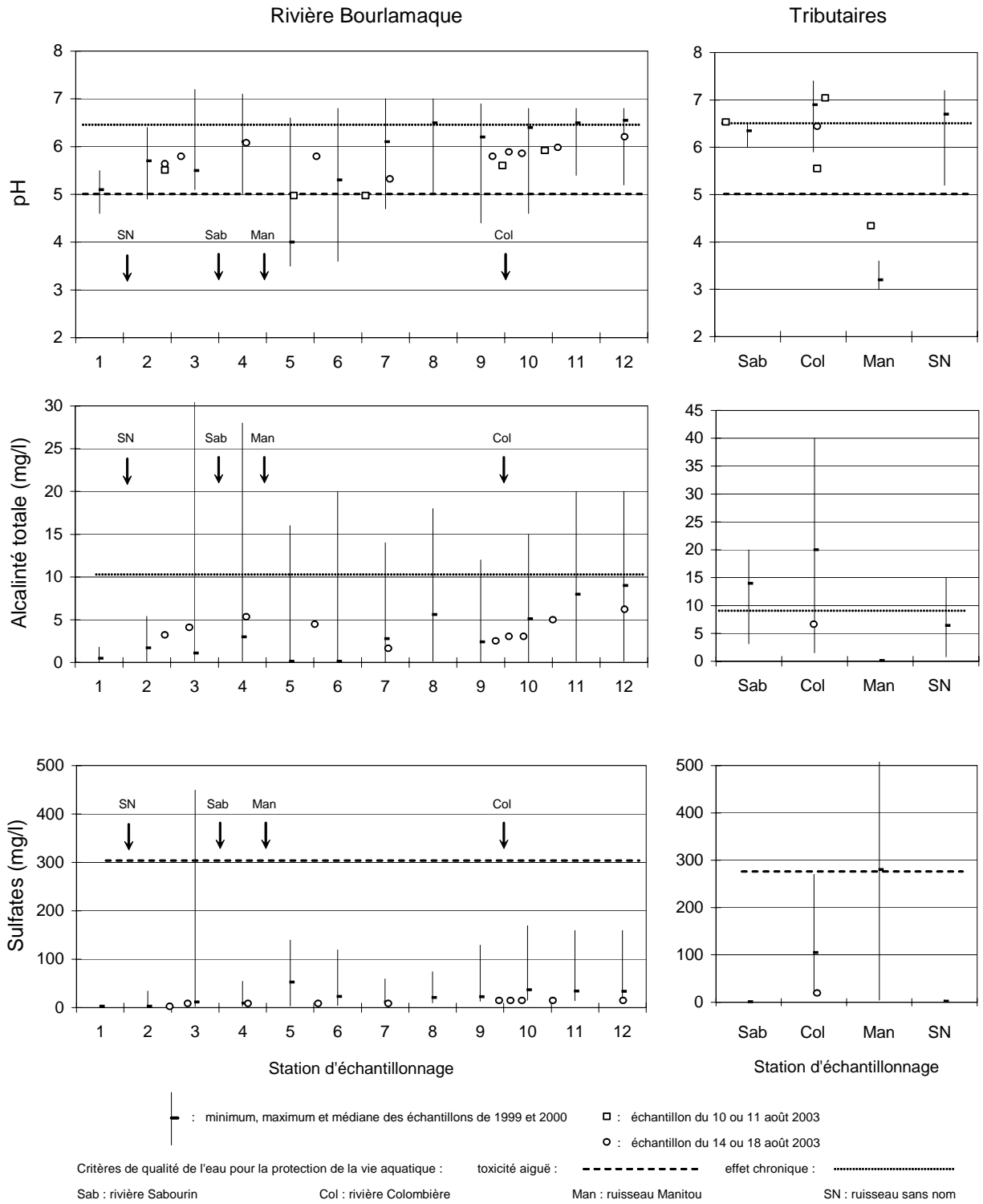


Figure 8 pH, alcalinité et concentrations de sulfates dans les échantillons d'eau de la rivière Bourlamaque et quatre de ses tributaires

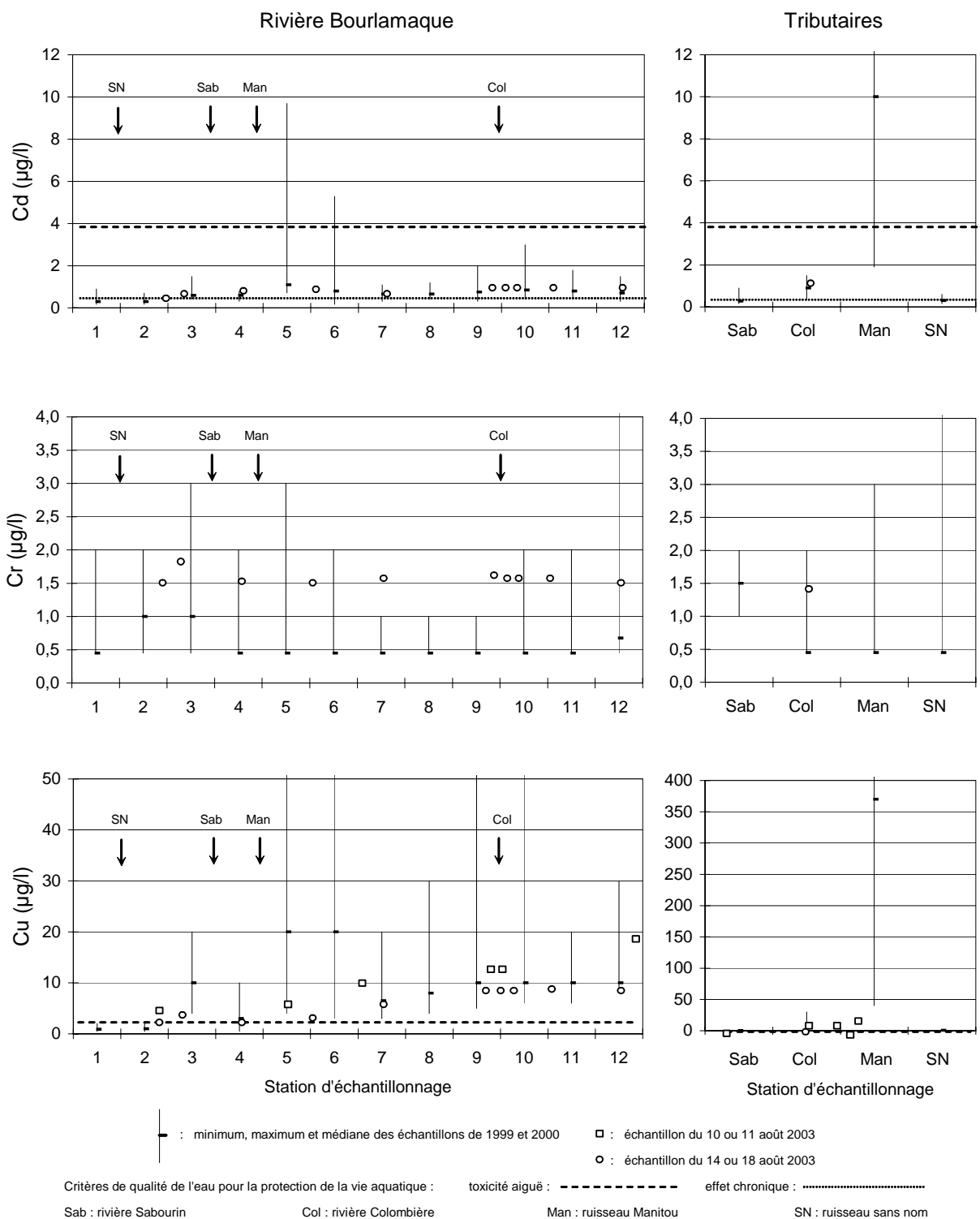


Figure 9 Concentrations de cadmium, de chrome et de cuivre dans les échantillons d'eau de la rivière Bourlamaque et quatre de ses tributaires

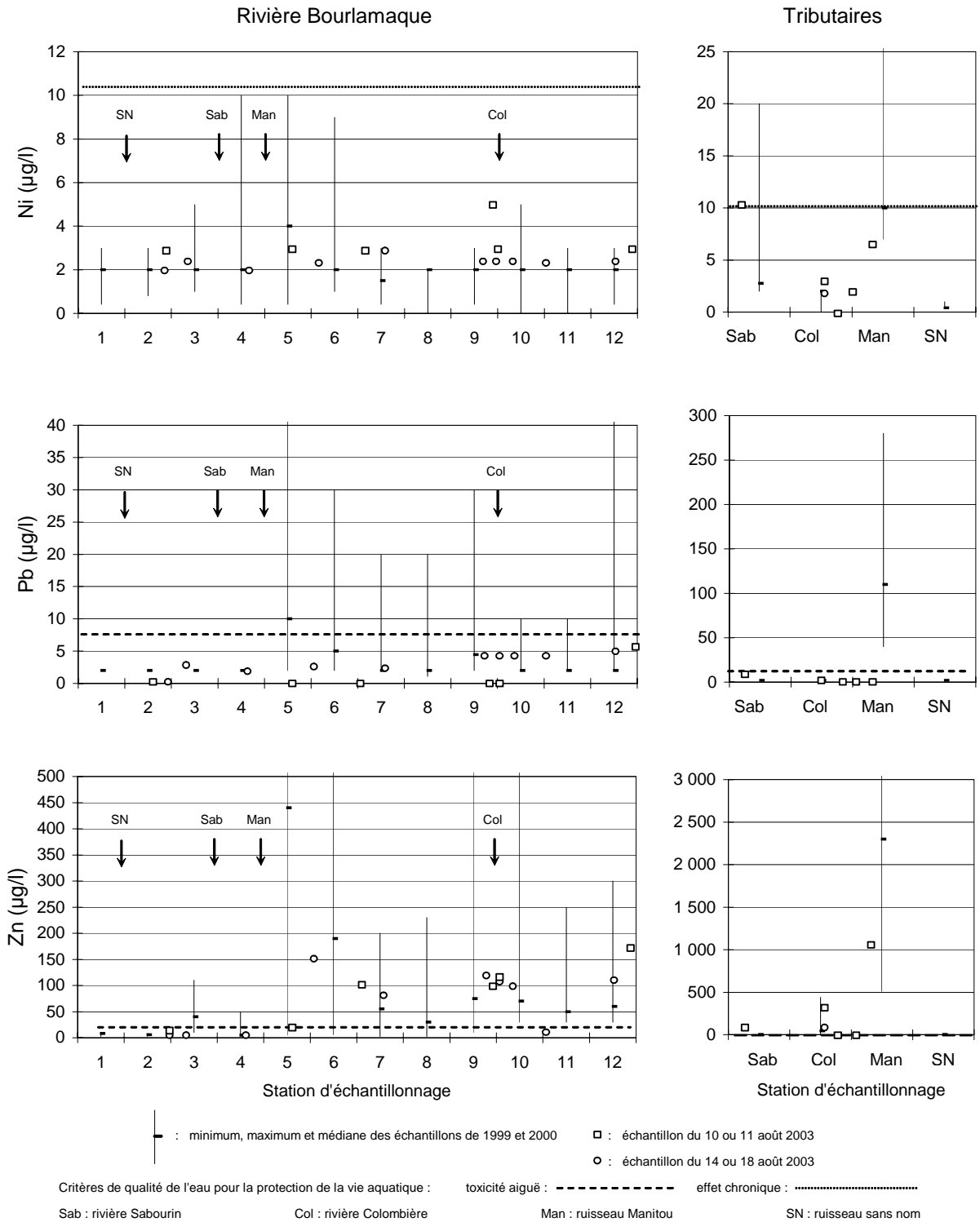


Figure 10 Concentrations de nickel, de plomb et de zinc dans les échantillons d'eau de la rivière Bourlamaque et quatre de ses tributaires

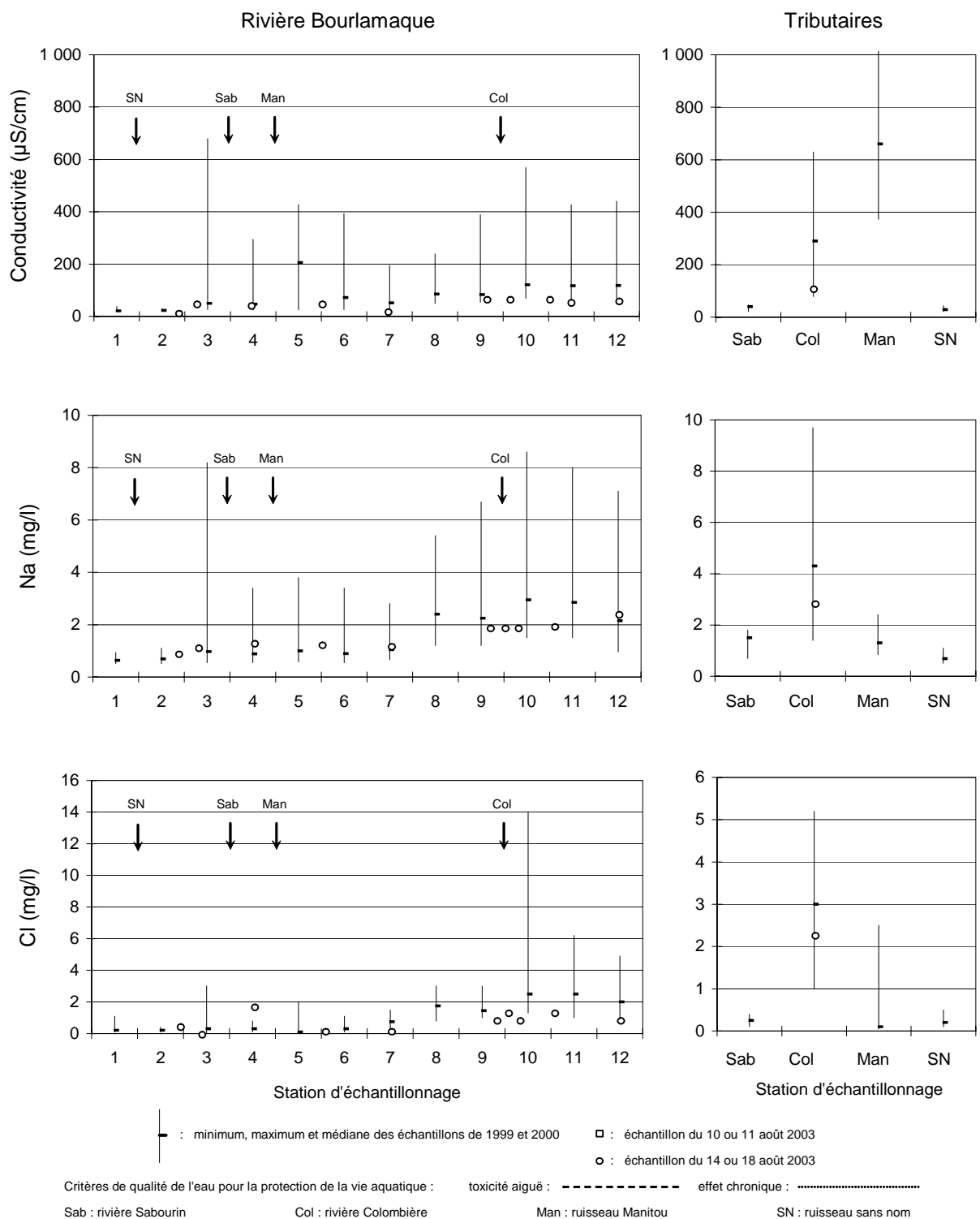


Figure 12 Conductivité et concentrations de sodium et de chlorures dans les échantillons d'eau de la rivière Bourlamaque et quatre de ses tributaires

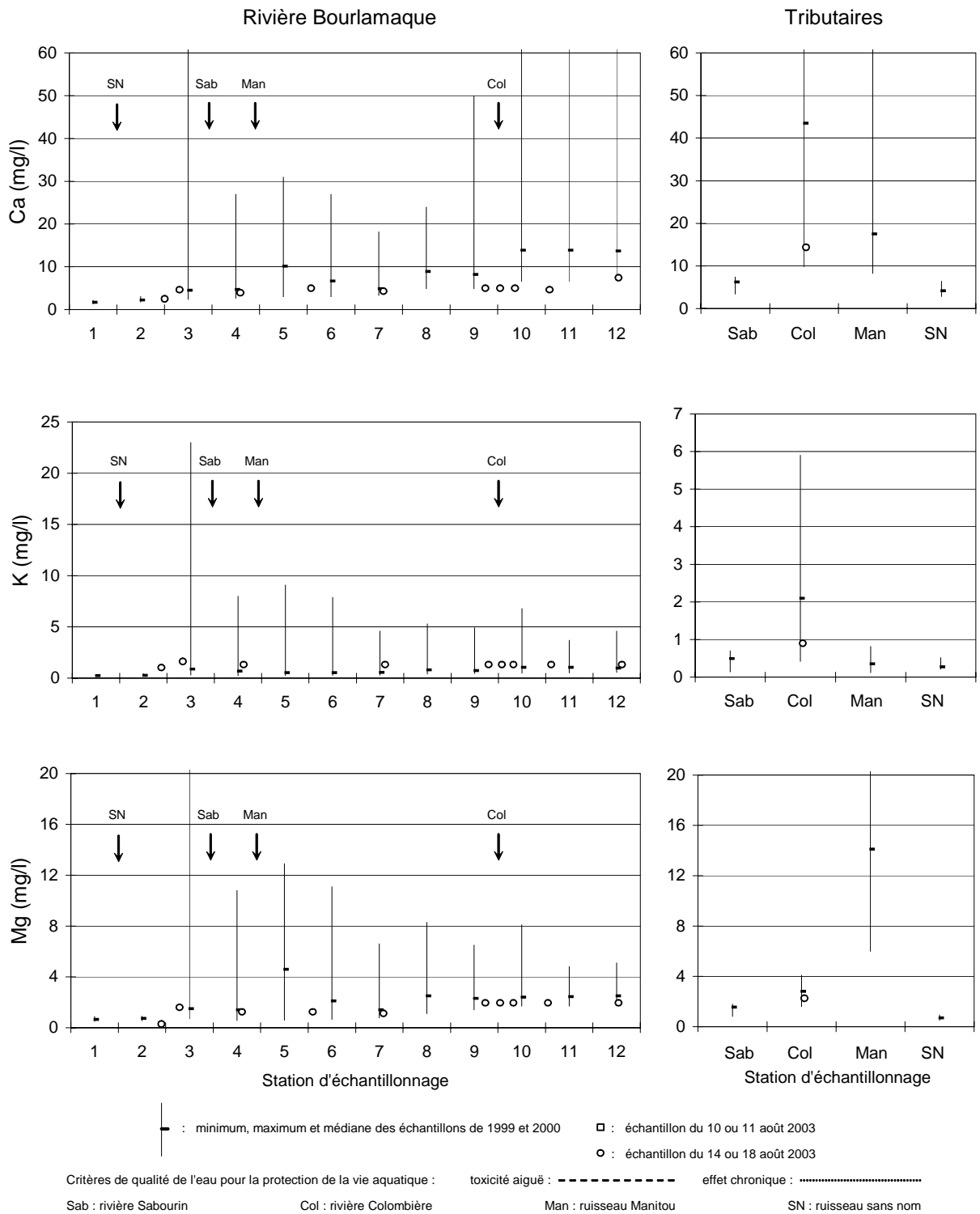


Figure 13 Concentrations de calcium, de potassium et de magnésium dans les échantillons d'eau de la rivière Bourlamaque et quatre de ses tributaires

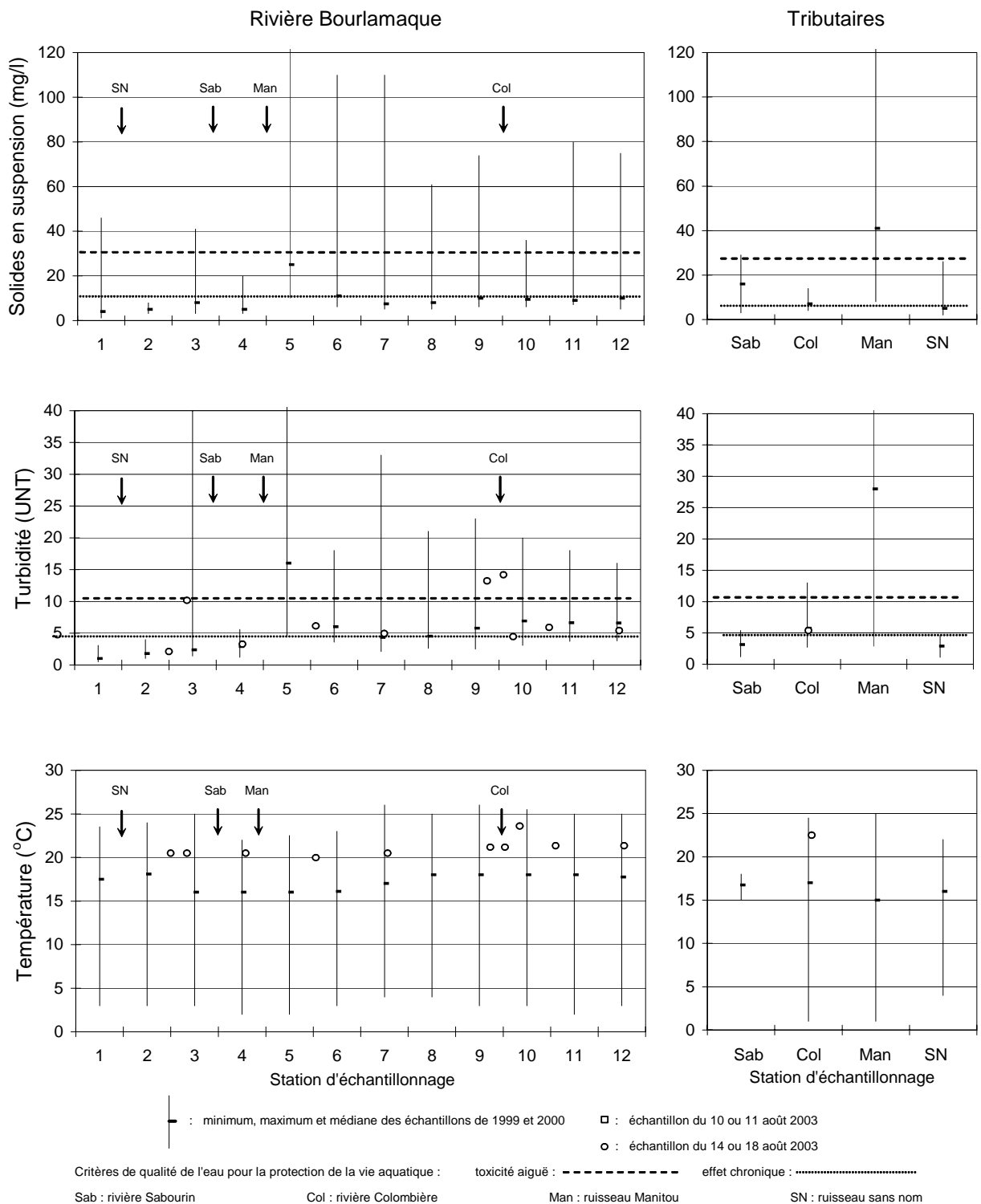


Figure 14 Température, turbidité et concentrations de solides en suspension dans les échantillons d'eau de la rivière Bourlamaque et quatre de ses tributaires

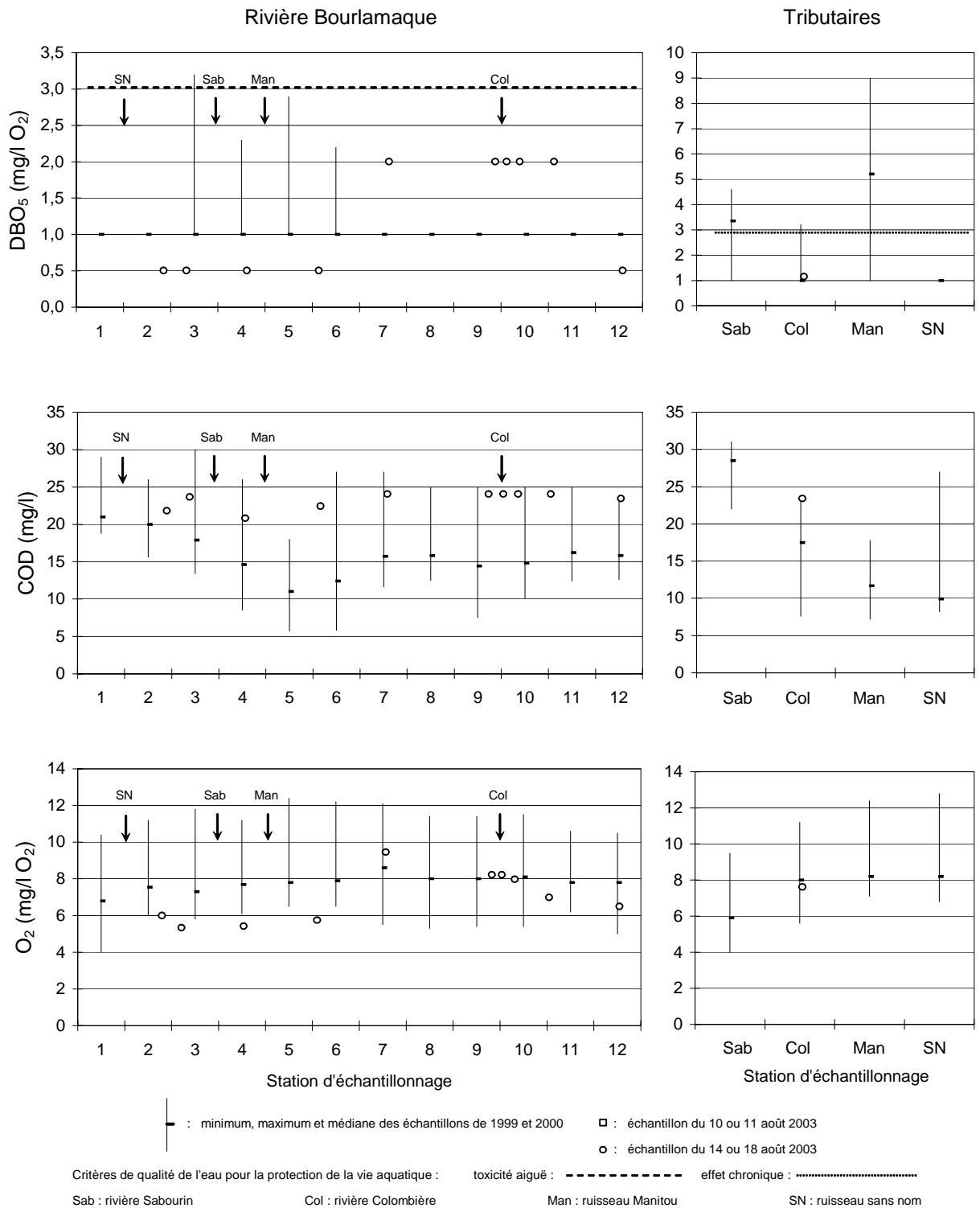


Figure 15 Demande biochimique en oxygène et concentrations de carbone organique dissous et d'oxygène dissous dans les échantillons d'eau de la rivière Bourlamaque et quatre de ses tributaires

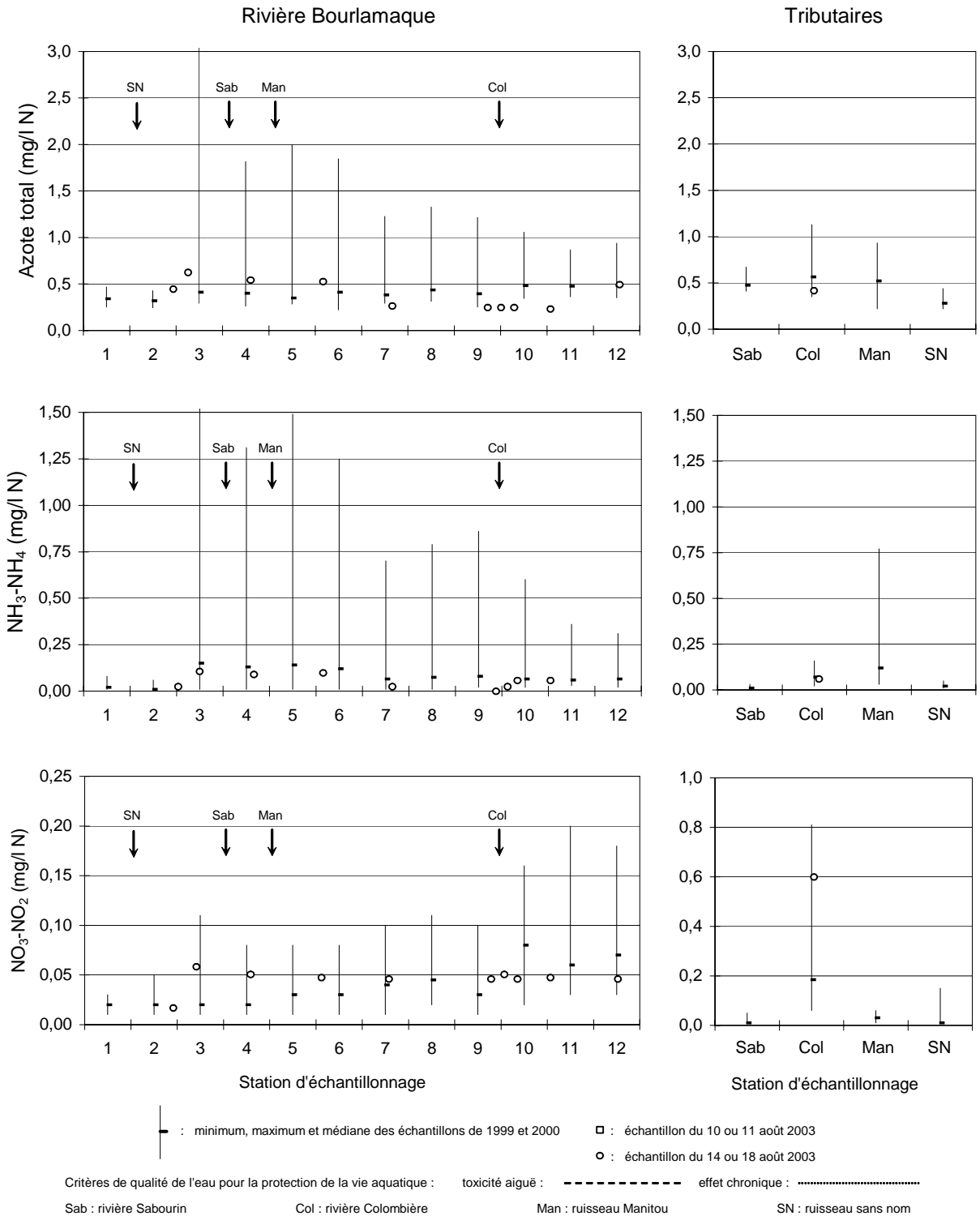


Figure 16 Concentrations d'azote total filtré, d'azote ammoniacal total, de nitrates et de nitrites dans les échantillons d'eau de la rivière Bourlamaque et quatre de ses tributaires

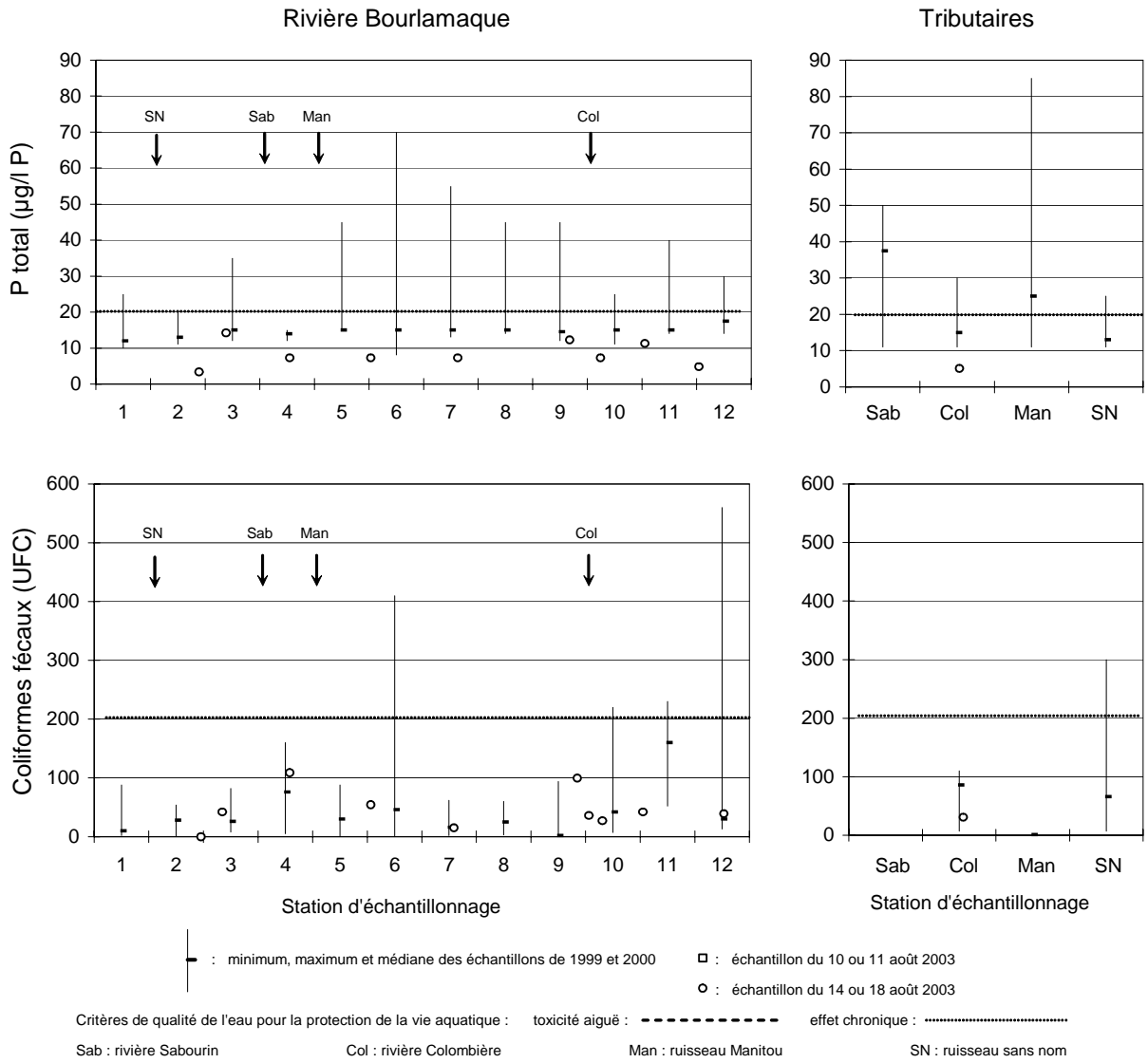


Figure 17 Concentrations de phosphore total et de coliformes fécaux dans les échantillons d'eau de la rivière Bourlamaque et quatre de ses tributaires

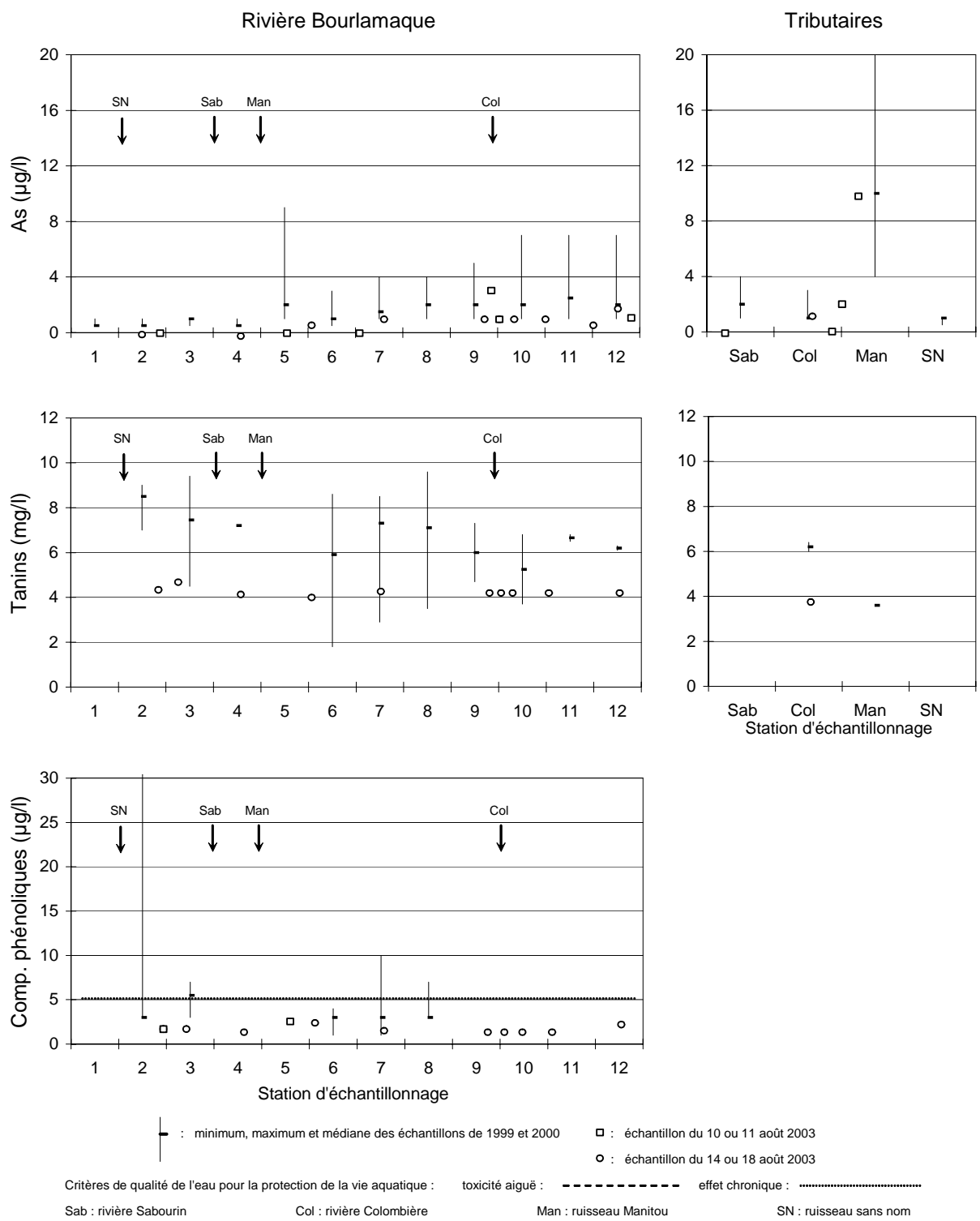


Figure 18 Concentrations d'arsenic, de tanins et de composés phénoliques dans les échantillons d'eau de la rivière Bourlamaque et quatre de ses tributaires

Dans le cas des métaux, les critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique varient en fonction de la dureté de l'eau. Pour cette étude, ces critères ont été calculés sur la base d'une dureté de 14,9 mg/l (CaCO_3), soit la médiane des valeurs obtenues aux stations peu touchées : les stations 1 à 4 sur la rivière Bourlamaque et les stations à l'embouchure de la rivière Sabourin et du ruisseau sans nom.

Dans les figures 8 à 18, les seuils de toxicité aiguë et d'effet chronique des critères de qualité de l'eau sont indiqués par des traits pointillés, ce qui permet de vérifier rapidement si les concentrations obtenues dans les échantillons dépassent les seuils. Certains graphiques ne présentent pas de traits pointillés. Ce peut être, selon le cas, parce qu'il n'y a pas de critère pour la substance en cause, parce que la valeur du critère excède l'échelle du graphique, ou encore parce que le critère n'a pas une valeur fixe. Ces derniers cas sont expliqués plus loin dans le texte.

4.2.1 Paramètres liés à l'acidification

L'eau de la rivière Bourlamaque est relativement acide, même en amont des parcs de résidus miniers, soit aux stations 1 et 2, où les pH médians sont respectivement de 5,1 et 5,7 (figure 8). Ces pH sont inférieurs au seuil d'effet chronique (6,5) des critères de qualité de l'eau du ministère de l'Environnement, mais ils pourraient tout de même être naturels, car un grand nombre de lacs dans le Bouclier canadien ont un pH naturellement inférieur à 6,0 (Dupont, communication personnelle) Ce fait est démontré par les nombreux échantillonnages réalisés dans le cadre du Réseau de suivi de l'acidification des lacs du Québec, au cours des années 80 et 90.

Dans le ruisseau Manitou, les conditions sont très acides : les neuf mesures de pH dans ce cours d'eau se situent entre 3,0 et 3,6 pour une médiane à 3,2 (voir le graphique des tributaires au haut de la figure 8). Ces valeurs sont nettement plus basses que le seuil de toxicité aiguë (5,0) des critères de qualité de l'eau du ministère de l'Environnement.

L'apport acide du ruisseau Manitou a un impact sur la rivière Bourlamaque, où le pH médian passe de 6,1 à la station 4 à seulement 4,0 à la station 5 (figure 8). La station 4 est située à environ 1 km en amont de l'embouchure du ruisseau Manitou, alors que la station 5 est située à 200 m en aval. Environ 2 km plus loin vers l'aval (station 6), le pH médian de la rivière Bourlamaque est revenu aux valeurs témoins des trois stations les plus en amont, mais la variabilité des mesures est élevée et quatre des neuf valeurs sont inférieures à 5,0.

L'acidité et, comme nous le verrons plus loin, la charge en métaux du ruisseau Manitou ont des impacts sur la vie aquatique de la rivière Bourlamaque. En effet, lors des pêches expérimentales réalisées par la Direction du suivi de l'état de l'environnement en 2000, aucun poisson n'a été capturé dans l'embouchure du ruisseau Manitou, ni aux stations 5 et 6 dans la rivière Bourlamaque (Richard, à venir).

Plus loin vers l'aval, soit de la station 7 à l'embouchure de la rivière Bourlamaque, toutes les valeurs médianes de pH sont au-dessus de 6,0 et presque toutes les mesures individuelles sont

supérieures à 5,0. Cependant, à la station 9, soit en amont de l'arrivée de la rivière Colombière, une valeur sur trois est inférieure à 5,0.

Dans la rivière Bourlamaque, les pH mesurés en 2003 se situent tous à l'intérieur de l'intervalle de 1999 et 2000 (figure 8). Cependant, à l'embouchure de la rivière Colombière, le pH de 5,5 mesuré le 10 août 2003 est inférieur à l'intervalle de 5,9 à 7,4 de 1999 et 2000. De plus, le 14 août, le pH à cet endroit était revenu à 6,4. Ces valeurs représenteraient-elles la décroissance d'un pic de pollution acide, dont le sommet pourrait avoir passé le 8 août et avoir causé la mortalité de poissons?

L'hypothèse précédente est soutenue par d'autres données. En effet, en amont dans le bassin de la rivière Colombière (station 2,7), plus précisément dans un ruisseau qui draine le parc de résidus Manitou vers le nord, un pH de seulement 4,2 a été enregistré le 11 août (figure 8). De plus, cet échantillon a provoqué un taux de mortalité de 100 % au test de daphnies. Ces données démontrent que des masses d'eau acides quittent le site Manitou par ce ruisseau, pour ensuite passer dans la rivière Colombière et aboutir dans la rivière Bourlamaque. Cependant, rien ne prouve que la masse d'eau qui a causé la mortalité de poissons du 8 août ait suivi ce parcours.

À toutes les stations de la rivière Bourlamaque, l'alcalinité médiane est inférieure à 10 mg/l, un seuil en deçà duquel un plan d'eau est considéré comme sensible à l'acidification. L'alcalinité est particulièrement faible dans le ruisseau Manitou et aux stations 5 et 6 de la rivière Bourlamaque, lesquelles sont situées en aval de l'embouchure de ce ruisseau (figure 8). Dans le ruisseau Manitou, toutes les valeurs d'alcalinité se situent près de la limite de détection de 0,1 mg/l ou sous celle-ci. C'est également le cas dans deux échantillons sur trois aux stations 5 et 6 de la rivière Bourlamaque. L'alcalinité dans tous les échantillons de 2003 se situe à l'intérieur des intervalles de valeurs de 1999 et 2000.

Les ions sulfates mettent également en évidence l'apport acide du ruisseau Manitou (figure 8). Dans quatre échantillons de ce ruisseau, les concentrations de sulfates dépassent le seuil de toxicité aiguë de 300 mg/l. Ce seuil n'est pratiquement jamais atteint ni même approché dans la rivière Bourlamaque, même si les concentrations sont visiblement plus élevées à la station 5. Les concentrations de sulfates dans les échantillons d'août 2003 ne se distinguent pas des valeurs de base de 1999 et 2000.

4.2.2 Métaux

Les résultats d'analyse pour le cadmium, le cuivre, le nickel, le plomb, le zinc, l'aluminium, le fer et le manganèse mettent en évidence des concentrations élevées de métaux dans le ruisseau Manitou et une hausse des concentrations dans la rivière Bourlamaque, en aval de l'embouchure de ce tributaire (figures 9, 10 et 11).

Dans tous les échantillons du ruisseau Manitou, les concentrations de cuivre, de plomb, de zinc et d'aluminium dépassent le seuil de toxicité aiguë des critères de qualité de l'eau du ministère de l'Environnement. Les concentrations en cuivre et en zinc sont d'ailleurs de 17 à 687 fois plus élevées que ce seuil. Dans le cas du plomb et de l'aluminium, les facteurs de dépassement sont

de 1,7 à 38. De plus, en ce qui concerne le cadmium, le seuil de toxicité aiguë est dépassé dans sept des neuf échantillons d'eau de ce ruisseau.

Aux deux stations témoins, situées dans la partie amont de la rivière Bourlamaque, les concentrations de tous les métaux sont inférieures aux seuils de toxicité aiguë des critères de qualité de l'eau du Québec. De légères hausses des concentrations en aval des sites miniers East Sullivan et Orenada (station 3) font toutefois passer le cuivre et le zinc au-dessus de ces seuils. Plus loin en aval, à la station 5, soit en aval du ruisseau Manitou, les concentrations de cadmium, de cuivre, de nickel, de plomb, de zinc, de fer et de manganèse augmentent de façon marquée. À partir de cet endroit, les concentrations de cuivre et de zinc demeurent supérieures aux seuils de toxicité aiguë, et ce, jusqu'à l'embouchure de la rivière Bourlamaque. Les concentrations en cadmium, quant à elles, demeurent supérieures au seuil d'effet chronique.

Dans le cas du plomb, on ne peut pas vérifier adéquatement la fréquence de dépassement du seuil d'effet chronique (0,285 µg/l), qui est inférieur au seuil de détection de la méthode d'analyse (0,4 µg/l). On constate cependant qu'à la station de la rivière Bourlamaque située en aval immédiat du ruisseau Manitou, sept échantillons sur neuf dépassent le seuil de toxicité aiguë. Aux stations d'échantillonnage situées plus en aval, la fréquence de dépassement de ces seuils diminue. À la station située à l'embouchure de la rivière Bourlamaque, un des dix échantillons dépasse le seuil de toxicité aiguë et trois autres dépassent le seuil d'effet chronique.

Le cadmium, le chrome, l'aluminium et le manganèse n'ont pas été analysés dans les échantillons des 10 et 11 août 2003. Pour ces métaux, il est donc impossible de vérifier s'il y a eu une diminution des concentrations entre la campagne des 10 et 11 août 2003 et celle du 14 et 18 août 2003. Les résultats obtenus les 14 et 18 août 2003 se situent à l'intérieur des plages de concentration de 1999 et 2000. Les concentrations de chrome en 2003 correspondent toutefois aux concentrations les plus élevées; elles se situent toutes près de 1,5 µg/l, alors qu'en 1999 et 2000 de nombreux résultats étaient sous le seuil de détection de 0,9 µg/l. Le fait que cette différence soit la même partout dans la rivière Bourlamaque et à la station de la rivière Colombière porte à croire qu'elle est d'origine analytique.

Comme le montrent les figures 9 et 10, les concentrations de cuivre et de zinc sont en général plus élevées dans les échantillons des 10 et 11 août que dans ceux des 14 et 18 août. Le tableau 3 présente ces différences en détail pour les trois stations échantillonnées lors des deux campagnes du mois d'août 2003. Ces résultats pourraient indiquer un pic de contamination en résorption.

La concentration de 320 µg/l de zinc mesurée le 10 août dans l'embouchure de la rivière Colombière est élevée, et celle de 1 130 µg/l mesurée à la même date dans son tributaire en provenance du parc de résidus Manitou est très élevée. La concentration de cuivre (22 µg/l) au même endroit est aussi élevée. Ces résultats indiquent que l'acidité détectée dans la rivière Colombière le 10 août 2003 était accompagnée d'un apport de métaux, du moins de zinc et de cuivre.

Tableau 3 Concentrations ($\mu\text{g/l}$) de cuivre et de zinc dans les échantillons d'eau prélevés aux trois stations échantillonnées lors des campagnes d'échantillonnage des 10 et 11 août et des 14 et 18 août 2003

Métal Station	10 et 11 août	14 et 18 août
Cuivre		
2,3	5	2,2
9,3	13	8,4
Col.	16	1
Zinc		
2,3	16	1,4
9,3	120	110
Col.	320	140

4.2.3 Ions majeurs

Les ions majeurs, comme le sodium, le calcium et les chlorures, sont des constituants naturels de l'eau qui sont peu ou pas toxiques. La conductivité électrique de l'eau est une mesure de sa charge totale en ions.

Dans la rivière Bourlamaque, la conductivité de l'eau augmente légèrement et progressivement de l'amont à l'embouchure de la rivière (figure 12). L'eau de la rivière Colombière et du ruisseau Manitou est généralement plus chargée en ions que l'eau des deux autres tributaires et de la rivière Bourlamaque elle-même.

L'apport du ruisseau Manitou fait monter un peu la conductivité de l'eau de la rivière Bourlamaque à la station 5. Les figures 8 et 13 montrent que cet apport est caractérisé par des concentrations plus élevées de calcium, de magnésium et de sulfates. De même, l'apport de la rivière Colombière semble faire augmenter un peu la conductivité de l'eau de la rivière Bourlamaque à partir de la station 10. Les ions qui se trouvent en concentrations plus élevées dans la rivière Colombière sont le sodium, les chlorures, le calcium, le potassium et les sulfates (figures 8, 12 et 13).

Les sulfates et les chlorures sont les seuls ions majeurs faisant l'objet de critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique. Aucun des échantillons n'a atteint ni même approché le seuil d'effet chronique (230 mg/l) pour les chlorures. Il y a cependant quelques dépassements des seuils dans le cas des sulfates, comme nous l'avons expliqué plus haut. La conductivité et les concentrations d'ions majeurs des échantillons des 14 et 18 août 2003 se situent à l'intérieur des valeurs de 1999 et 2000.

4.2.4 *Matières en suspension et turbidité*

En ce qui a trait aux solides en suspension et à la turbidité, les critères pour la protection de la vie aquatique ne sont pas des valeurs fixes, mais plutôt des hausses maximales de concentration par rapport aux conditions naturelles. Pour les solides en suspension, les seuils d'effet chronique et de toxicité aiguë correspondent respectivement à des hausses de 5 et 25 mg/l. Dans le cas de la turbidité, le seuil d'effet chronique est atteint à la suite d'une hausse de 2 UNT par rapport aux conditions naturelles, et le seuil de toxicité aiguë est atteint à la suite d'une hausse de 8 UNT (MENV, 2001).

Les résultats d'analyse (figure 14) démontrent que la turbidité et les concentrations de solides en suspension aux quatre stations les plus en amont de la rivière Bourlamaque sont faibles et relativement homogènes. La moyenne des médianes de ces quatre stations, soit 5,5 mg/l pour les solides en suspension et 2 UNT pour la turbidité, a donc été retenue comme concentration naturelle. Dans le cas des tributaires, c'est la moyenne des médianes de la rivière Sabourin et du ruisseau sans nom, soit 10,5 mg/l pour les matières en suspension et 3 UNT pour la turbidité, qui a été retenue. En ajoutant à ces valeurs de base les concentrations indiquées au paragraphe précédent, les critères de qualité de l'eau obtenus sont les suivants :

- Rivière Bourlamaque, solides en suspension, effet chronique : 10,5 mg/l
- Rivière Bourlamaque, solides en suspension, toxicité aiguë : 30,5 mg/l
- Rivière Bourlamaque, turbidité, effet chronique : 4 UNT
- Rivière Bourlamaque, turbidité, toxicité aiguë : 10 UNT

- Tributaires, solides en suspension, effet chronique : 15,5 mg/l
- Tributaires, solides en suspension, toxicité aiguë : 35,5 mg/l
- Tributaires, turbidité, effet chronique : 5 UNT
- Tributaires, turbidité, toxicité aiguë : 11 UNT

Les profils de solides en suspension et de turbidité de la figure 14 présentent des analogies avec ceux d'autres paramètres, c'est-à-dire un apport de ces substances dans la rivière Bourlamaque par le ruisseau Manitou. Dans cinq des neuf échantillons du ruisseau Manitou, la turbidité et les solides en suspension se trouvent au-dessus du seuil de toxicité aiguë et, dans deux des quatre autres échantillons, ils sont supérieurs au seuil d'effet chronique. Dans la rivière Bourlamaque, presque tous les échantillons prélevés en amont du ruisseau Manitou ont une turbidité et des concentrations de solides en suspension inférieures au seuil d'effet chronique. À partir de la station 5, les concentrations sont un peu plus élevées et surtout beaucoup plus variables. Elles dépassent alors presque systématiquement le seuil d'effet chronique pour ce qui est de la turbidité et, pour ce paramètre comme pour les solides en suspension, le seuil de toxicité aiguë est plus souvent dépassé.

Les solides en suspension n'ont pas été analysés dans les échantillons d'août 2003. Les résultats pour la turbidité dans les échantillons des 14 et 18 août se situent à l'intérieur des plages de valeurs de 1999 et 2000. Dans les échantillons du 14 août des stations 9,1 et 9,3 dans la rivière Bourlamaque, les turbidités sont respectivement de 13 et de 14 UNT, ce qui dépasse le seuil de toxicité aiguë de 10 UNT pour ce cours d'eau.

4.2.5 Matière organique et oxygène dissous

Pour la DBO₅, le dépassement du seuil d'effet chronique de 3 mg/l dans le ruisseau Manitou ne se traduit pas par des dépassements de seuils dans la rivière Bourlamaque (figure 15). De nombreux résultats pour la DBO₅ sont inférieurs à la limite de détection de 2 mg/l. C'est pourquoi plusieurs points dans le graphique de la figure 15 sont à 1 mg/l, soit la moitié de la limite de détection.

Le critère de qualité de l'eau pour l'oxygène dissous varie en fonction de la température de l'eau. Pour les communautés biologiques d'eau froide, le seuil d'effet chronique varie de 5 mg/l pour les eaux à 25 °C à 8 mg/l pour les eaux à 0 °C. Seulement trois des 147 échantillons d'eau de 1999 et 2000 ont présenté une teneur en oxygène déficiente en comparaison de ces seuils. Même dans ces trois échantillons, la teneur en oxygène dissous n'a jamais été plus faible que 4 mg/l. On peut conclure de ces résultats que la charge en matière organique (DBO₅) et les concentrations résultantes d'oxygène dissous dans la rivière Bourlamaque n'étaient pas problématiques lors de ces échantillonnages.

Les paramètres relatifs à la matière organique et l'oxygène dissous n'ont pas été analysés dans les échantillons des 10 et 11 août. Dans ceux des 14 et 18 août, on constate une hausse de 1 mg/l à 2 mg/l de DBO₅ de la station 6 à la station 7, mais les résultats demeurent en deçà du seuil d'effet chronique de 3 mg/l. Ces valeurs de DBO₅ un peu plus élevées à partir de la station 7 ne semblent pas avoir une influence sur l'oxygène dissous, qui est même un peu plus élevé que dans la partie amont de la rivière (figure 15). Tous les échantillons d'août 2003 ont des concentrations d'oxygène dissous qui respectent le critère de qualité d'eau pour la vie aquatique, qui est de 5 mg/l compte tenu de la température de l'eau de 20 °C à 21 °C au moment de l'échantillonnage.

4.2.6 Nutriments et bactéries

La figure 16 présente les résultats d'analyse pour l'azote total, l'azote ammoniacal et les nitrates et nitrites. Il n'y a pas de critères de qualité de l'eau pour l'azote total, mais il est généralement considéré que 1 mg/l est un seuil au-delà duquel une eau commence à être relativement chargée en cet élément. Or, seulement 15 des 147 échantillons d'eau de 1999 et 2000 ont atteint ou dépassé ce seuil. Ces échantillons proviennent de différentes stations d'échantillonnage, mais il est intéressant de noter qu'ils ont presque tous été récoltés en septembre. Ces teneurs plus élevées en automne s'expliquent par un relargage d'azote résultant de la déliquescence automnale d'une partie du biote aquatique, ainsi que par une assimilation moins importante de cet élément par les végétaux aquatiques.

L'azote ammoniacal peut être toxique lorsque sa concentration dans l'eau est trop élevée. Les critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique en ce qui concerne cette forme azotée varient en fonction du pH et de la température de l'eau (MENV, 2001). Seulement 2 des 147 échantillons ont une teneur en NH₃-NH₄ total dépassant les seuils d'effet chronique. Il s'agit des échantillons de septembre 1999 et de septembre 2000 à la station 3, qui ont respectivement des concentrations de 2,1 et 3,0 mg/l de NH₃-NH₄, alors que le seuil d'effet chronique se situe à environ 1,7 mg/l, compte tenu du pH et de la température de ces

échantillons. Ces concentrations demeurent bien en deçà du seuil de toxicité aiguë, lequel se situe à environ 20 mg/l.

Le seuil d'effet chronique pour les nitrates est à 40 mg/l. Aucun résultat n'approche cette valeur dans la rivière Bourlamaque et ses tributaires, où la somme des nitrates et des nitrites n'a jamais atteint 1 mg/l (figure 16).

L'azote, l'azote ammoniacal et les nitrates et nitrites n'ont pas été analysés dans les échantillons des 10 et 11 août 2003. Pour ces trois formes azotées, les concentrations dans les échantillons des 14 et 18 août 2003 se situent à l'intérieur des valeurs de 1999 et 2000 (figure 16).

Selon les critères de qualité de l'eau du Québec, les cours d'eau se déversant dans un lac, comme la rivière Bourlamaque, ne devraient pas avoir des concentrations de phosphore supérieures à 20 µg/l. Au-delà de cette limite, le cours d'eau peut favoriser l'eutrophisation du milieu lacustre à son aval. De plus, au-delà de 30 µg/l, il peut y avoir eutrophisation du cours d'eau lui-même.

Comme le montre la figure 17, les concentrations de phosphore dans la rivière Bourlamaque et ses tributaires dépassent parfois les seuils de 20 µg/l et 30 µg/l. Cette charge en phosphore n'est peut-être pas vraiment problématique pour les cours d'eau eux-mêmes, puisque le seuil de 30 µg/l n'est dépassé que dans 11 % des échantillons. Par contre, 27 % des échantillons atteignent ou dépassent 20 mg/l et c'est le cas de la moitié des échantillons qui ont été prélevés à l'embouchure de la rivière, près du lac Blouin.

Le critère de qualité de l'eau en ce qui a trait à la pollution bactérienne vise la protection des activités récréatives. La limite pour les eaux de baignade est fixée à 200 UFC/100 ml. Comme le montre la figure 17, la grande majorité des échantillons d'eau de la rivière Bourlamaque et des quatre tributaires à l'étude respectent cette limite, et il en est de même pour les échantillons des 14 et 18 août 2003.

4.2.7 Autres paramètres de qualité de l'eau

Les résultats pour l'arsenic présentent un profil analogue à celui d'autres métaux : des concentrations plus élevées dans le ruisseau Manitou entraînent une légère hausse des teneurs dans la rivière Bourlamaque (figure 18). Cependant, les seuils de toxicité aiguë et d'effet chronique, qui sont respectivement de 69 et de 340 µg/l, n'ont jamais été atteints. Les concentrations d'arsenic dans les échantillons prélevés les 14 et 18 août 2003 ne sont pas plus élevées que dans les échantillons de 1999 et 2000.

Trois paramètres, soit les tanins, les composés phénoliques et les acides gras et résineux, ont été analysés dans un certain nombre d'échantillons pour vérifier s'il y avait un relargage de ces produits par le parc de résidus miniers East Sullivan. Ce site contient des résidus miniers générateurs d'acide et il a fait l'objet d'une restauration à l'aide de résidus forestiers et de boues de la station d'épuration des eaux usées de Val-d'Or. Cette combinaison d'acide et de résidus organiques pouvait faire craindre une mise en solution et un relargage de contaminants organiques.

Comme le montre la figure 18, les concentrations de tanins et de composés phénoliques dans la rivière Bourlamaque ne sont pas plus élevées en aval (stations 4 à 12) qu'en amont (station 2) du parc de résidus East Sullivan. De plus, les concentrations de ces substances dans les échantillons de 2003 ne sont pas plus élevées qu'en 1999 et en 2000.

Pour ce qui est des acides résineux, les résultats sont inférieurs aux seuils de détection dans tous les échantillons. Ces seuils varient de 2 µg/l à 7 µg/l pour les différents acides analysés. Quelques acides gras ont été détectés dans certains échantillons, mais ces résultats ne sont pas reproduits dans des graphiques, car il est possible qu'ils soient dus à une contamination des bouteilles d'échantillonnage. En effet, les concentrations dans les échantillons qui se sont avérés positifs diffèrent peu de ce qui a été détecté dans des blancs de transport. De toute façon, il n'y a pas, pour ces substances non plus, de différence entre les concentrations mesurées en amont et en aval du parc de résidus East Sullivan.

Finalement, il faut signaler que tous les échantillons de 1999 ont été analysés pour détecter les cyanures totaux. Tous les résultats sont sous la limite de détection de 3 µg/l, alors que le seuil d'effet chronique pour ce produit est de 5 µg/l.

5. CONCLUSION ET SOMMAIRE RÉCAPITULATIF

a) La mortalité de poissons du 8 août 2003 dans la rivière Bourlamaque a été causée par un apport massif de métaux, possiblement accompagnés d'acide et de matières en suspension. Les contaminants en cause proviennent, selon toute vraisemblance, des résidus miniers présents en très grandes quantités dans le bassin de la rivière Bourlamaque.

Les concentrations très élevées d'aluminium, de fer, de cuivre et de zinc dans les branchies des poissons morts le 8 août 2003 démontrent hors de tout doute que ces poissons ont été exposés à une eau très chargée en métaux. L'origine exacte des métaux trouvés dans les branchies des poissons morts ne peut pas être déterminée avec certitude, car ces substances sont omniprésentes dans les résidus miniers que l'on trouve à maints endroits dans le bassin versant de la rivière Bourlamaque, ainsi que dans le lit et sur les berges de la rivière elle-même.

Une séquence particulière d'inondation et d'assèchement des résidus miniers durant les semaines qui ont précédé le 8 août 2003 pourrait avoir favorisé leur oxydation, les rendant ainsi plus friables et, par conséquent, plus sujets à érosion lors d'une hausse soudaine de débits consécutive à de fortes pluies. Une telle séquence d'épisodes météorologiques et hydrologiques est susceptible de se produire à nouveau. On peut donc s'attendre à ce que d'autres mortalités de poissons se produisent dans la rivière Bourlamaque, et ce, tant et aussi longtemps qu'elle ne fera pas l'objet de travaux de restauration.

b) La rivière Bourlamaque est lourdement et chroniquement touchée par les résidus miniers acides, notamment ceux du parc de résidus Manitou. Les concentrations de métaux dans ce cours d'eau sont trop élevées.

La partie amont de la rivière Bourlamaque, du lac Marmette au ruisseau Manitou, est relativement en bon état. Cependant, même dans ce tronçon il y a des signes d'acidification et de pollution métallique : des pH qui sont parfois inférieurs à 5,0 en amont du lac Bourlamaque et des concentrations de cuivre et de zinc qui dépassent les seuils de toxicité aiguë des critères de protection de la vie aquatique à la station d'échantillonnage située en aval immédiat des sites miniers East Sullivan et Orenada.

C'est un peu plus loin en aval, là où elle reçoit les eaux du ruisseau Manitou, que la rivière Bourlamaque subit un impact majeur. Ce ruisseau, qui provient du parc de résidus du même nom, contient de grandes quantités de résidus miniers non confinés; il est acide (pH de 3,2) et très chargé en métaux. Le ruisseau Manitou fait chuter le pH de la rivière Bourlamaque à seulement 4,0 et fait augmenter les concentrations de métaux à des niveaux très élevés : des teneurs en cuivre et en zinc jusqu'à 135 fois plus élevées que les seuils de toxicité aiguë des critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique.

Cette pollution acide et métallique empêche la vie aquatique de se développer normalement dans la rivière Bourlamaque. Aucun poisson n'a été capturé aux deux stations d'échantillonnage situées entre l'embouchure du ruisseau Manitou et la route 117 (Richard, à venir).

Le choc du ruisseau Manitou sur la rivière Bourlamaque s'estompe plus loin vers l'aval. À la station d'échantillonnage située à environ 4 km en aval de la route 117, la valeur médiane du pH est revenue à 6,1, les concentrations de métaux ont baissé et les pêches expérimentales révèlent la présence de poissons. Cependant, la rivière Bourlamaque ne récupère pas vraiment : les concentrations de cuivre et de zinc demeurent, jusqu'au lac Blouin, plus élevées que les seuils de toxicité aiguë des critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique. De plus, les concentrations de cadmium dépassent le seuil d'effet chronique et les teneurs en plomb excèdent occasionnellement les seuils de toxicité aiguë et d'effet chronique.

Ces dépassements des critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique signifient que les concentrations de métaux dans la rivière Bourlamaque sont trop élevées. Ces concentrations élevées constituent une menace pour la vie aquatique, non seulement dans le secteur du ruisseau Manitou, mais jusqu'à l'embouchure de la rivière Bourlamaque.

c) L'état des tributaires de la rivière Bourlamaque dépend lui aussi de leur exposition aux résidus miniers : la rivière Sabourin et le ruisseau qui draine une partie de l'aéroport de Val-d'Or sont en bon état, le ruisseau Manitou est très dégradé et la rivière Colombière est parcourue par des contaminations épisodiques.

Les échantillons d'eau provenant de la rivière Sabourin et du ruisseau sans nom qui draine une partie de l'aéroport de Val-d'Or présentent très peu de dépassements des critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique. Il en va tout autrement du ruisseau Manitou, qui est

dans un état de dégradation grave et chronique. Ce ruisseau est exposé au parc de résidus Manitou; son lit et ses berges sont couverts de résidus miniers non confinés.

Les concentrations de cuivre et de zinc dans la rivière Colombière sont plus élevées que dans la rivière Sabourin, sans être aussi extrêmes que dans le ruisseau Manitou. Ces concentrations dépassent souvent, et parfois de beaucoup, les seuils de toxicité aiguë des critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique. Cette rivière semble touchée de façon épisodique par des vagues de contamination acide et métallique en provenance du site minier Manitou, acheminées par le ruisseau sans nom qui draine ce site vers le nord.

d) Les données de qualité de l'eau ne mettent pas en évidence un relargage de contaminants organiques par le site restauré de East Sullivan.

Les concentrations de composés phénoliques, d'acides résiniques et de tanins dans la rivière Bourlamaque ne sont pas plus élevées en aval qu'en amont du parc de résidus East Sullivan. On en conclut que ce parc de résidus, qui a été restauré à l'aide de résidus forestiers et de boues provenant de la station d'épuration des eaux usées de Val-d'Or, ne perd pas de quantités significatives de ces substances.

e) Les données de qualité de l'eau portent à croire que la rivière Bourlamaque serait en bon état si ce n'était de l'impact des résidus miniers.

Pour les paramètres de qualité de l'eau autres que le pH, les métaux, les solides en suspension et la turbidité, il y a relativement peu de dépassements des critères de qualité de l'eau dans la rivière Bourlamaque. On peut en conclure que cette rivière pourrait abriter une faune et une flore équilibrées et soutenir les usages normaux du milieu aquatique si on arrivait à la protéger du drainage minier acide et si on parvenait à restaurer ses parties dégradées par des résidus miniers.

6. BIBLIOGRAPHIE

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

DUPONT, J., 2003. Communication personnelle, ministère de l'Environnement, Direction du suivi de l'état de l'environnement.

HAMEL, J. P., 2003. *Mortalité des poissons de la rivière Bourlamaque en Abitibi-Témiscamingue, août 2003*, Société de la faune et des parcs du Québec, Direction de l'aménagement de la faune, Rouyn-Noranda, 27 p.

HÉBERT, S. et S. Légaré, 2000. *Suivi de la qualité des rivières et petits cours d'eau*, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère de l'Environnement, Environdoq n° ENV-2001-0141, rapport n° QE-123, 24 p.

MENV, 2001. *Critères de qualité de l'eau de surface au Québec*, ministère de l'Environnement, Direction du suivi de l'état de l'environnement, Québec, 430 p., [www.menv.gouv.qc.ca].

MEYER, F. P. et L. A. BARCLAY, 1990. *Field Manual for the Investigation of Fish Kills*, United States Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, Resource Publication 177, 124 p.

RICHARD, Y., à venir. *Rapport sur l'état des communautés benthiques et piscicoles de la rivière Bourlamaque*, ministère de l'Environnement, Direction du suivi de l'état de l'environnement, Québec.

Annexe 1 Prétraitement des échantillons, méthodes d'analyse et seuils de détection pour les paramètres conventionnels de la qualité de l'eau

PARAMÈTRE	PRÉTRAITEMENT	MÉTHODE D'ANALYSE	SEUIL DE DÉTECTION
<u>IONS MAJEURS</u>			
Calcium ⁹ , magnésium ⁹ , potassium ⁹ et sodium ⁹	Acidification sur le terrain, dans un délai de 8 heures ¹ , avec 0,5 ml/125 ml d'acide nitrique 8 N et conservation à 4 °C. Délai d'expédition de 24 à 72 heures.	Dosage par spectrométrie d'émission au plasma d'argon.	0,1 mg/l de Ca sauf Mg, 0,4 mg/l
Alcalinité ⁷	Expédition au laboratoire à 4 °C dans un délai de 24 à 72 heures. Temps limite pour l'analyse : 14 jours.	Titration avec de l'acide nitrique.	0,1 mg/l ou 1 mg/l de CaCO ₃ selon la conductivité
Sulfates ⁷	Expédition au laboratoire à 4 °C dans un délai de 24 à 72 heures. Temps limite pour l'analyse : 7 jours (depuis le 1 ^{er} janvier 1982).	Dosage colorimétrique automatisé.	0,5 mg/l de SO ₄
Chlorures ⁷	Expédition au laboratoire à 4 °C dans un délai de 24 à 72 heures. Temps limite pour l'analyse : 28 jours (depuis le 1 ^{er} janvier 1982).	Titration avec du nitrate de mercure.	0,1 mg/l ou 1 mg/l de Cl selon la conductivité
Fluorures ²	Expédition au laboratoire à 4 °C dans un délai de 24 à 72 heures. Temps limite pour l'analyse : 28 jours (depuis juillet 1986).	Séparation par distillation en milieu acide. Le distillat est mélangé avec une solution d'alizarine et de lanthane pour former un complexe bleu.	0,04 mg/l de F
<u>SUBSTANCES NUTRITIVES</u>			
Azote ammoniacal ²	Expédition au laboratoire à 4 °C dans un délai de 24 à 72 heures, puis filtration sur membrane GF/C 1,2 µm. Temps limite pour l'analyse : 28 jours (depuis juillet 1986).	Dosage colorimétrique automatisé utilisant la réaction de Berthelot.	0,02 mg/l de N
Azote Kjeldahl ⁴ (azote organique + azote ammoniacal)	Expédition au laboratoire à 4 °C dans un délai de 24 à 72 heures, puis filtration sur membrane GF/C 1,2 µm. Conservation de l'échantillon avec de l'acide sulfurique à pH 2. Temps limite pour l'analyse : 28 jours.	Dosage colorimétrique automatisé.	0,02 mg/l de N
Azote total ⁷	Expédition au laboratoire à 4 °C dans un délai de 24 à 72 heures, puis filtration sur membrane GF/C 1,2 µm. Le filtrat est acidifié avec 0,5 ml/125 ml d'acide sulfurique 8 N. Temps limite pour l'analyse : 28 jours.	Dosage colorimétrique automatisé.	0,02 mg/l de N
Nitrites et nitrates ⁴	Expédition au laboratoire à 4 °C dans un délai de 24 à 72 heures, puis filtration sur membrane GF/C 1,2 µm. Temps limite pour l'analyse : 28 jours.	Dosage colorimétrique automatisé.	0,02 mg/l de N
Carbone organique dissous ⁸	Expédition au laboratoire à 4 °C dans un délai de 24 à 72 heures. Temps limite pour l'analyse : 48 heures.	Prétraitement pour l'élimination du carbone inorganique présent dans l'échantillon. Irradiation à l'aide de rayons ultraviolets. Quantification à l'aide de solutions étalons de carbone organique, mesure de la concentration de carbone organique dissous par conductivité électrique.	0,02 mg/l de C
Phosphore dissous ⁷	Expédition au laboratoire à 4 °C dans un délai de 24 à 72 heures, puis filtration sur membrane GF/C 1,2 µm. Le filtrat est acidifié avec 0,5 ml/125 ml d'acide sulfurique 8 N.	Dosage colorimétrique automatisé.	0,01 mg/l de P

Annexe 1 Prétraitement des échantillons, méthodes d'analyse et seuils de détection pour les paramètres conventionnels de la qualité de l'eau (suite)

PARAMÈTRE	PRÉTRAITEMENT	MÉTHODE D'ANALYSE	SEUIL DE DÉTECTION
Phosphore en suspension ²	Expédition au laboratoire à 4 °C dans un délai de 24 à 72 heures, puis filtration sur membrane GF/C 1,2 µm préalablement traitée à 550 °C. Pyrolyse du filtrat à 550 °C pendant une heure. Acidification 12 ml de HCl 0,16 N dans chaque fiole, chauffage à 105 °C pendant deux heures pour solubiliser les orthophosphates formés lors de la pyrolyse.	Dosage colorimétrique automatisé.	0,001 mg/l de P
<u>PARAMÈTRES PHYSIQUES</u>			
pH ²	Expédition au laboratoire à 4 °C dans un délai de 24 à 72 heures. Temps limite pour l'analyse : 5 jours.	Mesure par électrométrie à l'aide d'une électrode de verre combinée.	
Conductivité ²	Expédition au laboratoire à 4 °C dans un délai de 24 à 72 heures. Temps limite pour l'analyse : 28 jours.	Mesure à l'aide d'un conductivimètre et d'une électrode. La température de l'échantillon est maintenue à 25 °C.	0,5 µs/cm
Turbidité ²	Expédition au laboratoire à 4 °C dans un délai de 24 à 72 heures. Temps limite pour l'analyse : 48 heures (depuis le 1 ^{er} janvier 1982).	Mesure par néphélométrie.	0,2 UTN
Matières en suspension ²	Expédition au laboratoire à 4 °C dans un délai de 24 à 72 heures. Temps limite pour l'analyse : 7 jours (depuis le 1 ^{er} janvier 1982).	Mesure par gravimétrie : quantité de matières en suspension retenue sur une membrane de fibre de verre 1,2 µm après filtration et séchage à 105 °C.	2 mg/l
Couleur vraie ⁴	Expédition au laboratoire à 4 °C dans un délai de 24 à 72 heures, puis centrifugation. Temps limite pour l'analyse : 48 heures.	Dosage colorimétrique automatisé en ne modifiant pas le pH. Longueur d'onde de 400 nm.	1 unité Hazen
Oxygène dissous	Mesure prise sur le terrain.	Mesuré à l'aide d'un oxymètre.	0,1 mg/l de O ₂
Température	Mesure prise sur le terrain.	Mesurée à l'aide d'un thermomètre de poche à l'alcool, en °C.	
<u>PARAMÈTRES BIOLOGIQUES</u>			
Coliformes fécaux ³	Expédition au laboratoire à 4 °C dans un délai de 24 à 72 heures. Temps limite pour l'analyse : 48 heures.	Décompte des colonies de coliformes fécaux à la surface d'une membrane filtrante stérile. Le filtre a une porosité de 0,45 µm. La période d'incubation est de 24 heures (± 2 heures) à 44,5 °C (± 0,2 °C) sur un milieu de culture sélectif M-FC.	
DBO ₅ ³	Expédition au laboratoire à 4 °C dans un délai de 24 à 48 heures. Temps limite pour l'analyse : 24 à 48 heures (depuis le 1 ^{er} janvier 1982).	Détermination par différence des concentrations en oxygène dissous dans l'échantillon ou par une dilution appropriée avant et après une période d'incubation de 5 jours à 20 °C. Mesure des concentrations à l'aide d'un appareil utilisant des électrodes sélectives.	De 0,2 mg/l à 1 mg/l de O ₂ (selon la quantité de bactéries ajoutées).

Annexe 1 Prétraitement des échantillons, méthodes d'analyse et seuils de détection pour les paramètres conventionnels de la qualité de l'eau (suite)

PARAMÈTRE	PRÉTRAITEMENT	MÉTHODE D'ANALYSE	SEUIL DE DÉTECTION
Chlorophylle <i>a</i> ^{5,6}	Expédition au laboratoire à 4 °C dans un délai de 24 à 72 heures, puis filtration sur membrane millipore 0,8 µm. L'échantillon est ensuite placé au congélateur, et l'analyse peut être faite plusieurs semaines plus tard.	Filtration des algues en suspension sur une membrane filtrante millipore de 0,8 micron, dosage des pigments photosynthétiques par spectrophotométrie de fluorescence (lumière bleue à 430 NM et réémission en fluorescence mesurée à 663 NM).	0,01 mg/m ³

¹ Lorsque l'échantillon est prélevé par un observateur, l'acidification se fait lors de la réception au laboratoire, dans un délai de 24 heures.

² *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 15 th Ed., 1980. APHA, AWWA, WPCF, Washington D.C.

³ *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 14 th Ed., 1975. APHA, AWWA, WPCF, Washington, D.C.

⁴ Technicon Industrial Systems. A division of Technicon Instruments Corporation, Tarrytown, N.Y. 10591.

⁵ STRICKLAND, J. D. H. et T. R. Parsons, 1972. *A Practical Handbook of Seawater Analysis*, Fisheries Research Board, Ottawa, Canada, p. 201.

⁶ STANTON, M. P., M. J. Capel et F. A. J. Armstrong, 1974. *The Chemical Analysis of Freshwater Directorate 1974*, Fisheries and Marine Service Research and Development, Environnement Canada, p. 105.

⁷ Ministère de l'Environnement du Québec, Direction des laboratoires, 2700 Einstein, Sainte-Foy, Québec.

⁸ Technicon, 1977. *Total Dissolved Organic Carbon; Industrial Method # 451-76W*, Décembre 1976.

⁹ Jarrel-Ash Division Fisher Scientific Company, *Operator's Manual*, Waltham, Mass. 02254, Décembre 1982.

Annexe 2 Protocole pour le prélèvement d'échantillons d'eau destinés à l'analyse des métaux totaux par ICP sur la rivière Bourlamaque à l'été 2000

Matériel requis pour une tournée d'échantillonnage

- 17 ensembles de bouteilles, chaque ensemble comprenant : 1 bouteille décontaminée de 125 ml, en polyéthylène, à goulot étroit, contenant l'agent de conservation et étiquetée « métaux »; 1 bouteille décontaminée de 125 ml, en polyéthylène, à large goulot. Ces deux bouteilles sont rangées dans un petit sac de type *Ziplock* de polyéthylène, lui-même placé dans un autre sac du même type, mais d'un plus grand format.
 - 1 ensemble de bouteilles identique à l'ensemble décrit au point précédent, mais dont la bouteille de prélèvement contient déjà de l'eau pure, pour le blanc de terrain décrit plus loin.
 - 1 bouteille d'eau acidifiée, dans deux sacs de type *Ziplock*, pour le blanc de transport décrit plus loin.
 - 1 grand plat de plastique rectangulaire avec couvercle.
 - 1 boîte de gants de polyéthylène, rangée dans un sac de plastique.
 - 1 crayon feutre à encre indélébile.
- Formulaires « Demande d'analyse ».

Procédure pour l'échantillonnage

Une fois revenu au camion, étiqueter un ensemble de bouteilles en inscrivant le numéro de station et la date de prélèvement sur le sac extérieur. Mettre cet ensemble dans le plat de plastique, avec la boîte de gants dans son sac de plastique. Refermer le plat de plastique et se rendre au cours d'eau.

Trouver un endroit plat pour déposer le plat de plastique, l'ouvrir, ouvrir le sac extérieur et déposer l'ensemble de sacs dans le plat.

Enfiler des gants de polyéthylène en touchant le moins possible à mains nues leurs faces externes.

Sortir le sac intérieur et déposer le sac extérieur dans le plat. Ouvrir le sac intérieur et en retirer la bouteille de prélèvement (à goulot large). Plier en deux le sac intérieur contenant encore l'autre bouteille, pour en fermer l'ouverture et le mettre dans le sac extérieur, puis dans le plat. Aller dans la rivière.

Desserrer légèrement, si nécessaire, le bouchon de la bouteille de prélèvement. Face au courant et en évitant de capter les sédiments soulevés du fond du cours d'eau, plonger la bouteille à au moins 10 cm sous la surface. Ouvrir la bouteille pour qu'elle se remplisse d'eau au complet, puis la refermer sous la surface.

Une fois revenu au bord, déposer la bouteille de prélèvement dans le bac de plastique et en desserrer le bouchon. Dévisser le bouchon de l'autre bouteille en manipulant par l'extérieur du

sac, puis garder le bouchon entre ses doigts, mais toujours à l'intérieur du sac. Déposer la bouteille dans le sac de façon à ce que cette dernière soit debout dans le sac dont on maintient l'ouverture vers le côté plutôt que vers le haut. En tenant les deux bouteilles dans chaque main, retirer le bouchon de la bouteille de prélèvement le plus près possible de l'ouverture du sac, y entrer la bouteille et verser son contenu dans l'autre bouteille, laquelle se trouve toujours dans le sac. Remplir jusqu'à l'étranglement en évitant tout débordement. Déposer la bouteille de prélèvement et son bouchon dans le bac de plastique. Visser fermement le bouchon de l'autre bouteille en manipulant par l'extérieur du sac.

Fermer le sac intérieur, ranger ce sac fermé dans l'autre sac et ajouter la bouteille de prélèvement et son bouchon. Remettre l'ensemble dans le plat de plastique et refermer ce dernier. Retirer les gants si désiré, procéder aux prélèvements pour les autres paramètres et remplir la fiche « Demande d'analyse ».

De retour au camion, ranger le sac de bouteilles au froid dans la glacière, avec les autres bouteilles.

Témoins

Chaque tournée comprend l'échantillonnage de 16 stations, dont une en double, en plus d'un blanc de terrain et d'un blanc de transport. Il faut inscrire sur ces trois témoins la date d'échantillonnage et le numéro de station fictive indiqué au tableau 1.

Le blanc de terrain comprend un ensemble de bouteilles identique à l'ensemble utilisé pour l'échantillonnage, sauf que la bouteille de prélèvement est déjà remplie d'eau purifiée du laboratoire. Il s'agit de transvider cette eau dans la bouteille acidifiée à petit goulot, de la même façon qu'on le fait pour les échantillons d'eau de rivière. Cela doit se faire en bordure de la rivière et non au camion. Pour le blanc de transport, la bouteille acidifiée à petit goulot est déjà remplie d'eau pure. Il s'agit simplement de lui faire suivre le même circuit que les autres bouteilles, sans l'ouvrir, et d'inscrire les renseignements requis sur le sac. Comme les échantillons, les blancs doivent être conservés au froid.

L'échantillonnage en double signifie simplement qu'une station est échantillonnée à deux reprises. Les stations où se feront les échantillonnages en double et les blancs de terrain sont les suivantes et leurs numéros doivent être inscrits sur le formulaire « Demande d'analyse » :

Tournée du 12 au 16 juin : station 8
Tournée du 17 au 21 juillet : station 10
Tournée du 14 au 18 août : station 15
Tournée du 11 au 15 septembre : station 12
Tournée du 16 au 20 octobre : station 8

David Berryman
17 mai 2000

NO. DE PATHOLOGIE : 03-6361

DATE : 13 août 2003

SOU MIS PAR : FAPAQ Rouyn–Noranda (à compléter)

ANAMNÈSE : A compléter

EXAMEN MACROSCOPIQUE :

Plusieurs lots de poissons provenant d'une rivière où s'est déroulé un épisode de mortalité massive furent soumis pour nécropsie. L'état de conservation des spécimens était très mauvais.

ID du lot	Espèce	Poids (g ou kg)	Longueur (cm)	Observations
Filets de poisson frais	Indéterminé	375.0 g (poids total)		Voir plus bas (1)
Brochets peu décomposés	Grand brochet (<i>Esox lucius</i>)			
	No. 1	1.3 kg	52.0 (nez à encoche)	Voir plus bas (2)
	No. 2	2.7 kg	70.0	
Dorés peu décomposés	Doré jaune (<i>Stizostedion vitreum</i>)			
	No. 1	2.1 kg	53.0	Voir plus bas (3)
	No. 2	1.2 kg	44.0	
	No. 3	0.9 kg	41.0	
Doré moribond Perchaudes	Doré jaune (<i>Stizostedion vitreum</i>)	0.5 kg	34.0	Voir plus bas (4)
	Perchaude (<i>Perca flavescens</i>)			
	No. 1	91.0 g	20.0	Voir plus bas (5)
	No. 2	53.0 g	18.5	
	No. 3	28.0 g	15.5	
	No. 4	5.0 g	8.5	
	Spp.			
Barbottes	No. 1	31.0 g	14.0	Voir plus bas (6)
	No. 2	28.0 g	13.5	
	No. 3	9.0 g	9.5	
	No. 4	6.0 g	8.0	
	No. 5	4.0 g	6.5	
	No. 6	3.0 g	7.0	
Lot mélangé 1	Doré jaune (<i>Stizostedion vitreum</i>)			
	No. 1	0.7 g	43.0	Voir plus bas (7)
	No. 2	0.6 g	41.0	
	No. 3	0.8 g	45.5	
	No. 4	1.6 kg	54.5	
Lot mélangé 2	Meunier (<i>Catostomus spp.</i>)	0.6 kg	35.5	
	Perchaude (<i>Perca flavescens</i>)	23.0 g	12.5	Voir plus bas (8)

1. Une quinzaine de filets de petite taille furent soumis. Les filets mesuraient en moyenne 6.0 cm de longueur. Aucun changement significatif à signaler.

2. Ces deux poissons présentaient des changements morphologiques similaires. Les carcasses étaient nauséabondes. Les globes oculaires étaient aplatis. Les muscles squelettiques étaient liquéfiés. Les organes internes étaient friables, décolorés, emphysémateux, léquifiés et/ou non reconnaissables. L'estomac était vide. Les branchies, qui étaient souvent recouvertes de petits amas d'asticots, avaient une teinte grisâtre à brunâtre diffuse ainsi que des zones multifocales à focalement extensives de décoloration noirâtre parfois légèrement surélevées (matériel adhérent?).

3. Ces trois poissons présentaient des changements morphologiques similaires à ceux décrits pour les brochets (voir 2 ci-haut). La décoloration noirâtre des branchies semblait plus prononcée pour ces individus. La peau de la région de l'opercule et du dos présentait également quelques foyers à distribution multifocale de décoloration noirâtre. La cavité buccale de l'individu no. 1 contenait une quantité importante de sédiments noirâtres.

4. Ce poisson présentait des changements morphologiques similaires à ceux décrits pour les brochets (voir 2 ci-haut). Il fut impossible de déterminer le sexe de ce poisson. Des zones de décoloration noirâtre furent également observées sur les blanchies. On observa également dans la région cardiaque (présomé/oreillettes?/autolyse sévère nuit à l'interprétation macroscopique) un amas de petits nodules bien délimités, de teinte blanchâtre et mesurant moins de 2.0 mm de diamètre (suggère des granulomes parasitaires).

5. Ces poissons étaient très décomposés et présentaient des changements morphologiques similaires à ceux décrits pour les brochets (voir 2 ci-haut). On observa également des zones multifocales de décoloration noirâtre sur les branchies de ces perchaudes.

6. IDEM aux perchaudes (voir 5 ci-haut). Les zones de décoloration noirâtre semblaient moins nombreuses.

7. Ces poissons étaient très décomposés et présentaient des changements morphologiques similaires à ceux décrits pour les brochets (voir 2 ci-haut). On observa également des zones multifocales de décoloration noirâtre sur les branchies de ces poissons.

8. Un lot contenait huit poissons sévèrement décomposés d'espèces variées. Les carcasses étaient ouvertes et nauséabondes, les organes étaient extériorisés et les yeux absents. Aucun spécimen provenant de ces poissons ne fut conservé.

HISTOPATHOLOGIE: En attente

DIAGNOSTIC MORPHOLOGIQUE : Ouvert

INTERPRETATION ET COMMENTAIRES :

L'état de conservation des spécimens soumis laissait à désirer et nuira aux analyses subséquentes. Le seul changement morphologique observé chez la plupart des individus était la présence de zones de décoloration noirâtre sur les branchies. La mortalité soudaine d'un nombre important de poissons d'espèces variées dans ce cours d'eau suggère un problème d'ordre environnemental (qualité de l'eau inadéquate, déversement d'un produit chimique). Nous procéderons à l'évaluation histomorphologique de quelques spécimens de branchies mais leur état de conservation nuira à celle-ci. Nous avons également conservé des spécimens de branchies pour analyse éventuelle des niveaux de contaminants dans ces tissus. Aucun autre tissu ne fut conservé à cette fin puisqu'il était la plupart de temps impossible de reconnaître le foie ou les reins dans les carcasses. Il sera donc très intéressant de voir ce que donneront les analyses effectuées sur des échantillons d'eau provenant de la rivière Bourlamaque. N'hésitez pas à communiquer avec nous si vous avez des questions supplémentaires concernant ce rapport.

Pathologistes : André D. Dallaire, DVM, Dipl. ACVP

Annexe 4 Résultats de l'analyse des métaux dans les branchies de poissons morts le 8 août 2003 et dans les branchies de poissons témoins

N° de laboratoire	Poisson	Métal	Concentration (mg/kg)
42863	Perchaude, témoin, station 2,7	Al	22
42864	Perchaude, témoin, station 9,3	Al	6,3
42865	Perchaude, témoin, station 9,7	Al	8,0
42866	Perchaude, témoin, station 10,5	Al	21
42867	Perchaude, témoin, station 11,5	Al	14
42868	Perchaude, témoin, station 20	Al	4,9
44300	Brochets, mortalité	Al	160
44301	Dorés, mortalité	Al	1 300
44302	Dorés, mortalité	Al	160
44303	Perchaudes mortalité	Al	480
44304	Barbottes mortalité	Al	310
42863	Perchaude, témoin, station 2,7	As	1,2
42864	Perchaude, témoin, station 9,3	As	1,2
42865	Perchaude, témoin, station 9,7	As	2,6
42866	Perchaude, témoin, station 10,5	As	1,5
42867	Perchaude, témoin, station 11,5	As	1,5
42868	Perchaude, témoin, station 20	As	1,2
44300	Brochets, mortalité	As	3,1
44301	Dorés, mortalité	As	12
44302	Dorés, mortalité	As	2,5
44303	Perchaudes mortalité	As	1,9
44304	Barbottes mortalité	As	2,1
42863	Perchaude, témoin, station 2,7	Cd	< 0,05
42864	Perchaude, témoin, station 9,3	Cd	0,1
42865	Perchaude, témoin, station 9,7	Cd	0,1
42866	Perchaude, témoin, station 10,5	Cd	< 0,05
42867	Perchaude, témoin, station 11,5	Cd	0,14
42868	Perchaude, témoin, station 20	Cd	< 0,05
42863	Perchaude, témoin, station 2,7	Cu	0,94
42864	Perchaude, témoin, station 9,3	Cu	1,1
42865	Perchaude, témoin, station 9,7	Cu	1,2
42866	Perchaude, témoin, station 10,5	Cu	1,1
42867	Perchaude, témoin, station 11,5	Cu	0,98
42868	Perchaude, témoin, station 20	Cu	0,65
44300	Brochets, mortalité	Cu	5,7
44301	Dorés, mortalité	Cu	21
44302	Dorés, mortalité	Cu	4,3
44303	Perchaudes mortalité	Cu	14
44304	Barbottes mortalité	Cu	7,4
42863	Perchaude, témoin, station 2,7	Fe	78
42864	Perchaude, témoin, station 9,3	Fe	70
42865	Perchaude, témoin, station 9,7	Fe	83
42866	Perchaude, témoin, station 10,5	Fe	74
42867	Perchaude, témoin, station 11,5	Fe	66
42868	Perchaude, témoin, station 20	Fe	33
44300	Brochets, mortalité	Fe	550
44301	Dorés, mortalité	Fe	5 400
44302	Dorés, mortalité	Fe	670
44303	Perchaudes mortalité	Fe	2 300
44304	Barbottes mortalité	Fe	1 500

Annexe 4 Résultats de l'analyse des métaux dans les branchies de poissons morts le 8 août 2003 et dans les branchies de poissons témoins (suite)

N° de laboratoire	Poisson	Métal	Concentration (mg/kg)
42863	Perchaude, témoin, station 2,7	Mn	14
42864	Perchaude, témoin, station 9,3	Mn	11
42865	Perchaude, témoin, station 9,7	Mn	12
42866	Perchaude, témoin, station 10,5	Mn	16
42867	Perchaude, témoin, station 11,5	Mn	17
42868	Perchaude, témoin, station 20	Mn	13
44300	Brochets, mortalité	Mn	21
44301	Dorés, mortalité	Mn	34
44302	Dorés, mortalité	Mn	19
44303	Perchaudes mortalité	Mn	9,7
44304	Barbottes mortalité	Mn	21
42863	Perchaude, témoin, station 2,7	Ni	< 0,2
42864	Perchaude, témoin, station 9,3	Ni	< 0,2
42865	Perchaude, témoin, station 9,7	Ni	< 0,2
42866	Perchaude, témoin, station 10,5	Ni	< 0,2
42867	Perchaude, témoin, station 11,5	Ni	< 0,2
42868	Perchaude, témoin, station 20	Ni	0,7
44300	Brochets, mortalité	Ni	0,3
44301	Dorés, mortalité	Ni	2,7
44302	Dorés, mortalité	Ni	0,3
44303	Perchaudes mortalité	Ni	0,8
44304	Barbottes mortalité	Ni	0,6
42863	Perchaude, témoin, station 2,7	Pb	0,82
42864	Perchaude, témoin, station 9,3	Pb	0,63
42865	Perchaude, témoin, station 9,7	Pb	1,6
42866	Perchaude, témoin, station 10,5	Pb	9
42867	Perchaude, témoin, station 11,5	Pb	0,41
42868	Perchaude, témoin, station 20	Pb	0,16
44300	Brochets, mortalité	Pb	2,1
44301	Dorés, mortalité	Pb	13
44302	Dorés, mortalité	Pb	2,2
44303	Perchaudes mortalité	Pb	6
44304	Barbottes mortalité	Pb	3,6
42863	Perchaude, témoin, station 2,7	Se	0,34
42864	Perchaude, témoin, station 9,3	Se	0,88
42865	Perchaude, témoin, station 9,7	Se	4,9
42866	Perchaude, témoin, station 10,5	Se	1,2
42867	Perchaude, témoin, station 11,5	Se	0,93
42868	Perchaude, témoin, station 20	Se	0,24
42863	Perchaude, témoin, station 2,7	Zn	20
42864	Perchaude, témoin, station 9,3	Zn	24
42865	Perchaude, témoin, station 9,7	Zn	33
42866	Perchaude, témoin, station 10,5	Zn	28
42867	Perchaude, témoin, station 11,5	Zn	32
42868	Perchaude, témoin, station 20	Zn	19
44300	Brochets, mortalité	Zn	250
44301	Dorés, mortalité	Zn	88
44302	Dorés, mortalité	Zn	50
44303	Perchaudes mortalité	Zn	51
44304	Barbottes mortalité	Zn	53