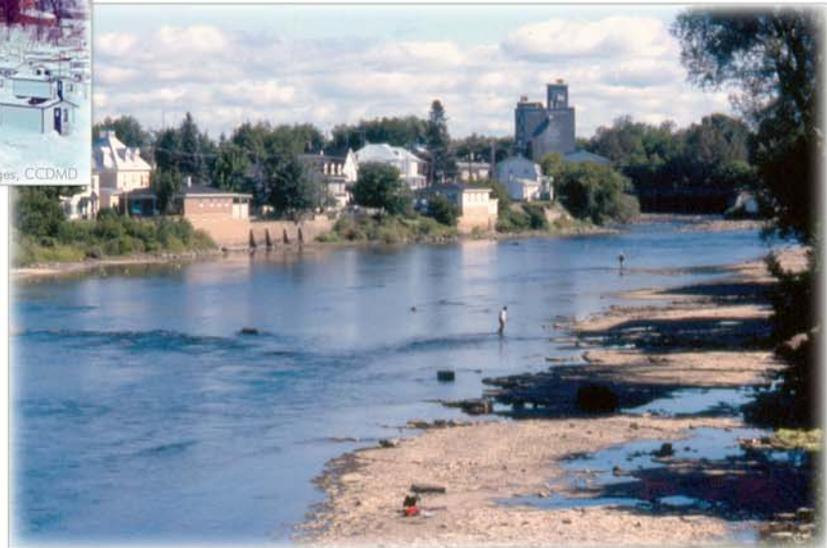


Concentrations de métaux dans la rivière Sainte-Anne (région de Portneuf) en aval de la rivière Charest

Juin 2007



Image modifiée, Yves Boisvert, © Le Québec en images, CCDMD



Développement durable,
Environnement
et Parcs

Québec 

Dépôt légal – Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2007

ISBN : 978-2-550-50272-2 (PDF)
© Gouvernement du Québec, 2007

ÉQUIPE DE RÉALISATION

Responsable :	David Berryman ¹
Échantillonnage :	Yves Lahaie ² Caroline Viel ²
Analyses au laboratoire :	Gertrude Guay ³ François Houde ³ Serge Morissette ³ Alain Tremblay ³
Révision scientifique :	Sylvie Cloutier ¹ Isabelle Guay ¹ Serge Hébert ¹ Stéphane Masson ⁴ Benoît Soucy ⁵ Caroline Viel ²
Cartographie :	Mona Frenette ¹
Mise en pages :	Lyne Martineau ¹
Page couverture :	Francine Matte-Savard ¹

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

² Direction régionale du centre de contrôle environnemental de la Mauricie et Centre-du-Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 100, rue Laviolette, bureau 102, Trois-Rivières, Québec (Québec) G9A 5S9

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

⁴ Parc Aquarium du Québec, 1675, avenue des Hôtels, Québec (Québec) G1W 4S3

⁵ Direction régionale de l'analyse et de l'expertise de la Mauricie et du Centre-du-Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 100, rue Laviolette, bureau 102, Trois-Rivières (Québec) G9A 5S9

CONCENTRATIONS DE MÉTAUX DANS LA RIVIÈRE SAINTE-ANNE (RÉGION DE PORTNEUF) EN AVAL DE LA RIVIÈRE CHAREST

Référence : BERRYMAN, D., 2007. *Concentrations de métaux dans la rivière Sainte-Anne (région de Portneuf) en aval de la rivière Charest*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement et Direction régionale du contrôle environnemental de la Mauricie et du Centre-du-Québec, ISBN 978-2-550-50272-2 (PDF), 20 p. et 1 annexe.

Mots clés : métaux, métaux en traces, qualité de l'eau, rivière Sainte-Anne, rivière Charest, Portneuf, Sainte-Anne-de-la-Pérade, Québec.

RÉSUMÉ

Une étude réalisée en 2002-2003 a démontré que l'ancien site minier de Notre-Dame-de-Montauban (région de Portneuf) draine des métaux vers la rivière Charest et y cause d'importants dépassements des critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique. Ce cours d'eau se déverse dans la rivière Sainte-Anne, à la hauteur de Sainte-Anne-de-la-Pérade. La présente étude visait à vérifier dans quelle mesure la rivière Sainte-Anne est affectée par l'apport de métaux de la rivière Charest. Les deux cours d'eau ont été échantillonnés à quatre reprises, d'août à octobre 2005, et les échantillons ont été analysés pour plusieurs paramètres de la qualité de l'eau, dont 24 métaux.

Pour la plupart des métaux analysés, la hausse des concentrations dans la rivière Sainte-Anne, sous l'effet de la rivière Charest, est de moins de 15 %. Dans le cas des trois métaux émis de façon plus marquée dans la rivière Charest par l'ancien site minier de Notre-Dame-de-Montauban, soit le cadmium, le plomb et le zinc, la hausse des concentrations dans la rivière Sainte-Anne est plus importante, soit de 30 % à 49 %. Le plomb est le seul métal pour lequel l'apport de la rivière Charest entraîne des dépassements des critères de la qualité de l'eau dans la rivière Sainte-Anne. Ces dépassements sont toutefois de faible amplitude, relativement peu fréquents et les concentrations associées ne sont pas beaucoup plus élevées que celles mesurées à la station témoin. En considérant l'ensemble de ces résultats, il apparaît peu probable que les métaux provenant de la rivière Charest aient un impact significatif sur la vie aquatique dans la rivière Sainte-Anne.

L'étude confirme toutefois les concentrations élevées de plomb détectées dans la rivière Charest en 2002-2003. Même à l'embouchure de ce cours d'eau, soit à 53 km en aval de l'ancien site minier de Notre-Dame-de-Montauban, on constate, dans le cas du plomb, de fréquents et importants dépassements du critère de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique.

TABLE DES MATIÈRES

Équipe de réalisation.....	iii
Résumé.....	iv
Table des matières.....	v
Liste des tableaux.....	v
Liste des figures	vi
Liste des annexes	vi
ORIGINE ET OBJECTIFS DU PROJET.....	1
MÉTHODOLOGIE.....	2
RÉSULTATS	7
Comparaison des concentrations mesurées aux différentes stations d'échantillonnage.....	7
Comparaison des concentrations mesurées aux critères de qualité de l'eau.....	16
Aluminium	16
Baryum.....	16
Béryllium	17
Plomb	17
Zinc	17
Calcium.....	18
Fer	18
CONCLUSION.....	19
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	20

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Stations d'échantillonnage.....	2
Tableau 2	Critères de qualité de l'eau pour les paramètres mesurés	6
Tableau 3	Sommaire des concentrations de métaux et des autres paramètres de la qualité de l'eau mesurés dans les rivières Sainte-Anne (stations 1, 3, 4 et 5) et Charest (station 2)	8
Tableau 4	Résultats de l'analyse de variance et du test de comparaisons multiples comparant les concentrations mesurées aux cinq stations d'échantillonnage	15

LISTE DES FIGURES

Figure 1	Stations d'échantillonnage sur les rivières Sainte-Anne et Charest.....	3
Figure 2	Concentrations d'aluminium, d'argent, d'arsenic, de baryum, de béryllium et de bore dans le tronçon terminal des rivières Sainte-Anne (stations 1, 3, 4 et 5) et Charest (station 2).....	10
Figure 3	Concentrations de cadmium, de chrome, de cobalt, de cuivre, de molybdène et de nickel dans le tronçon terminal des rivières Sainte-Anne (stations 1, 3, 4 et 5) et Charest (station 2).....	11
Figure 4	Concentrations de plomb, d'antimoine, de strontium, d'uranium, de vanadium et de zinc dans le tronçon terminal des rivières Sainte-Anne (stations 1, 3, 4 et 5) et Charest (station 2).....	12
Figure 5	Concentrations d'ions majeurs et de fer dans le tronçon terminal des rivières Sainte-Anne (stations 1, 3, 4 et 5) et Charest (station 2).....	13
Figure 6	Valeurs de certains paramètres conventionnels de la qualité de l'eau dans le tronçon terminal des rivières Sainte-Anne (stations 1, 3, 4 et 5) et Charest (station 2).....	14

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1	Contrôle de qualité
----------	---------------------

ORIGINE ET OBJECTIFS DU PROJET

En 2001, la Société d'aménagement et de mise en valeur du bassin de la Batiscan (SAMBBA) et la Corporation pour l'aménagement et la protection de la rivière Sainte-Anne (CAPSA) ont demandé au ministère de l'Environnement d'évaluer dans quelle mesure l'ancien site minier de Notre-Dame-de-Montauban pouvait affecter les rivières Batiscan et Sainte-Anne. Une première étude visant cet objectif a été lancée en 2002 par une campagne d'échantillonnage qui s'est poursuivie jusqu'à la fin de 2003. Le rapport de cette étude a été publié au printemps 2006 (Berryman *et al.*, 2006).

Cette étude a révélé que si l'ancien site minier a peu d'effets sur la rivière Batiscan, il a toutefois un effet marqué sur la rivière Charest, un tributaire de la rivière Sainte-Anne. La rivière Charest est un cours d'eau de taille modeste qui reçoit, pratiquement à sa tête, un ruisseau drainant des résidus miniers à Notre-Dame-de-Montauban. Il en résulte des concentrations très élevées de cadmium, de plomb et de zinc dans le cours supérieur de la rivière Charest. Ces concentrations diminuent le long du parcours de 53 km de la rivière jusqu'à son embouchure dans la rivière Sainte-Anne, mais dans le cas du plomb et du zinc, les concentrations demeurent supérieures aux critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique.

Ces résultats ont soulevé des interrogations sur les concentrations de métaux dans le tronçon terminal de la rivière Sainte-Anne, qui reçoit la rivière Charest seulement 5 km en amont de son propre exutoire dans le Saint-Laurent. Dans le rapport publié en 2006, on a estimé de façon théorique les concentrations de métaux dans la rivière Sainte-Anne après dilution de l'apport de la rivière Charest. Ces estimations ont soulevé la possibilité qu'il puisse y avoir des dépassements des critères de qualité de l'eau pour le plomb et le zinc dans le tronçon terminal de la rivière Sainte-Anne, malgré le fait que celle-ci ait une forte capacité de dilution des apports de la rivière Charest. En effet, le débit moyen de la rivière Sainte-Anne est de 86 m³/s, alors que celui de la rivière Charest est estimé à 6,6 m³/s.

L'objectif de la présente étude était de vérifier si la rivière Charest a réellement un effet sur les concentrations de métaux dans le tronçon terminal de la rivière Sainte-Anne. Il s'agissait plus spécifiquement de vérifier si l'apport de la rivière Charest est suffisant pour faire augmenter de façon significative les concentrations de métaux dans la rivière Sainte-Anne et, le cas échéant, si cela conduit à des dépassements des critères de qualité de l'eau.

MÉTHODOLOGIE

Les deux cours d'eau à l'étude ont été échantillonnés aux cinq stations d'échantillonnage listées au tableau 1 et dont l'emplacement est illustré à la figure 1. La station témoin (1) visait à mesurer les concentrations dans la rivière Sainte-Anne, en amont de l'exutoire de la rivière Charest. La station 2 permettait de mesurer les concentrations dans la rivière Charest, alors que les stations 3, 4 et 5 permettaient de mesurer celles dans la rivière Sainte-Anne, à différents degrés de dilution de la rivière Charest. Les stations 3 et 4 étaient situées sur la rive droite de la rivière Sainte-Anne, respectivement à 420 m et 2 800 m de l'embouchure de la rivière Charest. La station 5 était située sur la rive gauche de la rivière Sainte-Anne et servait à vérifier si le panache de dilution de la rivière Charest pouvait s'étendre sur toute la largeur de la rivière Sainte-Anne, avant le déversement de cette dernière dans le fleuve Saint-Laurent.

Tableau 1 Stations d'échantillonnage

Numéro	Site de l'échantillonnage	N° BQMA ¹	Carte 1/50 000	Coordonnées (NAD 83)	
				Latitude	Longitude
1	Rivière Sainte-Anne à 1,2 km en amont de l'embouchure de la rivière Charest	05040008	31109	46,5932898	- 72,2201944
2	Rivière Charest au pont-route 354 au nord de Sainte-Anne-de-la-Pérade	05040119	31109	46,5961132	- 72,2252725
3	Rivière Sainte-Anne à 4,5 km de l'embouchure, rive droite	05040181	31109	46,5817090	- 72,2239480
4	Rivière Sainte-Anne à 2 km de l'embouchure, rive droite	05040183	31109	46,5679620	- 72,2087470
5	Rivière Sainte-Anne à 2 km de l'embouchure, rive gauche	05040182	31109	46,5679760	- 72,2059940

¹ Numéro de la station dans la Banque de données sur la qualité du milieu aquatique du MDDEP.

Les cinq sites ont été échantillonnés à quatre reprises, soit les 9 août, les 7 et 15 septembre et le 4 octobre 2005. L'échantillonnage s'est fait à marée basse ou descendante. Les notes de terrain indiquent que les niveaux d'eau étaient élevés lors de la tournée d'échantillonnage du 4 octobre, sous l'effet des pluies importantes durant les jours qui ont précédé.

Les prélèvements d'eau et les analyses de laboratoire ont été effectués en suivant les méthodes propres pour les substances présentes dans l'eau à l'état de traces (Ouellet et Therreault, 2005; CEAEQ, 2006a). Les échantillons ont été conservés à un pH inférieur à 2, avec de l'acide nitrique et, au laboratoire, ils ont été décantés sans autre minéralisation, de façon à obtenir la fraction soluble à l'acide du métal (CEAEQ, 2006b).

Les 20 échantillons d'eau et les 6 blancs utilisés pour le contrôle de qualité ont été analysés pour 24 métaux (Al, Ag, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Sb, Se, Sr, U, V et Zn) et 5 autres paramètres (pH, carbone organique dissous, conductivité, solides en suspension et turbidité). Les analyses ont été réalisées au laboratoire de Québec du Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ). Pour les analyses statistiques, les résultats sous la limite de détection ont été remplacés par la moitié de cette limite.

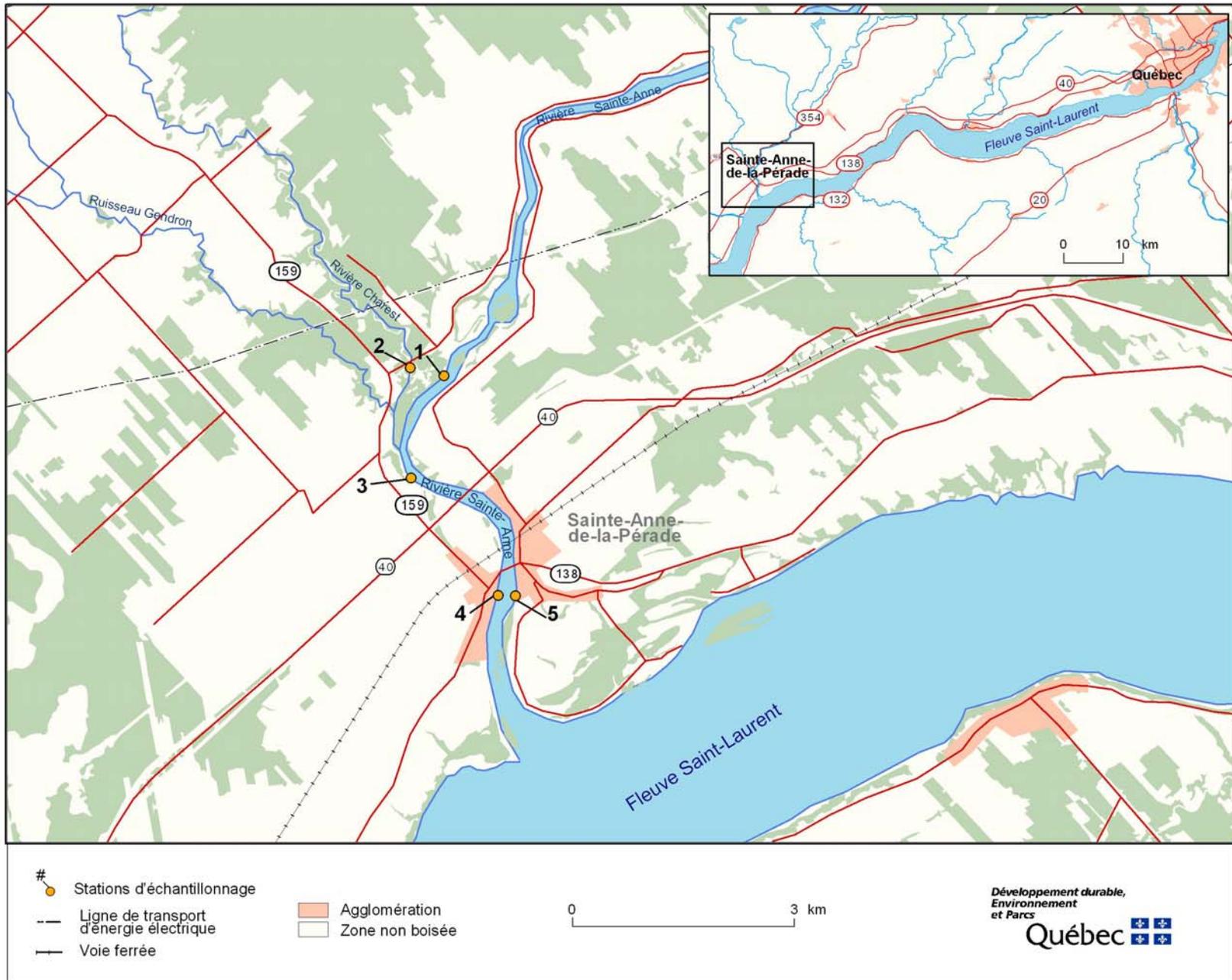


Figure 1 Stations d'échantillonnage sur les rivières Sainte-Anne et Charest

Dans les sections qui suivent, les concentrations de métaux aux différentes stations d'échantillonnage sont d'abord comparées entre elles afin de vérifier si la rivière Charest a un effet sur le tronçon terminal de la rivière Sainte-Anne. Cette comparaison se fait par un examen visuel des résultats et, de façon plus formelle, par une analyse de variance. Lorsque l'analyse de variance détecte des différences significatives ($P < 0,05$) entre les concentrations mesurées aux différentes stations, un test de comparaisons multiples permet ensuite de déterminer entre quelles stations se trouvent les différences. Les paramètres de qualité de l'eau dont les données respectent les conditions de normalité et d'égalité des variances ont fait l'objet d'une analyse de variance paramétrique pour les données paires (test de F), suivie du test de comparaisons multiples de Holm-Sidak. Les paramètres qui ne respectent pas les conditions de normalité et d'égalité des variances ont été traités par une procédure non paramétrique : une analyse de variance sur les rangs pour données paires (test de Friedman), suivie du test SNK pour les comparaisons multiples. Ces analyses ont été faites à l'aide du logiciel SigmaStat 3.1 de Systat Software inc.

Les concentrations de métaux mesurées aux différentes stations d'échantillonnage sont ensuite comparées aux critères de qualité de l'eau du Québec (MDDEP, 2006). Les critères relatifs aux substances mesurées dans le cadre de cette étude sont présentés au tableau 2. Il s'agit essentiellement de critères pour la protection de la vie aquatique et de critères pour la prévention de la contamination des organismes aquatiques.

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

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

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

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

Les ions majeurs, comme le calcium et le magnésium, assurent une certaine protection aux organismes aquatiques contre la toxicité de plusieurs métaux. Pour cette raison, les critères de protection de la vie aquatique relatifs à ces métaux sont variables et dépendent de la dureté de l'eau. Pour ces métaux, les critères pour les rivières Sainte-Anne et Charest (tableau 2) ont été calculés en fonction de duretés respectives de 17,2 et 26 mg/l (CaCO_3). Ces valeurs ont été calculées à partir des concentrations de calcium et de magnésium mesurées dans le cadre de ce suivi, pour ce qui est de la rivière Sainte-Anne, et du suivi de 2002-2003, dans le cas de la rivière Charest.

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

Tableau 2 Critères de qualité de l'eau pour les paramètres mesurés^a

Paramètre	Unités	Critère pour la protection de la vie aquatique ^b			
		Aigu		Chronique	
		Sainte-Anne	Charest	Sainte-Anne	Charest
Métaux					
Aluminium	µg/l	750	750	87	87
Antimoine	µg/l	88	88	30	30
Argent	µg/l	0,098	0,2	0,1	0,1
Arsenic ^c	µg/l	340	340	150	150
Baryum	µg/l	-	-	6,6	14,7
Béryllium	µg/l	7,5	7,5	0,017	0,0427
Bore	µg/l	-	-	1 400	1 400
Cadmium	µg/l	0,62	1	0,62	0,85
Chrome	µg/l	426	598	20,4	28,6
Cobalt	µg/l	-	-	5	5
Cuivre	µg/l	2,7	3,9	2,1	2,9
Molybdène	µg/l	2 000	2 000	1 000	1 000
Nickel ^c	µg/l	106	150	11,8	16,7
Plomb	µg/l	8,7	14,7	0,34	0,57
Strontium	µg/l	-	-	-	-
Uranium	µg/l	-	-	-	-
Vanadium	µg/l	190	190	8	8
Zinc ^c	µg/l	27	38	27	38
Ions majeurs et fer					
Calcium ^d	mg/l	-	-	4	4
Potassium	mg/l	-	-	-	-
Magnésium	mg/l	-	-	-	-
Manganèse	mg/l	-	-	-	-
Sodium	mg/l	-	-	-	-
Fer	mg/l	-	-	0,3	0,3
Autres					
Carbone organique dissous	mg/l	-	-	-	-
Conductivité	µS/cm	-	-	-	-
Solides en suspension ^e	mg/l	+ 25	+ 25	+ 5	+ 5
Turbidité ^{ef}	uNT	+ 8	+ 8	+ 2	+ 2
pH		5,0 - 9,5	5,0 - 9,5	6,5 - 9,0	6,5 - 9,0

^a Source : MDDEP, 2006. Un trait (-) dans le tableau signifie qu'il n'y a pas de critère pour ce paramètre.

^b Les critères pour plusieurs métaux dépendent de la dureté de l'eau. Duretés : Sainte-Anne : 17,2 mg/l et Charest : 26 mg/l.

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

^d Critère inverse : des concentrations inférieures au seuil indiqué rendent le milieu plus sensible à l'acidification.

^e Hausses acceptables par rapport aux concentrations naturelles.

^f Également un critère pour les activités récréatives et l'esthétique dans les plans d'eau dont la turbidité est inférieure à 50 uNT : hausse de 5 uNT.

RÉSULTATS

Comparaison des concentrations mesurées aux différentes stations d'échantillonnage

Les concentrations de métaux et des autres paramètres de la qualité de l'eau mesurées dans le tronçon terminal des rivières Sainte-Anne et Charest sont résumées dans le tableau 3 et illustrées dans les figures 2 à 6. Pour presque tous les métaux analysés, l'examen des figures mène aux constats suivants :

- les teneurs dans la rivière Charest (station 2) sont nettement plus élevées que dans la rivière Sainte-Anne (stations 1, 3, 4 et 5);
- malgré ses teneurs plus élevées, la rivière Charest semble avoir peu d'effet sur la rivière Sainte-Anne, puisque les concentrations mesurées aux stations 3, 4 et 5 ne diffèrent pas de façon marquée de celles mesurées à la station 1.

Les résultats de l'analyse de variance et des tests de comparaisons multiples, présentés au tableau 4, confirment que :

- Pour une très grande majorité des paramètres (20/29), les concentrations mesurées dans le tronçon terminal de la rivière Charest (station 2) sont significativement plus élevées que dans la rivière Sainte-Anne (stations 1, 3, 4 et 5).
- Des différences significatives ont été constatées entre les stations de la rivière Saint-Anne pour le fer, le nickel, le plomb, le zinc et le potassium. Ces différences sont manifestement causées par l'apport de la rivière Charest car, dans tous les cas, les concentrations mesurées aux stations directement exposées à la rivière Charest (3 et/ou 4) sont significativement plus élevées que celles à la station témoin (1) ou à la station située sur l'autre rive (5).
- Pour quatre paramètres, soit le béryllium, l'uranium, le carbone organique dissous et la conductivité, l'analyse de variance ne montre aucune différence significative entre les stations ($P > 0,05$), pas même entre la station de la rivière Charest et celles de la rivière Sainte-Anne.
- L'analyse de variance de l'argent, des solides en suspension et du pH montre une différence significative entre les stations ($P < 0,05$), sans que le test de comparaisons multiples n'arrive à déterminer les stations entre lesquelles se trouvent ces différences. Les concentrations en argent dans la rivière Charest sont pourtant manifestement plus élevées que dans la rivière Sainte-Anne (figure 2). L'incapacité du test SNK à identifier cette différence est due au fait que les tests non paramétriques ne performant pas adéquatement lorsque les données comprennent trop de valeurs égales. C'est le cas de l'argent, pour lequel 16 des 20 valeurs obtenues sont égales, car toutes les mesures aux quatre stations de la rivière Sainte-Anne sont inférieures à la limite de détection.
- Pour le cobalt et le sodium, la rivière Charest présente des concentrations plus élevées que la rivière Sainte-Anne, comme c'est le cas pour la plupart des autres métaux, mais la différence n'est significative que par rapport à certaines stations de la rivière Sainte-Anne (stations 1 et 5).

Tableau 3 Sommaire des concentrations de métaux et des autres paramètres de la qualité de l'eau mesurés dans les rivières Sainte-Anne (stations 1, 3, 4 et 5) et Charest (station 2)

Paramètre	Station	Minimum	Médiane	Maximum	Paramètre	Station	Minimum	Médiane	Maximum
Al (µg/l)	1	150	180	360	Cr (µg/l)	1	0,15	0,215	0,43
	2	160	215	430		2	0,32	0,465	0,84
	3	140	190	370		3	0,18	0,230	0,38
	4	140	190	360		4	0,17	0,230	0,34
	5	140	175	310		5	0,16	0,220	0,29
Ag (µg/l)	1	< 0,001	< 0,001	< 0,001	Cu (µg/l)	1	0,40	0,485	0,74
	2	0,001	0,0015	0,004		2	1,1	1,400	2,1
	3	< 0,001	< 0,001	< 0,001		3	0,43	0,495	0,71
	4	< 0,001	< 0,001	< 0,001		4	0,48	0,510	0,72
	5	< 0,001	< 0,001	< 0,001		5	0,40	0,495	0,56
As (µg/l)	1	0,14	0,155	0,17	Fe (mg/l)	1	0,36	0,425	0,58
	2	0,49	0,565	0,58		2	0,78	1,08	1,2
	3	0,15	0,170	0,19		3	0,40	0,48	0,59
	4	0,15	0,185	0,21		4	0,38	0,46	0,57
	5	0,13	0,140	0,15		5	0,39	0,44	0,50
Ba (µg/l)	1	8,8	10,0	13	Mo (µg/l)	1	0,051	0,075	0,11
	2	16	16,5	18		2	0,15	0,205	0,25
	3	10	11,5	12		3	0,041	0,074	0,12
	4	11	11,5	12		4	0,063	0,091	0,12
	5	10	10,5	12		5	0,048	0,082	0,12
Be (µg/l)	1	0,012	0,0150	0,022	Ni (µg/l)	1	0,49	0,62	0,97
	2	0,007	0,0135	0,023		2	1,2	1,65	2,3
	3	0,010	0,0160	0,025		3	0,58	0,675	0,85
	4	0,014	0,0170	0,028		4	0,55	0,62	0,83
	5	0,011	0,0165	0,022		5	0,48	0,60	0,70
B (µg/l)	1	5,2	5,30	6,1	Pb (µg/l)	1	0,15	0,175	0,3
	2	12	13,50	14		2	0,99	1,45	3,1
	3	5,0	5,55	6,0		3	0,23	0,26	0,48
	4	5,1	5,65	6,2		4	0,21	0,25	0,46
	5	4,0	5,10	5,6		5	0,17	0,225	0,30
Cd (µg/l)	1	0,010	0,012	0,027	Sb (µg/l)	1	0,023	0,028	0,036
	2	0,040	0,054	0,200		2	0,072	0,0805	0,10
	3	0,011	0,015	0,039		3	0,025	0,0295	0,038
	4	0,012	0,015	0,036		4	0,024	0,031	0,039
	5	0,009	0,015	0,029		5	0,023	0,030	0,032
Co (µg/l)	1	0,080	0,113	0,26	Se (µg/l)	1	< 0,3	< 0,3	< 0,3
	2	0,16	0,210	0,57		2	< 0,3	< 0,3	< 0,3
	3	0,091	0,111	0,25		3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
	4	0,089	0,115	0,23		4	< 0,3	< 0,3	< 0,3
	5	0,082	0,1145	0,20		5	< 0,3	< 0,3	< 0,3

Tableau 3 Sommaire des concentrations de métaux et des autres paramètres de la qualité de l'eau mesurés dans les rivières Sainte Anne (stations 1, 3, 4 et 5) et Charest (station 2) (suite)

Paramètre	Station	Minimum	Médiane	Maximum	Paramètre	Station	Minimum	Médiane	Maximum
Sr (µg/l)	1	30	32,5	35	Mn (mg/l)	1	0,01	0,0155	0,030
	2	61	73,0	78		2	0,024	0,0325	0,085
	3	29	34,0	40		3	0,014	0,0195	0,032
	4	29	37,0	46		4	0,020	0,0215	0,032
	5	24	32,0	41		5	0,017	0,0195	0,028
U (µg/l)	1	0,031	0,041	0,079	Na (mg/l)	1	2,0	2,30	2,6
	2	0,061	0,073	0,11		2	5,7	6,40	6,9
	3	0,031	0,036	0,068		3	2,1	2,60	3,0
	4	0,030	0,037	0,064		4	2,1	2,60	3,1
	5	0,033	0,041	0,070		5	1,6	2,15	2,7
V (µg/l)	1	0,51	0,605	0,89	COD (mg/l)	1	3,6	4,95	6,9
	2	1,0	1,300	1,9		2	3,4	5,35	8,4
	3	0,51	0,575	0,80		3	3,2	4,95	6,3
	4	0,50	0,595	0,78		4	3,3	5,00	6,1
	5	0,45	0,560	0,64		5	3,2	5,00	6,1
Zn (µg/l)	1	1,3	1,8	4,5	Con (µS/cm)	1	38	48,5	60
	2	9,3	14,5	75		2	47	125,0	150
	3	2,0	2,45	9,6		3	38	54,5	530
	4	1,8	2,35	8,7		4	40	55,0	230
	5	1,4	2,1	4,9		5	33	49,0	240
Ca (mg/l)	1	4,7	5,40	6,1	SS (mg/l)	1	2	3,0	12
	2	12,7	14,00	15,1		2	4	6,0	17
	3	4,9	5,80	7,3		3	2	3,0	9
	4	5,0	6,05	7,3		4	2	3,5	8
	5	4,1	5,35	7,2		5	2	5,0	8
K (mg/l)	1	0,60	0,645	0,73	Tur (uNT)	1	2,8	4,30	9,9
	2	2,1	2,450	2,7		2	6,7	9,90	16
	3	0,59	0,720	0,79		3	2,8	3,90	6,0
	4	0,60	0,750	0,85		4	3,2	4,15	8,6
	5	0,51	0,595	0,73		5	2,9	4,15	6,9
Mg (mg/l)	1	0,79	0,86	1,1	pH	1	7,3	7,80	8,9
	2	3,10	3,55	3,6		2	7,7	7,95	8,3
	3	0,78	1,10	1,1		3	7,2	7,30	7,6
	4	0,80	1,10	1,1		4	7,2	7,30	7,8
	5	0,70	0,82	0,99		5	7,2	7,30	7,7

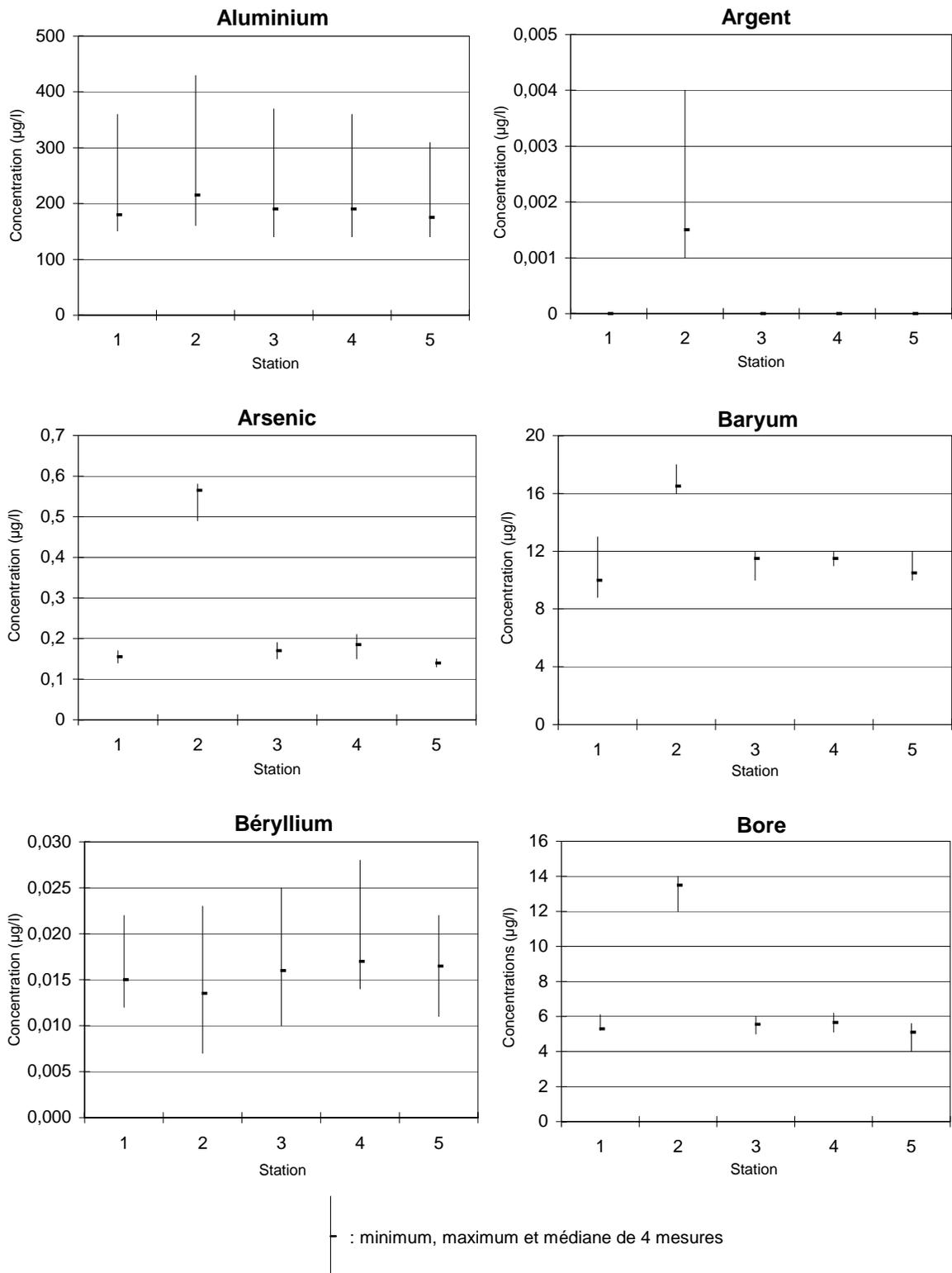


Figure 2 Concentrations d'aluminium, d'argent, d'arsenic, de baryum, de béryllium et de bore dans le tronçon terminal des rivières Sainte-Anne (stations 1, 3, 4 et 5) et Charest (station 2)

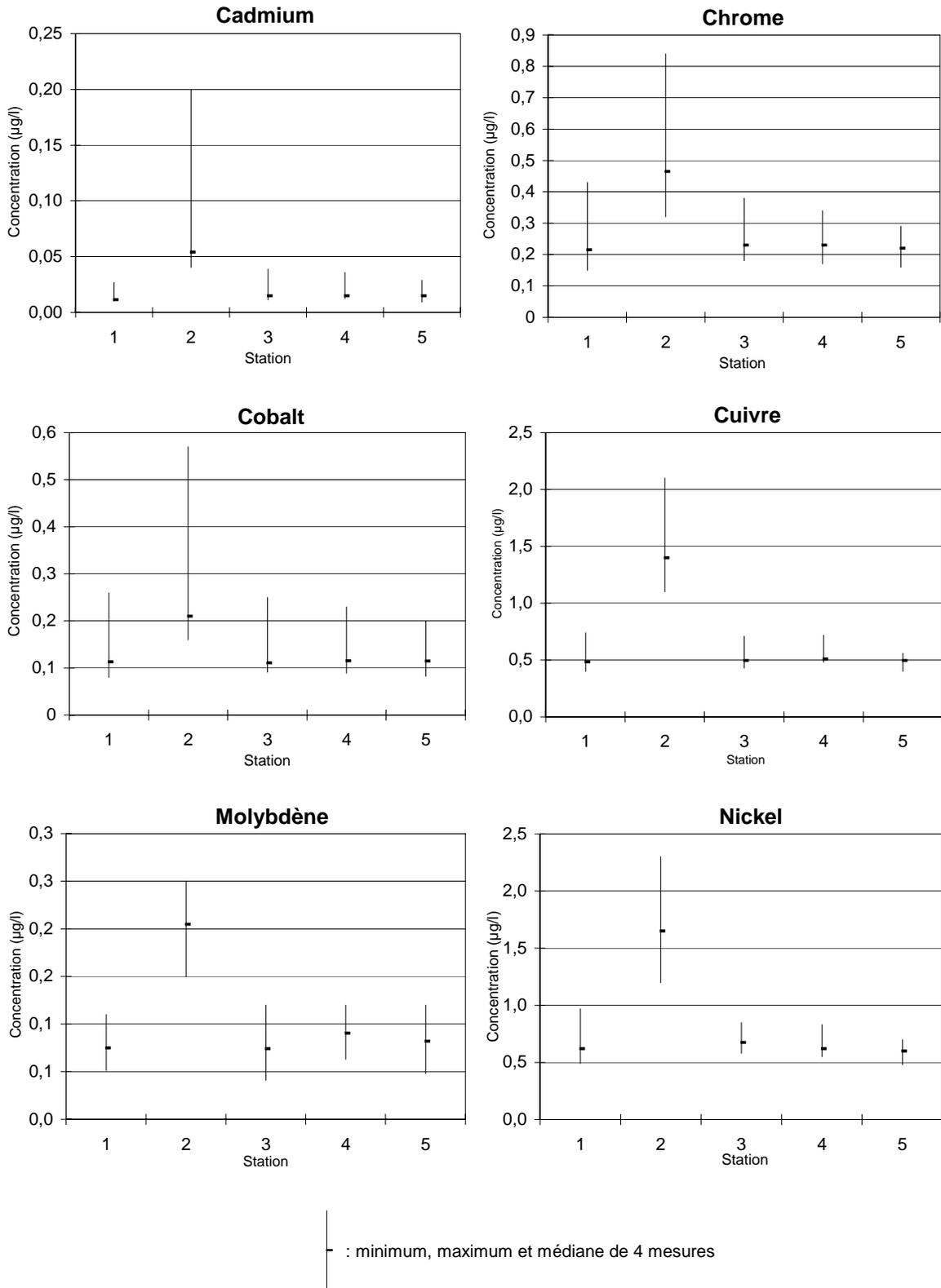


Figure 3 Concentrations de cadmium, de chrome, de cobalt, de cuivre, de molybdène et de nickel dans le tronçon terminal des rivières Sainte-Anne (stations 1, 3, 4 et 5) et Charest (station 2)

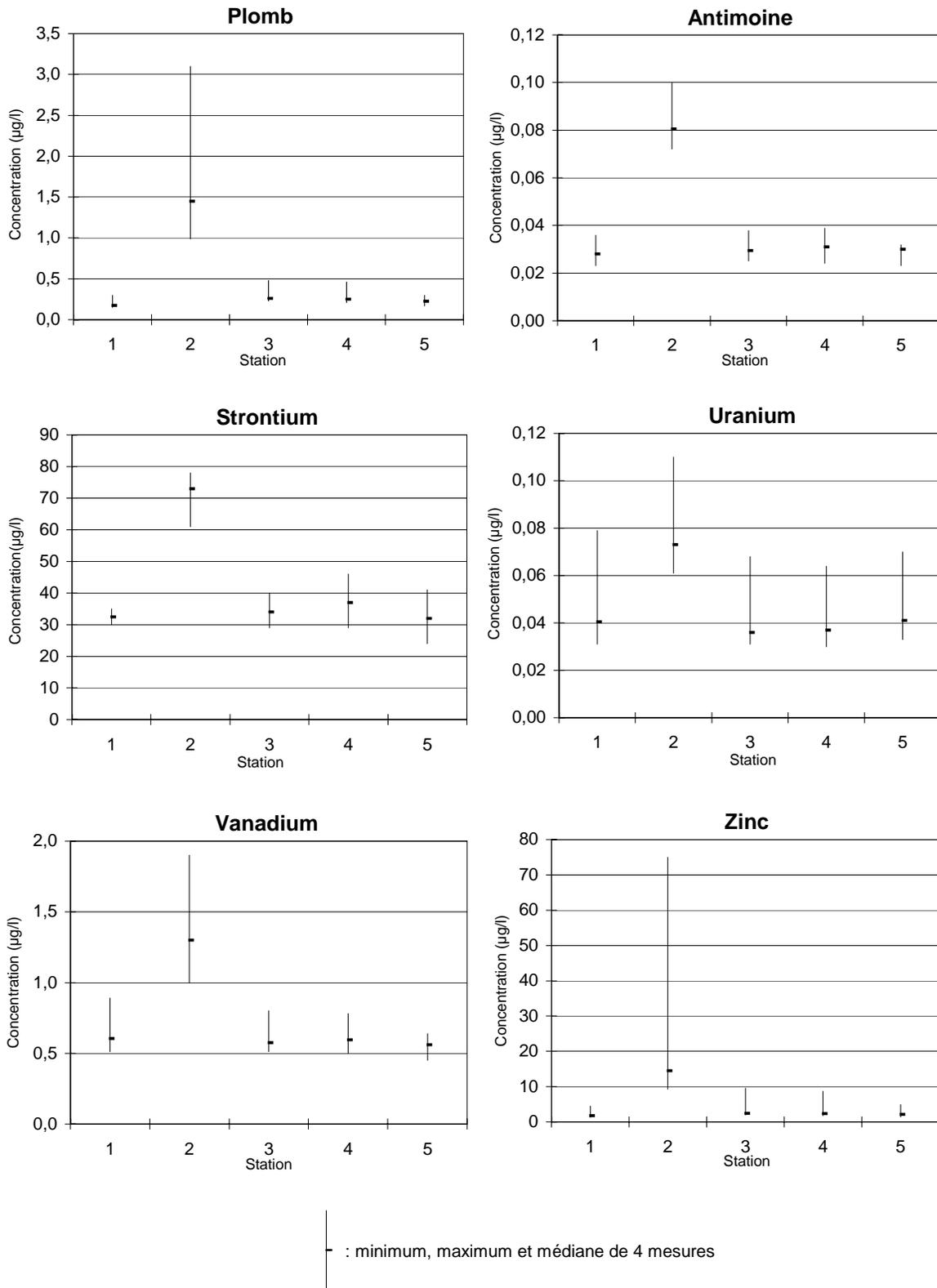


Figure 4 Concentrations de plomb, d'antimoine, de strontium, d'uranium, de vanadium et de zinc dans le tronçon terminal des rivières Sainte-Anne (stations 1, 3, 4 et 5) et Charest (station 2)

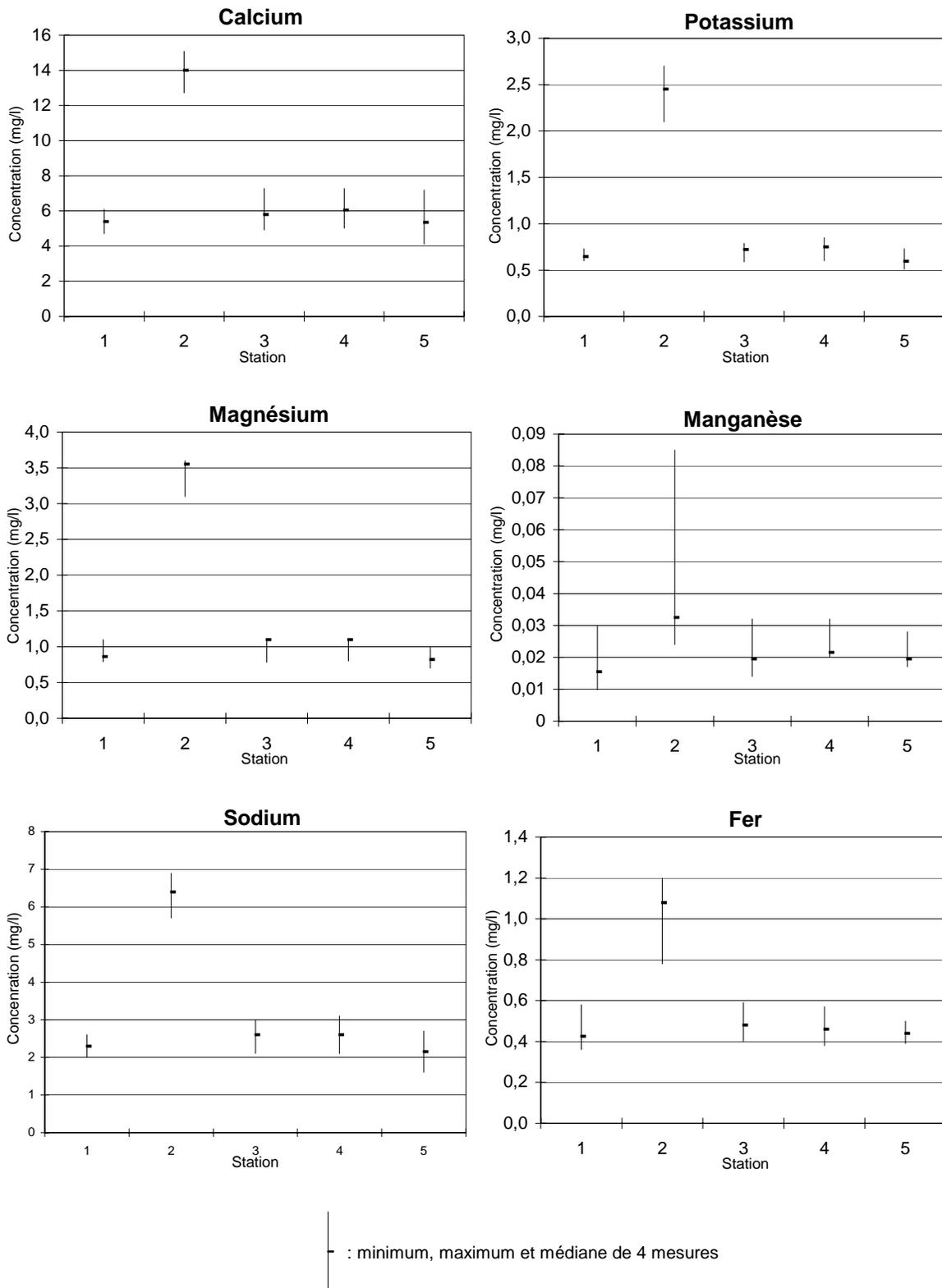


Figure 5 Concentrations d'ions majeurs et de fer dans le tronçon terminal des rivières Sainte-Anne (stations 1, 3, 4 et 5) et Charest (station 2)

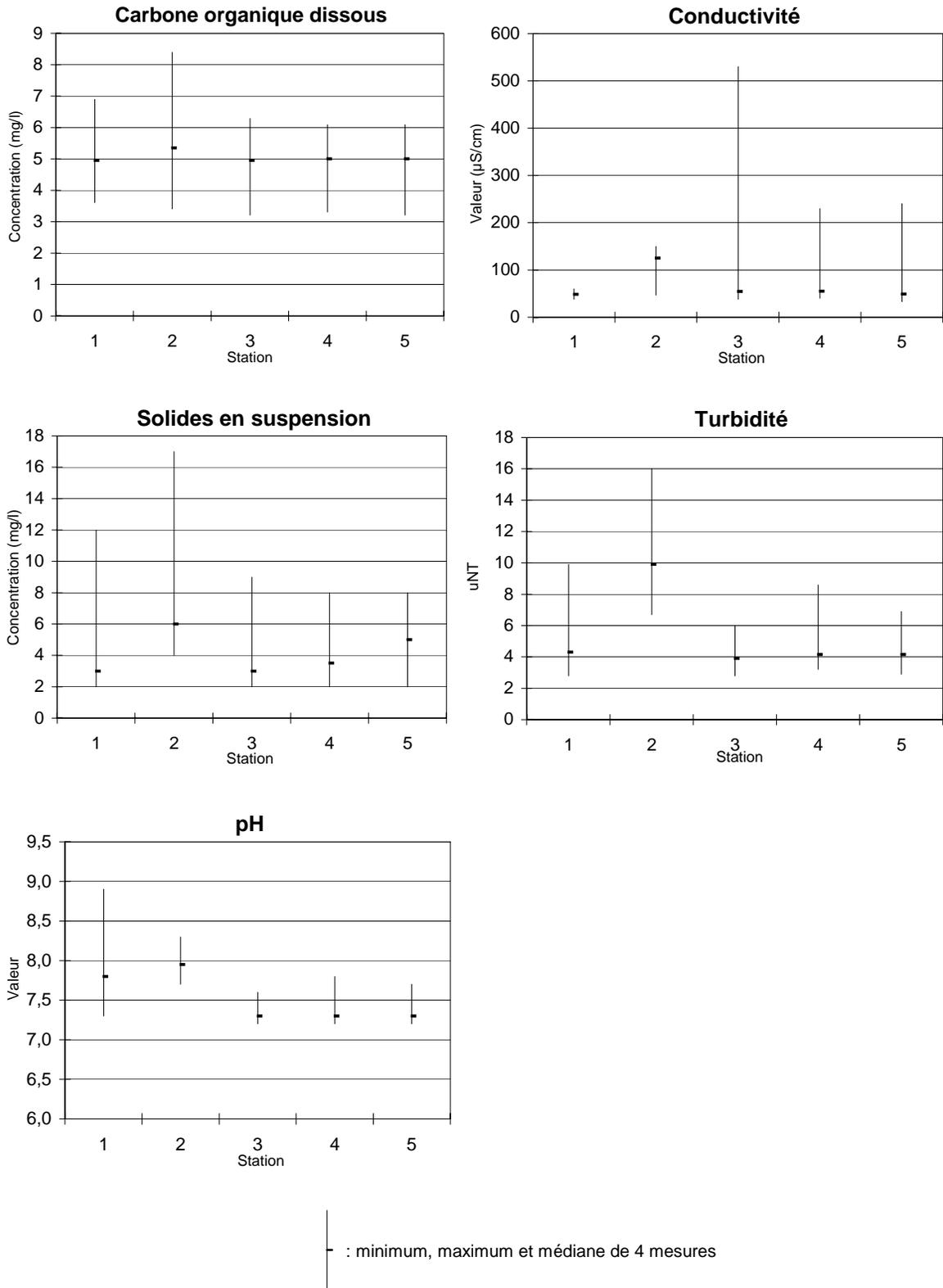


Figure 6 Valeurs de certains paramètres conventionnels de la qualité de l'eau dans le tronçon terminal des rivières Sainte-Anne (stations 1, 3, 4 et 5) et Charest (station 2)

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

Paramètre	Normalité	Égalité des variances	Statistique du test ¹	P ²	Stations différentes ³
Ag	Non	Oui	16,0	0,003	*
Al	Non	Oui	12,2	0,016	2 vs 1, 3, 4 et 5
As	Oui	Oui	312	< 0,001	2 vs 1, 3, 4 et 5
B	Non	Non	13,0	0,011	2 vs 1, 3, 4 et 5
Ba	Oui	Oui	38,8	< 0,001	2 vs 1, 3, 4 et 5
Be	Oui	Oui	3,04	0,06	
Cd	Non	Oui	13,8	0,008	2 vs 1, 3, 4 et 5
Co	Non	Oui	9,68	0,046	2 vs 5
Cr	Non	Oui	11,9	0,018	2 vs 1, 3, 4 et 5
Cu	Non	Oui	9,67	0,046	2 vs 1, 3, 4 et 5
Fe	Non	Non	13,6	0,009	2 vs 1, 3, 4 et 5 3 vs 1, 4 et 5
Mo	Oui	Oui	41,3	< 0,001	2 vs 1, 3, 4 et 5
Ni	Oui	Non	13,0	0,011	2 vs 1, 3, 4 et 5 3 vs 5
Pb	Non	Oui	14,9	0,005	2 vs 1, 3, 4 et 5 3 vs 1 et 5 4 vs 1 et 5
Sb	Non	Non	11,5	0,021	2 vs 1, 3, 4 et 5
Sr	Oui	Oui	103	< 0,001	2 vs 1, 3, 4 et 5
U	Non	Oui	8,77	0,067	
V	Oui	Non	12,6	0,013	2 vs 1, 3, 4 et 5
Zn	Non	Oui	15,7	0,003	2 vs 1, 3, 4 et 5 3 vs 1 et 5 4 vs 1 et 5
Ca	Oui	Non	12,4	0,015	2 vs 1, 3, 4 et 5
K	Oui	Non	12,7	0,013	2 vs 1, 3, 4 et 5 4 vs 5
Mg	Non	Oui	13,0	0,011	2 vs 1, 3, 4 et 5
Mn	Oui	Oui	8,17	0,003	2 vs 1, 3, 4 et 5
Na	Oui	Non	14,3	0,006	2 vs 1 et 5
Carbone org. dissous	Non	Oui	3,32	0,506	
Conductivité	Non	Oui	5,80	0,215	
Solides en suspension	Oui	Oui	3,85	0,031	*
Turbidité	Oui	Non	9,57	0,048	2 vs 1, 3, 4 et 5
pH	Oui	Non	12,0	0,017	*

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

² Probabilité associée à la statistique du test.

³ Stations dont les concentrations sont différentes selon le test de comparaisons multiples.

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

Un examen détaillé des figures 2 à 6 et du tableau 3 montre que pour de nombreux métaux (19/24), on observe une légère hausse des concentrations entre la station 1 et les stations 3 et 4. Toutefois, ces hausses de concentrations sont faibles : presque toutes sont inférieures à 15 % et la plupart ne sont pas statistiquement significatives. Dans le cas des trois métaux émis de façon plus marquée dans la rivière Charest par l'ancien site minier de Notre-Dame-de-Montauban, soit le cadmium, le plomb et le zinc, les hausses des concentrations entre la station 1 et la station 3 sont respectivement de 30 %, de 49 % et de 36 %. Les données du tableau 4 montrent que dans le cas du plomb et du zinc, ces hausses sont statistiquement significatives.

Comparaison des concentrations mesurées aux critères de qualité de l'eau

La comparaison des résultats d'analyse aux critères de qualité de l'eau (tableau 2) a permis de détecter un certain nombre de dépassements des critères pour la protection de la vie aquatique. Les paramètres en cause sont l'aluminium, le baryum, le béryllium, le plomb, le zinc et le fer. Ces dépassements sont décrits dans les paragraphes qui suivent. Dans presque tous les cas, il s'agit :

- de dépassements naturels et sans importance, qui sont observés autant à la station témoin qu'aux stations exposées; ou encore
- de dépassements qui ne sont observés que dans la rivière Charest et qui ne font que confirmer le constat sur ce cours d'eau établi par l'étude de 2002-2003.

Tel qu'expliqué plus loin, le plomb est en fait le seul paramètre pour lequel l'apport de la rivière Charest semble faire augmenter la fréquence de dépassements des critères de la qualité de l'eau dans la rivière Sainte-Anne.

Parmi les substances mesurées dans le cadre de cette étude, seuls l'arsenic, le nickel et le zinc ont des critères CPCO, établis respectivement à 21, 4 600 et 69 000 µg/l. Aucun échantillon n'a atteint, ni même approché ces valeurs.

Aluminium

Tous les résultats pour l'aluminium dépassent le critère de vie aquatique chronique (87 µg/l), mais aucun n'atteint le critère de vie aquatique aigu (750 µg/l). Ces dépassements ne sont pas plus importants en aval qu'en amont de la rivière Charest. Ils n'ont sans doute aucun impact sur la vie aquatique car, même dans des conditions naturelles, il est fréquent que les concentrations d'aluminium dépassent le critère de vie aquatique chronique.

Baryum

Les échantillons de la rivière Sainte-Anne varient entre 8,8 et 13 µg/l, dépassant légèrement le critère de vie aquatique chronique de 6,6 µg/l. Il en est de même de la rivière Charest, où les concentrations de 16 à 18 µg/l dépassent le critère de 14,7 µg/l établi pour ce cours d'eau. Il n'y a pas d'impact à appréhender de ces légers dépassements, qui sont d'ailleurs observables à la station témoin de la rivière Sainte-Anne. Dans le cas du baryum, il n'y a pas de critère de vie aquatique aigu.

Béryllium

Les seuls dépassements du critère pour le béryllium concernent le critère de vie aquatique chronique dans la rivière Sainte-Anne. Aux quatre stations de ce cours d'eau, deux échantillons sur quatre dépassent légèrement (maximum de 0,028 µg/l) le critère de 0,017 µg/l. Il n'y a pas d'impacts à appréhender de ces légers dépassements, qui sont d'ailleurs observables à la station témoin sur la rivière Sainte-Anne.

Plomb

Le plomb est l'un des métaux rejetés par l'ancien site minier de Notre-Dame-de-Montauban et que l'on trouvait en concentrations élevées à l'embouchure de la rivière Charest en 2003. Les résultats de 2005 confirment cet état de fait. Avec des concentrations de 1,0 à 3,1 µg/l, les quatre échantillons de la rivière Charest dépassent le critère de vie aquatique chronique de 0,57 µg/l dans ce cours d'eau.

L'apport de la rivière Charest cause des dépassements du critère de vie aquatique chronique pour le plomb sur la rive droite de la rivière Sainte-Anne. Ces dépassements sont toutefois peu fréquents (un échantillon sur quatre) et de faible amplitude : le 4 octobre, on a mesuré 0,48 µg/l de plomb à la station 3 et 0,46 µg/l à la station 4, alors que le critère de vie aquatique chronique établi pour la rivière Sainte-Anne est de 0,34 µg/l. Ces valeurs plus élevées correspondent vraisemblablement aux apports de la rivière Charest, puisque la concentration mesurée dans cette dernière à la même date était de 3,1 µg/l, alors que les trois autres échantillons de ce cours d'eau se situent entre 1 et 1,8 µg/l. Il n'y a eu aucun dépassement de critère pour le plomb à la station témoin de la rivière Sainte-Anne (station 1) ni sur sa rive gauche (station 5).

Les risques pour la vie aquatique associés aux dépassements du critère chronique pour le plomb dans la rivière Sainte-Anne sont jugés faibles car :

- ces dépassements de critère sont de faible amplitude (0,46 et 0,48 µg/l en comparaison du critère de 0,34 µg/l);
- il y a des périodes de compensation durant lesquelles les concentrations dans la rivière sont inférieures au critère (3 échantillons sur 4);
- les dépassements de critère se limitent à la rive droite de la rivière;
- il n'y a pas de hausses marquées de concentrations dans le cours d'eau, celles-ci passant de 0,15 – 0,30 µg/l à la station témoin à 0,23 – 0,48 µg/l à la station 3;
- le critère de vie aquatique aigu (8,7 µg/l) n'est jamais approché.

Zinc

Un seul échantillon d'eau a révélé un dépassement du critère relatif au zinc : celui prélevé le 4 octobre dans la rivière Charest, qui titre à 75 µg/l, alors que le critère pour la protection de la vie aquatique dans ce cours d'eau est de 38 µg/l. Les résultats des trois autres échantillons sont inférieurs à 20 µg/l. Dans la rivière Sainte-Anne, il n'y a aucun dépassement du critère de 27 µg/l.

Calcium

Les concentrations mesurées dans la rivière Sainte-Anne se situent toutes entre 4 et 8 mg/l, ce qui procure à ces eaux une « sensibilité moyenne » à l'acidification. Il s'agit là d'une condition naturelle pour les eaux provenant du Bouclier canadien, comme le montrent les concentrations mesurées à la station 1.

Fer

Tous les échantillons dépassent le critère de vie aquatique chronique de 0,3 mg/l de fer. Cependant, ces dépassements n'ont aucun impact sur le milieu, puisque les concentrations mesurées sont naturelles, comme en témoignent les teneurs de 0,36 mg/l à 0,58 mg/l à la station 1 sur la rivière Sainte-Anne.

CONCLUSION

La présente étude démontre que la rivière Charest fait augmenter légèrement les concentrations de plusieurs métaux dans la rivière Sainte-Anne, mais qu'il est peu probable que cela se traduise par des effets néfastes sur la vie aquatique. Pour la plupart des métaux analysés, la hausse des concentrations dans la rivière Sainte-Anne, sous l'effet de la rivière Charest, est de moins de 15 %. Pour les trois métaux émis de façon plus marquée dans la rivière Charest par l'ancien site minier de Notre-Dame-de-Montauban, soit le cadmium, le plomb et le zinc, les hausses des concentrations dans la rivière Sainte-Anne sont un peu plus fortes, atteignant respectivement 30 %, 49 % et 36 % à la station la plus exposée à l'apport de la rivière Charest. Dans le cas du fer, du nickel, du plomb, du zinc et du potassium, les hausses des concentrations dans la rivière Sainte-Anne sont statistiquement significatives, mais elles demeurent modestes.

Le plomb est le seul métal pour lequel l'apport de la rivière Charest entraîne des dépassements de critères de qualité de l'eau dans la rivière Sainte-Anne. Pour ce métal, sur la rive droite de la rivière Sainte-Anne, le critère chronique pour la protection de la vie aquatique est dépassé dans un échantillon sur quatre. Toutefois, il est improbable que ces dépassements de critère aient des impacts sur la vie aquatique, car ils sont de faible amplitude et sont entrecoupés de périodes de compensation durant lesquelles les concentrations sont inférieures au critère.

L'étude confirme toutefois la présence de métaux en concentrations élevées dans le tronçon terminal de la rivière Charest. Dans le cas du plomb notamment, les concentrations étaient, lors des quatre tournées d'échantillonnage, de 1,7 à 5,4 fois plus élevées que le critère chronique pour la protection de la vie aquatique. Le critère du zinc a aussi été largement dépassé lors de l'une de ces tournées d'échantillonnage.

Ces résultats et ceux de la première étude, réalisée en 2002-2003, montrent que l'ancien site minier de Notre-Dame-de-Montauban a peu ou pas d'effets sur la rivière Sainte-Anne, mais qu'il libère encore des métaux en quantités suffisantes pour causer d'importants dépassements de critères de qualité de l'eau sur tout le parcours de la rivière Charest.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BERRYMAN, D., D. THOMASSIN et C. VIEL, 2006. *L'effet de l'ancien site minier de Notre-Dame-de-Montauban sur les teneurs en métaux des rivières Batiscan et Sainte-Anne*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec et Direction régionale du centre de contrôle environnemental de la Mauricie et du Centre-du-Québec, ISBN 2-550-45095-7 (PDF), Envirodoq n° ENV/2005/0154, rapport n° QE/163, 12 p.

MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS (MDDEP), 2006. « Critères de qualité de l'eau de surface au Québec », dans le site du *ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du gouvernement du Québec*, [En ligne]. http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/index.htm (page consultée le 25 janvier 2007).

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

CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC (CEAEQ), 2006b. *Terminologie recommandée pour l'analyse des métaux*, Québec, Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, 13 p.

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

Annexe 1 Contrôle de qualité

En plus des procédures suivies au laboratoire pour assurer la qualité des analyses, un contrôle de la qualité de l'échantillonnage a été réalisé par l'analyse de blancs. Les blancs sont des bouteilles identiques à celles utilisées pour l'échantillonnage et préparées de la même façon, mais au lieu d'être remplies d'eau de rivière, elles sont remplies d'eau NANOpure®, au laboratoire, avant le départ sur le terrain.

Il y a en fait deux types de blancs : les blancs de transport et les blancs de terrain. Les blancs de transport suivent les échantillons durant toute la procédure d'échantillonnage, mais ne sont pas décapsulés sur le terrain. Ils intègrent la contamination attribuable à la verrerie, au transport du matériel en camion, aux manipulations en laboratoire et à l'exposition à l'air au laboratoire. Les blancs de terrain aussi suivent les échantillons durant toute la tournée d'échantillonnage, mais à la différence des blancs de transport, ils sont décapsulés sur le terrain, durant le temps normalement requis pour la prise d'un échantillon. Ils intègrent donc les mêmes sources de contamination que les blancs de transport, en plus des manipulations et de l'exposition à l'air sur le terrain.

Un blanc de transport et un blanc de terrain ont été réalisés lors des tournées d'échantillonnage des 7 et 15 septembre et du 4 octobre 2005. Ils ont été analysés pour les mêmes métaux que les échantillons d'eau de rivière. Seulement 18 des 144 résultats d'analyse des blancs dépassent les limites de détection. Ces cas sont rapportés dans le tableau A1.

L'aluminium et l'uranium sont les seuls métaux pour lesquels on constate une contamination fréquente des blancs, soit cinq ou six blancs sur six. Dans le cas de l'aluminium, il y a une très légère contamination des blancs de transport, soit 0,2 et 0,3 µg/l, alors que la limite de détection est de 0,1 µg/l. Les manipulations sur le terrain ont ajouté une certaine contamination, puisque les blancs de terrain varient de 0,7 à 3,3 µg/l. Cette contamination est très faible et sans influence réelle sur les résultats, car les concentrations en rivière sont beaucoup plus élevées, soit de 140 à 430 µg/l.

La détection de la contamination des blancs en uranium est attribuable à la très basse limite de détection de ce métal, soit 0,0008 µg/l. Cette contamination (0,0011 à 0,0098 µg/l) n'a aucune incidence sur la qualité des résultats, puisqu'elle demeure inférieure aux concentrations mesurées dans les échantillons d'eau provenant des rivières (0,03 à 0,11 µg/l). Seul un blanc de transport, à 0,0098 µg/l, s'approche du minimum mesuré en rivière de 0,03 µg/l.

Le blanc de terrain du 4 octobre présente également une légère contamination en baryum, en fer, en manganèse et en strontium. Des traces de manganèse, de plomb et de strontium ont également été détectées dans le blanc de terrain du 7 septembre. Comme le montre le tableau A1, ces contaminations sont minimales comparativement aux concentrations mesurées en rivière, sauf dans le cas du plomb, dont les traces (0,03 µg/l) dans le blanc de terrain du 7 septembre s'approchent du minimum de 0,15 µg/l mesuré en rivière.

On peut conclure de l'ensemble de ces résultats que la contamination procédurale était limitée et sous contrôle. Les concentrations de métaux dans les échantillons représentent les concentrations réelles en rivière et ne sont que peu ou pas influencées par la contamination procédurale.

Tableau A1 Valeurs au-dessus de la limite de détection obtenues dans les blancs de transport et les blancs de terrain

Métal Type de blanc	Date	Station	Limite de détection (µg/l)	Concentrations en rivière ¹		Résultat dans le blanc (µg/l)
				minimum (µg/l)	maximum (µg/l)	
Aluminium			0,1	140	430	
Terrain	2005-09-07	4				1,3
Terrain	2005-09-15	5				0,7
Terrain	2005-10-04	4				3,3
Transport	2005-09-07					0,2
Transport	2005-10-04					0,3
Baryum			0,02	8,8	18	
Terrain	2005-10-04	4				0,02
Fer			0,5	360	1 200	
Terrain	2005-10-04	4				0,9
Manganèse			0,004	9,8	85	
Terrain	2005-09-07	4				0,008
Terrain	2005-10-04	4				0,023
Plomb			0,02	0,15	3,1	
Terrain	2005-09-07	4				0,03
Strontium			0,004	24	78	
Terrain	2005-09-07	4				0,004
Terrain	2005-10-04	4				0,008
Uranium			0,0008	0,03	0,11	
Terrain	2005-09-07	4				0,0017
Terrain	2005-09-15	5				0,014
Terrain	2005-10-04	4				0,0012
Transport	2005-09-07					0,0011
Transport	2005-09-15					0,0098
Transport	2005-10-04					0,0016

¹ Gamme de concentrations pour l'ensemble des stations et tournées d'échantillonnage.