



Suivi de la qualité de l'eau et des sédiments de la rivière
Bourlamaque et du ruisseau Manitou – ancien site minier Manitou

Rapport technique

N/D : GP698-02-17

V/D : 2017-0151-02

10 janvier 2018

ÉQUIPE DE PROJET

GRUPE HÉMISPÈRES

Pierre Vuaillet	Ingénieur (MSc) chargé de projet
Simon Barrette	Biologiste (MSc) directeur de projet
Laurent Fraser	Biologiste (MSc) rédaction
Julie Camy	Géographe (MSc), géomatique (Master), géomatique et cartographie

Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles

Olivia Dawson	Ingénieur, chargée de projet – Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN)
Robert Lacroix	Ingénieur, (MSc A.), chargé de projet - Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN)

Organisme de bassin versant - Abitibi Jamésie

Cédric DeMarneffe	Géologue, échantillonnage
Philippe Gervais	Étudiant à l'institut de recherche en mines et environnement de l'UQAT, échantillonnage



Recyclable et fait de papier recyclé à 100%.
Papier fabriqué avec de l'énergie éolienne et contribuant à l'utilisation responsable des ressources forestières.

Ce rapport a été formaté pour une impression recto verso.

Révision et publication		
Numéro	Date	Modification ou détail de publication
00	2017-12-12	Rapport technique préliminaire
01	2018-01-08	Rapport technique
02	2018-01-09	Rapport technique
03	2018-01-10	Rapport technique

V:\Contrat en cours\GP698-02-17_Qual_Eau_Manitou_Val_dOr\Rapport\Rapport Client\Hemis_GP698-02-17_rapport_SuiviQualitéManitou_180110_VF03.docx

Rédigé par :


Laurent Fraser
Biologiste, MSc

Vérifié par :


Simon Barrette
Biologiste, MSc
ABQ #3577



Pierre Vuaillet, ing.
Chargé de projets, MSc

La citation appropriée pour ce document est :

Groupe Hémisphères (2017) *Suivi de la qualité de l'eau de la rivière Bourlamaque et du ruisseau Manitou – ancien site minier Manitou*. Rapport technique réalisé pour le ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, 35 pages et 5 annexes.

PORTÉE ET LIMITATIONS

Ce document est publié conformément et sous réserve d'un accord entre le Groupe Hémisphères inc. et le ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN) pour lequel il a été préparé. Il est limité aux questions qui ont été soulevées par le MERN dans les documents d'appel d'offres et préparé en utilisant les niveaux de compétence et de diligence normalement exercés par des scientifiques en environnement dans la préparation d'un tel document. Ce document est destiné à être lu comme un tout et des sections ou des parties ne doivent donc pas être lues, utilisées ou invoquées hors de leur contexte. Le document est confidentiel et la propriété du MERN. La reproduction de ce document en entier ou en partie est autorisée sous réserve de faire référence à Groupe Hémisphères comme en étant l'auteur.

Sauf si explicitement indiqué, les inventaires physiques, floristiques et fauniques d'une aire d'étude peuvent ne pas avoir l'envergure nécessaire pour satisfaire aux lois et règlements en vigueur. Une demande de permis aux autorités requiert fréquemment plusieurs documents de soutien qui couvrent l'ensemble des composantes sensibles à un niveau d'effort convenu ou à déterminer. D'autre part, les analyses et discussions à caractère légal sont à titre indicatif et devraient être soumises pour avis auprès des différentes autorités responsables avant leur utilisation.

Lors de la préparation de ce document, Groupe Hémisphères a suivi une méthodologie et des procédures et pris les précautions appropriées au degré d'exactitude visé, en se basant sur ses compétences professionnelles en la matière et avec les précautions qui s'imposent. Groupe Hémisphères est d'opinion que les recommandations issues de ce rapport doivent être considérées comme valides avec une marge d'erreur raisonnable pour ce type d'étude. À moins d'indication contraire, Groupe Hémisphères n'a pas contrevérifié les hypothèses, données et renseignements en provenance du MERN et autres sources sur lesquels peuvent être fondés son opinion. Groupe Hémisphères n'en assume nullement l'exactitude et décline toute responsabilité à leur égard.

Toute personne ou organisation qui s'appuie sur ou utilise ce document à des fins ou pour des raisons autres que celles convenues par Groupe Hémisphères et le MERN sans avoir obtenu au préalable le consentement écrit de l'une ou l'autre des parties, le fait à ses propres risques. Groupe Hémisphères décline toute responsabilité envers le MERN et les tiers en ce qui a trait à l'utilisation (publication, renvoi, référence, citation ou diffusion) du présent document, ainsi que toute décision prise ou action entreprise sur la foi dudit document par quelque tiers que ce soit.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES TABLEAUX.....	V
LISTE DES FIGURES	V
LISTE DES ANNEXES	VI
1 INTRODUCTION.....	1
2 MÉTHODOLOGIE.....	2
2.1 CALENDRIER DES CAMPAGNES	2
2.2 STATIONS D'ÉCHANTILLONNAGE	2
2.3 QUALITÉ DE L'EAU DE SURFACE	3
2.3.1 Technique d'échantillonnage.....	3
2.3.2 Bioessais sur l'eau de surface	4
2.3.3 Analyse des données	4
2.4 SÉDIMENTS	4
2.4.1 Techniques d'échantillonnage	4
2.4.2 Bioessais sur les sédiments	4
2.5 ANALYSES STATISTIQUES	5
3 RÉSULTATS ET DISCUSSION.....	6
3.1 DESCRIPTION DE L'AIRES D'ÉTUDE	6
3.2 EAU DE SURFACE	7
3.2.1 Physicochimie.....	7
3.2.2 Ions	9
3.2.3 Métaux	11
3.2.4 Matière en suspension et sulfates.....	21
3.2.5 Potentiel toxicologique de l'eau	22
3.3 SÉDIMENTS	24
3.3.1 Granulométrie	24
3.3.2 pH et sulfates	24
3.3.3 Métaux	24
3.3.4 Potentiel toxicologique des sédiments.....	31
4 CONCLUSION.....	33
5 ASSURANCE QUALITÉ.....	35
6 RÉFÉRENCES	35

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Coordonnées géographiques des stations d'échantillonnage	2
Tableau 2. Type de végétation aquatique et terrestre	3
Tableau 3. Paramètres analysés.....	3
Tableau 4. Description des stations d'échantillonnage – 2017	6
Tableau 5. Moyennes et extremums des paramètres analysés pour l'eau de surface – rivière Bourlamaque – 2017	19
Tableau 6. Valeurs moyennes, minimales et maximales pour les sédiments — rivière Bourlamaque — 2017	29

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Physicochimie — rivière Bourlamaque — juin 2017	7
Figure 2. Physicochimie — rivière Bourlamaque — septembre 2017.....	8
Figure 3. Ions majeurs — rivière Bourlamaque — juin 2017	9
Figure 4. Ions majeurs — rivière Bourlamaque — septembre 2017.....	10
Figure 5. Métaux dans l'eau de surface — rivière Bourlamaque — juin 2017	15
Figure 6. Métaux dans l'eau de surface — rivière Bourlamaque — septembre 2017	17
Figure 7. Matière en suspension et sulfates — rivière Bourlamaque — 2017	21
Figure 8. Bioessais sur l'eau de la rivière Bourlamaque et du ruisseau Manitou - 2017.....	23
Figure 9. pH et sulfates des sédiments — rivière Bourlamaque — 2017.....	24
Figure 10. Métaux dans les sédiments — rivière Bourlamaque — juin 2017.	27
Figure 11. Métaux dans les sédiments — rivière Bourlamaque — septembre 2017.....	28
Figure 12. Bioessais sur les sédiments de la rivière Bourlamaque —2017	32

LISTE DES ANNEXES

Annexe I Programme de terrain

Annexe II Carte de localisation des stations d'échantillonnage et de la station ES-Cr4 du site minier
East Sullivan

Annexe III Reportage photographique

Annexe IV Données brutes

Annexe V Certificats de laboratoire

1 INTRODUCTION

Le ruisseau Manitou draine le parc à résidus miniers du même nom et transporte divers contaminants jusqu'à la rivière Bourlamaque en Abitibi-Témiscamingue. Suite à la faillite du gestionnaire de l'époque, l'État a décidé d'agir sur ce site minier abandonné. Voyant l'influence de l'eau de Manitou sur la qualité de l'eau de la rivière Bourlamaque, le ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN) a pris des mesures afin d'assurer la restauration du site maintenant inscrit au passif environnemental du MERN.

Depuis 2008, des travaux ont été réalisés afin de confiner les résidus à l'intérieur de l'enceinte de ce parc à résidus. Des digues ont été construites et des fossés de drainage ont été aménagés de façon à isoler les eaux de ruissellement du ruisseau Manitou et de la rivière Bourlamaque. Les résidus miniers qui s'étaient accumulés sur la plaine inondable du ruisseau Manitou ont été excavés et retirés du milieu. Présentement, des travaux de restauration ont cours sur le site. Ces derniers consistent au recouvrement des résidus miniers générateurs d'acide par ceux de l'exploitation de la mine Goldex qui ont un potentiel neutralisant (non acidifiants, non lixiviables et ne contiennent pas de sulfures).

En 2011, un portrait du milieu biophysique a été réalisé par Dessau (Dessau, 2014) pour évaluer les effets des travaux de restauration réalisés au site Manitou. Les résultats ont montré que malgré les travaux de restauration, le parc à résidus miniers Manitou exerce toujours une influence sur la qualité de l'habitat aquatique de la rivière Bourlamaque. Ces résultats indiquent également que l'état de l'habitat aquatique s'est amélioré depuis les études réalisées au début des années 2000. Ce même suivi a été répété en 2014 (LVM, 2015) puis en 2016 (Groupe Hémisphères, 2016). Ces suivis ont permis de démontrer que la qualité de l'eau du ruisseau Manitou s'est grandement améliorée depuis 2011. Toutefois, aucune évolution notable n'est observée au niveau de la qualité des sédiments (LVM, 2015).

Afin de répondre à un décret émis par le gouvernement fédéral, le ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN) désire effectuer un suivi environnemental de la rivière Bourlamaque et du ruisseau Manitou pour la saison 2017.

L'objectif principal du présent mandat est d'effectuer le suivi de la qualité de l'eau et des sédiments de la rivière Bourlamaque et du ruisseau Manitou pour la saison 2017. Ces travaux visent principalement l'échantillonnage de l'eau et des sédiments à divers endroits dans la rivière et dans le ruisseau afin d'en identifier l'état de contamination. De plus, des bioessais sur divers organismes aquatiques permettent de déceler le potentiel toxicologique de l'eau et des sédiments des deux cours d'eau.

2 MÉTHODOLOGIE

Un programme d'assurance et de contrôle de la qualité, ainsi qu'un programme santé et sécurité ont été conçus pour ce mandat et sont présentés dans le *Programme de terrain* à l'Annexe I. Les détails de ces programmes ne seront pas répétés ici par souci de concision et de clarté. Les détails du matériel et de la méthode utilisés pour cet échantillonnage sont présentés dans ce même document, mais sont tout de même répétés à la section suivante afin de permettre au lecteur de bien comprendre les résultats.

2.1 Calendrier des campagnes

La première campagne d'échantillonnage a été réalisée durant la crue printanière, soit du 28 mai au 1^{er} juin 2017. La deuxième campagne d'échantillonnage a été réalisée en étiage, soit du 18 au 22 septembre 2017.

2.2 Stations d'échantillonnage

Les stations d'échantillonnage sont celles fournies par le MERN et présentées à la figure de l'Annexe II. Le Tableau 1 présente les coordonnées des stations d'échantillonnage.

Tableau 1. Coordonnées géographiques des stations d'échantillonnage

Plan d'eau	Station	Coordonnées UTM zone 18		Distance de l'embouchure (km)
		Nord	Ouest	
Bourlamaque	BOU	5319104	292208	44,0
Bourlamaque	2	5325812	295477	38,9
Bourlamaque	2.3	5326737	298017	35,1
Émissaire du site minier East-Sullivan	ES*	5326979	298865	s.o.
Bourlamaque	2.7	5326354	299061	33,4
Bourlamaque	3	5326381	299292	33,1
Bourlamaque	4	5326610	299616	31,6
Émissaire du site minier Manitou	MAN	5327152	300442	s.o.
Bourlamaque	5	5327782	300008	31,3
Bourlamaque	5.5	5328732	300943	29,8
Bourlamaque	6	5329241	301070	29,3
Bourlamaque	6.5	5330193	302108	27,5
Bourlamaque	7	5332903	299389	22,3
Bourlamaque	9	5335592	301192	16,1
Bourlamaque	10	5338194	303155	10,9

* : correspond à la station ES-Cr4 du suivi du site minier East-Sullivan effectué annuellement par le MERN

Une description détaillée de chaque station d'échantillonnage fut faite lors de la seconde campagne afin d'aider dans l'interprétation des résultats de la qualité de l'eau. Quatre (4) photos furent prises à chacune des stations afin de montrer l'aval, l'amont, la berge gauche et la berge droite. Ces photos sont présentées à l'Annexe III. Une description structurelle de la végétation aquatique et riveraine fut également faite. Celle-ci détaille le type de végétation (Tableau 2) et le pourcentage de recouvrement du littoral ou de la berge.

Tableau 2. Type de végétation aquatique et terrestre

Végétation aquatique	Végétation terrestre
Submergée	Muscinale
Flottante	Herbacée
Émergente	Arbustive
	Arborescente

La morphométrie sommaire des berges fut également notée en détaillant la pente (0-10 %, 10-30 %, >30 %) et la stabilité (pourcentage de la berge en processus d'érosion). Tout autre détail digne de mention fut également noté (ex. débris, perturbation, embâcle, etc.) et photographié.

2.3 Qualité de l'eau de surface

La méthodologie d'échantillonnage de l'eau de surface est conforme à ce qui a été fait précédemment afin de permettre la comparaison des données obtenues.

2.3.1 Technique d'échantillonnage

Par souci de répliquabilité, les techniques d'échantillonnage proposées sont les mêmes que celles de LVM (2015).

Pour chaque station à l'exception des stations MAN et ES, l'eau fut prélevée à trois profondeurs, soit à la surface, à mi-hauteur entre la surface et le lit de la rivière, et à environ 30 cm au-dessus du lit de la rivière afin de former un échantillon composite. Cette opération fut répétée trois fois par station afin de former un triplicata, soit à droite, au centre et à gauche le long d'une coupe perpendiculaire au lit. Pour les stations MAN et ES, l'eau ne fut prélevée qu'à mi-hauteur de la colonne d'eau compte tenu de la faible profondeur d'eau.

Les fractions d'échantillon d'eau de surface furent prélevées directement dans les flacons d'analyse fournis par le laboratoire. Pour les deux fractions en profondeur, un échantillonneur Van Dorn fut utilisé. Il est à noter que l'échantillonneur Van Dorn fut reconditionné entre chaque station avec de l'Alconox et de l'eau distillée afin d'éviter la contamination croisée entre les échantillons. Le rinçage fut effectué selon la procédure détaillée dans le *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales, cahier 1*, du Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (MDDEP, juillet 2008). Les échantillons furent conservés sur glace et transmis au laboratoire par l'intermédiaire du transporteur ExpédiBus dans un délai de 48 h. Chaque paramètre a été analysé en triplicata à deux reprises dans l'année, juin et septembre, et accompagné de blancs de terrain et de lavage.

Les paramètres analysés sont ceux proposés par le MERN et présentés au Tableau 3. Les concentrations mesurées sont comparées aux critères d'exposition du MDDELCC (2013) pour la protection de la vie aquatique (effet aigu et chronique) et à ceux du CCME (1999) pour la protection de la vie aquatique.

Tableau 3. Paramètres analysés

Physico-chimie	Ions et azote	Métaux	
pH	Calcium	Aluminium	Fer
Température	Magnésium	Arsenic	Nickel
Conductivité	Dureté	Cadmium	Plomb
MES	Sulfates	Cuivre	Zinc

Une sonde multiparamétrique Hanna (HI-9828060-1) fut également utilisée pour prendre des mesures de pH, de température et de conductivité *in situ*. La sonde fut calibrée avant chaque campagne d'échantillonnage et vérifiée tous les jours de terrain.

2.3.2 Bioessais sur l'eau de surface

Des bioessais ont été effectués sur l'eau des stations 2.7 (témoin), MAN, 5, 6 et 7. L'eau fut prélevée selon la méthode décrite à la section 2.3.1. Ces bioessais ont porté sur l'inhibition de croissance d'une algue verte, *Pseudokirchneriella subcapitata* (SPE1/RM/25 – 2^e éd.), de la lentille d'eau, *Lemna minor* (SPE1/RM/37 – 2^e éd.), ainsi que sur l'inhibition de reproduction et sur la mortalité d'un cladocère, *Ceriodaphnia dubia* (SPE1/RM/21 – 2^e éd.). Les CI25 et CL50 ont été calculées.

2.3.3 Analyse des données

La moyenne des triplicata a été utilisée pour fournir une meilleure estimation des concentrations dans l'environnement, plutôt que la médiane comme dans les études précédentes. La médiane peut s'avérer intéressante pour un grand jeu de données où le risque de présence de valeurs aberrantes est élevé. Cependant, avec seulement trois valeurs, la médiane peut facilement s'écarter de la réalité et il en résulte une perte d'information des deux autres sous-échantillons non sélectionnés. Cette approche a donc été sélectionnée en prévoyant l'élimination ponctuelle des données aberrantes, le cas échéant. Lorsque les concentrations étaient sous la limite de détection, la moitié de la valeur de la limite de détection a été utilisée pour calculer les moyennes présentées sur les graphiques.

2.4 Sédiments

2.4.1 Techniques d'échantillonnage

Tout comme pour l'eau, trois échantillons de sédiments furent prélevés à chaque station d'échantillonnage lors des deux campagnes — un échantillon au centre, un près de la rive droite et l'autre à gauche. Les échantillons ont été prélevés à l'aide d'une benne petite Ponar puis transférés dans les contenants d'analyses fournis par les laboratoires. Les échantillons ont été conservés sur glace, puis ont été transmis aux laboratoires dans un délai de 24 h, pour les dosages chimiques et essais de toxicité.

Les échantillons de sédiments ont été envoyés à Eurofins pour une analyse granulométrique et sédimentométrique ainsi que pour des dosages chimiques. Les paramètres analysés sont les métaux (aluminium, arsenic, cadmium, cuivre, fer, nickel, plomb et zinc), le pH et les sulfates. Ces résultats sont ensuite comparés aux recommandations provisoires pour la qualité des sédiments (RPQS) et à la concentration produisant un effet probable (CEP) du CCME.

2.4.2 Bioessais sur les sédiments

Comme pour le potentiel toxicologique de l'eau, celui des sédiments a été analysé aux stations 2.7 (témoin), MAN, 5, 6 et 7 par Aquatox par l'intermédiaire d'Eurofins. Les bioessais ont porté sur la survie et la croissance des larves de chironomides (*Chironomus dilutus*) et d'un amphipode (*Hyalella azteca*) soit deux espèces dulcicoles. Les méthodes employées suivent celles recommandées par Environnement Canada (SPE 1/RM/32 et SPE 1/RM/33).

Les échantillons transmis au laboratoire sont composés du mélange des triplicata prélevés. Ces trois échantillons sont mélangés sur place dans un seau. Le volume restant est ensuite comblé par de l'eau du site afin d'isoler les sédiments de l'air ambiant.

Des ANOVA/Tuckey-Kramer ont été réalisés par le laboratoire pour les différences de croissance et un test exact de Fisher pour la mortalité.

2.5 Analyses statistiques

Certaines des observations sont faites en considérant les portions de rivière par rapport aux stations ES et MAN afin de détecter l'effet de ces tributaires sur la rivière Bourlamaque. Trois segments, en plus des stations ES et MAN, sont séparés comme suit : le segment 1 (amont de l'embouchure de l'émissaire du site minier East-Sullivan) regroupe les stations BOU, 2, 2.3 ; le segment 2 (entre l'embouchure des émissaires des sites miniers East-Sullivan et Manitou) regroupe les stations 2.7, 3 et 4 ; puis le segment 3 (aval de l'embouchure de l'émissaire du site minier Manitou) regroupe les stations 5, 5.5, 6, 6.5, 7, 9 et 10.

Lorsque jugés nécessaires, des tests statistiques ont été faits afin de soulever les différences significatives entre les segments. Le test t de Student a été sélectionné lorsque les données respectaient les assumptions de départ (principalement une distribution normale des données) avec un seuil $\alpha = 0,05$. Une valeur de probabilité (p) inférieure à α indique une différence significative entre les deux groupes.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les données brutes sont présentées à l'Annexe IV et les certificats d'analyses des différents laboratoires sont joints à l'Annexe V.

3.1 Description de l'aire d'étude

L'aire d'étude est essentiellement la rivière Bourlamaque, ainsi que deux stations d'échantillonnage dans des émissaires de sites miniers (stations MAN et ES). Le tronçon de rivière à l'étude s'étend de l'amont du lac Bourlamaque (Station BOU) à l'aval du lac Colombière (Station 10).

Le recouvrement de la végétation aquatique et riveraine, ainsi que les pentes et l'érosion des rives ont été colligées et sont présentées au Tableau 4. La station ES est complètement canalisée au point d'échantillonnage, la caractérisation n'a donc pu être réalisée. L'Annexe III présente un reportage photo à consulter en même temps que le Tableau 4 pour avoir un meilleur aperçu de l'aire d'étude.

Tableau 4. Description des stations d'échantillonnage – 2017

Station	Rive*	Prof. (m)	Recouvrement (%)							Morphologie		Commentaires
			Végétation aquatique			Végétation riveraine				Pente (classe**)	Érosion (classe***)	
			Submergée	Flottante	Émergente	Muscinale	Herbacée	Arbustive	Arborescente			
BOU	G	1.7	0	30	10	0	45	90	5	1	0	
	D		0	20	10	0	40	90	10	1	0	
2	G	1.2	0	20	20	10	40	50	5	1	1	
	D		10	30	20	5	40	50	10	1	0	
2.3	G	2	1	5	2	5	15	85	5	1	0	
	D		2	10	29	5	10	85	5	1	0	
ES												
2.7	G	1.7	0	2	0	1	20	50	10	1	1	
	D		2	5	10	1	70	20	0	1	0	
3	G	2.2	20	40	40	5	40	40	15	1	0	
	D		10	30	60	5	40	40	15	1	0	
4	G	6	4	4	10	1	30	50	20	1	0	
	D		1	0	2	1	40	50	5	1	0	
MAN	G	0.5	30	0	20	5	90	5	0	1	0	
	D		30	0	20	5	90	5	0	1	0	
5	G	1.1	3	3	4	10	40	40	15	1	2	
	D		10	10	10	15	40	10	0	1	1	
5.5	G	3.8	0	5	50	10	15	0	0	1	3	Route
	D		20	20	40	1	15	60	20	1	1	
6	G	2.8	0	0	2	20	40	10	30	1	1	
	D		0	0	2	10	15	10	0	2	2	Dénudé
6.5	G	nd	0	0	20	5	0	10	85	2	1	
	D		2	4	4	10	10	5	10	2	3	
7	G	3.8	0	0	0	20	15	5	1	3	3	Rives à nu
	D		0	0	0	20	20	10	5	3	3	
9	G	3.5	35	10	5	5	30	60	5	1	1	
	D		20	20	10	10	80	0	0	1	1	
10	G	6	5	20	5	5	40	45	10	1	1	
	D		5	15	10	0	55	35	10	1	1	

* Rive: G = gauche, D = droite

** classe de pente: 1 = 0-10%, 2 = 11-30%, 3 = >30%

***classe de proportion de rive affectée: 1 = 0-10%, 2 = 11-30%, 3 = >30%

La végétation aquatique en date de septembre 2017 fut moins abondante qu'en 2016. Aux deux premières stations le long de la rivière Bourlamaque, soit BOU et 2, la végétation flottante domine la végétation aquatique. La végétation émergente est plus représentée aux stations 2.3 à 6.5. Toutefois, il est à noter que très peu voire aucune végétation aquatique n'est présente aux stations 4, 6, 6.5 et 7. Finalement, aux stations 9 et 10 ainsi que dans le ruisseau Manitou c'est la végétation submergée qui domine la communauté.

Tout comme en 2016, assez peu de végétation est présente aux stations 6, 6.5 et 7. Ces stations présentent une pente ainsi qu'un degré d'érosion beaucoup plus important qu'aux autres stations ce qui suggère un environnement inhospitalier pour la végétation. En effet, la station 6.5 se trouve sous le pont de la 117 et les rives de la station 7 sont totalement dénudées.

Au niveau des rives, la végétation est principalement arbustive et herbacée. La présence de mousses y est marginale quoi qu'un peu plus importante dans le segment 3. Finalement, la présence d'arbres est très peu importante à l'exception de la berge gauche de la station 6.5.

Les pentes des rives sont douces le long du tronçon à l'étude de la rivière Bourlamaque à l'exception du segment entre les stations 6 et 7. Il s'agit effectivement d'une zone plus encastrée où les effets de la crue sont plus importants. Ceux-ci se traduisent d'ailleurs par des rives en érosion plus importante dans ce segment. Des signes d'érosion ont également été notés aux stations 2, 2.7, 5, 5.5, 9 et 10. Ces sites présentent peu de végétation riveraine les rendant plus susceptibles à l'érosion par les crues.

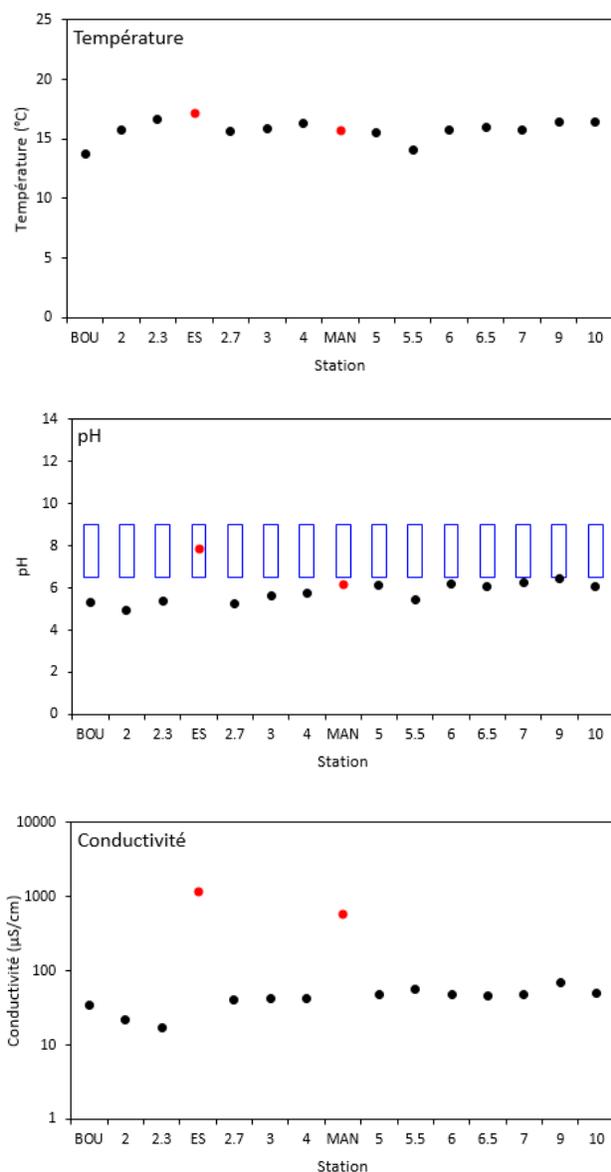


Figure 1. Physicochimie — rivière Bourlamaque — juin 2017

Les rectangles bleus représentent le spectre de pH recommandé par le CCME.

Conductivité : échelle logarithmique

3.2 Eau de surface

Les données brutes et les certificats d'analyse de la qualité de l'eau sont présentés aux Annexes IV et V respectivement.

3.2.1 Physicochimie

Échantillonnage en crue

En juin, les températures étaient relativement homogènes tout le long de la rivière Bourlamaque et dans le ruisseau Manitou avec des températures de $15,7 \pm 0,8$ °C (Figure 1). Seules les stations ES et BOU présentent des températures déviant de cette moyenne.

L'eau de la rivière Bourlamaque a un pH moyen de $5,8 \pm 0,5$ (Figure 1). La rivière présente des valeurs aussi basses que 4,92 (station 2). De plus, seule l'eau en provenance du site minier East-Sullivan possède un pH dans les recommandations du CCME. Finalement, une légère basification au fil de la rivière est observée. Les stations du segment 1 présentent un pH très bas ($5,4 \pm 0,4$) suggérant que la rivière Bourlamaque soit naturellement acide, ou du moins la portion en amont des sites miniers à l'étude.

La conductivité de la rivière Bourlamaque est normale pour la région avec une moyenne de 44 ± 17 µS/cm (Figure 1). Toutefois, les stations MAN et ES présentent des valeurs beaucoup plus

élevées, soit 588 ± 2 et 1190 ± 36 $\mu\text{S}/\text{cm}$ respectivement. Comparativement au segment 1, la conductivité des segments 2 et 3 est significativement plus élevée (*Student*, $p < 0.01$) passant de 25 ± 16 $\mu\text{S}/\text{cm}$ au segment 1 à 42 ± 7 $\mu\text{S}/\text{cm}$ au segment 2, puis à 52 ± 12 $\mu\text{S}/\text{cm}$ au 3^e segment. Cette tendance est similaire à celle observée en 2016 (Groupe Hémisphères, 2016).

Échantillonnage à l'étiage

Tout comme au printemps, les températures de septembre sont relativement homogènes le long de la rivière Bourlamaque avec une moyenne de $18,0 \pm 0,8$ °C (Figure 2).

Le pH est, comme au printemps, plutôt acide dans la rivière Bourlamaque, soit de $6,1 \pm 0,6$ (Figure 2). Toutefois, à cette période le pH des segments 2 et 3 ainsi que des stations ES et MAN tombe toujours dans l'intervalle recommandé par le CCME. D'ailleurs, il est encore possible de conclure que le pH du segment 3 est significativement plus basique que celui du segment 2 qui est aussi plus basique que celui du segment 1 (*Student* : $p < 0,01$).

La conductivité présente une augmentation par palier avec des valeurs de 20 ± 1 , 73 ± 17 et de 68 ± 13 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour les segments 1, 2 et 3 respectivement. Les stations ES et MAN (972 ± 7 et 943 ± 4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ respectivement) semblent donc avoir une influence sur la conductivité de la rivière, le segment 1 ayant une conductivité significativement plus basse que les deux autres segments (*Student* : $p < 0,0001$). Les valeurs dans la rivière restent tout de même à l'intérieur du spectre de conductivité des rivières du Québec qui se situe entre 20 et 339 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (MDDELCC, 2016) à l'exception des stations ES et MAN.

Les paramètres physicochimiques montrent que, tout comme dans les études passées (Dessau, 2014 et LVM, 2015), la qualité de l'eau du ruisseau Manitou diffère de celle de la rivière Bourlamaque. Cependant, l'augmentation du pH de l'amont vers l'aval et le pH plus élevé dans les émissaires des sites miniers suggèrent (du moins pour le site minier Manitou) que le recouvrement des résidus miniers générateurs d'acide par les résidus neutralisants de la mine Goldex fonctionne. Effectivement, les études de Dessau (2014) et

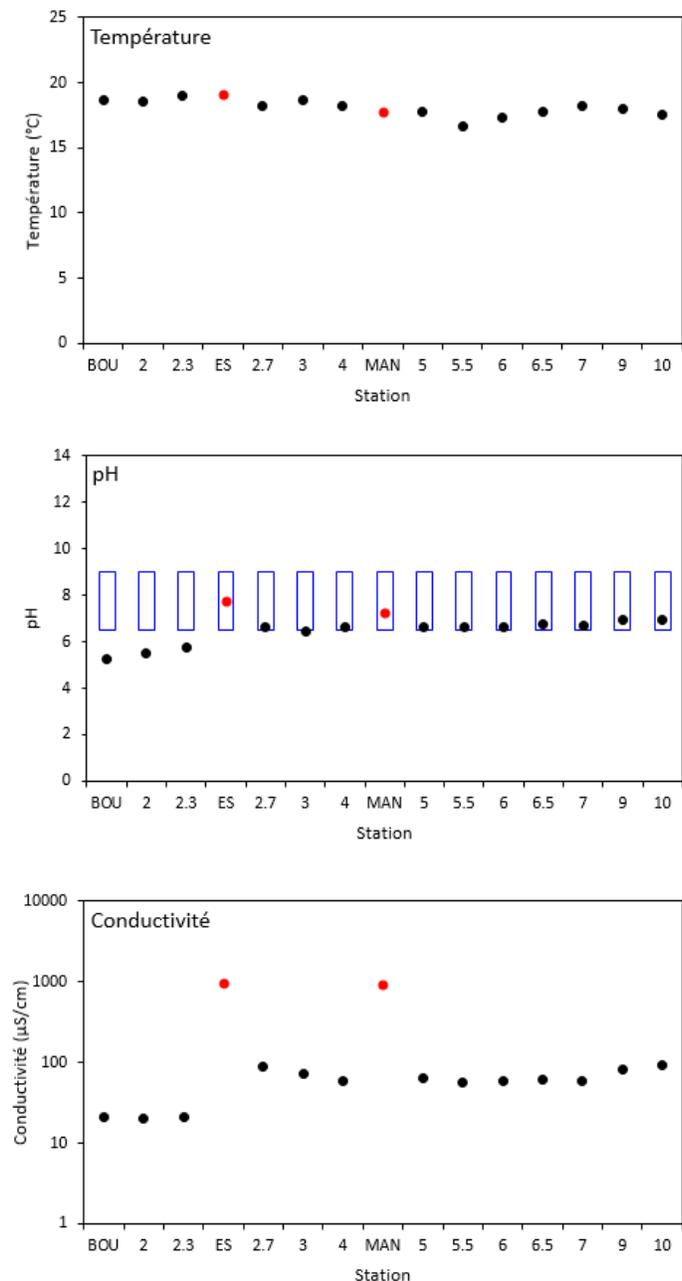


Figure 2. Physicochimie — rivière Bourlamaque — septembre 2017

Les rectangles bleus représentent l'intervalle de pH recommandé par le CCME.

Conductivité : échelle logarithmique

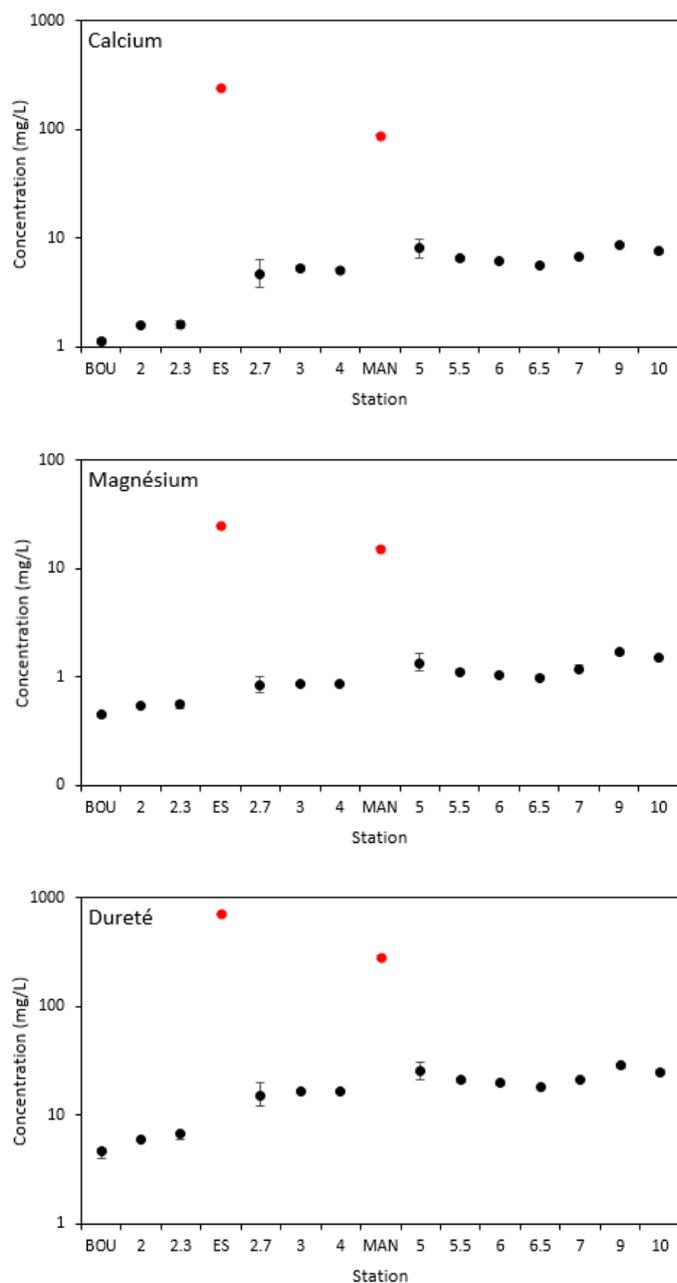


Figure 3. Ions majeurs — rivière Bourlamaque — juin 2017

Les barres verticales représentent les valeurs minimums et maximums
 Les axes des ordonnées sont logarithmiques

LVM (2015) montrent des pH inférieurs à 4 dans le ruisseau Manitou, contrairement à des pH toujours supérieurs à 6.1 en 2017.

3.2.2 Ions

Échantillonnage en crue

Le patron de variation du calcium, du magnésium et de la dureté est très semblable le long de la rivière Bourlamaque (Figure 3). Les concentrations maximales de ces trois paramètres, dans la rivière Bourlamaque, se trouvent toutes à la station 9.

Les stations ES et MAN présentent des concentrations beaucoup plus élevées pour ces trois paramètres. Des augmentations significatives (*Student* : $p < 0,0001$) en palier en aval de ces stations suggèrent une influence des émissaires des sites miniers correspondants sur les concentrations en ions de la rivière Bourlamaque.

Par exemple, la dureté moyenne de la rivière Bourlamaque est de $17,3 \pm 7,6$ mg/L. Toutefois, elle passe de $5,8 \pm 1,0$ mg/L dans le segment 1 à $16,0 \pm 2,2$ mL dans le segment 2 puis à $22,8 \pm 4,0$ mL dans le dernier segment en aval de Manitou. Dans les émissaires des sites miniers East-Sullivan et Manitou, la dureté est nettement supérieure avec des concentrations moyennes de $713,0 \pm 1,7$ et $283,3 \pm 5,1$ mg/L respectivement.

Les concentrations de calcium ($5,3 \pm 2,5$ mg/L) et de magnésium ($1,0 \pm 0,4$ mg/L) suivent le même patron d'augmentation en palier que la dureté.

Échantillonnage en étiage

Ici encore, le patron de variation est similaire entre les trois paramètres (Figure 4). Les concentrations de ces paramètres aux stations ES et MAN sont largement plus élevées et pourraient expliquer en partie l'augmentation observée le long de la rivière. Toutefois, aucune différence statistique n'est notée entre le segment 2 et 3. Cette fois, les concentrations maximales en calcium, magnésium et CaCO_3 sont observées à la station 2.7, soit en aval de l'émissaire du site minier East-Sullivan.

Concernant le calcium, la concentration moyenne dans la rivière Bourlamaque est de $7,0 \pm 3,3$ mg/L. La présence de palier d'augmentation est très apparente en aval de l'émissaire du site minier East-Sullivan, mais totalement absente pour le segment 3. Cela suggère une influence relativement plus importante de l'émissaire ES sur les concentrations en ions en période d'étiage.

On observe la même dynamique au niveau du magnésium avec une concentration moyenne de $1,3 \pm 0,3$ mg/L. Pour la dureté, une moyenne de $22,9 \pm 10,2$ mg/L de CaCO_3 est observée dans la rivière avec exactement le même patron de variation.

Par rapport à la campagne de juin, les concentrations moyennes de ces trois ions augmentent de la crue à l'étiage. Pour le calcium, la concentration passe de 5,3 à 7,0 mg/L de la crue à l'étiage, ce qui est une augmentation considérable. Le magnésium augmente de 1,0 à 1,3 mg/L. Finalement, la dureté passe de 17,3 à 22,9 mg/L de CaCO_3 de la crue à l'étiage.

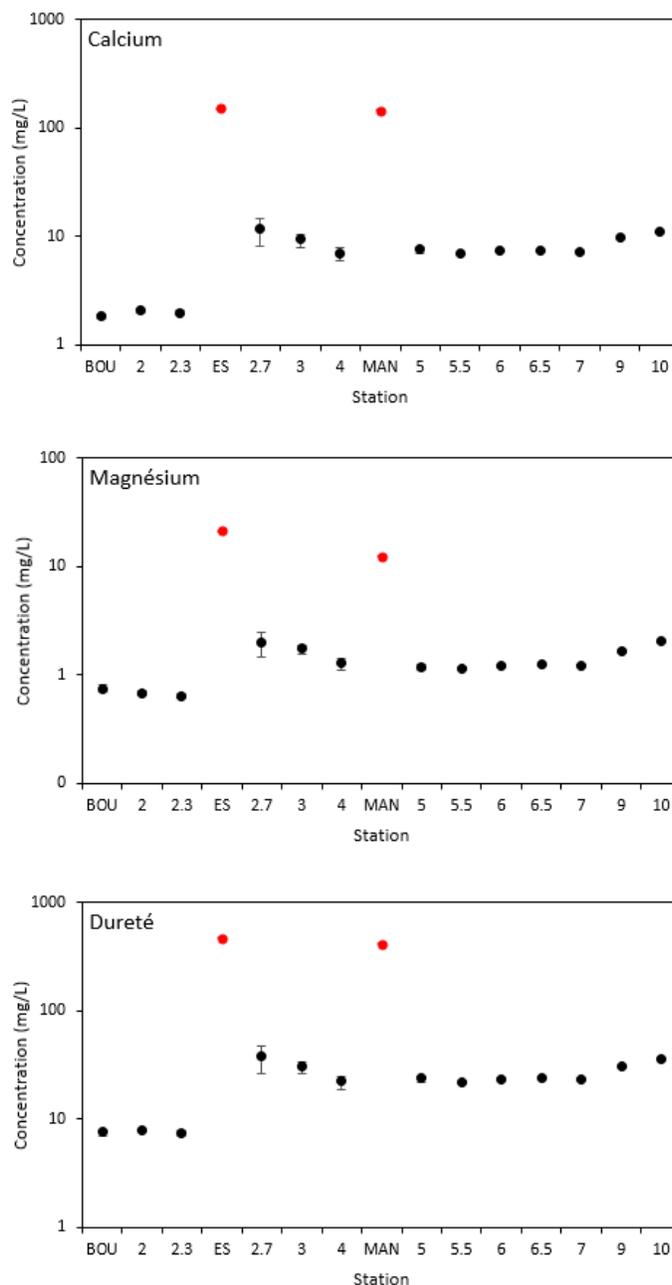


Figure 4. Ions majeurs — rivière Bourlamaque — septembre 2017

Les barres verticales représentent les valeurs minimums et maximums
Les axes des ordonnées sont logarithmiques

3.2.3 Métaux

Le Tableau 5 présente les résultats des analyses de laboratoire des échantillons d'eau prélevés. Les graphiques des concentrations des métaux le long de la rivière Bourlamaque sont quant à eux présentés aux Figure 5 et Figure 6.

Les critères d'exposition de certains métaux (Al, Cd, Cu, Ni, Pb et Zn) dépendent de la dureté ou du pH de l'eau. À la demande du ministère et comme il était fait dans les rapports précédents (Dessau, 2014 ; LVM, 2015 ; Groupe Hémisphères, 2016), les valeurs de dureté et de pH utilisées pour le calcul des critères du MDDELCC sont celles de la station BOU étant donné qu'ils sont les plus restrictifs. Puisque, la dureté et le pH de Bourlamaque augmentent significativement le long de la rivière, il est probable que les critères d'expositions calculés produisent de faux positifs ou négatifs en l'égard des métaux mentionnés.

Il est aussi important de noter que les émissaires des sites miniers East-Sullivan et Manitou semblent être des sources de CaCO₃ pour l'aval de la rivière Bourlamaque, ayant des duretés supérieures de plusieurs ordres de grandeur à celles mesurées à la station BOU. Effectivement, des bonds significatifs dans la dureté ont été relevés en aval de l'embouchure des émissaires des deux sites miniers (Figure 3 et Figure 4).

Aluminium

La rivière Bourlamaque présente une concentration en aluminium peu variable en période de crue, soit $0,47 \pm 0,07$ mg/L. En septembre, à l'étiage le patron est différent, elle est significativement plus élevée aux segments 1 et 2 ($0,72 \pm 0,20$ mg/L) qu'au segment 3 ($0,43 \pm 0,07$ mg/L ; *Student* : $p < 0,01$).

Les concentrations à la station BOU dépassent les critères du CCME et ceux des effets chroniques du MDDELCC à toutes les stations. De plus, certaines valeurs aux stations BOU, 2, 2.7 et 3 dépassent le critère d'effet aigu du MDDELCC en période d'étiage. Finalement, les concentrations en aluminium aux stations ES et MAN sont en général plus basses que celles des stations de la rivière Bourlamaque.

Les hautes valeurs des segments 1 et 2 ainsi que la tendance à la baisse observée au mois de septembre suggèrent une contamination en amont des stations échantillonnées ou une dilution par l'eau des émissaires des sites miniers. Contrairement à 2016, la station 10 ne présente pas de valeur significativement plus élevée que les autres stations. Il est à noter que les concentrations mesurées à la station MAN sont largement inférieures à celles mesurées aux stations du segment 3.

Arsenic

L'arsenic ne dépasse jamais les seuils des ministères aux stations échantillonnées. Comme relevé dans les études de 2014 et 2016 (LVM, 2015 ; Groupe Hémisphères, 2016), une tendance à l'augmentation à l'intérieur du segment 3 avec des valeurs assez élevées à la station 10 est observée.

Pour ce qui est des concentrations de la station MAN, une grande variation saisonnière est observée avec des valeurs de $0,0005 \pm 0,0001$ mg/L en juin et de $0,0027 \pm 0,0002$ mg/L en septembre. Néanmoins, ces concentrations ne semblent pas augmenter les teneurs en arsenic de la rivière Bourlamaque.

Cadmium

Les concentrations en cadmium étaient toutes sous la limite de détection ($0,0002$ µg/L) à l'exception de celle de la station MAN en juin, qui était de $0,0011 \pm 0,00006$ mg/L. Cette dernière est au-dessus du critère d'exposition chronique du MDDELCC ($0,00052$ mg/L) et dépasse marginalement celui d'exposition aiguë du CCME ($0,001$ mg/L).

La limite de détection du cadmium étant supérieure au critère d'exposition chronique du MDDELCC à de nombreuses stations, il n'est pas possible de statuer hors de tout doute sur ce critère.

Finalement, la concentration à la station MAN en septembre est sous le seuil d'effet aigu du MDDELCC pour la seconde année consécutive (Dessau, 2014 ; LVM, 2015 ; Groupe Hémisphères, 2016).

Cuivre

Le critère d'exposition au cuivre du CCME (0,002 mg/L) est dépassé à toutes les stations à l'exception de la station BOU et 2 en juin. Les critères du MDDELCC sont dépassés à toutes les stations.

La concentration en cuivre aux stations en aval de l'émissaire du site minier Manitou présente des concentrations en cuivre plus faibles que celles en amont. Pour ces mêmes stations, les concentrations en cuivre semblent augmenter graduellement vers l'aval, comme en 2014 et 2016 (LVM, 2015 ; Groupe Hémisphères, 2016). Cette tendance renforce l'idée d'une tierce contamination en aval de Manitou, comme suggérée en 2016.

Fer

Tout comme en 2016, les concentrations printanières en fer de la rivière Bourlamaque ($1,02 \pm 0,17$ mg/L) et de l'émissaire du site minier Manitou ($0,72 \pm 0,04$ mg/L) sont toutes au-dessus du critère d'exposition chronique du CCME (0,3 mg/L). Toutefois, elles sont toutes sous le critère d'exposition chronique du MDDELCC (1,3 mg/L) à l'exception de la station 10 ($1,41 \pm 0,04$ mg/L) qui la dépasse marginalement.

Les concentrations de septembre sont légèrement plus élevées dans la rivière Bourlamaque principalement aux segments 1 et 2 ($1,52 \pm 0,29$ mg/L) qui dépassent le critère d'exposition chronique du MDDELCC à quatre stations (BOU, 2, 2.7 et 3). Les concentrations au segment 3 reste généralement sous ce seuil, ou le dépasse marginalement (station 5.5 à $1,34 \pm 0,11$ mg/L), à l'exception de la station 10 avec sa concentration de $2,37 \pm 0,07$ mg/L. Encore une fois, le seuil d'exposition chronique du CCME est en tout point dépassé sur la rivière Bourlamaque. Finalement, la station MAN présente une concentration très élevée en septembre ($4,67 \pm 2,53$ mg/L) dépassant le seuil d'exposition aiguë du MDDELCC (3,4 mg/L).

Aucune augmentation en fer n'est relevée directement en aval de l'émissaire du site minier Manitou. Toutefois, les hautes teneurs en fer de la station 10 renforcent l'idée d'une tierce contamination en aval.

Nickel

Tout comme les années précédentes, les concentrations en nickel de l'eau de la rivière Bourlamaque étaient très basses ($0,002 \pm 0,001$ mg/L). Toutefois, en période de crue les concentrations en nickel de la station MAN, 0,006 mg/L, sont supérieures à la limite d'exposition chronique du MDDELCC (0,0035 mg/L). Aucune présence de nickel n'a été observée dans la rivière Bourlamaque depuis 2011 et c'est la première année que celle de la station MAN dépasse un critère d'exposition. Il est possible que ce soit un élément présent dans les résidus miniers de Goldex utilisés pour recouvrir ceux de Manitou.

Plomb

Les concentrations en plomb augmentent significativement entre le segment 2 et 3 (*Student* : $p < 0,0001$) et ce aux deux saisons. En effet, il y a une augmentation marquée de la concentration en plomb au début du segment 3. Toutefois, l'effet le plus important est observé aux dernières stations avec une augmentation graduelle culminant à la station 10 présentant les plus hautes concentrations moyennes mesurées aux deux saisons. Il est cependant peu probable que cette augmentation soit due à l'apport d'eau de l'émissaire du site minier Manitou puisque les concentrations mesurées dans celui-ci sont largement inférieures que celles mesurées aux stations du segment 3, à moins que la source de plomb soit entre le point d'échantillonnage du ruisseau Manitou et sa jonction avec la rivière Bourlamaque.

Au niveau des critères d'exposition, en juin, le critère du CCME (0,001 mg/L) est dépassé sur tout le segment 3 ($0,0014 \pm 0,0004$ mg/L) et celui d'exposition chronique du MDDELCC est dépassé en tout point le long de la rivière Bourlamaque. En septembre par contre, le critère d'exposition du CCME est aussi

dépassé aux stations BOU et 2 et celui d'exposition chronique du MDDELCC est encore dépassé en tout point sur la rivière Bourlamaque.

Zinc

En juin, la concentration augmente significativement entre les segments 2 ($0,009 \pm 0,001$ mg/L) et 3 ($0,026 \pm 0,007$ mg/L ; *Student* : $p < 0,0001$). Seules les stations MAN et 5 présentent des concentrations qui dépassent le critère d'exposition chronique du CCME (0,030 mg/L). Pour ce qui est des critères d'exposition du MDDELCC, les stations 2.3, ES, 2.7 et le segment 3 en entier le dépassent. Cela suggère une influence probable de l'émissaire du site minier Manitou sur les concentrations en zinc de la rivière Bourlamaque.

En septembre, les stations BOU, 2, MAN, 5, 5.5, 6.5, 9 et 10 dépassent le critère d'exposition du CCME. Pour les critères du MDDELCC, toutes les stations les dépassent à l'exception de 2.3 et 2.7.

Finalement, les concentrations de zinc dans l'émissaire du site minier Manitou ont toujours dépassé les critères du CCME de 0,5 mg/L sauf au mois de septembre 2016 (Groupe Hémisphères, 2016) et encore en septembre 2017 ($0,056 \pm 0,013$ mg/L).

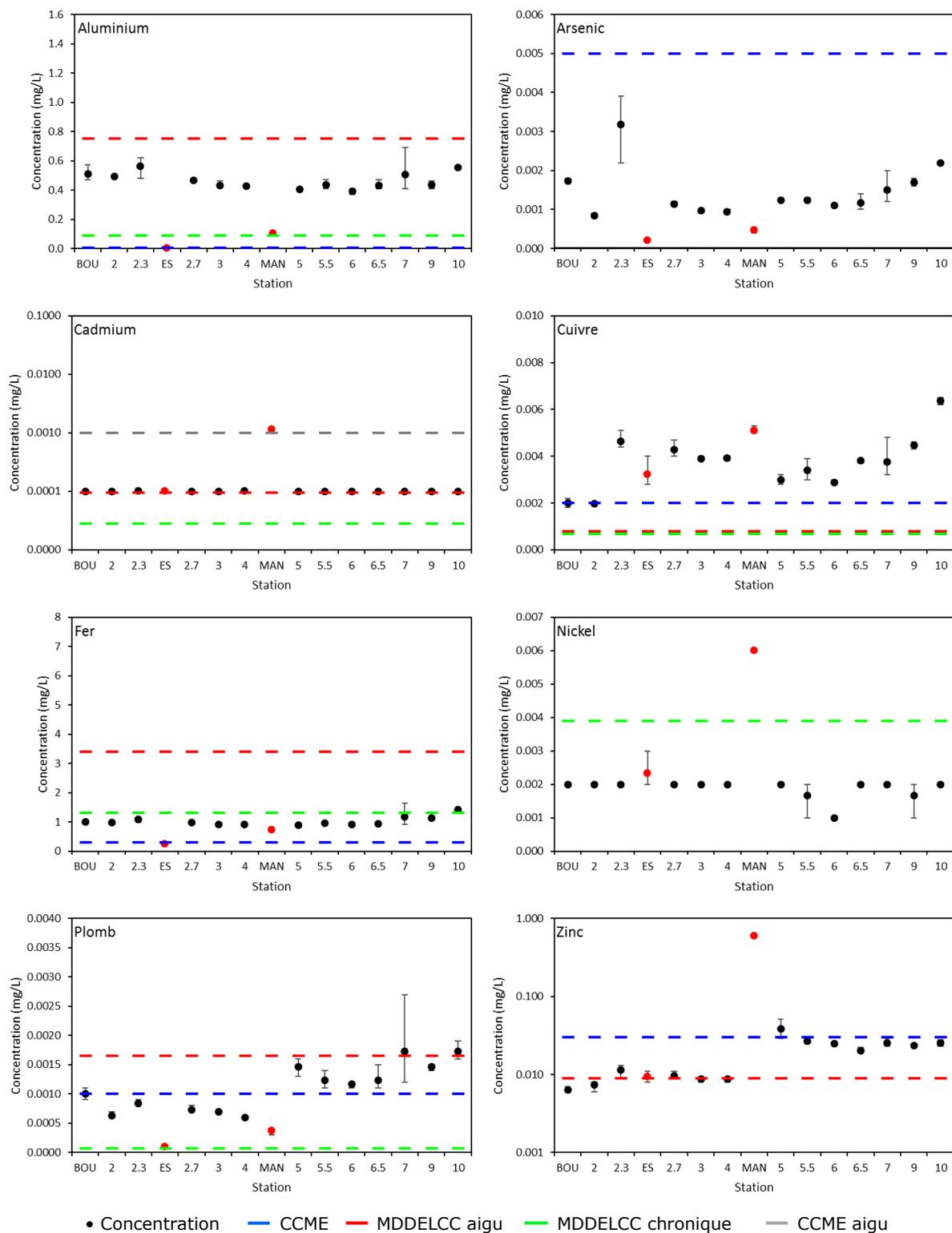


Figure 5. Métaux dans l'eau de surface – rivière Bourlamaque – juin 2017

Les barres verticales représentent les valeurs minimums et maximums

Les axes des ordonnées de la figure du cadmium, fer et zinc présentent une échelle logarithmique.

Lorsqu'un critère n'apparaît pas sur un graphique, comme ceux du MDELCC pour l'arsenic, c'est qu'il est trop élevé par rapport aux données obtenues.

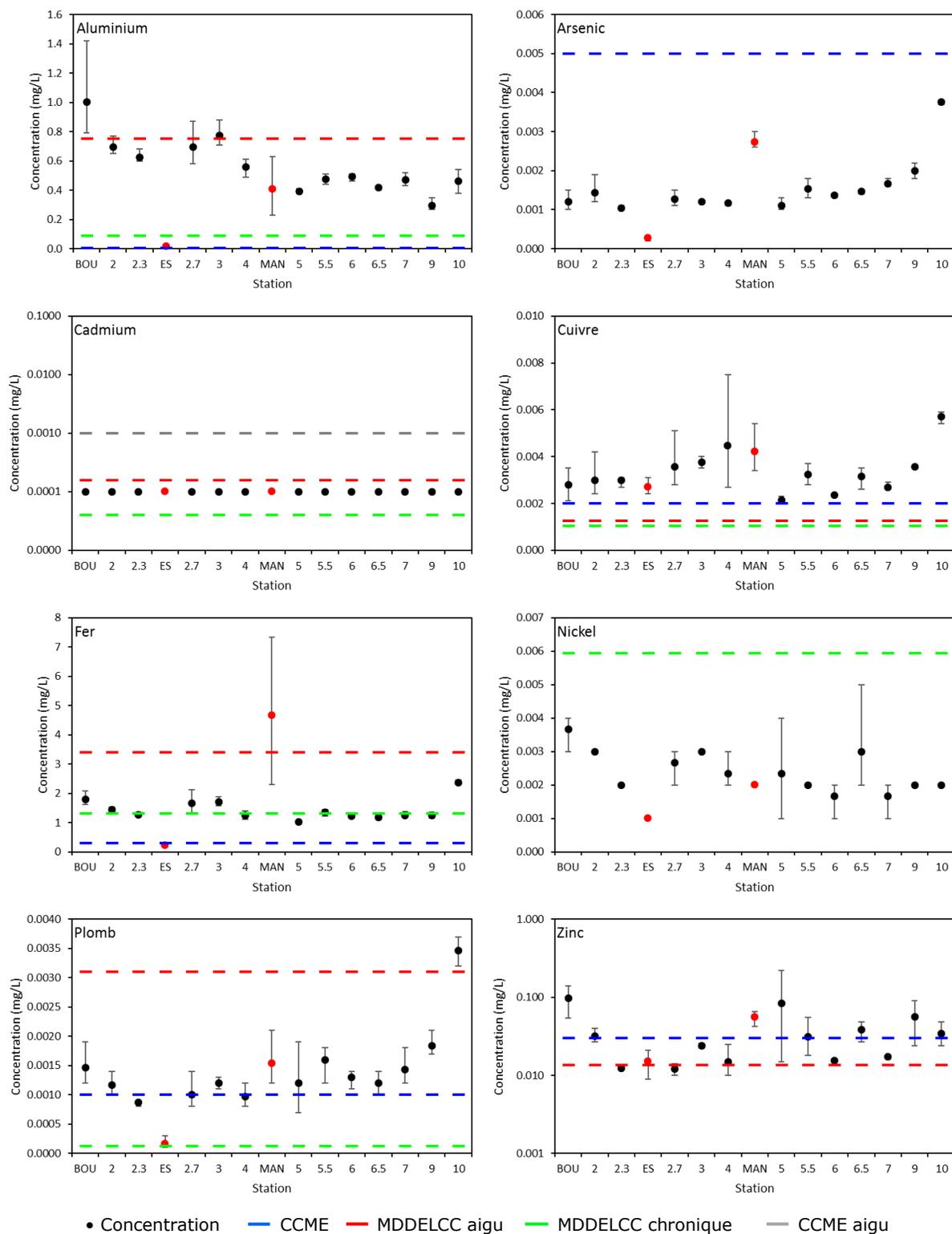


Figure 6. Métaux dans l'eau de surface – rivière Bourlamaque – septembre 2017

Les barres verticales représentent les valeurs minimums et maximums

Les axes des ordonnées de la figure du cadmium, fer et zinc présentent une échelle logarithmique.

Lorsqu'un critère n'apparaît pas sur un graphique, comme ceux du MDDELCC pour l'arsenic, c'est qu'il est trop élevé par rapport aux données obtenues.

Tableau 5. Moyennes et extremums des paramètres analysés pour l'eau de surface – rivière Bourlamaque – 2017

Paramètre	Campagne de juin															Campagne de septembre															
	BOU	2	2.3	ES-Cr4	2.7	3	4	MAN	5	5.5	6	6.5	7	9	10	BOU	2	2.3	ES-Cr4	2.7	3	4	MAN	5	5.5	6	6.5	7	9	10	
Conductivité (µS/cm)	Moyenne	35	22	17	1190	41	43	43	588	48	55	47	46	48	70	51	21	20	21	972	89	73	58	943	64	56	59	61	59	82	92
	Minimum	19	16	17	1160	31	42	42	587	42	54	47	46	48	70	19	20	20	964	71	65	51	939	61	55	59	61	59	82	91	
	Maximum	67	30	18	1230	56	43	44	590	60	58	47	47	49	71	67	21	20	21	978	103	79	64	946	67	56	60	61	59	83	92
pH	Moyenne	5.34	4.92	5.39	7.89	5.27	5.65	5.74	6.19	6.13	5.42	6.18	6.08	6.24	6.45	6.07	5.23	5.53	5.77	7.79	6.66	6.42	6.60	7.26	6.65	6.61	6.63	6.76	6.67	6.91	6.95
	Minimum	4.75	4.64	5.30	7.88	5.06	5.62	5.72	6.17	6.12	5.29	6.15	6.02	6.24	6.43	5.08	5.15	5.50	5.67	7.68	6.56	6.30	6.55	7.22	6.61	6.60	6.61	6.73	6.64	6.84	6.90
	Maximum	6.44	5.09	5.56	7.90	5.51	5.69	5.76	6.21	6.16	5.54	6.22	6.13	6.25	6.46	6.58	5.28	5.58	5.89	7.85	6.85	6.49	6.67	7.32	6.68	6.62	6.65	6.77	6.73	7.03	7.05
MES (mg/L)	Moyenne	10.00	5.33	8.00	9.33	6.67	4.00	4.67	9.33	5.33	7.67	8.67	6.00	9.67	9.00	5.33	12.50	13.33	27.00	4.67	12.00	16.00	6.33	50.67	8.00	13.67	9.33	9.33	10.33	8.00	28.33
	Minimum	5.00	5.00	5.00	8.00	6.00	4.00	4.00	7.00	5.00	6.00	6.00	4.00	7.00	5.00	5.00	10.00	9.00	7.00	4.00	6.00	12.00	5.00	34.00	7.00	11.00	7.00	5.00	8.00	7.00	22.00
	Maximum	15.00	6.00	10.00	11.00	8.00	4.00	5.00	13.00	6.00	10.00	11.00	8.00	11.00	17.00	6.00	15.00	18.00	44.00	5.00	18.00	23.00	8.00	74.00	9.00	17.00	11.00	17.00	14.00	10.00	36.00
Sulfates (mg/L)	Moyenne	3.1	1.7	1.9	594.7	9.6	11.4	11.2	284.3	13.5	15.7	13.0	12.0	12.9	18.5	15.2	2.5	1.7	1.1	470.7	25.5	21.3	14.2	458.7	17.2	14.6	15.5	15.7	14.5	21.6	21.4
	Minimum	2.9	1.3	1.6	590.0	7.0	11.1	10.9	283.0	11.1	15.4	12.9	12.0	12.8	18.5	15.2	1.9	1.6	1.0	460.0	18.8	18.4	12.0	456.0	16.0	14.5	15.4	15.7	14.5	21.5	21.4
	Maximum	3.2	1.9	2.0	598.0	13.8	11.8	11.8	286.0	18.3	16.0	13.1	12.1	13.1	18.5	15.3	3.0	1.7	1.3	477.0	30.6	23.4	16.6	461.0	18.5	14.6	15.6	15.7	14.5	21.6	21.5
Aluminium (mg/L)	Moyenne	0.51	0.49	0.56	0.01	0.47	0.43	0.43	0.10	0.40	0.44	0.39	0.43	0.51	0.44	0.55	1.00	0.69	0.63	0.02	0.69	0.77	0.56	0.41	0.39	0.48	0.49	0.42	0.30	0.46	
	Minimum	0.47	0.49	0.48	0.01	0.46	0.42	0.42	0.10	0.39	0.41	0.37	0.41	0.41	0.41	0.55	0.79	0.65	0.60	0.01	0.58	0.71	0.49	0.23	0.38	0.44	0.46	0.40	0.43	0.27	0.38
	Maximum	0.57	0.50	0.62	0.01	0.47	0.46	0.43	0.11	0.42	0.47	0.41	0.47	0.69	0.46	0.56	1.42	0.77	0.68	0.03	0.87	0.88	0.61	0.63	0.41	0.51	0.51	0.43	0.52	0.35	0.54
Arsenic (mg/L)	Moyenne	0.0017	0.0008	0.0032	0.0002	0.0011	0.0010	0.0009	0.0005	0.0012	0.0012	0.0011	0.0012	0.0015	0.0017	0.0022	0.0012	0.0014	0.0010	0.0003	0.0013	0.0012	0.0012	0.0027	0.0011	0.0015	0.0014	0.0015	0.0017	0.0020	0.0038
	Minimum	0.0017	0.0008	0.0022	0.0002	0.0011	0.0009	0.0009	0.0004	0.0012	0.0012	0.0011	0.0010	0.0012	0.0016	0.0022	0.0010	0.0012	0.0010	0.0002	0.0011	0.0012	0.0011	0.0026	0.0010	0.0013	0.0013	0.0014	0.0016	0.0018	0.0037
	Maximum	0.0018	0.0009	0.0039	0.0002	0.0012	0.0010	0.0010	0.0005	0.0013	0.0013	0.0011	0.0014	0.0020	0.0018	0.0022	0.0015	0.0019	0.0011	0.0003	0.0015	0.0012	0.0012	0.0030	0.0013	0.0018	0.0014	0.0015	0.0018	0.0022	0.0038
Cadmium (mg/L)	Moyenne	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0011	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
	Minimum	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0011	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
	Maximum	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0012	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Calcium (mg/L)	Moyenne	1.14	1.59	1.65	244.33	4.70	5.22	5.17	88.03	8.06	6.47	6.12	5.63	6.70	8.74	7.56	1.83	2.09	1.97	152.67	11.86	9.47	6.95	146.00	7.66	6.89	7.34	7.47	7.30	9.69	11.03
	Minimum	1.05	1.57	1.51	244.00	3.51	5.03	5.08	86.70	6.60	6.14	5.89	5.43	6.58	8.33	7.09	1.75	1.99	1.89	151.00	8.17	8.02	5.96	143.00	7.07	6.81	7.23	7.46	7.21	9.56	10.70
	Maximum	1.19	1.63	1.72	245.00	6.45	5.54	5.31	89.70	9.84	6.87	6.34	5.79	6.82	9.02	7.89	1.91	2.17	2.08	154.00	14.80	10.40	7.84	149.00	7.96	6.95	7.53	7.49	7.39	9.83	11.20
Cuivre (mg/L)	Moyenne	0.0020	0.0020	0.0046	0.0032	0.0043	0.0039	0.0039	0.0051	0.0030	0.0034	0.0029	0.0038	0.0038	0.0045	0.0064	0.0028	0.0030	0.0030	0.0027	0.0036	0.0038	0.0045	0.0042	0.0021	0.0032	0.0024	0.0027	0.0036	0.0057	
	Minimum	0.0018	0.0019	0.0044	0.0028	0.0040	0.0038	0.0038	0.0050	0.0028	0.0030	0.0028	0.0037	0.0032	0.0043	0.0062	0.0021	0.0024	0.0027	0.0024	0.0028	0.0035	0.0027	0.0034	0.0020	0.0028	0.0023	0.0026	0.0026	0.0035	0.0054
	Maximum	0.0022	0.0020	0.0051	0.0040	0.0047	0.0040	0.0040	0.0053	0.0032	0.0039	0.0030	0.0039	0.0048	0.0046	0.0065	0.0035	0.0042	0.0031	0.0031	0.0051	0.0040	0.0075	0.0054	0.0023	0.0037	0.0024	0.0035	0.0029	0.0036	0.0059
Dureté (mg/L de CaCO3)	Moyenne	5	6	7	713	15	16	16	283	26	21	20	18	21	29	25	8	8	7	469	38	31	22	417	24	22	23	24	23	31	36
	Minimum	4	6	6	712	12	16	16	279	21	20	19	18	21	27	24	7	8	7	464	26	26	19	409	22	22	23	24	23	31	35
	Maximum	5	6	7	715	20	17	17	289	31	22	20	18	22	30	26	8	8	8	474	47	34	25	425	25	22	24	24	24	31	37
Fer (mg/L)	Moyenne	1.00	0.98	1.07	0.24	0.98	0.91	0.90	0.73	0.90	0.96	0.91	0.94	1.17	1.13	1.41	1.79	1.44	1.27	0.21	1.65	1.69	1.24	4.67	1.02	1.34	1.22	1.17	1.25	1.25	2.37
	Minimum	0.93	0.96	0.97	0.22	0.97	0.89	0.89	0.69	0.89	0.91	0.86	0.90	0.92	1.06	1.37	1.62	1.38	1.22	0.20	1.28	1.57	1.10	2.29	0.97	1.23	1.16	1.12	1.18	1.16	2.30
	Maximum	1.04	1.02	1.12	0.28	1.00	0.95	0.91	0.77	0.91	1.02	0.94	1.00	1.63	1.17	1.45	2.08	1.53	1.36	0.23	2.13	1.89	1.39	7.33	1.07	1.44	1.25	1.24	1.37	1.36	2.45
Magnésium (mg/L)	Moyenne	0.45	0.55	0.56	25.13	0.84	0.86	0.85	15.50	1.35	1.11	1.05	0.99	1.19	1.69	1.52	0.74	0.68	0.64	21.23	2.01	1.74	1.29	12.53	1.19	1.16	1.20	1.26	1.23	1.66	2.03
	Minimum	0.42	0.55	0.52	25.10	0.72	0.83	0.84	15.20	1.13	1.07	1.04	0.97	1.13	1.59	1.50	0.69	0.66	0.62	21.00	1.46	1.56	1.10	12.30	1.12	1.13	1.18	1.26	1.20	1.61	1.98
	Maximum	0.47	0.55	0.60	25.20	1.00	0.89	0.88	15.80	1.64	1.17	1.06	1.03	1.30	1.75	1.55	0.81	0.71	0.68	21.50	2.47	1.86	1.44	12.80	1.24	1.17	1.23	1.27	1.24	1.69	2.07
Nickel (mg/L)	Moyenne	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.006	0.002	0.002	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.004	0.003	0.002	0.001	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
	Minimum	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.006	0.002	0.001	0.001	0.002	0.002	0.001	0.002	0.003	0.003	0.002	0.001	0.002	0.003	0.002	0.002	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001	0.002	0.002
	Maximum	0.002	0.002	0.002	0.003	0.002	0.002	0.002	0.006	0.002	0.002	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.004	0.003	0.002	0.001	0.003	0.003	0.003	0.002	0.004	0.002	0.002	0.005	0.002	0.002	0.002
Plomb (mg/L)	Moyenne	0.0010	0.0006	0.0008	0.0001	0.0007	0.0007	0.0006	0.0004	0.0015	0.0012	0.0012	0.0012	0.0017	0.0015	0.0017	0.0015	0.0012	0.0009												

3.2.4 Matière en suspension et sulfates

Matière en suspension (MES)

Les concentrations en MES pour le mois de juin sont stables tout au long de la rivière Bourlamaque ($6,7 \pm 3,0$ mg/L) et ne dépassent pas les critères d'exposition aigu ($32,8$ mg/L) et chronique ($12,8$ mg/L) (Figure 7). L'eau en provenance des sites miniers East-Sullivan et Manitou a des concentrations en MES similaires à celle de la rivière Bourlamaque et ne semble donc pas en augmenter la teneur.

En septembre, le patron est bien différent. Le critère d'exposition chronique du MDDELCC ($22,7$ mg/L) est dépassé pour les stations 2.3, MAN et 10. De plus, l'eau de Manitou dépasse aussi le critère d'exposition aigu ($42,7$ mg/L). Malgré la grande concentration en MES de la station MAN, il ne semble pas avoir d'effet significatif (*Student t* : $p > 0,05$) sur la rivière Bourlamaque.

Sulfates

Les concentrations en sulfates de la rivière Bourlamaque ($12,6 \pm 7,0$ mg/L) sont, en tout temps, et en tout point, sous le critère d'exposition aigu du MDDELCC (500 mg/L). Toutefois, les concentrations à la station ES dépassent ce seuil avec une concentration moyenne de $594,7 \pm 4,2$ mg/L en juin. En septembre par contre, les stations ES et MAN présentent des valeurs légèrement sous ce critère.

Une augmentation significative entre le segment 1 et 2 est notée (*t* de Student : $p < 0,001$) et suggère un effet de l'eau provenant du site minier East-Sullivan sur l'eau de Bourlamaque au niveau des sulfates. Finalement, bien que la station MAN présente des concentrations élevées, $284,3 \pm 1,5$ mg/L en juin et $458,7 \pm 2,5$ mg/L en septembre, seule une faible différence significative (*t* de Student : $p < 0,05$) est observée en juin entre le segment 2 et 3.

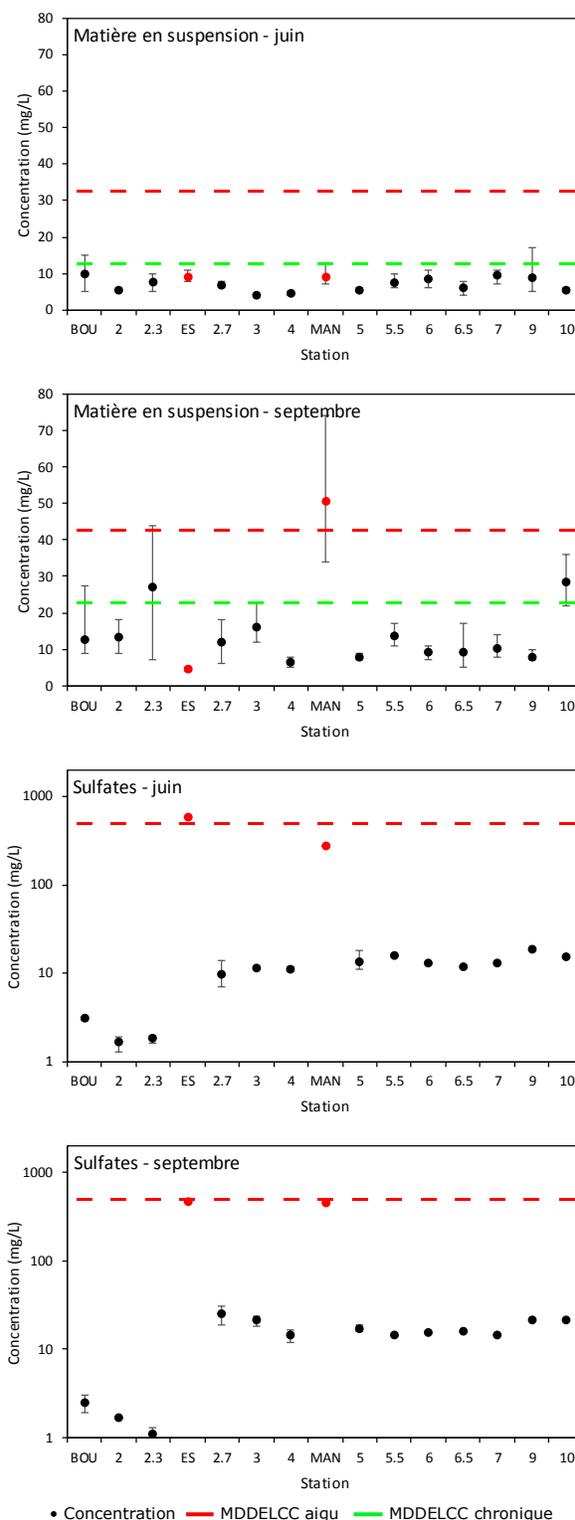


Figure 7. Matière en suspension et sulfates – rivière Bourlamaque – 2017

Les barres verticales représentent les valeurs minimums et maximums
L'axe des ordonnées pour les graphiques du sulfate est en logarithme

3.2.5 Potentiel toxicologique de l'eau

Les résultats des essais toxicologiques sont représentés à la Figure 8. Il est à noter qu'aucun effet léthal n'a été observé avec l'eau de la rivière Bourlamaque ou du ruisseau Manitou.

Échantillonnage en crue

En juin, l'eau du ruisseau Manitou a des effets sublétaux significatifs pour tous les organismes testés à concentration maximale (100 % v/v). De plus, des effets significatifs ont aussi été enregistrés à des concentrations moindres pour l'augmentation du nombre de thalles de *Lemna minor* (0,2 % et 29,1 %) et la reproduction de *Pseudokirchneriella subcapitata* (45,5 %).

L'eau de la rivière Bourlamaque quant à elle ne présente qu'une inhibition significative sur la reproduction de *Ceriodaphnia dubia* à concentration maximale (100 % v/v), et ce aux stations 5 et 7.

Considérant les effets sublétaux enregistrés dans le ruisseau Manitou pour les trois organismes testés, il est raisonnable de considérer que l'eau de ce cours d'eau a un effet inhibiteur sur les organismes aquatiques. Les résultats obtenus dans la rivière Bourlamaque suggèrent que cette toxicité s'estompe rapidement. Bien qu'un effet significatif ait été observé pour les cladocères en juin aux stations 5 et 7, aucun effet significatif n'a été enregistré en septembre.

Échantillonnage à l'étiage

En septembre, l'eau du ruisseau Manitou ne cause des effets significatifs que sur la reproduction de *C. dubia*, et ce même aux plus faibles concentrations testées, soit 1,56 % v/v avec une inhibition de 35,0 %.

Pour la rivière Bourlamaque, aucun des essais toxicologiques n'a montré d'effet significatif. Seuls les essais sur la reproduction de *C. dubia* avec l'eau de la station 7 s'en approchent avec 24,7 % d'inhibition à une concentration de 100 % v/v.

Par ailleurs, on note une stimulation de la croissance (valeurs négatives) chez *L. minor* et *Pseudokirchneriella subcapitata* exposés à l'eau du ruisseau Manitou et de la rivière Bourlamaque.

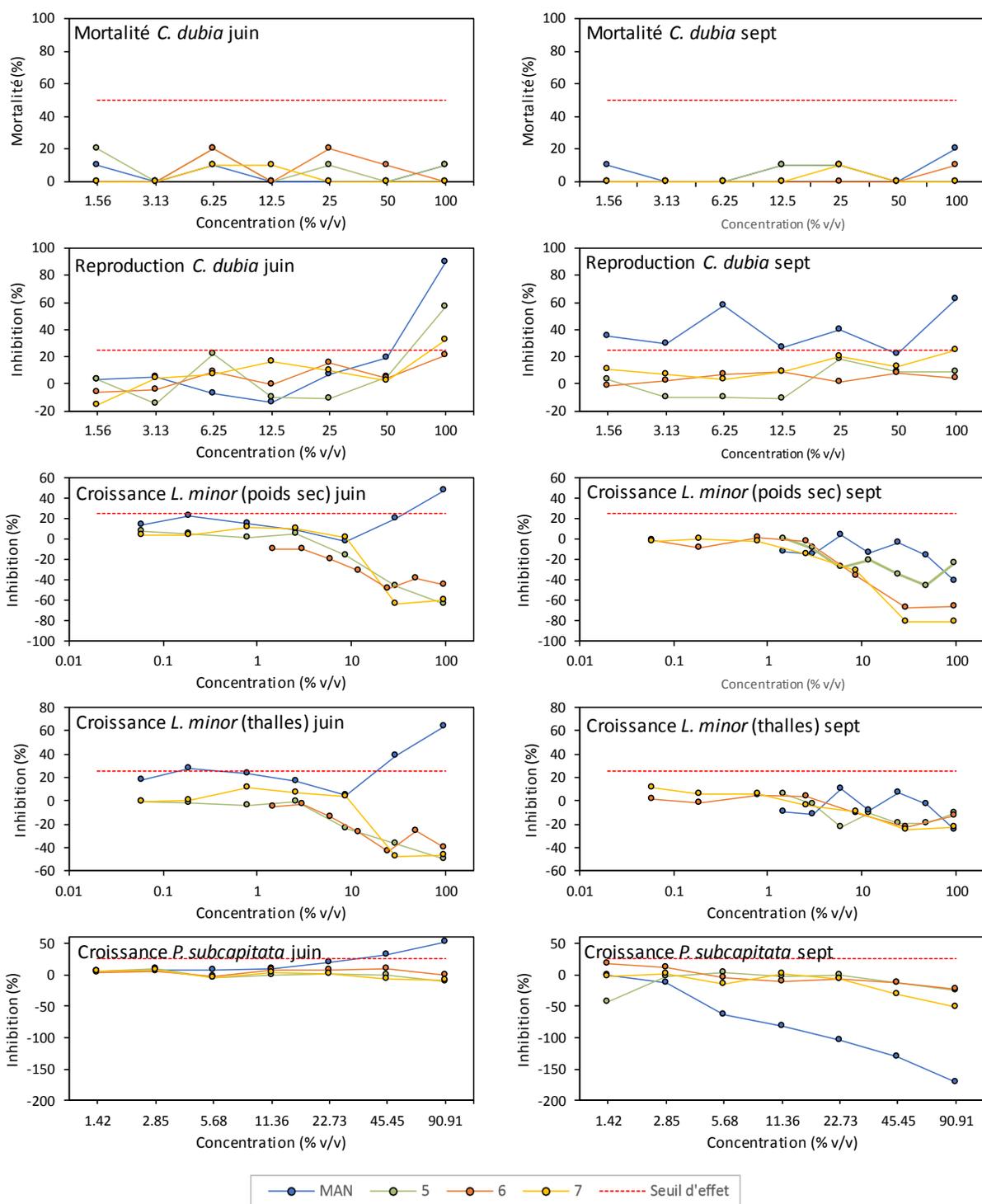


Figure 8. Bioessais sur l'eau de la rivière Bourlamaque et du ruisseau Manitou - 2017

Considérant les différentes concentrations testées, un axe des abscisses logarithmique a été préféré pour la représentation des résultats de *L. minor*.

La ligne pointillée rouge représente la CL50 pour le graphique de mortalité et la CI25 pour ceux d'inhibition.

3.3 Sédiments

3.3.1 Granulométrie

Les résultats de la granulométrie et sédimentométrie sont présentés à l'Annexe V. Le substrat du lit de la rivière Bourlamaque est principalement composé de silt et d'argiles. Il est à noter que l'absence de sol au niveau de la station ES implique l'absence de résultat pour cette station.

3.3.2 pH et sulfates

La Figure 9 présente les résultats de pH et la concentration en sulfates des stations.

Le pH des sédiments en juin ($5,5 \pm 0,6$) semble augmenter légèrement après la station 2.3 pour redescendre jusqu'à la station 7. Aux deux dernières stations, le pH atteint son point le plus haut à 6,3 et 6,4. Le pH en septembre est relativement stable tout au long de la rivière ($6,0 \pm 0,4$). Toutefois, une augmentation à la station 2.7 est remarquée.

Le patron de variation du sulfate le long de la rivière Bourlamaque est similaire en juin et en septembre. Effectivement, le segment 2 présente des concentrations toujours plus élevées que celles des segments 1 et 3, à l'exception des segments 1 et 2 au mois de septembre qui sont non différentiable. Aux deux saisons, les concentrations en sulfates remontent ensuite aux stations 9 et 10.

Dans le ruisseau Manitou, la concentration en sulfates des sédiments change drastiquement entre les deux saisons, passant de 40 ± 1 mg/kg en juin à 319 ± 93 mg/kg en septembre.

3.3.3 Métaux

Les Figure 10 et Figure 11, ainsi que le Tableau 6 présentent les résultats pour les teneurs en métaux dans les sédiments de la rivière Bourlamaque et du ruisseau Manitou.

Aluminium

En juin 2017, la concentration en aluminium augmente significativement en aval de

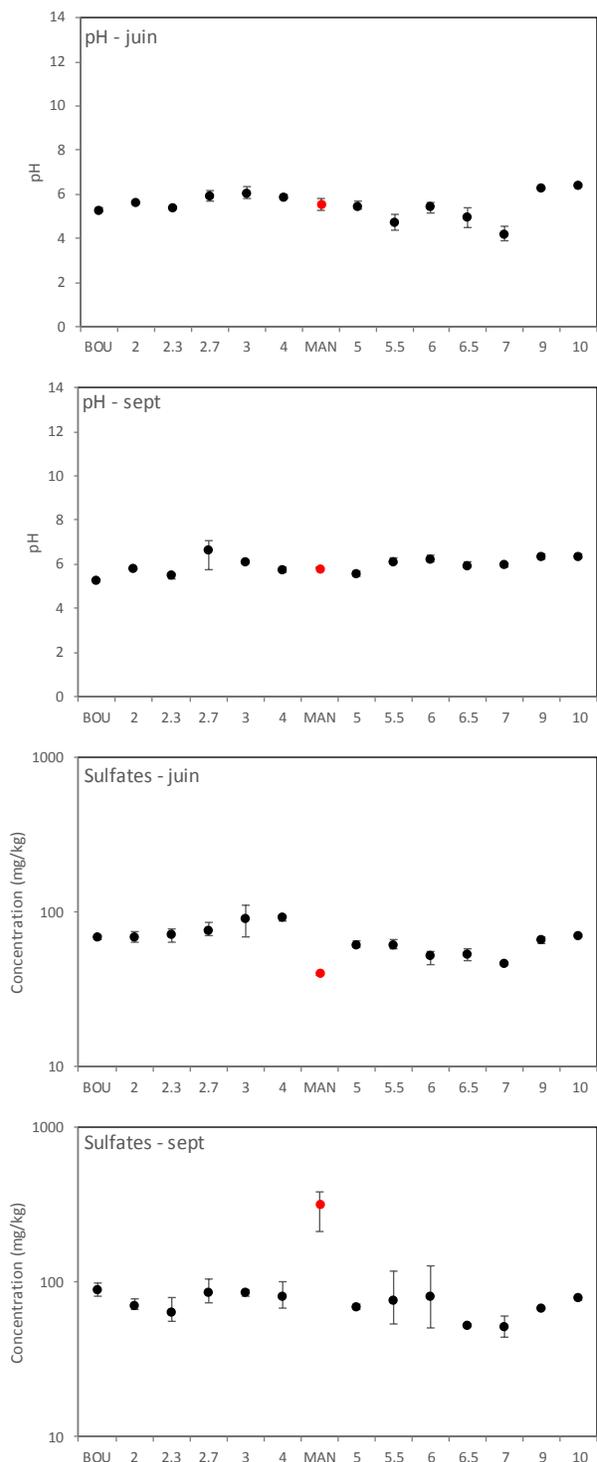


Figure 9. pH et sulfates des sédiments – rivière Bourlamaque – 2017

Les barres verticales représentent les valeurs minimums et maximums

L'axe des ordonnées pour les graphiques du sulfate est en logarithme

l'émissaire du site minier d'East-Sullivan lors des deux campagnes. Elle augmente aussi en amont de la station 9. En septembre, les augmentations de concentration d'aluminium aux stations 2.7, 9 et 10 sont toujours présentes. Lors des deux campagnes, les concentrations sont significativement plus basses au segment 3 qu'au segment 2.

Arsenic

Les concentrations d'arsenic augmentent drastiquement en aval de l'exutoire du site minier East-Sullivan, soit entre les stations 2.3 et 2.7, passant de $1,7 \pm 0,2$ mg/kg à $13,3 \pm 6,2$ mg/kg, puis en aval de l'exutoire du site minier Manitou, passant de $13,5 \pm 11,5$ mg/kg à $226,7 \pm 16,2$ mg/kg. Un patron similaire est observé en septembre. Cependant, les concentrations à la station MAN sont largement inférieures à celles des stations suivantes.

Les concentrations d'arsenic au segment 2 sont au-dessus de la RPQS (5,9 mg/kg) et celles du segment 3, au-dessus de la CEP (17 mg/kg) lors des deux campagnes. Les concentrations moyennes des segments sont toutes significativement différentes.

Cadmium

Une augmentation significative des concentrations de cadmium est observée entre les segments 1 et 2 lors des deux campagnes. Cette augmentation amène les concentrations au-dessus de la CEP (3,5 mg/kg) à la station 2.7 en juin et en septembre. Puis en aval de la station 2.7, les concentrations demeurent assez élevées et restent au-dessus de la RPQS (0,6 mg/kg). Aucune différence significative n'étant observée entre les segments 2 et 3 pour les deux campagnes. Il est à noter que les concentrations à la station MAN sont inférieures aux concentrations des segments 2 et 3.

Cuivre

Le cuivre augmente significativement en aval de l'émissaire du site minier East Sullivan, passant de $26,7 \pm 2,9$ à $503,3 \pm 334,0$ mg/kg à la station 2.7. En juin, les concentrations entre les stations 2.7 et 6.5 demeurent toujours au-dessus de la CEP (197 mg/kg) pour redescendre sous la CEP, mais toujours au-dessus de la RPQS (35,7 mg/kg) à la station 7, 9 et 10.

Le patron de septembre est légèrement différent, l'augmentation en aval de l'émissaire du site minier East Sullivan est toujours significative, mais les concentrations descendent sous la CEP dès la station 3. La concentration de cuivre augmente par contre au-dessus de la CEP en aval de l'émissaire du site minier Manitou pour redescendre, comme en juin, à la station 7. Il est cependant important de noter que les concentrations à la station MAN sont grandement inférieures aux concentrations des quatre stations suivantes (5, 5,5, 6 et 6,5).

Fer

La concentration de fer dans les sédiments est très variable. Il est tout de même possible d'observer, pour les deux campagnes d'échantillonnage, qu'elle augmente significativement en aval de l'émissaire du site minier East-Sullivan. On observe également une augmentation après le ruisseau Manitou avec une réduction rapide jusqu'à la station 9 lors des deux campagnes. Les augmentations les plus marquées sont directement à l'aval des émissaires des sites miniers et redescendent rapidement après quelques stations seulement. Il est important de noter que les concentrations à la station MAN sont bien plus basses que celles des stations suivantes dans la rivière Bourlamaque.

Nickel

Comme pour les autres métaux, la concentration de nickel dans les sédiments augmente significativement en aval de l'émissaire du site minier East-Sullivan. Atteignant son maximum à la station 2.7 et son minimum

à la station 5, en aval du ruisseau Manitou. Une augmentation aux stations 9 et 10 est aussi observée lors des deux campagnes d'échantillonnage.

Plomb

Les concentrations de plomb augmentent significativement entre les segments chaque saison. Certaines concentrations du segment 2 dépassant la CEP (91,3 mg/kg) en juin et la RPQS (35 mg/kg) en septembre. En aval de du ruisseau Manitou, la concentration en plomb augmente de nouveau significativement passant au-delà de la CEP en tout point sauf à la station 7 lors des deux campagnes. Toutefois, les concentrations à la station MAN sont largement inférieures aux concentrations mesurées aux stations du segment 3.

Zinc

La concentration de zinc augmente significativement après l'émissaire du site minier East-Sullivan dépassant minimalement la RPQS (123 mg/kg) et souvent la CEP (315 mg/kg) lors des deux campagnes. Aucune différence significative n'est observable entre les segments 2 et 3. Il est tout de même à noter que les concentrations de la station MAN sont inférieures à celles des stations suivantes dans la rivière Bourlamaque.

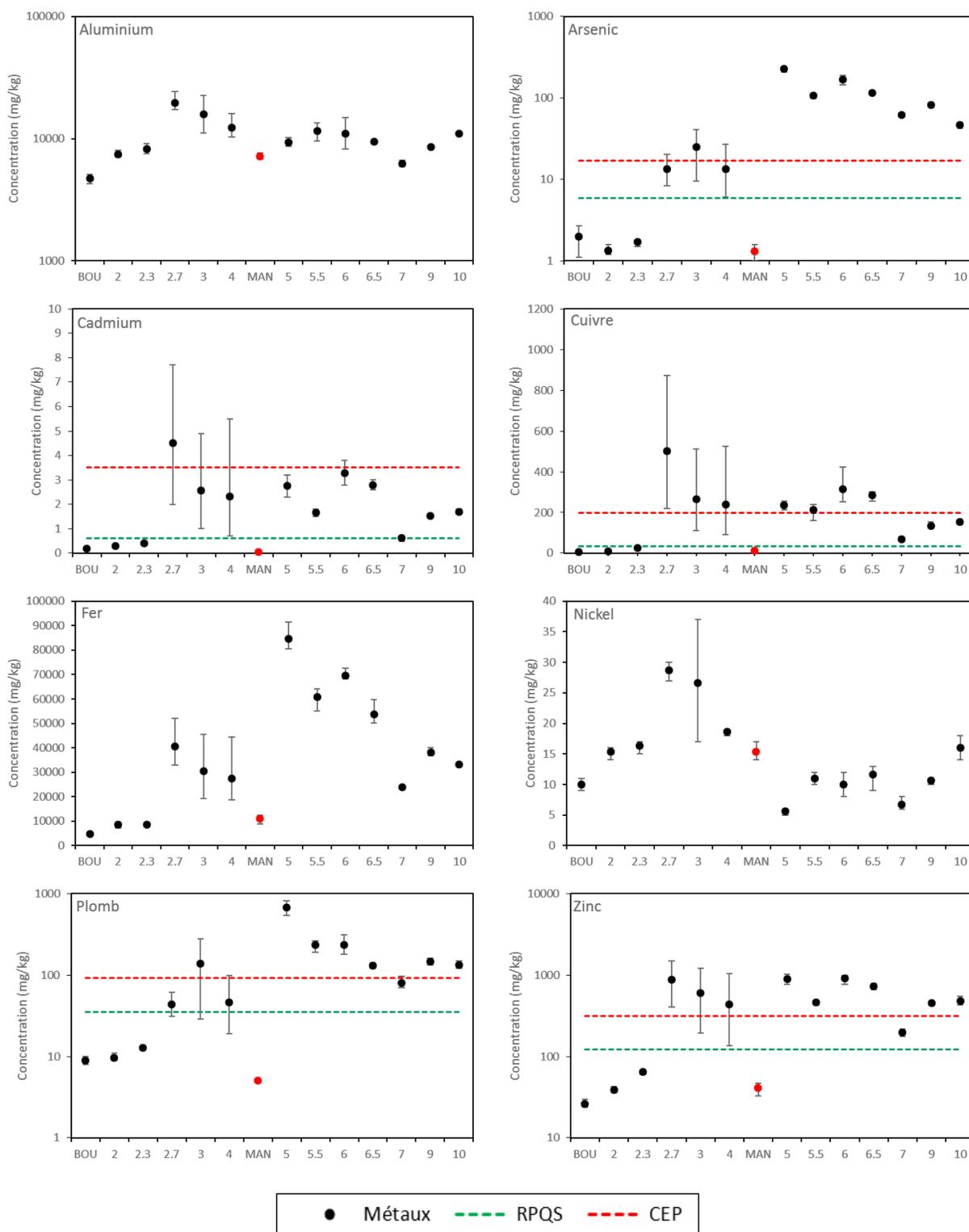


Figure 10. Métaux dans les sédiments – rivière Bourlamaque – juin 2017.

Les barres verticales représentent les valeurs minimums et maximums

L'axe des ordonnées pour les graphiques de l'aluminium, de l'arsenic, du plomb et du zinc est en logarithme

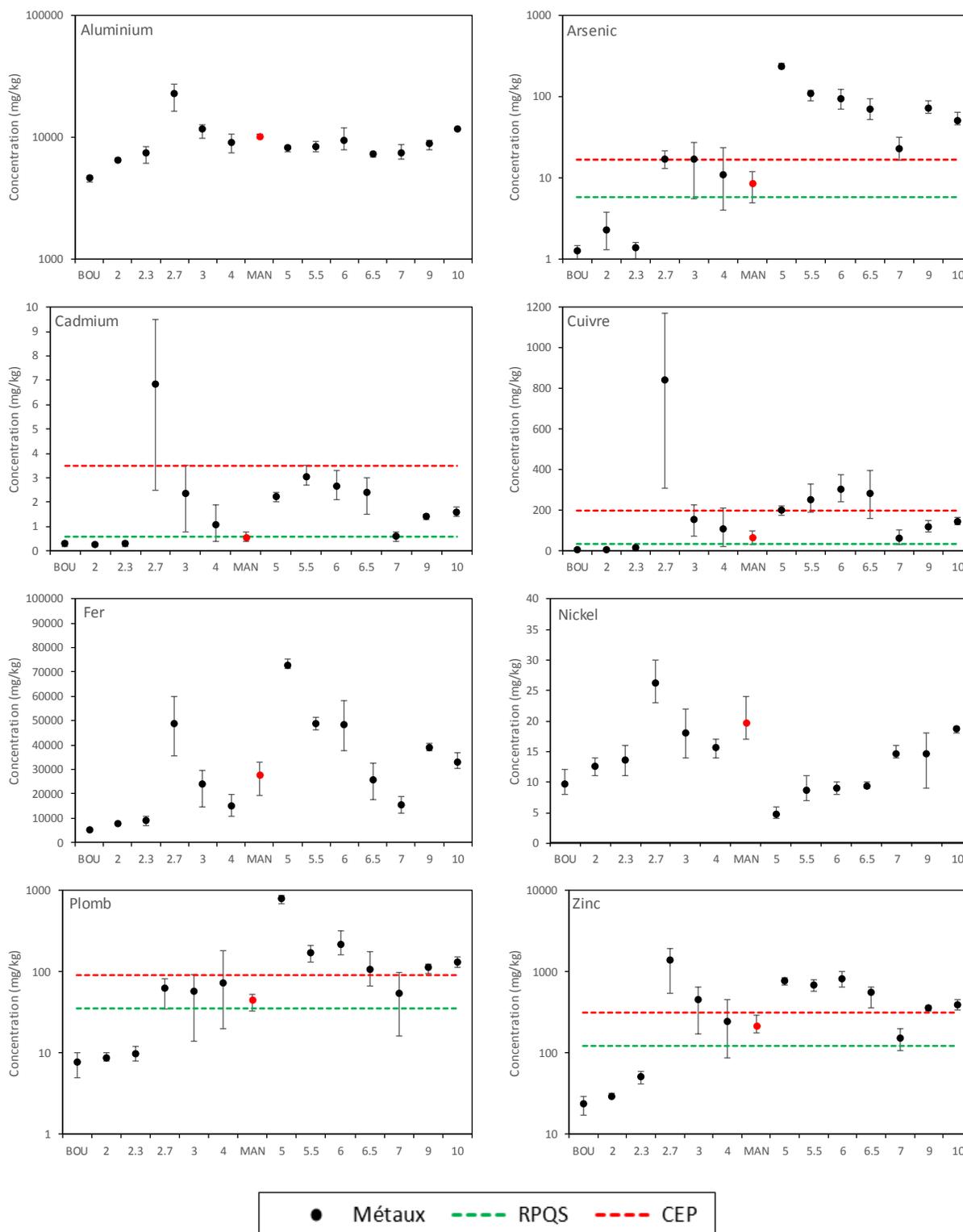


Figure 11. Métaux dans les sédiments – rivière Bourlamaque – septembre 2017.

Les barres verticales représentent les valeurs minimums et maximums

L'axe des ordonnées pour les graphiques de l'aluminium, de l'arsenic, du plomb et du zinc est en logarithme

Tableau 6. Valeurs moyennes, minimales et maximales pour les sédiments – rivière Bourlamaque – 2017

Paramètre	Campagne de juin														Campagne de septembre														
	BOU	2	2.3	2.7	3	4	MAN	5	5.5	6	6.5	7	9	10	BOU	2	2.3	2.7	3	4	MAN	5	5.5	6	6.5	7	9	10	
pH	Moyenne	5.30	5.61	5.43	5.93	6.04	5.90	5.61	5.49	4.74	5.48	4.98	4.22	6.29	6.42	5.28	5.82	5.49	6.50	6.11	5.77	5.83	5.57	6.12	6.25	5.96	5.99	6.34	6.37
	Minimum	5.22	5.58	5.38	5.71	5.83	5.81	5.30	5.31	4.38	5.18	4.53	3.88	6.23	6.37	5.23	5.79	5.35	5.74	6.05	5.63	5.81	5.47	6.03	6.12	5.88	5.89	6.21	6.32
	Maximum	5.41	5.63	5.48	6.19	6.38	6.02	5.83	5.67	5.09	5.64	5.38	4.56	6.32	6.46	5.36	5.83	5.59	7.05	6.15	5.87	5.87	5.72	6.30	6.40	6.11	6.08	6.49	6.46
Sulfates (mg/kg)	Moyenne	69.0	71.7	76.5	91.8	92.3	40.3	61.7	61.3	52.2	53.2	46.5	65.8	70.5	89.5	71.0	63.8	85.2	86.0	80.5	318.7	69.7	75.5	80.3	52.2	51.3	67.3	78.8	
	Minimum	67.0	64.0	64.5	70.0	68.5	88.0	39.0	58.5	58.0	45.5	48.5	46.0	62.5	68.5	81.0	67.0	55.5	73.5	81.0	68.0	213.0	66.5	53.5	50.5	51.5	44.0	66.5	76.5
	Maximum	70.5	74.5	78.0	86.0	111.0	95.0	41.0	65.5	67.0	55.5	58.0	47.0	68.5	72.0	97.5	78.5	79.0	103.5	89.5	100.0	385.0	72.5	118.0	128.0	53.5	60.5	68.0	80.0
Aluminium (mg/kg)	Moyenne	4727	7437	8223	19700	15800	12367	7140	9317	11593	10963	9490	6213	8540	10933	4657	6500	7520	23567	11727	9103	10277	8233	8477	9497	7337	7510	8930	11800
	Minimum	4290	7050	7550	17300	11200	10300	6810	8630	9580	8190	9320	5950	8290	10700	4350	6370	6150	16400	9880	7420	9830	7590	7560	7870	6860	6630	7950	11500
	Maximum	5110	7990	9090	24400	22600	16000	7590	10200	13500	14800	9650	6630	8750	11100	4830	6750	8330	27400	12700	10700	10700	8630	9350	11900	7670	8680	9470	12000
Arsenic (mg/kg)	Moyenne	2.0	1.3	1.7	13.3	25.1	13.5	1.3	226.7	106.0	168.7	115.7	62.4	82.2	46.7	1.3	2.3	1.4	18.1	17.0	11.0	8.7	239.7	108.8	94.6	70.1	22.7	73.5	51.8
	Minimum	1.1	1.2	1.5	8.3	9.6	6.1	1.0	208.0	99.1	145.0	112.0	58.7	81.5	42.2	0.8	1.3	1.0	13.3	5.6	4.0	4.9	226.0	90.3	71.1	52.6	16.6	62.9	45.0
	Maximum	2.7	1.6	1.8	20.2	41.1	26.8	1.6	237.0	110.0	188.0	118.0	65.2	82.9	50.1	1.5	3.8	1.6	21.5	27.4	23.7	11.9	257.0	120.0	125.0	94.2	32.0	89.4	64.1
Cadmium (mg/kg)	Moyenne	0.2	0.3	0.4	4.5	2.6	2.3	0.1	2.8	1.7	3.3	2.8	0.6	1.5	1.7	0.3	0.3	0.3	7.0	2.4	1.1	0.6	2.2	3.0	2.7	2.4	0.6	1.4	1.6
	Minimum	0.2	0.3	0.4	2.0	1.0	0.7	0.1	2.3	1.5	2.8	2.6	0.5	1.5	1.6	0.2	0.2	0.2	2.4	0.8	0.4	0.4	2.0	2.7	2.1	1.5	0.4	1.3	1.4
	Maximum	0.2	0.3	0.4	7.7	4.9	5.5	0.1	3.2	1.8	3.8	3.0	0.7	1.6	1.8	0.4	0.3	0.4	9.5	3.5	1.9	0.8	2.4	3.5	3.3	3.0	0.8	1.5	1.8
Cuivre (mg/kg)	Moyenne	6	8	27	503	264	241	12	236	212	315	284	69	134	155	7	8	17	862	157	110	69	200	253	305	281	61	118	145
	Minimum	6	7	25	221	111	91	9	214	161	251	257	60	123	142	5	6	13	307	75	23	30	177	190	243	162	33	95	128
	Maximum	6	9	30	872	512	526	17	257	240	422	301	81	155	162	8	11	20	1170	226	209	99	223	331	376	397	102	148	166
Fer (mg/kg)	Moyenne	4900	8567	8620	40700	30400	27433	10793	84633	60800	69667	53800	24033	38200	33233	5100	7863	8963	50867	23933	15167	28033	72900	48967	48567	25567	15467	39133	33067
	Minimum	4430	7100	8160	32800	19200	18700	8980	80400	55000	68200	50200	23800	36800	32800	4670	7590	7140	34600	14500	10900	19400	71600	46300	37500	17700	12100	37800	30400
	Maximum	5470	9330	9131	52200	45400	44400	12500	91500	64000	72600	59700	24300	39900	33900	5500	8410	10600	59900	29600	19900	33000	75200	51500	58000	32700	18900	40600	36700
Nickel (mg/kg)	Moyenne	10	15	16	29	27	19	15	6	11	10	12	7	11	16	10	13	14	27	18	16	20	5	9	9	9	15	15	19
	Minimum	9	14	15	27	17	18	14	5	10	8	9	6	10	14	8	11	11	23	14	14	17	4	7	8	9	14	9	18
	Maximum	11	16	17	30	37	19	17	6	12	12	13	8	11	18	12	14	16	30	22	17	24	6	11	10	10	16	18	19
Plomb (mg/kg)	Moyenne	9	10	13	44	137	46	5	677	236	234	130	80	147	133	8	9	10	65	58	74	46	801	169	218	108	53	112	129
	Minimum	8	9	12	31	29	19	5	535	190	181	121	70	132	120	5	8	8	35	14	20	33	692	131	159	66	16	94	113
	Maximum	10	11	13	61	279	99	5	819	263	311	141	97	162	150	10	10	12	81	92	181	53	871	212	315	175	99	123	152
Zinc (mg/kg)	Moyenne	26	39	64	879	607	440	41	889	466	905	729	197	449	475	24	29	52	1454	448	243	220	772	693	827	552	150	360	387
	Minimum	24	36	60	402	194	135	33	771	431	771	660	176	430	429	17	28	41	543	170	88	176	678	571	644	359	108	330	342
	Maximum	30	43	67	1490	1200	1040	47	1020	490	991	786	217	480	545	29	32	60	1910	650	455	295	850	794	1020	655	200	377	454

En gras, dépassement du critère pour l'évaluation de la qualité des sédiments au Québec (CEP).

En jaune, dépassement des recommandations canadiennes pour la qualité des sédiments (RCQS - CCME).

3.3.4 Potentiel toxicologique des sédiments

Les résultats des bioessais sur les sédiments sont présentés à la Figure 12.

Échantillonnage en crue

En juin, les sédiments de la station MAN présentent une inhibition dépassant marginalement la limite de la CI25 pour la croissance d'*Hyalella azteca* sans être significativement différentiable du groupe contrôle.

Toutefois, les sédiments de la rivière Bourlamaque causent des effets létaux significatifs (Tukey-Kramer : $p < 0,05$) pour *C. tentans* à la station 7 ($20 \pm 7 \%$), ainsi que pour *H. azteca* aux stations 5 ($100 \pm 0 \%$), 6 ($32 \pm 44 \%$) et 7 ($100 \pm 0 \%$). Finalement, des effets sublétaux significatifs (Tukey-Kramer : $p < 0,05$) ont aussi été enregistrés pour *C. tentans* à la station 5 ($46 \pm 27 \%$).

Échantillonnage en étiage

En septembre aucun effet significatif n'est observé chez *C. tentans*. La survie de tous les organismes exposés explique l'absence de donnée sur l'histogramme en haut à droite de la Figure 12.

Pour *H. azteca*, une mortalité de 100 % (effet létaux significatif) est obtenue à la station 5 uniquement (Tukey-Kramer : $p < 0,05$). Des effets sublétaux significatifs sont également obtenus avec les sédiments des stations MAN, 6 et 7 (Tukey-Kramer : $p < 0,05$).

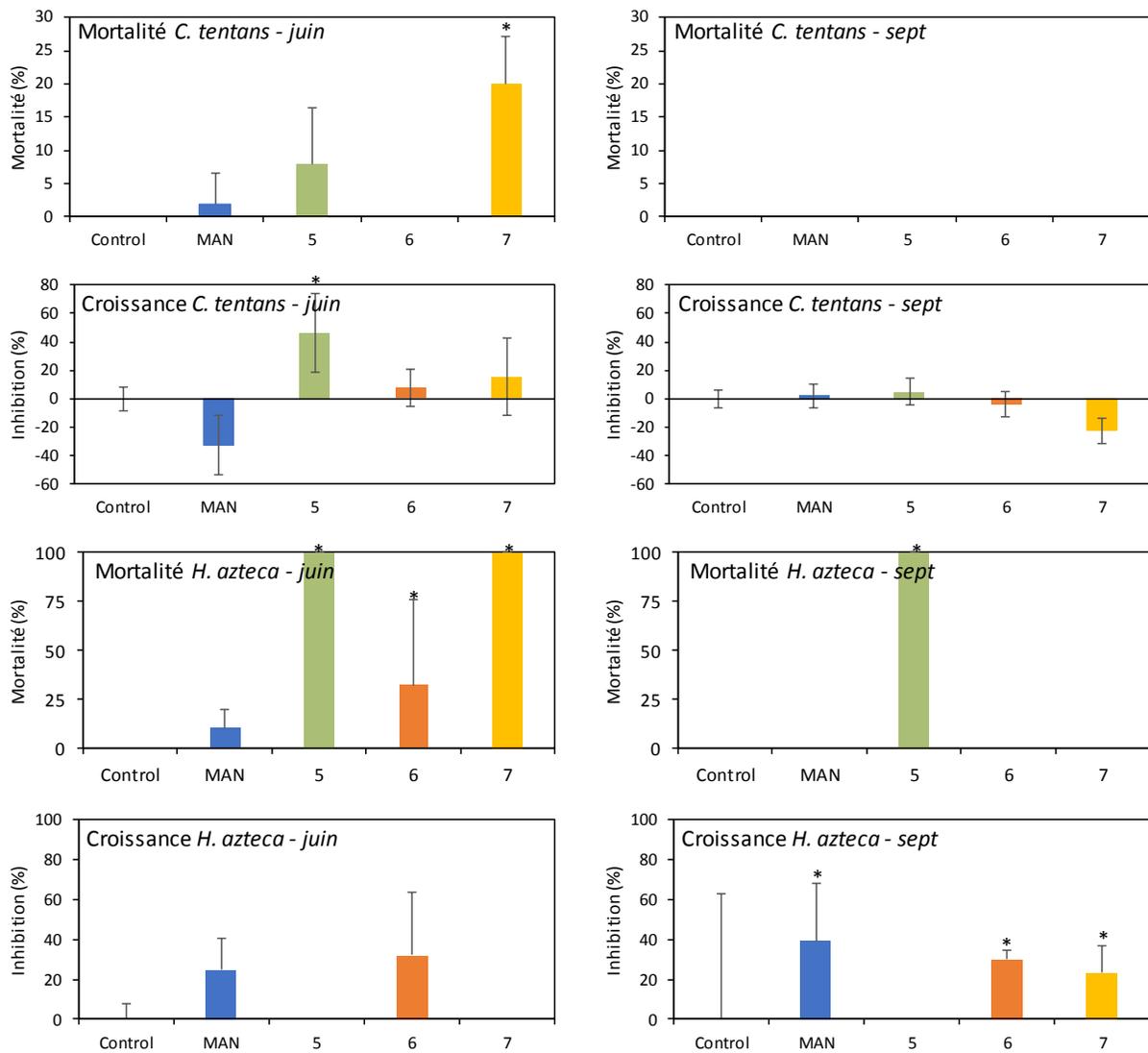


Figure 12. Bioessais sur les sédiments de la rivière Bourlamaque –2017

* Significativement différent du contrôle (ANOVA/Tuckey-Kramer, $p < 0.05$)

4 CONCLUSION

Les résultats obtenus lors des campagnes d'échantillonnages de 2017 montrent que les sites miniers Manitou et East Sullivan exercent encore un effet sur la qualité de la rivière Bourlamaque.

Malgré les travaux de restauration de 2008, l'eau du ruisseau Manitou présente des concentrations de métaux (As, Cd, Cu, Fe, Ni, Zn), sulfates et MES, une dureté (Ca, CaCO₃), et une conductivité plus élevées que dans la rivière Bourlamaque. Ces résultats suggèrent que le ruisseau Manitou est encore une source de contaminant vers la rivière Bourlamaque. Similairement, l'émissaire du site minier East-Sullivan a une eau présentant une conductivité, un pH, ainsi que des concentrations en ions (Ca, Mg) et en sulfates significativement plus élevées que la rivière Bourlamaque.

L'influence de ces émissaires de sites miniers se traduit par une augmentation des valeurs de certains paramètres en palier en amont de leur embouchure. Cet effet est particulièrement important pour certains métaux (Pb, Zn), la dureté, et certains ions (Ca, Mg) en amont du ruisseau Manitou, et pour la dureté, l'ion Mg, la conductivité et le pH en amont de l'émissaire du site minier East-Sullivan. Cependant, pour le plomb, l'influence de l'eau de l'émissaire du site minier Manitou n'est pas évidente étant donné les concentrations plus basses dans celui-ci qu'aux stations suivantes de la rivière Bourlamaque. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus lors des relevés de 2016 (Groupe Hémisphères, 2016). Les bioessais ont montré que l'eau du ruisseau Manitou a provoqué des effets sublétaux significatifs chez tous les organismes testés en juin. Cet effet semble s'être répercuté jusqu'aux stations 5 et 6 où ont été mesurées des inhibitions significatives de la croissance de *C. dubia*.

La qualité des sédiments diminue drastiquement en aval des émissaires des sites miniers East-Sullivan et Manitou. Cet effet est marqué pour tous les métaux analysés en aval de l'émissaire d'East-Sullivan et pour quatre de ceux-ci (As, Fe, Pb, Zn) en aval du ruisseau Manitou. Cependant, pour tous ces paramètres, l'influence de l'eau de l'émissaire du site minier Manitou n'est pas évidente étant donné les concentrations plus basses dans celui-ci qu'aux stations suivantes de la rivière Bourlamaque. Les hautes teneurs en métaux des années précédant les travaux de restauration sont probablement à blâmer pour ces dépassements malgré les concentrations relativement basses observées aujourd'hui dans les sédiments du ruisseau Manitou. Ces sédiments provoquent des effets toxicologiques létaux et sublétaux significatifs chez les deux organismes testés principalement aux stations 5 et 7. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus en 2014 et suggèrent que la qualité des sédiments de la rivière Bourlamaque ne s'est pas améliorée depuis (Dessau, 2014). Une analyse fonctionnelle des communautés benthiques avait alors été faite et il avait été conclu que les sédiments exerçaient un effet significatif sur l'habitat du poisson. Voyant l'absence de changement au niveau toxicologique en date de 2017, il est peu probable que l'effet des sédiments sur les organismes benthiques et sur l'habitat du poisson ait changé de manière marquée depuis. Cependant, il serait intéressant de discriminer la couche superficielle des sédiments relativement aux sédiments profonds lors de la prochaine étude puisque les organismes benthiques susceptibles d'être affectés par ceux-ci sont rarement exposés aux contaminants des sédiments profonds. L'étude des sédiments superficiels permettrait donc de mieux évaluer la toxicité environnementale réelle et l'efficacité des mesures déployées sur les sites miniers.

Comparativement à 2011, une amélioration notable du pH est observée dans le ruisseau Manitou (Dessau, 2014), passant de 3,1 à plus de 6,0. Ceci témoigne de l'efficacité du recouvrement des résidus miniers générateurs d'acide par ceux de la mine Goldex. Par opposition, comme souligné en 2016, les concentrations de certains métaux (Al, Cu, Fe) ont augmenté de manière notable. Il s'agit de trois paramètres pour lesquels l'influence de Manitou est peu probable et les causes de ces augmentations pourraient provenir d'une autre source en amont.

Finalement, une augmentation de la concentration de nombreux métaux (As, Cu, Fe, Pb), d'ions (Mg, Ca) et de MES est observée aux stations 9 et 10. Des résultats très similaires ont aussi été observés pour la première fois en 2016. Il avait alors été suggéré qu'une source de contamination tierce était probablement en jeu. Les résultats de cette année renforcent cette hypothèse et il est peu probable, selon les résultats obtenus à ce jour, que ces effets soient attribuables aux sites de résidus miniers de Manitou ou East Sullivan.

5 ASSURANCE QUALITÉ

Groupe Hémisphères dispose d'un système interne de contrôle de la qualité inspiré de la norme ISO 9001 : 2008. Ce dernier est basé sur la vérification et l'approbation de tout concept et production de documents par un professionnel senior. Il tient notamment compte de la responsabilité du management, du contrôle de la documentation et des données, de la formation continue du personnel, ainsi que de l'assurance qualité pour les produits livrables. Ce système inclut également un contrôle assidu des travaux de terrain et des mesures de prévention et de sécurité spécifiques au projet.

6 RÉFÉRENCES

Bibliographie

- CCME [Conseil canadien des ministres de l'environnement] (1999) Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement. Site Internet : <http://www.ccme.ca/index.html>.
- Dessau (2014) *Suivi des effets du drainage du site minier Manitou sur l'habitat aquatique de la rivière Bourlamaque*. Rapport préparé pour le Ministère des Ressources naturelles du Québec. 77 pages et annexes.
- Groupe Hémisphères (2016) *Suivi de la qualité de l'eau et des sédiments de la rivière Bourlamaque et du ruisseau Manitou – ancien site minier Manitou*. Rapport préparé pour le Ministère de l'Énergie et des ressources naturelles du Québec. 80 pages et annexes
- LVM (2015) *Suivi de la qualité de l'eau et des sédiments de la rivière Bourlamaque et du ruisseau Manitou, 2014*. Rapport préparé pour le Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles. 35 pages et annexes.
- MDDEFP [ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs du Québec] (2013) *Critères de qualité de l'eau de surface*, 3^e édition, Québec, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-68533-3 (PDF), 510 pages et 16 annexes.
- MDDELCC [ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques] (2016) *Suivi de la qualité des rivières et petits cours d'eau – Annexe 1*. Site Internet : http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/rivieres/annexes.htm#annexe1.
- MDDEP [ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec] (juillet 2008) *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales : Cahier 1 – Généralités*, Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, 58 p., 3 annexes, http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/documents/publications/guides_ech.htm.

ANNEXES

Annexe I

Programme de terrain

Montréal, le 16 mai 2017

Olivia Dawson
Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles
5700, 4^e Avenue Ouest
bureau C-318
Québec, Québec G1H 6R1

**Objet : Programme de terrain / Suivi de la qualité de l'eau et des sédiments de la rivière
Bourlamaque et du ruisseau Manitou – Ancien site minier Manitou**

N/D : GP698-02-17

V/D : 2017-0151-02

Madame Dawson,

Nous avons le plaisir de vous transmettre le programme de terrain relatif aux travaux à mener par notre firme sur le terrain mentionné en rubrique.

Nous espérons que le tout saura répondre à vos attentes et nous demeurons à votre disposition pour toute information additionnelle.

1 PROGRAMME AQ/CQ

Groupe Hémisphères dispose d'un système interne de contrôle de la qualité inspiré de la norme ISO 9001 : 2008. Ce dernier est basé sur la vérification et l'approbation de tout concept et production de documents par un professionnel senior. Il tient notamment compte de la responsabilité du management, du contrôle de la documentation et des données, de la formation continue du personnel, ainsi que de l'assurance qualité pour les produits livrables. Ce système inclut également un contrôle assidu des travaux de terrain et des mesures de prévention et de sécurité spécifiques au projet.

Le programme d'assurance et de contrôle qualité spécifique proposé pour ce projet sera mis en place pour assurer la qualité des données et leur utilité dans le suivi de la qualité de l'eau de la rivière Bourlamaque et du ruisseau Manitou. Le programme se conformera au *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales – Cahier 1, Généralités* du Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ) et aux directives d'Environnement et Changement climatique Canada (ECCC).

Les grandes lignes de ce programme sont présentées dans cette section.

1.1 Lavage des équipements d'échantillonnage

Les différents équipements d'échantillonnage seront nettoyés entre chaque site. Puisque les limites de détections préalablement utilisées (LVM, 2015) sont « basse limite » et non « trace », seul un rinçage avec un détergent sans phosphate est requis (MDDEP, juillet 2008).

1.2 Séquence du rinçage

Il s'agit d'un rinçage à l'eau du milieu pour enlever les résidus majeurs, brossage des surfaces avec de l'eau et un détergent sans phosphate (Alconox), trois rinçages à l'eau du milieu pour enlever toute trace de détergent suivis de deux rinçages à l'eau purifiée.

1.3 Enregistrement des échantillons

Les formulaires de prélèvement, de demande d'analyse ou de livraison des échantillons seront remplis de façon claire et univoque. Le nombre d'exemplaires sera suffisant pour assurer le repérage de toute l'information pertinente et relative à l'échantillon prélevé, et ce, afin de pouvoir vérifier la correspondance et la validité des résultats. Les renseignements suivants figureront sur les formulaires utilisés :

- lieu de prélèvement;
- date du prélèvement;
- identification de l'échantillon;
- identification des points de prélèvement;
- type de l'échantillon (composite);
- nature de l'échantillon (eau de surface ou sédiment) ;
- paramètres analytiques demandés;
- nom et coordonnées du préleveur;
- tout autre renseignement pertinent (échantillon filtré ou non, agent de conservation, pH, nom du projet, responsable du projet, heure du prélèvement, etc.).

1.4 Conservation des échantillons

Les échantillons seront conservés à environ 4 °C dès le prélèvement, et ce, jusqu'à la réception au laboratoire mandaté. Les agents de conservation seront fournis par le laboratoire qui effectuera les analyses.

1.5 Notes de terrain

Le préleveur inclura dans ses notes de terrain ou sur son formulaire de prélèvement une description de la méthode d'échantillonnage utilisée ainsi que la liste des principaux équipements, contenants et agents de conservation, s'il y a lieu. Également, l'emplacement des points de prélèvement, la fréquence et l'heure des prélèvements de même que les événements qui les entourent doivent être consignés. De plus, il notera les valeurs des paramètres d'analyse qui sont mesurés sur place, tels que le pH, la conductivité et la température, les conditions climatiques (pluie, neige, etc.), la période de crue ou d'étiage, s'il y a lieu (en bordure d'un cours d'eau), et une description visuelle des échantillons et du milieu échantillonné (couleur, odeur, turbidité visuelle, etc.). Plus de détails sont fournis à la section 3.5.

1.6 Échantillons de contrôle de qualité

1.6.1 Duplicata

Puisque l'échantillonnage sera fait en triplicata, la règle générale du 10% de duplicata de terrain ne sera pas appliquée. Cependant, puisque les triplicatas seront nommés de façon à être reconnaissables, un duplicata avec nomenclature différente sera pris par campagne d'échantillonnage, soit un au printemps et un à l'automne.

1.6.2 Blanc de transport

Puisque les paramètres d'analyse ne sont pas susceptibles d'être contaminés pendant le transport contrairement à des composés volatils par exemple, aucun blanc de transport n'est requis (MDDEP, juillet 2008).

1.6.3 Blanc de terrain

Un blanc de terrain par campagne d'échantillonnage sera amené et manipulé sur le terrain d'échantillonnage puis rapportés au laboratoire comme un échantillon. Celui-ci sera ouvert sur le terrain, pendant environ la même durée de temps que les contenants d'échantillons lors du prélèvement. Il accompagnera les autres contenants, avant, pendant et après l'échantillonnage, ainsi qu'au retour des échantillons au laboratoire.

1.6.4 Blanc de lavage des équipements d'échantillonnage

Un blanc de lavage sera fait lors de la première campagne d'échantillonnage afin de s'assurer que la méthode et le matériel ne sont pas responsables de contamination. Advenant un changement de l'équipe ou du matériel utilisé, un deuxième blanc de lavage sera fait à la deuxième campagne d'échantillonnage également. Cela consistera à laver les équipements d'échantillonnage et à prélever, à la manière d'un échantillon, de l'eau purifiée du dernier rinçage et de la conserver dans un contenant identifié à cette fin.

2 PROGRAMME SANTÉ ET SÉCURITÉ

Lors de la rencontre interne de planification de terrain, les éléments notables relatifs à la sécurité de l'équipe d'échantillonnage seront identifiés et localisés sur une carte qui sera remise à l'équipe de terrain. Celle-ci localisera, entre autres, les descentes de bateaux accessibles et les zones à risque pour la navigation (eg. rapides).

Un *Formulaire de travail de terrain* sera également remis à l'équipe de terrain et celui-ci est joint à l'Annexe I. Celui-ci inclut, entre autres, les informations suivantes :

- Coordonnées des responsables du projet;
- Coordonnées du personnel de terrain;
- Coordonnées du personnel ressource local;
- Coordonnées des personnes à contacter en cas d'urgence;
- Les détails relatifs à la prise de médicament du personnel de terrain; ainsi que
- Les numéros de téléphone d'urgence dans le secteur d'inventaire.

De plus, le bateau utilisé sera en bon état et sera équipé d'une ancre, d'une trousse de sécurité nautique et d'une trousse de premiers soins. Le personnel portera également l'équipement personnel de sécurité adéquat. Dans ce cas :

- Veste de flottaison individuelle ;
- Gants en nitrile ;
- Lunette de sécurité ;

D'ailleurs Groupe Hémisphères possède un *Programme de sécurité et prévention pour le travail de terrain* qui sera remis à l'équipe de terrain et qui peut être consulté à l'Annexe II.

3 MATÉRIEL ET MÉTHODES

3.1 Résumé du plan d'échantillonnage

Les stations d'échantillonnage seront celles fournies par le MERN et présentées à la figure de l'Annexe III. Le Tableau 1 présente les coordonnées des stations d'échantillonnage pour l'eau de surface et les sédiments. Les tableaux 2 et 3 résument le plan d'échantillonnage pour l'eau de surface et les sédiments.

Tableau 1. Coordonnées géographiques des stations d'échantillonnage de 2014

Cours d'eau	Station	Coordonnées UTM zone 18		Distance à partir de l'embouchure (km)
		Nord	Ouest	
Bourlamaque	BOU	292208	5319104	44,0
Bourlamaque	2	295477	5325812	38,9
Bourlamaque	2.3	298017	5326737	35,1
Bourlamaque	2.7	299061	5326354	33,4
Bourlamaque	3	299292	5326381	33,1
Bourlamaque	4	299616	5326610	31,6
Manitou	MAN	300442	5327152	--
Bourlamaque	5	300008	5327782	31,3
Bourlamaque	5.5	300943	5328732	29,8
Bourlamaque	6	301070	5329241	29,3
Bourlamaque	6.5	302108	5330193	27,5
Bourlamaque	7	299389	5332903	22,3
Bourlamaque	9	301192	5335592	16,1
Bourlamaque	10	303155	5338194	10,9
Sortie du bassin de rétention de East Sullivan	ES	298866	5326991	--

Tableau 2. Plan d'échantillonnage – Eau de surface

Paramètres	Nombre de stations	Nombre d'échantillons	Fréquence
pH (in situ)	15	3	2
Température (in situ)	15	3	2
Conductivité (in situ)	15	3	2
Dureté	15	3	2
MES	15	3	2
Aluminium	15	3	2
Arsenic	15	3	2
Cadmium	15	3	2
Cuivre	15	3	2
Fer	15	3	2
Nickel	15	3	2
Plomb	15	3	2
Sulfates	15	3	2
Zinc	15	3	2
Essai de reproduction et de survie sur le cladocère <i>Ceriodaphnia dubia</i>	4	1	2
Essai de mesure de l'inhibition de la croissance de la plante macroscopique dulcicole <i>Lemna minor</i>	4	1	2
Essai d'inhibition de la croissance de l'algue verte <i>Pseudokirchneriella subcapitata</i>	4	1	2
Duplicata *	1	1	2
Blanc de terrain	1	1	2
Blanc de lavage	1	1	1 (printemps)**

* Nomenclature différente, inclus dans les triplicatas

** Sera fait également à la campagne d'automne s'il y a changement d'équipement ou de personnel.

Tableau 3. Plan d'échantillonnage – Sédiment

Paramètres	Nombre de stations	Nombre d'échantillons	Fréquence
Épaisseur	15	3	2
Recouvrement et épaisseur des résidus miniers	15	3	2
Type de substrat 0 à 0,3 m	15	3	2
Granulométrie	15	3	2
pH (in situ)	15	3	2
Aluminium	15	3	2
Arsenic	15	3	2
Cadmium	15	3	2
Cuivre	15	3	2
Fer	15	3	2
Nickel	15	3	2
Plomb	15	3	2
Sulfates	15	3	2
Zinc	15	3	2
Essai de survie et de la croissance des larves dulcicoles de chironomides dans les sédiments <i>Chironomum dilutus</i>	4	1	2
Essai de survie et de croissance de l'amphipode dulcicole dans les sédiments <i>Hyalella azteca</i>	4	1	2
Duplicata*	1	1	2
Blanc de terrain	1	1	2
Blanc de lavage	1	1	1 (printemps)**

* Nomenclature différente, inclus dans les triplicatas

** Sera fait également à la campagne d'automne s'il y a changement d'équipement ou de personnel.

3.2 Qualité de l'eau de surface

La méthodologie se conformera à ce qui a été fait précédemment afin de permettre la comparaison des données obtenues à l'exception du rinçage à l'acide, à l'acétone et à l'hexane qui n'est requis que pour les analyses traces (MDDEP, 2008), soit celles fournissant les plus basses limites de détection.

3.2.1 Techniques d'échantillonnage

Par souci de réplicabilité, les techniques d'échantillonnage proposées sont les mêmes que celles de LVM (2015).

À chaque station, l'eau sera prélevée à trois reprises au centre de la rivière, soit un échantillon en surface, un échantillon à mi-hauteur entre la surface et le lit de la rivière, et un échantillon prélevé environ 30 cm au-dessus du lit de la rivière afin de former un échantillon composite. Cette opération sera répétée trois fois par station afin de former un triplicata.

Pour le ruisseau Manitou et l'effluent du bassin de décantation East Sullivan, un seul échantillon sera prélevé au centre du ruisseau compte tenu de la faible profondeur de ce cours d'eau. Les échantillons d'eau à la

surface seront prélevés directement dans les flacons d'analyse fournis par le laboratoire. Pour les flacons contenant des acides préservatifs, l'échantillon d'eau sera d'abord prélevé dans une bouteille stérile fournie par le laboratoire puis transvidé dans le flacon contenant l'acide, en prenant soin de ne pas faire déborder la bouteille.

Un échantillonneur Van Dorn sera utilisé pour prélever les échantillons d'eau à la surface, à mi-hauteur et à 30 cm au-dessus du lit de la rivière. Par la suite, l'eau sera transvidée dans un contenant pour mélanger les trois sous-échantillons avant de remplir les flacons d'analyse. Il est à noter que l'échantillonneur Van Dorn sera reconditionné entre chaque prélèvement avec de l'Alconox et de l'eau distillée afin d'éviter la contamination croisée entre les échantillons. Le rinçage sera effectué selon la procédure détaillée dans le *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales, cahier 1*, du Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (MDDEP, juillet 2008).

Afin de prolonger le temps de conservation à 6 mois pour les métaux, les échantillons seront filtrés sur le terrain. Tous les flacons d'analyse seront conservés dans des glacières à des températures maintenues à 4°C à l'aide de glace. Les stations MAN, 5, 6 et 7 seront échantillonnées lors de la dernière journée de terrain car les échantillons pour les essais toxicologiques devant être réalisés à ces stations ont un délai de conservation de 3 jours. Les échantillons seront donc envoyés par Purolator au laboratoire Eurofins de St-Augustin-de-Desmaures à la fin de cette journée d'échantillonnage. Tous les autres paramètres requièrent des délais de conservation de 7 jours ou plus.

Une sonde multiparamètre sera également utilisée pour prendre des mesures de pH, de température et de conductivité *in situ*. La sonde sera calibrée avant chaque campagne d'échantillonnage et vérifiée à tous les jours de terrain.

3.2.2 Essais toxicologiques

Afin de mesurer la toxicité de l'eau sur les organismes aquatiques de la rivière Bourlamaque, des bioessais seront réalisés sur des échantillons d'eau provenant des stations 5, 6, 7 et MAN. Les bioessais portent sur l'inhibition de la croissance de l'algue verte (*Pseudokirchneriella subcapitata*) et de la lentille d'eau (*Lemna minor*), ainsi que sur la survie et l'inhibition de la croissance d'un cladocère, le *Ceriodaphnia dubia*.

Chaque échantillon d'eau transmis au laboratoire pour ce type d'analyse sera constitué d'un composite des échantillons d'eau prélevés à la surface, au milieu de la colonne d'eau et à environ 30 cm au-dessus du lit de la rivière, à l'exception de la station MAN pour laquelle un seul échantillon sera prélevé.

3.3 Qualité des sédiments

3.3.1 Techniques d'échantillonnage

Par souci de réplicabilité, les techniques d'échantillonnage proposées sont les mêmes que celles de LVM (2015).

Trois sous-échantillons par station seront prélevés, soit un échantillon au centre de la rivière ainsi que près des rives gauche et droite à une profondeur minimale de 30 cm à l'aide d'une benne Ponar. Les sédiments récoltés seront déposés dans un bac de plastique, mélangés, puis transférés dans des flacons d'échantillonnage fournis par le laboratoire d'analyse. Ces opérations seront répétées trois fois afin de former des triplicatas.

Tous les échantillons seront conservés à 4°C dans des glacières avec de la glace. Les échantillons seront envoyés par Purolator au laboratoire Eurofins de St-Augustin-de-Desmaures à la fin de la campagne d'échantillonnage. Tous les paramètres et essais toxicologiques pour les sédiments requièrent des délais de conservation de 2 semaines ou plus.

3.3.2 Essais toxicologiques

Les bioessais porteront sur la survie et la croissance des larves dulcicoles de chironomides (*Chironomus dilutus*) et de l'amphipode dulcicole *Hyalella azteca*, selon les méthodes recommandées par Environnement Canada (SPE 1/RM/32 et SPE 1/RM/33 respectivement).

Chaque échantillon de sédiments transmis au laboratoire pour ces analyses représentera un composite des trois échantillons prélevés à chacune des stations de la rivière Bourlamaque.

Les composites seront faits sur place avant de les transmettre au laboratoire. Les échantillons seront transférés dans un sac de plastique à l'intérieur d'un seau de 5 L fourni par le laboratoire responsable de la réalisation des bioessais. Les seaux seront remplis à ras bord avec une légère couche d'eau en surface afin d'isoler les sédiments de l'air ambiant.

3.4 Analyse des données

Les paramètres analysés seront ceux proposés par le MERN et présentés aux tableaux 2 et 3. Les concentrations mesurées seront comparées aux critères du MDDELCC pour la protection de la vie aquatique (effet aigu et chronique) et à ceux du CCME pour la protection de la vie aquatique.

La médiane sera utilisée afin de faciliter la comparaison des résultats avec les études antérieures qui ont également utilisé la médiane comme mesure de tendance centrale.

3.5 Description des stations d'échantillonnage

Une description détaillée de chaque station d'échantillonnage sera faite afin d'aider dans l'interprétation des résultats de la qualité de l'eau. En premier lieu, quatre photos seront prises à chacune des stations afin de montrer l'aval, l'amont, la berge gauche et la berge droite. Une description structurelle de la végétation aquatique et riveraine sera également faite. Celle-ci détaillera le type de végétation (voir Tableau 4) et le pourcentage de recouvrement du littoral ou de la berge.

Tableau 4. Type de végétation aquatique et terrestre

Végétation aquatique	Végétation terrestre
Submergée	Muscinale
Flottante	Herbacée
Émergente	Arbustive
	Arborescente

La morphométrie sommaire des berges sera également notée en détaillant la pente (0-10%, 10-30%, >30%) et la stabilité (pourcentage de la berge en processus d'érosion). Tout autre détail digne de mention sera également noté (ex. débris, perturbation, embâcle, etc.) et photographié.

4 ÉCHÉANCIER

L'échéancier proposé est présenté au Tableau 5.

Tableau 5. Échéancier préliminaire

Nom de la tâche	Début	Fin	% terminé	T2			T3		T4			T1		
				avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	janv.	févr.
1 Signature du contrat	17-05-05	17-05-05	100%		◆ Christian Corbeil									
2 Réunion de démarrage	17-05-08	17-05-08	100%		◆ Julie Bastien									
3 Saison 2017	17-05-11	18-01-09	14%											
4 Programme de terrain préliminaire 2017	17-05-11	17-05-11	100%		◆ Julie Bastien									
5 Commentaires sur programme de terrain 2017	17-05-15	17-05-15	100%		■ MERN									
6 Programme de terrain final 2017	17-05-17	17-05-17	100%		■ Julie Bastien									
7 Échantillonnage eau-sédiment crue 2017	17-05-28	17-06-01	0%		■ Julie Bastien									
8 Échantillonnage eau-sédiment étiage 2017	17-09-08	17-09-13	0%					■ Julie Bastien						
9 Rapport préliminaire 2017	17-11-01	17-11-01	0%							◆ Julie Bastien				
10 Commentaires sur rapport préliminaire 2017	17-11-15	17-11-15	0%							■ MERN				
11 Rapport final 2017	18-01-09	18-01-09	0%										◆ Julie Bastien	
12 Saison 2018	18-04-20	19-01-09	0%											
13 Programme de terrain 2018	18-04-20	18-04-20	0%											
14 Commentaires sur programme de terrain 2018	18-05-04	18-05-04	0%											
15 Programme de terrain final 2018	18-05-18	18-05-18	0%											
16 Échantillonnage eau crue 2018	18-05-25	18-05-28	0%											
17 Échantillonnage eau étiage 2018	18-09-07	18-09-10	0%											
18 Rapport préliminaire 2018	18-11-01	18-11-01	0%											
19 Commentaires sur rapport préliminaire 2018	18-11-15	18-11-15	0%											
20 Rapport final 2018	19-01-09	19-01-09	0%											
21 Saison 2019	19-04-19	20-01-09	0%											
22 Programme de terrain 2019	19-04-19	19-04-19	0%											
23 Commentaires sur programme de terrain 2019	19-05-03	19-05-03	0%											
24 Programme de terrain final 2018	19-05-17	19-05-17	0%											
25 Échantillonnage eau crue 2019	19-05-24	19-05-27	0%											
26 Échantillonnage eau étiage 2019	19-09-06	19-09-09	0%											
27 Rapport préliminaire 2019	19-11-01	19-11-01	0%											
28 Commentaires sur rapport préliminaire 2019	19-11-15	19-11-15	0%											
29 Rapport final 2019	20-01-09	20-01-09	0%											

5 RÉFÉRENCES

Bibliographie

MDDEP [ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec] (juillet 2008) *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales : Cahier 1 – Généralités*, Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, 58 p., 3 annexes, http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/documents/publications/guides_ech.htm.

LVM (2015) *Suivi de la qualité de l'eau et des sédiments de la rivière Bourlamaque et du ruisseau Manitou, 2014*. Rédigé pour le ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles. 35 pages et 8 annexes.

Rédigé par :



Julie Bastien
Biologiste, M.Sc. Eau



Simon Barrette
Biologiste, M.Sc. Biol.
Association des Biologistes du Québec
#3577

Annexe I

Formulaire de travail de terrain

No. de projet : **GP698-01-16 - Suivi qualite eau Manitou**

Lieu des travaux	Rivière Bourlamaque et ruisseau Manitou				
Description des travaux	Échantillonnage d'eau				
Date des travaux	Début : 28 mai 2017		Fin : 1 juin 2017		
Coordonnées des responsables	Poste	Nom	Tél. bureau	Cell.	Rappel
	Chargé de projet	Julie Bastien	514-509-6572	514-220-6543	<input checked="" type="checkbox"/>
	Chargée de projet-MERN	Olivia Dawson	418-627-6292 X5337		
Coordonnées du personnel terrain	Poste	Nom	Tél. bureau	Cell.	Chef
	Préleveur	Julie Bastien	514-509-6572	514-220-6543	<input checked="" type="checkbox"/>
	Capitaine	Philippe Gervais	819-527-4112		
Coordonnées des personnes-ressources locales	Poste	Nom	Tél. bureau	Cell.	
	Chargé de projet	Sophie Turcotte	819-354-4338#252		
Coordonnées des personnes à contacter en cas d'urgence	Nom de l'employé	Nom du contact	Téléphone principal	Cell.	
	Julie Bastien	Philippe Simard	450-731-6306	514-242-3555	
	Philippe Gervais	Michel Gervais	819-874-2730	819-856-6767	
Particularités du site	Rivière avec section de rapide à éviter				
Séance d'information avant projet avec équipe	<input type="checkbox"/> Santé et sécurité <input type="checkbox"/> protocole et inventaire				
Prise de médicaments par un membre de l'équipe ou allergies	Nom				
	SO				
Numéros d'urgence dans ce secteur	<input checked="" type="checkbox"/> 911 en fonction		Urgence sur la route: *4141		
	Ambulance	819-825-7735	Police	819-825-6161	
	Centre hospitalier	819-825-5858	Pompier	819-825-7201	
Autres numéros	Garage	819-825-9255	Hébergement	819-825-5660	
	Remorquage	819-874-2017			

Fiche complétée

Transmis aux membres de l'équipe

le _____

Julie Bastien, chargée de projet

Annexe II

Programme de sécurité et prévention pour le travail de terrain

Activités	Risques	Degré de risque	Mesures préventives ou correctives
Transport du personnel ou de matériel	D'ordre général (conduite)	s/o	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Avoir en sa possession : permis de conduire, assurances, immatriculation; ➤ S'assurer de faire le plein d'essence et d'avoir à bord tout l'équipement de sécurité et de dépannage (roues de secours en bon état et matériel pour la changer); ➤ Vérifier de temps à autre la pression des pneus; ➤ En hiver, s'assurer d'avoir dans la voiture : grattoir, brosse à neige, lave-glace, câble de démarrage, pelle, lampe de poche, trousse de premiers soins, couverture, équipement pour la traction (Traction Aids, tapis, litière,...). Bien déglacer et déneiger avant l'utilisation. Accélérer en douceur. En cas de freinage d'urgence avec des freins ABS, appuyez sur la pédale de frein aussi rapidement et énergiquement que possible. Ne pompez pas le frein! Gardez une pression solide et continue. Dans les autres cas, freinez en appliquant les freins énergiquement mais sans bloquer les roues. ➤ Prendre les routes et chemins appropriés; signaler vos changements de voie; ➤ En conduisant s'assurer d'avoir le moins d'objets libres possible; ➤ Bien stationner les véhicules et ne pas nuire aux véhicules qui circulent; ➤ Utiliser la marche arrière avec précaution; ➤ Signaler toute situation dangereuse; ➤ S'assurer d'être bien visible en cas de pénombre ou la nuit; ➤ Appeler des remorqueurs si le véhicule est hors d'usage.
	Accident avec le véhicule ou un animal	Faible	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Rester calme et vérifier l'état de chaque passager; ➤ Appeler les secours rapidement en cas de problème médical; ➤ Si un animal est impliqué, vérifier s'il est toujours près du véhicule et s'il est blessé ou mort. S'il semble blessé, rester prudent, il peut être imprévisible et dangereux. Téléphoner aux autorités responsables (MFFP au Québec) pour les aviser de l'accident; ➤ Appeler des remorqueurs si le véhicule est hors d'usage.
	Problèmes en cours de vol	Faible	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Toujours suivre les directives de sécurité du pilote d'avion ou d'hélicoptère; ➤ Ne pas voler lors d'un orage ou lors d'une tempête de neige.

Activités	Risques	Degré de risque	Mesures préventives ou correctives
Travaux de terrain	D'ordre général	Moyen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Aviser le chargé de projet de chaque journée de travail et avertir au moins une personne proche – famille, amis. Préciser les lieux d'étude et les heures de travail prévues; ➤ Toujours prendre régulièrement ses messages sur le téléphone cellulaire; ➤ Avoir des émetteurs radio longue distance lorsque les équipiers doivent se séparer, prévoir faire une vérification aux demi-heures ou au besoin, s'assurer de connaître la localisation de l'équipier en tout temps; ➤ S'assurer de bien charger les appareils et d'avoir suffisamment de piles pour la journée avant de partir sur le terrain; ➤ S'assurer du bon fonctionnement du matériel de communication avant le départ sur le terrain; ➤ Mettre le matériel de communication dans un endroit sécuritaire afin d'éviter de le perdre ou de l'endommager; ➤ S'assurer d'avoir les autorisations de passage et les clés nécessaires; ➤ Les travaux seront planifiés de façon à favoriser l'élimination à la source des dangers; ➤ Porter un téléphone cellulaire ou satellite (selon le cas) de façon à permettre des interventions rapides en cas de besoin; ➤ Utiliser des méthodes et outils de travail appropriés; ➤ Avoir à sa disposition une trousse de premiers soins à la portée; ➤ Tous les travaux seront gérés de sorte que la santé et la sécurité du personnel de chantier aient toujours préséance sur les questions reliées aux coûts et aux échéanciers; ➤ Ayez toujours votre carte d'assurance maladie sur vous; ➤ La présence d'équipes composées, si possible, de deux travailleurs augmentera la sécurité lors des interventions.
	Intimidation	Faible	<ul style="list-style-type: none"> ➤ En cas d'intimidation, rester calme, expliquer le pourquoi de votre présence et quitter la propriété si nécessaire; ➤ Toujours rapporter au chargé de projet tout incident (menaces, intimidations, violence verbale ou physique, etc.) et au besoin avec la Sûreté du Québec.

Activités	Risques	Degré de risque	Mesures préventives ou correctives
Travaux de terrain (Suite)	Chute	Faible	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Lors de travaux d'excavation nécessaires sur le terrain, prendre soin de bien identifier le lieu d'excavation afin d'éviter qu'une personne y fasse une chute.
	Réactions allergiques (guêpes,...)	Faible	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Utiliser si possible des filets protecteurs en présence de moustiques; ➤ Lors d'un signe d'allergie, évaluer la gravité de la réaction (locale, difficulté respiratoire,...); ➤ Utiliser l'Epipen en cas de réaction allergique grave. Appeler les secours. Donner si possible un glaçon dans l'attente; ➤ S'il s'agit d'une pique d'abeille, retirer rapidement le dard; ➤ Désinfecter la pique si possible; ➤ En cas de douleur, prendre un antidouleur par voie orale.
	Rencontre d'ours (attaque réelle ou suspectée)	Faible	<ul style="list-style-type: none"> ➤ En tout temps, rester calme; ➤ Prendre son matériel (une pelle, son sac,...) ou une grosse branche et la soulever au-dessus de la tête (l'ours va croire qu'il a un gros animal devant lui et devrait partir); ➤ Déposer un vêtement par terre avant de s'éloigner doucement de l'ours, sans lui tourner le dos ou se mettre à courir; ➤ Garder son sac à dos, il peut vous protéger en cas d'attaque (sauf si le sac contient de la nourriture odorante); ➤ Si l'ours attaque, défendez-vous avec le poivre de Cayenne ou tout autre moyen qui semble accessible et efficace.
	Rencontre d'autres animaux	Moyen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ne réagir contre les animaux que si vous vous sentez attaqué; ➤ Quitter les lieux en douceur autant que possible.

Activités	Risques	Degré de risque	Mesures préventives ou correctives
Travaux de terrain (Suite)	Période de chasse	Faible	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Aucun inventaire en forêt ne doit être réalisé durant la période de chasse. Consultez le calendrier de chasse annuel sur le site Internet du MFFP; ➤ Installer des pancartes plastifiées fournies bien à la vue sur le terrain à l'entrée des chemins secondaires et aux sites d'observation pour indiquer la présence de personnes au travail; ➤ S'assurer que le personnel porte en TOUT TEMPS des vêtements voyants (un dossard et tuque ou casquette de couleur orangée); ➤ En cas de rencontre avec des chasseurs, toujours discuter de façon posée et calme. Expliquer le pourquoi de votre présence, leur indiquer l'horaire et les endroits d'inventaire. Sauf si cela est confidentiel, référer au client s'ils veulent plus de détail;
	Perdus en forêt	Moyen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ TOUJOURS informer un proche (famille, ami, collègue) du lieu où on travaille et de l'heure approximative du retour; ➤ Aviser la personne de contacter le chargé de projet ou de déclencher une recherche si un retard de deux heures est constaté; ➤ Ne pas prendre de risque en situation incertaine. Le cas échéant, contacter l'autre co-équipier afin d'avoir son avis et revoir le trajet prévu; ➤ Rester calme; ➤ Dépenser un minimum d'énergie; ➤ Ne pas s'éloigner de l'endroit où l'équipe s'est perdue; ➤ Contacter les secours d'urgence à l'aide du téléphone ou des radios CB ou émetteurs; ➤ S'assurer de bien être à la vue des secours d'urgence (vêtement aux couleurs vives); ➤ Rester en équipe; ➤ S'assurer de rester au sec (ne pas commettre d'imprudance pour ne pas se mouiller); ➤ Allumer un feu afin de rester au chaud et de faciliter la localisation par les secours d'urgence; ➤ Se construire un abri, seulement si le matériel est à proximité.

Activités	Risques	Degré de risque	Mesures préventives ou correctives
	Travail sur ou près de l'eau	Moyen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Porter des bottes et faire attention pour ne pas glisser sur les roches; ➤ Toujours porter une veste de sauvetage sur l'eau; ➤ S'assurer de pouvoir manœuvrer l'embarcation; ➤ Se référer au « guide de sécurité nautique » rédigé par Transports Canada et disponible au http://www.tc.gc.ca/securitemaritime/TP/Tp511/menu.htm. Des conseils de sécurité y sont donnés sur ce qu'il faut faire avant de partir, sur les différents équipements ainsi que les règles de sécurité et de route à respecter sur l'eau.
Travaux de terrain (Suite)	Travail en milieu isolé	Moyen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Aviser le chargé de projet de chaque journée de travail et avertir au moins une personne proche – famille, amis. Préciser les lieux d'étude et les heures de travail prévues; ➤ Toujours prendre régulièrement ses messages sur le téléphone cellulaire; ➤ Avoir des émetteurs radio longue distance lorsque les équipiers doivent se séparer, prévoir faire une vérification aux demi-heures ou au besoin, s'assurer de connaître la localisation de l'équipier en tout temps; ➤ S'assurer de bien charger les appareils et d'avoir suffisamment de piles pour la journée avant de partir sur le terrain; ➤ S'assurer du bon fonctionnement du matériel de communication avant le départ sur le terrain; ➤ Mettre le matériel de communication dans un endroit sécuritaire afin d'éviter de le perdre ou de l'endommager; ➤ Les travaux seront planifiés de façon à favoriser l'élimination à la source des dangers; ➤ Porter un téléphone cellulaire ou satellite (selon le cas) de façon à permettre des interventions rapides en cas de besoin; ➤ Utiliser des méthodes et outils de travail appropriés; ➤ Avoir à sa disposition une trousse de premiers soins à la portée; ➤ Ayez toujours votre carte d'assurance maladie sur vous; ➤ La présence d'équipes composées de deux travailleurs augmentera la sécurité lors des interventions.

Activités	Risques	Degré de risque	Mesures préventives ou correctives
Travaux de terrain (Suite)	Orage / Foudre	Moyen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Si possible, se réfugier dans le camp ou dans un véhicule; ➤ Si on se retrouve dans un champ, trouver refuge dans un abri; ➤ Sortir de l'eau avant le début de l'orage; ➤ S'éloigner de conduites électriques et de clôtures de pâturage; ➤ Éviter de demeurer sous un arbre en lisière de la forêt ou sur les berges d'un cours d'eau ou d'un lac; ➤ Éviter de demeurer sur les sommets de montagnes ou sur des parois rocheuses; ➤ Éviter de se retrouver à proximité d'objets métalliques.
	Températures extrêmes : froid, tempête de neige, chaleur, humidité	Moyen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ TOUJOURS vérifier, avant de partir, la température de la zone où seront effectués les travaux de terrain; ➤ En zone froide : <ul style="list-style-type: none"> ○ S'équiper chaudement en prévoyant des bas de rechange; ○ S'assurer d'avoir une couverture thermique à sa disposition; ○ En cas d'engelures, réchauffer progressivement le membre gelé. ➤ En cas de tempête de neige <ul style="list-style-type: none"> ○ Trouver un abri; ○ Éviter de se déplacer; ➤ En zone chaude et / ou humide <ul style="list-style-type: none"> ○ S'assurer d'avoir suffisamment d'eau; ○ Prendre des pauses lorsque la chaleur est intenable.

En cas de blessures sur le terrain, il est important de déterminer s'il s'agit d'une blessure mineure, grave ou potentiellement mortelle. Les indications suivantes doivent être appliquées, si possible :

Blessures mineures

Est considérée mineure une blessure qui n'atteint que la couche superficielle de la peau, soit par exemple : écorchures, brûlure au premier degré, blessures aux doigts, orteils et aux membres inférieurs (enflure) :

- Demander au compagnon de travail d'apporter les soins appropriés;
- Remplir ensuite le « Registre d'accidents, d'incidents et de premiers secours » (RAI-01);
- Si cela est nécessaire, conduire la personne blessée dans un CLSC ou un centre hospitalier;
- Signaler si nécessaire l'incident à la C.S.S.T. et compléter la documentation dans les 24 heures.

Blessures graves

Est considérée majeure une blessure pouvant entraîner des conséquences permanentes :

- Stabiliser et immobiliser le blessé;
- Communiquer avec des secouristes *4141 ou 911 : indiquer la position géographique, l'état du blessé, les conditions climatiques et demander la durée du trajet;
- Donner les premiers secours si cela est possible;
- Garder son calme et parler avec la personne blessée pour éviter qu'elle ne perde conscience;
- Communiquer avec un représentant de l'employeur pour signaler l'incident;
- Remplir ensuite le « Registre d'accidents, d'incidents et de premiers secours » (RAI-01);
- Signaler l'incident à la C.S.S.T. et compléter la documentation dans les 24 heures.

Blessures potentiellement mortelles

Est considérée potentiellement mortelle lorsque la vie de la personne est en danger à court ou long terme :

- Stabiliser et immobiliser le blessé;
- Communiquer avec des secouristes *4141 ou 911 : indiquer la position satellite, l'état du blessé, les conditions climatiques et demander la durée du trajet;
- Donner les premiers secours si cela est possible;
- Garder son calme et parler avec la personne blessée pour éviter qu'elle ne perde conscience;
- Communiquer avec un représentant de l'employeur pour signaler l'incident;
- Prévenir la famille du blessé;
- Remplir ensuite le « Registre d'accidents, d'incidents et de premiers secours » (RAI-01);
- Signaler l'incident à la C.S.S.T. et compléter la documentation dans les 24 heures.

Annexe III

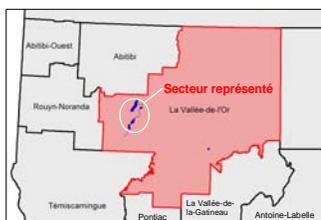
Carte : Suivi de la qualité de l'eau de la rivière Bourlamaque et du ruisseau Manitou



#80445

Suivi de la qualité de l'eau de la rivière Bourlamaque et du ruisseau Manitou

-  Rampe de mise à l'eau
-  Station d'échantillonnage
-  Station d'échantillonnage East-Sullivan



Métadonnées

Système de référence géodésique
North American Datum 1983
Projection cartographique
Projection UTM (Universal Transverse Mercator)
Zone 18



Sources

Données
Données minières
"Includes material©(2010-2013)RapidEye S.a.r.l. All rights reserved."

Organisme

MERN

Année

2016

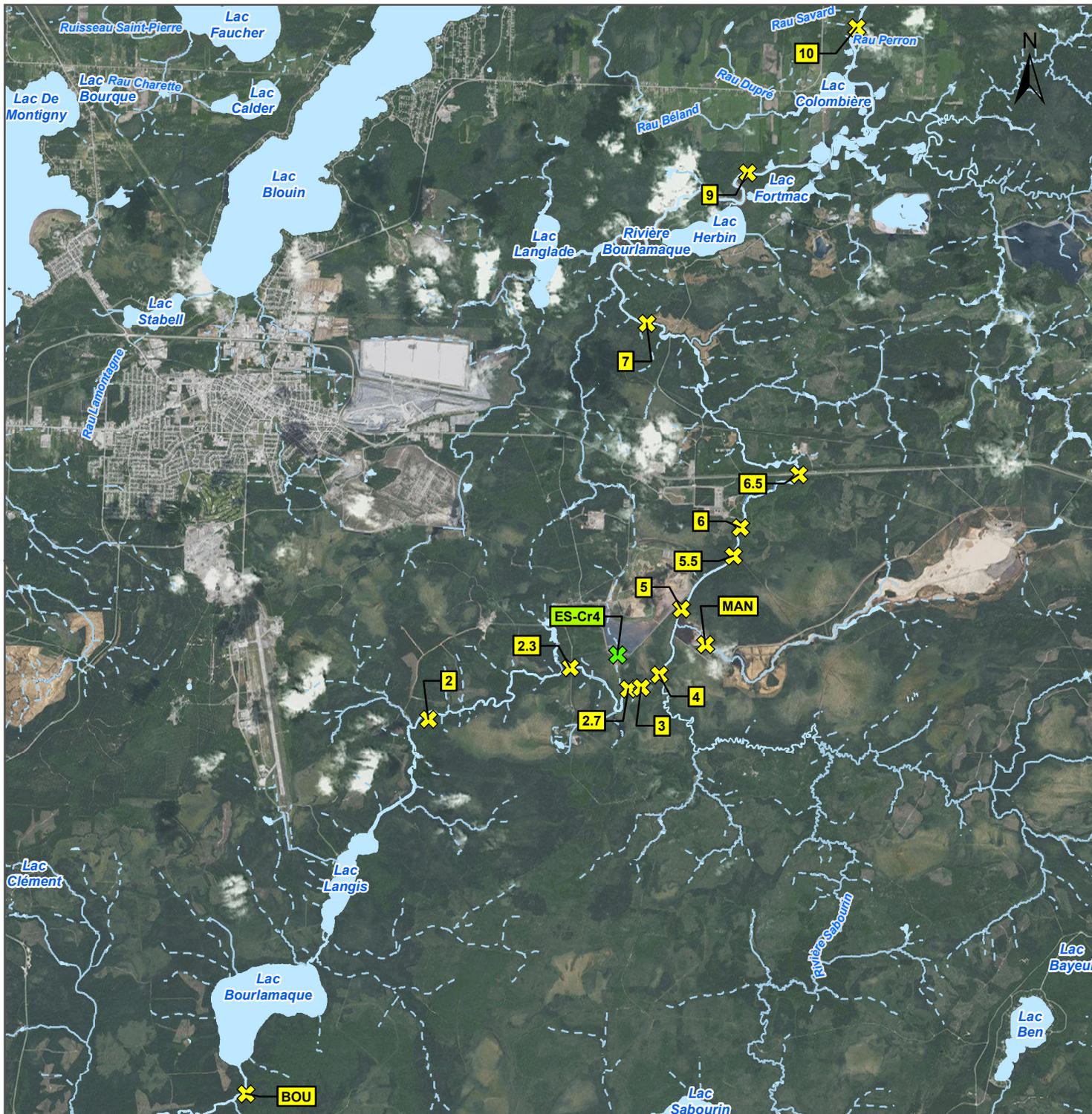
Réalisation
Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles
Direction générale de la gestion du milieu minier
Service de la gestion des droits miniers (SGDM)

©Gouvernement du Québec, 2 mai 2016

**Ministère de l'Énergie
et des Ressources
naturelles**
Québec

Annexe II

Carte de localisation des stations d'échantillonnage et de la station ES du site minier East Sullivan



LÉGENDE

Station d'échantillonnage

- ✕ Groupe Hémisphères
- ✕ MERN

Hydrographie

- Cours d'eau
- - - Cours d'eau intermittent
- Étendue d'eau



0 1 2 3 4 5
kilomètres

Echelle: 1/100 000 Projection: NAD 1983 UTM Zone 18N

SUIVI DE LA QUALITÉ DE L'EAU Énergie et Ressources naturelles
DE LA RIVIÈRE BOURLAMAQUE
ET DU RUISSEAU MANITOU – ANCIEN SITE MINIER MANITOU **Québec**

FICHIER, PROJET, DATE, AUTEUR:
 GP698-01-16, GH-0796, 2017-12-11, jcamy

SOURCES:
Fond de carte: BDTQ, Ministère des ressources naturelles, ©Gouvernement du Québec, 2002
Image satellite: Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community
 © 2017 HERE © 2017 Microsoft Corporation

Localisation des stations d'échantillonnage

GroupeHemispheres
 1453, rue Beaubien Est,
 Bureau 301, Montréal (Qc) H2G 3C6
 5731, rue Saint-Louis,
 Bureau 201 Lévis (Qc) G6V 4E2

Figure
1

Annexe III

Reportage photographique

STATION BOU



Amont



Aval



Rive gauche



Rive droite

STATION 2



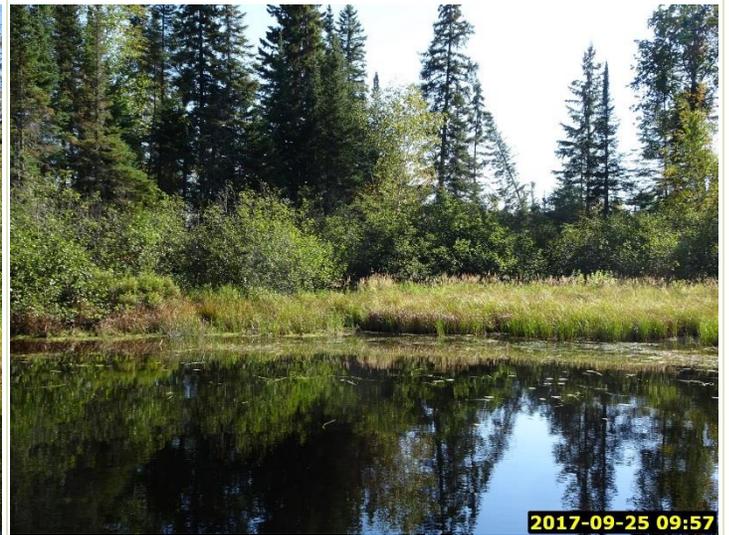
Amont



Aval



Rive gauche



Rive droite

STATION 2.3



Amont



Aval



Rive gauche

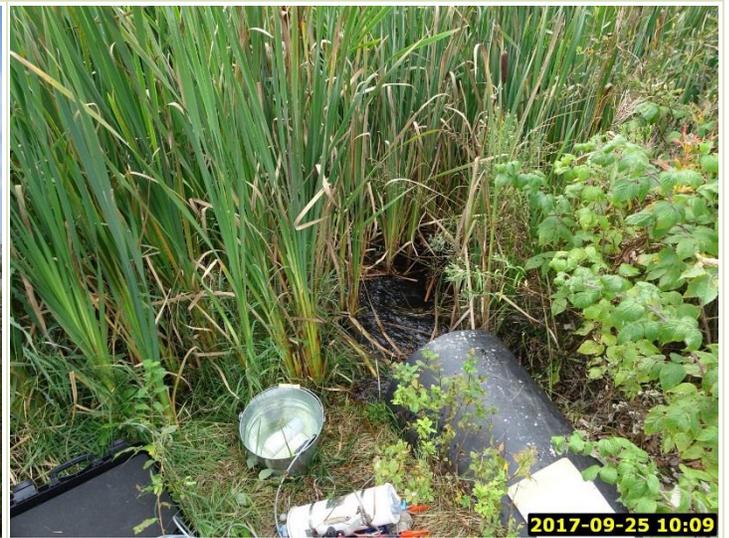


Rive droite

STATION ES-CR4



Amont



Aval

STATION 2.7



Amont



Aval



Rive gauche



Rive droite

STATION 3



Amont



Aval



Rive gauche



Rive droite

STATION 4



Amont



Aval



Rive gauche



Rive droite

STATION MAN



Amont



Aval



Rive gauche



Rive droite

STATION 5



Amont



Aval



Rive gauche



Rive droite

STATION 5.5



Amont



Aval



Rive gauche



Rive droite

STATION 6



Amont



Aval



Rive gauche



Rive droite

STATION 6.5



Amont



Aval



Rive gauche



Rive droite

STATION 7



Amont



Aval



Rive gauche



Rive droite

STATION 9



Amont



Aval



Rive gauche



Rive droite

STATION 10



Amont



Aval



Rive gauche



Rive droite

Annexe IV

Données brutes

Tableau IV-1. Données brutes pour l'eau - Échantillonnage de mai-juin 2017

Station	Date	Réplicat	Temp. (°C)	Conduct. (µS/cm)	pH	MES (mg/L)	Dureté (mg/L)	Sulfates (mg/L)	Al (mg/L)	As (mg/L)	Cd (mg/L)	Ca (mg/L)	Cu (mg/L)	Fe (mg/L)	Mg (mg/L)	Ni (mg/L)	Pb (mg/L)	Zn (mg/L)
BOU	2017-05-31	1	13.7	19	4.83	5	5	3.1	0.49	0.0018	0.0001	1.19	0.0022	1.04	0.47	0.002	0.0011	0.007
		2	13.7	19	4.75	10	4	3.2	0.47	0.0017	0.0001	1.05	0.0018	0.93	0.42	0.002	0.0009	0.006
		3	13.7	67	6.44	15	5	2.9	0.57	0.0017	0.0001	1.19	0.0020	1.02	0.47	0.002	0.0010	0.006
2	2017-05-31	1	15.8	30	4.64	5	6	1.9	0.49	0.0008	0.0001	1.63	0.0020	0.96	0.55	0.002	0.0007	0.008
		2	15.8	19	5.02	6	6	1.9	0.50	0.0008	0.0001	1.58	0.0019	1.02	0.55	0.002	0.0006	0.008
		3	15.8	16	5.09	5	6	1.3	0.49	0.0009	0.0001	1.57	0.0020	0.97	0.55	0.002	0.0006	0.006
2.3	2017-05-30	1	16.6	18	5.56	10	7	1.6	0.62	0.0022	0.0001	1.71	0.0044	1.12	0.57	0.002	0.0009	0.013
		2	16.6	17	5.30	9	6	2.0	0.48	0.0039	0.0001	1.51	0.0044	0.97	0.52	0.002	0.0008	0.012
		3	16.6	17	5.31	5	7	2.0	0.58	0.0034	0.0001	1.72	0.0051	1.12	0.60	0.002	0.0008	0.009
ES-Cr4	2017-05-28	1	17.2	1230	7.90	11	712	590.0	0.01	0.0002	0.0001	244.00	0.0028	0.22	25.20	0.002	0.0001	0.011
		2	17.2	1180	7.89	9	715	596.0	0.01	0.0002	0.0001	245.00	0.0029	0.28	25.10	0.003	0.0001	0.008
		3	17.2	1160	7.88	8	712	598.0	0.01	0.0002	0.0001	244.00	0.0040	0.22	25.10	0.002	0.0001	0.009
2.7	2017-05-31	1	15.6	31	5.51	6	12	7.0	0.46	0.0011	0.0001	3.51	0.0040	0.97	0.72	0.002	0.0008	0.009
		2	15.6	37	5.25	8	14	8.1	0.47	0.0012	0.0001	4.14	0.0041	0.97	0.79	0.002	0.0007	0.009
		3	15.6	56	5.06	6	20	13.8	0.47	0.0011	0.0001	6.45	0.0047	1.00	1.00	0.002	0.0007	0.011
3	2017-05-31	1	15.9	43	5.69	4	17	11.4	0.46	0.0010	0.0001	5.54	0.0040	0.95	0.89	0.002	0.0007	0.009
		2	15.9	43	5.65	4	16	11.8	0.42	0.0010	0.0001	5.03	0.0038	0.89	0.85	0.002	0.0007	0.008
		3	15.9	42	5.62	4	16	11.1	0.42	0.0009	0.0001	5.09	0.0039	0.90	0.83	0.002	0.0007	0.009
4	2017-05-31	1	16.3	44	5.76	4	16	10.9	0.42	0.0010	0.0001	5.08	0.0039	0.89	0.84	0.002	0.0006	0.009
		2	16.3	42	5.73	5	16	10.9	0.43	0.0009	0.0001	5.11	0.0038	0.90	0.84	0.002	0.0006	0.008
		3	16.3	43	5.72	5	17	11.8	0.43	0.0009	0.0001	5.31	0.0040	0.91	0.88	0.002	0.0006	0.009
MAN	2017-05-29	1	15.8	588	6.17	7	282	286.0	0.10	0.0004	0.0011	87.70	0.0050	0.72	15.50	0.006	0.0003	0.594
		2	15.8	587	6.21	8	279	284.0	0.10	0.0005	0.0011	86.70	0.0050	0.69	15.20	0.006	0.0004	0.585
		3	15.8	590	6.18	13	289	283.0	0.11	0.0005	0.0012	89.70	0.0053	0.77	15.80	0.006	0.0004	0.608
5	2017-05-29	1	15.5	42	6.16	5	21	11.1	0.40	0.0013	0.0001	6.60	0.0032	0.89	1.13	0.002	0.0015	0.029
		2	15.5	43	6.12	6	25	11.1	0.42	0.0012	0.0001	7.75	0.0028	0.91	1.29	0.002	0.0016	0.035
		3	15.5	60	6.12	5	31	18.3	0.39	0.0012	0.0001	9.84	0.0030	0.90	1.64	0.002	0.0013	0.051
5.5	2017-06-01	1	14.1	58	5.29	7	22	15.4	0.47	0.0013	0.0001	6.87	0.0039	1.02	1.17	0.002	0.0014	0.029
		2	14.1	54	5.42	10	20	15.7	0.41	0.0012	0.0001	6.14	0.0030	0.91	1.07	0.001	0.0011	0.025
		3	14.1	54	5.54	6	21	16.0	0.43	0.0012	0.0001	6.41	0.0033	0.95	1.10	0.002	0.0012	0.026
6	2017-05-29	1	15.7	47	6.22	11	19	12.9	0.37	0.0011	0.0001	5.89	0.0028	0.86	1.04	0.001	0.0011	0.025
		2	15.7	47	6.17	6	20	13.1	0.41	0.0011	0.0001	6.34	0.0030	0.94	1.06	0.001	0.0012	0.025
		3	15.7	47	6.15	9	20	12.9	0.40	0.0011	0.0001	6.14	0.0028	0.93	1.06	0.001	0.0012	0.024
6.5	2017-05-30	1	16.0	47	6.02	6	18	12.0	0.47	0.0014	0.0001	5.68	0.0039	1.00	1.03	0.002	0.0015	0.022
		2	16.0	46	6.08	8	18	12.1	0.42	0.0011	0.0001	5.79	0.0037	0.92	0.97	0.002	0.0011	0.019
		3	16.0	46	6.13	4	18	12.0	0.41	0.0010	0.0001	5.43	0.0038	0.90	0.97	0.002	0.0011	0.020
7	2017-05-29	1	15.8	48	6.24	11	22	13.1	0.69	0.0020	0.0001	6.82	0.0048	1.63	1.30	0.002	0.0027	0.029
		2	15.8	48	6.25	7	21	12.8	0.42	0.0012	0.0001	6.58	0.0033	0.96	1.14	0.002	0.0013	0.024
		3	15.8	49	6.24	11	21	12.9	0.41	0.0013	0.0001	6.70	0.0032	0.92	1.13	0.002	0.0012	0.023
9	2017-05-29	1	16.4	71	6.46	17	27	18.5	0.41	0.0016	0.0001	8.33	0.0043	1.06	1.59	0.001	0.0015	0.022
		2	16.4	70	6.43	5	29	18.5	0.46	0.0017	0.0001	8.86	0.0046	1.17	1.75	0.002	0.0015	0.024
		3	16.4	70	6.46	5	30	18.5	0.44	0.0018	0.0001	9.02	0.0045	1.17	1.73	0.002	0.0014	0.025
10	2017-05-29	1	16.4	67	6.55	6	24	15.3	0.55	0.0022	0.0001	7.09	0.0062	1.37	1.50	0.002	0.0016	0.023
		2	16.4	66	6.58	5	25	15.2	0.56	0.0022	0.0001	7.70	0.0065	1.42	1.51	0.002	0.0017	0.028
		3	16.4	19	5.08	5	26	15.2	0.55	0.0022	0.0001	7.89	0.0064	1.45	1.55	0.002	0.0019	0.025

Tableau IV-2. Données brutes pour l'eau - Échantillonnage de septembre 2017

Station	Date	Réplicat	Temp. (°C)	Conduct. (µS/cm)	pH	MES (mg/L)	Dureté (mg/L)	Sulfates (mg/L)	Al (mg/L)	As (mg/L)	Cd (mg/L)	Ca (mg/L)	Cu (mg/L)	Fe (mg/L)	Mg (mg/L)	Ni (mg/L)	Pb (mg/L)	Zn (mg/L)
BOU	2017-09-21	1	18.46	21	5.26	15	7	1.9	0.79	0.0010	0.0001	1.75	0.0021	1.62	0.69	0.003	0.0012	0.099
		2	18.76	20	5.15		8	3.0	1.42	0.0011	0.0001	1.91	0.0028	2.08	0.81	0.004	0.0019	0.054
		3	18.89	21	5.28	10	8	2.6	0.80	0.0015	0.0001	1.83	0.0035	1.68	0.72	0.004	0.0013	0.139
2	2017-09-20	1	18.50	20	5.58	9	8	1.6	0.66	0.0019	0.0001	2.10	0.0042	1.40	0.67	0.003	0.0011	0.028
		2	18.68	20	5.50	18	8	1.7	0.65	0.0012	0.0001	1.99	0.0024	1.38	0.66	0.003	0.0010	0.027
		3	18.48	20	5.50	13	8	1.7	0.77	0.0012	0.0001	2.17	0.0024	1.53	0.71	0.003	0.0014	0.040
2.3	2017-09-18	1	18.98	20	5.67	44	8	1.0	0.68	0.0011	0.0001	2.08	0.0031	1.36	0.68	0.002	0.0009	0.013
		2	18.98	21	5.89	30	7	1.0	0.60	0.0010	0.0001	1.94	0.0027	1.22	0.63	0.002	0.0009	0.012
		3	18.95	21	5.75	7	7	1.3	0.60	0.0010	0.0001	1.89	0.0031	1.24	0.62	0.002	0.0008	0.012
ES	2017-09-22	1	19.14	964	7.68	4	474	477.0	0.00	0.0003	0.0001	154.00	0.0026	0.20	21.50	0.001	0.0003	0.009
		2	19.14	973	7.83	5	464	460.0	0.03	0.0003	0.0001	151.00	0.0031	0.20	21.00	0.001	0.0001	0.021
		3	19.08	978	7.85	5	469	475.0	0.01	0.0002	0.0001	153.00	0.0024	0.23	21.20	0.001	0.0001	0.015
2.7	2017-09-18	1	18.12	71	6.57	6	26	18.8	0.58	0.0011	0.0001	8.17	0.0028	1.28	1.46	0.003	0.0008	0.012
		2	18.26	93	6.56	18	47	27.2	0.87	0.0015	0.0001	14.80	0.0051	2.13	2.47	0.003	0.0014	0.014
		3	18.22	103	6.85	12	40	30.6	0.63	0.0012	0.0001	12.60	0.0028	1.55	2.09	0.002	0.0008	0.010
3	2017-09-20	1	18.96	65	6.30	23	26	18.4	0.88	0.0012	0.0001	8.02	0.0040	1.89	1.56	0.003	0.0013	0.026
		2	18.47	79	6.48	13	34	23.4	0.71	0.0012	0.0001	10.40	0.0035	1.57	1.86	0.003	0.0011	0.022
		3	18.48	75	6.49	12	32	22.2	0.73	0.0012	0.0001	10.00	0.0038	1.62	1.81	0.003	0.0012	0.024
4	2017-09-18	1	18.13	64	6.55	5	25	12.0	0.57	0.0012	0.0001	7.84	0.0027	1.23	1.44	0.002	0.0008	0.010
		2	18.18	58	6.67	8	23	14.1	0.61	0.0012	0.0001	7.06	0.0075	1.39	1.32	0.003	0.0012	0.025
		3	18.16	51	6.59	6	19	16.6	0.49	0.0011	0.0001	5.96	0.0032	1.10	1.10	0.002	0.0009	0.010
MAN	2017-09-19	1	17.25	939	7.22	74	409	459.0	0.23	0.0026	0.0001	143.00	0.0034	2.29	12.30	0.002	0.0012	0.042
		2	17.96	946	7.32	44	417	456.0	0.36	0.0026	0.0001	146.00	0.0038	4.39	12.50	0.002	0.0013	0.060
		3	17.97	943	7.24	34	425	461.0	0.63	0.0030	0.0001	149.00	0.0054	7.33	12.80	0.002	0.0021	0.066
5	2017-09-19	1	17.87	61	6.61	9	22	17.0	0.38	0.0010	0.0001	7.07	0.0020	1.01	1.12	0.004	0.0010	0.017
		2	17.74	63	6.67	7	25	16.0	0.41	0.0013	0.0001	7.96	0.0023	1.07	1.24	0.002	0.0019	0.220
		3	17.80	67	6.68	8	25	18.5	0.38	0.0010	0.0001	7.95	0.0021	0.97	1.21	0.001	0.0007	0.015
5.5	2017-09-20	1	16.68	56	6.60	13	22	14.5	0.51	0.0015	0.0001	6.90	0.0032	1.44	1.17	0.002	0.0018	0.055
		2	16.67	56	6.60	11	22	14.6	0.44	0.0013	0.0001	6.81	0.0028	1.23	1.13	0.002	0.0012	0.018
		3	16.75	55	6.62	17	22	14.6	0.48	0.0018	0.0001	6.95	0.0037	1.36	1.17	0.002	0.0018	0.020
6	2017-09-19	1	17.24	59	6.61	10	23	15.4	0.51	0.0014	0.0001	7.25	0.0024	1.25	1.20	0.002	0.0014	0.015
		2	17.38	60	6.65	11	24	15.5	0.51	0.0014	0.0001	7.53	0.0024	1.24	1.23	0.002	0.0014	0.015
		3	17.40	59	6.63	7	23	15.6	0.46	0.0013	0.0001	7.23	0.0023	1.16	1.18	0.001	0.0011	0.016
6.5	2017-09-22	1	17.90	61	6.73	6	24	15.7	0.40	0.0014	0.0001	7.46	0.0034	1.12	1.26	0.002	0.0012	0.048
		2	17.83	61	6.77	17	24	15.7	0.43	0.0015	0.0001	7.46	0.0035	1.24	1.27	0.005	0.0014	0.041
		3	17.68	61	6.77	5	24	15.7	0.42	0.0015	0.0001	7.49	0.0026	1.15	1.26	0.002	0.0010	0.027
7	2017-09-19	1	18.19	59	6.73	14	24	14.5	0.43	0.0016	0.0001	7.39	0.0026	1.20	1.24	0.001	0.0013	0.016
		2	18.17	59	6.65	8	23	14.5	0.46	0.0016	0.0001	7.21	0.0026	1.18	1.20	0.002	0.0012	0.018
		3	18.13	59	6.64	9	23	14.5	0.52	0.0018	0.0001	7.29	0.0029	1.37	1.24	0.002	0.0018	0.018
9	2017-09-21	1	17.85	83	7.03	7	31	21.5	0.27	0.0020	0.0001	9.68	0.0035	1.16	1.61	0.002	0.0017	0.056
		2	18.09	82	6.84	7	31	21.6	0.27	0.0018	0.0001	9.83	0.0036	1.36	1.69	0.002	0.0017	0.090
		3	17.86	82	6.87	10	31	21.6	0.35	0.0022	0.0001	9.56	0.0036	1.22	1.67	0.002	0.0021	0.024
10	2017-09-21	1	17.50	92	6.90	27	36	21.5	0.47	0.0038	0.0001	11.20	0.0054	2.30	2.05	0.002	0.0032	0.024
		2	17.77	92	6.90	22	35	21.4	0.54	0.0037	0.0001	10.70	0.0058	2.37	1.98	0.002	0.0037	0.048
		3	17.34	91	7.05	36	37	21.4	0.38	0.0038	0.0001	11.20	0.0059	2.45	2.07	0.002	0.0035	0.030

Tableau IV-3. Données brutes pour les sédiments - Échantillonnage de mai-juin 2017

Station	Date	Réplikat	pH	Sulfates (mg/kg)	Al (mg/kg)	As (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Zn (mg/kg)
BOU	2017-05-31	1	5.22	67	4290	2.2	0.2	6	4800	9	9	24
		2	5.41	70.5	4780	2.7	0.2	6	5470	11	10	30
		3	5.28	69.5	5110	1.1	0.2	6	4430	10	8	25
2	2017-05-31	1	5.62	64	7050	1.2	0.3	7	7100	14	9	36
		2	5.58	68.5	7270	1.6	0.3	9	9270	16	11	43
		3	5.63	74.5	7990	1.2	0.3	8	9330	16	9	38
2.3	2017-05-31	1	5.38	72.5	8030	1.5	0.4	25	9131	17	12	60
		2	5.42	78	7550	1.8	0.4	25	8570	15	13	66
		3	5.48	64.5	9090	1.8	0.4	30	8160	17	13	67
2.7	2017-06-01	1	5.88	73.5	17400	11.5	3.8	417	37100	27	39	745
		2	5.71	86	17300	8.3	2	221	32800	29	31	402
		3	6.19	70	24400	20.2	7.7	872	52200	30	61	1490
3	2017-05-31	1	5.91	111	11200	9.6	1	111	19200	17	29	194
		2	5.83	96	13600	24.6	1.8	170	26600	26	104	426
		3	6.38	68.5	22600	41.1	4.9	512	45400	37	279	1200
4	2017-05-31	1	6.02	95	16000	26.8	5.5	526	44400	19	99	1040
		2	5.81	88	10300	7.6	0.7	105	19200	18	19	145
		3	5.87	94	10800	6.1	0.8	91	18700	19	20	135
MAN	2017-06-01	1	5.3	39	6810	1.6	0.05	10	8980	14		33
		2	5.69	41	7590	1	0.05	9	10900	15	5	43
		3	5.83	41	7020	1.3	0.05	17	12500	17	5	47
5	2017-06-01	1	5.31	65.5	8630	235	2.8	237	91500	6	677	875
		2	5.67	61	9120	208	3.2	257	80400	6	535	1020
		3	5.48	58.5	10200	237	2.3	214	82000	5	819	771
5.5	2017-06-01	1	4.38	67	9580	110	1.5	161	55000	10	263	431
		2	5.09	59	11700	109	1.7	240	64000	11	190	477
		3	4.75	58	13500	99.1	1.8	234	63400	12	254	490
6	2017-05-29	1	5.62	55.5	8190	188	2.8	273	72600	12	210	771
		2	5.18	45.5	14800	145	3.8	422	68200	10	181	991
		3	5.64	55.5	9900	173	3.2	251	68200	8	311	953
6.5	2017-05-30	1	5.38	58	9320	117	2.6	257	51500	13	141	660
		2	5.04	53	9650	118	2.8	301	59700	13	128	740
		3	4.53	48.5	9500	112	3	293	50200	9	121	786
7	2017-05-30	1	4.21	46	5950	58.7	0.7	81	24300	8	70	217
		2	4.56	46.5	6630	65.2	0.5	60	24000	6	97	176
		3	3.88	47	6060	63.3	0.7	67	23800	6	72	198
9	2017-05-30	1	6.23	66.5	8580	82.1	1.5	123	36800	11	132	430
		2	6.32	62.5	8290	82.9	1.6	155	39900	10	162	480
		3	6.32	68.5	8750	81.5	1.5	125	37900	11	146	437
10	2017-05-30	1	6.37	72	11000	50.1	1.6	161	32800	18	120	545
		2	6.46	71	10700	42.2	1.7	142	33000	16	129	452
		3	6.44	68.5	11100	47.9	1.8	162	33900	14	150	429

Tableau IV-4. Données brutes pour les sédiments - Échantillonnage de septembre 2017

Station	Date	Réplikat	pH	Sulfates (mg/kg)	Al (mg/kg)	As (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Zn (mg/kg)
BOU	2017-09-21	1	5.26	97.5	4830	1.5	0.3	7	5500	9	8	25
		2	5.36	81	4350	0.8	0.2	5	4670	8	5	17
		3	5.23	90	4790	1.5	0.4	8	5130	12	10	29
2	2017-09-20	1	5.79	67	6750	1.8	0.3	7	8410	14	10	32
		2	5.83	78.5	6380	3.8	0.3	11	7590	13	8	28
		3	5.83	67.5	6370	1.3	0.2	6	7590	11	8	28
2.3	2017-09-18	1	5.35	57	8080	1.6	0.3	18	9150	14	9	54
		2	5.53	55.5	6150	1	0.2	13	7140	11	8	41
		3	5.59	79	8330	1.6	0.4	20	10600	16	12	60
2.7	2017-09-18	1	7.05	78.5	26900	19.6	9	1170	58100	28	81	1910
		2	6.7	73.5	27400	21.5	9.5	1110	59900	30	78	1910
		3	5.74	103.5	16400	13.3	2.4	307	34600	23	35	543
3	2017-09-20	1	6.14	81	12700	18.1	2.8	171	27700	18	68	523
		2	6.15	87.5	9880	5.6	0.8	75	14500	14	14	170
		3	6.05	89.5	12600	27.4	3.5	226	29600	22	92	650
4	2017-09-18	1	5.8	68	7420	4	0.4	23	10900	14	20	88
		2	5.63	100	10700	23.7	1.9	209	19900	17	181	455
		3	5.87	73.5	9190	5.3	0.9	97	14700	16	20	185
MAN	2017-09-19	1	5.87	358	9830	11.9	0.5	99	31700	17	51	189
		2	5.81	385	10700	9.3	0.8	78	33000	18	53	295
		3	5.81	213	10300	4.9	0.4	30	19400	24	33	176
5	2017-09-19	1	5.72	70	8630	257	2	177	71600	6	841	678
		2	5.47	66.5	8480	236	2.3	201	75200	4	871	788
		3	5.52	72.5	7590	226	2.4	223	71900	4	692	850
5.5	2017-09-20	1	6.3	53.5	7560	120	2.9	190	49100	7	165	715
		2	6.03	55	8520	90.3	2.7	239	46300	8	131	571
		3	6.03	118	9350	116	3.5	331	51500	11	212	794
6	2017-09-19	1	6.4	128	11900	87.6	2.6	297	50200	10	315	816
		2	6.22	50.5	7870	125	3.3	376	58000	8	159	1020
		3	6.12	62.5	8720	71.1	2.1	243	37500	9	181	644
6.5	2017-09-22	1	5.9	53.5	6860	52.6	1.5	162	26300	9	82	359
		2	6.11	51.5	7480	94.2	2.7	284	17700	9	175	655
		3	5.88	51.5	7670	63.5	3	397	32700	10	66	641
7	2017-09-19	1	5.89	44	7220	19.6	0.4	33	15400	14	16	108
		2	6.08	60.5	8680	32	0.6	47	18900	16	45	143
		3	6.01	49.5	6630	16.6	0.8	102	12100	14	99	200
9	2017-09-21	1	6.31	68	7950	68.2	1.5	111	37800	9	123	372
		2	6.21	67.5	9370	62.9	1.3	95	40600	17	94	330
		3	6.49	66.5	9470	89.4	1.5	148	39000	18	118	377
10	2017-09-21	1	6.32	80	12000	64.1	1.8	166	36700	19	152	454
		2	6.46	76.5	11900	45	1.4	141	32100	19	123	365
		3	6.34	80	11500	46.2	1.6	128	30400	18	113	342

Annexe V

Certificats de laboratoire

Voir certificats en pièce jointe (fichier .zip)