

**Étude environnementale portant sur la qualité des
sédiments de la portion sud du lac Saint-Pierre utilisée
par le Centre d'Essai et d'Expérimentation en
Munitions (CEEM) de Nicolet: second rapport d'étape**

TD
195
A75
C882
2001

Brigitte Cusson et Alain Latreille
Interventions et restauration
Environnement Canada

Publié avec l'autorisation du ministre de l'Environnement

© Travaux publics et Services gouvernementaux, 2001

N° de catalogue En40-618/2-2001F

ISBN 0-662-85504-3

Équipe de projet

Vincent Jarry Ph.D., administrateur de l'entente (MDE)

Capt. Gilles Belley et Capt. Jean-Luc Rosso, coordonnateurs de l'entente (MDN)

Alain Latreille, coordonnateur scientifique (MDE)

Raymond Gagnon, gérant de site (MDN, CEEM)

Brigitte Cusson, chargée de projet (MDE)

Stéphane Jean, responsable de l'environnement (MDN)

Dr Sonia Thiboutot, aviseur scientifique (MDN, CRDV)

Dr Guy Ampleman, aviseur scientifique (MDN, CRDV)

Collaborateurs

Marc Leblanc (CEEM)

SNC TEC

Hyd-Eng Geophysics Inc.

NOTRA

Envirolab

Philip Services Analytiques

Labexcel inc.

Michel Arseneau (MDE)

Germain Brault (MDE)

Robert Daigle (MDE)

Pierre Gagnon (MDE)

Sylvie Roberge (MDE)

Danick Venne (MDE)

Résumé

Une entente de collaboration scientifique a été conclue entre le ministère de l'Environnement (MDE) et le ministère de la Défense nationale (MDN) en mars 1999 dans le but de caractériser les sédiments de la portion sud du lac Saint-Pierre utilisée par le Centre d'Essai et d'Expérimentation en Munitions (CEEM) de Nicolet. Cette étude vise l'évaluation de l'impact des tirs d'obus sur ce secteur de l'écosystème fluvial, la formulation de recommandations sur l'utilisation de cette portion du fleuve et l'évaluation de la pertinence d'une éventuelle restauration.

L'historique des activités de tir, une revue de littérature sur les matériaux énergétiques, la description bio-physique du secteur ainsi que les résultats de la campagne de pré-échantillonnage réalisée à l'automne 1999 ont été présentés dans un premier rapport d'étape.

La deuxième phase de l'étude comprenait 1) la réalisation de levés géophysique dans le but de préciser la répartition des projectiles à l'intérieur de la zone d'étude, et ce, afin d'orienter la stratégie d'échantillonnage des sédiments et 2) une campagne d'échantillonnage pour vérifier la qualité des sédiments du secteur utilisé par le CEEM au lac Saint-Pierre.

L'inventaire géophysique (hiver et printemps 2000) a permis d'identifier des sous-secteurs (points chauds) où les concentrations de projectiles ou de débris sont les plus élevées. Les efforts d'échantillonnage ont donc été orientés en conséquence. Au total, 74 stations ont été visitées au printemps 2000 et 80 échantillons furent récoltés et analysés. Un seul point chaud présente des teneurs en métaux supérieures au secteur de comparaison. Les concentrations mesurées n'ont toutefois rien d'exceptionnelles lorsque comparées aux critères de qualité des sédiments. À cette étape-ci de l'analyse des résultats, on ne peut avec certitude attribuer ces différences à la seule présence de projectiles et de débris. L'impact potentiel de ce point chaud sera néanmoins évalué sur la base des principes de précaution et d'évaluation du «pire scénario».

Abstract

A scientific cooperation agreement was negotiated between the National Defense (DND) and Environment Canada (DOE) in march 1999 to carry out the sediment characterisation in the southern portion of lake St.Pierre being used by the METC. The goal of this study is to assess the impact of firing shells on the ecosystem of that sector of the river, make recommendations regarding the use of the sector and evaluate the pertinence of restoration.

An historical review of firing activities, a scientific review of explosives, a description of the study site and data from the fall 1999 pre-sampling campaign were presented in a previous report.

The second phase of the study included 1) a geophysical survey to identify and describe the distribution of shells in the study zone in order to orient sediment sampling operations, and 2) a sampling campaign to assess sediment quality in the sector used by METC in lake St.Pierre.

The geophysical survey (spring and fall 2000) enable us to identify those sub-sectors where the shell and fragment concentrations are highest (hot-spots). Sampling was oriented accordingly. A total of 74 stations were visited in the spring of 2000 and 80 samples were collected and analysed. Only one hot-spot shows metal concentrations higher than at the control stations. Nonetheless, those concentrations aren't exceptional in comparison to quality criteria. At this stage of data analysis, differences in contamination cannot be conclusively attributed to shells and fragments. The potential impact of that hot-spot will, nevertheless, be evaluated on a precautionary basis as the «worst case» scenario.

Table des matières

LISTE DES FIGURES	IX
LISTE DES TABLEAUX	X
1 INTRODUCTION	1
2 LOCALISATION DU SECTEUR À L'ÉTUDE	3
3 INVENTAIRE GÉOPHYSIQUE	5
3.1 Méthodologie	5
3.2 Calibration et traitement de données	6
3.3 Résultats	6
4 CARACTÉRISATION PHYSICO-CHIMIQUE DES SÉDIMENTS	9
4.1 Campagne d'échantillonnage	9
4.1.1 Stratégie d'échantillonnage	9
4.1.1.1 Données de 1986	11
4.1.1.2 Données de 1999	11
4.1.1.3 Inventaire géophysique	12
4.1.2 Plan d'échantillonnage	12
4.1.2.1 Assurance et contrôle de la qualité	13
4.1.3 Variables mesurées	14
4.1.4 Santé et sécurité	14
4.2 Analyses en laboratoire	14
4.2.1 Conservation et préparation des échantillons	14
4.2.2 Paramètres analysés	15
4.2.3 Méthodes analytiques	16
4.2.4 Assurance et contrôle de la qualité	17
4.3 Analyses statistiques	17
5 RÉSULTATS ET DISCUSSION	19
5.1 Variables physico-chimiques	19
5.2 Paramètres inorganiques	20

5.3	Paramètres organiques	23
5.4	Assurance et contrôle de la qualité	25
5.4.1	Campagne d'échantillonnage	25
5.4.2	Analyses physico-chimiques	27
6	CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	29

	RÉFÉRENCES	31
--	-------------------	----

ANNEXES	1	Coordonnées des stations échantillonnées dans le cadre de la campagne principale (printemps 2000)	35
	2	Procédure d'échantillonnage des sédiments utilisée dans le cadre de la campagne principale (printemps 2000)	37
	3	Fiche de terrain	38
	4	Matrice de calcul (plan d'échantillonnage)	39
	5	Instructions Permanentes d'Opérations (échantillonnage principal, printemps 2000)	40
	6	Protocole de préparation des échantillons	49
	7	Méthodes d'analyses	51
	8	Programme d'assurance et de contrôle de la qualité	56
	9	Variables physico-chimiques mesurées <i>in situ</i>	64
	10	Analyse des données de contamination des sédiments du secteur sud du lac Saint-Pierre récoltés au printemps 2000	66
	11	Rapport d'évaluation de la qualité de la caractérisation chimique des sédiments prélevés dans la portion sud du lac Saint-Pierre	71

Liste des figures

1	Limites de la zone de tir	4
2	Répartition des anomalies magnétiques	7
3	Localisation des stations échantillonnées lors de la campagne principale (printemps 2000)	10

Liste des tableaux

1	Échantillons de contrôle de la variabilité des prélèvements	14
2	Paramètres inorganiques analysés	15
3	Paramètres organiques analysés	16
4	Stations du secteur des points chauds pour lesquelles des triplicatas fantômes ont été préparés	17
5	Caractéristiques physiques des sédiments dans les points chauds (A-H), le secteur intermédiaire et le secteur de comparaison	20
6	Teneurs moyennes en métaux dans chacun des secteurs	22
7	Taux de détection des BPC et HAP pour l'ensemble des échantillons analysés	24
8	Nombre d'échantillons par secteur avec détection des contaminants organiques	24
9	Coefficient de variation (C.V.) des prélèvements	26

1 Introduction

Le ministère de la Défense nationale (MDN) effectue, depuis 1952, des tests d'homologation au Centre d'Essai et d'Expérimentation en Munitions (CEEM) de Nicolet. Des obus inertes et explosifs y sont testés. On estime que plus d'un demi-million d'obus ont été tirés depuis le début des opérations à ce site, dont environ 300 000 dans le lac Saint-Pierre. Avant le 1^{er} janvier 2000, la majorité des tirs étaient dirigés en direction du lac et tombaient dans l'eau ou sur la glace, jusqu'à une distance de 22 km. On ne procédait à la récupération des obus que sur la glace en hiver et sur les rives en été. Les obus perdus au fond du lac n'étaient pas récupérés. La plupart de ceux-ci sont inertes, mais on estime que près de 8000 obus non détonés pourraient être présents.

Une entente de collaboration scientifique a été conclue entre le ministère de l'Environnement (MDE) et le MDN en mars 1999 dans le but de caractériser les sédiments de la portion sud du lac Saint-Pierre utilisée par le CEEM. Cette étude vise l'évaluation de l'impact des tirs d'obus sur ce secteur de l'écosystème fluvial, la formulation de recommandations sur l'utilisation de cette portion du fleuve et l'évaluation de la pertinence d'une éventuelle restauration.

Un premier rapport d'étape a été rendu public en avril 2000 suite à la réalisation d'un historique des activités de tir, d'une revue de littérature sur les matériaux énergétiques et de la description bio-physique du secteur. Ces informations étaient essentielles à la planification des travaux de terrain. Le premier rapport faisait également état de la campagne de pré-échantillonnage réalisée au mois d'octobre 1999. Ces travaux auront permis la mise au point d'un protocole d'échantillonnage sécuritaire et efficace des sédiments du champ de tir. Les analyses effectuées et les paramètres mesurés auront également permis l'identification et la validation de stations de comparaison potentielles.

Le présent document constitue le second rapport d'étape et présente les principaux résultats des levés géophysique réalisés à l'hiver et au printemps 2000 (chapitre 3). Ces derniers

avaient pour but d'obtenir une meilleure précision de la répartition des projectiles à l'intérieur de la zone d'étude afin d'orienter la stratégie d'échantillonnage des sédiments. La mise en oeuvre de la campagne d'échantillonnage et les résultats de la caractérisation physico-chimique des sédiments sont présentés au chapitres 4 et 5. Des recommandations sont également formulées pour la suite des travaux (chapitre 6).

2 Localisation du secteur à l'étude

La zone de tir du ministère de la Défense nationale occupe, dans la portion sud du lac Saint-Pierre, un vaste territoire de 23 km de longueur sur 7 km de largeur (Burton, 1991). Les limites du secteur désigné CYR 606 (zones de pratiques de tir et d'exercices) sur la carte 1312 du Service hydrographique du Canada sont indiquées à la figure 1. Le CEEM de Nicolet borde la rive sud du lac entre l'embouchure de la rivière Nicolet (incluant l'île Moras) et la Longue Pointe, où il occupe une bande riveraine d'environ 20 km sur une largeur d'un kilomètre suivant la ligne des hautes eaux. Ces terres, d'une superficie totale de 1950 ha, sont de tenure publique mais d'accès limité (Langlois *et al.*, 1992). Pour des raisons de sécurité et de protection de la faune, cette zone a été décrétée refuge d'oiseaux migrateurs par le Service canadien de la faune en 1982. Un aménagement de Canards Illimités Canada ayant pour but de créer des habitats d'élevage pour la sauvagine occupe 128 ha à l'extrémité sud-ouest du secteur (Benoît *et al.*, 1988).

Ces terres sont situées dans la municipalité régionale de comté (MRC) de Nicolet-Yamaska et chevauchent les municipalités de Saint-Jean-Baptiste-de-Nicolet, Nicolet-Sud et Baie-du-Febvre (Gratton *et al.*, 1998).

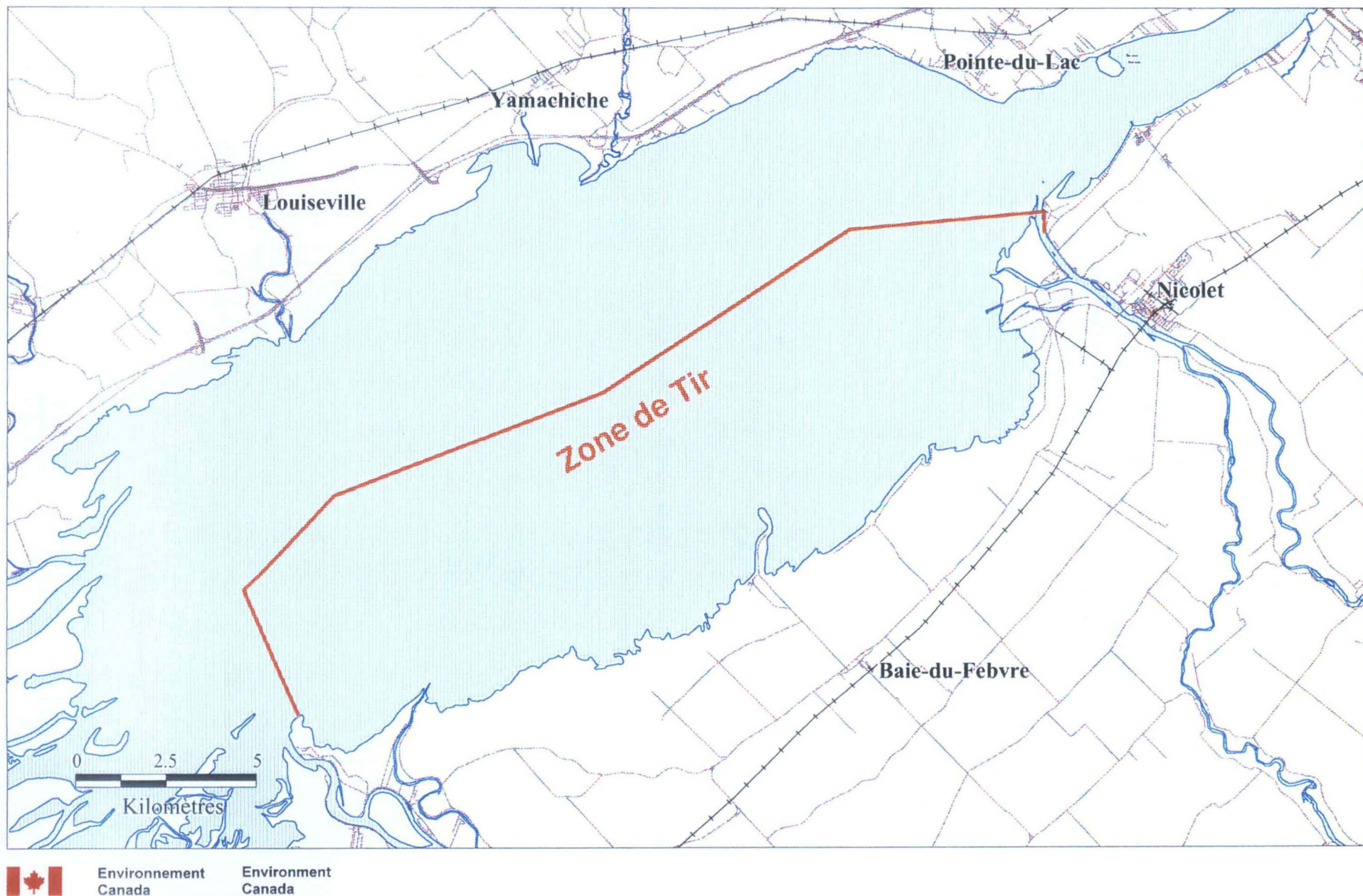


Figure 1 Limites de la zone de tir

3 Inventaire géophysique

La revue historique des activités (Cusson *et al.*, 2000) avait permis d'identifier une zone d'utilisation plus intensive à l'intérieur de la zone de tir de 160 km² (zone CYR 606). Cette zone de concentration des essais était d'environ 54 km². À l'intérieur de cette zone, l'inventaire géophysique devait permettre d'identifier les principaux sites d'impacts afin d'orienter les efforts d'échantillonnage des sédiments. *Hyd-Eng Geophysics Inc.* a effectué des levés géophysiques de reconnaissance en deux phases. La phase 1 a été conduite sur glace du 13 février au 15 mars 2000 et la phase 2 a été réalisée entre le 4 et le 26 mai 2000. Suite aux résultats de la phase 1, la superficie de la zone des levés a été augmentée à 71,2 km². La présente section est un bref résumé du rapport final préparé Hyd-Eng (Hyd-Eng Geophysics Inc., 2000).

3.1 MÉTHODOLOGIE

Une approche basée sur la magnétométrie était tout indiquée compte tenu de la prépondérance de l'acier dans les projectiles. Les levés ont été réalisés à l'aide d'un agencement de quatre magnétomètres au césium espacés d'un mètre et disposés perpendiculairement à la direction de leur remorquage. Ces appareils, plus rapides et plus sensibles que les magnétomètres usuels, mesurent de manière passive les variations du champ magnétique terrestre causées par des objets ferreux (anomalies magnétiques). Le remorquage était assuré par un véhicule sur chenille lors de la phase 1 et par un bateau lors de la phase 2; les magnétomètres étant fixés tantôt sur un traîneau, tantôt dans des kayaks. Chaque ligne de levés couvrant quatre mètres de largeur, l'inventaire aura permis d'atteindre une couverture de 12,5% de la zone à raison d'une ligne de levés à tous les 32 mètres. Au total, l'équivalent de 8 045 kilomètres de données auront été recueillis. Le positionnement des levés étaient assurés en temps réel par un système GPS en mode différentiel couplé à un logiciel de navigation.

3.2 CALIBRATION ET TRAITEMENT DE DONNÉES

Des levés de calibration ont aussi été réalisés pour prédire la réponse magnétique des principaux types de projectiles (75 mm, 105 mm et 155 mm) qui reposent au fond du lac. Ces tests ont été réalisés avec des projectiles récupérés de la zone de tir. Les anomalies mesurées pouvant également être attribuables à des fragments de projectiles et/ou autres débris ferreux, les données ont été filtrées et traitées pour ne retenir que les anomalies sensées être associées à des projectiles. L'amplitude et la largeur du «signal» de chaque anomalie ont ainsi été utilisées pour calculer un paramètre appelé «masse magnétique», lequel est proportionnel au volume de matériel magnétique présent dans l'anomalie. La masse magnétique a ensuite été utilisée pour établir des seuils permettant d'exclure les anomalies susceptibles de correspondre à des débris ou à des petits fragments. Le nombre et la répartition des projectiles pour l'ensemble de la zone des levés ont été évalués par extrapolation puis cartographiés. Des levés détaillés, d'une couverture de 100%, ont été effectués sur huit sous-secteurs de 4800 m² chacun afin de les comparer aux estimations réalisées à partir des lignes de levés.

3.3 RÉSULTATS

On estime que 250 576 sources magnétiques de masse équivalente ou supérieure à des projectiles de 75 mm se retrouvent au fond du lac à l'intérieur de la zone de levés. La figure 2 présente la répartition de ces sources magnétiques. On peut y décerner les principaux sites d'impact, ce qui aura permis de mieux orienter l'échantillonnage des sédiments (section 4). Il semble par ailleurs que les projectiles soient répartis sur une surface beaucoup plus grande qu'on ne l'avait anticipé, et que certains pourraient se trouver à l'extérieur de la zone de levés. Ces derniers, ainsi que les projectiles enfouis trop profondément, fragmentés ou de calibre inférieur à 75 mm n'auront pas été considérés dans le bilan. À l'opposé, certaines sources comptabilisées et cartographiées pourraient ne pas correspondre à des projectiles. Ce pourrait être le cas d'artefacts ferreux (ex.: petite ancre, hélice) ou simplement de gros fragments de projectiles. Selon les données historiques (Cusson *et al.*, 2000), on évalue à environ 300 000 le nombre de projectiles dirigés dans la zone d'étude.

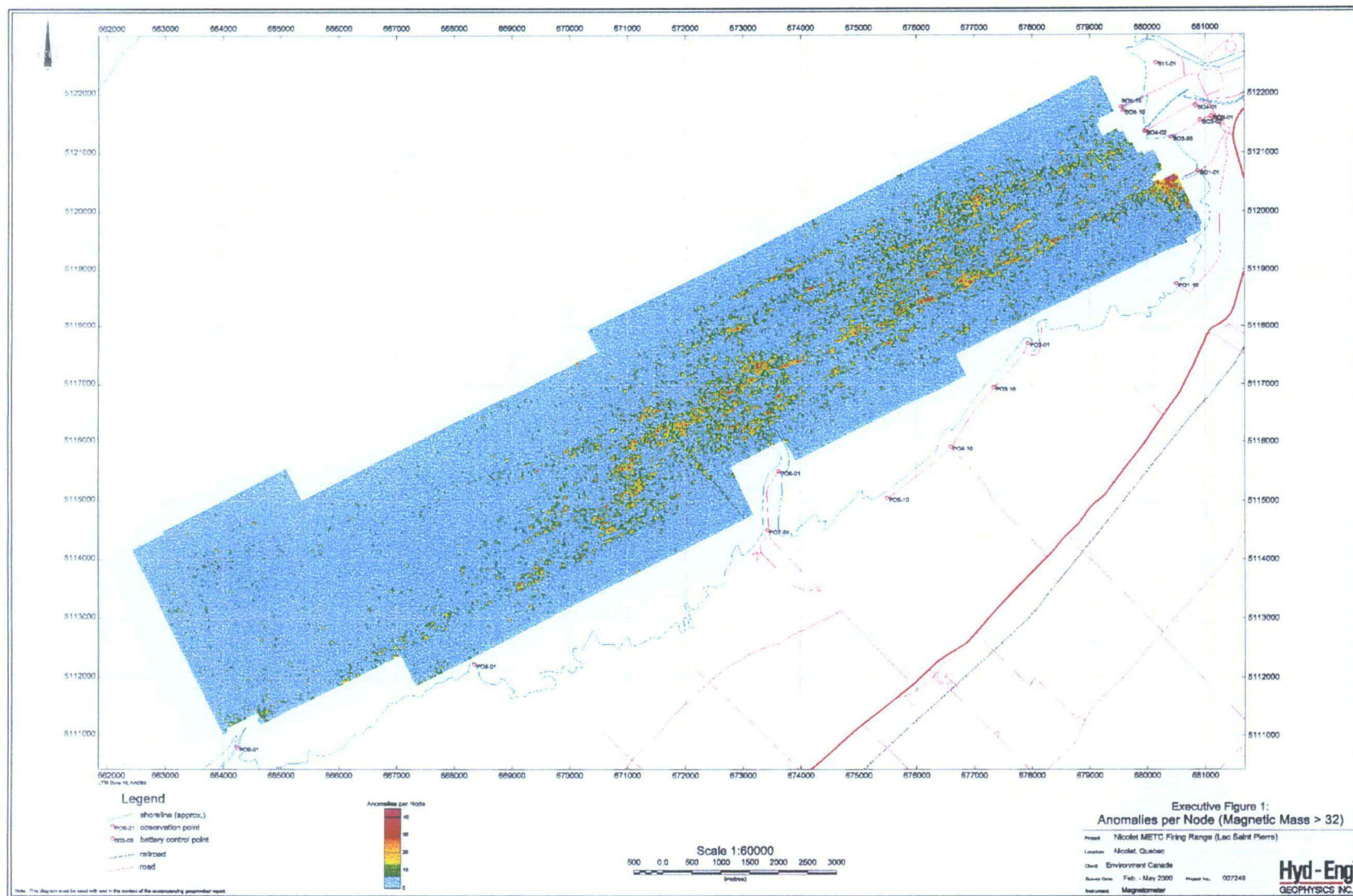


Figure 2 Répartition des anomalies magnétiques



4 Caractérisation physico-chimique des sédiments

4.1 CAMPAGNE D'ÉCHANTILLONNAGE

La campagne d'échantillonnage s'est déroulée du 29 mai au 14 juin 2000. Au total, 74 stations ont été visitées (figure 3) et 80 échantillons furent récoltés. À chaque station, la position a été enregistrée avec un DGPS (annexe 1). Le pré-échantillonnage réalisé à l'automne 1999 avait permis la mise au point d'un protocole d'échantillonnage sécuritaire, fiable et efficace des sédiments de la zone de tir du MDN au lac Saint-Pierre (Cusson *et al.*, 2000). Ce protocole a donc été retenu pour la campagne principale réalisée ce printemps. Essentiellement, après que chaque station ait été sécurisée par des plongeurs artificiers, les échantillons étaient récoltés par ces derniers à l'aide d'une benne manuelle (petite benne *Ponar*). Le contenu de la benne était vidé dans un bac en acier inoxydable. Les sédiments étaient ensuite transférés dans un seau de 10 ou 20 L en polyéthylène renfermant deux «ice pack» et doublé de deux sacs de qualité alimentaire. La procédure d'échantillonnage détaillée est expliquée à l'annexe 2. La description des échantillons de sédiments ainsi que la mesure des variables physico-chimiques de l'eau ont été effectuées par l'équipe d'Environnement Canada. De façon générale, trois coups de benne ont été nécessaires pour l'obtention d'un volume de sédiments suffisant (4 L). La stratégie et l'élaboration du plan d'échantillonnage sont discutées ci-après.

4.1.1 Stratégie d'échantillonnage

Il n'existe pas de données historiques sur la qualité des sédiments de la portion sud du lac Saint-Pierre permettant de connaître la variabilité naturelle des différents paramètres visés par cette étude. Cette information constitue un élément important pour la mise au point d'une stratégie d'échantillonnage optimale. La stratégie d'échantillonnage de la présente étude a donc été développée en grande partie à partir des données de caractérisation des sédiments de la partie nord du lac, qui datent de 1986, en complément aux informations tirées de la campagne de pré-échantillonnage (automne 1999) et de l'inventaire géophysique (hiver/printemps 2000).

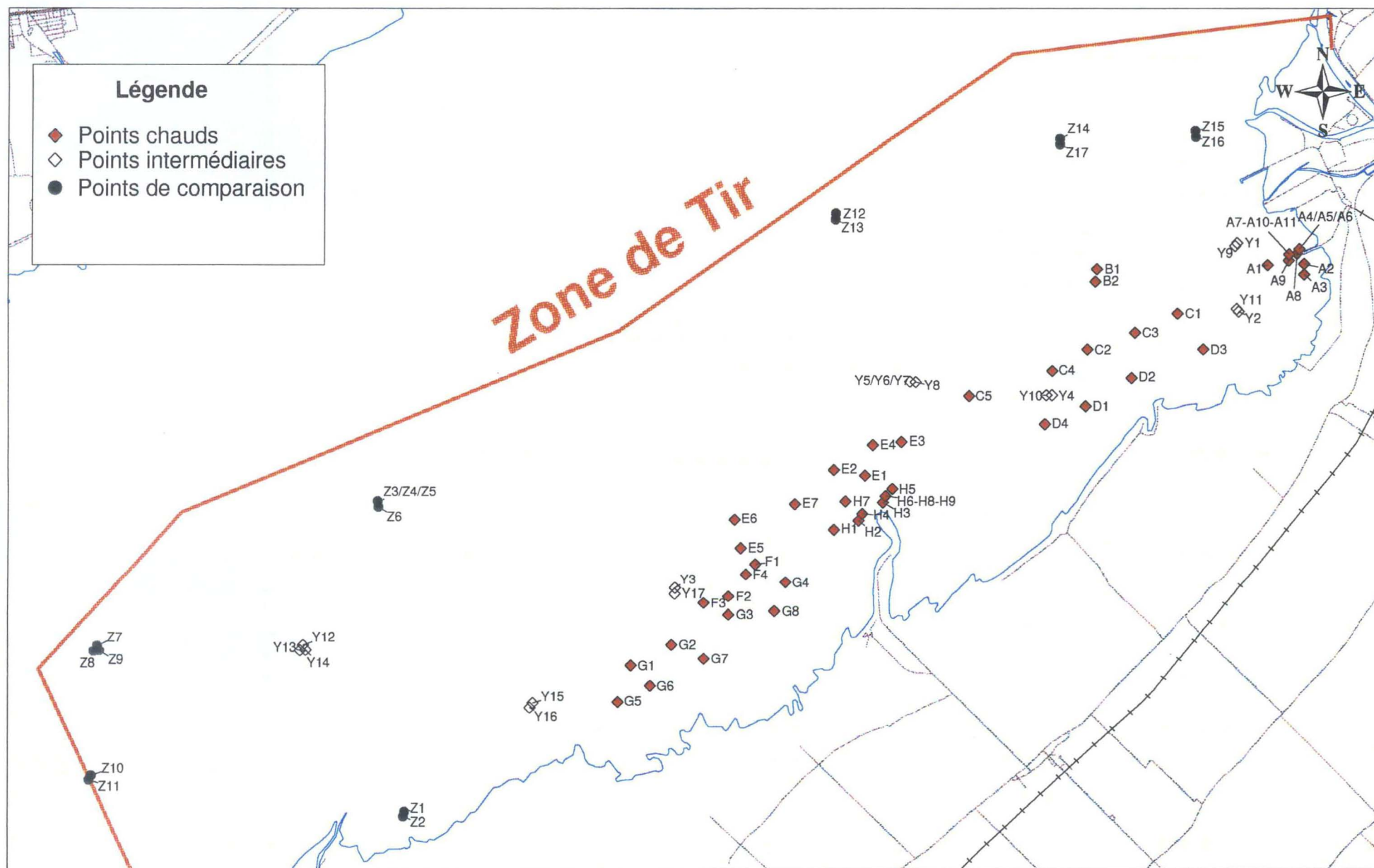


Figure 3 Localisation des stations échantillonnées lors de la campagne principale (printemps 2000)

4.1.1.1 Données de 1986

Parmi les données de l'étude réalisée en 1986 dans la moitié nord du lac Saint-Pierre, le mercure est le contaminant mesuré dans les sédiments démontrant la plus grande variabilité, avec un coefficient de variation de 66 % et une distribution presque normale (Hardy *et al.*, 1991). Cette variabilité ne dépend pas de la distance, du moins pour les échantillons séparés de plus de 1,5 km, aucune paire n'étant plus rapprochée. Hardy *et al.* (1991) ne font pas mention de mesures faites en duplicata. Les calculs pour déterminer le nombre d'échantillons requis (analyse de puissance) ont été basés sur ces données (mercure).

4.1.1.2 Données de 1999

La campagne de pré-échantillonnage avait permis le prélèvement d'échantillons aux principaux sites d'impacts appréhendés - déterminés à partir de la revue historique des essais de munitions - ainsi qu'à neuf stations de comparaison sélectionnées en fonction des caractéristiques bio-physiques de la zone d'étude. L'analyse de la granulométrie des échantillons et de leur contenu en matières organiques et en matières sèches devait permettre de vérifier la «compatibilité» des sites de comparaison avec les sites d'impacts. Des analyses de groupement basées sur ces variables ont permis de former des associations mixtes comportant des sites de comparaison et des sites d'impacts (Cusson *et al.*, 2000). Toutefois, ces groupes ne reflétaient pas la proximité géographique des stations. Il n'était donc pas souhaitable de jumeler les sites de comparaison et les sites d'impacts sur la base du profil de ces variables. Ces mesures préliminaires pourront par contre être utiles pour démontrer l'équilibre du plan d'échantillonnage, c'est-à-dire pour vérifier que les sites de comparaison et les sites d'impacts présentent «en moyenne» des profils semblables. La majorité des sites de comparaison visités en 1999 se sont donc avérés adéquats du point de vue de la granulométrie et du contenu en matières organiques et en matières sèches, et ont été reconduits au printemps 2000. Seules les stations C4 et C9 ont été abandonnées en raison de leur trop grande proximité de la zone de concentration des essais. La station C5 a, quant à elle, été déplacée d'environ deux kilomètres au sud-est par rapport à sa position initiale.

4.1.1.3 Inventaire géophysique

Les levés géophysiques (chapitre 3) ont permis l'identification des principaux sites d'impacts à l'intérieur de la zone de tir, que nous désignerons sous le terme «points chauds». Pour les besoins du plan d'échantillonnage, la zone à l'étude a par la suite été divisée en trois secteurs. Les deux premiers sont définis à l'intérieur de la zone de concentration des essais, soit la zone ayant fait l'objet de l'inventaire géophysique. Le secteur des points chauds est formé par un ensemble de sites disjoints, de superficie variable, pour lesquels les résultats des levés géophysiques révèlent une concentration élevée de projectiles et/ou de débris ferreux (> 6 anomalies par segment de 4 x 32 m). Un second secteur, dit intermédiaire, est caractérisé par des concentrations en projectiles et/ou débris ferreux beaucoup moins importantes que dans les points chauds. Il représente en quelque sorte le «bruit de fond» à l'intérieur de la zone de concentration des essais. Le secteur de comparaison, en périphérie de la zone de tir, est considéré libre de projectile et/ou de débris. Il représente le milieu ambiant avec lequel les autres zones devraient être comparées.

4.1.2 Plan d'échantillonnage

Le plan d'échantillonnage doit permettre de répondre à la question suivante: la qualité des sédiments du lac Saint-Pierre à l'intérieur de la zone de concentration des essais est-elle affectée par la présence de projectiles et/ou de leurs débris? À cette fin, la qualité des sédiments des points chauds (au nombre de huit, identifiés par les lettres A à H) de la zone de tir est comparée à celle des sites de comparaison. Il est également possible de comparer les points chauds entre eux pour certains types de contaminants puisqu'on peut y retrouver différents types de projectiles. La qualité des sédiments pourrait ainsi être variable d'un point chaud à l'autre. Pour planifier l'échantillonnage, nous avons supposé que le nombre de telles comparaisons se réduirait à une, c'est-à-dire qu'il s'agirait de vérifier la présence d'un groupe de points chauds plus contaminés que les autres. La comparaison de la contamination observée dans les points chauds à celle observée aux stations «intermédiaires» permettra de valider le choix des points chauds et de supporter l'interprétation des résultats en termes du «pire scénario».

Étant donné l'hétérogénéité présumée de la qualité des sédiments aux points chauds ainsi que leurs différences de superficie, un plan d'échantillonnage stratifié a été adopté (Cochran, 1977). L'allocation (la répartition) des stations dans les strates (les points chauds) la plus avantageuse en absence d'information au sujet de la variabilité des contaminants est l'allocation proportionnelle au «poids» des strates avec un minimum de deux stations par point chaud. Le poids des points chauds a été défini proportionnellement à leur surface ainsi qu'au nombre d'anomalies magnétiques qui y ont été détectées par les levés géophysiques. Dans les deux autres secteurs, i.e. de comparaison et intermédiaire, que nous supposons homogènes, les stations ont été réparties par paire de façon uniforme. Les stations d'une même paire ont été séparées d'environ une centaine de mètres afin de tenir également compte des variations à petite échelle.

Une matrice de calcul (annexe 4) a permis d'évaluer sommairement les relations entre l'ampleur et la répartition de l'effort d'échantillonnage, le niveau de signification des tests, la puissance statistique désirée ainsi que les différences détectables permettant de résoudre la question de départ. L'allocation des stations dans les trois secteurs fut également déterminée à partir de cette feuille. Dans ces calculs, il était supposé que la contamination des secteurs était distribuée normalement, que l'écart-type était connu et proportionnel à la moyenne (i.e. le coefficient de variation (C.V.) était constant, ce qui est souvent le cas pour des données de contamination). Sur la base des résultats de mercure observés en 1986, l'effort d'échantillonnage planifié devait permettre de détecter des différences de 49 % entre la zone contaminée et les autres zones. Sur la base des données de chrome du nord du lac, qui étaient beaucoup moins variables (C.V. = 30 %), les différences détectables seraient de 22 %.

4.1.2.1 Assurance et contrôle de la qualité

On peut constater, dans la procédure d'échantillonnage des sédiments (annexe 2), que de nombreuses précautions ont été mises en place afin d'assurer la qualité et la représentativité des prélèvements. Toutefois, afin d'établir la variabilité locale des prélèvements, trois échantillons (1 m de distance entre chacun) ont été récoltés à une même station dans chacun des secteurs (tableau 1).

Tableau 1
Échantillons de contrôle de la variabilité des prélèvements

Secteur	Station
Points chauds	A4/A5/A6
Comparaison	Z3/Z4/Z5
Intermédiaire	Y5/Y6/Y7

4.1.3 Variables mesurées

À chaque station, la température (°C), la conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$) et le pH ont été mesurés à 0,5 m du fond à l'aide d'une multisonde Hydrolab (modèle H₂O). Les valeurs de conductivité ont été corrigées pour une température de 25 °C, selon la méthode 2510-B décrite par l'APHA (1995). La profondeur (m) de la station a été déterminée avec le profondimètre des plongeurs. Ces derniers notaient également la présence ou l'absence de végétation.

4.1.4 Santé et sécurité

La présence de projectiles non détonés imposaient des conditions particulières pour la caractérisation sécuritaire de la zone de tir. Les instructions permanentes d'opération (annexe 5), préparées par le MDN, présentent le programme de santé et sécurité, les mesures prévues en cas d'urgence, les procédures à respecter pour les communications et les différentes étapes à suivre par les plongeurs artificiers pour sécuriser le site.

4.2 ANALYSES EN LABORATOIRE

4.2.1 Conservation et préparation des échantillons

Les échantillons ont été placés au réfrigérateur (4 °C) à la fin de chaque journée d'échantillonnage. Le 15 juin 2000, tous les échantillons récoltés ont été transportés et entreposés au laboratoire Labexcel inc. situé au Cap-de-la-Madeleine. Le personnel de ce laboratoire a procédé à l'homogénéisation (brassage manuel) des 80 échantillons selon le protocole présenté à l'annexe 6. Par la suite, les sédiments de chaque échantillon ont été divisés en plusieurs sous-échantillons et répartis entre les différents contenants nécessaires aux analyses. Un schéma de la

répartition des échantillons est également présenté à l'annexe 6. Tous les sous-échantillons préparés ont été conservés à 4 °C jusqu'au moment de leur transfert vers les laboratoires d'analyse. Des sous-échantillons de réserve ont été préparés pour chaque échantillon livré et devront être conservés au laboratoire pendant six mois au congélateur.

4.2.2 Paramètres analysés

Les paramètres retenus pour analyses ont été déterminés à partir d'une revue de littérature portant sur la composition des projectiles (Cusson *et al.*, 2000) et d'une liste des paramètres usuels pour le suivi de l'état du Saint-Laurent. Les paramètres inorganiques, dont plusieurs métaux, sont présentés au tableau 2. Les substances chimiques organiques retenues (tableau 3) sont les composés énergétiques, les HAP (résultats individuels et sommation) et les BPC congénères (résultats par groupes homologues et sommation).

Tableau 2
Paramètres inorganiques analysés

Paramètre	Paramètre
Aluminium extractible total	Manganèse extractible total
Arsenic extractible total	Mercurie total
Béryllium extractible total	Nickel extractible total
Cadmium extractible total	Plomb extractible total
Chrome extractible total	Sélénium extractible total
Cobalt extractible total	Tungstène extractible total
Cuivre extractible total	Zinc extractible total
Fer extractible total	Carbone organique total
Lithium extractible total	Humidité (%)
Magnésium extractible total	Granulométrie - sédimentologie

Tableau 3
Paramètres organiques analysés

Composés énergétiques	HAP	BPC congénères
HMX RDX 1,3,5-Trinitrobenzène (TNB) 1,3-Dinitrobenzène (DNB) Tétryle Nitrobenzène (NB) 2,4,6-Trinitrotoluène (TNT) 2-Amino-4,6+4-Amino-4,6-DNT 2,4+2,6-Dinitrotoluène 2-Nitrotoluène (2-NT) 3-Nitrotoluène (4-NT) 4-Nitrotoluène (NT)	Naphtalène 2-Méthylnaphtalène 1-Méthylnaphtalène Acénaphtylène Acénaphène Fluorène Phénanthrène Anthracène Fluoranthène Pyrène Benzo(<i>a</i>)anthracène Chrysène Benzo(<i>b+j+k</i>)fluoranthène Benzo(<i>e</i>)pyrène Benzo(<i>a</i>)pyrène Indéno(1,2,3- <i>cd</i>)pyrène Dibenzo(<i>a,h</i>)anthracène Benzo(<i>ghi</i>)pérylène	Trichlorobiphényles Tétrachlorobiphényles Pentachlorobiphényles Hexachlorobiphényles Heptachlorobiphényles Octachlorobiphényles Nonachlorobiphényles Décachlorobiphényle

4.2.3 Méthodes analytiques

Le laboratoire Envirolab et ses sous-traitants ont fourni les services d'analyses de la granulométrie, des métaux, du carbone organique total (COT), des BPC et des HAP. L'analyse des composés énergétiques a été effectuée par Philip Services Analytiques et par le Centre de recherches pour la défense Valcartier (CRDV).

Pour l'analyse des métaux et du COT, les échantillons ont été séchés à 60 °C, passés au tamis de 2 mm afin d'éliminer les débris grossiers et, finalement, broyés manuellement puis passés au tamis de 180 µm. Pour les analyses organiques, les échantillons ont été homogénéisés manuellement et les débris grossiers ont été rejetés; l'analyse a été effectuée sur une portion humide de l'échantillon.

Les méthodes d'analyses utilisées pour les paramètres inorganiques, les BPC et les HAP sont présentées à l'annexe 7. Pour les composés énergétiques, Philip Services Analytiques ont eu recours à la méthode EPA 8330 (HPLC) alors que le CRDV a utilisé cette méthode pour l'extraction des échantillons seulement. Leurs analyses ont été effectuées à l'aide d'un

chromatographe en phase gazeuse (GC-ECD) afin d'obtenir des limites de détection supérieures à la méthode 8330.

4.2.4 Assurance et contrôle de la qualité

Un programme d'assurance et de contrôle de qualité a été établi selon les critères du Centre Saint-Laurent et du Centre d'Expertise en Analyse Environnementale du Québec (blanc, duplicata, échantillon fortifié, etc.), puis mis en œuvre par les laboratoires. Le détail de ce programme est présenté à l'annexe 8.

De plus, des triplicatas fantômes ont été préparés à partir des sédiments récoltés à chacune des deux stations choisies dans le secteur des points chauds (tableau 4). Ainsi, les sédiments échantillonnés à la station A7 et H6 ont été divisés en trois échantillons distincts dont les laboratoires ignoraient la provenance.

Tableau 4
Stations du secteur des points chauds pour lesquelles des triplicatas fantômes ont été préparés

Station	Échantillons analysés
A7	A7 - A10 - A11
H6	H6 - H8 - H9

4.3 ANALYSES STATISTIQUES

Toutes les données recueillies ont été saisies sur fichier informatique (Excel, version 7). Le traitement statistique a été réalisé à l'aide du pro-logiciel SAS (version 8) et tous les tests ont été appliqués au seuil de probabilité de 0,05.

Le béryllium et le tungstène n'ont pas été détectés assez souvent pour être statistiquement analysables. Pour fins d'analyse, les teneurs non détectées des autres métaux mesurés ont été remplacées par la moitié de la limite de détection. L'examen des données n'a pas

révélé de valeur aberrante. Cependant, les teneurs de certaines substances (Al, Cd, Cr, Hg, Mg, Mn, Pb, Zn) n'étaient pas distribuées normalement, ce qui a été amélioré en passant à l'échelle logarithmique (base 10) pour toutes les substances.

La comparaison de la contamination entre les différents secteurs (points chauds, intermédiaire et comparaison) ainsi qu'entre les différents points chauds (A à H) a été faite par analyse de variance. La variance des contaminants (échelle $\log_{10}$) dans les trois secteurs étudiés ainsi qu'entre les points chauds a été estimée selon la méthode MINVQUE0 de SAS. La vérification du dépassement des critères de qualité a été faite à l'aide du test t de Student.

5 RÉSULTATS ET DISCUSSION

5.1 VARIABLES PHYSICO-CHIMIQUES

Les données validées des variables physico-chimiques (profondeur, présence ou absence de végétation, température, conductivité et pH) mesurées au moment de l'échantillonnage sont présentées à l'annexe 9. La profondeur moyenne des stations échantillonnées dans le secteur des points chauds (A à H) est de 1,2 m (0,6 à 1,8 m). Elle est de 1,7 m (0,6 à 3,0 m) pour les stations du secteur intermédiaire (Y) et de 2,5 m (1,2 à 4,0 m) pour le secteur de comparaison (Z). La présence de végétation a été notée à 87 % des stations du secteur des points chauds, à 77 % dans le secteur intermédiaire et à 65 % dans le secteur de comparaison. Les températures mesurées aux différentes stations varient entre 12,7 °C et 19,4 °C sur une période de trois semaines (29 mai - 14 juin). La moyenne, toutes stations confondues, est de 16,1 °C. Les écarts de température peuvent être attribuables à la date de prise d'échantillon, aux conditions climatiques au moment de l'échantillonnage, de même qu'à la profondeur de la station. Le pH de l'eau varie entre 7,0 et 8,6. De façon générale, les stations localisées près de la rive sud présentent des valeurs de conductivité plus faibles que celles plus rapprochées de la voie navigable, où la physico-chimie de l'eau est caractéristique des eaux vertes fortement minéralisées (~ 300 µS/cm et plus) du fleuve Saint-Laurent. À l'exception de Z1 et Z2, les stations de comparaison sont les plus rapprochées de la voie navigable. Ainsi, la conductivité moyenne mesurée aux stations de comparaison s'élève à 288 µS/cm (171 à 324 µS/cm) et à 238 µS/cm (174 à 302 µS/cm) aux stations intermédiaires. L'eau aux stations davantage rapprochées de la rive sud, où sont entre autres situées la majorité des stations du secteur intermédiaire, est également fortement influencée par les eaux vertes en provenance des Grands Lacs, mais subit aussi l'influence locale des apports de tributaires (Désilets et Langlois, 1989). La conductivité moyenne aux stations des points chauds est 248 µS/cm. La valeur minimale mesurée est 165 µS/cm et la valeur maximale 498 µS/cm. En fait, seul un petit groupe de stations démontrent des valeurs de conductivité nettement supérieures aux autres. Les stations A2 à A11, situées à proximité de la batterie de tirs

#1 du CEEM, ont des valeurs de conductivité se situant entre 344 et 498 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Ces valeurs pourraient possiblement être expliquées par la présence d'un grand nombre de pièces métalliques de projectiles à cet endroit. Depuis 1993, on y effectue des tirs sur une plaque d'arrêt, causant une certaine accumulation de débris dans le lac. Ce site est également utilisé, à l'occasion, pour la destruction de munitions (Capt. Jean-Luc Rosso, CEEM, communication personnelle). Si on enlève les stations A de l'ensemble des points chauds, la conductivité moyenne dans ce secteur (B à H) est alors 207 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

5.2 PARAMÈTRES INORGANIQUES

Les résultats des analyses granulométriques, du carbone organique total et de la teneur en eau indiquent que les sédiments récoltés ne sont pas homogènes sur l'ensemble du secteur à l'étude (tableau 5). Le point chaud A se distingue par des sédiments plus fins et plus organiques alors que les autres points chauds ainsi que les secteurs intermédiaire et de comparaison sont plus sablonneux et moins organiques. Les teneurs en eau sont également plus élevées au point A compte tenu de la proportion élevée en argile. Les certificats d'analyses (Envirolab, 2000) seront inclus dans le rapport final.

Tableau 5
Caractéristiques physiques des sédiments dans les points chauds (A-H),
le secteur intermédiaire et le secteur de comparaison

Secteur	Eau	Carbone organique total	Sable	Argile	Limon
	%	%	%	%	%
A	39	0,74	31	50	19
B	25	0,34	73	9	17
C	32	0,50	63	17	20
D	29	0,33	63	17	20
E	21	0,13	88	6	6
F	19	0,13	91	5	4
G	19	0,16	78	4	18
H	22	0,15	81	12	7
Intermédiaire	25	0,26	71	13	16
Comparaison	24	0,33	72	8	20

Le tableau 6 présente les teneurs moyennes en métaux pour chacun des points chauds (A à H) ainsi que pour le secteur intermédiaire (Y) et le secteur de comparaison (Z). Le détail du traitement statistique est présenté à l'annexe 10. Les certificats d'analyse (Envirolab, 2000) seront joints au rapport final. Selon l'analyse statistique (ANOVA, $p < 0,05$), seuls deux métaux sont présents de façon uniforme dans les points chauds, soit l'arsenic et le zinc. Il existe des différences significatives dans les teneurs mesurées pour les autres métaux entre chaque point chaud. De façon générale, on observe des teneurs plus élevées au point chaud A et plus faible aux points E, G et H. L'analyse statistique révèle également que le point A présente des teneurs significativement supérieures au secteur de comparaison pour les métaux suivants: Al, As, Co, Cr, Fe, Li, Mg, Mn et Ni. Quatre de ces métaux (Al, As, Li, Mn) permettent à la fois de distinguer d'une part les points chauds et le secteur intermédiaire et d'autre part le secteur intermédiaire et le secteur de comparaison. Plusieurs facteurs peuvent expliquer les différences observées dont la présence de projectiles et de débris dans les points chauds, la variabilité dans les proportions de matériaux fins ou encore l'influence localisée du panache des tributaires situés en amont de la zone d'étude. Ces différentes avenues seront discutées dans le rapport final et une analyse plus complète des résultats y sera présentée. À cette étape-ci, il importe davantage d'identifier les secteurs potentiellement problématiques en vue de la phase finale de l'étude de caractérisation.

Les teneurs mesurées ont aussi été comparées avec les critères intérimaires pour l'évaluation de la qualité des sédiments du Saint-Laurent (Environnement Canada et Ministère de l'Environnement du Québec, 1992). Les seuils d'effets néfastes (SEN) ne sont significativement dépassés dans aucun cas alors que les seuils d'effets mineurs (SEM) ne sont dépassés qu'au point chaud A pour le chrome, le cuivre et le nickel (test *t* Student, $p < 0,05$). Des effets toxiques sur les organismes benthiques peuvent être appréhendés lorsque la concentration d'un contaminant excède le SEM dans les sédiments. Une interprétation plus étoffée des résultats et des facteurs ambiants est alors requise. Des bioessais standardisés pour évaluer la toxicité des sédiments pourront par la suite s'avérer souhaitables.

Tableau 6
Teneurs moyennes en métaux dans chacun des secteurs

Secteurs	A	B	C	D	E	F	G	H	Y	Z	SEM*	SEN*
Paramètres												
Aluminium (mg/kg)	28909,09	10150,00	11560,00	11000,00	8271,43	10075,00	6300,00	7466,67	10000,00	5876,47		
Arsenic (mg/kg)	3,22	2,90	3,54	2,63	3,21	3,78	2,68	2,94	2,11	2,17	7	17
Béryllium (mg/kg)	0,45	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,44	0,40		
Cadmium (mg/kg)	0,10	0,24	0,21	0,11	0,15	0,15	0,16	0,07	0,12	0,23	0,9	3
Chrome (mg/kg)	109,73^{1,2}	48,50	52,20	42,75	34,00	38,75	21,75	31,67	42,76	49,65	55	100
Cobalt (mg/kg)	23,09	12,00	13,20	11,00	8,57	9,50	6,50	7,89	9,94	11,65		
Cuivre (mg/kg)	42,00¹	21,50	22,60	17,00	11,57	14,00	10,38	12,63	17,29	29,24	28	86
Fer (mg/kg)	40727,27	21500,00	23400,00	17350,00	19371,43	20950,00	14500,00	13933,33	19235,29	19629,41		
Lithium (mg/kg)	21,73	9,50	11,00	9,75	6,86	7,75	5,88	6,63	7,12	1,97		
Magnésium (mg/kg)	16363,64	6250,00	7100,00	6374,75	5185,71	6275,00	4312,50	4955,56	6935,29	5251,18		
Manganèse (mg/kg)	564,55	265,00	334,00	287,50	325,71	312,50	235,00	231,00	310,00	217,59		
Mercure (mg/kg)	0,06	0,07	0,06	0,05	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04	0,07	0,2	1
Nickel (mg/kg)	61,45^{1,2}	33,50	38,00	32,50	29,29	32,50	24,00	26,33	29,65	29,47	35	61
Plomb (mg/kg)	8,55	9,50	11,20	3,25	3,29	3,00	1,25	2,22	5,59	8,24	42	170
Sélénium (mg/kg)	0,14	0,05	0,08	0,13	0,17	0,18	0,12	0,08	0,12	0,11		
Tungstène (mg/kg)	0,55	0,50	0,60	0,50	0,50	0,75	0,50	0,61	0,56	0,62		
Zinc (mg/kg)	90,18	82,00	79,40	62,00	71,57	77,25	59,25	49,00	68,76	74,18	150	540

* Seuils d'effets mineurs (SEM) et seuils d'effets néfastes (SEN) des critères intérimaires pour l'évaluation de la qualité des sédiments du Saint-Laurent (Environnement Canada et Ministère de l'Environnement du Québec, 1992)

¹ > SEM, significatif à 0,05

² > SEN, non significatif à 0,05

5.3 PARAMÈTRES ORGANIQUES

Le dosage des contaminants organiques dans les sédiments du champ de tir a porté sur les BPC, les HAP et les composés énergétiques. Les taux de détection pour les BPC et les HAP sont très bas (tableau 7). De plus, la répartition des valeurs détectées ne montre pas de relation entre l'exposition aux tirs et la contamination organique (tableau 8). Les teneurs détectées sont d'ailleurs très faibles et n'excèdent en aucun cas le SEM des critères intérimaires pour l'évaluation de la qualité des sédiments du Saint-Laurent. Quant aux composés énergétiques, ces derniers n'ont été détectés dans aucun échantillon à l'un ou l'autre des laboratoires (Philip Services Analytiques et CRDV). Les certificats d'analyses des paramètres organiques seront inclus dans le rapport final.

Tableau 7
Taux de détection des BPC et des HAP pour l'ensemble des échantillons analysés

Contaminant	Détection (%)
BPC	
Trichlorobiphényles	1,2
Tétrachlorobiphényles	4,8
Pentachlorobiphényles	4,8
Hexachlorobiphényles	4,8
Heptachlorobiphényles	0,0
Octachlorobiphényles	0,0
Nonachlorobiphényles	0,0
Décachlorobiphényle	0,0
BPC (au moins un)	4,8
HAP	
Naphtalène	2,4
2-méthylnaphtalène	1,2
1-méthylnaphtalène	0,0
Acénaphthylène	0,0
Acénaphène	0,0
Fluorène	3,6
Phénanthrène	23,8
Anthracène	6,0
Fluoranthène	34,5
Pyrène	34,5
Benzo(a)anthracène	17,9
Chrysène	22,6
Benzo(b,j,k)fluoranthène	27,4
Benzo(e)pyrène	14,3
Benzo(a)pyrène	16,7
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	9,5
Dibenzo(a,h)anthracène	0,0
Benzo(g,h,i)pérylène	9,5
HAP (au moins un)	38,1

Tableau 8
Nombre d'échantillons par secteur avec détection des contaminants organiques

Secteur	Détection des BPC	Détection des HAP
A	0/11	6/11
B	0/2	2/2
C	0/5	3/5
D	0/4	2/4
E	0/7	1/7
F	0/4	0/4
G	0/8	1/8
H	0/9	0/9
Intermédiaire	0/17	8/17
Comparaison	4/17	9/17

5.4 ASSURANCE ET CONTRÔLE DE LA QUALITÉ

5.4.1 Campagne d'échantillonnage

Tel que mentionné précédemment, plusieurs précautions ont été prises lors du prélèvement des échantillons de sédiments afin d'assurer la représentativité de leur site de collecte respectif. Tous les appareils et instruments de collecte et de manipulation des échantillons étaient notamment lavés au savon biodégradable entre chacune des stations pour éviter une contamination croisée. Cependant, il existe une variabilité intrinsèque au site même dont on doit tenir compte lors de l'interprétation des résultats en sus des variations attribuables à l'homogénéisation des échantillons et aux analyses en laboratoire (discutées ci-après à la section 5.4.2). Trois échantillons ont ainsi été récoltés à une même station dans chacun des secteurs. Les coefficients de variation (C.V.) de leurs teneurs en métaux sont présentés au tableau 9. Les plus fortes variations sont observées à la station du secteur des points chauds (aluminium: 54 %; cadmium: 44 %; sélénium: 35 %) mais elles sont plus fréquentes à la station du secteur de comparaison (cadmium, chrome, cobalt, fer, nickel, sélénium > 25 %). Certaines variations deviennent toutefois moins significatives lorsque les teneurs se rapprochent des limites de détection. Un C.V. de 40 à 100 % peut alors s'avérer acceptable et être attribué à la variabilité «normale» associée aux analyses: c'est notamment le cas du cadmium, du cobalt et du sélénium. Ce n'est évidemment pas le cas de l'aluminium à la station du secteur des points chauds où on observe les teneurs les plus élevées ainsi que le C.V. le plus élevé. À la station du secteur de comparaison, c'est au fer qu'est associé le C.V. le plus élevé. La station du secteur intermédiaire présente quant à elle la plus faible variabilité.

Tableau 9
Coefficients de variation (C.V.) des prélèvements

		Secteur des points chauds			Secteur intermédiaire			Secteur de comparaison		
		A4/A5/A6			Y5/Y6/Y7			Z3/Z4/Z5		
Paramètres	Unités	Moyenne	Écart-type	C.V. (%)	Moyenne	Écart-type	C.V. (%)	Moyenne	Écart-type	C.V. (%)
Aluminium extractible	mg/kg Al	36333	19732	54	5567	252	5	9000	866	10
Arsenic extractible	mg/kg As	3	0,3	9	1,9	0,2	8	2,9	0,4	14
Cadmium extractible	mg/kg Cd	0,09	0,04	44	0,14	0,01	4	0,44	0,13	30
Carbone organique total	% C	0,57	0,11	20	0,16	0,03	15	0,63	0,10	16
Chrome extractible	mg/kg Cr	109	12	11	26	0	0	68	21	31
Cobalt extractible	mg/kg Co	23	2	9	6	1	9	14	4	29
Cuivre extractible	mg/kg Cu	41	4	9	8	1	13	40	7	16
Teneur en eau	%	38	2	4	19	2	8	31	3	10
Fer extractible	mg/kg Fe	40333	5508	14	14667	1155	8	27333	9292	34
Lithium extractible	mg/kg Li	21	2	8	3	1	17	4	0,6	16
Magnésium extractible	mg/kg Mg	16000	2646	17	2867	208	7	9933	924	9
Manganèse extractible	mg/kg Mn	600	66	11	203	6	3	340	46	13
Mercure total	mg/kg Hg	0,06	0,01	9	0,06	0	0	0,16	0,02	11
Nickel extractible	mg/kg Ni	60	6	9	20	1	5	36	10	27
Plomb extractible	mg/kg Pb	8	1	15	5	1	22	16	2	13
Sélénium extractible	mg/kg Se	0,2	0,06	35	0,2	0	0	0,2	0,06	25
Zinc extractible	mg/kg Zn	87	8	9	65	2	3	127	25	20

5.4.2 Analyses physico-chimiques

Un total de 84 échantillons (en incluant les triplicatas fantômes) ont été analysés par les laboratoires pour la caractérisation physico-chimique des sédiments de la portion sud du lac Saint-Pierre utilisée par le CEEM. Les résultats obtenus par le contrôle de qualité rencontrent tous les objectifs fixés au début du projet tant pour les paramètres inorganiques que pour les substances chimiques organiques.

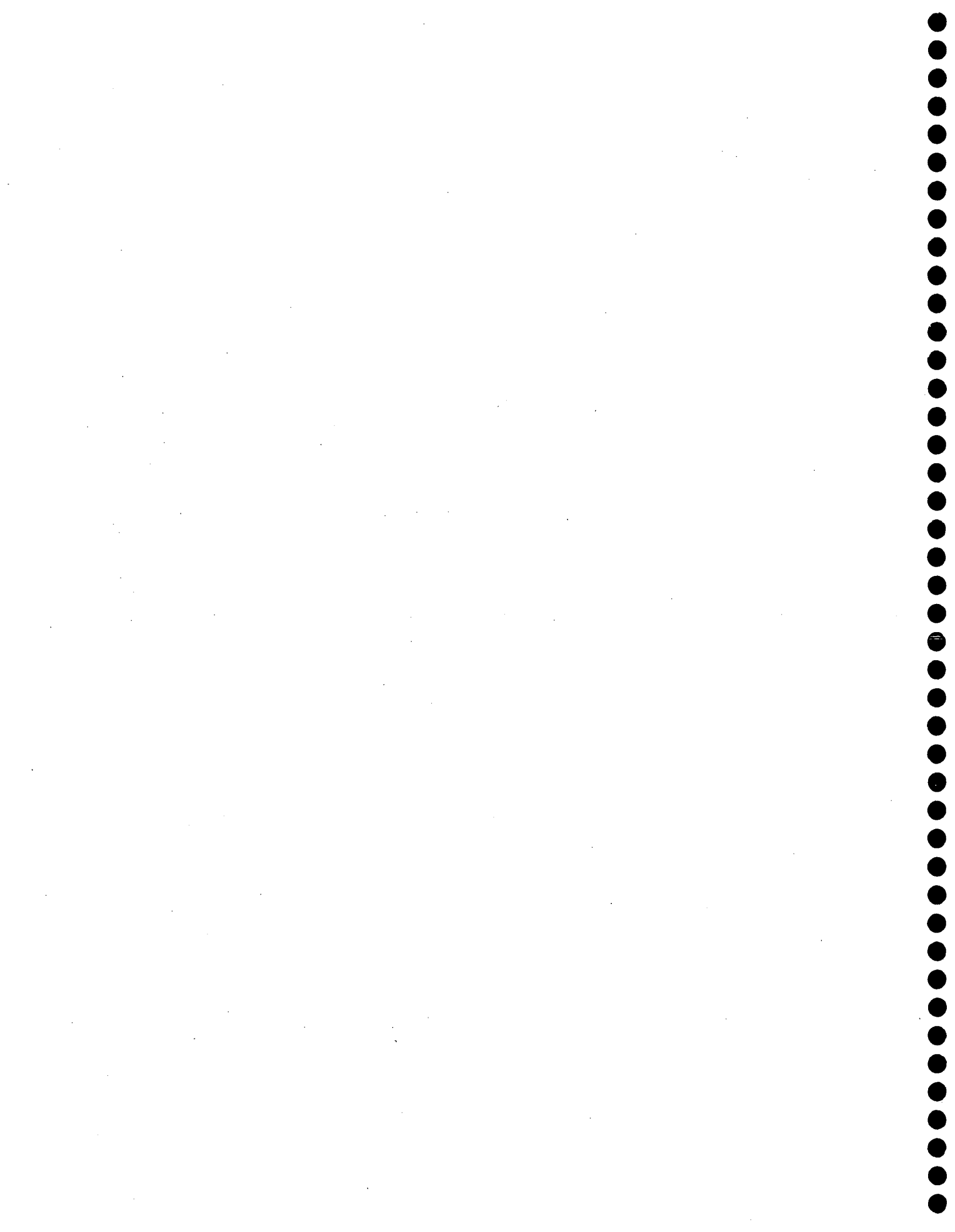
Les critères non rencontrés sont les limites de détection rapportées pour quelques échantillons analysés pour les BPC congénères et les HAP. Ces dernières s'écartent peu de celles exigées (0,02 mg/kg versus 0,01 mg/kg) et n'entraînent pas de conséquences dans l'interprétation des résultats.

La précision évaluée à partir des échantillons fantômes est excellente pour toutes les analyses demandées. Seule la précision calculée pour la fraction du gravier du triplicatas A7, A10 et A11 ne rencontre pas le critère moyen établi. Cette fraction représente toutefois moins de 1 % de l'échantillon. On peut affirmer que les travaux d'homogénéisation ont été effectués d'une façon adéquate pour l'ensemble des paramètres. Le rapport d'évaluation de la qualité des résultats est présenté à l'annexe 11.



6 Conclusion et recommandations

Dans un premier temps, l'inventaire géophysique exhaustif réalisé dans le secteur à l'étude aura permis d'identifier des sous-secteurs (points chauds) où les concentrations de projectiles ou de débris sont les plus élevées. Les efforts d'échantillonnage de la campagne du printemps 2000 ont ainsi été orientés en conséquence. Pas moins de 74 stations ont été visitées au cours de cette campagne. Les résultats d'analyses ont notamment révélé des différences statistiquement significatives pour les teneurs de plusieurs métaux entre le point chaud situé à l'extrémité est de la zone de tir (point chaud «A») et le secteur de comparaison. Les concentrations mesurées n'ont toutefois rien d'exceptionnelles lorsque comparées aux critères de qualité. D'autre part, à cette étape-ci du traitement des résultats, on ne peut avec certitude attribuer ces différences à la seule présence de projectiles et de débris. Le comité technique du suivi de l'étude a néanmoins recommandé d'évaluer plus à fond l'impact potentiel de ce point chaud sur la base des principes de précaution et d'évaluation du «pire scénario». Suite à une seconde campagne d'échantillonnage localisée dans ce secteur (automne 2000), des bioessais en laboratoire permettront d'évaluer la toxicité des sédiments récoltés. De plus, un inventaire des organismes benthiques *in situ* permettra de vérifier l'impact non seulement de la présence de projectiles et de débris, mais également l'impact physique des activités de tir sur la biodiversité. Ce dernier volet de l'étude, incluant les essais et le traitement des résultats se prolongera jusqu'au printemps 2001. La publication du rapport final est prévue pour l'automne 2001.



Références

- APHA (1995). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th edition. American Public Health Association, Washington, DC.
- Beak Consultants Limited (1996). Technical Guidance on Biological Monitoring for Ocean Disposal. Revised Report. Prepared for Environment Canada, 166 p.
- Benoît, J., J.-C. Bourgeois, S. Desjardins et J. Picard (1988). Plan de conservation et de mise en valeur des habitats et de la faune du lac Saint-Pierre. Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Directions régionales de Montréal et de Trois-Rivières, 116 p. et cartes.
- Burton, J. (1991). Le lac Saint-Pierre (Zone d'intérêt prioritaire n° 11): Document d'intégration. Environnement Canada, Conservation et Protection, Centre Saint-Laurent, 98 p.
- Cochran, W.G. (1977). Sampling techniques, third edition. Wiley. 428 p.
- Cusson, B., A. Latreille, R. Gagnon, S. Thiboutot et G. Ampleman (2000). Étude environnementale portant sur la qualité des sédiments de la portion sud du lac Saint-Pierre utilisée par le Centre d'Essai et d'Expérimentation en Munitions (CEEM) de Nicolet: premier rapport d'étape. Environnement Canada - Région du Québec, Direction de la protection de l'environnement. 50 p. + annexes.
- Désilets, L. et C. Langlois (1989). Variabilité spatiale et saisonnière de la qualité de l'eau du fleuve Saint-Laurent. Environnement Canada - Région du Québec, Centre Saint-Laurent, 112 p.
- Envirolab (2000). Rapport d'analyses: caractérisation de sédiments dans la portion sud du lac Saint-Pierre. Préparé pour Environnement Canada - Région du Québec, Direction de la Protection de l'environnement. 2 volumes.
- Environnement Canada (Centre Saint-Laurent) et Ministère de l'environnement du Québec (1992). Critères intérimaires pour l'évaluation de la qualité des sédiments du Saint-Laurent. 28 p.
- Gratton, L., J. Labrecque et D. Bérubé (1998). Étude écologique des terres de la Défense nationale à Nicolet. Gouvernement du Québec, ministère de l'environnement et de la Faune, Direction de la conservation et du patrimoine écologique, Québec, 32 p.

- Hardy, B., L. Champoux, H. Sloterdijk et J. Bureau (1991). Caractérisation des sédiments de fond du lac Saint-Pierre, fleuve Saint-Laurent. Environnement Canada - Région du Québec, Conservation et protection, Centre Saint-Laurent. 74 p.
- Hyd-Eng Geophysics Inc. (2000). Geophysical Survey of the Spatial Distribution of Shells in Lake Sediments at the Nicolet METC Firing Range (Lac Saint-Pierre). 24 p. + annexes.
- Langlois, C., L. Lapierre, M. Léveillé, P. Turgeon et C. Ménard (1992). Synthèse des connaissances sur les communautés biologiques du lac Saint-Pierre. Environnement Canada, Conservation et protection, Centre Saint-Laurent. Rapport technique, zone prioritaire no 11, 236 p.
- Tetra Tech (1987). Recommended protocols for station positioning in Puget Sound. Prepared for the Puget Sound Estuary Program (PSEP) U.S. EPA, Region 10, Seattle. 22 p.



Annexes



Annexe 1 Coordonnées des stations échantillonnées dans le cadre de la campagne principale (printemps 2000)

Secteur	Station	Longitude UTM*	Latitude UTM*	Date	Heure
Points chauds					
A	A1	680015	5120344	30/05/00	08:55
	A2	680634	5120368	01/06/00	09:25
	A3	680633	5120183	01/06/00	10:15
	A4 / A5 / A6	680555	5120613	01/06/00	11:25
	A7 - A10 - A11	680380	5120523	01/06/00	14:20
	A8	680512	5120535	08/06/00	10:00
	A9	680372	5120422	12/06/00	09:25
	B				
	B1	677135	5120285	03/06/00	09:00
B	B2	677113	5120069	03/06/00	09:45
	C				
C	C1	678499	5119536	03/06/00	10:30
	C2	676975	5118934	03/06/00	11:25
	C3	677779	5119218	08/06/00	09:00
	C4	676381	5118573	08/06/00	11:10
	C5	674968	5118149	08/06/00	13:35
D	D1	676946	5117976	03/06/00	13:05
	D2	677725	5118451	03/06/00	13:45
	D3	678932	5118935	03/06/00	14:40
	D4	676255	5117678	06/06/00	09:25
E	E1	673199	5116825	30/05/00	14:45
	E2	672669	5116923	30/05/00	15:20
	E3	673819	5117386	08/06/00	14:25
	E4	673333	5117334	08/06/00	15:00
	E5	671089	5115605	14/06/00	12:55
	E6	670987	5116088	14/06/00	11:25
	E7	672004	5116347	14/06/00	10:35
F	F1	671336	5115331	31/05/00	14:30
	F2	670877	5114781	31/05/00	15:25
	F3	670454	5114664	02/06/00	11:50
	F4	671173	5115156	14/06/00	13:35
G	G1	669212	5113602	31/05/00	10:30
	G2	669903	5113944	31/05/00	11:05
	G3	670877	5114464	31/05/00	11:30
	G4	671847	5115017	31/05/00	13:40
	G5	668991	5112982	12/06/00	10:25
	G6	669540	5113254	12/06/00	11:30
	G7	670453	5113711	12/06/00	13:15
	G8	671656	5114526	12/06/00	14:40
H	H1	672672	5115914	30/05/00	09:45
	H2	673094	5116067	30/05/00	10:20
	H3	673506	5116372	30/05/00	11:15

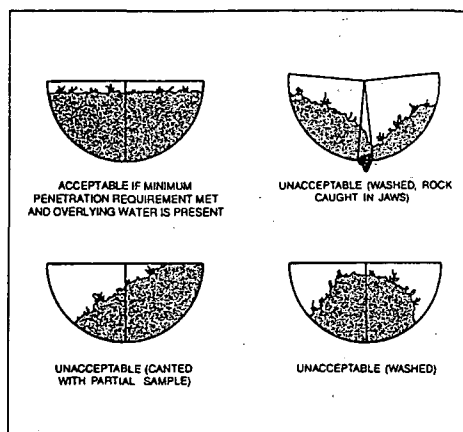
Secteur	Station	Longitude UTM*	Latitude UTM*	Date	Heure
intermédiaire	H4	673155	5116184	30/05/00	13:15
	H5	673669	5116601	30/05/00	14:00
	H6 - H8 - H9	673551	5116482	06/06/00	11:15
	H7	672868	5116393	14/06/00	09:30
	Y1	679499	5120715	29/05/00	14:45
	Y2	679522	5119564	29/05/00	15:45
	Y3	669967	5114930	02/06/00	11:15
	Y4	676378	5118158	06/06/00	09:50
	Y5 / Y6 / Y7	673965	5118393	07/06/00	11:00
	Y8	674060	5118384	07/06/00	14:05
	Y9	679468	5120663	07/06/00	15:10
	Y10	676277	5118160	08/06/00	11:55
	Y11	679492	5119612	09/06/00	09:25
	Y12	663645	5113950	09/06/00	10:35
	Y13	663590	5113862	09/06/00	11:00
	Y14	663692	5113869	09/06/00	11:45
	Y15	667549	5112965	09/06/00	13:10
comparaison	Y16	667498	5112886	09/06/00	13:40
	Y17	669964	5114825	12/06/00	13:45
	Z1	665366	5111147	02/06/00	10:00
	Z2	665351	5111070	02/06/00	10:30
	Z3 / Z4 / Z5	664918	5116403	02/06/00	14:15
	Z6	664929	5116306	02/06/00	14:40
	Z7	660146	5113945	05/06/00	10:20
	Z8	660086	5113853	05/06/00	11:00
	Z9	660177	5113861	05/06/00	13:40
	Z10	660041	5111756	05/06/00	14:25
	Z11	660001	5111682	05/06/00	15:15
	Z12	672702	5121212	06/06/00	13:35
	Z13	672697	5121114	06/06/00	14:10
	Z14	676505	5122450	06/06/00	15:05
	Z15	678799	5122579	07/06/00	08:50
	Z16	678804	5122476	07/06/00	09:35
	Z17	676500	5122354	07/06/00	10:20

*Système géodésique NAD 83, zone 18

Annexe 2 Procédure d'échantillonnage des sédiments utilisée dans le cadre de la campagne principale (printemps 2000)

- Au début de la journée, identifier, à l'aide d'une bouée, la position des stations préalablement définies (longitude, latitude)
- À partir de l'embarcation principale (Pinard), valider la position de la station à échantillonner à l'aide d'un DGPS (corriger pour la distance DPGS-bouée)
- Immobiliser l'embarcation principale au site d'échantillonnage [le bateau d'EC demeure à 350 m jusqu'à ce que le site ait été sécurisé]
- Descendre le plongeur à l'eau afin de sécuriser le site - Reculer l'embarcation principale
 - Le lieu précis de la prise d'échantillon à la benne est déterminé par le plongeur artificier après inspection visuelle et sondage des sédiments à la tige. Aucun risque inacceptable ne doit être pris par le plongeur artificier.
- Retour de l'embarcation principale au site d'échantillonnage
- Descente du plongeur avec la benne pour le prélèvement d'un échantillon de sédiments (procédure décrite dans EC, 1994) dans un endroit exempt de végétation. La profondeur de l'échantillon ne doit pas dépasser 15 cm. Retour du plongeur à bord.
- Mesurer la profondeur d'eau
- Enregistrer la position de la station à l'aide d'un GPS différentiel (système géodésique NAD83, zone 18)
- L'embarcation d'EC vient se placer à l'épaule
- Noter les résultats de la lecture des paramètres de l'eau (température, pH et conductivité) avec la multisonde Hydrolab (modèle H₂O) à 0,5 m du fond
- Déposer la benne dans un bac (plastique ou acier inoxydable) et vérifier que celle-ci soit complètement fermée, remplie au $\frac{3}{4}$ (minimum), son contenu disposé à l'horizontale et non lessivé en surface (figure ci-dessous)
- Photographier l'échantillon de sédiments
- Inspection des sédiments par le plongeur artificier de l'équipe #2 afin de retirer les éclats de projectiles présents
- À l'aide d'une cuiller en acier inoxydable, vider le contenu dans un seau de 10 L ou 20 L en polyéthylène bien identifié et doublé de sacs qualité alimentaire (placer une étiquette d'identification de l'échantillon entre les deux sacs, sur le seau et sur le couvercle). Si nécessaire, enlever l'argile de Champlain.
- Noter, sur la fiche de terrain (annexe 3), les observations pertinentes (texture, couleur, ...)
- Répéter le prélèvement pour une récolte totale d'environ 4 L de sédiments
- Bien fermer les sacs, ajouter deux «ice pack» dans le seau et mettre le couvercle
- Brosser, laver (savon biodégradable) et rincer la benne et le(s) bac(s) entre chacune des stations

Exemples d'acceptabilité d'échantillons de sédiments pris à la benne



Source : Tetra Tech (1987) dans Beak (1996)

Annexe 3 Fiche de terrain

# échantillon	
Date	
Heure	
Coordonnées UTM	
Profondeur (m)	
Nombre de coups benne	
Photo #	
Description de la végétation	
SÉDIMENTS Couleur	
Texture	
Odeur	
Organismes	
Observations (ex: argile enlevée)	
PHYSICO-CHIMIE Température (°C)	
Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	
pH	
Commentaires	

Annexe 4 Matrice de calcul (plan d'échantillonnage)

Centre d'Essai et d'Expérimentation en Munitions (CEEM) de Nicolet

Planification de l'échantillonnage des sédiments

Puissance des tests et répartition de l'effort d'échantillonnage

Nombre total de prélèvements	80
Nombre de stations avec triplicatas	3
Nombre total de stations	74

Niveau de significativité (e.g. 0.05)	0,05
Puissance des tests (e.g. 0.8)	0,8

Coefficient de variation du contaminant	66%
---	-----

Type de station	Proportion	Nombre
Sites de contrôle	20,0%	15
Hors des points chauds	20,0%	15
Points chauds	60,0%	44

Différences détectables

Points chauds vs reste du champ de tir
Points chauds vs sites de contrôle
Point chaud exceptionnel

49%
49%
289%

Zalpha	1,644853	
Zbeta	0,8416214	
A	0,0098108	
a	-0,151935 a''	0,0561
b	0,0196216 b''	0,4356
c	0,0392432 c''	0,2282
c'	0,0392432	
gamma2+	-0,53193 gamma4+	2,885
gamma2-	0,4926868 gamma4-	-3,756
gamma3+	-0,53193	
gamma3-	0,4926868	

Annexe 5 Instructions Permanentes d'Opérations (échantillonnage principal, printemps 2000)

Références:

- A. C-09-153-001/TS-000
- B. C-74-300-B01/AG-000
- C. Rapport Sommaire des Événements – Entente de Collaboration – Phase pré-échantillonnage daté 25 – 28 octobre 1999
- D. B-GL-304-003/TS-0A1

Note: Cet ordre ne discute et ne décrit que la marche à suivre (selon les références) afin d'assurer le contrôle des opérations et des mesures de précaution à prendre au cours des travaux qui seront effectués lors de la réalisation de la campagne d'échantillonnage du printemps 2000 au lac Saint-Pierre.

Introduction

1. La caractérisation des sédiments du secteur du champ de tir situé au lac Saint-Pierre a pour but d'évaluer l'impact des tirs de projectiles sur ce secteur de l'écosystème fluvial, de permettre la formulation de recommandations sur l'utilisation de cette portion du fleuve et de dégager des conclusions quant à la pertinence d'une éventuelle restauration.

Objectifs

2. Les travaux d'échantillonnage ont pour but de prélever des échantillons de sédiments à 80 stations afin de déterminer leurs teneurs en contaminants.

Programme d'échantillonnage

- 3. Horaire. La campagne principale d'échantillonnage se déroulera du 29 mai au 23 juin 2000.
- 4. Personnel. Le personnel potentiellement présent lors de la campagne d'échantillonnage et faisant partie de l'équipe de travail est tel que décrit dans le tableau suivant:

Nom	Organisation	Responsabilité
M. Alain Latreille	Environnement Canada	Coordonnateur scientifique
Mme Brigitte Cusson	Environnement Canada	Chargée de projet
M. Vincent Jarry	Environnement Canada	Administrateur de l'entente
Capt. Gilles Belley	Ministère de la Défense nationale – DPMG	Coordonnateur de l'entente

Nom	Organisation	Responsabilité
M. Stéphane Jean	Ministère de la Défense nationale - CRDV	Responsable de l'environnement
Mme Sonia Thiboutot	Ministère de la Défense nationale - CRDV	Chercheur
M. Guy Ampleman	Ministère de la Défense nationale - CRDV	Chercheur
M. Raymond Gagnon	Ministère de la Défense nationale - CEEM Nicolet	Gérant du site
Les plongeurs	Employés par la compagnie NOTRA	

5. Composition des équipes de plongeurs. Deux équipes de plongeurs (#1 et #2) seront fournies par la compagnie NOTRA. Chaque équipe consistera d'un plongeur artificier (#1) et d'un plongeur de sécurité (#2). Une équipe de plongeurs sera située sur chaque embarcation. Un seul plongeur sera à l'eau à la fois, soit le plongeur artificier de l'équipe #1. Le plongeur de sécurité de l'équipe veillera à la sécurité du plongeur artificier de son équipe lorsque celui-ci sera à l'eau. Un superviseur/plongeur de NOTRA veillera à la sécurité des plongeurs des deux équipes.

6. Localisation des sites d'échantillonnage. Chaque matin, les stations planifiées pour la journée seront identifiées par la mise en place de bouées aux coordonnées pré-déterminées (DGPS). Les stations à échantillonner seront localisées à l'intérieur des secteurs dénommés «zones d'impacts» (où la concentration de projectiles serait élevée selon les données historiques et géophysiques) et «sites de comparaison» (annexe A).

7. Procédure d'échantillonnage. Une fois l'équipement préparé et mis à bord des embarcations, l'embarcation #1 (qui transporte l'équipe #1 des plongeurs) suivie de l'embarcation #2 (qui transporte l'équipe #2 des plongeurs ainsi que les scientifiques d'EC) se dirigeront vers la première station à échantillonner. Une fois l'embarcation des plongeurs (équipe #1) sur place et immobilisée, les activités s'exécuteront comme suit:

- a. l'embarcation #2 demeurera à 350 m (selon la référence D) de l'embarcation #1 jusqu'au moment où la station aura été sécurisée par les plongeurs de l'équipe #1;
- b. le plongeur de l'équipe #1 choisira une station exempte de végétation et de profondeur représentative dans le secteur à échantillonner où les mesures suivantes seront enregistrées:
 - (1) la profondeur de l'eau à cet endroit (plongeurs),
 - (2) la position de la station (à l'aide d'un système GPS), et
 - (3) les variables physico-chimiques de l'eau avec une multisonde à 0,5 m du fond (MDE);
- c. un échantillon de sédiments sera prélevé avec une benne manuelle par le plongeur artificier de l'équipe #1;
- d. l'embarcation #2 pourra alors se rapprocher;

- e. la benne sera déposée dans un bac afin de vérifier si elle était complètement fermée, remplie au $\frac{3}{4}$ (minimum), son contenu disposé à l'horizontale et non lessivé en surface. Si l'échantillon est jugé acceptable par les représentants d'EC, les sédiments seront inspectés (procédure «FFE») par le plongeur artificier de l'équipe #2 et, si sécuritaire, seront transférés dans un sceau bien identifié et doublé de sacs;
- f. la procédure de prélèvement sera répétée, s'il y a lieu, pour une récolte totale d'environ 2 kg de sédiments. Suite à la récolte des échantillons à cette station, l'embarcation #1 se dirigera vers la prochaine station à échantillonner;
- g. le sac sera par la suite scellé, 2 «ice pack» seront ajoutés dans la chaudière et le couvercle fermé;
- h. la benne et le bac seront alors lavés au savon et à la brosse et rincés entre chacune des stations;
- i. lorsque les travaux à la station seront complétés, l'embarcation #2 se dirigera vers la prochaine station à échantillonner où les plongeurs de l'embarcation #1 auront déjà sécurisé le site;
- k. les mêmes procédures seront suivies.

8. En plus des échantillons discutés ci-haut, si possible, les plongeurs seront responsables de la collecte de 20 échantillons de sédiments récoltés le plus près possible de projectiles. Une description de la procédure d'échantillonnage leur sera fournie sur le site même ainsi que les contenants.

9. Procédure de plongée. Les procédures de plongée s'exécuteront telles que définies par la compagnie NOTRA (plongeurs artificiers). Avant le début de toute opération les plongeurs auront la chance de se familiariser avec l'équipement ainsi que les procédures d'échantillonnage.

Programme de santé et sécurité

10. Sécurité. Suite à l'historique de tir du site, on doit présumer la présence de projectiles non détonés: le prélèvement des échantillons de sédiments par des plongeurs artificiers est donc requis. Avant le début des opérations, les instructions de sécurité seront données par l'Officier de sécurité des explosifs du CEEM. Avant que les équipes de travail débutent leurs opérations sur le lac, le contrôleur du champ de tir sera avisé des endroits à échantillonner afin de lui permettre de coordonner les activités sur le lac.

11. Avant tout travail sur le lac, le coordonnateur de l'entente/MDN sera responsable de s'assurer que les agences suivantes auront été informées des activités de l'équipe de travail:

Agence	Numéro de contact
Le contrôleur de tirs du site	(819) 293-2004 ext 2244
L'Hôpital du Christ-Roi Nicolet	(819) 293-2071

Agence	Numéro de contact
La station de pompiers de Nicolet	(819) 293-4545
Hélicoptère ¹ L'ETAH 430 (Officier de services) pagette: Hélimax Trois-Rivières SAR (Trenton)	(418) 844-5000 ext 5764 (418) 874-5781 (819) 377-3344 1-800-267-7270
Le Service du trafic maritime/Montréal	(450) 928-4543
Le Service du trafic maritime/Québec	(418) 648-7459
L'Hôpital Sacré-Coeur à Montréal – la chambre hyperbarre	(514) 338-2000 ext 2777

12. Avant le début des travaux, les plongeurs recevront une démonstration («dry run») de la procédure à suivre lors de la prise d'échantillons dans le lac. Lors de l'échantillonnage, les points de sécurité suivants seront respectés en tout temps:

- a. la profondeur des échantillons ne dépassera pas 15 cm;
- b. le lieu précis de la prise d'échantillon à la benne sera déterminé par les plongeurs artificiers après inspection visuelle et sondage des sédiments à la tige. Aucun risque inacceptable ne sera pris par les membres de l'équipe des plongeurs artificiers;
- c. si les plongeurs retrouvent un projectile dont l'état physique est douteux, aucun échantillonnage à la benne ne sera effectué et ils auront à contourner le projectile afin d'identifier un autre endroit pour la prise d'échantillon;
- d. un représentant d'EC pourra assister les plongeurs artificiers lors des opérations d'échantillonnage. Toutefois, l'embarcation des scientifiques #2 devra demeurer à un minimum de 350 m de l'embarcation #1 jusqu'à ce que la station à échantillonner ait été déclarée sécuritaire par les plongeurs. L'embarcation des scientifiques pourra alors se rapprocher de la zone d'échantillonnage; et
- e. la communication entre les embarcations et le contrôleur du champ de tir sera maintenue en tout temps. S'il y a une perte de communication entre ceux-ci, toute opération cessera jusqu'au moment où la communication sera rétablie.

13. Mesures d'urgence. En cas d'urgence, les membres de l'équipe du projet donneront les premiers soins aux victimes et aviseront le contrôleur de tir par radio ou cellulaire afin que celui-ci puisse communiquer avec les agences appropriées. Un rapport d'incident/d'accident sera fourni à DPMG et à MDE moins de 48 heures après l'incident/l'accident. L'administrateur de l'entente/MDE sera avisé le plus rapidement possible via téléphone ou téléavertisseur.

¹ Une piste d'atterrissage dédiée n'est pas disponible. Toutefois l'hélicoptère pourrait atterrir dans les environs de l'Hôpital Saint-Joseph, rue Sainte-Julie à Trois-Rivières.

Soutien logistique

14. Ressources et matériel. Les ressources et équipements suivants seront fournis par le MDN et MDE et seront nécessaires afin de mener à bien la campagne principale d'échantillonnage:

- a. une embarcation (Robert Pinard) sera fournie par la compagnie SNC TEC pour les plongeurs de l'équipe #1².
- b. des radios de communication portatives HT1000 seront fournies par le CEEM;
- c. un système DGPS portatif avec une précision de ± 5 m sera fourni par la compagnie NOTRA;
- d. MDE fournira:
 - (1) une embarcation (Potamos),
 - (3) deux petites bennes Ponar,
 - (5) des bacs de réception pour les bennes et leur contenu,
 - (6) une multisonde Hydrolab (pH, T, conductivité),
 - (7) des chaudières de 5 L, 10 L et 20 L en polyéthylène (doublées de sacs qualité alimentaire),
 - (8) des «ice packs», étiquettes et crayons, et
 - (9) des brosses et du savon pour le nettoyage des accessoires.

15. Communication. Durant les opérations sur le lac Saint-Pierre, la communication sera établie par radio et se fera comme suit:

- a. la fréquence 2 (primaire) ou 3 (secondaire) sera utilisée entre les membres de l'équipe du projet et le contrôleur de tirs;
- b. la fréquence 1 sera utilisée entre les deux embarcations; et
- c. la communication entre les plongeurs sera exécutée telle que définie par la compagnie NOTRA.

16. Si la communication entre l'équipe du projet et le contrôleur de tirs est rompue, toute opération cessera immédiatement jusqu'au moment où les communications seront rétablies. Un système DGPS sera utilisé afin d'enregistrer la position exacte des stations échantillonnées.

17. Aménagement du calendrier de tir. Le gérant du site de Nicolet sera responsable de gérer l'horaire des travaux d'échantillonnage avec celui des activités de tirs de la compagnie SNC TEC afin de coordonner de manière optimale et sécuritaire les horaires en question et de mener à bien les deux activités. À cet effet, l'équipe se rencontrera chaque matin pour la planification des travaux à effectuer au courant de la journée et la remise à jour du calendrier de la semaine. En cas de conflits d'horaire, les travaux d'échantillonnage auront préséance afin de rencontrer les échéanciers fixés.

² Étant donné que le CEEM n'a pas de personnel pour piloter les embarcations, SNC TEC devra aussi fournir le personnel requis.

18. Transport. Le transport des membres du projet sera fourni par l'entremise de véhicules de location ainsi que des véhicules du MDN.
19. Hébergement. Chaque membre du projet sera responsable de son hébergement.
20. Nourriture. Les besoins en nourriture seront la responsabilité de chaque membre du projet.
21. Média. Toute question provenant des journalistes sera dirigée vers le coordonnateur de l'entente (MDN) qui assurera la coordination avec les partenaires.

Annexes:

- A: Carte des zones d'impacts/zones à échantillonner
- B: Terminologie
- C: Équipes de plongée et embarcations

Liste de distribution:

Action

M. André Richard, Directeur du centre des essais, SNC TEC
M. Raymond Gagnon, Gérant du CEEM (Nicolet)
M. Alain Latreille, Environnement Canada
Mme Brigitte Cusson, Environnement Canada
NOTRA

Information

M. Barry Smith, Directeur p.i. – Gestion du programme de munitions
M. Robert Gauthier, Directeur – gestion du programme de munitions p.i. 4.
M. Denis Sanschagrin, Surintendant CEEM Nicolet
M. Vincent Jarry, Environnement Canada
Dr. Sonia Thiboutot, Centre de Recherches pour la Défense, Valcartier
Dr. Guy Ampleman, Centre de Recherches pour la Défense, Valcartier
M. Stéphane Jean, Centre de Recherches pour la Défense, Valcartier
M. Jean-Pierre Ouellette, Directeurat – Gestion des Affaires 2

Capt Gilles Belley
Directeur – gestion du programme de munitions 4-3-2
Officier d'environnement

Annexe B aux
Instructions Permanentes d'Opérations (échantillonnage principal)
29 mai – 23 juin 2000

Terminologie

Projectile: Composante (avec ou sans fusée, avec ou sans matière énergétique) d'une munition qui est propulsée à l'extérieur du canon.

Avec fusée: projectile avec moyen d'initiation.

Sans fusée: projectile sans moyen d'initiation.

Avec matière énergétique: projectile qui contient des matières énergétiques (ex.: TNT, RDX, HMX, pyrotechnique, propulseur) dans au moins une de ses constituantes (ex.: fusée, corps du projectile, moteur).

Raté («DUD»): Au sens strict, projectile rempli de matières énergétiques devant détoner lors de l'impact mais qui n'a pas fonctionné tel que prévu pour une raison quelconque. Compte tenu des opérations spécifiques effectuées au CEEM (Nicolet), la définition est élargie et inclut tous les projectiles comportant au moins une composante énergétique, même s'ils n'ont pas de moyen d'initiation.

Inerte: Projectile qui ne contient aucune matière énergétique et pouvant être rempli de substituts constitués de mélange de cire («cire d'abeille») lorsqu'on veut analyser seulement ses propriétés physiques et balistiques.

MDE: Ministère de l'environnement (Environnement Canada)

MDN: Ministère de la Défense Nationale

CRDV: Centre de Recherches pour la Défense Valcartier

CEEM: Centre d'Essai et d'Expérimentation en Munitions (Nicolet)

DPGM: Directeur Gestion du programme de munitions

Annexe C aux
Instructions Permanentes d'Opérations (échantillonnage principal)
29 mai – 23 juin 2000

Équipes de plongée et embarcations

Embarcation #1 (Robert Pinard)	Embarcation #2 (Potamos, fourni par MDE)
1 pilote de SNC TEC	1 pilote du MDE
1 représentant du MDN	Équipe de scientifiques
1 gérant de projet NOTRA	1 plongeur artificier
1 plongeur-superviseur	1 plongeur de sécurité
1 plongeur artificier	Visiteurs
1 plongeur de sécurité	

Annexe 6 Protocole de préparation des échantillons

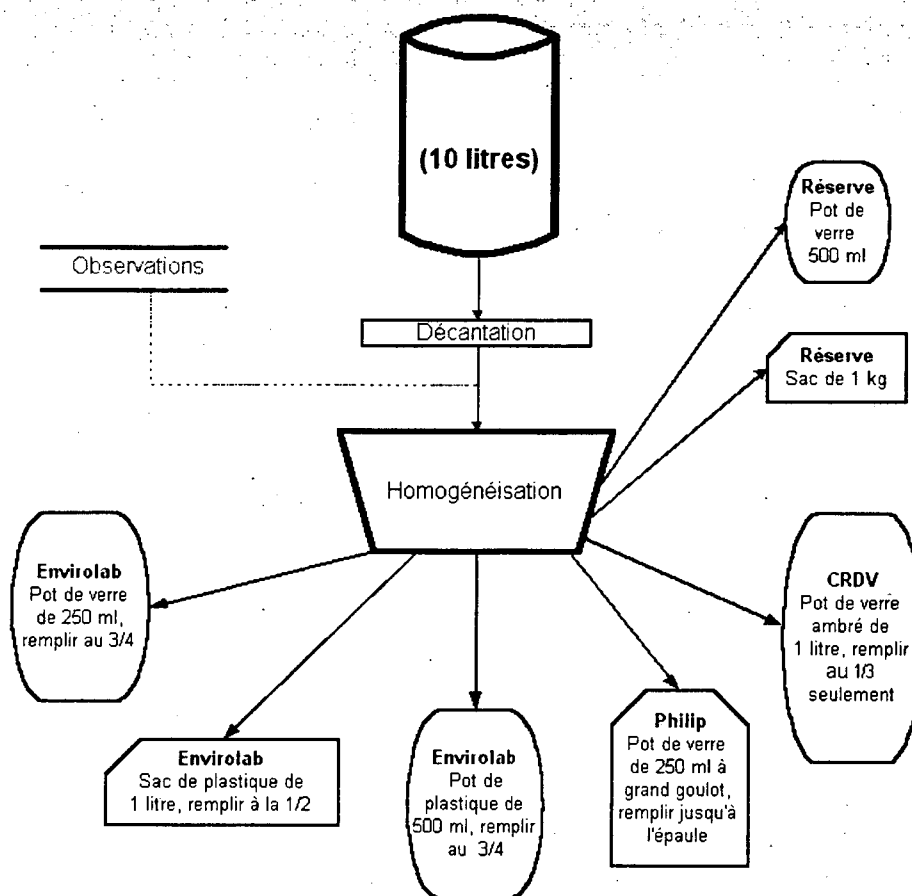
Homogénéisation des échantillons de sédiments

Les préposés doivent toujours porter des gants pour éviter toute contamination lors des manipulations. Les préposés doivent changer de gants entre chaque échantillon.

1. Si les échantillons de sédiments contiennent beaucoup d'eau libre, il faut laisser reposer l'échantillon pendant 24 heures à 4°C.
2. L'eau surnageante est décantée avec précaution afin d'éviter la perte de particules fines de sédiments. Noter la quantité retirée et s'il y a lieu la perte de particules.
3. Prendre note, sur la fiche de laboratoire, des caractéristiques visuelles et olfactives de l'échantillon (couleur, texture, odeurs particulières, présence d'organismes, etc).
4. Transférer tout l'échantillon dans un plat en acier inoxydable pour mélanger le sédiment.
5. Retirer et noter les éléments pouvant nuire à l'homogénéisation (bivalves, cailloux, branchages, etc).
6. L'homogénéisation manuelle se fait avec une tige d'acier inoxydable. Le temps d'homogénéisation devra être de 15 minutes (utiliser un chronomètre).
7. Vérifier visuellement l'uniformité de la couleur et de la texture du sédiment. Si l'échantillon semble hétérogène, poursuivre l'étape 6 pendant 5 minutes additionnelles ou jusqu'à l'obtention d'un mélange homogène (texture et couleur).
8. Avec une cuillère en acier inoxydable, transférer le sédiment dans les pots correspondants pour les analyses (ceux-ci seront fournis par le client avec les indications nécessaires).
9. Entre chaque échantillon homogénéisé, laver le plat, la tige et la cuillère avec de l'eau du robinet et du savon sans phosphates (ex : Neutrad), rincer trois fois avec l'eau du robinet et ensuite rincer trois fois avec de l'eau déminéralisée. Rincer une dernière fois avec un solvant approprié et faire sécher pour éliminer toute trace de ce dernier. Le plat doit être complètement sec avant de débiter l'homogénéisation d'un nouvel échantillon.

* Le plat en acier inoxydable doit être exempt d'égratignures afin d'éviter une contamination de métaux. Il devra être remplacé au besoin.

Répartition des sédiments vers les laboratoires d'analyse



Annexe 7 Méthodes d'analyses

Tiré de: Envirolab (2000). Rapport d'analyses: caractérisation des sédiments dans la portion sud du lac Saint-Pierre.
Préparé pour Environnement Canada, région du Québec.

SECTEUR INORGANIQUE MÉTHODES – SOLS/SÉDIMENTS

NO	ANALYSE	MÉTHODE	RÉFÉRENCE	LIMITE DE DÉTECTION (mg/kg)
	Aluminium extractible	Digestion HNO_3/HCl à 100°C Analyse par absorption atomique (oxyde nitreux/ acétylène)	MENVIQ 90.03/210 Mét. 1.3 Std Meth 1992 18° ed 3111 D	10
036	Arsenic extractible	Digestion $\text{HNO}_3/\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ à 100°C Perte au feu à 550°C pendant 2 heures. Analyse par absorption atomique avec génération des hydrures	MENVIQ 90.02/210 As 1.1 Std Meth 1992 18° ed 3114 C	0.1
	Béryllium extractible	Digestion HNO_3/HCl à 100°C Analyse par absorption atomique (oxyde nitreux/ acétylène)	MENVIQ 90.03/210 Mét. 1.3 Std Meth 1992 18° ed 3111 D	0.8
102	Cadmium extractible	Digestion $\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{O}_2$ à 100°C Analyse par absorption atomique (four au graphite)	EPA 3050 Std Meth 1992 18° ed 3111 B	0.02
140	Carbone organique total	Traitement avec HCl Dosage au four LECO	Centre de recherche minérale (COREM) (sous-traitant)	100
163	Chrome extractible	Digestion HNO_3/HCl à 100°C Analyse par absorption atomique (oxyde nitreux/ acétylène)	MENVIQ 90.03/210 Mét. 1.3 Std Meth 1992 18° ed 3111 D	2
	Cobalt extractible	Digestion HNO_3/HCl à 100°C Analyse par absorption atomique (air/acétylène)	MENVIQ 90.03/210 Mét. 1.3 Std Meth 1992 18° ed 3111 B	2

NO	ANALYSE	MÉTHODE	RÉFÉRENCE	LIMITE DE DÉTECTION (mg/kg)
192	Cuivre extractible Cuivre (sol)	Digestion HNO_3/HCl à 100°C Analyse par absorption atomique (air/acétylène)	MENVIQ 90.03/210 Mét. 1.3 Std Meth 1992 18 ^e ed 3111 B	1
	Fer extractible	Digestion HNO_3/HCl à 100°C Analyse par absorption atomique (air/acétylène)	MENVIQ 90.03/210 Mét. 1.3 Std Meth 1992 18 ^e ed 3111 B	2
	Lithium extractible	Digestion HNO_3/HCl à 100°C Analyse par absorption atomique (air/acétylène)	MENVIQ 90.03/210 Mét. 1.3 Std Meth 1992 18 ^e ed 3111 B	1
-	Granulométrie & sédimentométrie	Tamis et hydromètre. BNQ 2501-025	Technisol (sous-traitant)	0.1%
	Magnésium extractible	Digestion HNO_3/HCl à 100°C Analyse par absorption atomique (air/acétylène)	MENVIQ 90.03/210 Mét. 1.3 Std Meth 1992 18 ^e ed 3111 B	5
	Manganèse extractible	Digestion HNO_3/HCl à 100°C Analyse par absorption atomique (air/acétylène)	MENVIQ 90.03/210 Mét. 1.3 Std Meth 1992 18 ^e ed 3111 B	1
325	Mercure total	Digestion $\text{K}_2\text{SO}_4/\text{HNO}_3/\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7/\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ à 95% Analyse par absorption atomique – vapeurs froides	Std Meth 1992 18 ^e ed 312 B	0.01
336	Nickel extractible	Digestion HNO_3/HCl à 100°C Analyse par absorption atomique (air/acétylène)	MENVIQ 90.03/210 Mét. 1.3 Std Meth 1992 18 ^e ed 3111 B	1
412	Plomb extractible	Digestion HNO_3/HCl à 100°C Analyse par absorption atomique (air/acétylène)	MENVIQ 90.03/210 Mét. 1.3 Std Meth 1992 18 ^e ed 3111 B	2
	Sélénium extractible	Digestion $\text{HNO}_3/\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ à 100°C Perte au feu à 550°C pendant 2 heures. Analyse par absorption atomique avec génération des hydrures	MENVIQ 90.02/210 As 1.1 Std Meth 1992 18 ^e ed 3114 C	0.1

NO	ANALYSE	MÉTHODE	RÉFÉRENCE	LIMITE DE DÉTECTION (mg/kg)
-	Tungstène total	Activation neutronique (A-06)	Centre de recherche minérale (COREM) (sous-traitant)	1
540	Zinc extractible Zinc (sol)	Digestion HNO ₃ /HCl à 100°C Analyse par absorption atomique (air/acétylène)	MENVIQ 90.03/210 Mét. 1.3 Std Meth 1992 18 ^e ed 3111 B	1

Équipement de mesure utilisé (métaux) : Spectrophotomètre d'absorption atomique (AA), Varian SpectrAA-20 (avec four GTA-96 au besoin) ou SpectrAA-220.

N.B.: La préparation des échantillons s'effectue selon les techniques du Guide méthodologique de caractérisation des sédiments, Environnement Canada, Centre St-Laurent – Ministère de l'Environnement du Québec, avril 1992.

Secteur: Organique

MÉTHODES - Sols/Sédiments

NO	ANALYSE	MÉTHODE	RÉFÉRENCE	LIMITE DE DÉTECTION
608B	BPC (Congénère)	Extraction au bain ultrason hexane Dosage par GC/MS <i>GC HP5890 Serie II avec colonne DB-5: 30m, 0.25 mm</i>	MA 400 BPC 1.0, 1998 (17)	0.01 mg/kg
2000 2002	HAP	Extraction au soxhlet avec dichlorométhane Purification sur silice Dosage par GC/MS <i>GC HP5890 Serie II avec colonne DB5MS: 30m, 0.25mm</i>	EPA 3540 (2) MENVIQ 90.02/410 -HAP 1.2 (18) EPA 8270 (4)	0.01 mg/kg

RÉFÉRENCES (Pour le secteur organique)

- 2- EPA 3540: Soxhlet extraction, Tests methods for evaluating solid waste, physical/chemical Methods September 1986.
- 4- EPA 8270 : Gas chromatography/massspectrometry for semivolatile organics Capillary column technique, Tests methods for evaluating solid waste, physical/chemical Methods September 1986.
- 17- CEAEQ. Détermination des biphenyles polychlorés. Méthode par congénères. MA400-BPC1.0(1998).
- 18- Sols - Détermination des hydrocarbures polycycliques aromatiques, extraction et purification avec C-18, Si, dosage par chromatographie en phase liquide, MENVIQ 90.02/410-HAP 1.2

Annexe 8 Programme d'assurance et de contrôle de la qualité

Extrait du devis d'analyse chimique pour la Caractérisation des sédiments dans la portion sud du Lac Saint-Pierre préparé par Environnement Canada - Région du Québec, mai 2000

1 Volet inorganique

1.1 Exigence de la qualité

Le laboratoire doit suivre les séquences proposées pour les différents paramètres demandés. Ces séquences comprennent l'analyse de :

- Solution étalon
- Matériau de référence certifié
- Solution LDM dont la concentration de l'analyte d'intérêt se situe entre 5 et 10 fois la limite de détection méthodologique calculée
- Duplicata
- Échantillon enrichi
- Blanc de méthode
- Échantillon inconnu

Une compilation statistique de ces différents éléments permettra d'évaluer la qualité des résultats obtenus. Les séquences d'analyses suggérées pour les travaux analytiques sont regroupées aux figures 1.1, 1.2 et 1.3.

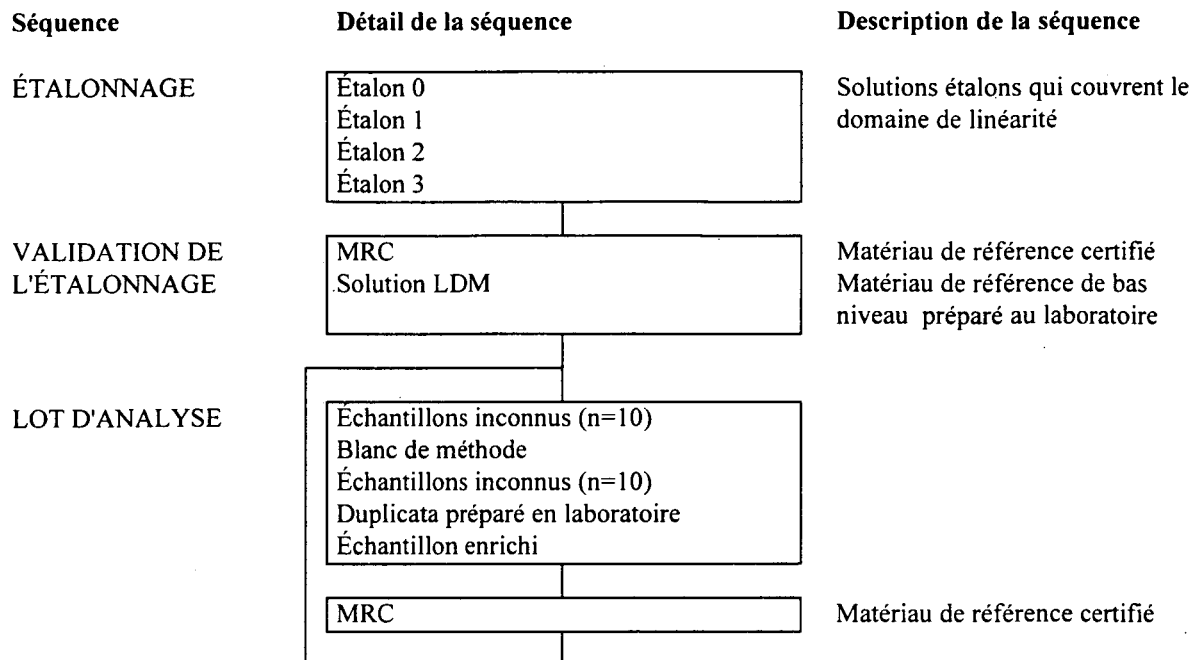


Figure 1.1 Séquence d'analyse pour les métaux

Les méthodes utilisées pour la préparation et la digestion des sédiments pour l'analyse des métaux sont celles recommandée dans la section 2.1 du *Guide méthodologique de caractérisation des sédiments* (Avril 1992). **Cependant, il n'est pas souhaitable que toute la portion du sédiment soit pulvérisée afin de passer au travers du tamis de nylon de 80 mailles par pouce carré. On doit respecter la granulométrie du sédiment, c'est-à-dire seulement briser les agrégats sans altérer les particules elle-mêmes.**

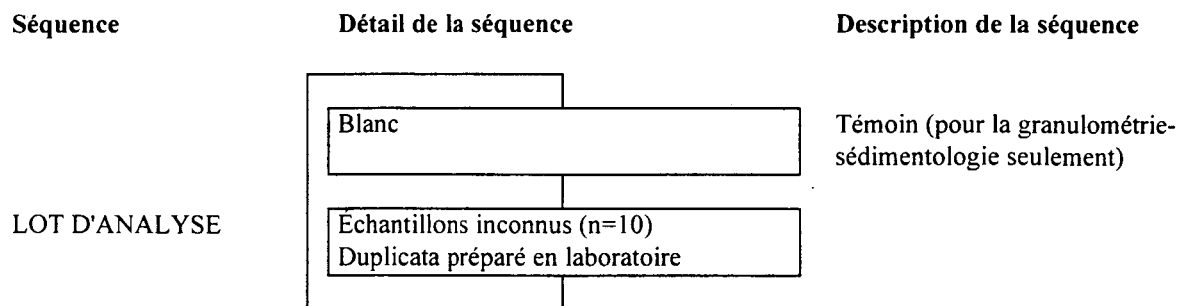


Figure 1.2 Séquence d'analyse pour la granulométrie-sédimentologie et le pourcentage d'humidité

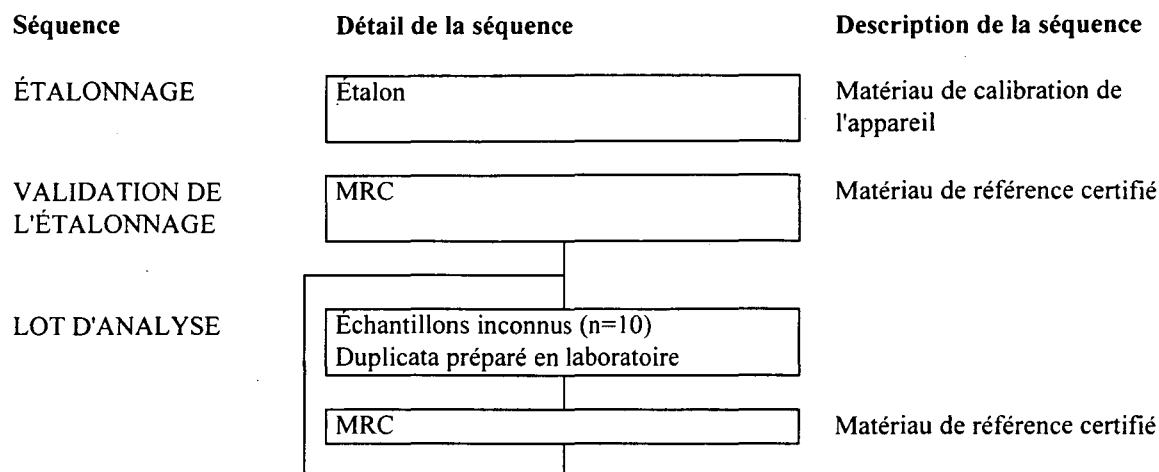


Figure 1.3 Séquence d'analyse pour le carbone organique total

1.2 Critères de performance

Tous les résultats d'analyse des différents paramètres soumis doivent rencontrer les critères de performance analytiques présentés aux tableaux 1.1 et 1.2.

Tableau 1.1
Limites de détection méthodologiques maximales permises

Paramètre	LDM (mg/kg) ¹
Aluminium total extractible	20
Arsenic total extractible ²	0.1
Béryllium total extractible	0.8
Cadmium total extractible ³	0.1
Chrome total extractible	4
Cobalt total extractible	10
Cuivre total extractible	5
Fer total extractible	10
Lithium total extractible	10
Magnésium total extractible	10
Manganèse total extractible	50
Mercure total ⁴	0.02
Nickel total extractible	4

Plomb total extractible ³	4
Sélénium total extractible ²	0.2
Tungstène total extractible ⁵	voir note
Zinc total extractible	10
Carbone organique total	0.2 %
Humidité (%)	n.a.
Granulométrie - sédimentologie	Classification de Wentworth
Gravier	
Sable très grossier	
Sable grossier	
Sable moyen	
Sable fin	
Sable très fin	
Limon	
Argile	

-
- 1 Toutes les LDM sont exprimées en mg/kg de poids sec, lorsque applicable
- 2 L'arsenic et le sélénium sont analysés par la technique de génération d'hydrures
- 3 Le cadmium et le plomb sont analysés par la technique de four au graphite
- 4 Le mercure est analysé par vapeur froide
- 5 La LDM normalement obtenue par ICP est de 10 mg/kg. Cette limite est insuffisante dans le cadre du présent projet. Le laboratoire devra proposer une méthode alternative plus performante pour doser le tungstène. Si les LDM suggérées dans les propositions ne sont pas satisfaisantes, le tungstène pourra être exclu du mandat analytique.

n.a. : ne s'applique pas

Tableau 1.2
Critères de performance exigés pour les analyses concernant
le contrôle de l'étalonnage, le contrôle de la contamination, l'exactitude et la précision

Paramètre de contrôle	Échantillons de contrôle	Critères
<i>Contrôle de l'étalonnage</i>		
Coefficient de corrélation	Solutions d'étalonnage	$r = \geq 0,995$
<i>Contrôle de la contamination</i>		
Concentration mesurée	Blanc de méthode	$\leq \text{LDM}$
<i>Exactitude</i>		
Écart	MRC	$\pm 20 \%$
Récupération	Échantillon enrichi*	80 - 120 %
<i>Précision</i>		
Différence relative ($D_{\text{dupl.}}$)	Duplicata	si $X_{\text{dupl.}} \leq 3 \text{ LDM}$ $\pm 100 \%$
		si $3 \text{ LDM} < X_{\text{dupl.}} \leq 20 \text{ LDM}$ $\pm 40 \%$
		si $X_{\text{dupl.}} > 20 \text{ LDM}$ $\pm 20 \%$

* Concentration de l'ajout $> 10 \text{ LDM}$.

$X_{\text{dupl.}}$ Valeur moyenne des duplicatas

2 Volet organique

2.1 Exigences de la qualité

Le laboratoire doit suivre les séquences proposées pour les différents paramètres demandés. Ces séquences comprennent l'analyse de :

- Solution étalon
- Matériau de référence certifié
- Solution LDM dont la concentration de l'analyte d'intérêt se situe entre 5 et 10 fois la limite de détection méthodologique calculée
- Duplicata
- Blanc de méthode
- Échantillon inconnu

Une compilation statistique de ces différents éléments permettra d'évaluer la qualité des résultats obtenus. La séquence d'analyse suggérée pour les travaux analytiques est décrite au schéma 2.1.

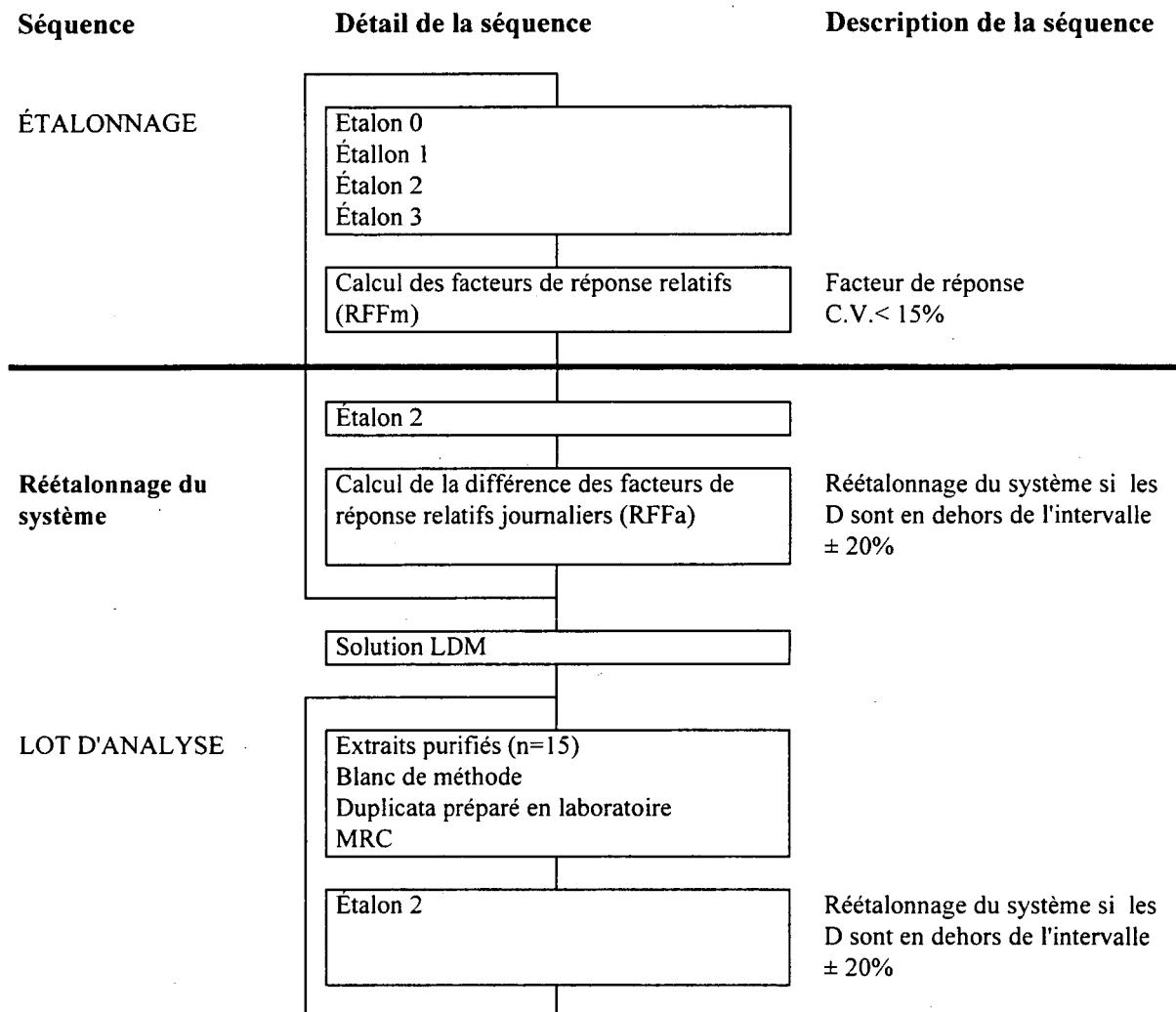


Figure 2.1 Séquence d'analyse pour les analyses de HAP et BPC congénères

2.2 Critères de performance

Tous les résultats d'analyses des différentes substances organiques soumis par l'entrepreneur doivent rencontrer les critères de performance analytiques présentés aux tableaux 2.1 et 2.2. Les critères retenus font notamment référence aux paramètres de contrôle suivants : les limites de détection des méthodes (LDM) utilisées, le contrôle de l'étalonnage, le contrôle de la contamination, l'exactitude et la précision.

Tableau 2.1

Limites de détection méthodologiques maximales permises

Paramètre	Composé	LDM ¹
HAP	Naphtalène	0.01 mg/kg
	Acénaphène	
	Acénaphthylène	
	Fluorène	
	Phénanthrène	
	Anthracène	
	Fluoranthène	
	Pyrène	
	Benzo(a)anthracène	
	Chrysène	
	Benzo(b+j+k)fluoranthènes	
	Benzo(a)pyrène	
	Indéno(1,2,3-cd)pyrène	
	Dibenzo(a,h)anthracène	
	Benzo(ghi)pérylène	
	1-Méthylnaphtalène	
	2-Méthylnaphtalène	
	Benzo(e)pyrène	
BPC congénères	<u>Groupes homologues :</u>	0.01 mg/kg
	Trichlorobiphényles	
	Tétrachlorobiphényles	
	Pentachlorobiphényles	
	Hexachlorobiphényles	
	Heptachlorobiphényles	
	Octachlorobiphényles	
	Nonachlorobiphényles	
	Décachlorobiphényle	

¹ Limite de détection méthodologique exigée pour chacun des composés ou pour chacun des groupes homologues

Tableau 2.2
Critères de performance exigés pour l'analyse des substances
chimiques organiques concernant le contrôle d'étalonnage, le contrôle de la
contamination, l'exactitude et la précision.

Paramètre de contrôle	Échantillons de contrôle	Critère
<i>Contrôle de l'étalonnage</i>		
Coefficient de variations des facteurs de réponse relatifs	Solutions d'étalonnage	C.V. $\leq$ 15 %
Différence des facteurs de réponse	Solutions d'étalonnage	$D \pm 20$ %
<i>Contrôle de la contamination</i>		
Concentration mesurée	Blanc de méthode	≤ 3 LDM
<i>Exactitude</i>		
Écart	MRC	± 30 %
Récupération	Échantillon enrichi*	50 - 120 %
	Composés analogues ou composés marqués par des isotopes	50 - 120 %
<i>Précision</i>		
Coefficient de variation	MR (ou MRC) Composés analogues ou composés marqués par des isotopes	C.V. ≤ 30 %
Différence relative ($D_{\text{dupl.}}$)	Duplicata	si $X_{\text{dupl.}} \leq 3$ LDM ± 100 % si $3 \text{ LDM} < X_{\text{dupl.}} \leq 20 \text{ LDM}$ ± 40 % si $X_{\text{dupl.}} > 20 \text{ LDM}$ ± 20 %

*Concentration de l'ajout > 10 LDM.

$X_{\text{dupl.}}$: concentration moyenne des duplicatas

Annexe 9 Variables physico-chimiques mesurées *in situ*

Station	Profondeur (m)	# coups benne	Végétation (présence/absence)	Température (°C)	Conductivité* (µS/cm)	pH
A1	1,5	4	p	14,6	176	7,19
A2	0,9	4	p	17,1	498	7,65
A3	0,9	4	p	17,5	472	7,53
A4 / A5 / A6	1,2	3 / 3 / 3	p	19,3	415	7,73
A7 - A10 - A11	1,2	10	p	19,4	344	7,82
A8	0,6	3	p	17,4	474	7,82
A9	0,6	3	p	15,1	456	7,45
B1	1,5	3	p	15,0	247	7,11
B2	1,8	3	p	15,2	252	7,21
C1	1,2	3	p	15,7	261	7,14
C2	1,2	3	a	16,4	252	7,32
C3	1,2	3	p	16,8	203	7,96
C4	1,2	3	p	16,8	205	8,08
C5	1,5	3	p	16,9	257	7,88
D1	1,2	3	p	16,9	169	7,17
D2	0,9	3	a	17,1	166	7,08
D3	1,5	3	p	17,4	172	7,05
D4	0,9	3	p	15,8	175	7,10
E1	1,5	3	p	14,6	207	7,56
E2	1,5	3	p	14,1	198	7,40
E3	1,5	3	p	16,7	217	8,36
E4	1,5	3	p	16,5	222	7,99
E5	1,5	3	p	18,1	223	8,28
E6	1,8	3	p	17,9	268	8,63
E7	1,8	3	p	17,0	224	8,07
F1	1,5	3	p	16,7	200	7,39
F2	1,5	3	p	16,3	204	7,38
F3	1,2	3	a	16,9	181	7,40
F4	0,6	3	p	17,3	222	8,24
G1	1,2	3	a	15,9	191	7,35
G2	1,2	3	a	16,2	170	7,28
G3	1,5	3	a	16,8	166	7,32
G4	1,2	3	p	17,3	165	7,32
G5	0,6	4	p	15,1	229	7,67
G6	0,6	3	p	15,3	227	7,76
G7	0,6	3	p	16,2	213	7,82
G8	0,6	3	p	17,3	191	7,70
H1	1,5	3	p	12,7	229	7,41
H2	1,5	3	p	13,5	201	7,27

Station	Profondeur (m)	# coups benne	Végétation (présence/absence)	Température (°C)	Conductivité* (µS/cm)	pH
H3	0,9	3	p	13,6	213	7,38
H4	0,9	4	p	14,6	202	7,55
H5	1,2	3	p	14,8	201	7,53
H6 - H8 - H9	0,9	7	p	16,1	175	7,05
H7	0,9	3	p	17,4	220	7,61
Y1	1,5	3	p	14,8	181	7,63
Y2	1,2	3	p	15,1	174	7,50
Y3	1,8	3	a	17,1	270	7,30
Y4	1,4	3	p	16,5	193	7,20
Y5 / Y6 / Y7	2,0	3 / 3 / 3	p	15,7	242	7,54
Y8	1,8	3	p	15,8	241	7,61
Y9	1,4	3	p	17,7	174	7,33
Y10	1,2	3	a	17,0	197	7,84
Y11	0,6	3	p	15,0	195	7,24
Y12	3,0	3	a	14,5	301	7,77
Y13	1,8	3	a	14,5	298	7,72
Y14	2,4	3	p	14,7	299	7,75
Y15	1,8	3	p	17,1	259	7,97
Y16	1,8	3	p	13,2	289	8,00
Y17	1,5	3	p	16,6	249	7,95
Z1	1,2	3	a	17,6	171	7,03
Z2	1,5	3	a	17,5	171	7,07
Z3 / Z4 / Z5	4,0	3 / 3 / 3	a	15,0	307	7,60
Z6	3,7	3	p	14,9	305	7,67
Z7	2,1	3	p	15,0	324	7,76
Z8	2,1	3	p	15,1	323	7,72
Z9	2,1	3	p	15,4	321	7,66
Z10	2,1	3	p	15,2	303	7,69
Z11	2,7	3	p	15,2	295	7,59
Z12	3,0	3	a	14,8	324	7,84
Z13	3,4	3	a	14,8	323	7,79
Z14	2,4	3	a	15,9	278	7,62
Z15	1,5	3	p	15,6	272	7,44
Z16	1,5	3	p	15,7	270	7,37
Z17	2,0	3	p	15,1	289	7,63

*Conductivité corrigée à 25°C.

Annexe 10 Analyse des données de contamination des sédiments du secteur sud du lac Saint-Pierre récoltés au printemps 2000.

Par : Pierre Gagnon, Biologie de l'environnement, Centre Saint-Laurent, DCE

Pour : Alain Latreille et Brigitte Cusson, Technologie et intervention, DPE

Données

Les données proviennent de trois secteurs. Le secteur de comparaison était situé tout autour du champ de tir et représente le milieu ambiant avec lequel les autres secteurs devraient être comparés. Le secteur des points chauds représente les huit zones, identifiées par les lettres A à H, les plus touchées par les tirs selon un relevé géomagnétique. Ce secteur a fait l'objet d'un échantillonnage stratifié selon les zones, le poids des strates étant proportionnel à la quantité de métal détecté par le relevé géomagnétique. Le secteur intermédiaire comprend l'espace du champ de tir situé entre les points chauds. Un échantillon en triplicata a été récolté et analysé dans chaque secteur.

Substances inorganiques

Les substances inorganiques dosées dans les sédiments sont: l'aluminium, l'arsenic, le béryllium, le cadmium, le cobalt, le chrome, le cuivre, le fer, le mercure, le lithium, le magnésium, le manganèse, le nickel, le plomb, le sélénium, le tungstène et le zinc. Le béryllium et le tungstène n'ont pas été détectés assez souvent pour être statistiquement analysables. Les autres teneurs non détectées ont été remplacées par la moitié de la limite de détection pour les fins de l'analyse.

L'examen des données n'a pas révélé de valeur aberrante, tout au plus les teneurs de certaines substances (Al, Cd, Cr, Hg, Mg, Mn, Pb, Zn) n'étaient pas distribuées normalement, ce que nous avons amélioré en passant à l'échelle logarithmique (base 10) pour toutes les substances.

Différence de contamination entre les secteurs

Le tableau 1 montre les différences significatives ($p < 0.05$; ANOVA comparant les différences entre les secteurs avec la variabilité inter-station) entre les secteurs. On note que dans tous les cas significatifs, les points chauds sont plus contaminés que le secteur intermédiaire, lui-même plus contaminé que le secteur de comparaison.

	Points chauds		Intermédiaire		Comparaison
Al	9120		>		4677
As	2.95	>	2.00	≈	1.78
Li	7.24	≈	3.55	>	0.93
Mn	288		>		178

Tableau 1 : Différences significatives ($P < 0.05$) entre les secteurs.

Les valeurs sont en ppm.

Différence de contamination entre les points chauds

Les seules substances présentes de façon uniforme dans les points chauds sont l'arsenic et le zinc. Pour les autres, il existe des différences significatives ($p < 0.05$; ANOVA comparant les différences entre les points chauds avec la variabilité inter-station) dans les teneurs mesurées avec de façon générale, une contamination plus grande dans la strate A et plus faible dans les strates E, G, et H (Tableau 2). La comparaison des points chauds avec le secteur de comparaison (même tests statistiques) confirme que la strate A est plus contaminée que le milieu ambiant et révèle aussi que le lithium se retrouve en plus grande concentration dans les points d'impacts que dans le secteur de comparaison.

Lig > Col	A	B	C	D	E	F	G	H	Comparaison
A			Cd		Al, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mg, Ni, Pb	Co, Pb	Al, Co, Cr, Li, Mg, Mn, Ni, Pb	Al, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Li, Mg, Mn, Ni, Pb	Al, As, Co, Cr, Fe, Li, Mg, Mn, Ni
B							Pb	Cd	Li
C					Hg		Pb	Cd	Al, As, Li
D									Li
E		Se						Cd	Li, Se
F								Cd	Li
G								Cd	Li
H									Li
Comparaison									

Tableau 2 : Comparaisons une à une entre les points chauds et avec le secteur de comparaison. Les cellules énumèrent les métaux qui sont significativement plus abondants dans la ligne que dans la colonne.

Dépassement des seuils

Les seuils d'effets néfastes ne sont dépassés nulle part alors que les seuils d'effets mineurs ne sont dépassés que dans la strate A pour le chrome, le cuivre et le nickel (tests t de Student).

Variabilité de la contamination

La puissance des comparaisons présentées plus haut dépend de la variabilité de la contamination des échantillons. Le tableau 3 montre la variance des contaminants dans les secteurs et les points chauds. On note que celle-ci est beaucoup plus variable dans le secteur de comparaison pour l'arsenic, le cadmium, le cobalt, le cuivre, le mercure, le plomb et le zinc. Le lithium, par contre, est plus variable dans le secteur. Les points chauds entre eux ne sont pas plus variables que les échantillons qui en proviennent.

	Comparaison	Intermédiaire	Points chauds	
			inter	intra
Al	0.07	0.10	0.08	0.04
As	0.07	0.02	0.001	0.01
Cd	0.13	0.03	0.02	0.02
Co	0.23	0.06	0.06	0.05
Cr	0.14	0.08	0.09	0.06
Cu	0.27	0.09	0.11	0.16
Fe	0.08	0.03	0.04	0.04
Hg	0.19	0.10	0.01	0.01
Li	0.23	0.36	0.09	0.09
Mg	0.13	0.13	0.08	0.09
Mn	0.05	0.06	0.03	0.03
Ni	0.09	0.05	0.03	0.02
Pb	0.27	0.02	0.13	0.06
Se	0.09	0.08	0.02	0.04
Zn	0.10	0.03	0.01	0.03

Tableau 3 : Variance des contaminants (échelle $\log_{10}$) dans les secteurs. Pour les points chauds, la variance est divisée en deux composantes: entre les points chauds (inter) et à l'intérieur des points chauds (intra) estimées selon la méthode MINVQUE0 de SAS.

Données granulométriques

Les sédiments récoltés ne sont pas homogènes (tableau 4). Le point chaud A se distingue par des sédiments plus fins et plus organiques alors que les points chauds E, F et H qui sont plus sablonneux et moins organiques.

Strate	Surface des particules ¹ cm ² g ⁻¹	Carbone organique %	Sable %	Argiles %	Limon %
A	14024	0.74	30.71	50.11	19.17
B	9957	0.34	73.5	9.4	17.05
C	9887	0.5	63.12	17.3	19.56
D	10838	0.33	62.8	17.23	19.93
E	8665	0.13	88.13	5.56	6.24
F	8275	0.13	91.2	4.9	3.85
G	9365	0.16	78.51	3.83	17.68
H	9805	0.15	80.90	12.0	7.05
Intermédiaire	10463	0.26	71.07	12.8	16.11
Comparaison	9678	0.33	72.07	8.36	19.59

¹ Voir Annexe

Tableau 4 : Caractéristiques des sédiments dans les points chauds (A-H), la zone intermédiaire et la zone de comparaison.

Contaminants organiques

Le dosage des contaminants dans les sédiments du champ de tir a porté sur les BPC et sur les HAP. Les taux de détection sont très bas (Tableau 5). De plus, la répartition des valeurs détectées ne montre pas de relation entre l'exposition aux tirs et la contamination organique (Tableau 6).

Contaminant	Détection (%)
BPC	
Trichlorobiphényles	1.2
Tétrachlorobiphényles	4.8
Pentachlorobiphényles	4.8
Hexachlorobiphényles	4.8
Heptachlorobiphényles	0.0
Octachlorobiphényles	0.0
Nonachlorobiphényles	0.0
Décachlorobiphényle	0.0
BPC (au moins un)	4.8
HAP	
Naphtalène	2.4
2-méthylnaphtalène	1.2
1-méthylnaphtalène	0.0
Acénaphthylène	0.0
Acénaphène	0.0
Fluorène	3.6
Phénanthrène	23.8
Anthracène	6.0
Fluoranthène	34.5
Pyrène	34.5
Benzo(a)anthracène	17.9
Chrysène	22.6
Benzo(b,j,k)fluoranthène	27.4
Benzo(e)pyrène	14.3
Benzo(a)pyrène	16.7
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	9.5
Dibenzo(a,h)anthracène	0.0
Benzo(g,h,i)pérylène	9.5
HAP (au moins un)	38.1

Tableau 5 : Taux de détection des BPC et HAP dans l'ensemble des échantillons de l'étude.

Secteurs	Détection des BPC	Détection des HAP
A	0/11	6/11
B	0/2	2/2
C	0/5	3/5
D	0/4	2/4
E	0/7	1/7
F	0/4	0/4
G	0/8	1/8
H	0/9	0/9
Intermédiaire	0/17	8/17
Comparaison	4/17	9/17

Tableau 6 : Nombre d'échantillons avec détection des contaminants organiques selon les points chauds et les secteurs.

Annexe : La surface des particules

Des travaux (Schmid, 2000) montrent que la surface des particules sédimentaires par unité de poids varie avec le rayon des particules comme $R^{-0.33}$. La surface totale des particules d'un échantillon peut donc être estimée par :

$$S = (1 - P_{H_2O}) \sum_i P_{S_i} a R_i^{-0.33}$$

où P_{H_2O} est la proportion d'eau et P_{S_i} est la proportion de sédiments de taille i . La constante a vaut environ 4600 (Schmid, 2000) lorsque R est le rayon des particules exprimé en mm et S la surface en $\text{cm}^2 \text{ g}^{-1}$.

Référence

Schmid, P. E. (2000) Fractal properties of habitat and patch structure in benthic ecosystems. *Advances in Ecological Research* 30 : 339-401.

Annexe 11

**Rapport d'évaluation de la qualité
de la caractérisation chimique des
sédiments prélevés dans la portion
sud du lac Saint-Pierre**

Sylvie Roberge
Chimie de l'environnement

Centre Saint-Laurent
Conservation de l'environnement
Environnement Canada - Région du Québec

Préparé pour :

Environnement Canada
Direction de la Protection de l'environnement

1 Introduction

Cette étude de caractérisation a été entreprise à la demande de la Direction de la Protection de l'environnement (DPE). Elle s'inscrit dans le cadre d'une entente de collaboration entre Environnement Canada et la Défense Nationale afin d'évaluer la contamination des sédiments en provenance de la portion sud du Lac Saint-Pierre qui ont été prélevés entre le 29 mai et le 16 juin 2000.

Le présent rapport concerne l'évaluation de la qualité des résultats des paramètres inorganiques et des substances chimiques organiques dont les analyses ont été réalisées par Envirolab, Division de Roche ltée Groupe-conseil.

2 VOLET INORGANIQUE

2.1 Analyse demandées

Les analyses inorganiques demandées pour le projet sont regroupées au tableau 1.

Tableau 1
Liste des paramètres inorganiques demandés

Paramètre	Paramètre
Aluminium extractible total	Manganèse extractible total
Arsenic extractible total	Mercure total
Béryllium extractible total	Nickel extractible total
Cadmium extractible total	Plomb extractible total
Chrome extractible total	Sélénium extractible total
Cobalt extractible total	Tungstène extractible total
Cuivre extractible total	Zinc extractible total
Fer extractible total	Carbone organique total
Lithium extractible total	Humidité (%)
Magnésium extractible total	Granulométrie - sédimentométrie

2.2 Exigences de la qualité pour les paramètres inorganiques

Envirolab (incluant les deux laboratoires sous-contractants) a respecté toutes les exigences de qualité demandées au devis analytique. Ces exigences stipulent des critères pour l'étalonnage, la contamination, l'exactitude et la précision qui doivent être atteints lors du dosage des différents paramètres. Les critères rencontrés sont énumérés au tableau 2.

Tableau 2
Critères de performance exigés pour les analyses concernant
le contrôle de l'étalonnage, le contrôle de la contamination, l'exactitude et la précision

Paramètre de contrôle	Échantillons de contrôle	Critères
<i>Contrôle de l'étalonnage</i>		
Coefficient de corrélation	Solutions d'étalonnage	$r = \geq 0.995$
<i>Contrôle de la contamination</i>		
Concentration mesurée	Blanc de méthode	$\leq \text{LDM}$
<i>Exactitude</i>		
Écart	MRC	$\pm 20 \%$
Récupération	Échantillon enrichi	80 % - 120 %
<i>Précision</i>		
Différence relative ($D_{\text{dupl.}}$)	Duplicata	si $X_{\text{dupl.}} \leq 3 \text{ LDM}$ $\pm 100 \%$
		si $3 \text{ LDM} < X_{\text{dupl.}} \leq 20 \text{ LDM}$ $\pm 40 \%$
		si $X_{\text{dupl.}} > 20 \text{ LDM}$ $\pm 20 \%$

$X_{\text{dupl.}}$ Valeur moyenne des duplicatas

La précision calculée pour les paramètres inorganiques à partir des triplicatas fantômes préparés chez le consultant responsable de l'homogénéisation des sédiments, Labexcel, sont regroupés aux tableaux 3 à 6. Pour les paramètres inorganiques, on rencontre seulement une exigence non-respectée lors de l'analyse du magnésium (voir le tableau 4). Le coefficient de variation obtenu (21.1 %) diffère peu du critère exigé ($\leq 20 \%$) et les résultats sont considérés très satisfaisants.

Tableau 3
Précision des triplicatas A7, A10 et A11

Paramètre	Identification			Moyenne (mg/kg)	C.V. obtenu (%)	C.V. exigé (%)	Respect
	A7 (mg/kg)	A10 (mg/kg)	A11 (mg/kg)				
Aluminium	27000	28000	27000	27333	2.1	20	oui
Arsenic	3.6	3.5	3.3	3.5	4.4	20	oui
Béryllium	0.8	0.8	0.8	0.8	0	100	oui
Cadmium	0.09	0.09	0.09	0.09	0	100	oui
COT (%)	0.54	0.58	0.50	0.54	7.4	20	oui
Chrome	110	120	110	113	5.1	20	oui
Cobalt	24	24	25	24	2.4	40	oui
Cuivre	45	44	45	45	1.3	20	oui
Humidité (%)	20	39	38	32	33.1	n.a.	n.a.
Fer	47000	45000	46000	46000	2.2	20	oui
Lithium	22	23	23	23	2.5	40	oui
Magnésium	17000	17000	17000	17000	0	20	oui
Manganèse	590	530	530	550	6.3	20	oui
Mercure	0.07	0.06	0.04	0.06	27	40	oui
Nickel	65	65	66	65	0.9	20	oui
Plomb	10	10	6	9	26.6	40	oui
Sélénium	0.1	0.1	0.1	0.1	0	100	oui
Tungstène	1	1	1	1	0	100	oui
Zinc	93	95	95	94	1.2	20	oui

Tableau 4
Précision des triplicatas H6, H8 et H9

Paramètre	Identification			Moyenne (mg/kg)	C.V. obtenu (%)	C.V. exigé (%)	Respect
	H6 (mg/kg)	H8 (mg/kg)	H9 (mg/kg)				
Aluminium	3200	2500	3300	3000	14.5	20	oui
Arsenic	2.5	3	2.9	2.8	9.4	20	oui
Béryllium	0.8	0.8	0.8	0.8	0	100	oui
Cadmium	0.07	0.07	0.07	0.07	0	100	oui
COT (%)	0.14	0.15	0.14	0.14	4.0	20	oui
Chrome	10	10	11	10	5.6	40	oui
Cobalt	3	4	4	4	15.7	100	oui
Cuivre	1	2	2	2	34.6	100	oui
Humidité (%)	20	20	20	20	0	n.a.	n.a.
Fer	6400	6300	6300	6333	0.9	20	oui
Lithium	1	1	1	1	0	100	oui
Magnésium	1200	1700	1200	1367	21.1	20	non
Manganèse	110	110	100	107	5.4	20	oui
Mercure	0.03	0.03	0.03	0.03	0	100	oui
Nickel	15	15	16	15	3.8	40	oui
Plomb	2	2	2	2	0	100	oui
Sélénium	0.1	0.1	0.1	0.1	0	100	oui
Tungstène	1	1	1	1	0	100	oui
Zinc	27	27	28	27	2.1	20	oui

Pour l'analyse de la granulométrie-sédimentologie, il n'y a pas de LDM exigée pour les différentes classes granulométriques. Un C.V. de moyen de 40 % est considéré comme acceptable pour cette analyse impliquant des mesures gravimétriques et de densimétrie. Les résultats pour les échantillons fantômes sont regroupés aux tableaux 5 et 6. Au tableau 5, les C.V. obtenus pour le sable moyen et le sable fin sont peu différents du critère exigé et les résultats sont très satisfaisants. Pour le gravier, le C.V. de 81.6 % diffère beaucoup du critère moyen acceptable, mais il faut considérer qu'une faible variation de poids obtenue pour la fraction du gravier (> 2 mm) change d'une façon importante le pourcentage de la fraction, et augmente considérablement l'imprécision de l'analyse. Pratiquement, les analyses répétées (duplicata, triplicatas...) devraient toujours se faire sur la fraction analysée par densimétrie. Pour l'analyse des échantillons H6, H8 et H9, le C.V. obtenu (42.3 %) pour la fraction de l'argile diffère peu du critère moyen exigé et les résultats sont considérés très satisfaisants (voir tableau 6).

Tableau 5
Précision pour la granulométrie des échantillons A7, A10 et A11

Paramètre	Identification				C.V. obtenu (%)	C.V. moyen exigé (%)	Respect
	A7 (%)	A10-1 (%)	A10-2 (%)	A11 (%)			
Gravier	0.6	0.1	0.1	0.4	81.6	40	non
Sable très grossier	1.4	0.8	0.9	1.4	28.5	40	oui
Sable grossier	2.4	1.3	1.2	2.4	36.4	40	oui
Sable moyen	8.4	3.9	3.8	8.5	43.2	40	non
Sable fin	9.1	4.1	4.0	9.2	44.6	40	non
Sable très fin	5.0	4.6	8.0	6.3	25.7	40	oui
Limon	18.0	25.3	25.2	15.0	24.9	40	oui
Argile	54.3	59.9	56.9	56.9	4.0	40	oui

Note : L'échantillon A10 a été analysé en duplicata chez le consultant.

Tableau 6
Précision pour la granulométrie des échantillons H6, H8 et H9

Paramètre	Identification				C.V. obtenu (%)	C.V. moyen exigé (%)	Respect
	H6 (%)	H8 (%)	H9-1	H9-2 (%)			
Gravier	0.1	0.1	0.1	0.2	40	40	oui
Sable très grossier	2.2	1.9	2.2	1.9	8.4	40	oui
Sable grossier	4.1	3.7	4.1	3.7	5.9	40	oui
sable moyen	37.8	39.1	40	38.7	2.3	40	oui
Sable fin	43.2	43.8	43.7	44.3	1.0	40	oui
Sable très fin	7.7	7.5	6.8	7.6	5.5	40	oui
Limon	2.3	1.8	2.3	1.9	12.7	40	oui
Argile	2.6	2	0.8	1.7	42.3	40	non

Note : L'échantillon H9 a été analysé en duplicata chez le consultant.

Lors des travaux analytiques, le laboratoire a respecté et(ou) amélioré les limites de détection (LDM) exigées au devis. Le tableau 7 regroupe les LDM obtenues par le consultant.

Tableau 7
Limites de détection méthodologiques des paramètres inorganiques

Paramètre	LDM maximale permise (mg/kg)	LDM obtenue (mg/kg)
Aluminium total extractible	20	15
Arsenic total extractible	0.1	0.1
Béryllium total extractible	0.8	0.8
Cadmium total extractible	0.1	0.03
Chrome total extractible	4	2
Cobalt total extractible	10	2
Cuivre total extractible	5	1
Fer total extractible	10	5
Lithium total extractible	10	2
Magnésium total extractible	10	5
Manganèse total extractible	50	1
Mercure total	0.02	0.01
Nickel total extractible	4	1
Plomb total extractible	4	2
Sélénium total extractible	0.2	0.1
Tungstène total	10	1
Zinc total extractible	10	1
Carbone organique total	0.2 %	0.01 %
Humidité (%)	n.a.	n.a.
Granulométrie - sédimentologie	n.a.	n.a.

n.a. : ne s'applique pas

3 Volet organique

3.1 Analyses demandées

Les analyses demandées pour le projet sont regroupées au tableau 8.

Tableau 8
Substances chimiques organiques demandées

Paramètre
HAP (résultats individuels et sommation)
BPC congénères (résultats par groupes homologues et sommation)

3.2 Exigences de la qualité pour les substances chimiques organiques

Lors du dosage des BPC congénères et des HAP, Envirolab a rencontré toutes les exigences stipulées au devis de caractérisation. Le tableau 9 regroupe les critères de performance analytique pour l'étalonnage, la contamination, l'exactitude et la précision qui ont été atteints.

Tableau 9
Critères de performance exigés concernant le contrôle d'étalonnage, le contrôle de la contamination, l'exactitude et la précision.

Paramètre de contrôle	Echantillons de contrôle	Critère
<i>Contrôle de l'étalonnage</i>		
Coefficient de variations des facteurs de réponse relatifs	Solutions d'étalonnage	C.V. $\leq 15 \%$
Différence des facteurs de réponse	Solutions d'étalonnage	$D \pm 20 \%$
<i>Contrôle de la contamination</i>		
Concentration mesurée	Blanc de méthode	≤ 3 LDM
<i>Exactitude</i>		
Écart	MRC	$\pm 30 \%$
Récupération	Échantillon enrichi	50 - 120 %
	Composés analogues ou composés marqués par des isotopes	50 - 120 %
<i>Précision</i>		
Coefficient de variation	MR (ou MRC)	C.V. $\leq 30 \%$
	Composés analogues ou composés marqués par des isotopes	C.V. $\leq 30 \%$
Différence relative ($D_{\text{dupl.}}$)	Duplicata :	
	si $X_{\text{dupl.}} \leq 3$ LDM	$\pm 100 \%$
	si $3 \text{ LDM} < X_{\text{dupl.}} \leq 20 \text{ LDM}$	$\pm 40 \%$
	si $X_{\text{dupl.}} > 20 \text{ LDM}$	$\pm 20 \%$

$X_{\text{dupl.}}$: concentration moyenne des duplicatas

La précision calculée pour les échantillons fantômes pour les BPC congénères et les HAP sont regroupés aux tableaux 10 à 13. Les C.V. obtenus sont excellents et rencontrent les critères exigés au devis.

Tableau 10
Précision des triplicatas A7, A10 et A11 pour les BPC congénères

Paramètre	Identification			Moyenne (mg/kg)	C.V. obtenu (%)	C.V. exigé (%)	Respect
	A7 (mg/kg)	A10 (mg/kg)	A11 (mg/kg)				
Trichlorobiphényles	0.01	0.01	0.01	0.01	0	100	oui
Tétrachlorobiphényles	0.01	0.01	0.01	0.01	0	100	oui
Pentachlorobiphényles	0.01	0.01	0.01	0.01	0	100	oui
Hexachlorobiphényles	0.01	0.01	0.01	0.01	0	100	oui
Heptachlorobiphényles	0.01	0.01	0.01	0.01	0	100	oui
Octachlorobiphényles	0.01	0.01	0.01	0.01	0	100	oui
Nonachlorobiphényles	0.01	0.01	0.01	0.01	0	100	oui
Décachlorobiphényle	0.01	0.01	0.01	0.01	0	100	oui

Note : Résultats tous inférieurs à la LDM

Tableau 11
Précision des triplicatas H6, H8 et H9 pour les BPC congénères

Paramètre	Identification			Moyenne (mg/kg)	C.V. obtenu (%)	C.V. exigé (%)	Respect
	H6 (mg/kg)	H8 (mg/kg)	H9 (mg/kg)				
Trichlorobiphényles	0.01	0.01	0.01	0.01	0	100	oui
Tétrachlorobiphényles	0.01	0.01	0.01	0.01	0	100	oui
Pentachlorobiphényles	0.01	0.01	0.01	0.01	0	100	oui
Hexachlorobiphényles	0.01	0.01	0.01	0.01	0	100	oui
Heptachlorobiphényles	0.01	0.01	0.01	0.01	0	100	oui
Octachlorobiphényles	0.01	0.01	0.01	0.01	0	100	oui
Nonachlorobiphényles	0.01	0.01	0.01	0.01	0	100	oui
Décachlorobiphényle	0.01	0.01	0.01	0.01	0	100	oui

Note : Résultats tous inférieurs à la LDM

Tableau 12
Précision des triplicatas A7, A10 et A11 pour les HAP

Paramètre	Identification			Moyenne (mg/kg)	C.V. obtenu (%)	C.V. exigé (%)	Respect
	A7 (mg/kg)	A10 (mg/kg)	A11 (mg/kg)				
Naphtalène	0.01	0.01	0.01	0.01	0	100	oui
2-Méthylnaphtalène	0.01	0.01	0.01	0.01	0	100	oui
1-Méthylnaphtalène	0.01	0.01	0.01	0.01	0	100	oui
Acénaphthylène	0.01	0.01	0.01	0.01	0	100	oui
Acénaphène	0.01	0.01	0.01	0.01	0	100	oui
Fluorène	0.01	0.01	0.01	0.01	0	100	oui
Phénanthrène	0.01	0.01	0.01	0.01	0	100	oui
Anthracène	0.01	0.01	0.01	0.01	0	100	oui
Fluoranthène	0.01	0.01	0.01	0.01	0	100	oui
Pyrène	0.01	0.01	0.01	0.01	0	100	oui
Benzo(a)anthracène	0.01	0.01	0.01	0.01	0	100	oui
Chrysène	0.01	0.01	0.01	0.01	0	100	oui
Benzo(b+j+k)fluoranthènes	0.01	0.01	0.01	0.01	0	100	oui
Benzo(e)pyrène	0.01	0.01	0.01	0.01	0	100	oui
Benzo(a)pyrène	0.01	0.01	0.01	0.01	0	100	oui
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	0.01	0.01	0.01	0.01	0	100	oui
Dibenzo(a,h)anthracène	0.01	0.01	0.01	0.01	0	100	oui
Benzo(ghi)pérylène	0.01	0.01	0.01	0.01	0	100	oui

Note : Résultats tous inférieurs à la LDM

Tableau 13
Précision des triplicatas H6, H8 et H9 pour les HAP

Paramètre	Identification			Moyenne (mg/kg)	C.V. obtenu (%)	C.V. exigé (%)	Respect
	H6 (mg/kg)	H8 (mg/kg)	H9 (mg/kg)				
Naphtalène	0.01	0.01	0.01	0.01	0	100	oui
2-Méthylnaphtalène	0.01	0.01	0.01	0.01	0	100	oui
1-Méthylnaphtalène	0.01	0.01	0.01	0.01	0	100	oui
Acénaphtylène	0.01	0.01	0.01	0.01	0	100	oui
Acénaphène	0.01	0.01	0.01	0.01	0	100	oui
Fluorène	0.01	0.01	0.01	0.01	0	100	oui
Phénanthrène	0.01	0.01	0.01	0.01	0	100	oui
Anthracène	0.01	0.01	0.01	0.01	0	100	oui
Fluoranthène	0.01	0.01	0.01	0.01	0	100	oui
Pyrène	0.01	0.01	0.01	0.01	0	100	oui
Benzo(a)anthracène	0.01	0.01	0.01	0.01	0	100	oui
Chrysène	0.01	0.01	0.01	0.01	0	100	oui
Benzo(b+j+k)fluoranthènes	0.01	0.01	0.01	0.01	0	100	oui
Benzo(e)pyrène	0.01	0.01	0.01	0.01	0	100	oui
Benzo(a)pyrène	0.01	0.01	0.01	0.01	0	100	oui
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	0.01	0.01	0.01	0.01	0	100	oui
Dibenzo(a,h)anthracène	0.01	0.01	0.01	0.01	0	100	oui
Benzo(ghi)pérylène	0.01	0.01	0.01	0.01	0	100	oui

Note : Résultats tous inférieurs à la LDM

Lors des travaux analytiques, Envirolab a respecté dans la très grande majorité des cas les LDM exigées au devis 0.01 mg/kg pour les groupes homologues des BPC ou chacun des HAP. Pour les BPC congénères, la LDM exigée n'a pas été rencontrée lorsque le pourcentage d'humidité du sédiment est très important (~50 %). Le laboratoire obtient une LDM de 0.02 mg/kg, ce qui diffère peu du critère exigé et les résultats sont adéquats.

En ce qui concerne les HAP, la LDM exigée n'a pas été rencontrée lorsque que le sédiment contient des huiles et graisses. Ces contaminants diminuent la sensibilité de l'appareil et le laboratoire doit diluer l'extrait pour obtenir un chromatogramme sans bruit de fond. Cela implique une augmentation de la LDM lors de l'analyse des échantillons réels. L'écart entre la LDM exigée (0.01 mg/kg) et celle rapportée par le consultant (0.02 mg/kg) diffère peu du critère exigé au devis et les résultats sont considérés satisfaisants.

4 Conclusion

Un total de 84 échantillons ont été analysés par Envirolab lors de la caractérisation physico-chimique des sédiments de la portion sud du Lac Saint-Pierre. Envirolab a sous-contractés trois paramètres soit la granulométrie chez Technisol, le carbone organique total et le tungstène total chez COREM. Les résultats obtenus par Envirolab et ses deux sous-traitants rencontrent tous les objectifs de la qualité fixés au début du projet tant pour les paramètres inorganiques que pour les substances chimiques organiques.

Les critères non rencontrés sont les LDM rapportées pour quelques échantillons analysés pour les BPC congénères et les HAP. Ces dernières s'écartent peu de celles exigées (0.02 mg/kg versus 0.01 mg/kg) et ne devrait pas entraîner de conséquences dans l'interprétation des résultats.

La précision évaluée à partir des échantillons fantômes, préparés chez Labexcel, est excellente pour toutes les analyses demandées. Seul la précision calculée pour la fraction du gravier du triplicatas A7, A10 et A11 ne rencontre pas le critère moyen établi. Ceci peut s'expliquer par l'hétérogénéité du sédiment ce qui a un impact analytique non-négligeable sur toutes les fractions grossière du matériel à caractériser. Donc on peut affirmer que les travaux d'homogénéisation ont été effectués d'une façon adéquate pour l'ensemble des paramètres.