

Extrait du rapport de Dessau-Soprin:

Étude relative au dragage du port de Sorel-Tracy - Rapport final

Volet 1 - Bathymétrie et caractérisation des sédiments

Annexe 4: Rapport de Environnement Illimité



environnement
canada

**Annexe 4 Rapport de Environnement
Illimité**



environnement illimité inc.
consultants en écologie et environnement

*Rapport de terrain
Échantillonnage des sédiments
au Port de Sorel*

Présenté à : *Dessau-Soprin inc.*

Par : *Environnement Illimité inc.*

Décembre 2000

1 INTRODUCTION

Dans le cadre des activités reliées au dragage d'urgence et au projet de développement du port de Sorel, une étude de caractérisation des sédiments devait être réalisée afin de valider les scénarios dans lesquels les sédiments dragués doivent éventuellement être ramenés sur la terre ferme pour être traités ou enfouis.

La campagne d'échantillonnage visait la collecte d'échantillons non remaniés afin d'obtenir des échantillons représentatifs sur la totalité de l'épaisseur du dépôt à draguer. La préservation de l'intégrité des échantillons était importante afin d'obtenir des résultats d'analyses représentatifs.

Compte tenu des objectifs de la campagne d'échantillonnage et des objectifs de qualité des données, une approche hybride de carottage manuel en plongée et à vibrations a été appliquée. Le niveau d'effort des deux techniques dépendait de la nature du substrat (compacité, présence de débris, granulométrie) et des conditions de terrain (courant, trafic maritime, présence de débris, etc.). Dans l'ensemble, la technique d'échantillonnage a permis de recueillir des sédiments sur toute l'épaisseur d'excavation afin de caractériser l'ensemble du dépôt.

Le carottage manuel en plongée permet l'utilisation d'un carottier de large diamètre dont les caractéristiques permettent de réduire les artéfacts de carottage au minimum (Carignan et Lorrain, 1993 ; Håkanson and Jansson, 1983 ; Blomqvist, 1990 ; USEPA-USACE, 1998). Son utilisation est néanmoins limitée à des épaisseurs relativement faibles et à des dépôts de sédiments mous. L'utilisation du carottier à vibrations visait la collecte d'échantillons aux sites où l'épaisseur était trop importante pour être échantillonner manuellement en plongée. Ce type de carottier permet généralement la collecte de sédiments jusqu'à de grandes épaisseurs selon la nature du substrat (Mudroch et McKnight, 1994).

La zone d'étude comprend deux tronçons qui correspondent à la zone d'étude initiale et à l'ajout qui fut subséquemment demandé. La zone aval englobe le secteur des quais 14 à 19 et s'étend sur une distance d'environ 500 m au large. La zone amont est située entre le pont

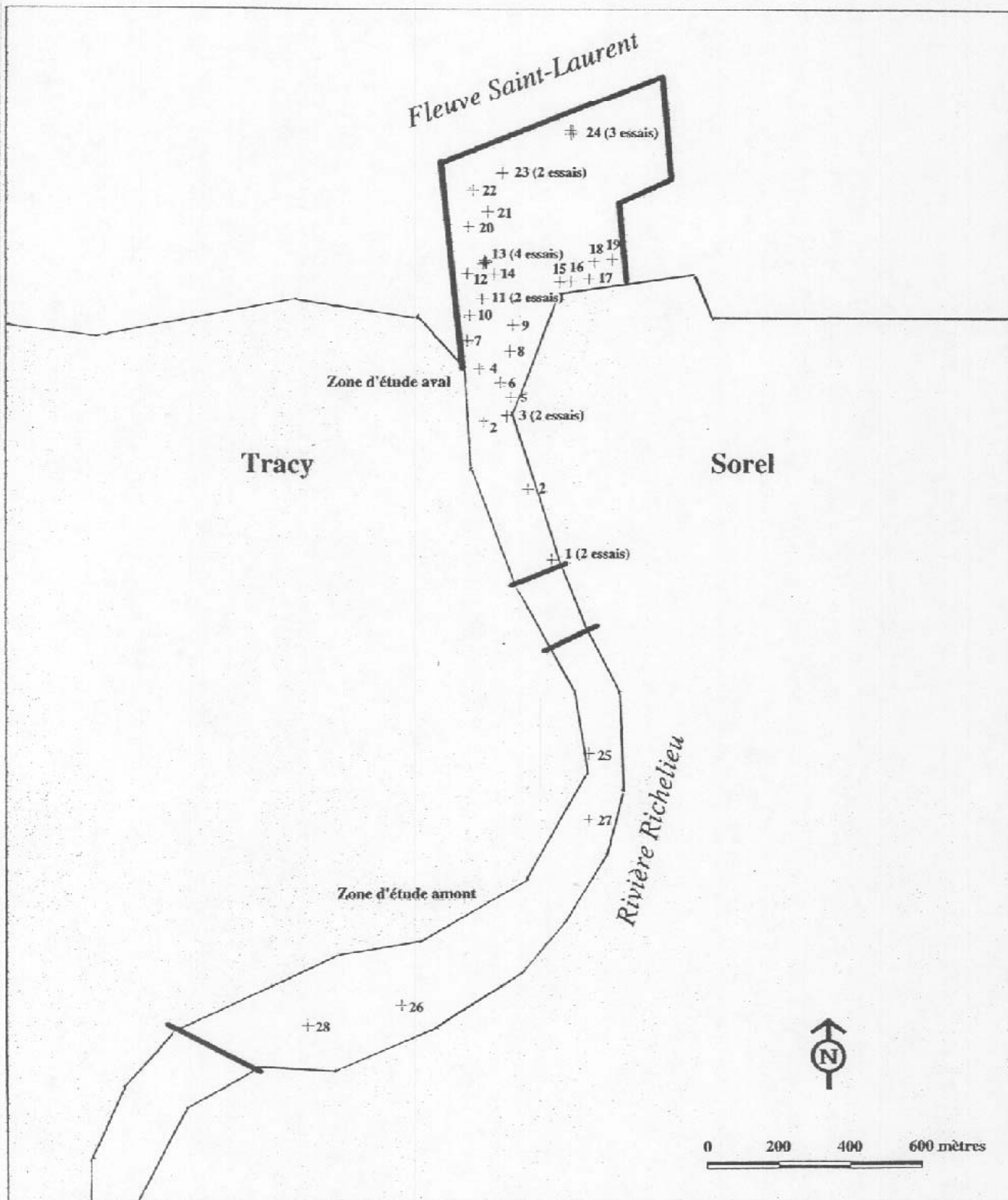
Turcotte et le pont de l'autoroute 30 et correspond à un tronçon d'environ 1 800 m de longueur (figure 1).

En fonction de la superficie et du volume à draguer, le nombre de stations à échantillonner était fixé à 24 dans la zone d'étude située à l'embouchure et à quatre stations dans la portion amont pour un total de 28 stations. Compte tenu de la bathymétrie actuelle et de la profondeur d'excavation, l'épaisseur des sédiments à échantillonner variait de 0,5 m à 5,0 m. Les caractéristiques des prélèvements aux stations prévues sont présentées au tableau 1.

Les travaux d'échantillonnage ont été réalisés sous la gouverne de la firme Environnement Illimité inc. (Montréal, Québec) qui s'occupait également de l'échantillonnage en plongée. Le carottier à vibrations et l'équipe d'opérateurs ont été fournis par la firme MPI Drilling Ltd. (Picton, Ontario).

La méthodologie utilisée et le sommaire des activités d'échantillonnage sont présentés dans les sections qui suivent.

Figure 1: Localisation des stations d'échantillonnage pour l'ensemble de la zone d'étude



Note: L'identification et les coordonnées des stations sont présentées au tableau 2.
 Les points superposés indiquent les différents essais réalisés à certaines stations.

Tableau 1 : Caractéristiques des stations d'échantillonnage prévues

Station	Profondeur actuelle (m)	Profondeur après dragage (m)	Épaisseur des sédiments à prélever (m)	Méthode de prélèvement prévue
SE-1	-5	-6	1	Carottage manuel
SE-2	-4,7	-6	1,3	À déterminer en chantier
SE-3	-8,6	-10,5	1,9	Carottage à vibrations
SE-4	-7,8	-9	1,2	À déterminer en chantier
SE-5	-6,5	-11,5	5	Carottage à vibrations
SE-6	-10,5	-11,5	1	Carottage manuel
SE-7	-8,5	-9	0,5	Carottage manuel
SE-8	-10,8	-11,5	0,7	Carottage manuel
SE-9	-10,8	-11,5	0,7	Carottage manuel
SE-10	-7,8	-11,5	3,7	Carottage à vibrations
SE-11	-9,9	-11,5	1,6	Carottage à vibrations
SE-12	-8,1	-11,5	3,4	Carottage à vibrations
SE-13	-8,5	-11,5	3	Carottage à vibrations
SE-14	-9,8	-11,5	1,7	Carottage à vibrations
SE-15	-7,3	-9,5	2,2	Carottage à vibrations
SE-16	-6,9	-9,5	2,6	Carottage à vibrations
SE-17	-6,8	-9,5	2,7	Carottage à vibrations
SE-18	-7,4	-9,5	2,1	Carottage à vibrations
SE-19	-7,5	-9,5	2	Carottage à vibrations
SE-20	-9,8	-11,5	1,7	Carottage à vibrations
SE-21	-10,8	-11,5	0,7	Carottage manuel
SE-22	-9,9	-11,5	1,6	Carottage à vibrations
SE-23	-10,9	-11,5	0,6	Carottage manuel
SE-24	-11,1	-11,5	0,4	Carottage manuel
SE-25	-6,0	-4,0	2,0	Carottage à vibrations
SE-26	-6,0	-5,0	1,0	Carottage à vibrations
SE-27	-6,0	-4,0	2,0	Carottage à vibrations
SE-28	-6,0	-4,5	1,5	Carottage à vibrations

2 MÉTHODOLOGIE

Plan d'échantillonnage

Le plan d'échantillonnage des sédiments a été établi en conformité avec les approches proposées par Environnement Canada dans le cas des projets de dragage. Le nombre de stations a été défini en fonction du volume à draguer selon la charte d'Atkinson (Environnement Canada, 1994). La localisation des stations a été établie de manière aléatoire sur une grille régulière dont le maillage était de 25 m par 25 m.

A priori, huit stations devaient être échantillonnées en plongée (carottes de 0 à 1 m), deux stations par l'une ou l'autre des méthodes (selon les conditions rencontrées) et 18 stations par le carottier à vibrations (tableau 1). Au total, neuf stations ont été visitées en plongée et 22 stations furent visitées au carottier à vibrations (figure 1).

Positionnement

Le positionnement des stations a été effectué à l'aide d'un système de positionnement par satellite (GPS) sans correction différentielle depuis l'abolition du brouillage du signal des satellites au mois de mai 2000.

La position recherchée du site d'échantillonnage, une fois localisée au GPS, a été identifiée à l'aide d'une bouée. Par la suite, l'embarcation était ancrée de manière à s'approcher le plus près possible du point d'échantillonnage. La profondeur du site d'échantillonnage était ensuite vérifiée pour valider la position avec les données bathymétriques récentes. La position finale du site d'échantillonnage était alors enregistrée (tableau 2). Les coordonnées ont été enregistrées dans le système longitude/latitude (degrés minute) en utilisant la géoïde de référence WGS 84.

Tableau 2 : Sommaire des activités d'échantillonnage

Station	Coordonnées		Profondeur (m)	Longueur carotte (m)	Pénétration/ longueur (m)	Date de collecte	Méthode	Commentaires
	Latitude	Longitude						
SE-1	46 2.543	73 7.071	5,0	n.a.	0,00	5 Oct	P	Tube butyrate. Débris, blocs de ciment, tronc d'arbres, etc. Environnement trop risqué pour le plongeur.
SE-1	46 2.541	73 7.069	7,6	2,29	4,42	22 Oct	CV	Tube NQ nettoyé, nouvel emplacement. Sable et débris divers sur limon compact.
SE-2	46 2.648	73 7.121	5,0	0,10	0,10	5 Oct	P	Matériaux de remblayage (graviers à cailloux angulaires). Un échantillon de surface a été récupéré par le plongeur.
SE-2	46 2.750	73 7.215	10,1	5,21	6,88	22 Oct	CV	Tube NQ nettoyé. La station SE-2 a été déplacée au quai 19. Limon sableux compact. Quelques débris en surface.
SE-3	46 2.757	73 7.167	9,5	0,49	10,60	22 Oct	CV	Tube NQ nettoyé. Sable et gravier sur limon sableux compact, bouchon formé lors de la pénétration.
SE-3A	46 2.759	73 7.166	9,5	5,69	6,73	22 Oct	CV	Tube NQ nettoyé. Nouvel essai.. Limon sableux compact.
SE-4	46 2.825	73 7.241	9,5	n.a.	0,00	6 Oct	P	Substrat dur, cailloux et sable sur limon argilo-sableux compact, débris métalliques. Substrat trop dur, pas de récupération au carottier manuel.
SE-4A	46 2.831	73 7.225	12,5	1,2	2,67	20 Oct	CV	Tube HQ avec enveloppe de polyéthylène et « core catcher » maison. Station légèrement déplacée vers le large et vers l'amont. Limon argileux compact et laminations sableuses intercalées.

Note : p carottage manuel en plongée
 cv carottage à vibrations

Tableau 2 : Sommaire des activités d'échantillonnage (suite)

Station	Coordonnées		Profondeur (m)	Longueur carotte (m)	Pénétration/ longueur (m)	Date de collecte	Méthode	Commentaires
	Latitude	Longitude						
SE-5	46 2.786	73 7.158	7,0	5,33	7,09	18 Oct	CV	Tube NQ, mauvaise récolte de la première section (1,5 m). Stratigraphie mixte d'horizons sableux de granulométrie différente intercalée d'horizons limoneux.
SE-6	46 2.809	73 7.180	11,0	0,87	0,87	6 Oct	P	Tube butyrate. Sable grossier avec horizon de charbon, boulettes de fer, scories et débris coquillers.
SE-7	46 2.873	73 7.251	8,5	0,62	0,65	6 Oct	P	Tube butyrate. Sable fin sur limon argileux, débris métalliques, fibres végétales orientées.
SE-8	46 2.857	73 7.160	11,0	0,55	0,60	6 Oct	P	Tube butyrate. Stratigraphie mixte d'horizons sableux de granulométrie différente intercalée d'horizons limoneux. Débris végétaux orientés, scorie.
SE-9	46 2.896	73 7.153	10,8	0,65	0,65	6 Oct	P	Tube butyrate. Sable grossier à fin et horizon limoneux, fibres végétales abondantes avec le limon.
SE-10	46 2.911	73 7.246	7,9	3,70	8,08	21 Oct	CV	Tube NQ nettoyé. Matériel mou sur sable sous-jacent, bouchon possiblement formé.
SE-11	46 2.936	73 7.219	10,7	1,00	5,60	22 Oct	CV	Tube NQ nettoyé. Formation d'un bouchon lors de la pénétration.
SE-11A	46 2.936	73 7.220	10,4	4,88	6,55	22 Oct	CV	Tube NQ nettoyé, nouvel essai. Sable fin à sable limoneux.

Note : p carottage manuel en plongée
 cv carottage à vibrations

Tableau 2 : Sommaire des activités d'échantillonnage (suite)

Station	Coordonnées		Profondeur (m)	Longueur carotte (m)	Pénétration/ longueur (m)	Date de collecte	Méthode	Commentaires
	Latitude	Longitude						
SE-12	46 2.975	73 7.251	9,5	5,18	7,21	21 Oct	CV	Tube NQ nettoyé. Stratigraphie mixte de sable moyen à sable fin avec horizon limoneux .
SE-13	46 2.991	73 7.210	9,1	1,42	3,65	20 Oct	CV	Tube HQ avec enveloppe de polyéthylène et « core catcher » maison.
SE-13A	46 2.992	73 7.212	8,8	0,50	3,35	20 Oct	CV	Tube HQ avec enveloppe de polyéthylène et « core catcher » maison, nouvel essai.
SE-13B	46 2.995	73 7.214	9,1	0,84	3,63	20 Oct	CV	Tube HQ avec enveloppe de polyéthylène et « core catcher » maison, nouvel essai.
SE-13C	46 2.989	73 7.217	10,0	5,18	6,81	21 Oct	CV	Tube NQ nettoyé. Nouvel essai. Sable fin avec horizons de gravier et de limon.
SE-14	46 2.974	73 7.193	10,2	1,70	3,05	20 Oct	CV	Tube HQ avec enveloppe de polyéthylène et « core catcher » maison. Sable fin sur limon argileux compact.
SE-15	46 2.962	73 7.051	7,9	2,20	3,20	19 Oct	CV	Tube PVC, enveloppe de polyéthylène. Limon sableux et débris végétaux.
SE-16	46 2.963	73 7.028	7,3	2,60	3,20	19 Oct	CV	Tube PVC, enveloppe de polyéthylène. Limon sableux et débris végétaux.

Note : p carottage manuel en plongée
 cv carottage à vibrations

Tableau 2 : Sommaire des activités d'échantillonnage (suite)

Station	Coordonnées		Profondeur (m)	Longueur carotte (m)	Pénétration/ longueur (m)	Date de collecte	Méthode	Commentaires
	Latitude	Longitude						
SE-17	46 2.966	73 6.988	7,6	2,44	2,70	18 Oct	CV	Tube PVC, enveloppe de polyéthylène. Limon sableux et débris végétaux.
SE-18	46 2.993	73 6.978	7,7	1,84	3,65	19 Oct	CV	Tube PVC, enveloppe de polyéthylène. Limon sableux à sable limoneux.
SE-19	46 2.996	73 6.939	7,9	2,84	3,12	19 Oct	CV	Tube PVC, enveloppe de polyéthylène. Limon sableux sur sable fin et débris végétaux.
SE-20	46 3.046	73 7.249	10,0	4,27	6,02	22 Oct	CV	Tube NQ nettoyé. Sable moyen sur horizon de limon sableux.
SE-21	46 3.068	73 7.208	10,6	0,44	0,59	6 Oct	P	Tube butyrate. Sable, avec horizon de charbon sur limon sableux compact.
SE-22	46 3.101	73 7.239	10,4	5,11	6,17	21 Oct	CV	Tube NQ nettoyé, bouchon possiblement formé pour le dernier 1,5 m de pénétration. Sable avec débris de charbon sur limon sableux.
SE-23	46 3.128	73 7.175	11,6	0,33	4,19	21 Oct	CV	Tube NQ nettoyé. Récupération insuffisante, bouchon probablement formé lors de la pénétration.
SE-23A	46 3.126	73 7.176	11,3	5,08	5,77	21 Oct	CV	Tube NQ nettoyé, nouvel essai. La station devait être initialement visitée en plongée, mais les conditions, semblables à la station SE-24, n'auraient pas permis de récupération. Mince horizon de gravier sur limon argileux compact.

Note : p carottage manuel en plongée
 cv carottage à vibrations

Tableau 2 : Sommaire des activités d'échantillonnage (suite)

Station	Coordonnées		Profondeur (m)	Longueur carotte (m)	Pénétration/ longueur (m)	Date de collecte	Méthode	Commentaires
	Latitude	Longitude						
SE-24	46 3.188	73 7.023	11,5	n.a.	0,55	5 Oct	P	Tube butyrate. Gravier grossier (environ 10 cm) sur limon sableux compact compact, perte de l'échantillon lors de la récupération (trop grande succion).
SE-24A	46 3.185	73 7.028	11,4	n.a.	0,00	6 Oct	P	Tube butyrate. Nouvel essai en plongée. Gravier grossier (environ 10 cm) sur limon sableux compact compact, présence d'un gros bloc erratique (> 1,5 m de dia.). Le courant est trop fort pour le plongeur.
SE-24B	46 3.191	73 7.029	11,5	0,61	0,61	17 Oct	CV	Tube PVC, enveloppe de polyéthylène. Le tube PVC a été brisé à cause du courant fort. Sable grossier sur limon argileux compact.
SE-25	46 2.243	73 7.012	5,3	7,67	13,75	16 Nov	CV	Tube NQ nettoyé. Sable intercalé d'horizons limoneux avec débris végétaux. Scories.
SE-26	46 2.143	73 7.012	6,3	6,00	11,00	16 Nov	CV	Tube NQ nettoyé. Sable dominant avec laminations limoneuses et présence de charbon.
SE-27	46 1.864	73 7.417	2,1	11,50	16,92	16 Nov	CV	Tube NQ nettoyé. Sable dominant et laminations limoneuses.
SE-28	46 1.834	73 7.621	3,7	12,33	17,33	16 Nov	CV	Tube NQ nettoyé. Sable et débris végétaux.

Note : p carottage manuel en plongée
 cv carottage à vibrations

Sommaire des activités

La campagne d'échantillonnage s'est déroulée en deux temps. Elle a débuté par la visite des stations de carottage en plongée qui a été réalisée du 5 au 6 octobre 2000. Par la suite, l'échantillonnage au carottier à vibrations a suivi du 18 au 22 octobre 2000. L'échantillonnage des stations 25 à 28, dans la partie amont de la zone d'étude, s'est déroulée le 16 novembre 2000 à l'aide du carottier à vibrations uniquement.

Les caractéristiques des carottes en ce qui a trait à la pénétration du carottier et à la longueur de l'échantillon sont présentées au tableau 2.

Échantillonnage au carottier manuel

Le carottage manuel en plongée s'est fait à l'aide d'un carottier de butyrate de 125 mm (dia. ext.), de longueurs différentes selon les caractéristiques recherchées de l'échantillon. L'extrémité supérieure du tube a été fermée hermétiquement par le plongeur à l'aide d'un bouchon en polyéthylène haute densité (HDPE) ayant un joint torique compressible. La partie inférieure du carottier a été fermée avec un simple bouchon en polyéthylène basse densité. Une fois à la surface, le bouchon inférieur était scellé avec du ruban gommant (« duct tape »).

Dans la zone d'étude, l'entraînement des sédiments causé par la friction avec les parois du carottier a varié entre trois et cinq centimètres, sauf à la station SE-21 où il était de 15 cm (tableau 2). La présence d'un horizon de charbon a possiblement affecté la performance de l'échantillonnage à ce site.

Un échantillon a pu être recueilli à six des neufs stations visitées (tableau 2) :

- À la station SE-1, les conditions du milieu n'étaient pas sécuritaires pour le plongeur. Par ailleurs, la présence de gros blocs de ciment et de différents débris ne favorisait pas la récolte d'un échantillon. La station a donc été déplacée pour être échantillonnée au carottier à vibrations.

- À la station SE-2, le substrat était composé de déblais grossiers et angulaires¹ qui n'ont pas permis de récolter une carotte en plongée. Un échantillon de surface a néanmoins été pris par le plongeur. Subséquemment, la station SE-2 a été déplacée à l'amont du quai 19 et échantillonnée au carottier à vibrations.
- À la station SE-4, initialement située à proximité du quai 19, le substrat s'est avéré trop dur pour être échantillonné efficacement en plongée. La station a donc été déplacée plus au large et échantillonnée au carottier à vibrations.
- À la station SE-24, le substrat est constitué d'un limon argileux compact recouvert d'une mince couche de sable et gravier grossier. Lors d'une première tentative, le plongeur a pu faire pénétrer le carottier sur une épaisseur de 55 cm, mais l'échantillon n'a pu être récupéré². Par ailleurs, les opérations d'échantillonnage ont été gênées par les manœuvres d'appareillage d'un navire au quai 15. Un second essai a été entrepris, mais le courant trop fort n'a pas permis au plongeur de travailler efficacement, même à l'abri d'un gros bloc erratique. La station a donc été reprise au carottier à vibrations.

Les carottes obtenues en plongée ont été sous-échantillonnées le 7 octobre 2000. L'extrusion des carottes a été effectuée à l'horizontale sur une surface en acier inoxydable préalablement nettoyée.

Carottage à vibrations

Un carottier à vibrations de marque Meta-Probe a été utilisé. Le carottier était monté sur une remorque qui a été installée sur la barge motorisée de 14 m de longueur. Le carottage a été effectué à travers une ouverture centrale. L'opération du système utilise un train de tige qui est inséré dans les sédiments alors que le moteur générant les vibrations demeure en surface. Le principe de fonctionnement est relativement simple ; la vibration (200 kKz) est transmise au train de tige, ce qui entraîne le déplacement d'un mince anneau de matériel sédimentaire correspondant à l'épaisseur du tube dans le volume interstitiel du dépôt autour du carottier, facilitant ainsi la pénétration.

Initialement, les sédiments devaient être récoltés à l'aide d'un tube en PVC de 89 mm (dia. ext.) à l'intérieur duquel une enveloppe en polyéthylène était insérée. Cette approche n'a pu

1 Apparemment, ce dépôt a été mis en place afin de stabiliser les parois du quai 13 (Fernand Roy, James Richardson International, communication personnelle, 6 octobre 2000).

2 La succion lors de la récupération était telle que la potence de l'embarcation s'est brisée.

être appliquée qu'à six stations (tableau 2). Le bris du tube de PVC à cause du courant (station SE-24) ne permettait plus d'atteindre les profondeurs requises. Par ailleurs, la perte du système de retenue (« core catcher ») a nécessité son remplacement par un système maison qui entraînait souvent la formation d'un bouchon qui limitait la longueur des échantillons malgré une pénétration adéquate.

L'approche a donc été modifiée en utilisant des tubes en acier HQ (96 mm dia. ext.) et NQ (75,7 mm dia. ext.). Le tube HQ permettait l'insertion d'une enveloppe intérieure de polyéthylène, mais le système ne s'est pas avéré suffisamment performant pour rencontrer les objectifs d'échantillonnage³. Par conséquent, l'équipe de terrain a préféré l'utilisation des tubes en acier de diamètre NQ, sans enveloppe.

Avant chaque utilisation, les tubes NQ étaient préalablement nettoyés à l'eau savonneuse et rincés avec l'eau du site avant d'être conditionnés avec un rinçage d'eau distillée, d'acétone et d'hexane. Un blanc de terrain (rinçage à l'eau distillée) a été récolté afin de vérifier s'il pouvait y avoir un problème de contamination de l'échantillon. Les sédiments récoltés étaient ensuite transférés dans les enveloppes de polyéthylène, soit par extrusion ou en faisant vibrer le tube lorsque le matériel était trop compact.

L'utilisation des tubes NQ sans système de retenue a nécessité une pénétration plus importante que la longueur d'échantillon requise pour s'assurer de récupérer des échantillons de longueurs suffisantes. Dans l'ensemble, le rapport pénétration/longueur de la carotte a varié entre 1,14 et 30. Partout où le rapport pénétration/longueur de la carotte a été supérieur à six, un nouvel essai a été refait pour s'assurer d'obtenir la longueur minimum d'échantillon pour caractériser la totalité de l'épaisseur du dépôt sédimentaire (tableau 2).

Les carottes obtenues au carottier à vibrations ont été sous-échantillonnées au fur et à mesure de la cueillette. Le sous-échantillonnage a été fait en sectionnant longitudinalement les enveloppes de polyéthylène.

3 Dans certains cas, l'enveloppe interne s'est retrouvée écrasée par du matériel qui s'était insinué entre le tube d'acier et l'enveloppe. Par ailleurs, même en corrigeant ce problème, il semble que l'enveloppe interne ne vibre pas suffisamment à cause de l'espace entre celle-ci et le tube d'acier, pour permettre une récolte efficace d'échantillon, malgré une pénétration plus qu'adéquate.

3 RÉFÉRENCES

- Environnement Canada. 1994. Document d'orientation sur le prélèvement et la préparation de sédiments en vue de leur caractérisation physico-chimique et d'essais biologiques. Série de la Protection de l'environnement, SPE 1/RM/29, Direction générale du développement technologique, Ottawa.
- Blomqvist, S. 1990. Sampling performance of Ekman grabs- in situ observations and design improvements. *Hydrobiologia* 206, pp 245-254.
- Carignan, R., Lorrain S. 1993. Sediment dynamics in the fluvial lakes of the St.Lawrence River. Accumulation rates and residence time of mobile sediments. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* (soumis et accepté pour publication).
- Håkanson, L. et Jansson M. 1983. *Principles of Lake Sedimentology*. Springer-Verlag, New York.
- Mudroch, A. et S.D. MacKnight. 1991. Bottom sediment sampling. In: *CRC handbook of techniques for aquatic sediments sampling*. A. Mudroch et S.D. MacKnight CRC Press, Boca Raton, FL. 210
- USEPA-USACE. 1998. Evaluation of dredged material proposed for discharge in waters of the United States - testing manual. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, and U.S. Army Engineers, Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.