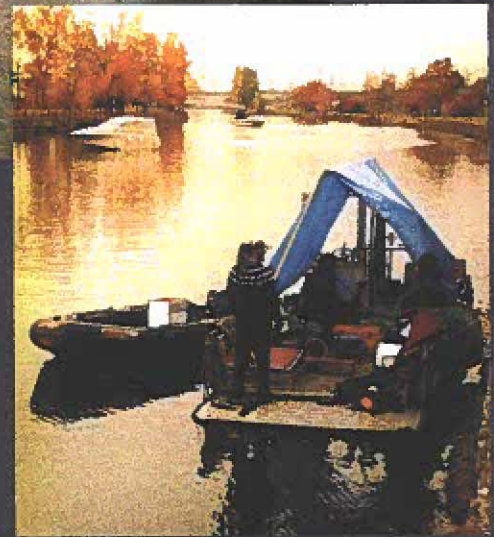


# Canal de Lachine

## Étude des effets de la navigation de plaisance sur la remise en suspension des sédiments

### Rapport technique





**environnement illimité inc.**  
consultants en écologie et environnement

**« Étude des effets de la navigation de plaisance sur la remise  
en suspension des sédiments dans le Canal-de-Lachine »**

**Rapport technique**

**Présenté à :** Agence Parcs Canada  
Canal-de-Lachine

**Par :** Service d'Études Sédimentologiques  
Division de Environnement Illimité inc

**Mai 1999**

## - SOMMAIRE -

### Titre (pour fin de citation) :

Lorrain S. Étude des effets de la navigation de plaisance sur la remise en suspension des sédiments dans le Canal-de-Lachine. Service d'Études Sédimentologiques. Rapport technique présenté à l'Agence Parcs Canada, Canal-de-Lachine. Mai 1999.

### Résumé :

Dans le cadre du projet de réouverture du Canal-de-Lachine à la navigation de plaisance, une étude théorique sur l'effet du passage d'embarcations avait été réalisée. Afin de vérifier les conclusions du rapport, une étude *in situ* a été élaborée pour décrire l'effet du passage d'embarcations sur la stabilité des sédiments. Une approche de mesures semi-quantitatives, visant à identifier les conditions limites de l'occurrence du phénomène de remise en suspension, fut appliquée pour identifier les effets potentiels de la navigation de plaisance pour des conditions normales. Différents scénarios furent donc testés à trois sites choisis en fonction de la représentativité globale de leurs caractéristiques quant à la nature des sédiments et de la bathymétrie.

Ainsi, il fut démontré qu'il n'y avait aucune remise en suspension à l'intérieur des limites de vitesses considérées comme étant des conditions de navigation normales. Par contre, à 15 km/h, les embarcations provoquent un remuement de la colonne d'eau qui résulte en la remise en suspension des sédiments superficiels. La dispersion du matériel remanié est de courte durée et n'affecterait qu'une mince tranche de la colonne d'eau d'au plus 1 m. Par ailleurs, le passage des embarcations à cette vitesse, peu importe le scénario considéré, provoque un patron de vagues représentant des conditions potentiellement hasardeuses pour la sécurité et le confort des autres usagers ainsi qu'un batillage qui pourraient affecter les structures du canal à long terme.

Par conséquent, il semble que pour la majeure partie du Canal-de-Lachine, le passage d'embarcations à l'intérieur de conditions de navigation normales ( $\leq 10$  km/h) ne provoque pas la remise en suspension des sédiments. Néanmoins, un programme de suivi devrait être instauré dans un cadre de gestion de la navigation, afin de vérifier la justesse de cette conclusion dans les conditions réelles d'opération et d'adapter les règles de navigation en conséquences.

# ÉQUIPE DE TRAVAIL

---

## Parcs Canada

<b>Chargé de projet</b>	François Granger, M.Sc.
Spécialiste en évaluation environnementale	Denis Veillette, Ing. f.
Conseiller (Travaux Publics)	Yves Lavergne, M.Sc.

---

## Service d'Études Sédimentologiques/Environnement Illimité inc.

<b>Directeur général</b>	Michel Couillard, M.B.A.
<b>Chargé de projet</b>	Stéphane Lorrain, M.Sc.
<b>Équipe de terrain</b>	Stéphane Lorrain Steve Chevarie Cédric Champagne Jean-Michel Gagnon Michel Couillard
<b>Cartographie (<i>Carto-Média</i>)</b>	Huguette Léonard
<b>Dactylographie et mise en page</b> ( <i>En Toutes Lettres</i> )	Lise Blais

---

# TABLE DES MATIÈRES

---

ÉQUIPE DE TRAVAIL.....	iii
LISTE DES FIGURES.....	vi
LISTE DES TABLEAUX.....	vii
<b>1 INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
<b>2 DESCRIPTION DE LA ZONE D'ÉTUDE.....</b>	<b>2</b>
<b>3 MÉTHODOLOGIE.....</b>	<b>3</b>
3.1 CADRE EXPÉRIMENTAL GÉNÉRAL.....	3
3.2 APPROCHE SPÉCIFIQUE.....	5
3.2.1 Reconnaissance.....	5
3.2.2 Choix des sites.....	6
3.2.2.1 Bathymétrie.....	6
3.2.2.2 Caractéristiques bio-géophysiques.....	6
3.2.3 Instrumentation.....	9
3.2.4 Échantillonnage.....	12
3.2.5 Considérations opérationnelles.....	13
3.2.6 Embarcations.....	13
3.2.6 Scénarios.....	14
<b>4 RÉSULTATS.....</b>	<b>15</b>
4.1 SOMMAIRE DES ACTIVITÉS.....	15
4.1.1 Reconnaissance.....	15
4.1.2 Essais.....	16
4.2 DESCRIPTION DES CONDITIONS NATURELLES.....	20
4.2.1 Transmissivité.....	20
4.2.2 Courant.....	22
4.3 DESCRIPTION DES ESSAIS.....	22
4.3.1 Cause des perturbations de l'écoulement.....	22
4.3.2 Classification et sélection des essais.....	23
4.3.3 Essais.....	25
Bassin n°4 – Site A.....	25
Bassin n°3 – Site B.....	31

Bassin n°4 - Site C .....	35
Échantillonnage de la matière en suspension .....	40
<b>5 DISCUSSION .....</b>	<b>41</b>
<b>CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS.....</b>	<b>43</b>
<b>RÉFÉRENCE.....</b>	<b>45</b>
<b>ANNEXES</b>	
RÉPERTOIRE PHOTOGRAPHIQUE	
SÉRIE TEMPORELLE DES DONNÉES PHYSIQUES ENREGISTRÉES DURANT LES ESSAIS	
DOCUMENT VIDÉO	
RÉSULTATS ANALYTIQUES	

# LISTE DES FIGURES

---

FIGURE 1	LOCALISATION ET CONFIGURATION DES SITES D'ESSAIS.....	7
FIGURE 2	REPRÉSENTATIONS SCHÉMATIQUES DES RÉPONSES DU TRANSMISSOMÈTRE.....	11
FIGURE 3	CONDITIONS NATURELLES DE TRANSMISSIVITÉ AU SITE C.....	21
FIGURE 4	COMPARAISON DE LA TRANSMISSIVITÉ MOYENNE À LA STATION DE RÉFÉRENCE POUR DIFFÉRENTES PÉRIODES DE MESURES.....	21
FIGURE 5	CONDITIONS NATURELLES DE LA VITESSE DU COURANT AU SITE C, 12 OCTOBRE 1998 ...	24
FIGURE 6	RÉPONSE DU SIGNAL DE PRESSION ET DE VITESSE AU PASSAGE DES EMBARCATIONS METTANT EN ÉVIDENCE LE MOUVEMENT DE LA MASSE D'EAU.....	24
FIGURE 7	COMPARAISON DU DÉPLACEMENT GLOBAL POUR DIVERS SCÉNARIOS À 10 KM/H.....	26
FIGURE 8	COMPARAISON DU DÉPLACEMENT GLOBAL POUR DIVERS SCÉNARIOS À 15 KM/H.....	26
FIGURE 9	TRANSMISSIVITÉ ET COURANT AU SITE A DURANT LES ESSAIS DU 15 OCTOBRE 1998.....	29
FIGURE 10	ESSAI À 5 KM/H AU SITE A.....	30
FIGURE 11	ESSAI À 10 KM/H AU SITE A.....	30
FIGURE 12	ESSAI À 15 KM/H AU SITE A.....	30
FIGURE 13	TRANSMISSIVITÉ ET COURANT AU SITE B DURANT LES ESSAIS DU 17 OCTOBRE.....	33
FIGURE 14	ESSAI À 5 KM/H AU SITE B.....	34
FIGURE 15	ESSAI À 10 KM/H AU SITE B.....	34
FIGURE 16	ESSAI À 15 KM/H AU SITE B.....	34
FIGURE 17	TRANSMISSIVITÉ ET COURANT AU SITE C DURANT LES ESSAIS DU 13 OCTOBRE 1998.....	37
FIGURE 18	TRANSMISSIVITÉ ET COURANT AU SITE C DURANT LES ESSAIS DU 16 OCTOBRE 1998.....	38
FIGURE 19	ESSAI À 5 KM/H AU SITE C.....	39
FIGURE 20	ESSAI À 10 KM/H AU SITE C.....	39
FIGURE 21	ESSAI À 15 KM/H AU SITE C.....	39

# LISTE DES TABLEAUX

---

TABLEAU 1	CARACTÉRISTIQUES MORPHOLOGIQUES DU CANAL-DE-LACHINE.....	2
TABLEAU 2	CARACTÉRISTIQUES BIO-GÉOPHYSIQUES AUX SITES D'EXPÉRIMENTATION.....	8
TABLEAU 3	CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DES EMBARCATIONS.....	14
TABLEAU 4	DESCRIPTION DES SCÉNARIOS.....	17
TABLEAU 5	COMPILATION DES ACTIVITÉS RÉALISÉES DURANT LES ESSAIS .....	18
TABLEAU 6	SOMMAIRE DES ESSAIS RÉALISÉS .....	19
TABLEAU 7	CARACTÉRISTIQUES DE LA TRANSMISSIVITÉ EN CONDITIONS NATURELLES .....	20
TABLEAU 8	CARACTÉRISTIQUES DE LA VITESSE DU COURANT EN CONDITIONS NATURELLES.....	22

# 1 INTRODUCTION

---

Une étude de modélisation, réalisée par la firme TECSULT inc. en 1997, portait sur l'effet de la navigation de plaisance sur la remise en suspension des sédiments dans le Canal-de-Lachine. Cette étude concluait que la circulation d'embarcations motorisées de taille équivalente ou inférieure à 8 m ne provoquerait pas la remise en suspension des sédiments pour des vitesses de déplacements de 10 km/h et moins.

Afin de vérifier les conclusions du rapport, une étude *in situ* a été élaborée pour décrire l'effet du passage d'embarcations sur la stabilité des sédiments. Cette nouvelle étude avait comme objectifs :

- d'établir si le passage d'embarcations, en conditions normales de navigation dans des milieux représentatifs des conditions globales du Canal-de-Lachine, provoquait la remise en suspension des sédiments ;
- d'identifier les conditions limites d'occurrence du phénomène de remise en suspension selon le cas.

## 2 DESCRIPTION DE LA ZONE D'ÉTUDE

D'une manière générale, la morphologie du Canal-de-Lachine est comparable d'un bassin à l'autre. En fonction du niveau d'eau prévu<sup>1</sup>, on remarque que la tranche de profondeur dominante dans les bassins n°2 et n°4 est de 4 m et plus (tableau 1), alors que dans le bassin n°3 elle est de 3 à 4 m. Globalement, plus de 80 % du lit du Canal-de-Lachine atteint des profondeurs supérieures à 3 m, alors que la tranche de profondeur de 0 à 3 m se retrouve principalement en périphérie du canal où elle forme la pente des rives. Celles-ci sont dominées presque totalement par les murs du canal et dans une proportion moindre par un remblai de blocs.

**Tableau 1** Caractéristiques morphologiques du Canal-de-Lachine.

Classe de profondeur	Bassin n°2	Bassin n°3	Bassin n°4	Superficie par classe
0 – 2 m	5 580 m <sup>2</sup> (10 %)	19 820 m <sup>2</sup> (12 %)	28 650 m <sup>2</sup> (8 %)	54 050 m <sup>2</sup> (10 %)
2 – 3 m	6 660 m <sup>2</sup> (12 %)	23 490 m <sup>2</sup> (14 %)	29 150 m <sup>2</sup> (9 %)	59 300 m <sup>2</sup> (10 %)
3 – 4 m	19 510 m <sup>2</sup> (34 %)	69 510 m <sup>2</sup> (42 %)	46 000 m <sup>2</sup> (13 %)	135 020 m <sup>2</sup> (24 %)
4 m +	25 190 m <sup>2</sup> (44 %)	53 720 m <sup>2</sup> (32 %)	237 620 m <sup>2</sup> (70 %)	316 530 m <sup>2</sup> (56 %)
<b>Superficie totale</b>	<b>56 940 m<sup>2</sup></b>	<b>166 540 m<sup>2</sup></b>	<b>341 420 m<sup>2</sup></b>	<b>564 900 m<sup>2</sup></b>

Données bathymétriques tirées de GPR (1992)

Le débit moyen du Canal-de-Lachine est d'environ 13 m<sup>3</sup>/s et la vitesse moyenne du courant est typiquement de 6 cm/s (Marsan, 1978). Au moment de faire les essais, la concentration de la matière en suspension était ≤ 2 ou 3 mg/L (limite de détection de la méthode).

<sup>1</sup> Le niveau d'eau prévu est inférieur de 30 cm au niveau actuel dans le bassin n°3 et identique dans les bassins n°4 et n°2.

## 3 MÉTHODOLOGIE

---

### 3.1 Cadre expérimental général

Une approche semi-quantitative de mesures a été utilisée pour atteindre les objectifs de l'étude. L'interprétation des données visait à identifier s'il y avait occurrence de remise en suspension pour des conditions de navigation connues.

Dans le contexte de l'étude, les prémisses à l'interprétation des données pour déterminer l'effet du passage d'embarcations sur la stabilité des sédiments étaient les suivantes :

1. Localement, la remise en suspension des sédiments causée par le passage d'une embarcation résulterait en une brusque augmentation de la turbidité qui devrait s'estomper par la suite sur une période relativement courte, correspondant au temps requis pour la décantation du matériel remanié. À cause de l'écoulement lent observé dans le Canal-de-Lachine, la période où l'augmentation de la turbidité est observée serait aussi modulée par l'advection du matériel remanié à l'amont du point d'observation.
2. Afin d'évaluer l'importance relative de la remise en suspension, les fluctuations de la turbidité enregistrées par le transmissomètre au site de mesure devraient être supérieures aux fluctuations naturelles enregistrées au site de référence.
3. Compte tenu que les essais s'effectuaient à des profondeurs différentes et selon des scénarios différents, l'interprétation des données de turbidité (transmissivité) devra être complétée par l'observation des images vidéo du substrat afin d'identifier si le passage d'une embarcation, dans des conditions données, provoquerait un remaniement du substrat sans nécessairement amener une remise en suspension mesurable par le transmissomètre.

L'étude reposait principalement sur les mesures de la transmissivité, de la pression hydrostatique, des prises de vue vidéo et, dans une moindre mesure, sur les données de vitesse ; le tout pris sous la forme de séries temporelles durant le déroulement des différents scénarios de navigation :

- Les données de transmissivité devaient permettre d'établir, selon la nature des fluctuations enregistrées et en conjonction avec les prises de vue vidéo, s'il y avait remise en suspension des sédiments superficiels.
- Le passage des embarcations était identifié grâce aux données de pression hydrostatique pour faciliter la corrélation des observations.
- Enfin, les données de vitesses devaient également permettre d'établir le moment de passage des embarcations mais aussi à décrire le niveau de turbulence engendré dans le milieu.

En fonction des résultats, cette approche devrait permettre, notamment à Parcs Canada, de prendre par la suite des mesures de gestion de surveillance et de suivi adaptées.

Les conditions normales de navigation, dans le système de canaux historiques dont fait partie le Canal-de-Lachine, correspondent à une plage de vitesse de  $\approx 5$  à 10 km/h. Cette plage de vitesse correspond à une condition de plaisance sans vague et est établie en fonction de la sécurité des usagers et de la protection des structures. Initialement, les essais devaient être réalisés à des vitesses de 10, 15 et 20 km/h.

Typiquement, la saison de navigation au Québec<sup>2</sup> inclut la période d'étude qui s'est déroulée en conditions automnales. Durant la saison de navigation, les propriétés physiques de l'eau vont varier, tout comme les caractéristiques biologiques, et ces changements saisonniers pourront avoir un effet plus ou moins important sur l'ampleur du phénomène de remise en suspension.

<sup>2</sup> Elle s'étend du mois de mai au mois d'octobre.

Par exemple, la température de l'eau de 20 °C en été à 4 °C en hiver implique une augmentation de la densité et de la viscosité qui facilite le transfert d'énergie dans la colonne d'eau et augmente le temps de résidence des particules en suspension. Au moment de l'étude (température de l'eau à 13°C), l'augmentation de la densité et de la viscosité correspondait à environ 36 % de la variation saisonnière probable.

Par ailleurs, la présence des macrophytes et du périphyton, deux agents pouvant stabiliser le substrat selon leur densité, varie aussi selon un patron saisonnier. Les observations réalisées au moment des essais ont permis de déterminer qu'il y avait une présence végétale aux sites d'essais, en particulier par le voile périphytique dont la couverture ne semblait pas avoir été affectée par la baisse de température.

## **3.2 Approche spécifique**

### **3.2.1 Reconnaissance**

La reconnaissance en plongée subaquatique a servi à décrire les caractéristiques bio-géophysiques de différents sites afin de choisir les plus représentatifs. Les observations ont été réalisées une à deux semaines avant le déroulement des essais à 10 sites répartis dans les trois bassins, mais principalement dans les bassins n°3 et n°4. Les observations portaient sur :

- la nature et l'épaisseur des sédiments (prise de vue vidéo, mesure d'épaisseur) ;
- la température de l'eau et des sédiments ;
- l'identification des structures, relief, débris, etc. pouvant affecter la stabilité des sédiments.

### 3.2.2 Choix des sites

Les sites expérimentaux ont été localisés de manière à couvrir la tranche des profondeurs représentatives de la majeure partie du Canal-de-Lachine en s'assurant que les caractéristiques bio-géophysiques y étaient comparables.

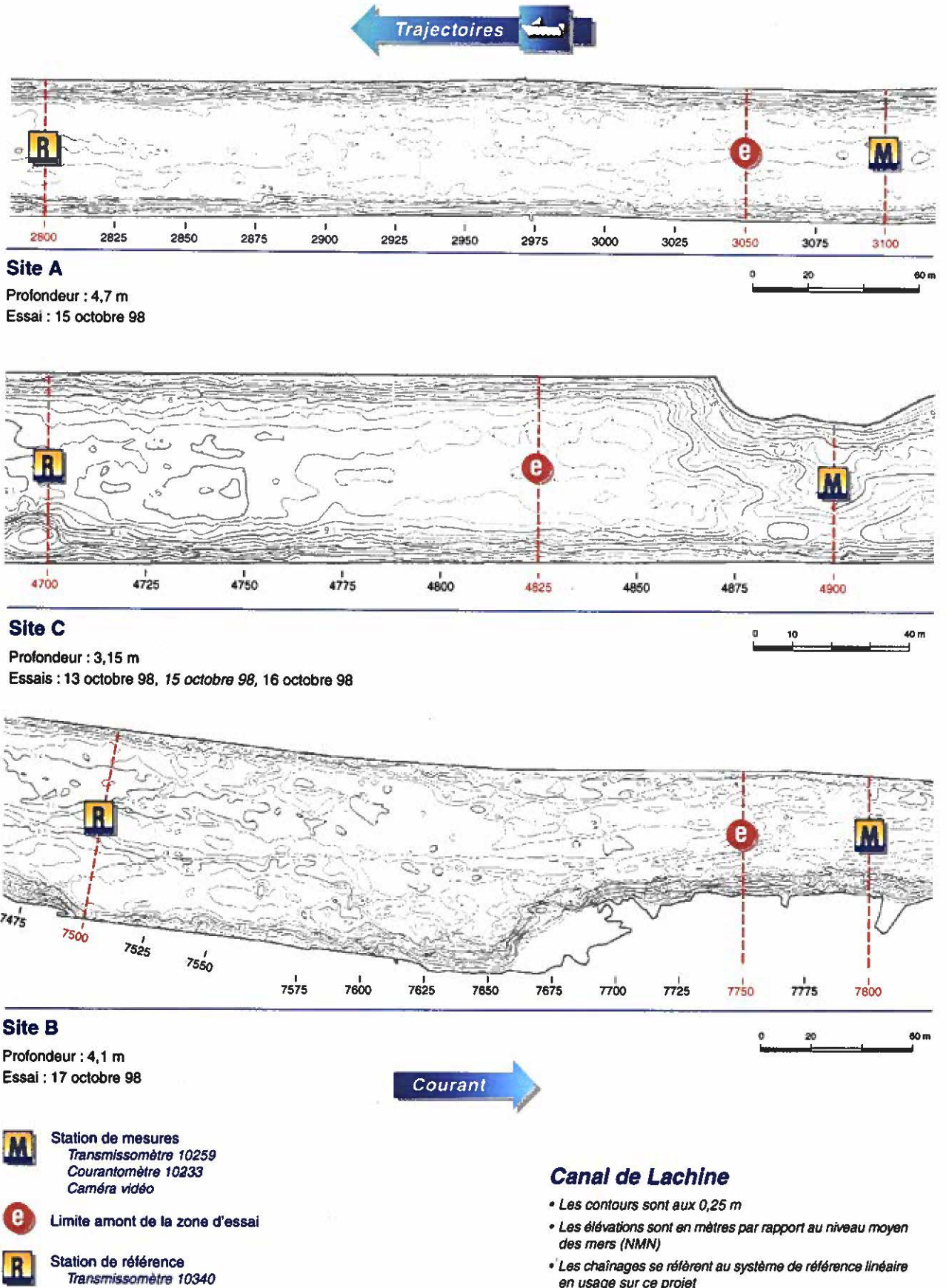
#### 3.2.2.1 Bathymétrie

Les sites ont été localisés dans les secteurs où la profondeur est de 3 m et plus (figure 1). Ces secteurs représentent une plage de profondeurs omniprésente sur l'ensemble du Canal-de-Lachine qui occupe 80 % de la superficie totale du canal. Par ailleurs, les 20 % de la superficie occupée par la tranche inférieure à 3 m sont principalement constitués par les rives et correspondent à un secteur peu accessible à la navigation (murs ou remblai de blocs).

Dans le bassin n°2, on retrouve un secteur où le lit du canal est peu profond ( $z \leq 2,5$  m) et qui occupe une superficie d'environ 2 500 m<sup>2</sup>, soit 4 % de la superficie du bassin n°2 et 0,4 % de la superficie totale du canal. Bien que navigable, cette zone n'a pas été considérée dans la sélection des sites à cause de la présence d'ouvrages, ponts ferroviaires à l'amont et passerelle à l'aval, qui rendaient impossible la réalisation des essais (le tirant d'air était insuffisant). Par ailleurs, ce secteur ne représente qu'une infime partie du Canal-de-Lachine et sera éventuellement réaménagé lors des ouvrages de réouverture.

#### 3.2.2.2 Caractéristiques bio-géophysiques

En général, le fond du Canal-de-Lachine montre un relief relativement uniforme avec la présence d'ondulations de faibles amplitudes ( $\pm 25$  cm). Aux différents sites, les sédiments sont constitués de limon argileux ou d'argile limoneuse (tableau 2), une composition comparable à ce qui fut rapporté par GPR (1992). Il s'agit d'un matériel fin dont la couche superficielle ( $\leq 1$  cm) possède une consistance fluide et où la compacité augmente avec l'épaisseur pour atteindre une consistance molle et cohésive (annexe 1 ; photo 1).



**FIGURE 1 — Localisation et configuration des sites d'essais**

**Tableau 2** Caractéristiques bio-géophysiques aux sites d'expérimentation

Caractéristiques des sites	Bassin n° 4		Bassin n° 3
	Site A Chaînage 3+100	Site C Chaînage 4+900	Site B Chaînage 7+800
Profondeur d'eau	4,70 m	3,15 m	4,10 m
Nature des sédiments	limon argileux/argile limoneuse	limon argileux/argile limoneuse	limon argileux/argile limoneuse
Compacité des sédiments	fluide ( $\leq 1$ cm) puis molle	fluide ( $\leq 1$ cm) puis molle	fluide ( $\leq 1$ cm) puis molle horizon compact de 2 cm à $\approx 15$ cm
Relief des sédiments	homogène	homogène	homogène
Épaisseur des sédiments	10 à 15 cm	20 à 70 cm	20 à 45 cm
Présence de végétation sur les sédiments	voile périphtyque (80 %)	fibres organiques et débris de bois	voile périphtyque clairsemé
Température eau/sédiments	13°C/13°C	13°C/13°C	13°C/13°C

On observe la présence de débris végétaux et de matériel organique fibreux à tous les sites, bien qu'au site C ils semblent plus abondants. La surface des sédiments est en général homogène, mais elle est aussi marquée par de petites dépressions probablement formées lors du dégazage des sédiments. Celles-ci semblent plus abondantes dans le bassin n°3. Enfin, un voile périphtyque<sup>3</sup> clairsemé et d'importance variable selon les sites, recouvre les sédiments et permet une certaine stabilisation des sédiments en protégeant la couche superficielle floculée par un réseau de fibres organiques (annexe 1 ; photo 2).

Lorsque les essais ont été réalisés au mois d'octobre, la température de l'eau et des sédiments était de 13°C. La présence du voile périphtyque témoigne d'une activité biologique à cette température. L'épaisseur des sédiments était variable (tableau 2), mais au moins comparable à l'épaisseur moyenne des sédiments dans le Canal-de-Lachine (26 cm ; GPR, 1992).

Aux sites considérés, on n'observait aucune structure indicative d'un transport sédimentaire<sup>4</sup>. Par contre, ces structures, constituées par des rides de courant et des ondulations du fond, ont

<sup>3</sup> Le voile périphtyque est apparemment constitué d'algues filamenteuses.

<sup>4</sup> Un transport des sédiments aurait pu avoir comme conséquence le retrait de la couche superficielle floculée et la l'augmentation de la compaction du matériel en surface.

été observées à l'amont du bassin n°4 où la granulométrie des sédiments était d'ailleurs constituée d'une fraction sableuse plus importante indicatrice d'un transport par charriage.

### 3.2.3 Instrumentation

La plate-forme de mesures installée aux sites d'expérimentation (annexe 1 ; photo n°3) était constituée d'une structure en aluminium qui supportait les instruments suivants :

- transmissomètre SEATECH (capteurs distants de 10 cm) installé à l'aval de la structure à 20 cm du fond (initialement, l'instrument avait été installé sur la partie amont de la structure, à 40 cm du fond, lors des essais à 10 km/h au site C) ;
- caméra vidéo subaquatique SONY TR50 Hi8 mm, perpendiculaire aux trajectoires et orientée vers le fond ;
- courantomètre électromagnétique Marsh McBirney de 9 cm installé sur la partie amont de la structure et près du fond (< 10 à 20 cm) .

L'utilité de la transmissivité comme mesure optique pour établir la nature et la variabilité de la matière en suspension dans les environnements marins a été largement démontrée et caractérisée (Spinrad, 1986). Dans le contexte semi-quantitatif de l'étude, l'utilisation du transmissomètre ne nécessitait pas de calibration qui, si nécessaire, ce serait avérée complexe compte tenu de la nature du phénomène à l'étude.

En effet, la théorie de la transmission lumineuse dans l'eau décrit que 2 processus fondamentaux régissent la distribution d'un faisceau de lumière monochromatique<sup>5</sup> : l'adsorption et la diffusion. L'adsorption est principalement affectée par la composition des substances dissoutes dans l'eau (matières organiques). À 670 nm, l'atténuation par les substances organiques dissoutes est négligeable<sup>6</sup>, de telle sorte que la variation de la transmissivité sera essentiellement le fait des variations de la concentration et de la nature de la matière en suspension.

<sup>5</sup> Condition respectée par le transmissomètre SEATECH.

<sup>6</sup> La longueur d'onde du rayon du transmissomètre SEATECH se trouve dans la partie rouge du spectre.

La calibration de la réponse d'un transmissomètre s'avère relativement aisée si la composition de la matière en suspension ne varie pas en fonction des concentrations (figure 2 : exemple A-C). Par contre, si la taille des particules varie, la réponse de l'instrument sera affectée différemment (figure 2 : exemple B), de telle sorte que la calibration initiale ne sera pas respectée (Spinrad, 1986). La situation devient complexe lorsque le phénomène à l'étude provoque un changement des concentrations et de la composition des particules (figure 2 : exemple D), comme cela peut être le cas lors de la remise en suspension des sédiments. Néanmoins, dans un contexte semi-quantitatif, la relation entre la transmissivité et la turbidité est respectée. Par conséquent, en combinant l'utilisation du transmissomètre avec la prise des séquences vidéo du substrat au sites expérimentaux, l'approche s'avère parfaitement adéquate pour identifier l'occurrence du phénomène de remise en suspension.

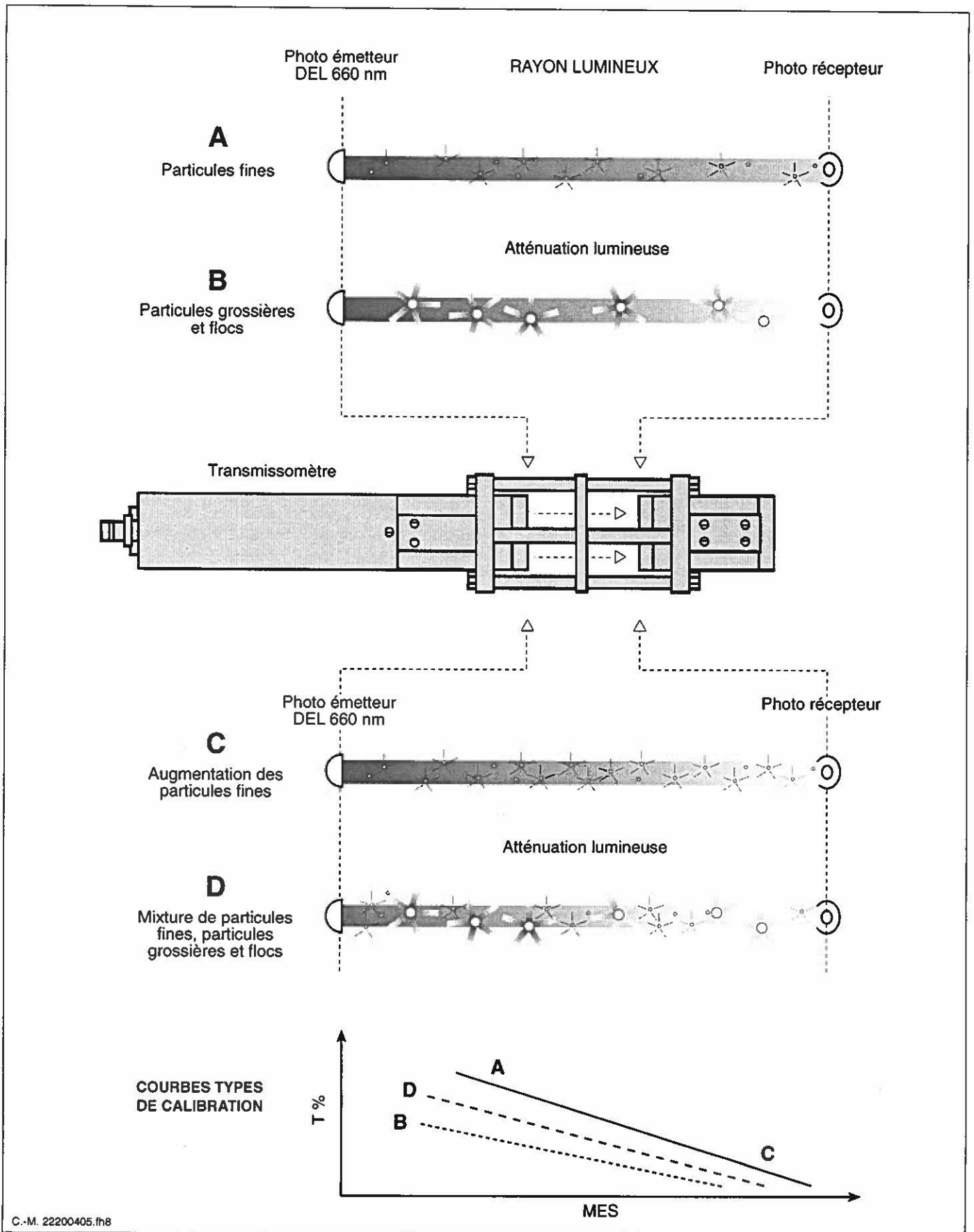
L'enregistrement des données se faisait à une fréquence de 2 Hz. Les instruments fonctionnaient en mode autonome, sans renvoi des données à la surface<sup>7</sup>. La capacité de mémoire des instruments (Micrologger, Coastal Leasing inc.), quoiqu'importante, était contraignante à cause de la haute fréquence de mesure choisie et limitait l'enregistrement en continu à environ 5 heures lors du déroulement des essais quotidiens. Les images vidéo subaquatiques étaient renvoyées aux moniteurs et enregistrées sur bandes magnétiques en surface (annexe 1 ; photo 4) et permettaient de suivre le déroulement des essais sous l'eau.

Durant le déroulement des essais, l'allure des embarcations en surface a été documentée à l'aide d'une caméra vidéo pour décrire le comportement des embarcations et l'état de la surface de l'eau aux différentes vitesses.

Une station de référence pour la mesure de la transmissivité était située à environ 200 m à l'amont du site d'essais. Un transmissomètre SEATECH (10 cm) y était installé à 2 m sous la surface<sup>8</sup>. L'enregistreur de données (série XL, R. Brancker Research Ltd.) enregistrait la transmissivité durant toute la durée des essais à une fréquence de 30 secondes. Cette

<sup>7</sup> Le renvoi des données à la surface pour suivre le déroulement des expériences en temps réel était possible mais au détriment de l'enregistrement des données à cause d'un conflit dans le mode d'opération de l'instrumentation.

<sup>8</sup> On a préféré installer l'instrument à une profondeur fixe sous la surface afin de limiter les possibilités de remanier le substrat si l'instrument était mouillé trop près du fond.



**Figure 2 :** Représentations schématiques des réponses du transmissomètre (atténuation lumineuse) selon les variations de concentration et de composition de la matière en suspension et exemple de courbes types de calibration

fréquence est différente de celle utilisée au site de mesures, mais la comparaison des données en conditions naturelles (section 4.2) n'a pas permis d'identifier une différence entre les signaux. Durant le déroulement des essais, aucun bateau ne se déplaçait à proximité de la station de référence.

Les instruments de mesures, préalablement vérifiés par les fournisseurs, ont fait l'objet d'une calibration qui incluait :

- Transmissomètre SEATECH (10 cm)
  - lecture du zéro (occulté) et 100 % dans l'air et l'eau claire
- Courantomètre électromagnétique MARSCH Mc BIRNEY (9 cm)
  - lecture du zéro (avec et sans câble)

Les résultats obtenus sont à l'intérieur des spécifications recommandées. Sur le terrain, les instruments ont tous été préalablement conditionnés dans l'eau pendant une période minimale d'au moins 15 minutes<sup>9</sup>. Les données de transmissivité et de courant sont exprimées en pourcentage d'atténuation lumineuse et en cm/sec<sup>10</sup>, respectivement. Les données de pression (kPa) ont été transposées en un mouvement vertical exprimé en centimètres.

### 3.2.4 Échantillonnage

Des échantillons d'eau (1 L) ont été recueillis pour la détermination de la concentration de la MES (limite de détection : 2 à 3 mg/L) durant plusieurs essais selon le cas. Les échantillons furent pris à une profondeur de 1 m au-dessus du fond à l'aide d'un hydrocapteur Van Dorn, juste à l'aval de la structure, avant, juste après et 10 min après le moment du passage de l'embarcation. La totalité de l'échantillon était filtré.

<sup>9</sup> Cette étape est particulièrement importante pour la sonde du courantomètre afin que les capteurs soient totalement imbibés d'eau. Ce délai permet aussi aux bulles collées sur les lentilles des transmissomètres de disparaître.

<sup>10</sup> Le résultat correspond à la résultante des vecteurs  $u$  et  $v$ .

### 3.2.5 Considérations opérationnelles

L'emplacement des différents instruments et des points d'échantillonnage a été défini par des considérations opérationnelles. L'échantillonnage de la matière en suspension à l'aide de l'hydro-capteur s'est fait à 1 m du fond afin de s'assurer que l'échantillonneur n'entrerait pas en contact avec la structure (risque de coincement) ou le fond (remise en suspension inopportune), mais néanmoins assez près du fond pour fournir une indication sur l'ampleur de la propagation du phénomène.

On a choisi d'installer le transmissomètre de référence à une profondeur fixe sous la surface de l'eau afin de s'assurer que le substrat à l'amont du site d'expérimentation ne serait pas remanié. Par conséquent, la transmissivité de référence a été mesurée à 2,7, 2,1 et 1,15 m du fond aux sites A, B et C respectivement. Dans le contexte hydro-sédimentologique du Canal-de-Lachine, cet agencement a peu de conséquences.

Dans le cas du canal, l'écoulement lent ne permet pas de transporter de fortes concentrations de matières en suspension<sup>11</sup>, dont les apports sont d'ailleurs très limités. La charge solide du canal correspond donc à la charge de ruissellement, naturellement maintenue en suspension, et qui ne présente pas de gradient prononcé de la concentration en fonction de la profondeur pour des particules de taille inférieure au limon (Guy, 1970). Par conséquent, le signal de transmissivité devrait fluctuer de manière similaire, d'autant plus que les deux instruments sont situés dans le même axe d'écoulement.

### 3.2.6 Embarcations

Deux embarcations (*Larsen Delta 8500* ; photo 5, *Thundercraft Magnum 23* ; photo 9) ont été utilisées lors du déroulement des essais. Elles ont été sélectionnées afin de représenter la catégorie des plus gros bateaux susceptibles de naviguer sur le Canal-de-Lachine et de provoquer une remise en suspension (tableau 3). Le *Larsen* a été l'embarcation principale utilisée lors des essais ne requérant qu'un seul bateau.

<sup>11</sup> Selon Guy (1970), le gradient de concentration en fonction de la profondeur est observé surtout pour les particules de la taille des sables et est plus important en fonction du débit et de la concentration (à l'échelle du g/L).

Les vitesses des embarcations de 10 et 15 km/h ont été préalablement vérifiées à l'aide du DGPS grâce auquel la correspondance entre les différentes vitesses et le nombre de révolutions du moteur a été établie (tableau 3). La vitesse de 5 km/h a été évaluée visuellement et correspondait au régime minimum du *Larsen*, lorsque le moteur était embrayé, de manière à ne pas créer de vague.

**Tableau 3** Caractéristiques techniques des embarcations

Type	Larsen Delta 8500	Vitesse	Thundercraft Magnum 23	Vitesse
Longueur	25 pieds	≈ 5 km/h ⇒ 900 tr/min	23 pieds	n.a.
Moteur	260 Hp	10 km/h ⇒ 1300 tr/min	260 Hp	10 km/h ⇒ 1100 tr/min
Tirant d'eau	32pouces	15 km/h ⇒ 2100 tr/min	33 pouces	15 km/h ⇒ 2000 tr/min
Hélice	15 ½pouces	40 km/h ⇒ 3300 tr/min	13 ½ pouces	

### 3.2.6 Scénarios

Les essais devaient être réalisés à des vitesses de 10 km/h, 15 km/h et 20 km/h selon les scénarios suivants :

- 1- passage d'une embarcation au centre du canal de l'amont vers l'aval,
- 2- passage d'une embarcation au centre du canal de l'aval vers l'amont,
- 3- passage de deux embarcations qui se suivent dans la même direction vers l'amont au centre du canal,
- 4- passage de deux embarcations en parallèle et dans la même direction aux premier et deuxième tiers de la largeur du canal,
- 5- passage de deux embarcations en parallèle mais dans des directions opposées aux premier et deuxième tiers de la largeur du canal.

Cette approche fut modifiée en fonction des premiers résultats (section 4.1.2).

## 4 RÉSULTATS

---

### 4.1 Sommaire des activités

Les travaux réalisés étaient répartis en deux volets. Le premier volet visait la reconnaissance des fonds du Canal-de-Lachine pour en identifier les caractéristiques générales afin d'aider au choix des sites expérimentaux. Le deuxième volet consistait en la réalisation des essais proprement dits.

L'ensemble des activités s'est déroulé du 2 au 17 octobre 1998. Durant cette période, les conditions météorologiques, quant à la température et aux conditions de vents, étaient clémentes et n'ont pas affectées le déroulement des activités.

#### 4.1.1 Reconnaissance

La reconnaissance a été réalisée en trois jours répartis entre le 2 octobre et le 6 octobre 1998. Durant cette période, plusieurs plongées ont été effectuées à une dizaine de sites dans les trois bassins du Canal-de-Lachine. Une présélection des zones d'intérêt avait été faite à partir des données bathymétriques et de l'information disponible.

Le choix des sites expérimentaux s'est fait à partir des observations effectuées aux sites visités (section 3.2.2). Les caractéristiques des sédiments sont comparables aux trois sites choisis où l'on retrouve un limon argileux ou une argile limoneuse. L'absence de structures sédimentaires témoigne de conditions d'accumulation qui permettent la formation d'une couche superficielle floclée dont l'épaisseur est d'au plus 1 cm. Même si l'épaisseur des sédiments est moins importante ( $\approx 15$  cm) au site A (chaînage 3+100), il a été jugé adéquat quant à la nature et composition des sédiments tout en permettant d'obtenir un site de plus grande profondeur (4,70 m). Le site C (chaînage 4+900) représentait les conditions de faible profondeur (3,15 m) alors que le site B avait une profondeur intermédiaire (4,10 m). La

densité de la végétation aquatique aux trois sites était faible et n'affectait pas les caractéristiques de l'écoulement. La présence du voile périphytique superficiel suggère que la température de l'eau et des sédiments n'inhibe pas l'activité biologique.

Compte tenu de l'ensemble de ces caractéristiques, le choix des sites s'avère adéquat pour représenter les conditions globales du Canal-de-Lachine quant à la nature des sédiments et en fonction du gradient de profondeur.

#### 4.1.2 Essais

Les essais se sont déroulés sur une période de quatre jours, du 13 octobre au 17 octobre 1998 (tableau 4). Ils ont été réalisés à des vitesses d'environ 5 km/h, de 10 km/h et de 15 km/h ; l'allure des embarcations est décrite à l'annexe 1 (photos 5, 6 et 7). Un essai a été réalisé à une vitesse de 40 km/h dans le but de vérifier l'effet du passage d'une embarcation dont la coque planait (annexe 1 ; photo 8). Les essais à 20 km/h ont été exclus parce qu'ils n'étaient plus justifiés, les conditions limites (deuxième objectif) ayant été atteintes à 15 km/h.

Les scénarios incluaient uniquement des déplacements de l'aval vers l'amont (effet d'accélération maximum près du fond) à une ou deux embarcations aux différentes vitesses<sup>12</sup>. Les déplacements à deux embarcations se sont faits en ligne, en parallèle ou impliquaient le croisement des bateaux (tableau 4). Le départ des embarcations se faisait environ 200 m à 300 m à l'aval de la structure de mesure afin d'atteindre la vitesse requise au moment de passer au-dessus de la structure. La trajectoire d'essai s'arrêtait à une distance d'environ 50 m déterminée par une bouée<sup>13</sup>.

<sup>12</sup> L'essai à 5 km/h a été fait avec une seule embarcation.

<sup>13</sup> L'advection des sédiments remaniés à une distance de 50 m à l'amont prendrait environ 15 minutes à atteindre la structure de mesures.

**Tableau 4** Description des scénarios

Bassin	Site	Date	Scénario	Description	Statut	Embarcations
4	C	13-oct-98	1	1 embarcation 10 km/h	o.k.	Larsen
4	C	13-oct-98	2	1 embarcation 10 km/h	o.k.	Larsen
4	C	13-oct-98	3	2 embarcations 10km/h en ligne	o.k.	Larsen + Magnum
4	C	13-oct-98	4	2 embarcations 10km/h en parallèle	o.k.	Larsen + Magnum
4	C	13-oct-98	5	2 embarcations 10 km/h qui se croisent	o.k.	Larsen + Magnum
4	C	13-oct-98	6	1 embarcation 15 km/h	o.k.	Larsen
4	C	13-oct-98	7	2 embarcations 15 km/h en ligne	o.k.	Larsen + Magnum
4	C	13-oct-98	8	2 embarcations 15 km/h en parallèle	o.k.	Larsen + Magnum
4	A	15-oct-98	1	1 embarcation <5 km/h	o.k.	Larsen
4	A	15-oct-98	2	1 embarcation 10 km/h	o.k.	Larsen
4	A	15-oct-98	3	2 embarcations 10 km/h en ligne	o.k.	Larsen + Magnum
4	A	15-oct-98	4	2 embarcations 10 km/h en parallèle	o.k.	Larsen + Magnum
4	A	15-oct-98	5	1 embarcation 15 km/h	o.k.	Larsen
4	A	15-oct-98	6	2 embarcations 15 km/h en ligne	o.k.	Larsen + Magnum
4	A	15-oct-98	7	2 embarcations 15 km/h en parallèle	o.k.	Larsen + Magnum
4	A	15-oct-98	8	1 embarcation 40 km/h	o.k.	Larsen
4	A	15-oct-98	9	1 embarcation <5 km/h	rejeté	Larsen
4	C	15-oct-98	10	1 embarcation 15 km/h	rejeté	Larsen
4	C	15-oct-98	11	2 embarcations 15 km/h en ligne	rejeté	Larsen + Magnum
4	C	16-oct-98	1	1 embarcation <5 km/h	o.k.	Larsen
4	C	16-oct-98	2	1 embarcation 10 km/h	o.k.	Larsen
4	C	16-oct-98	3	1 embarcation 15 km/h	o.k.	Larsen
4	C	16-oct-98	4	1 embarcation 15 km/h	o.k.	Magnum
4	C	16-oct-98	5	2 embarcations 15 km/h en ligne	o.k.	Larsen + Magnum
4	C	16-oct-98	6	2 embarcations 15 km/h en parallèle	o.k.	Larsen + Magnum
3	B	17-oct-98	1	1 embarcation <5 km/h	o.k.	Larsen
3	B	17-oct-98	2	1 embarcation 10 km/h	o.k.	Larsen
3	B	17-oct-98	3	2 embarcations 10km/h en ligne	o.k.	Larsen + Magnum
3	B	17-oct-98	4	2 embarcations 10km/h en parallèle	o.k.	Larsen + Magnum
3	B	17-oct-98	5	2 embarcations 10 km/h qui se croisent	o.k.	Larsen + Magnum
3	B	17-oct-98	6	1 embarcation 10 km/h	o.k.	Magnum
3	B	17-oct-98	7	1 embarcation 15 km/h	o.k.	Larsen
3	B	17-oct-98	8	2 embarcations 15 km/h en ligne	o.k.	Larsen + Magnum
3	B	17-oct-98	9	2 embarcations 15 km/h en parallèle	o.k.	Larsen + Magnum
				1 embarcation 15 km/h (7 min plus tard)	o.k.	Magnum

Site A : localisé au chaînage 3+100 ; Site B : localisé au chaînage 7+800 ; Site C : localisé au chaînage 4+900

**Tableau 5** Compilation des activités réalisées durant les essais

Date	Site	Scénario n°	Transmissomètre Référence	Transmissomètre Site	Courantomètre Site	Vidéo Subaquatique	Vidéo Surface	MES Échantillonnage	MES Nombre	Commentaires	
13/10/98	C	01	X	X	X	X				10 km/h	
		02	X	X	X	X				10 km/h	
		03	X	X	X	X				10 km/h	
		04	X	X	X	X				10 km/h	
		05	X	X	X	X				10 km/h	
		06	X	—	—	X				15 km/h	
		07	X	—	—	X				15 km/h	
		08	Partiel	—	—	Partiel				15 km/h	
15/10/98	A	01	X	X	X	X		X	1	Pas de vagues	
		02	X	X	X	X		X	1	10 km/h	
		03	X	X	X	X		X	3	10 km/h	
		04	X	X	X	X		X	3	10 km/h	
		05	X	X	X	X		X	3	15 km/h	
		06	X	X	X	X	X	X	3	15 km/h	
		07	X	X	X	X	X	X	3	15 km/h	
		08	X	X	X	X	X	X	3	40 km/h	
		09	X	X	X	X	X	—			Pas de vagues
		10	X	X	—	X		X	3	15 km/h	
		11	X	X	X	X		—			15 km/h
16/10/98	C	1	X	X	X	—		—		Pas de vagues	
		2	X	X	X	—		—		10 km/h	
		3	X	X	X	—		X	3	15 km/h	
		4	X	X	X	—		—		15 km/h	
		5	X	X	X	—		X	3	15 km/h	
		6	?	X	X	—		X	3	15 km/h	
17/10/98	B	1	X	X	X	X	X	X	1	Pas de vagues	
		2	X	X	X	X	X	—		10 km/h	
		3	X	X	X	—		X	2	10 km/h	
		4	X	X	X	X		X	2	10 km/h	
		5	X	X	X	X	X	X	3	10 km/h	
		6	X	X	X	X	X	—		10 km/h	
		7	X	X	X	X	X	—		15 km/h	
		8	X	X	X	X	X	X	3	15 km/h	
		9	X	X	X	X	X	—		15 km/h	
<b>Total réalisé</b>		<b>34</b>	<b>33</b>	<b>31</b>	<b>29</b>	<b>26</b>		<b>17</b>	<b>43</b>		
<b>Total accepté</b>		<b>31</b>	<b>30</b>	<b>28</b>	<b>28</b>	<b>23</b>					

Les essais ont débuté au site C (bassin n°4), le moins profond des trois sites d'expérimentation (tableau 5). Le 13 octobre, huit scénarios y furent testés dont cinq à 0 km/h et trois à 15 km/h. Durant cette séance, la programmation de la durée d'enregistrement des instruments, par rapport à la durée des essais, a représenté une contrainte. Par conséquent, les données des essais à 10 km/h ont pu être enregistrées mais les essais à 15 km/h ont seulement été documentés à l'aide du vidéo subaquatique (tableau 5). Après une tentative, le 15 octobre, pour reprendre les essais, l'expérimentation au site C a été conclue le 16 octobre avec la réalisation de six scénarios supplémentaires. Le 15 octobre, huit scénarios ont été testés au site A (bassin n°4), dont quatre à 10 km/h ou moins, trois à 15 km/h et un à 40 km/h (tableau 5). Finalement, le site B, de profondeur intermédiaire (bassin n°3), a été visité le 17 octobre. Au total, neuf scénarios y furent testés, dont six à 10 km/h ou moins et trois à 15 km/h.

Au total, 34 essais furent réalisés, dont 16 au site C à cause de la nécessité de reprendre ceux à 15 km/h (tableau 6). De ce nombre, les résultats de trois essais furent rejetés dont deux au site C parce que les conditions d'expérimentation n'étaient pas contrôlées. Le troisième essai n'avait été effectué que pour une documentation vidéo en surface. Parmi les 31 essais valides, 30 comprennent des mesures de transmissivité à la station de référence, 28 ont fait l'objet de mesures par les instruments de la plate-forme et 23 ont été documentés avec la vidéo subaquatique (tableau 5). Cette dernière n'a pas été utilisée lors de la deuxième séance d'essais au site C, le 16 octobre, ceux-ci ayant déjà été documenté le 13 octobre.

**Tableau 6** Sommaire des essais réalisés

Classe	Bassin N°3		Bassin n°4		Total/Classe
	Site B	Site C	Site A		
5 km/h	1	1	2 (1)		4
10 km/h		6	3		14
15 km/h	3	9 (2)	3		15
40 km/h			1		1
Total	9	16	9		34

(2) Nombre d'essais rejetés

## 4.2 Description des conditions naturelles

### 4.2.1 Transmissivité

Globalement, la transmissivité en conditions naturelles est très stable et élevée dans les bassins n°3 et n°4. Les valeurs mesurées simultanément par les deux transmissomètres varient entre 86,4 % et 87,6 % (station de référence) et entre 85,7 % et 89,3 % (station de mesures). Dans l'ensemble, le coefficient de variation est très faible et varie entre 0,1 % et 1,7 %, mais est en général inférieur à 0,2 % (tableau 7). L'écart de mesure entre les deux instruments pour les séries de lectures correspondantes varie de -1 % à +1,8%.

Sur de plus longues périodes, on mesure des fluctuations graduelles de l'ordre de 0,2 à 1 % pour des périodes inférieures à 10 minutes (figure 3). Cependant, les fluctuations sont généralement comparables aux fluctuations ponctuelles (2 Hz) qui sont inférieures à 0,5 %. Sur des périodes de plusieurs heures, on observe des variations globales de transmissivité qui sont en général inférieures à 0,5 %, mais qui peuvent atteindre 1,8% (figure 3).

Durant le déroulement des différents essais entre le 12 octobre et le 17 octobre, la transmissivité naturelle moyenne a varié de  $\pm 1,8$  % (figure 4).

**Tableau 7** Caractéristiques de la transmissivité en conditions naturelles

Date	Site	Transmissivité moyenne						Écart de lecture
		Site de mesures (10259)			Site de référence (10340)			
		(%)	( $\pm\sigma$ )	c.v.	(%)	( $\pm\sigma$ )	c.v.	
11/10/98	Rampe	n.d.	n.d.	n.d.	87.8	0.2	0.2	n.a.
12/10/98	C	n.d.	n.d.	n.d.	87.7 <sup>1</sup>	0.2	0.2	n.a.
12/10/98	C	89,3	0.1	0.1	87.6 <sup>2</sup>	0.7	0.8	+1.7
13/10/98	C	88,2	1.5	1.7	86.4	0.2	0.2	+1.8
15/10/98	A	85,7	0.7	0.8	86.7	0.1	0.1	-1.0
16/10/98	C	87,5	0.1	0.1	86.7	0.1	0.1	+0.8
17/10/98	B	89,1	0.1	0.1	88.3	0.1	0.1	+0.8

Les périodes de mesures pour décrire les conditions naturelles avant les essais, varient de 25 à 60 minutes pour les mesures simultanées. Elles sont respectivement de 5h30 et 4h, le 12 et 11 octobre pour l'instrument 10340.

1 Période de 5h30

2 Période de 30 min

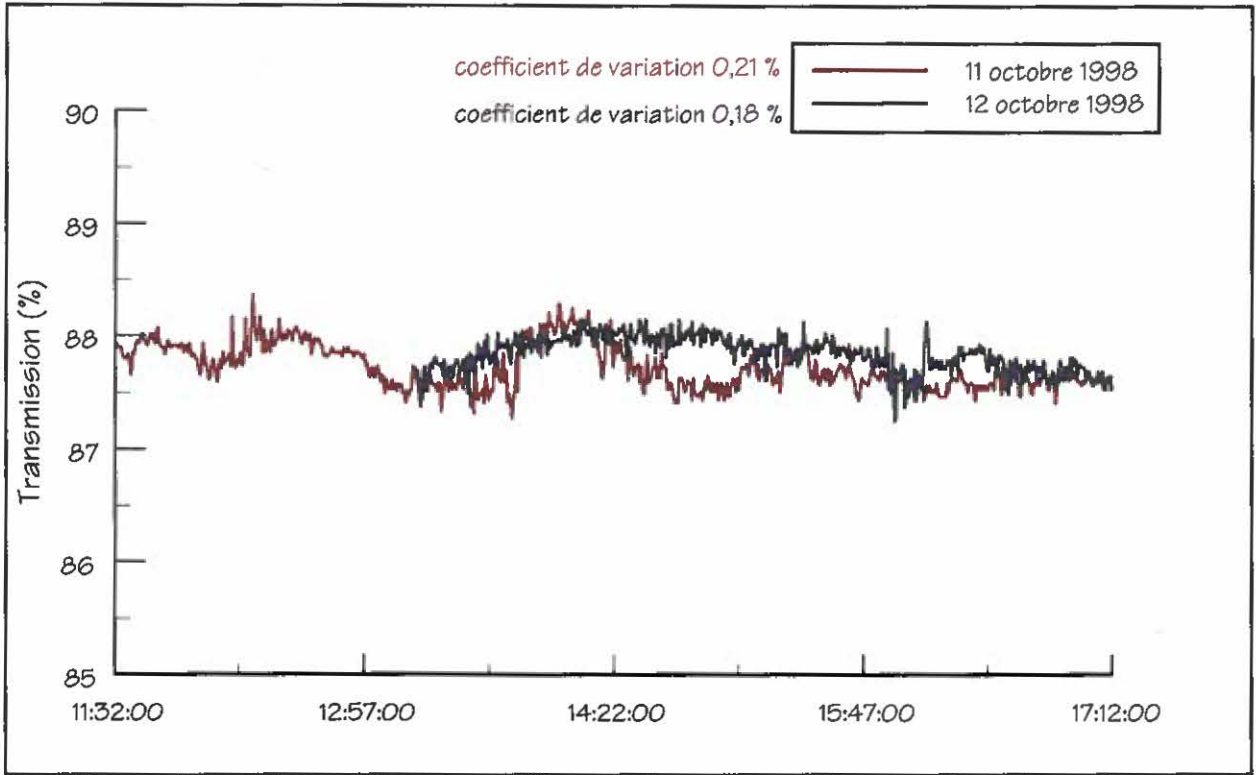


Figure 3: Conditions naturelles de transmissivité au site C

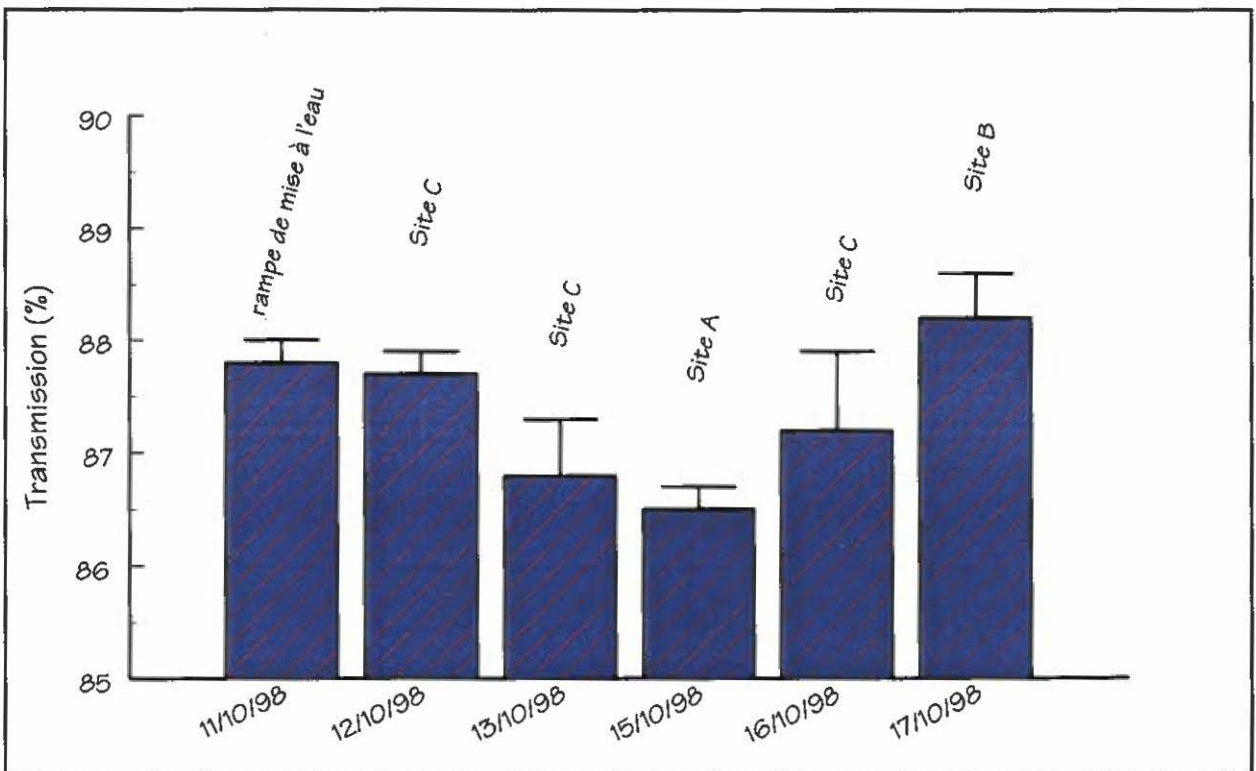


Figure 4: Comparaison de la transmissivité moyenne à la station de référence pour différentes périodes de mesures

## 4.2.2 Courant

Les mesures de courant prises près du fond indiquent un écoulement lent, en général inférieur à 0,08 m/sec, mais turbulent (c.v. 47 % à 67 %) (tableau 8). Le passage des turbulences se fait à une fréquence relativement haute ( $\approx 1$  Hz) et elles peuvent atteindre des valeurs jusqu'à trois fois plus grandes que la vitesse moyenne (figure 5) qui, dans certains cas, peuvent avoir été causées par le passage d'embarcations ou par la présence du plongeur.

**Tableau 8** Caractéristiques de la vitesse du courant en conditions naturelles

Date	Site	Courant moyen 10233		
		(m/sec)	( $\pm\sigma$ )	c.v. (%)
12/10/98	C	0,05	0,03	64
13/10/98	C	0,1	0,06	60
15/10/98	A	0,08	0,04	47
16/10/98	C	0,06	0,04	61
17/10/98	B	0,07	0,04	62

Les périodes de mesures pour décrire les conditions naturelles avant les essais varient de 25 à 60 minutes pour les mesures simultanées. Dans certains cas, la moyenne de la vitesse a été calculée sur de plus courtes périodes afin de ne pas inclure les fluctuations associées aux manœuvres du plongeur à proximité de l'instrument.

La vitesse du courant mesurée dans les périodes précédents les essais varie entre 5 et 10 cm/s et les valeurs moyennes sont probablement comparables lorsque l'on considère les coefficients de variation (tableau 8). Néanmoins, certains facteurs, comme la hauteur de l'instrument par rapport au fond (entre 10 et 20 cm) et le relief du fond adjacent à la sonde, peuvent influencer les mesures de la vitesse du courant.

## 4.3 Description des essais

### 4.3.1 Cause des perturbations de l'écoulement

Le passage des embarcations aux différents sites de mesures, se traduit par un remuement de la colonne d'eau qui varie selon les conditions de navigation. Par ailleurs, l'effet du

remuement ressenti près du fond serait provoqué par le déplacement de la masse d'eau associée au mouvement de la coque plutôt que par le jet de l'hélice<sup>14</sup>. En effet, la réponse générale du signal de vitesse et de pression près du fond à tous les sites et pour l'ensemble des scénarios, n'indiquent aucune accélération brusque au moment du passage. Les fluctuations enregistrées montrent plutôt une augmentation de la fréquence et de l'ampleur des turbulences, d'une durée variable selon les conditions de navigation, après le passage d'une embarcation. De plus, au moment du passage, le signal de pression fluctue rapidement pendant quelques secondes, témoignant d'un déplacement vertical de la masse d'eau cohérent avec le passage des coques (figure 6).

#### 4.3.2 Classification et sélection des essais

La description des résultats est présentée pour les trois sites, classés par ordre de profondeur décroissante (sites A, B et C : 4,7 m, 4,1 m et 3,15 m). Les résultats des essais sont présentés pour les scénarios à deux embarcations naviguant en parallèle à 10 km/h et à 15 km/h et à une embarcation naviguant à moins de 5 km/h. Les résultats des autres essais sont présentés en annexe sous la forme de graphiques annotés (annexe 2).

L'effet du passage des embarcations semble avoir une importance relative différente selon les scénarios. Ainsi, l'augmentation de vitesse et la configuration du passage des embarcations (solitaire, en ligne, en parallèle, croisement) influencerait la puissance du remuement. Dans le but d'évaluer si les scénarios de navigation (vitesse et configuration du passage) peuvent être ordonnés, on a évalué l'énergie transmise à la colonne d'eau selon les différents scénarios en calculant un déplacement global proportionnel à l'effet perturbateur selon l'équation suivante :

$$D = \int_{t_0}^{t_{10}} v \partial t$$

<sup>14</sup> Imperceptible à la profondeur de mesure.

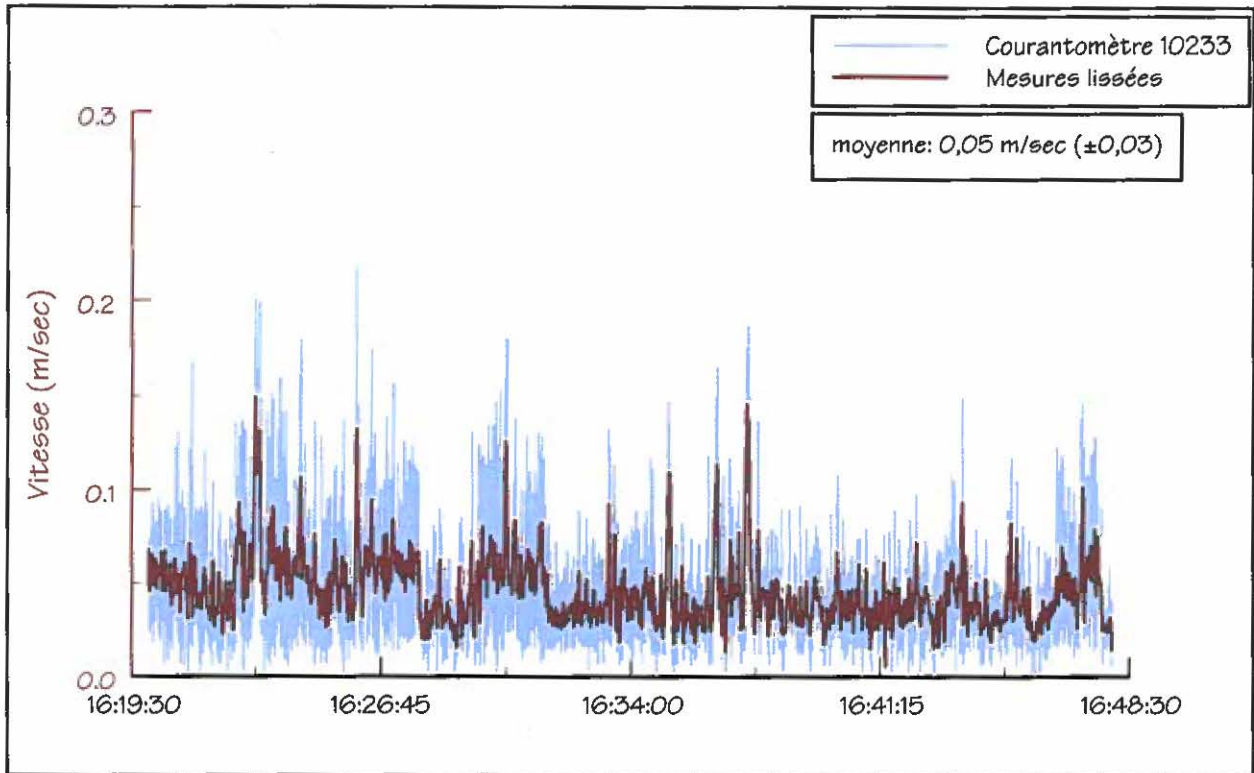


Figure 5: Conditions naturelles de la vitesse du courant au site C,  
12 octobre 1998

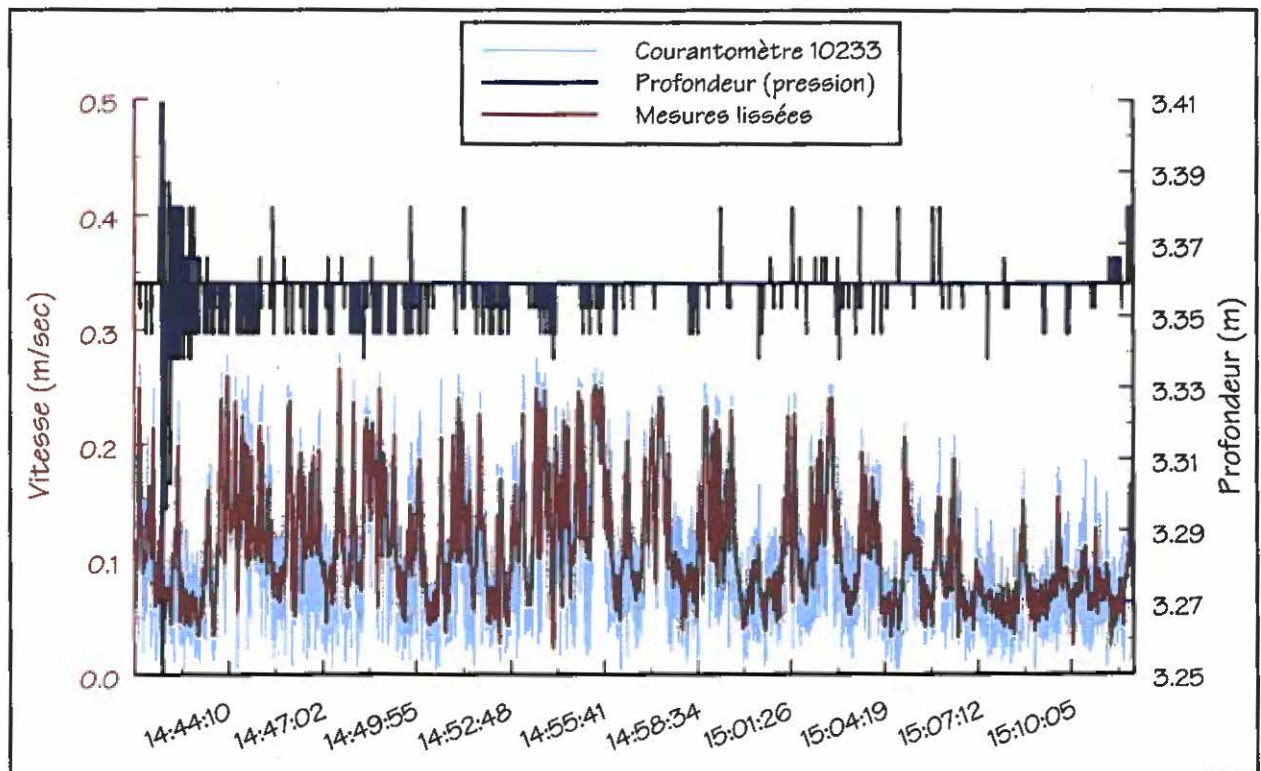


Figure 6: Réponse du signal de pression et de vitesse au passage de deux embarcations  
circulant en parallèle à 15 km/h, site C, 16 octobre 1998

22200402.axg

Une période comparable pour tous les essais de 10 minutes après le moment du passage a servi de base de calcul. Compte tenu de la variabilité importante des vitesses à la fréquence de mesure (2 Hz), les valeurs filtrées à l'aide d'une moyenne mobile sur cinq secondes ont été utilisées afin d'atténuer l'effet des valeurs extrêmes et pour faire ressortir un patron cohérent.

Les résultats du calcul montrent, pour les essais à 10 km/h et moins, une augmentation de l'effet perturbateur selon que l'on a une ou deux embarcations et que celles-ci se déplacent en ligne ou en parallèle (figure 7). L'effet perturbateur est plus élevé selon ce dernier scénario et diminue pour les autres.

À 15 km/h, on observe la même tendance générale, particulièrement au site C (figure 8). La tendance est moins évidente au site A, mais le scénario à deux embarcations en parallèle est néanmoins le plus perturbateur. Par contre, au site B, la classification des scénarios n'est pas concluante car l'on observe une tendance inverse<sup>15</sup>.

### 4.3.3 Essais

#### Bassin n°4 – Site A

Au site A, le plus profond des trois sites d'expérimentation, les essais ont été réalisés en une seule séance (15 octobre : 13:10 à 16:10). À la station de référence, la transmissivité diminue graduellement de 0,7 % durant la première demi-heure (figure 9). Par la suite, on mesure une fluctuation à la baisse de 1,3 % qui se produit en moins de 10 minutes. Subséquemment, la transmissivité varie de façon erratique avec des écarts d'environ 0,9 % pendant une période d'environ 30 minutes qui recoupe les scénarios 5 et 6. À la structure, on enregistre une baisse de la transmissivité d'environ 1 % qui pourrait être corrélée à celle observée à la station de référence si l'on considère le délai dû à la distance entre les deux stations. L'augmentation de turbidité associée à cette fluctuation de la transmissivité est imperceptible sur le document vidéo.

<sup>15</sup> Sans pouvoir expliquer avec certitude la raison de ce phénomène, il faut considérer que les trajectoires des embarcations pouvaient parfois s'écarter de l'axe sur lequel se trouvait la plate-forme de mesures et résulter en un effet atténué. De plus, le déroulement des scénarios a été rapide à ce site de telle sorte qu'un effet résiduel du passage précédent pouvait affecter l'écoulement.

● Note: Les trajectoires des embarcations sont dirigées vers l'amont

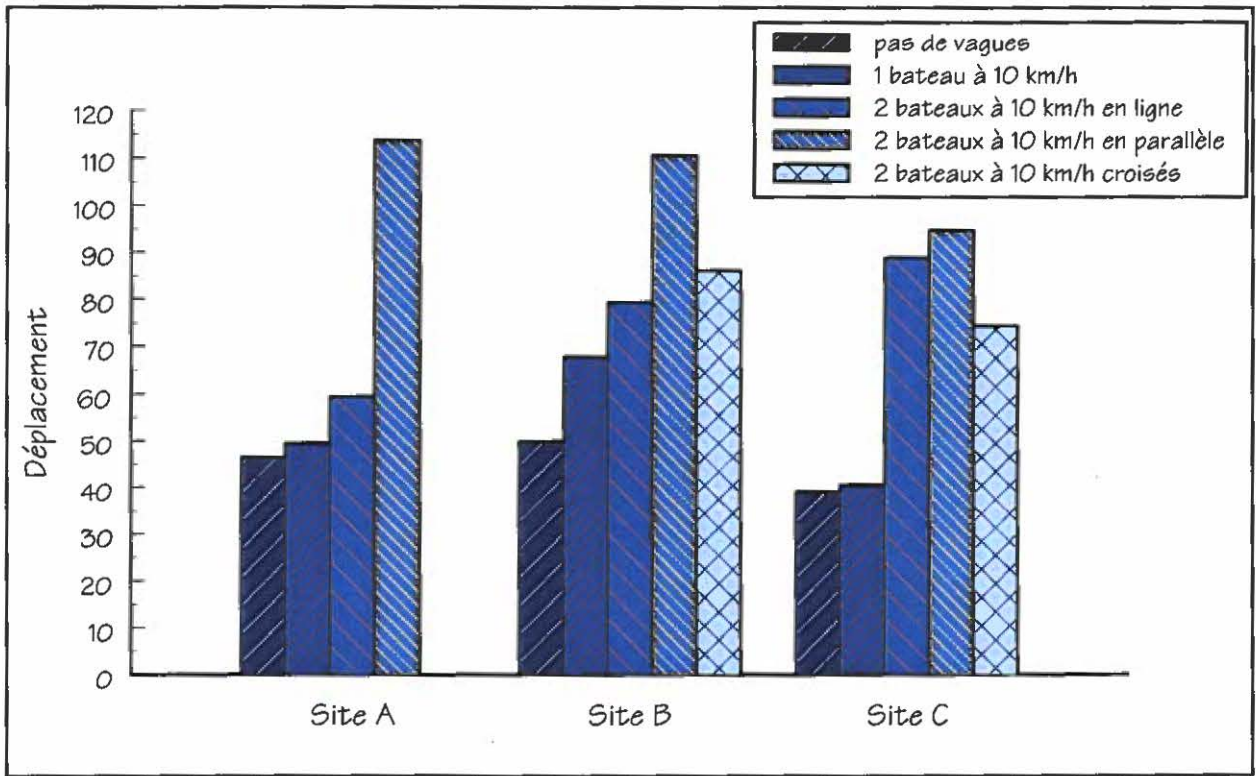


Figure 7: Comparaison du déplacement global pour divers scénarios à 10 km/h

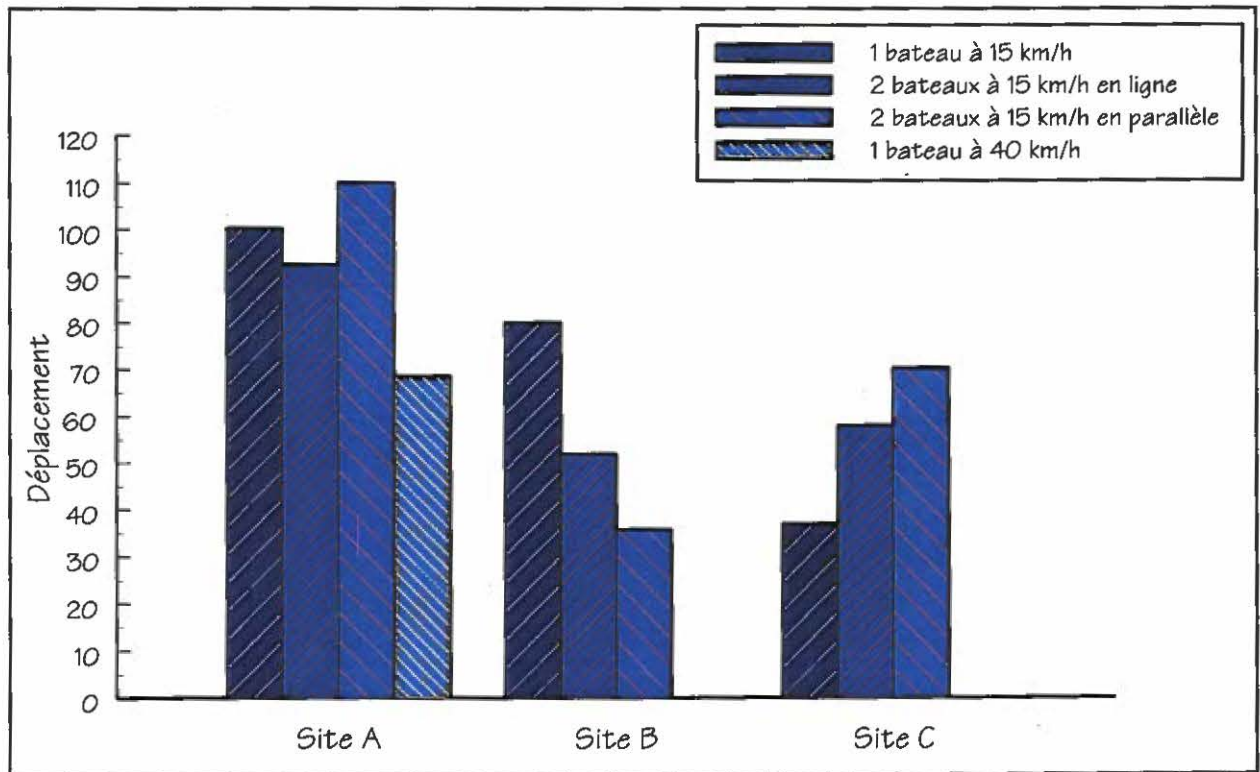


Figure 8: Comparaison du déplacement global pour divers scénarios à 15 km/h et 40 km/h

Avant le début des essais, la vitesse du courant est de 0,08 m/sec ( $\pm 0,04$ ).

### **5 km/h**

Le passage de l'embarcation à moins de 5 km/h ne provoque aucune fluctuation anormale du signal de transmissivité ou du signal de pression (figure 10). La vitesse moyenne de courant durant l'essai (0,08 m/sec  $\pm 0,03$ ) est comparable à la vitesse moyenne normale (tableau 8).

Le document vidéo ne montre aucune fluctuation des rubans marqueurs et aucun remaniement des sédiments superficiels.

### **10 km/h**

Le passage de deux embarcations en parallèle à 10 km/h ne cause aucun changement des conditions de transmissivité (figure 11). Par contre, le déplacement de la masse d'eau est perceptible sur le signal de pression avec une fluctuation correspondant à un mouvement vertical de -2 cm. De plus, il cause de nombreuses et fortes turbulences dont les valeurs sont jusqu'à 4 fois supérieures aux valeurs normales. La vitesse moyenne durant l'essai, 0,19 m/sec ( $\pm 0,08$ ) est supérieure à la vitesse moyenne normale (tableau 8).

Sur le document vidéo, le passage des embarcations ne cause qu'un léger mouvement des rubans marqueurs et aucune remaniement du substrat.

### **15 km/h**

Le passage de deux embarcations en parallèle à 15 km/h provoque une brusque diminution de la transmissivité de - 9 % durant une période initiale d'un peu plus d'une minute (figure 12). Subséquemment, on mesure le passage de nuages turbides (- 12 % et - 3,3 %) pendant une période de une à cinq minutes.

Le signal de pression répond au passage des embarcations par une série de fluctuations (+ 6 cm à - 7 cm) ayant une amplitude maximale de  $\pm 13$  cm et une durée d'environ

50 secondes (figure 12). Par ailleurs, le signal de vitesse devient plus turbulent avec une vitesse moyenne qui est supérieure ( $0,2 \text{ m/sec} \pm 0,1$ ) à la vitesse normale (tableau 8).

Le document vidéo montre à l'arrivée des embarcations, l'arrêt temporaire de l'écoulement puis un mouvement alternatif de remuement. Le mouvement des rubans marqueurs témoignent de ces turbulences qui perturbent les sédiments superficiels. Le nuage turbide résultant de la remise en suspension s'atténue en moins de une minute, par décantation et advection vers l'aval. Par la suite, on observe une augmentation de la turbidité qui indique l'advection du matériel remis en suspension à l'amont.

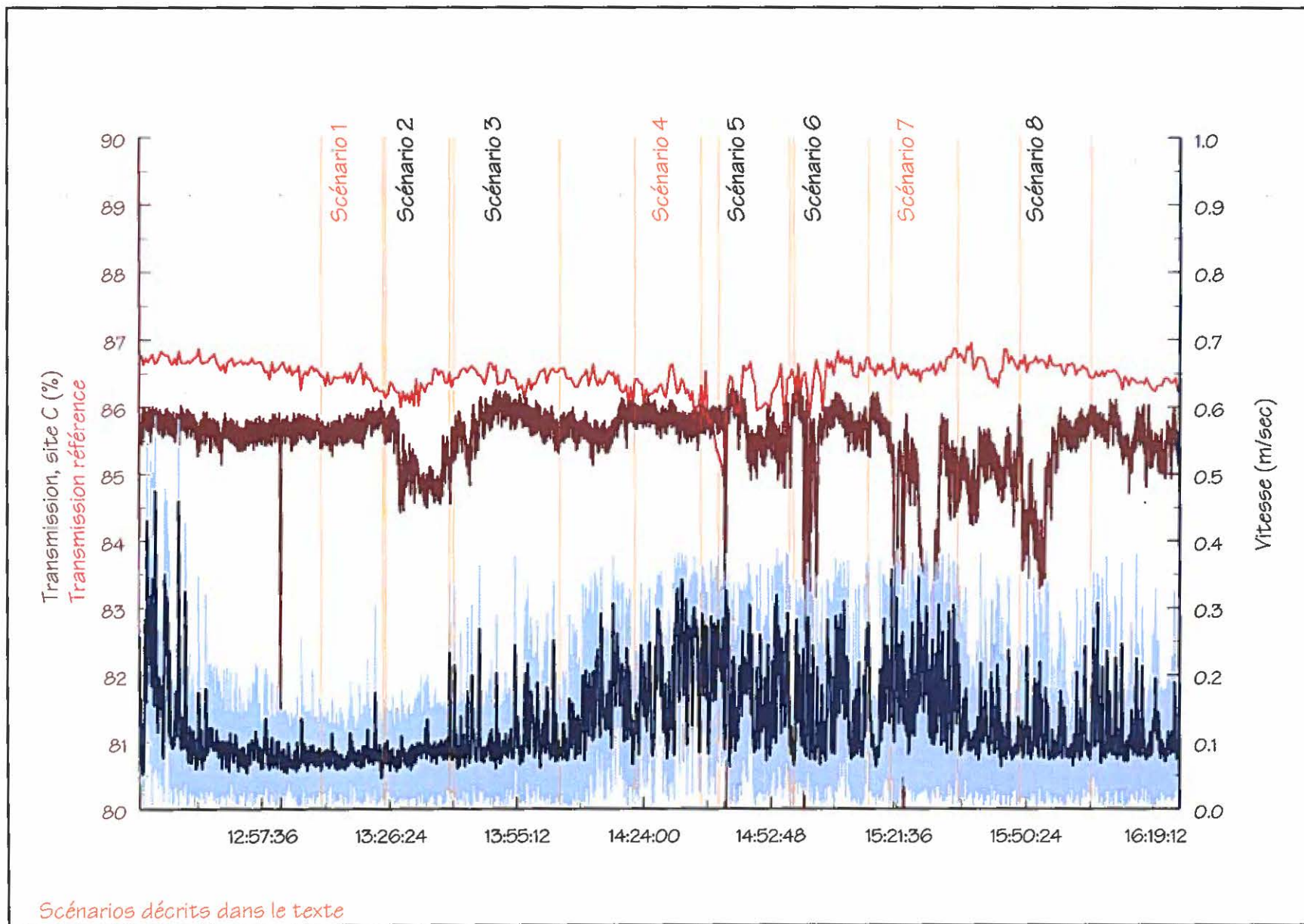


Figure 9: Transmissivité et courant au site A durant les essais du 15 octobre 1998

Site A

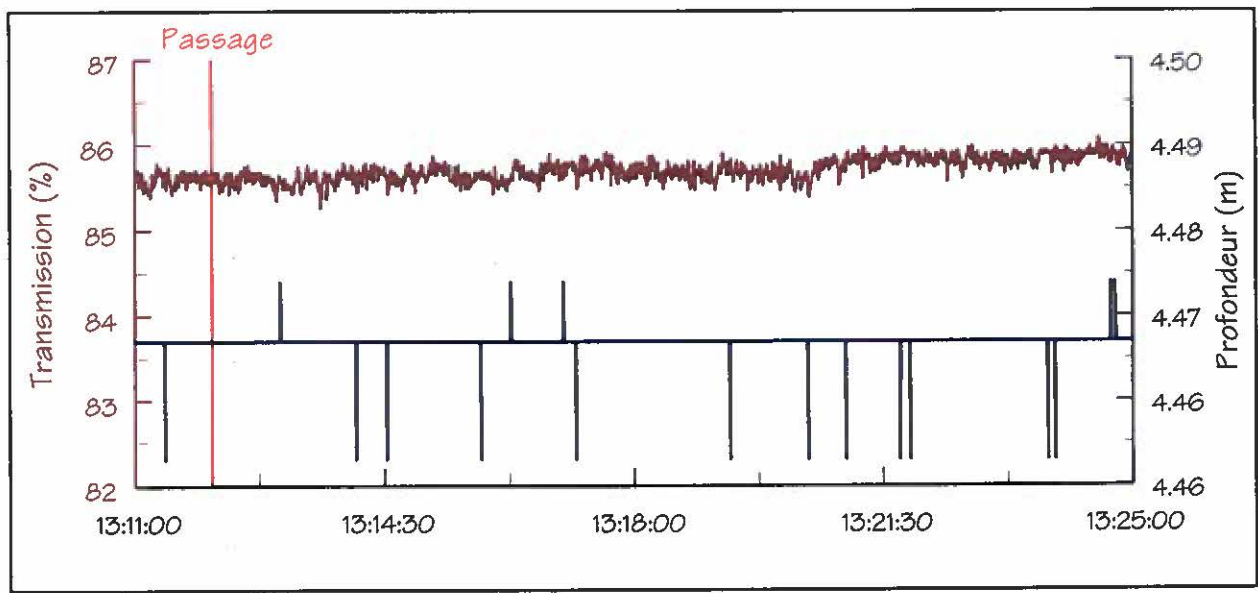


Figure 10: Essai à  $\approx 5$  km/h

1 embarcation

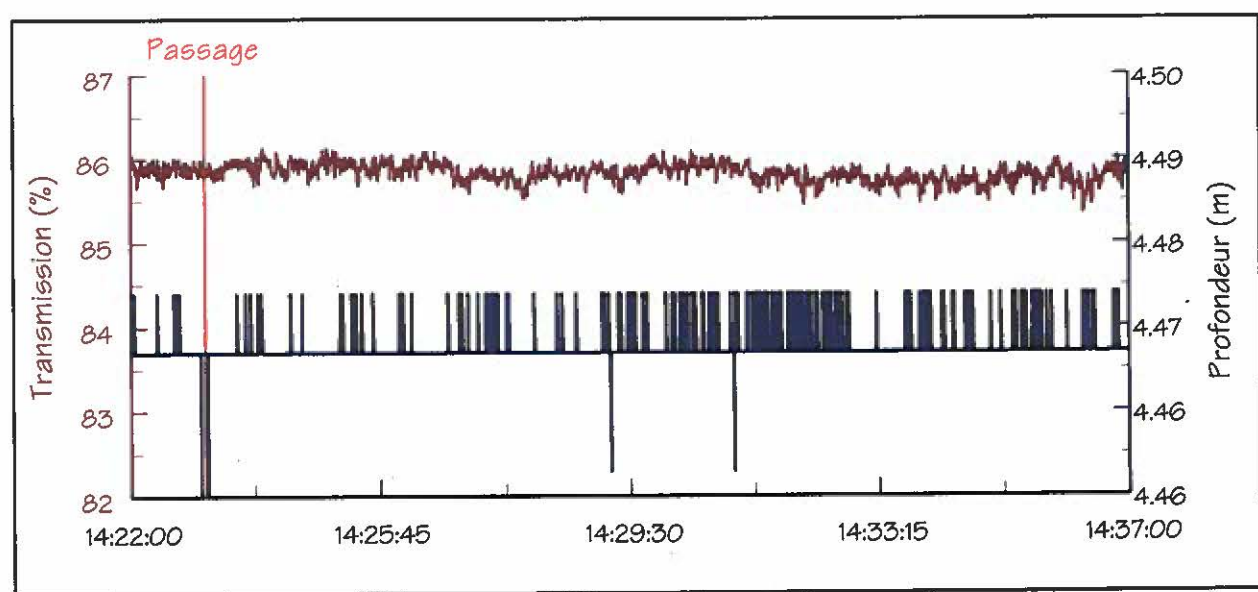


Figure 11: Essai à 10 km/h

2 embarcations en parallèle

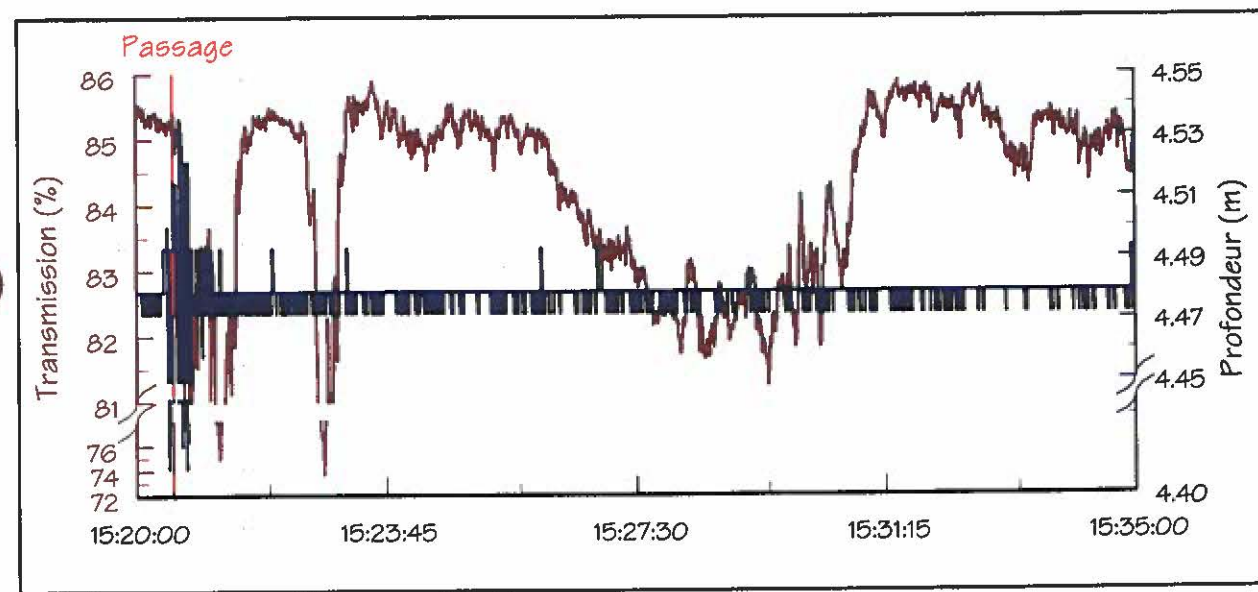


Figure 12: Essai à 15 km/h

2 embarcations en parallèle

### **Bassin n°3 – Site B**

Les essais au site B se sont déroulés en une seule séance (17 octobre : 11:48 à 15:15). Durant la première moitié des essais, la transmissivité à la station de référence a augmenté graduellement d'environ 0,7 % et les fluctuations, sur des périodes inférieures à cinq minutes, sont graduelles et inférieures à 0,5 % (figure 13).

À la structure, le signal de transmissivité montre une baisse globale d'environ 0,7 % modulé par l'effet perturbateur de quelques scénarios (figure 13). Par ailleurs, les baisses importantes de transmissivité enregistrées à la plate-forme de mesures au début de la séance d'essais et à quelques reprises par la suite (11:40, 12:51 à 12:57, 14:31 à 14:39) ont été causées par l'intervention d'un plongeur<sup>16</sup>.

Avant le début de la séance d'essais, la vitesse du courant moyen (0,07 m/sec,  $\pm 0,04$ ) est comparable au courant moyen normal (tableau 8).

#### **5 km/h**

Le passage d'une embarcation à moins de 5 km/h est imperceptible sur le signal de transmissivité et sur le signal de pression (figure 14). On observe des fluctuations de la vitesse du courant par rapport aux conditions naturelles, mais la vitesse moyenne est comparable (0,08 m/sec  $\pm 0,05$ ) aux conditions normales (tableau 8).

Le document vidéo ne montre aucun remuement de la colonne d'eau ou de perturbation des sédiments.

#### **10 km/h**

L'effet du passage des embarcations en parallèle à cette vitesse est imperceptible sur le signal de transmissivité (figure 15). Par contre, le mouvement de la masse d'eau est perceptible sur le signal de pression où l'on enregistre une fluctuation de -1,4 cm. De plus, le remuement de

<sup>16</sup> Le plongeur devait récupérer la caméra vidéo (remplacement des batteries et cassette d'enregistrement).

la colonne d'eau est plus importante qu'en conditions normales. Durant l'essai, la vitesse du courant moyen ( $0,18 \text{ m/sec} \pm 0,07$ ) est supérieure à la valeur moyenne normale (tableau 8).

Le document vidéo montre l'effet du passage des embarcations sur le remuement de la colonne d'eau (léger mouvement des rubans marqueurs), mais on n'observe aucune perturbation des sédiments superficiels.

### **15 km/h**

À cette vitesse le passage des embarcations provoque une baisse rapide de la transmissivité de  $-4,7 \%$  pendant une période d'environ 4 minutes (figure 16). Le second passage d'une seule embarcation, sept minutes après le passage initial, provoque une réponse comparable, quoique plus faible ( $-2,2 \%$ ) et avec un temps de récupération de 7 minutes.

Lors des deux passages, le déplacement de la masse d'eau se traduit par un mouvement vertical d'une amplitude maximale de  $\pm 10 \text{ cm}$  et  $\pm 9 \text{ cm}$ . Ces fluctuations de pression correspondent à une alternance de surpressions et de dépressions ( $+2,1 \text{ cm}$  à  $-7,8 \text{ cm}$ ), d'une durée d'environ 40 secondes et 30 secondes respectivement. La vitesse moyenne durant l'essai ( $0,063 \text{ m/sec} \pm 0,07$ ) est comparable à la vitesse normale (tableau 8).

Sur le document vidéo, le passage des embarcations provoque le remuement de la colonne d'eau qui se traduit par un arrêt de l'écoulement et l'amorce d'un mouvement de va-et-vient qui provoque la remise en suspension des sédiments superficiels. Un délai d'environ 4 minutes s'écoule avant que les conditions normales d'écoulement se rétablissent. Le second passage de l'embarcation provoque aussi une remise en suspension mais qui semble atténuée par rapport au premier événement.

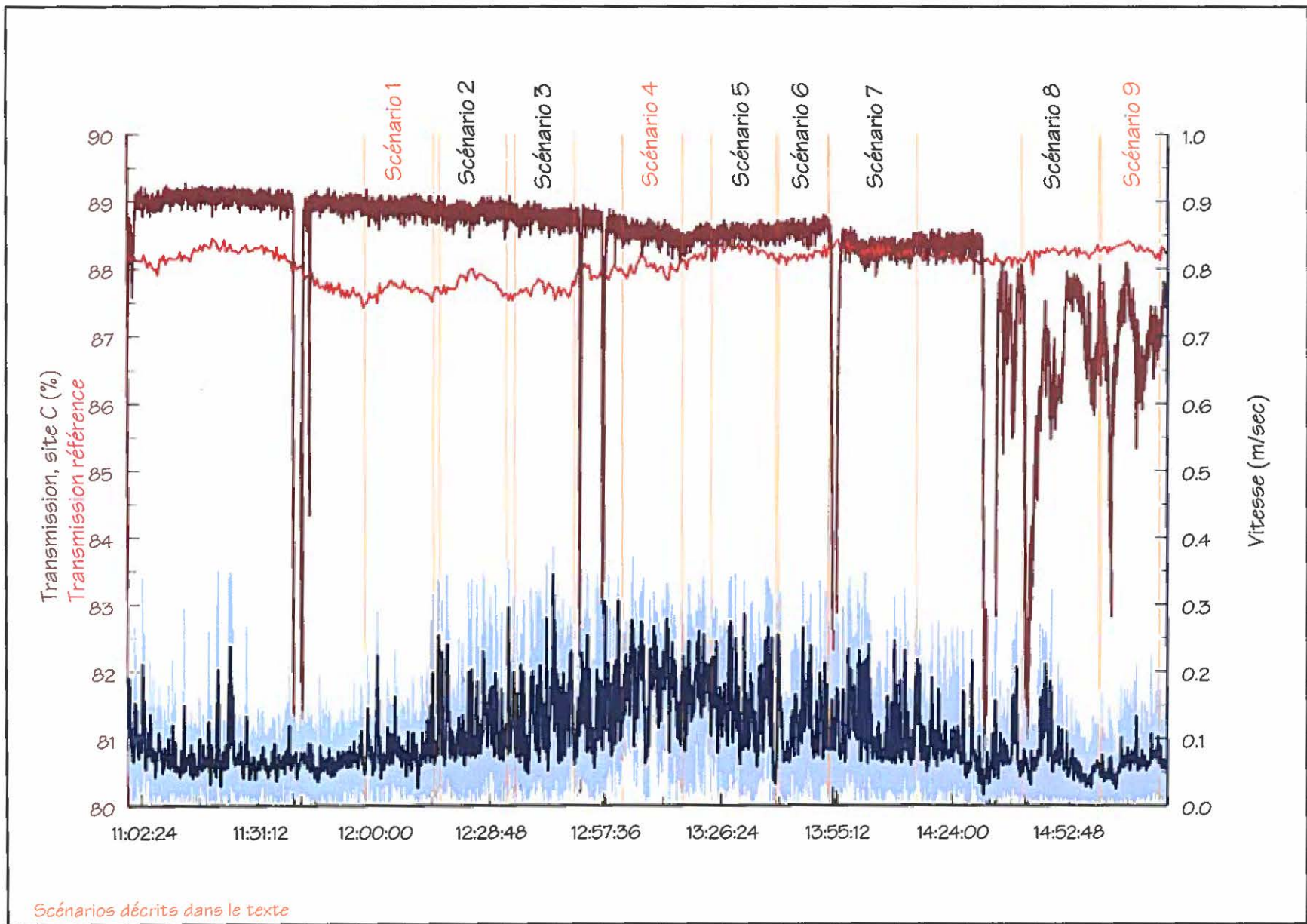
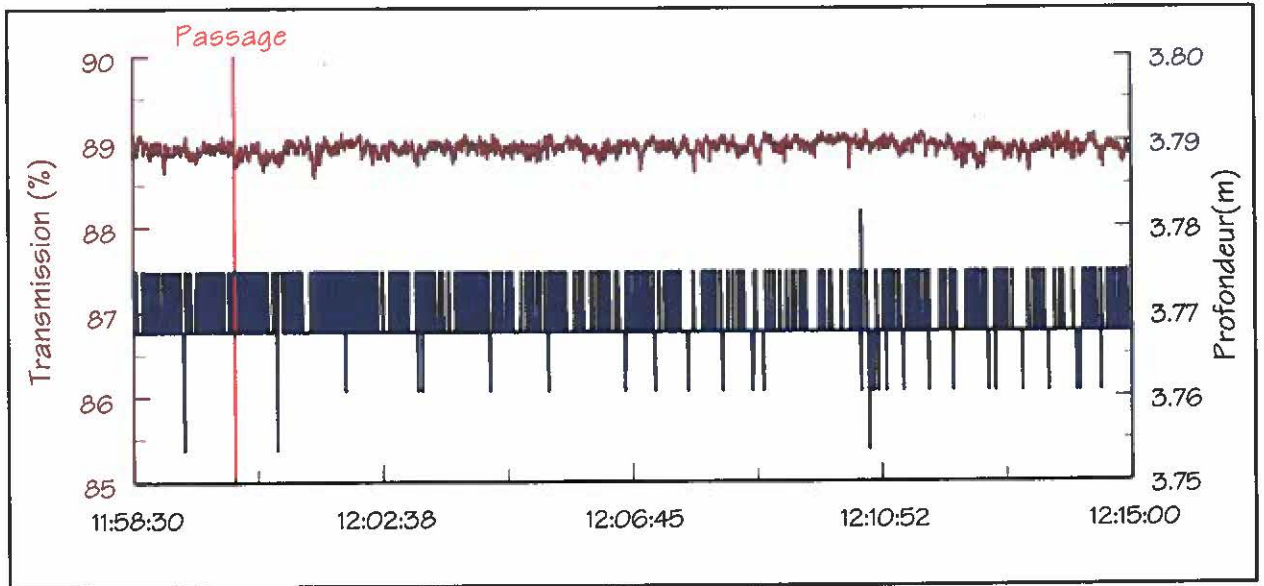


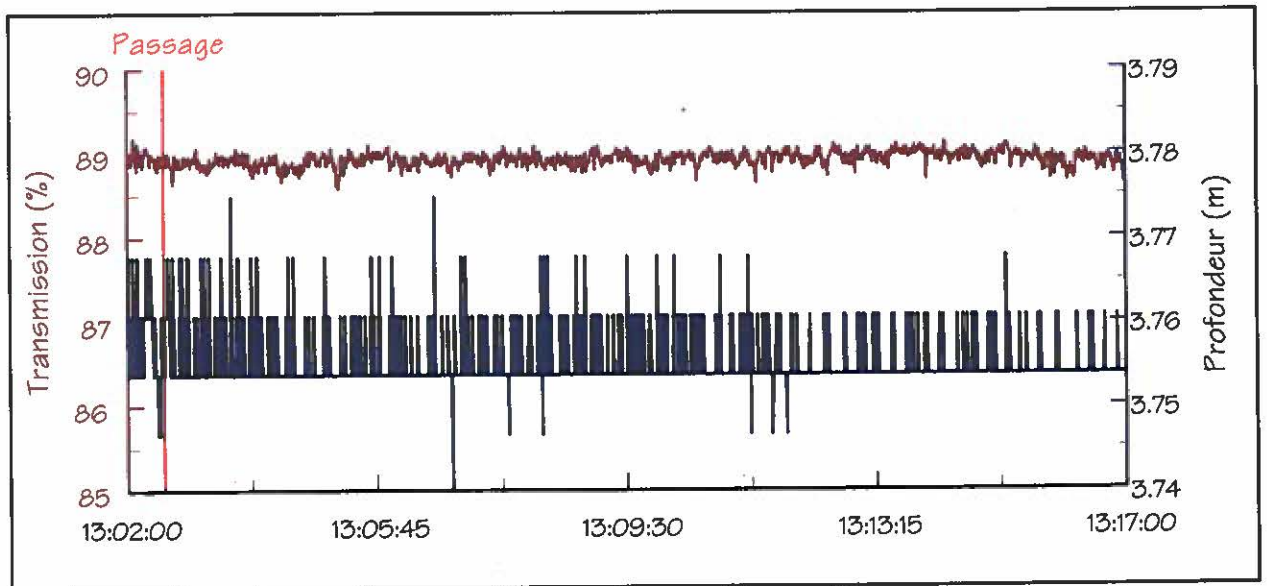
Figure 13: Transmissivité et courant au site B durant les essais du 17 octobre 1998

Site B



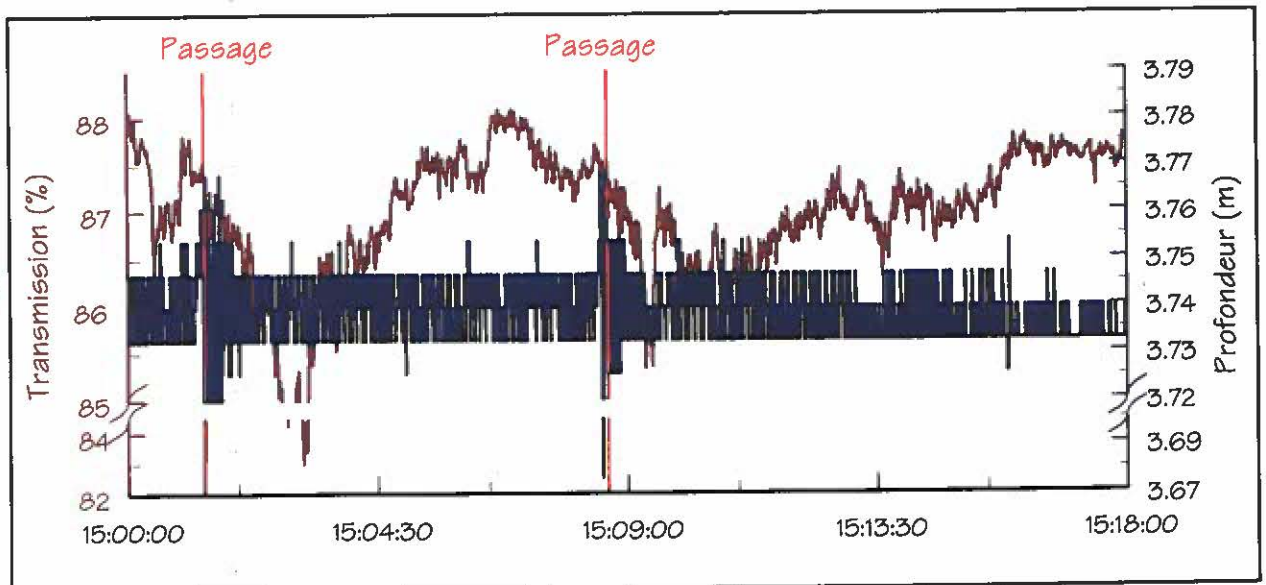
1 embarcation

Figure 14: Essai à  $\approx 5$  km/h



2 embarcations en parallèle

Figure 15: Essai à 10 km/h



2 embarcations en parallèle

Figure 16: Essai à 15 km/h

## **Bassin n°4 - Site C**

Le déroulement des essais au site C s'est fait en deux séances. Durant la première séance (13 octobre : 14:53 à 17:00), la transmissivité à la station de référence a augmenté légèrement de 0,8 % (figure 17). Une variation comparable mais plus faible a été enregistrée à la plate-forme de mesures (figure 17). Durant cette période, on a enregistré des variations graduelles de la transmissivité de référence dont la plus importante ( $\pm 0,9$  %) s'est produite sur une période de 20 minutes entre les scénarios 1 et 2. Aucune fluctuation comparable n'a été enregistrée à l'instrument situé sur la plate-forme de mesures (figure 17).

Durant la seconde séance (16 octobre : 13:00 à 15:00), la transmissivité à la station de référence varie peu mais montre une diminution de 0,4 % durant la période d'essai (figure 18). Une diminution globale du signal de transmissivité est aussi enregistrée à la plate-forme de mesures, mais le signal y est également modulé par l'effet du passage des embarcations pour quelques scénarios (figure 18).

Lors de la première séance des essais, le courant moyen au site C était de 0,1 m/s et de 0,06 m/s lors de la seconde phase (annexes).

### **5 km/h**

À cette vitesse, les fluctuations de la transmissivité sont comparables aux conditions naturelles (figure 19). Le déplacement de la masse d'eau par le passage de l'embarcation est imperceptible sur le signal de pression et sur le signal de vitesse, où les fluctuations (0,06 m/sec  $\pm 0,09$ ) sont comparables aux conditions naturelles (0,06 m/sec  $\pm 0,04$ ).

Aucun document vidéo n'est disponible pour cet essai.

### **10 km/h**

Le passage de deux embarcations en parallèle n'affecte pas le signal de transmissivité qui demeure très stable avec des fluctuations inférieures à 0,5 % (figure 20). Par contre, le

déplacement de la masse d'eau est perceptible sur le signal de pression et se traduit par un mouvement vertical de  $-2$  cm. Le signal de vitesse est plus turbulent qu'en conditions normales. Par contre, le courant moyen durant l'essai ( $0,07$  m/sec  $\pm 0,01$ ) est comparable au courant moyen normal (tableau 8).

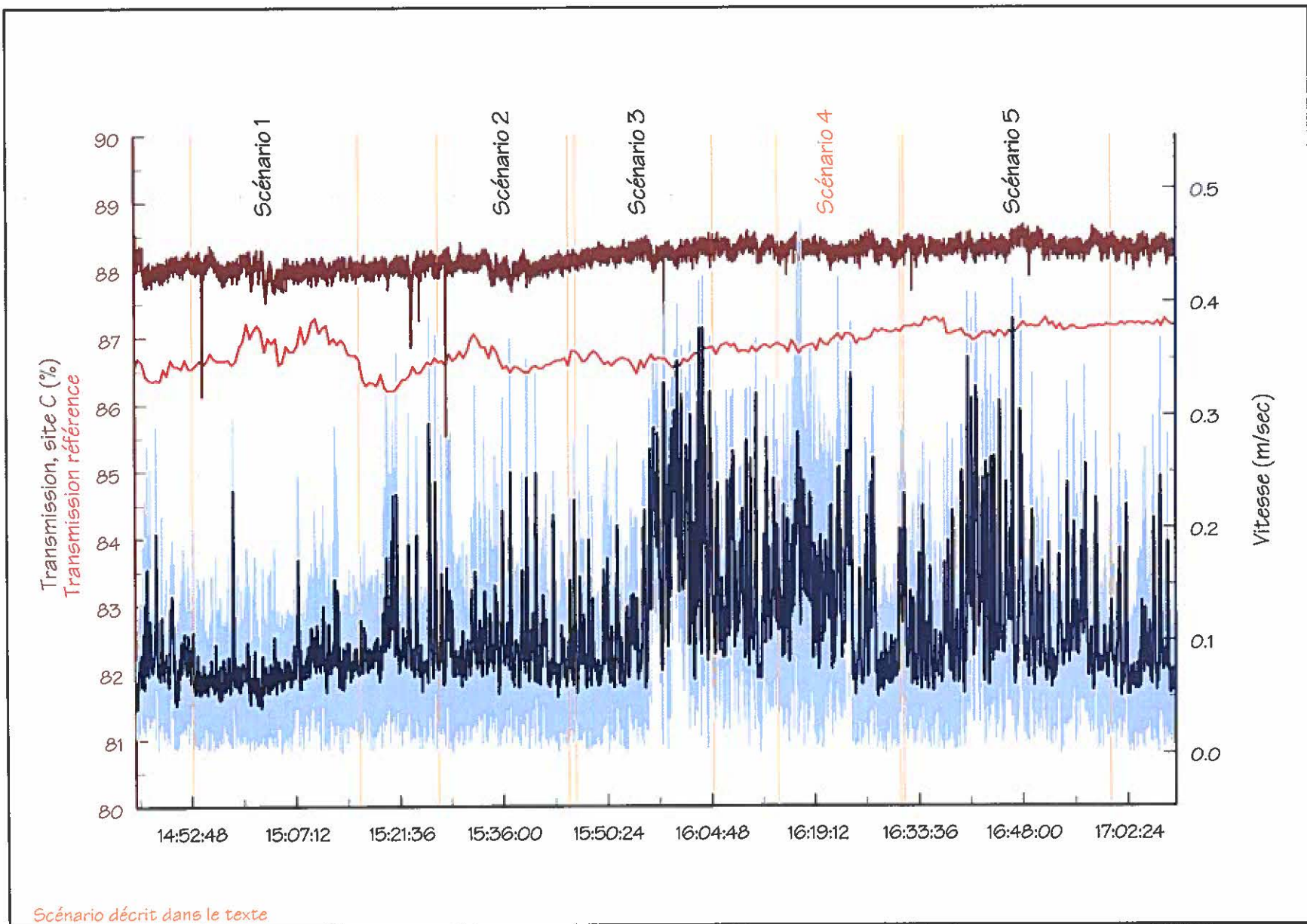
Sur le document vidéo, le passage des embarcations provoque un léger mouvement des rubans marqueurs et des débris végétaux qui reposent sur le fond. La perturbation ne dure pas plus de trois secondes et on n'observe aucune remise en suspension des sédiments.

### **15 km/h**

À cette vitesse, le signal de transmissivité répond au passage des embarcations après un court délai ( $\approx 10$  sec). On mesure une fluctuation rapide de 7 % (figure 21) pendant une période d'environ 30 secondes. Par la suite, de nouvelles baisses sont observées bien que plus faibles ( $-2,8$  à  $-3,6$  %) mais pour des périodes plus longues ( $\approx 3$  min et  $\approx 16$  min). La transmissivité retourne aux valeurs normales environ 25 minutes après le passage des embarcations.

Le déplacement de la masse d'eau au moment du passage des embarcations se traduit par une fluctuation du signal de pression dont l'amplitude maximale est équivalente à un mouvement vertical de  $\pm 19$  cm pendant une période d'un peu plus d'une minute. Cette fluctuation correspond à une alternance de surpressions ( $+5$  cm) et de dépressions ( $-14$  cm). Le signal de vitesse devient plus turbulent, mais la vitesse du courant moyen durant l'essai ( $0,11$  m/sec  $\pm 0,01$ ) est à peine plus grande que la vitesse normale moyenne (tableau 8).

Le document vidéo (13 octobre) montre que le passage des embarcations provoque un mouvement alternatif près du fond qui entraîne une remise en suspension des sédiments superficiels. La turbidité diminue rapidement avec la décantation des particules initialement remise en suspension. Elle augmente par la suite avec l'advection du matériel remanié en amont.



22200407.axg

Figure 17: Transmissivité et courant au site C durant les essais du 13 octobre 1998

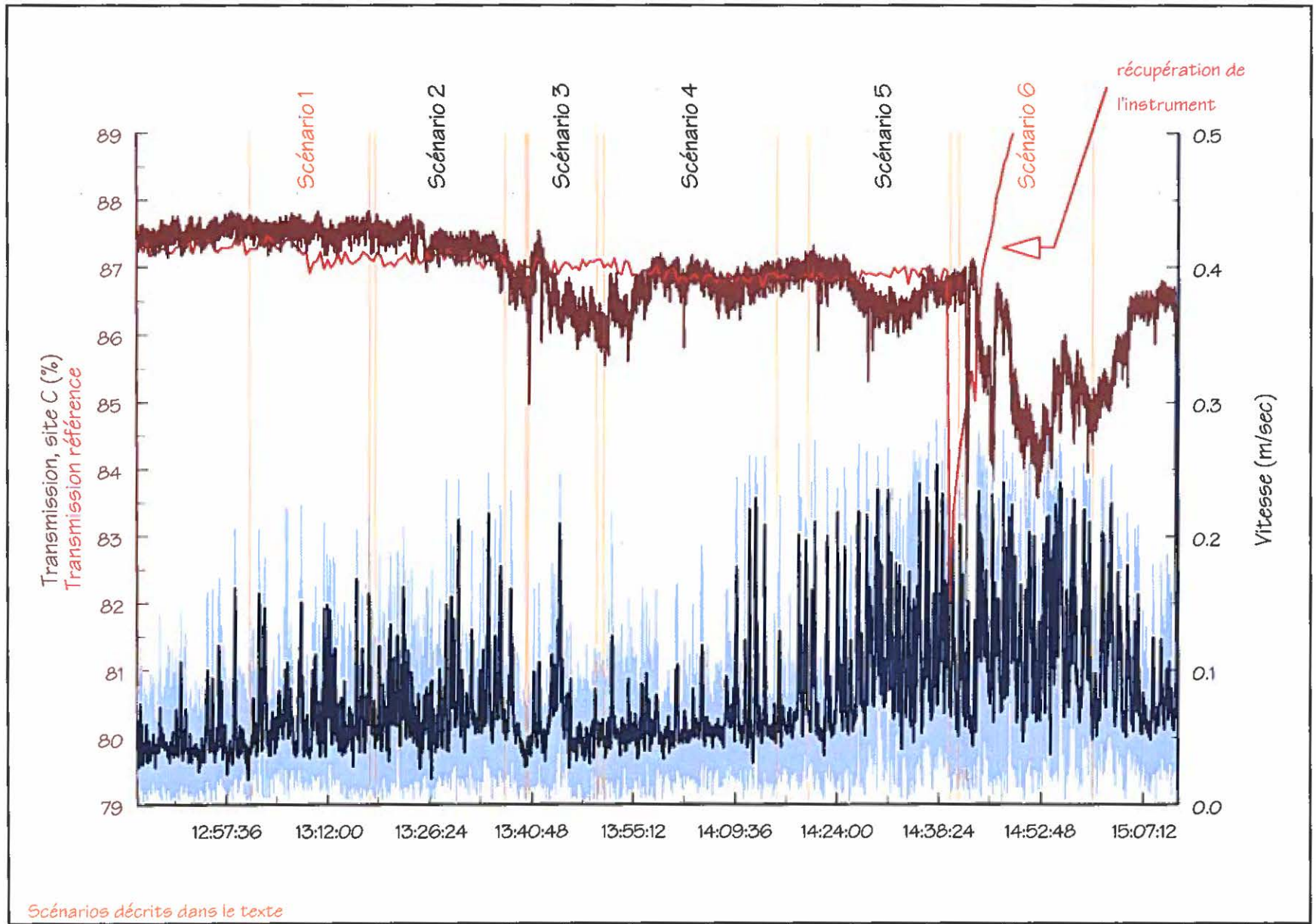


Figure 18: Transmissivité et courant au site C durant les essais du 16 octobre 1998

Site C

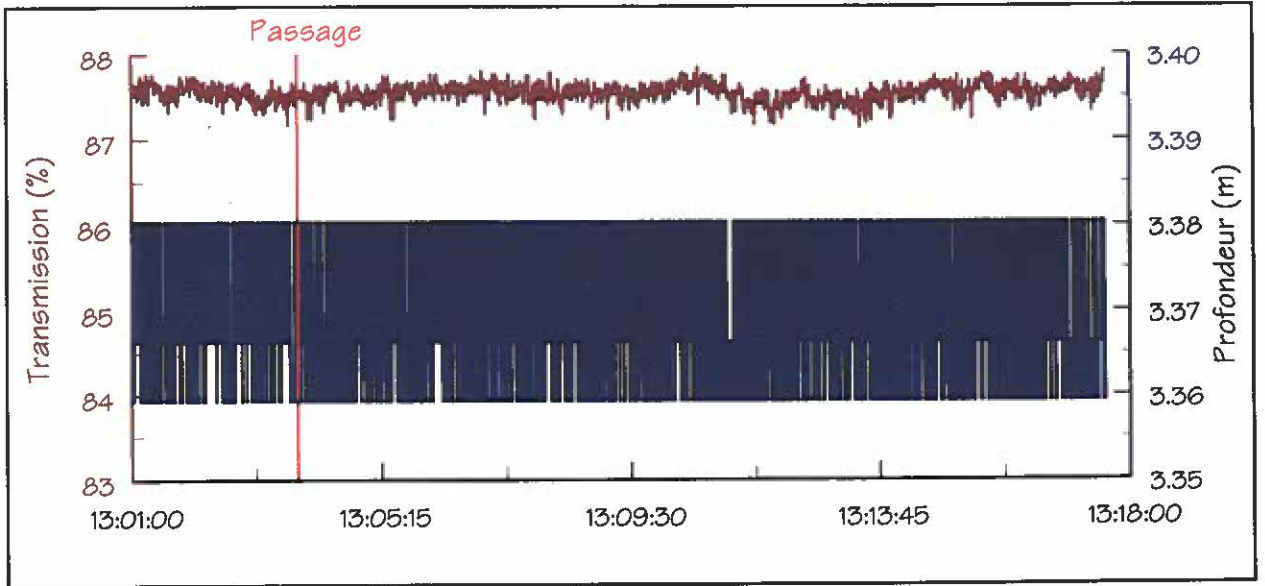


Figure 19: Essai à  $\approx 5$  km/h

1 embarcation

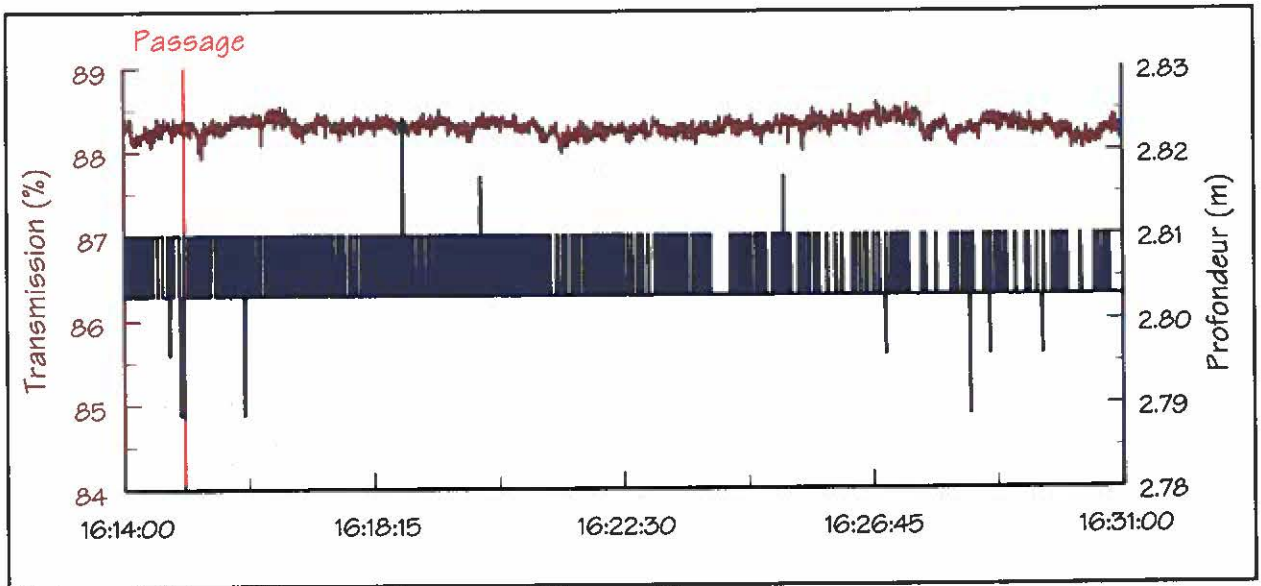


Figure 20: Essai à 10 km/h

2 embarcations en parallèle

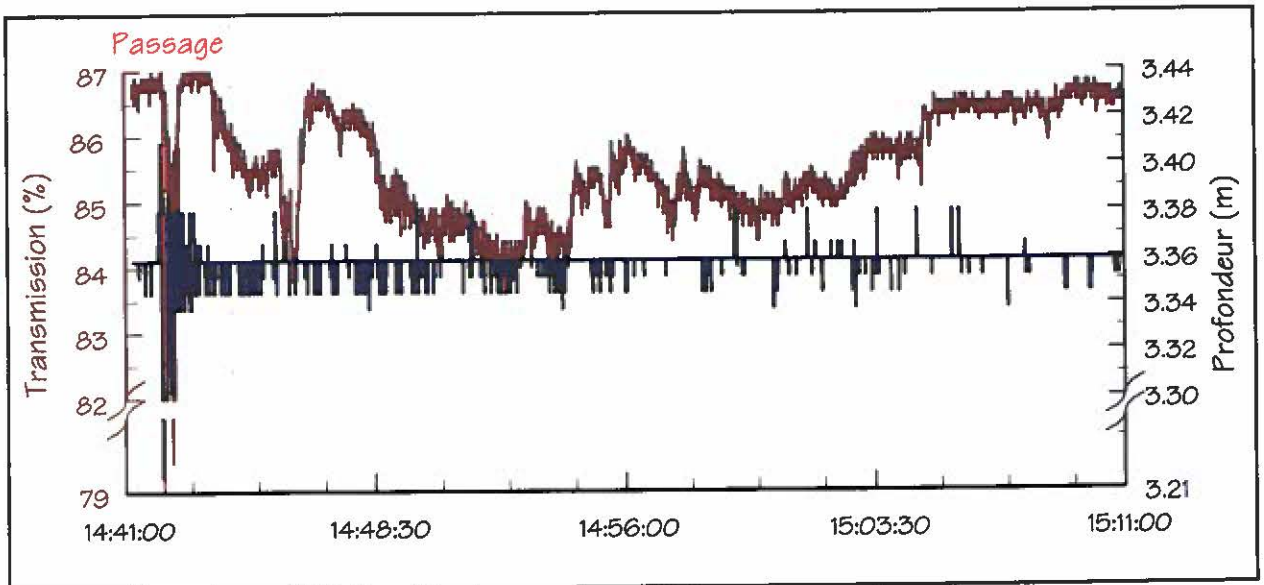


Figure 21: Essai à 15 km/h

2 embarcations en parallèle

## Échantillonnage de la matière en suspension

Au total, 43 échantillons d'eau ont été recueillis lors de la réalisation de 17 scénarios. Les échantillons ont été recueillis aux trois sites d'expérimentation lors de la réalisation d'essais à 10 ou 15 km/h.

Les résultats d'analyses (annexes) montrent que la concentration de la MES n'a jamais dépassé la limite de détection établie à 2 ou 3 mg/L selon le cas. Les échantillons ont tous été pris à 1 m du fond au niveau de la plate-forme de mesures.

## 5 DISCUSSION

---

En conditions automnales, la turbidité dans le Canal-de-Lachine s'avère faible et très stable comme en témoigne les données de transmissivité et la mesure des concentrations de matières en suspension. Durant la période des essais, du 11 octobre au 17 octobre, la transmissivité à l'instrument de référence et de mesure a varié entre 85 et 89 % alors que la concentration des matières en suspension n'a jamais dépassé 2 – 3 mg/L. En conditions naturelles, les fluctuations de transmissivité étaient graduelles et en général inférieures à 0,5 % ou tout au plus à 2 %, nonobstant la période de temps considérée. Par conséquent, la distinction entre les fluctuations naturelles et l'occurrence du phénomène de remise en suspension, sur la base des prémisses établies pour l'interprétation des données, est sans équivoque.

Dans la tranche de profondeurs représentant les sites expérimentaux, l'effet du jet de l'hélice au niveau du substrat, processus qui avait été étudié dans l'étude antérieure (Tecsult, 1997), est imperceptible. En effet, l'interprétation du signal de pression et de vitesse a permis d'identifier que le déplacement de la masse d'eau causé par le passage des coques est probablement la cause des perturbations observées. En effet, l'augmentation de la vitesse près du fond par le jet de l'hélice, qui devrait se traduire par une brusque augmentation au moment du passage, ne se fait pas sentir aux profondeurs des trois sites alors que l'on enregistre des fluctuations de pression plus ou moins importantes selon le scénario considéré. Ainsi, il semblerait que l'effet perturbateur diffère selon les scénarios et se traduit par un remuement de la colonne d'eau dont l'importance relative augmente avec la vitesse et qui est plus grande lorsque deux embarcations se déplacent en parallèle pour une vitesse donnée.

À l'intérieur des limites d'expérimentation, l'effet perturbateur croît avec la vitesse de l'essai à cause de l'angle de déplacement des coques qui augmente en provoquant un déplacement d'eau plus important. Cela résulte en un mouvement vertical de la masse d'eau et dans la création d'un patron de vagues de plus en plus grosses. Ainsi, à 5 km/h, le déplacement d'une embarcation est imperceptible sur l'écoulement et la stabilité du substrat. À 10 km/h, le passage des embarcations est perceptible et affecte légèrement l'écoulement pendant une

période de quelques secondes sans, néanmoins, remanier les sédiments superficiels. Par contre, à 15 km/h, le déplacement de l'eau est plus important et provoque un remuement qui se fait sentir pendant plusieurs minutes et qui entraîne la remise en suspension des sédiments superficiels. Compte tenu du déplacement des embarcations, la remise en suspension en un point donné est de courte durée et la dissipation des turbulences permet aux particules en suspension de décanter en quelques minutes ou au plus en moins de 25 minutes (essai à 15 km/h).

Par ailleurs, les sédiments remaniés ne semblent pas se disperser dans la colonne d'eau à plus de 1 m du fond. En effet, les concentrations de la matière en suspension mesurées durant le déroulement de certains essais à 1 m au-dessus du fond ont toujours été équivalentes à la valeur de la limite de détection (2 à 3 mg/L).

Les images vidéo prises en surface démontrent qu'à une vitesse de 15 km/h, une embarcation du type utilisé a tendance à s'enfoncer par la poupe. Cette position résulte en un important déplacement d'eau qui, à la surface, résulte en la création d'un sillage aux vagues importantes. Lorsque deux embarcations circulent en parallèle, l'amplitude des vagues, particulièrement entre les embarcations, augmente. Celles-ci frappent violemment les murs du canal et sont réfléchies en créant un patron de vagues chaotique.

## CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

---

Dans le cadre de cette étude, la réalisation des différents scénarios a permis d'identifier certaines conditions limites quant à la remise en suspension des sédiments. Les essais ont permis de tester les scénarios les plus plausibles dans un contexte réaliste d'expérimentation.

Ainsi, il fut démontré qu'il n'y avait aucune remise en suspension à l'intérieur des limites de vitesses considérées comme étant des conditions de navigation de plaisance normales, même si le remuement de la colonne d'eau variait en intensité en fonction de la vitesse et selon les conditions de navigation. Le remuement le plus important se produit lorsque deux embarcations circulent en parallèle.

À partir de 15 km/h, l'assiette des embarcations utilisées diffère nettement par rapport aux plus faibles vitesses et le remuement qui en résulte provoque un remaniement des sédiments superficiels pendant une courte période. De plus, la dispersion du matériel remanié suite à la remise en suspension, semble être limitée à une hauteur inférieure à 1 m du fond et on suppose que la zone affectée par le remaniement est restreinte à 1 ou 2 largeurs d'embarcations, tout au long de la trajectoire. À la surface de l'eau, le passage des embarcations à cette vitesse provoque un patron de grosses vagues qui pourraient représenter des conditions hasardeuses quant à la sécurité des autres usagers, utilisant de petites embarcations, et à l'intégrité à long terme des structures du canal.

Donc, en considérant les conditions d'expérimentation, il semble que pour l'ensemble du Canal-de-Lachine, le passage d'embarcations ne devrait pas provoquer la remise en suspension des sédiments dans les conditions de navigation normales ( $\leq 10$  km/h).

De plus, certaines règles de navigation pourraient être instaurées afin d'atténuer au minimum le remuement de la colonne et qui incluraient :

- l'interdiction de circuler à plus de 10 km/h ;
- des restrictions sur la circulation en parallèle ;

- une distance minimale lorsque deux embarcations se suivent ;
- la réduction de la vitesse lorsque deux embarcations se croisent ;
- l'instauration d'un programme de sensibilisation des usagers.

Certaines des recommandations font déjà partie intégrante des règlements de navigation sur le réseau des canaux nationaux. Par ailleurs, ces recommandations pourraient être appliquées au Canal-de-Lachine en établissant, en particulier pour les zones potentiellement sensibles (autour de 3 m de profondeur), des couloirs de navigation permettant de limiter la circulation en direction opposée de par et d'autre du canal. Enfin, cette approche pourrait s'avérer bénéfique pour la sécurité et le confort des usagers à bord d'embarcations non-motorisées et pour la protection des rives et des structures à long terme.

Par ailleurs, dans le contexte d'une circulation réelle, un programme de suivi devrait être instauré afin de vérifier la justesse de nos observations. Ce programme devrait être démarré avant l'ouverture de la navigation afin de décrire les conditions naturelles sur une base annuelle de manière à pouvoir relativiser les observations subséquentes. De plus, les mesures réalisées permettraient d'identifier les conditions problématiques, s'il y a lieu, menant à un contrôle plus serré des règles de navigation dans le cadre d'un programme de respect des conditions normales de navigation.

## RÉFÉRENCE

---

- GPR. 1992. *Caractérisation des sédiments et évaluation des volumes sédimentaires dans le Canal-de-Lachine*. Rapport présenté au ministère Patrimoine canadien, Parcs Canada, Canal-de-Lachine.
- Marsan A. 1978. *Étude des sédiments-Canal-de-Lachine*. Rapport présenté au ministère des affaires Indiennes et du Nord. Parcs Canada.
- Guy H.P. 1970. *Fluvial sediment concepts*. US Geological Survey. Techniques Water-Resources Inv., Tome 3, Chap. C1, 55 p.
- Spinrad R.W. 1986. *A calibration diagram of specific beam attenuation*. Journal of Geophysical Research, vol. 91, no C6, pages 7761-7764.
- Tecslut inc. 1997. *Étude de risques de la remise en suspension des sédiments dans le Canal-de-Lachine associée au rétablissement de la navigation de plaisance*. Rapport présenté au ministère Patrimoine canadien, Parcs Canada, Canal-de-Lachine. 14 pages.

# **ANNEXE 1**

## **Répertoire photographique**

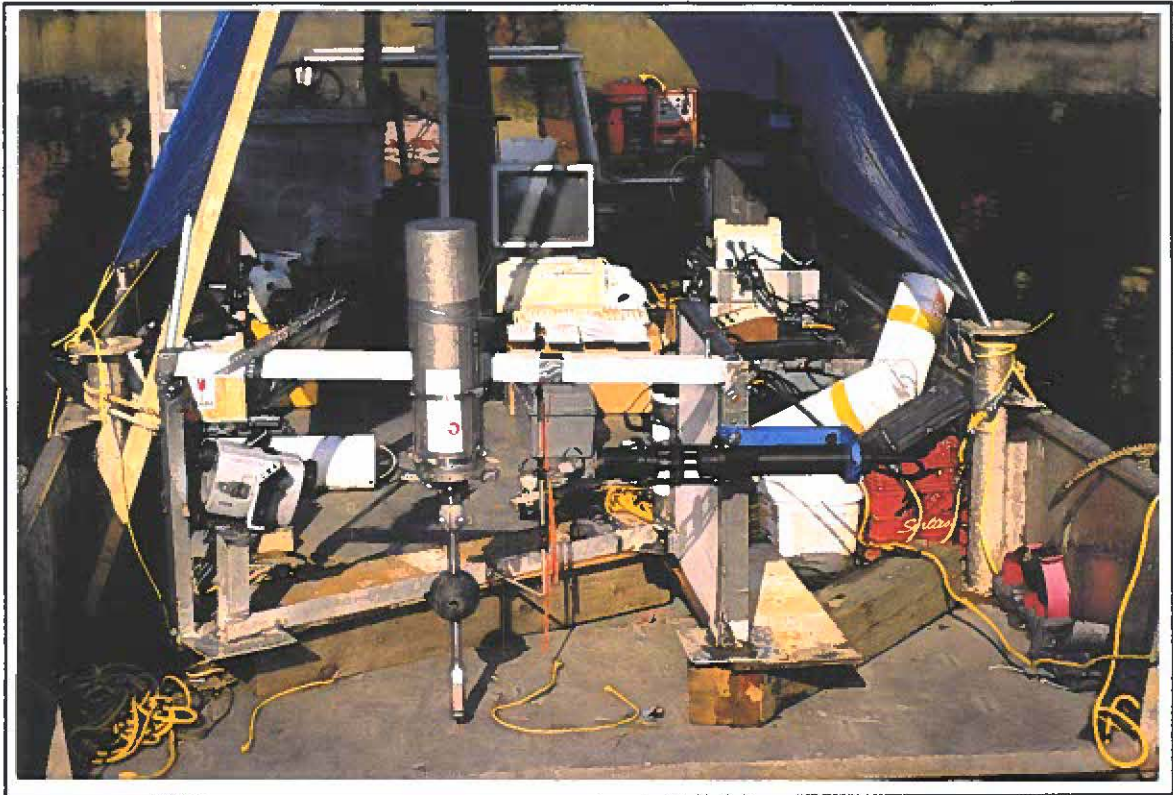
## Répertoire photographique



**Photo n° 1 :** Carotte de sédiments recueillie au site B

**Photo n° 2 :** Voile algal clairsemé recouvrant le substrat





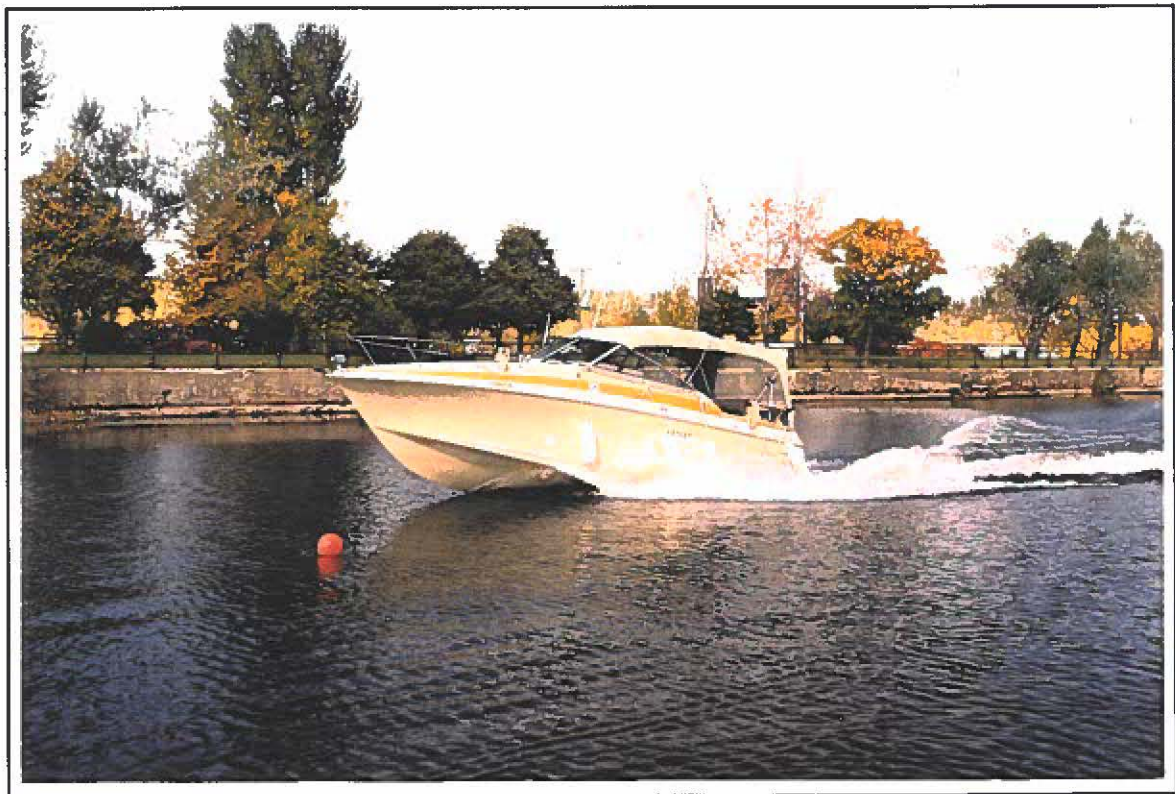
**Photo n° 3 :** Structure et instrumentation utilisées pour mesurer l'effet du passage des embarcations sur la stabilité des sédiments



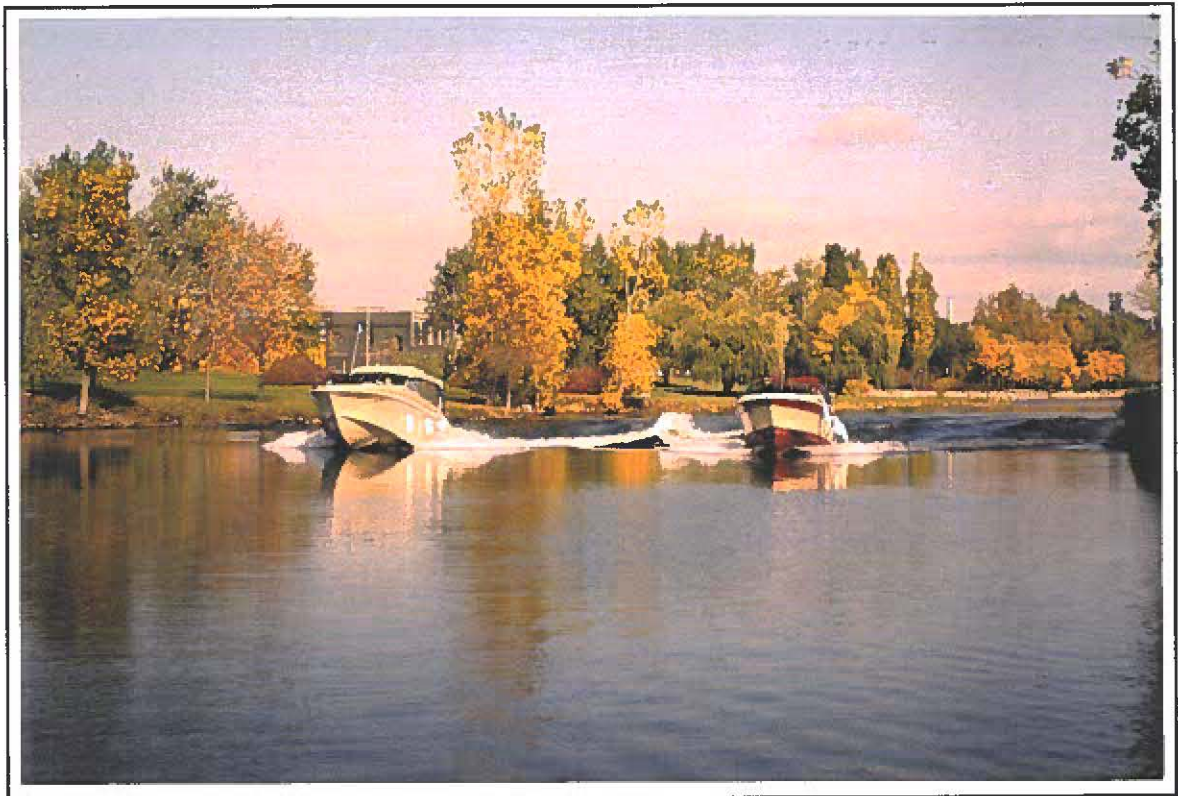
**Photo n° 4 :** Embarcation utilisée comme base d'opérations et pour le mouillage des instruments



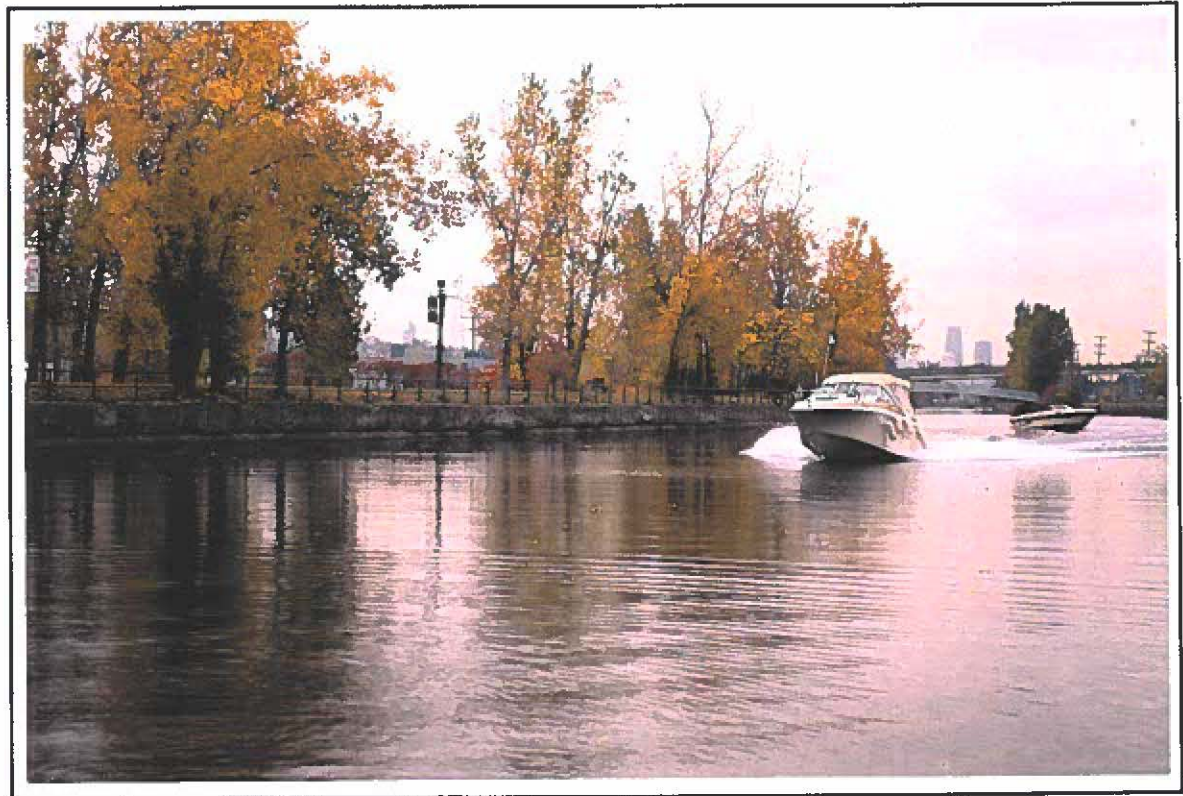
**Photo n° 5 :** Embarcation circulant à 10 km/h



**Photo n° 6 :** Embarcation circulant à 15 km/h



**Photo n° 7 :** Embarcations circulant en parallèle à 15 km/h



**Photo n° 8 :** Embarcation circulant à plus de 40 km/h



**Photo n° 9 : Embarcation circulant à 15 km/h**

## **ANNEXE 2**

**Série temporelle des données physiques enregistrées  
durant les essais**

**Par ordre chronologique de réalisation**

### Observations générales

<b>Scénario</b>	<b>Site:</b> Bassin 4, site C <b>Embarcation:</b> 1 <b>Vitesse:</b> 10 km/h <b>Direction:</b> aval vers amont	<b>Scénario 1</b>
<b>Commentaire</b>	<b>Transmissivité:</b> Fluctuation ponctuelle (-2 %) environ 6" après le passage Signal autrement normal  <b>Courant:</b> Vitesse moyenne 0,07 m/sec Turbulence maximale 0,19 m/sec; période d'environ 10 min  <b>Pression:</b> Dépression (-2 cm) au passage	
<b>Interprétation</b>	Pas de remise en suspension Pas de brassage de la colonne d'eau	

<b>Scénario</b>	<b>Site:</b> Bassin 4, site C <b>Embarcation:</b> 1 <b>Vitesse:</b> 10 km/h <b>Direction:</b> amont vers aval	<b>Scénario 2</b>
<b>Commentaire</b>	<b>Transmissivité:</b> Fluctuation ponctuelle (-2,5 %) environ 6" après le passage Signal autrement normal  <b>Courant:</b> Vitesse moyenne 0,13 m/sec Turbulence maximale 0,25 m/sec; période d'environ 1 min  <b>Pression:</b> Dépression (-2 cm) au passage	
<b>Interprétation</b>	Pas de remise en suspension Léger brassage avec l'augmentation des turbulences	

### Observations générales

<b>Scénario</b>	<b>Site:</b> Bassin 4, site C	<b>Scénario 3</b>
	<b>Embarcation:</b> 2 en ligne <b>Vitesse:</b> 10 km/h	
	<b>Direction:</b> aval vers amont	
<b>Commentaire</b>	<b>Transmissivité:</b> Signal normal	<b>Scénario 3</b>
	<b>Courant:</b> Vitesse moyenne 0,15 m/sec Turbulence maximale 0,39 m/sec; période d'environ 30"	
	<b>Pression:</b> Dépression (-1 cm) au passage	
<b>Interprétation</b>	Pas de remise en suspension Augmentation du brassage de la colonne d'eau, environ 5 min après le passage	

<b>Scénario</b>	<b>Site:</b> Bassin 4, site C	<b>Scénario 5</b>
	<b>Embarcation:</b> 2 se croisent <b>Vitesse:</b> 10 km/h	
	<b>Direction:</b> aval vers amont	
<b>Commentaire</b>	<b>Transmissivité:</b> Fluctuation ponctuelle (-0,6 %) environ 6" après le passage Signal autrement normal	<b>Scénario 5</b>
	<b>Courant:</b> Vitesse moyenne 0,07 m/sec Turbulence maximale 0,39 m/sec; période d'environ 1 min	
	<b>Pression:</b> Dépression (-1 cm) au passage	
<b>Interprétation</b>	Pas de remise en suspension Le brassage de la colonne d'eau augmente environ 7 min après le passage Les turbulences diminuent environ 20 min après le passage	

Observations générales		Scénario 1
Scénario	Site: Bassin 4, site A	
	Embarcation: 1      Vitesse: < 5 km/h	
	Direction: aval vers amont	
Commentaire	Transmissivité: Signal normal	
	Courant: Vitesse moyenne 0,08 m/sec	
	Pression: Pas de changement	
Interprétation	<p>Pas de remise en suspension  Pas de brassage de la colonne d'eau</p>	

Scénario	Site: Bassin 4, site A	Scénario 2
	Embarcation: 1      Vitesse: 10 km/h	
	Direction: aval vers amont	
Commentaire	Transmissivité: Baisse de 1%, environ 3 min après le passage pas de corrélation avec le signal de référence	
	Courant: Vitesse moyenne 0,07 m/s	
	Pression: Pas de changement	
Interprétation	<p>Pas de brassage de la colonne d'eau  Aucune corrélation entre le signal de transmissivité et la pression  Pas de corrélation sur l'image vidéo, le changement est trop faible  pour être observé visuellement  Probablement une fluctuation naturelle près du fond</p>	

## Observations générales

<b>Scénario</b>	<b>Site:</b> Bassin 4, site A <b>Embarcation:</b> 2 en ligne <b>Vitesse:</b> 10 km/h <b>Direction:</b> aval vers amont	<b>Scénario 3</b>
<b>Commentaire</b>	<b>Transmissivité:</b> Augmentation d'environ 0,5% sur une période de 5 min après le passage Signal autrement normal  <b>Courant:</b> Vitesse moyenne 0,08 m/sec Turbulence maximale 0,31 m/sec, période d'environ 1 à 3 min  <b>Pression:</b> Dépression (-2 cm)	
<b>Interprétation</b>	Pas de remise en suspension Légère augmentation du brassage de la colonne d'eau avec l'augmentation des fréquences de passage des turbulences	

<b>Scénario</b>	<b>Site:</b> Bassin 4, site A <b>Embarcation:</b> 1 <b>Vitesse:</b> 15 km/h <b>Direction:</b> aval vers amont	<b>Scénario 5</b>
<b>Commentaire</b>	<b>Transmissivité:</b> Baisse de -12 % environ 8" après le passage et pendant une période de 30", signal normal par la suite  <b>Courant:</b> Vitesse moyenne 0,08 m/sec Turbulence maximale 0,36 m/sec, période d'environ 20"  <b>Pression:</b> Surpression suivie d'une dépression, amplitude + 4 cm à - 6 cm (+/- 10 cm)	
<b>Interprétation</b>	Brassage de la colonne d'eau Remise en suspension juste après le passage, délai correspondant à la dispersion du nuage turbide Pas d'advection provenant de l'amont	

## Observations générales

Observations générales		
<b>Scénario</b>	<b>Site:</b> Bassin 4, site A <b>Embarcation:</b> 2 en ligne <b>Vitesse:</b> 15 km/h <b>Direction:</b> aval vers amont	<b>Scénario 6</b>
<b>Commentaire</b>	<b>Transmissivité:</b> Baisse de - 10 % quelques secondes après le passage Variation du signal par la suite durant une période d'environ 3,5 min  <b>Courant:</b> Vitesse moyenne 0,08 m/sec Turbulence maximale 0,35 m/sec, période d'environ 1 à 3 min  <b>Pression:</b> Surpression suivie d'une dépression, amplitude + 4 à - 6 cm (+/- 10 cm)	
<b>Interprétation</b>	Remise en suspension juste après le passage, délai correspondant à la dispersion du nuage turbide Les variations du signal correspondent à l'advection de turbidité provenant de l'amont	
<b>Scénario</b>	<b>Site:</b> Bassin 4, site A <b>Embarcation:</b> 1 <b>Vitesse:</b> 40 km/h <b>Direction:</b> aval vers amont	<b>Scénario 8</b>
<b>Commentaire</b>	<b>Transmissivité:</b> Baisse de - 2 % environ 10 " après le passage Variations de la transmissivité durnat une période d'environ 7 min  <b>Courant:</b> Vitesse moyenne 0,08 m/sec  <b>Pression:</b> Surpression suivie d'une dépression, amplitude +2 cm à - 2 cm (+/-4 cm)	
<b>Interprétation</b>	Brassage de la colonne d'eau Remise en suspension juste après le passage, délai correspondant à la dispersion du nuage turbide Advection probable provenant de l'amont durant une période d'environ 7 min	

### Observations générales

<b>Scénario</b>	<b>Site:</b> Bassin 4, site C <b>Embarcation:</b> 1 <b>Vitesse:</b> 10 km/h <b>Direction:</b> aval vers amont	<b>Scénario 2</b>
	<b>Transmissivité:</b> Pas de changement au moment du passage Diminution de 0,5 % corrélée avec le signal de référence 18 min plus tôt  <b>Courant:</b> Vitesse moyenne 0,05 m/sec  <b>Pression:</b> Dépression (- 3 cm) au passage	
	<b>Interprétation</b>  Pas de remise en suspension Léger brassage de la colonne d'eau	

<b>Scénario</b>	<b>Site:</b> Bassin 4, site C <b>Embarcation:</b> 1 <b>Vitesse:</b> 15 km/h <b>Direction:</b> aval vers amont	<b>Scénario 3</b>
	<b>Transmissivité:</b> Baisse de - 1,7 % environ 13 " après le passage Variations de la transmissivité durant une période d'environ 10 min  <b>Courant:</b> Vitesse moyenne 0,05 m/sec Turbulence maximale 0,21 m/sec, événement unique  <b>Pression:</b> Surpression suivie d'une dépression, amplitude +5 cm à - 8 cm (+/-13 cm)	
	<b>Interprétation</b>  Léger brassage de la colonne d'eau Remise en suspension juste après le passage, délai correspondant à la dispersion du nuage turbide Advection probable provenant de l'amont durant une période d'environ 10 min	

### Observations générales

<b>Scénario</b>	<b>Site:</b> Bassin 4, site C <b>Embarcation:</b> 1 <b>Vitesse:</b> 15 km/h <b>Direction:</b> aval vers amont	<b>Scénario 4</b>
<b>Commentaire</b>	<b>Transmissivité:</b> Signal déjà à la baisse avant le passage de l'embarcation Augmentation par la suite  <b>Courant:</b> Vitesse moyenne 0,05 m/sec Turbulence maximale 0,23 m/sec, période d'environ 1 min  <b>Pression:</b> Surpression suivie d'une dépression (+ 4 cm à - 6 cm) (+/- 10 cm)	
<b>Interprétation</b>	Peu ou pas d'effet notable par rapport aux conditions déjà perturbées probablement lors de l'essai précédent Peu de turbulences (comparable aux conditions naturelles)	

<b>Scénario</b>	<b>Site:</b> Bassin 4, site C <b>Embarcation:</b> 2 en ligne <b>Vitesse:</b> 15 km/h <b>Direction:</b> aval vers amont	<b>Scénario 5</b>
<b>Commentaire</b>	<b>Transmissivité:</b> Baisse de - 1,9 % environ 30 " après le passage Longue baisse d'environ 1,7 % durant une période de plus de 9 min  <b>Courant:</b> Vitesse moyenne 0,05 m/sec Turbulence maximale 0,21 m/sec, période d'environ 20 "  <b>Pression:</b> Surpression suivie d'une dépression, amplitude +5 cm à - 6 cm (+/- 11 cm)	
<b>Interprétation</b>	Brassage de la colonne d'eau Remise en suspension juste après le passage, délai correspondant à la dispersion du nuage turbide Advection probable provenant de l'amont durant une période d'environ 10 min	

### Observations générales

<b>Scénario</b>	<b>Site:</b> Bassin 4, site B <b>Embarcation:</b> 1 <b>Vitesse:</b> 10 km/h <b>Direction:</b> aval vers amont	<b>Scénario 2</b>
<b>Commentaire</b>	<b>Transmissivité:</b> Pas de changement  <b>Courant:</b> Vitesse moyenne 0,11 m/sec Turbulence maximale 0,35 m/sec, période d'environ 50"  <b>Pression:</b> Pas de changement	
<b>Interprétation</b>	Pas de remise en suspension Brassage de la colonne d'eau déjà présent Effet possible de l'écluse à l'amont ???	

<b>Scénario</b>	<b>Site:</b> Bassin 4, site B <b>Embarcation:</b> 2 en ligne <b>Vitesse:</b> 10 km/h <b>Direction:</b> aval vers amont	<b>Scénario 3</b>
<b>Commentaire</b>	<b>Transmissivité:</b> Pas de changement  <b>Courant:</b> Vitesse moyenne 0,13 m/sec Turbulence maximale 0,39 m/sec, période d'environ 30 "  <b>Pression:</b> Dépression (- 0,14 cm) au passage	
<b>Interprétation</b>	Pas de remise en suspension Brassage de la colonne d'eau déjà présent	

### Observations générales

<b>Scénario</b>	<b>Site:</b> Bassin 4, site B	<b>Scénario 5</b>
	<b>Embarcation:</b> 2 se croisent <b>Vitesse:</b> 10 km/h	
	<b>Direction:</b> aval vers amont	
<b>Commentaire</b>	<b>Transmissivité:</b> Pas de changement	<b>Scénario 5</b>
	<b>Courant:</b> Vitesse moyenne 0,14 m/sec Turbulence maximale 0,35 m/sec, période d'environ 50"	
	<b>Pression:</b> Pas de changement	
<b>Interprétation</b>	Pas de remise en suspension Augmentation du brassage de la colonne d'eau	<b>Scénario 5</b>

<b>Scénario</b>	<b>Site:</b> Bassin 4, site B	<b>Scénario 6</b>
	<b>Embarcation:</b> 1 <b>Vitesse:</b> 10 km/h	
	<b>Direction:</b> aval vers amont	
<b>Commentaire</b>	<b>Transmissivité:</b> Pas de changement	<b>Scénario 6</b>
	<b>Courant:</b> Vitesse moyenne 0,13 m/sec Turbulence maximale 0,34 m/sec, période d'environ 2 à 3 min	
	<b>Pression:</b> Dépression (- 0,28 cm) au passage	
<b>Interprétation</b>	Pas de remise en suspension Diminution du brassage de la colonne d'eau	<b>Scénario 6</b>

### Observations générales

<b>Scénario</b>	<b>Site:</b> Bassin 4, site B <b>Embarcation:</b> 1 <b>Vitesse:</b> 15 km/h <b>Direction:</b> aval vers amont	<b>Scénario 7</b>
<b>Commentaire</b>	<b>Transmissivité:</b> Baisse de - 20 % durant une période d'environ 2,5 min Signal normal par la suite  <b>Courant:</b> Vitesse moyenne 0,07 m/sec Turbulence maximale 0,28 m/sec, période d'environ 20"  <b>Pression:</b> Surpression suivie d'une dépression (+ 2 cm à - 7 cm) (+/- 11 cm)	
<b>Interprétation</b>	Remise en suspension au moment du passage Pas d'advection par la suite Diminution du brassage de la colonne d'eau environ 10 min après le passage	

<b>Scénario</b>	<b>Site:</b> Bassin 4, site B <b>Embarcation:</b> 2 en ligne <b>Vitesse:</b> 15 km/h <b>Direction:</b> aval vers amont	<b>Scénario 8</b>
<b>Commentaire</b>	<b>Transmissivité:</b> Baisse de - 12 % juste après le passage Augmentation graduelle durant une période d'environ 10 min  <b>Courant:</b> Vitesse moyenne 0,07 m/sec Turbulence maximale 0,32 m/sec, période d'environ 50"  <b>Pression:</b> Surpression suivie d'une dépression (+3,5 cm à - 7,1 cm) (+/- 11 cm)	
<b>Interprétation</b>	Remise en suspension au moment du passage Advection durant une période d'au plus 10 min par la suite Le brassage de la colonne d'eau est temporaire et se limite à une période d'environ 4 min, observée après un délai de 3 min après le passage	