



UNIVERSITÉ  
LAVAL

**IMPACT DE LA NAVIGATION EN MILIEU LACUSTRE :**  
**ÉTUDE DE LA REMISE EN SUSPENSION DES SÉDIMENTS ET DE L'ÉNERGIE**  
**DES VAGUES**  
**MÉTHODOLOGIE**

Par

**Sébastien Raymond, Ph.D.**

Sous la direction de

**Rosa Galvez-Cloutier, Ph.D, Ing.,**

Québec, 23 Juillet 2015

## 1. Plan expérimental

La popularité des « wakeboats » parmi les plaisanciers nautiques augmente continuellement. La configuration de ces embarcations peut créer des vagues substantielles qui permettent aux adeptes de « surfer » à l'arrière de leur embarcation.

Dans une première étude (Mercier-Blais et Prairie 2013), les chercheurs ont examiné la dissipation latérale de l'énergie induite par ce type d'embarcation, c'est-à-dire en fonction de la distance horizontale qui séparait l'embarcation des berges voisines et ce, en fonction de plusieurs paramètres tels la distance, le type de vagues et la vitesse.

Dans la présente étude le plan expérimental est conçu pour atteindre l'objectif de définir l'impact de la profondeur des jets (Wake boat) susceptible de remettre en suspension les sédiments de fond dans la colonne d'eau. Pour cela, il est proposé de mesurer la vitesse et la direction du courant après le passage des embarcations.

Cinq vitesses seront testées à savoir :

- 5 km/h ;
- 10 km/h ;
- Vitesse maximum.
- La vitesse d'utilisation du Wave Surf
- La vitesse d'utilisation du Wake Boat

Au moins deux profondeurs seront testées à savoir approximativement 20 mètres sur le Lac Masson et environ 10 à 15 mètres pour le Lac des sables

Ces données permettront d'évaluer une profondeur critique de remise en suspension des sédiments. Tous les essais seront réalisés en triplicata pour obtenir des données représentatives comme le résume le Tableau 1.

Tableau 1. Schéma de la planification des mesures de vitesse pour un essai

Vitesses (km/h)	Profondeur (m)	Type de bateau	Nombre de passages par expérience
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ 5</li><li>▪ 10</li><li>▪ max.</li><li>▪ Vitesse d'utilisation du Wave surf</li><li>▪ Vitesse d'utilisation du Wake boat</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ 10</li><li>▪ 20</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Wake boat</li></ul>	3 fois

Les essais se réalisant au mois d'Aout, il est à prévoir une stratification des lacs dont nous pourrions également étudier l'impact sur la dispersion de la vague et de l'énergie. Un profil de température devra donc être fait avant et après chaque passage du wakeboat.

## **2. Méthodologie**

Le travail de terrain comprend l'installation d'un ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) qui se définit comme :

- Acoustic – Utilisation d'une onde sonore ;
- Doppler – Effet Doppler appliqué à la mesure de vitesse ;
- Current - Mesure de la vitesse de l'eau ;
- Profiler - Mesure d'un profil de vitesse, pas d'une vitesse ponctuelle.

Suite à l'enregistrement des données, un travail d'extraction et d'exploitation des données stockées dans les ADCP sera réalisé pour la détermination de la direction et de l'intensité de courant, la mesure de la conductivité et la turbidité.

L'ADCP est un instrument qui calcule les composantes de la vitesse de l'eau à différentes profondeurs dans la colonne d'eau, dans les 3 directions (Figure 1). L'appareil permet de calculer la vitesse et la direction du courant pour toute la colonne d'eau. Les vitesses sont déterminées selon des cellules (colonne d'eau est découpée en éléments verticaux) dont la taille et le nombre peuvent être ajustés. Une verticale composée de plusieurs cellules est appelée ensemble. L'effet Doppler permet de transmettre des sons à des fréquences fixes et en écoutant les échos retournés par les réflecteurs dans l'eau. Ces réflecteurs sont de petites particules microscopiques de sédiments ou de plancton naturellement présents dans l'eau, qui se déplacent à une vitesse égale à l'eau et qui reflètent le son vers l'ADCP (Figure 1). Les ADCP choisis pour les essais possèdent 4 transducteurs qui émettent des pulsations acoustiques à des fréquences de l'ordre de 1,2 MHz. Ces pulsations sont renvoyées et plus ou moins déformées par les particules (réflecteurs) en suspension dans l'eau selon leurs vitesses. La distance entre la particule (réflecteur) et l'ADCP est calculée en fonction du temps passé entre l'émission et la réception de la pulsation (Lane et al., 1999 ; RD Instruments, 1989). Bien que la vitesse du son varie avec la densité du milieu le long des trajets acoustiques, la conservation de la composante horizontale du nombre d'ondes permet de déterminer les vitesses horizontales à partir de la connaissance de la vitesse du son au niveau du transducteur seulement. Grâce à

l'effet Doppler le système calcule la vitesse de l'eau en trois dimensions (2 horizontales et 1 verticale) au droit de chaque faisceau (3 ou 4 faisceaux) par l'utilisation de règles trigonométriques.

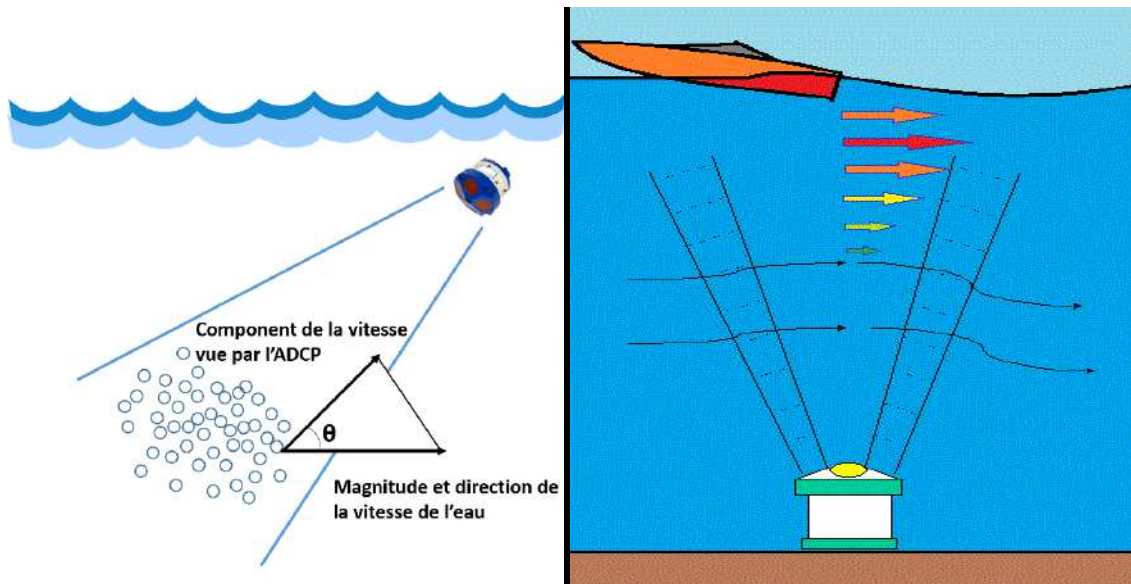


Figure 1: Mesures de courant en 3 dimensions (RD Instrument, 1989)

Ces appareils sont aussi équipés de sondes de température, profondeur et compas. Aussi, l'équipement permet de mesurer la salinité (conductivité), turbidité. La mesure des flux de matière en suspension (MES) sera aussi faite à l'aide de technologies acoustiques. Les technologies acoustiques sont non intrusives et elles ont l'avantage de fournir simultanément et au même endroit des informations sur la topographie du fond, le champ de vitesse, les concentrations en MES voire leur granulométrie (Thorne et al., 2002). Les contrastes temporels et spatiaux du taux de matière en suspension au sein des masses d'eau explorées peuvent être caractérisés à partir des profils d'intensité du signal acoustique rétrodiffusé. Cette interprétation de l'écho pourra être qualitative (Dinehart et al., 2005) ou bien fondée sur des corrélations empiriques établies à partir de prélèvements en milieu lacustre (Kostaschuk et al., 2005).

### 3. Livrables

À la fin du projet un rapport sera produit par l'équipe de travail de l'Université Laval pour présenter les données, dans le but d'offrir à Coalition Navigation un document de référence pour supporter la Coalition dans ses démarches auprès du Gouvernement du Canada, pour un nouveau cadre législatif sur la navigation qui est fondée sur la science. Le rapport sera présenté également aux commanditaires à savoir :

- La ville de Ste-Agathe-des-Monts

- La ville d'Estérel
- La ville de Ste-Marguerite
- Comité du débarcadère de l'Association de la Protection de l'Environnement du Lac-des-Sables
- La MRC des Pays-d'en-Haut

Des figures servant à la vulgarisation de l'information seront également disponibles tels que des cartes de profils de vitesse après le passage des Wake boat.

Ces travaux donneront lieu à une présentation pour la coalition lors de la réunion du 2 octobre 2015. Cette présentation focalisera sur l'avancement de l'étude ainsi que sur les résultats obtenus. Elle mettra également l'accent sur les perspectives futures et les prochaines recherches à réaliser. L'université Laval présentera ses conclusions à la Coalition et ses commanditaires. La présentation portera sur la façon dont les résultats des recherches aideront la Coalition à concevoir sa soumission au Gouvernement du Canada concernant une législation fondée sur la science.

#### 4. Calendrier et Budget

Les étapes et le calendrier de réalisation envisagés sont présentés au tableau 2. Le calendrier proposé s'échelonne sur 3 mois avec un budget estimé en fonction des dépenses prévues à un **montant total de 20 000 \$** montrées dans le **Tableau 3**.

Tableau 2 : Calendrier du projet

Activités	Année 2015			
	1er Juil-10Aout	11Aout-15Aout	17 Aout-30 Sept.	02 Oct.
<b>Impacts de la profondeur des jets</b>				
Préparation terrain	■			
Phase de mesures sur le terrain		■		
Analyse des données			■	
Rapport final				■
Présentation orale				■

Tableau 3 : Budget prévisionnel du projet

<b>Coalition pour une navigation responsable et durable</b>	
<b>1. Ressources humaines</b>	
Complément salaire post-doc	10 000
Complément salaire Technicien	1 500
<b>Total ressources humaines</b>	<b>11 500</b>
<b>2. Matériels</b>	
Achat/Location de matériels d'installation/Préparation	2 500
<b>3. Frais de déplacement/Hébergement/Repas</b>	
Échantillonnage/tests sur le site du lac (= 0,42\$/km)	300
Frais d'hébergement pour l'ensemble de la campagne	500
Frais de repas pour l'ensemble de la campagne	200
<b>Total frais de déplacements</b>	<b>1 000</b>
<b>4. Diffusion</b>	
Expertise analyse de données et révision	1 000
Rapport + communication	1 000
<b>Total diffusion</b>	<b>2 000</b>
<b>5. Charges et frais de l'université Laval</b>	<b>3 000</b>
<b>Total</b>	<b>20 000 \$</b>

Le calendrier ainsi que le budget peuvent être soumis à de légères variations entre les différentes composantes n'affectant pas le montant total du projet

##### **5. Contributions des différents commanditaires**

Ce projet bénéficie de l'appui financier de plusieurs commanditaires réparti comme suit :

###### **Lac-Masson à Estérel et Ste-Marguerite-du-Lac-Masson**

- MRC des Pays d'en-Haut: 5000\$
- Municipalité d'Estérel: 2500\$
- Municipalité de Ste-Marguerite-du-Lac-Masson: 2500\$

###### **Lac-des-Sables à Ste-Agathe-des-Monts**

- Ville de Ste-Agathe-des-Monts: 5000\$
- Comité du débarcadère, de l'Association pour la protection de l'environnement du Lac-des-Sables: 5000\$

**Références:**

Dinehart, R.L., Burau, J.R., 2005. Repeated surveys by acoustic Doppler current profiler for flow and sediment dynamics in a tidal river. *Journal of Hydrology*, 314 (1-4), 1–21.

Kostaschuk, R., Best, J., Villard, P., Peakall, J., Franklin, M., 2005. Measuring flow velocity and sediment transport with an acoustic Doppler current profiler. *Geomorphology*, 68, 25–37.

Lane, A., Knight, P.J., Player, R.J., 1999. Current measurement technology for near- shore waters. *Coastal Engineering* 37, 343–368.

RD Instruments, 1989. Acoustic Doppler current profilers. Principles of operation: a practical primer. 39 p.

Thorne P.D., Hanes, D.M., 2002. A review of acoustic measurement of small-scale sediment processes. *Continental Shelf Research*, 22 (4), 603–632.