

Département ODE  
unité et/ou laboratoire Unité Littorale LERPC

Auteur 1 : Olivier Le Moine  
Auteur 2 : Philippe Geairon  
Auteur 3 : H. Goragner  
Auteur 4 : P. Poitevin (ARDA)  
Auteur 5 : Stéphane Robert  
Auteur 6 : Philippe Gouletquer

....

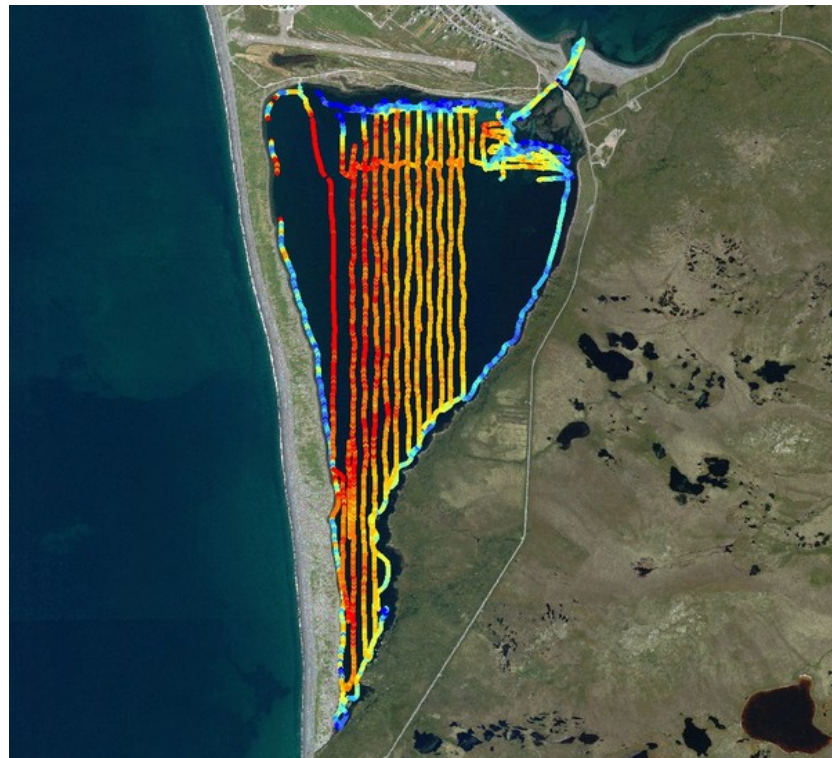


**Direction  
des Territoires,  
de l'Alimentation  
et de la Mer**

R.INT.ODE/UL/LERPC 2014-01

## Dynamique de Renouveau des masses d'eaux du Grand Etang de Saint Pierre et Miquelon : rapport préliminaire

Contrat 13/121210661/NF DTAM-Ifremer



Janvier 2014



## Fiche documentaire

<b>Numéro d'identification du rapport :</b> <b>Diffusion :</b> libre : <input checked="" type="checkbox"/> restreinte : <input type="checkbox"/> interdite : <input type="checkbox"/> <b>Validé par :</b> P. Gouletquer Adresse électronique : Philippe.Gouletquer@ifremer.fr		<b>date de publication :</b> janvier 2014 <b>nombre de pages :</b> 8 <b>illustration(s) :</b> <b>langue du rapport :</b> FR
<b>Titre de l'article</b> Dynamique de renouvellement des masses d'eau du Grand étang de Saint Pierre et Miquelon : rapport préliminaire		
Contrat n°                      Rapport intermédiaire <input checked="" type="checkbox"/> Rapport définitif		
<b>Auteur(s) principal(aux) :</b> <b>Le Moine, O., Geairon, P., H. Goragner, P. Poitevin, Robert, S., Gouletquer, P.</b>		<b>Organisme / Direction / Service, laboratoire</b> IFREMER/ODE/UL/LERPC
Encadrement(s) :		
Cadre de la recherche : contrat <b>13/121210661/NF DTAM-Ifremer</b>		
Destinataire : DTAM – ODE/UL - ODE/DIR		
<b>Résumé : Ce rapport préliminaire est un état des lieux préparatoire à la mission de l'été 2014.</b>  En 2013, le projet portant sur l'évaluation de la dynamique de renouvellement des masses d'eaux dans le Grand Etang de Miquelon a essentiellement porté sur la collecte d'informations des différents partenaires, l'acquisition préliminaire d'un jeu de données en courantométrie afin d'élaborer la stratégie d'étude pour 2014. En parallèle, un recensement et un traitement préliminaire des photographies aériennes (1952, 1990, 2005) a permis une caractérisation de l'évolution dans le temps de ce secteur géographique.  Les actions terrain à mener en 2014 portent sur :  <b>Bathymétrie :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• acquisition de données au niveau du Grand Etang dans les zones de filière de moules pour compléter le jeu de données déjà acquis par la DTAM</li> <li>• profils transversaux dans le goulet sur le point de mesure courantométrique</li> </ul> <b>Courantométrie :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• acquisitions courantomètres « Sentinel » &amp; « Monitor » couplés sur la durée de la mission Ifremer</li> <li>• acquisition sur l'année du Monitor (surveillance à prévoir)</li> <li>• élaboration de la stratégie de protection hivernale de l'appareil</li> </ul> <b>Hauteur d'eau et température :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pose de deux sondes STPS, hors et dans l'étang, en complément des données ARDA (surveillance à prévoir également)</li> </ul>		

**Abstract :** This intermediary report focus on data available to develop the 2014 field sampling planning.

In 2013, the project 'Assessment of the renewable rate of the seawater masses in the Miquelon 'Grand Etang' ' focused essentially on (1) building a data set originating from all partners (e.g., DTAM, IGN), (2) preliminary sampling of current patterns so as to facilitate the 2014 field sampling strategy. Besides this approach, a census of aerial pictures dated from 1950, 1990 and 2005 were studied to assess the temporal trends of this geographic sector.

The field work to be carried out in 2014 are:

**Bathymetry:**

- data acquisition in the 'Grand Etang' in the area presently used for mussel long lines culture to obtain a comprehensive data set
- transversal profiles at the strait level at the near vicinity of the current pattern measuring station

**Current meters**

- data acquisition using 2 coupled current meters 'Sentinel' and 'Monitor' over the field work time span
- data acquisition using the 'Monitor' over the full year (monitoring to be scheduled)
- strategy development to protect the equipment over the winter time

**Seawater depth and temperature :**

- deployment of 2 STPS probes, within and outside the 'Grand Etang' to complete the ARDA data set (monitoring to be scheduled)



## Sommaire

<b>1. Dynamique de renouvellement du Grand étang de Saint Pierre et Miquelon : rapport préliminaire</b> .....	<b>9</b>
1.1. Contexte et objectifs .....	9
1.2. Données et matériels existants .....	10
1.2.1. Bathymétrie et données altimétriques .....	10
1.2.2. Acquisitions courantométriques exploratoires .....	11
1.2.3. Historique des photographies aériennes .....	13
1.2.4. Acquisition de matériel .....	13
1.3. Projet 2014 .....	14
1.3.1. Acquisition de données .....	14
1.3.2. Traitement de données .....	15
1.3.3. Résumé : Actions terrain à mener en 2014 .....	16
1.4. Annexe 1 .....	19

# 1. Dynamique de renouvellement du Grand étang de Saint Pierre et Miquelon : rapport préliminaire

## 1.1. Contexte et objectifs

L'archipel de Saint Pierre et Miquelon dispose de deux lagunes salées dont les caractéristiques en font des milieux remarquables, le Grand- Etang de Miquelon et le Grand-Barachois. Le renouvellement approprié des masses d'eau est indispensable au maintien de la qualité d'eau du milieu. Cette étude est la première phase d'une étude globale sur le renouvellement des masses d'eau dans les lagunes de l'archipel, afin d'étudier leur évolution.

La première étape concerne le Grand Etang, identifié comme un site de développement aquacole dans l'archipel. La gestion durable de cet environnement est essentielle à un moment où des activités mytilicoles commencent à se développer dans le secteur.

Dans ce cadre, la **D**irection des **T**erritoires, de **A**limentation et de la **M**er (DTAM) de Saint Pierre et Miquelon a sollicité l'IFREMER pour la réalisation d'une étude en aide à la gestion durable de cette activité, ainsi que de la préservation de son environnement. Le paramètre abordé en première approche est le renouvellement en eau de l'étang.

L'IFREMER est par ailleurs engagé en partenariat avec l'ARDA de Saint Pierre et Miquelon sur le développement de l'aquaculture dans l'archipel SPM via un contrat ODEADOM annuel.

L'amélioration de la circulation de l'eau du grand étang de Miquelon par le calibrage du chenal est considérée comme nécessaire au développement durable de l'aquaculture dans ce secteur. Pour alimenter la réponse à cette question, l'acquisition de connaissances en terme de flux d'échanges des masses d'eau, sous les forçages de la marée et de la météorologie, est nécessaire. Des données bathymétriques et de courantométrie le sont également indispensables.

L'assistance de l'Ifremer dans le cadre de ce projet porte 1) sur l'acquisition de données courantométriques au niveau du chenal 2) sur l'élaboration de la relation "renouvellement hauteur d'eau /coefficient de marée" en lien avec les conditions météorologiques connues et 3) sur l'analyse géomatique de l'évolution géomorphologique du chenal dans le temps à partir de l'analyse des photographies aériennes disponibles dans le serveur Sextant de l'IFREMER. Ce type de travail a déjà été réalisé par le laboratoire IFREMER LERPC de La Tremblade sur les sites charentais.

Ce rapport préliminaire est destiné à faire le point sur les acquis afin d'affiner dans la mesure du possible, les protocoles et actions à mettre en œuvre, ainsi que les données à acquérir avant et lors de la mission prévue pour le courant de l'été 2014.

## 1.2. Données et matériels existants

### 1.2.1. Bathymétrie et données altimétriques

La DTAM a déjà procédé à des levés bathymétriques qu'elle a transmis à l'Ifremer (fig. 1). Certaines zones, dont la navigation se révélait délicate, n'ont pas été relevées. Les données sont en UTM zone 21, datum WGS 84. La stratégie utilisée fournit un jeu de données important et homogène sur la zone échantillonnée. Le pas horizontal est serré avec une résolution de l'ordre de 25 cm en Y et de 10 m en X.



Figure 1 : Acquisitions bathymétriques DTAM (fond Orthophoto IGN 2005)

Au niveau du goulet de communication entre le Grand étang et l'océan, le levé bathymétrique a été complété par des acquisitions à pied, sur l'estran et à terre, fournissant des informations sur les pentes terre - estran (fig 2) et la limite des plus hautes eaux sur cette zone. Les correspondances altimétriques entre les différents référentiels altimétriques ont été également fournies par la DTAM, autorisant le passage du niveau moyen des mers (NMM, utilisé couramment lors des levés terrestres) au zéro hydrographique utilisé par le SHOM (annexe 1).



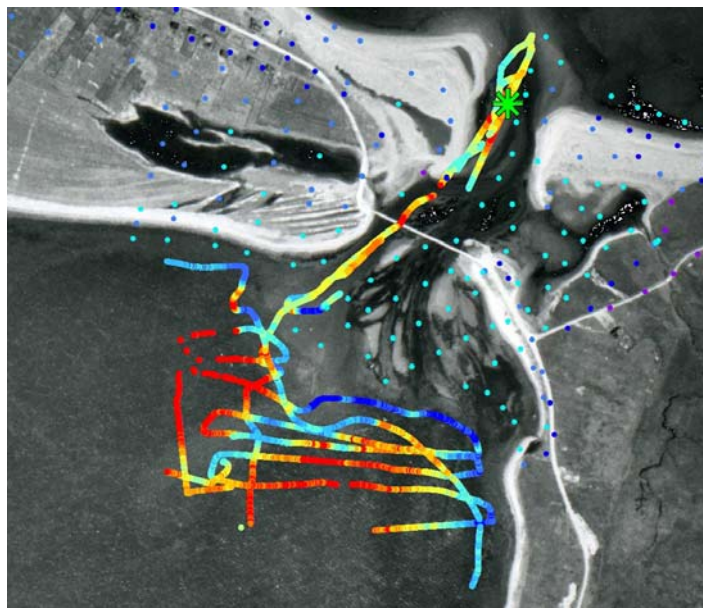


Figure 2 :Levé altimétrique à terre (source DTAM)

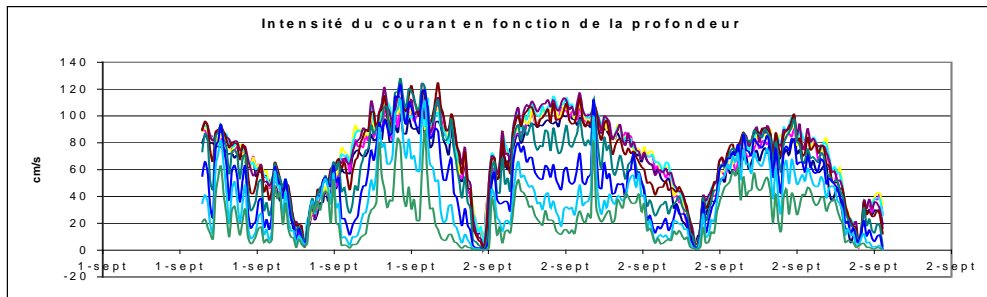
## 1.2.2. Acquisitions courantométriques exploratoires

Des acquisitions de courantométrie ont été réalisées au cours de quelques journées avec du matériel du laboratoire LERPC. Le courantomètre utilisé ne présente que peu d'autonomie, et seules de courtes périodes de mesures ont été réalisées de manière à estimer l'homogénéité de la masse d'eau et de sa circulation sur la section du goulet.

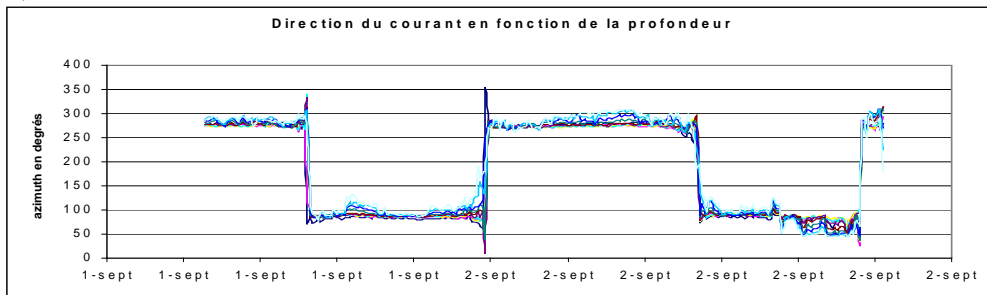
La position de mesure est représentée par l'étoile verte en figure 2. Les mesures ont été réalisées du 31 août 2010 au 7 septembre 2014. Elles ont été faites pour une part en mesure sur la hauteur (courantomètre posé sur le fond - fig. 3 A,B et C) et d'autre part sur l'horizontale (mesure dans le sens de la largeur du chenal - fig.3 D et E). Durant la période de mesure, la marée était en phase de revif (coefficients ascendants, de 37 le 31/08 à 95 le 7/09). L'appareil est paramétré pour mesurer la vitesse dans différentes "cellules" (10 dans ce cas) sur la hauteur d'eau. Chaque cellule présente les mesures sur une "tranche" d'eau d'une vingtaine de centimètres. Les vitesses et les directions de courant présentent un aspect tout à fait commun : les intensités au fond étant plus faibles que celles de la surface, en lien avec les frottements sur le fond (fig. 3 A & B). La vitesse des différentes cellules paraît en phase, de même que la direction (proche de  $300^\circ$  en flot et  $100^\circ$  en jusant, selon l'axe du goulet).

Les vitesses moyennes atteintes sont importantes, de l'ordre de  $1,70 \text{ m s}^{-1}$  en flot, et  $2 \text{ m s}^{-1}$  en jusant (fig 3. C). Elles sont globalement corrélées à la hauteur d'eau, liée au coefficient de marée, sauf en début de période où apparaît un déphasage qui ne perdure pas dans le temps. Celui ci reste à expliquer.

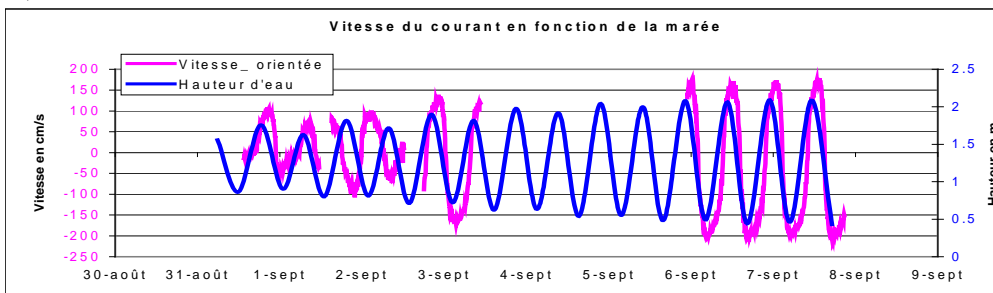
Si l'on regarde les résultats sur l'horizontale (dans la couche superficielle de la section dans la largeur du chenal), on note un renforcement du courant du bord vers le centre du chenal, pour les mêmes raisons que précédemment de frottements sur les bords. Le phasage des différentes cellules exclut, du moins sur cette période, les effets de cisaillements (courants s'inversant) sur la colonne ou la section du chenal.



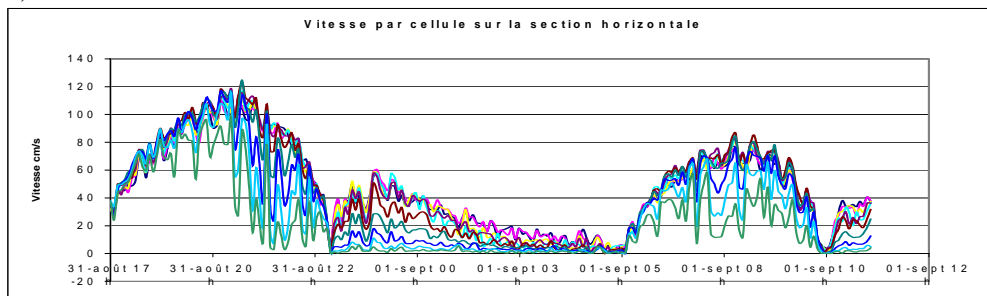
A)



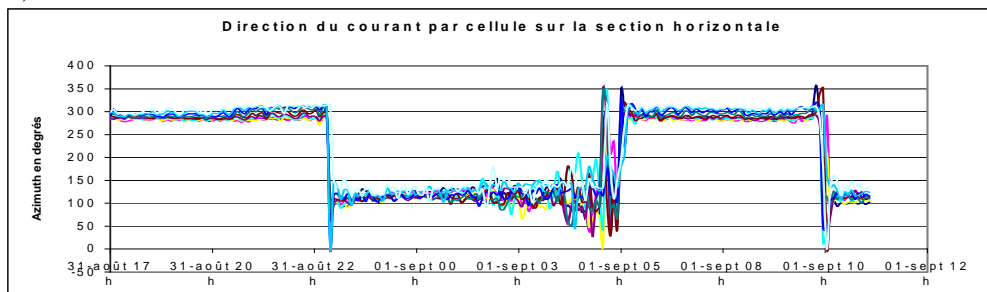
B)



C)



D)



E)

Figure 3 : Mesures courantométriques sur la hauteur d'eau (A,B et C) et sur la section horizontale (D et E).

### 1.2.3. Historique des photographies aériennes

Trois campagnes de photos aériennes ont pour l'instant été recensées : 1952, 1990 et 2005. Elles ont été géoréférencées dans le cadre de ce travail par le calage sur la « Base Orthophotographique 2005 » de l'IGN. Des analyses photogrammétriques sont prévues courant 2014 pour aider à l'évaluation des évolutions de la superficie de l'étang au cours du temps. Les photos montrent déjà des évolutions importantes au niveau du goulet avec trois implantations différentes du pont et un rétrécissement du goulet par le remblai supportant l'ouvrage (fig. 4.).

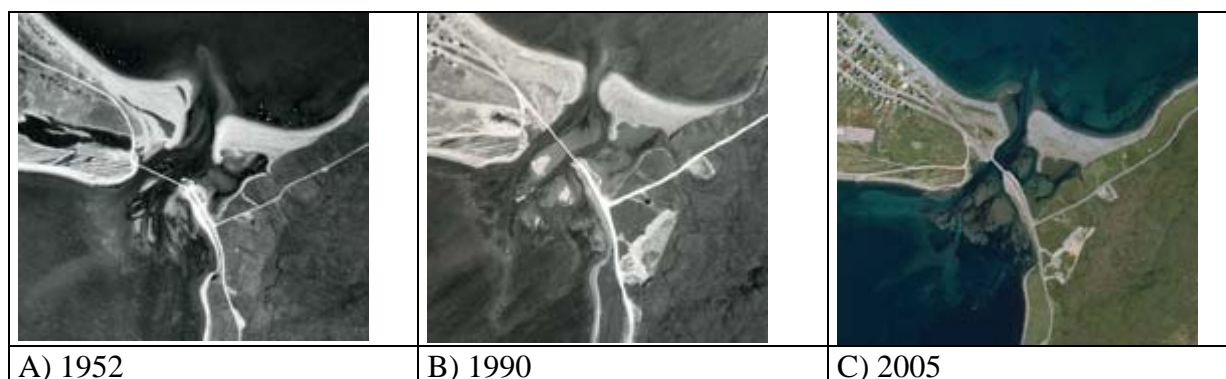


Figure 4 : Historique de photos géoréférencées, entre 1952 et 2005.

### 1.2.4. Acquisition de matériel

#### *Courantomètre petit fonds à effet Doppler "Monitor"*

Le courantomètre nécessaire à des mesures à long terme a été financé par le contrat 2013. Il est conçu pour ce type de déploiement, en fond moyens et assure une résolution fine des mesures (cellules de 25 cm de hauteur). Les batteries externes et la capacité de mémoire lui confèrent une autonomie suffisante pour réaliser des acquisitions pendant une année complète.



Figure 5 : Courantomètre Monitor à effet Doppler.

**Berceau de réception des courantomètres**

Les appareils de mesure nécessitent des structures spécifiques pour être protégés. Un berceau spécial a été conçu et réalisé pour accueillir le courantomètre Monitor lors de la campagne de mesures 2014. Il est constitué d'une plaque PVC, aux dimensions voulues, disposée sur un socle béton, servant à la fois de lest et de récepteur pour l'appareil (fig.6 A). Un autre système est prévu pour un courantomètre « Sentinel » du laboratoire, qui interviendra lors et pour la durée de la mission 2014 (fig.6 B, cf supra).

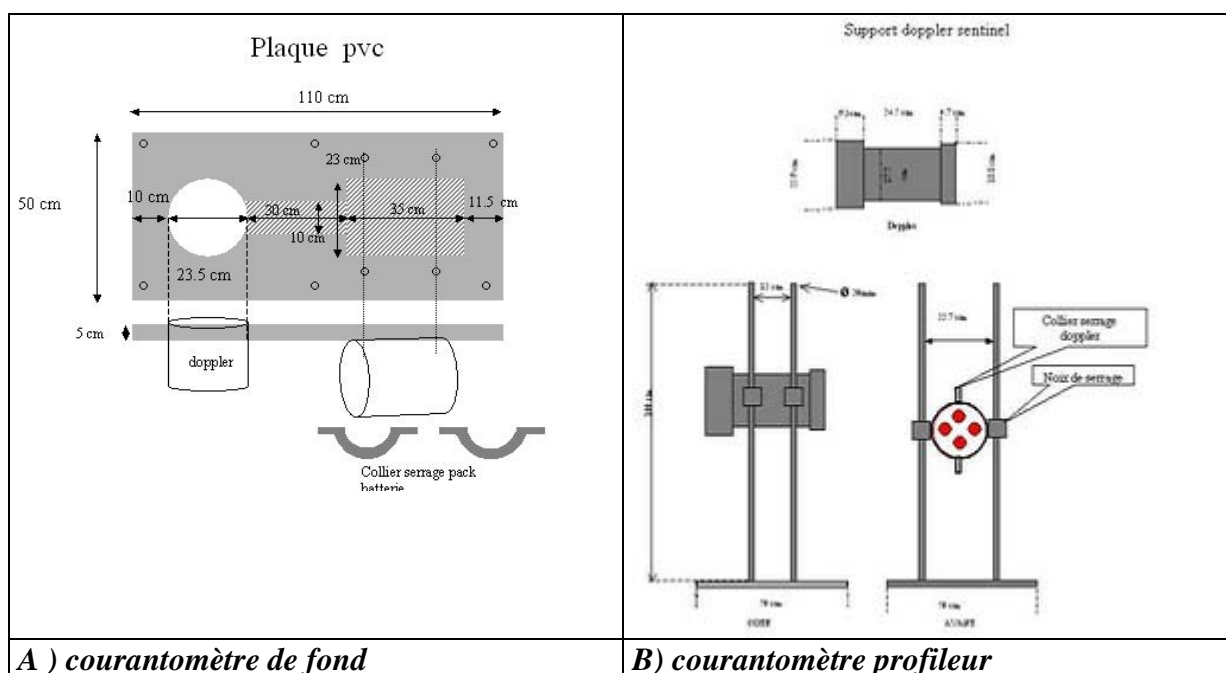


Figure 6 : Plan des supports réalisés pour les courantomètres Monitor et Sentinel.

## 1.3. Projet 2014

### 1.3.1. Acquisition de données

La mise en place des différents appareils de mesures est prévue dans le courant de la mission estivale des agents Ifremer (date restant à déterminer).

#### *Courantométrie*

Le courantomètre Monitor financé par le projet sera disposé sur son berceau et initialisé. En parallèle, un autre courantomètre de type "Sentinel" sera positionné sur une des berges, dans le berceau prévu à cet effet fig. (6 B), uniquement pendant la durée de la mission. Les deux appareils enregistreront en continu, l'un dans la couche superficielle sur la section 'largeur' du chenal et l'autre au plus profond, mesurant tout au long de la colonne d'eau. Les données recueillies serviront à établir le modèle de vitesse moyenne sur le transect en fonction de la mesure 'fond'. L'appareil mesurant en surface sera récupéré puis transféré par les

missionnaires lors de leur retour. Le Monitor sera déchargé pour récupérer les données afin de traiter une première série de données, puis remis en place pour acquisition.

Le grand étang étant susceptible de geler en hiver, une stratégie de gestion doit être réfléchie pour que soit protégé ou enlevé l'appareil de mesures afin d'éviter les risques associés à la débâcle (fig. 7).



Figure 7 : Vue hivernale du pont au dessus du goulet (photo P. Poitevin, ARDA, janvier 2014)

### *Hauteur d'eau et température*

En parallèle, dans la mesure du possible, des suivis de hauteur d'eau (2 sondes STPS, une dans l'étang une à l'extérieur, ces sondes ne sont actuellement pas identifiées dans le projet) seront réalisés, de façon à conforter les hypothèses de renouvellement, tant par les hauteurs d'eau que par la caractérisation (surtout thermique) des masses d'eau. Elles compléteront le jeu de données actuellement acquises par l'ARDA (P. Poitevin, comm.pers) dans le grand étang (suivis thermiques en cours sur plusieurs points) et devraient permettre une caractérisation spatiale du renouvellement d'eau, tracé par le paramètre « température ».

## 1.3.2. Traitement de données

### *Traitement d'images*

Le traitement des photographies aériennes sera poursuivi en incluant la vectorisation des divers emprises et ouvrages. Les données recueillies permettront d'évaluer la diminution du goulet au cours du temps et donneront une notion de l'évolution en terme de capacité de

### *Krigeage de la bathymétrie*

Le jeu de données de bathymétrie devra être complété à deux niveaux : 1) dans le Grand Etang notamment autour des filières d'élevage de moules, et 2) des profils bathymétriques précis au niveau du site des mesure de courant dans le goulet. Ces données **sont indispensables** : les premières pour avoir une bonne estimation du volume de l'étang en fonction de la hauteur d'eau, les secondes pour en extraire le modèle de surface mouillée du chenal. Cette dernière phase est la première variable nécessaire à l'évaluation des flux hydriques, la seconde étant les vitesses de courant. L'estimation des renouvellements se fait à l'aide des volumes précédemment calculés et des flux entrants/sortants.

Le principal traitement de ce type de données s'effectue via un krigeage, processus géostatistique à l'issue duquel on obtient un Modèle Numérique de Terrain (MNT), nappe continue et régulière de représentation de la bathymétrie.

A l'issue de cette première année de mesures, des modèles de flux hydriques en fonction de la surface mouillée pourront être fournis. L'influence de la météorologie sur les mouvements d'eau pourra également être évaluée, par croisement des flux obtenus et des conditions météorologiques observées.

Des exemples pourront être trouvés dans l'étude du même type réalisée sur la Charente (<http://archimer.ifremer.fr/doc/00120/23096/20943.pdf>).

L'effet d'un recalibrage du chenal pourront être examinées à un premier niveau, en terme de tendances. Une analyse plus fine nécessiterait un modèle hydrodynamique, ce qui peut être envisagé par la suite, les données acquises en 2014 servant à valider le modèle.

## 1.3.3. Résumé : Actions terrain à mener en 2014

### *Bathymétrie :*

- acquisition Grand Etang dans les zones de filière de moules pour compléter le jeu de données déjà acquis par la DTAM
- profils transversaux dans le goulet sur le point de mesure courantométrique

### *Courantométrie :*

- acquisitions courantomètres Sentinel & Monitor couplés sur la durée de la mission Ifremer
- acquisition sur l'année du Monitor (surveillance à prévoir)
- élaboration de la stratégie de protection hivernale de l'appareil

### *Hauteur d'eau et température :*

- Pose de deux sondes STPS, hors et dans l'étang, en complément des données ARDA (surveillance à prévoir également)





## 1.4. Annexe 1

