

## 1. Contexte

L'érosion des berges aux Îles-de-la-Madeleine (Figure 1) est une menace concrète pour le réseau routier, les infrastructures électriques et d'aqueduc, ainsi que les habitations.

À terme les activités socio-économiques de la région sont grandement menacées. Certains secteurs de la route 199 aux Îles-de-la-Madeleine sont particulièrement vulnérables aux tempêtes (Figures 2, 3 et 4).

Durant l'hiver la banquise côtière joue un rôle de protection et d'amortissement de l'énergie des vagues lors des tempêtes. La banquise réduit également la surface de transfert d'énergie et inhibe ainsi la formation des vagues.

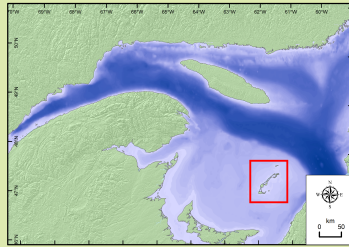


Figure 1. Carte du golfe et de l'estuaire maritime du St-Laurent avec la position des Îles-de-la-Madeleine.

Au cours de la dernière décennie on a observé une réduction de la saison de glace dans le secteur des Îles-de-la-Madeleine (Bajzak et al. 2011, Galbraith et al. 2013), associée à une augmentation de la fréquence des années de "glace mince" (Johnston et al. 2005). La modification des patrons de glace, tant sur la durée que sur l'épaisseur, entraîne donc une plus grande vulnérabilité du littoral lors de tempêtes hivernales à fort potentiel destructeur (par exemple, 24 mars 2010, 21 décembre 2010, 27 janvier 2011, Figure 4).



Figure 2. Littoral en érosion le long de la route 199 dans le secteur de La Martinique, baie de Plaisance (source photo MTQ).

La protection des secteurs sensibles et la calibration des ouvrages de protection nécessitent une connaissance adéquate du climat de vagues, avec en particulier la quantification de l'intensité des événements extrêmes ainsi que leur période de récurrence. Un climat de vague est normalement basé sur des enregistrements multiannuels. Malheureusement, il n'existait pas d'observation sur de longues périodes et couvrant notamment la saison hivernale.



Figure 3. Littoral en érosion le long de la route 199 dans le secteur de la Dune-Nord.

C'est pourquoi le ministère des Transports du Québec, en association avec l'Institut des sciences de la mer de Rimouski, Université du Québec à Rimouski, a mis en place un programme d'acquisition de données océanographiques devant les secteurs menacés de la route 199 pour une durée d'un an. Au total 4 profilers de courant (ADCP, modèle AWAC-AST) ont été immergés pour une durée de 4 mois à 1 an, au large du secteur de Pointe-aux-Loups, du Récif Perle et de la Baie-de-Plaisance (Figure 8). Un marégraphe a également été installé dans le port de Grosse-Île pour mesurer les marées et les surcotes sur la façade nord-ouest des Îles-de-la-Madeleine (Figure 7).

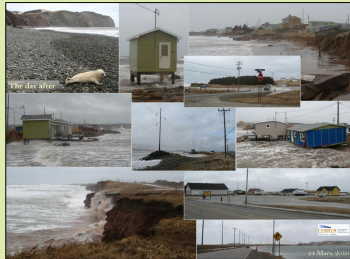


Figure 4. Dommages causés au littoral madelinot lors de la tempête du 24 mars 2010 (source photo CERMIM).

## 4. Résultats : détection de la glace et coexistence de vagues/glace

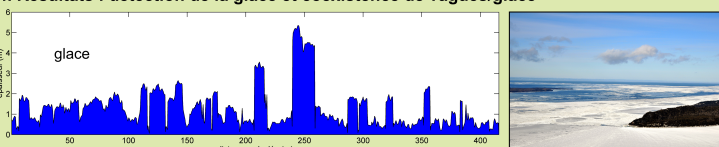


Figure 10. Détail d'un burst de 1024 secondes illustrant une couverture de glace complète en mouvement au dessus de l'ADCP le 15 mars 2013 à 01:00 au site C (Pointe-aux-Loups)

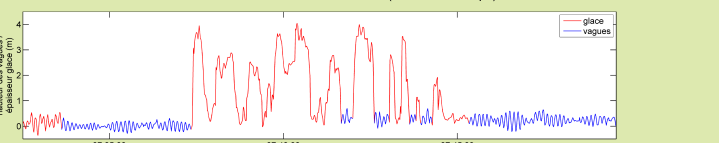


Figure 11. Détail d'un burst de 1024 secondes illustrant une couverture de glace partielle en mouvement au dessus de l'ADCP le 7 mars 2012 à 07:30 au site A (Récif Perle)

## 5. Conclusions

Ces mouillages ont permis de mesurer pour la première fois le climat de vague annuel au large des Îles-de-la-Madeleine.

Les plus fortes tempêtes se produisent sur le côté nord-ouest, avec des hauteurs significatives de vagues allant jusqu'à 6 m au large (site C). En 2012/2013, on observa de nombreuses tempêtes hivernales à cause du couvert de glace réduit. Les tempêtes sur le côté sud-est sont au moins aussi nombreuses, mais les vagues mesurées sont plus faibles (hauteur significative jusqu'à 5,3 m) à cause du fetch plus limité. Les tempêtes de l'Atlantique ont atteint les sites de mesure déjà partiellement atténuées.

Ces données permettront de mieux calibrer les modèles numériques océaniques (vagues et courant) utilisés pour la conception des ouvrages de protection de la route 199. Elles sont essentielles pour l'analyse de solutions à la protection des différentes infrastructures aux Îles-de-la-Madeleine.

Ces données inédites sur la banquise fournissent des informations précieuses pour étudier la dynamique des glaces face aux secteurs vulnérables mais également pour affiner les informations collectées par le Service canadien des glaces.

## 2. Matériels et méthodologie

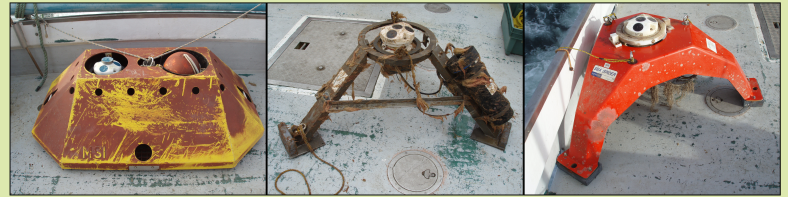


Figure 5. Mouillages de type ADCP (AWAC-AST) utilisés pour enregistrer les directions, hauteurs et fréquences des vagues, ainsi que les courants et l'épaisseur de la glace.

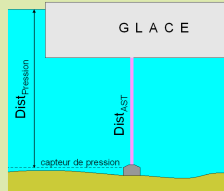


Figure 6. Outre les trois faisceaux acoustiques orientés à 25° pour la mesure des courants, l'AWAC-AST possède un quatrième faisceau vertical qui mesure la distance à l'interface eau/air ou eau/glace (Acoustic Surface Tracking). L'instrument disposant également d'un capteur de pression, l'épaisseur de la banquise ou des radeaux de glace peut ainsi être calculée à partir de la différence entre les deux mesures de distance. L'instrument enregistre toutes les heures les données de vague (hauteur, fréquence, direction et spectre d'énergie directionnel et non-directionnel) et de glace, avec un échantillonnage pendant 17 minutes à 2 Hz. Pour chaque période d'enregistrement (burst), la qualité des données est contrôlée avec des tests automatiques, puis révisée manuellement.

$$\text{Épaisseur de la glace} = 1,1 \times (\text{DistPression} - \text{DistAST})$$

## 3. Résultats : climat de vagues

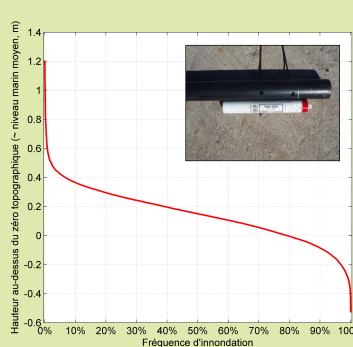


Figure 7. Un marégraphe (photographie) a été installé dans le port de Grosse-Île (étoile rouge, fig. 8) pour déterminer la fréquence d'inondation et pour étudier les surcotes.

Figure 8. Localisation du marégraphe (étoile rouge) et des profilers de courant de type AWAC-AST (A, B, C et D).

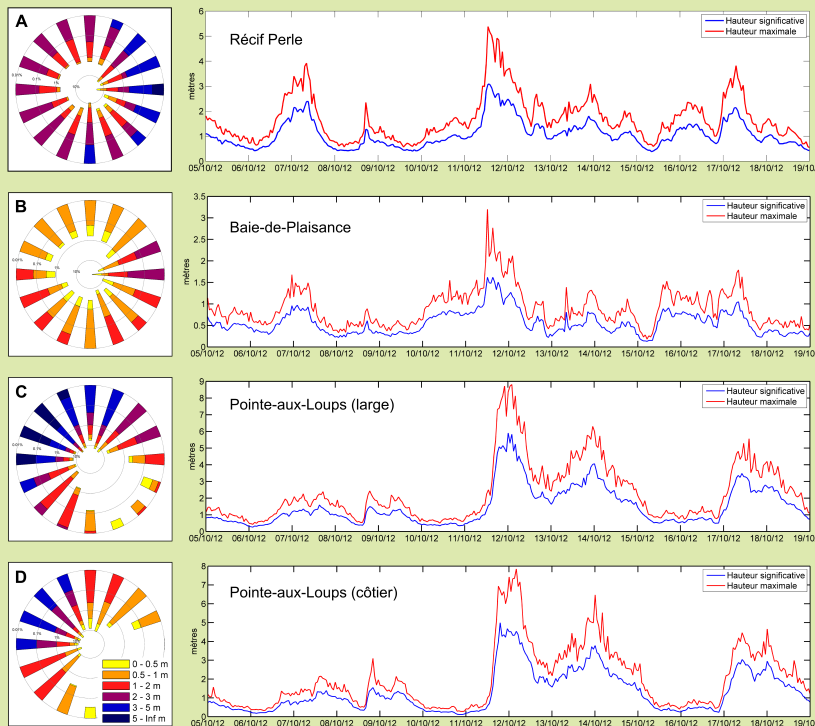
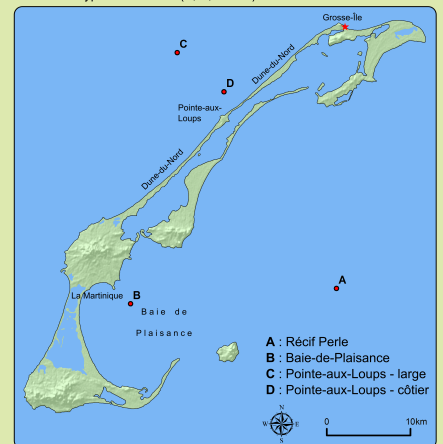


Figure 9. Climatologie directionnelle représentée sous forme de roses de vagues (gauche) pour les sites A et C, compilée sur 12 mois d'enregistrement, et 4 mois pour les sites B et D. Les 4 graphiques de droite illustrent pour la période du 5 au 19 octobre 2012, les hauteurs significatives et les hauteurs maximales des vagues mesurées. Ces graphiques informent sur les directions dominantes des plus fortes vagues ainsi que la variabilité géographique de l'intensité des tempêtes ressenties sur le littoral madelinot.