

Modélisation des vagues du golfe et de l'estuaire du Saint-Laurent dans un contexte de changements climatiques

INTRODUCTION

La connaissance du climat de vagues (statistiques à long-terme établies sur 30 ans) de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent est un élément essentiel, entre autres, à l'étude de l'érosion côtière et à la navigation. Dans un contexte de changements climatiques, le climat de vagues du Saint-Laurent peut essentiellement évoluer selon deux facteurs: (1) changements dans le régime des vents (fréquence et intensité des tempêtes), (2) changements dans le couvert de glace hivernal.

Le but de cette étude est, dans un premier temps, de caractériser le climat de vagues du Saint-Laurent en considérant l'impact des glaces sur celui-ci, puis de déterminer comment il pourrait évoluer durant le 21^e siècle. Des analyses plus détaillées ont été réalisées particulièrement pour cinq sites d'études (Fig. 1), mais des résultats plus généraux pour l'ensemble du Saint-Laurent ont aussi été obtenus.

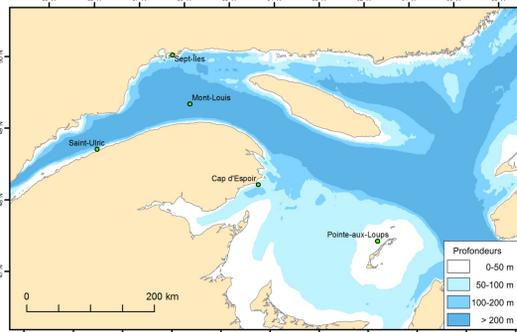


Fig. 1. Carte de localisation des sites étudiés dans le golfe et l'estuaire du Saint-Laurent.

MÉTHODE

La méthode (Fig. 2) a été développée dans le but d'utiliser les vents à 10 m (U_{10}) et les températures de l'air (T°) de modèles atmosphériques (Modèle Régional Canadien du Climat (MRCC) et réanalyse MERRA) afin de calculer des climats de vagues, soit des fréquences de dépassement ou des périodes de retour de hauteurs de vagues significatives (H_s). Le modèle de fetch GENER (développé par Yvon Ouellet de l'Université Laval), a été choisi pour la simulation des vagues compte tenu de sa grande rapidité d'exécution par rapport aux modèles de vagues plus complexes. De nouvelles paramétrisations ont été ajoutées à GENER et un algorithme de prétraitement des vents a été développé pour permettre le forçage de GENER par des champs de vents de modèles atmosphériques. GENER a ensuite été validé avec des mesures de vagues aux sites d'étude. Une méthode empirique d'estimation du couvert de glace hivernal à partir des degrés-jours de gel a également été développée. Elle permet de déterminer les dates de début et de fin de l'hiver (par rapport à la présence de glace de mer) et un facteur d'atténuation des vagues par la glace. L'atténuation des vagues par la glace est ensuite appliquée aux H_s calculés par GENER. Finalement, le climat de vagues est évalué sur différentes périodes de 30 ans.

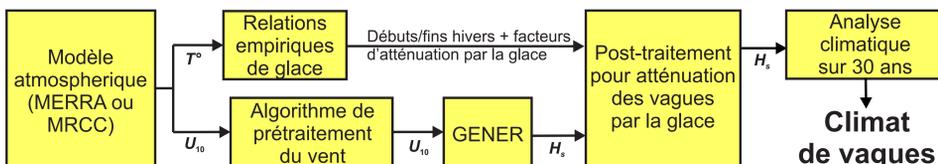


Fig. 2. Schéma de la méthode utilisée pour l'évaluation du climat de vagues.

Le climat de vagues pour le passé-récent a été étudié à partir des données de la réanalyse MERRA. Deux simulations climatiques (aev et ahj) du modèle MRCC ont été utilisées pour évaluer l'évolution future du climat de vagues. Elles sont basées sur le scénario A2 d'émission de gaz à effet de serre du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC).

ÉVOLUTION DES GLACES DU SAINT-LAURENT

Les résultats obtenus montrent qu'avec les changements climatiques, plus spécifiquement le réchauffement des températures hivernales sur le Saint-Laurent, il y aura une réduction importante de la glace de mer d'ici la fin du siècle. En effet, autant la durée d'englacement que la quantité annuelle cumulée de glace seront affectés (Fig. 3). L'impact de ces changements dans les conditions de glace sur les vagues sera également réduit, voire complètement éliminé. La Fig. 4 montre justement que mis à part le site de St-Ulric (estuaire), l'atténuation des vagues par la glace (évaluée à partir des sorties de glace du Modèle océanique régional (MOR)) devrait devenir négligeable dès 2060 environ.

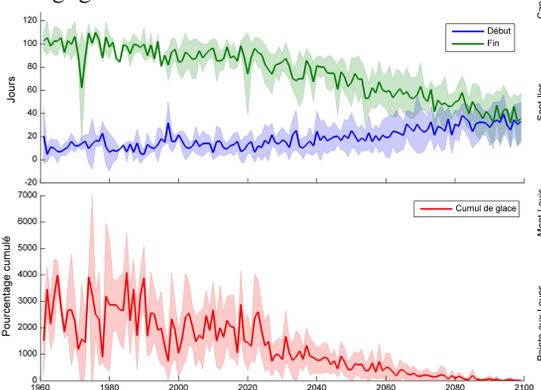


Fig. 3. Évolution des dates d'apparition et de disparition de la glace de mer et de la quantité de glace cumulée par hiver pour le golfe du Saint-Laurent. Les courbes présentent la moyenne et min-max des simulations.

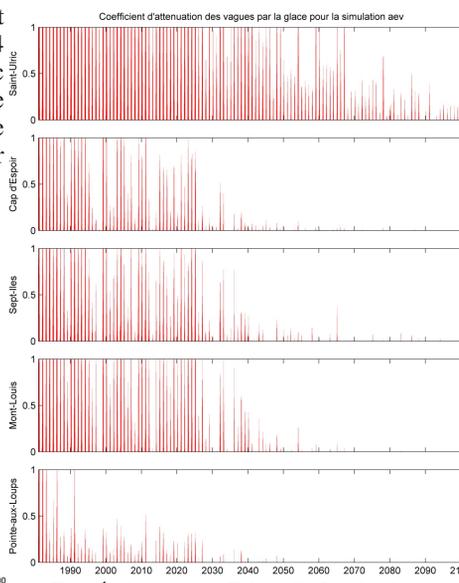


Fig. 4. Évolution des coefficients d'atténuation des vagues par la glace (évalués à partir des sorties de glace MOR forcé par MRCC-aev) aux 5 sites d'études.

ÉVOLUTION DU CLIMAT DE VAGUES AUX 5 SITES

L'évolution du climat de vagues du Saint-Laurent avec les changements climatiques est très variable d'un site à l'autre et d'une simulation climatique à l'autre (Fig. 6). Considérant l'effet des vents seuls (courbes rouges), les changements dans le climat de vagues sont minimaux. Ceux-ci sont amplifiés en considérant également la glace et la tendance générale est plus vers une augmentation des hauteurs significatives des vagues (H_s) de période de retour 50 ans. Toutefois, en considérant les intervalles de confiance des distributions des extrêmes (Fig. 5), on remarque que les incertitudes sont considérables.

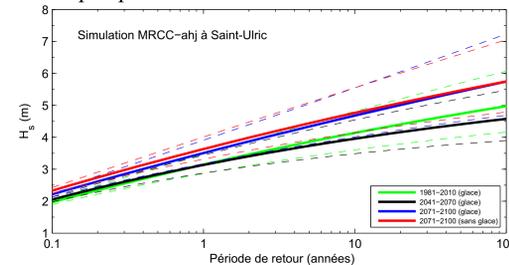


Fig. 5. Distributions des H_s extrêmes (Pareto) pour différentes périodes climatiques au site A pour la simulation MRCC-ahj (courbes pleines). Les courbes traitillées représentent les intervalles de confiance 95%.

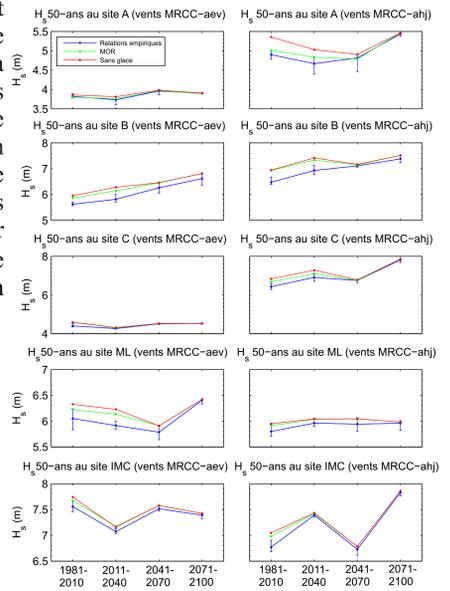


Fig. 6. Évolution du climat de vagues (H_s 50 ans) au cours du 21^e siècle aux sites d'étude avec et sans considération de la glace.

ÉVOLUTION GÉNÉRALE DU CLIMAT DE VAGUES

La Figure 7 présente la variation spatiale du climat de vagues du passé-récent évalué à partir de la réanalyse MERRA et une estimation de son évolution au cours du 21^e siècle. De manière générale, en ne considérant que les changements dans les vents, les simulations MRCC-aev et MRCC-ahj ne laissent pas présager de changements significatifs dans le climat de vagues. Toutefois, une augmentation généralisée des H_s est très probable (MRCC-aev et MRCC-ahj) si l'évolution des glaces du Saint-Laurent est aussi prise en compte dans l'évaluation du climat de vagues.

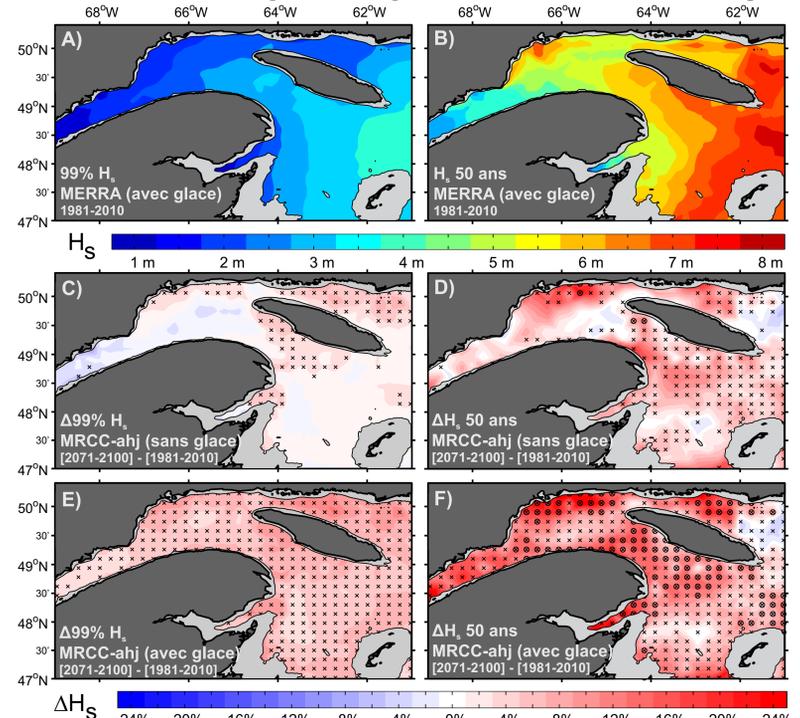


Fig. 7. Climat de vagues du Saint-Laurent pour la période 1981-2010 évalué à partir de MERRA (A et B) et variations climatiques selon la simulation MRCC-ahj avec (C et D) et sans (E et F) considération de la glace sur la période 1981-2100. Les variations statistiquement significatives sont marquées d'un « X » pour les 99% H_s et les H_s 50-ans. Les variations marquées d'un « O » pour les H_s 50-ans sont plus grande que l'intervalle de confiance 95% de la distribution des extrêmes (Pareto).

CONCLUSIONS (simulations avec scénario A2 du GIEC)

- ✦ L'influence de la glace de mer sur le climat de vagues du Saint-Laurent est appelée à disparaître d'ici la fin du 21^e siècle;
- ✦ Selon les simulations climatiques utilisées, les changements dans le régime des vents ne devraient pas modifier significativement le climat de vagues du Saint-Laurent sur la période 1981-2100;
- ✦ Une hausse moyenne de l'ordre de 6-10% des 99% H_s et de 10-16% des H_s de période de retour 50 ans est envisageable d'ici la fin du siècle.

REMERCIEMENTS

Ce projet a été financé par le ministère des Transports du Québec (MTQ) dans le cadre du Plan d'action 2006-2012 sur les changements climatiques du gouvernement du Québec, Action 23C – volet érosion côtière. Merci à Christian Poirier et à Daniel Lavallée du MTQ qui ont contribué généreusement au projet par leurs conseils et en partageant leur savoir. Merci également Simon Senneville (ISMER) pour la mise à disposition des sorties de glace de MOR ainsi que les températures MRCC-aev débiaisées. Merci aussi à James Caveen (ISMER) pour sa contribution dans la mise à jour du code source de GENER.