

Évaluation du climat de vagues du golfe du Saint-Laurent à l'aide d'un modèle de vagues paramétrique

INTRODUCTION

Peu de mesures de vagues sont disponibles pour le golfe du Saint-Laurent. L'étude de l'évolution du climat de vagues de cette région nécessite donc la reconstitution de séries temporelles de vagues avec des modèles de vagues (forcés par des données vents). L'analyse d'au moins 30 ans de données est nécessaire pour pouvoir étudier le climat. Les modèles de dernière génération demandent des temps de calculs trop importants pour être utilisés facilement comme outil de simulation des vagues sur des périodes aussi longues. La solution est d'utiliser des modèles de vagues paramétriques puisqu'ils sont avantageusement simples et rapides à exécuter.

LE MODÈLE DE VAGUES GENER

GENER (Desjardins et Ouellet, 1984) est un modèle de vagues paramétrique qui a été développé par l'équipe du professeur Yvon Ouellet de l'Université Laval dans les années 80 à partir des formules de fetch du *Shore Protection Manual* (CERC, 1977 et 1984).

Les formules de fetch sont des représentations paramétriques de la génération des vagues selon trois paramètres : la distance de fetch, la vitesse du vent et sa durée (dans l'axe du fetch). La principale approximation reliée à l'utilisation de ces méthodes est de considérer que le vent est uniforme sur tout le fetch et constant sur toute la durée.

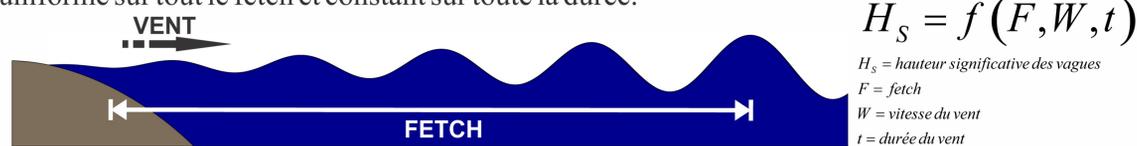
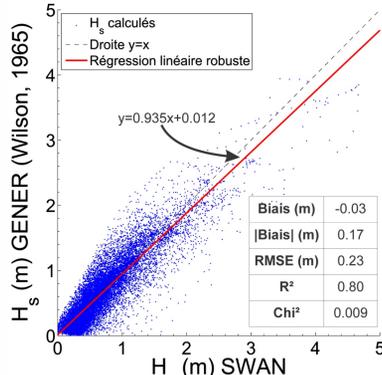


Schéma du principe de croissance des vagues utilisé dans les formules de fetch

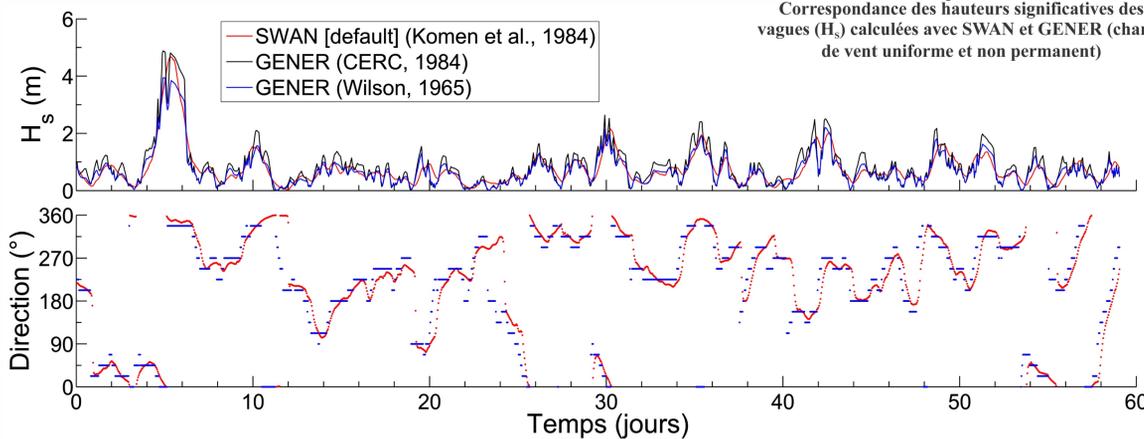
GENER fonctionne traditionnellement à partir de séries temporelles de vents issues de stations météorologiques et des distances de fetch dans 16 directions. Il calcule la génération des vagues par le vent et leur atténuation suite à un événement de vent pour produire une série temporelle de hauteurs significatives, de périodes et de directions des vagues (selon les 16 mêmes directions) pour un point d'un domaine marin. Le fait que GENER puisse uniquement être alimenté par des séries temporelles ponctuelles limite toutefois ces applications par rapport aux modèles récents.

GENER vs MODÈLE DE VAGUES DE DERNIÈRE GÉNÉRATION

Des sorties de GENER sont comparées avec celles de SWAN (modèle de vagues de dernière génération basé sur le spectre d'énergie des vagues) utilisé comme référence. Le domaine de calcul est un cas idéalisé (centre d'un plan d'eau rectangulaire et profond) et les modèles sont forcés avec le même champ de vent 2D uniforme dans l'espace et non permanent. Dans ce contexte, GENER représente de manière satisfaisante les hauteurs et la direction des vagues, et ce, avec différentes formules de fetch courantes. Cela démontre que le principal défi avec l'utilisation de GENER dans une situation réelle est d'arriver à représenter le champ de vent 2D non uniforme avec un seul vecteur.



Correspondance des hauteurs significatives des vagues (H_s) calculées avec SWAN et GENER (champ de vent uniforme et non permanent)



Hauteurs significatives (H_s) et direction des vagues calculées par SWAN et par GENER avec un champ de vent 2D uniforme et non permanent

ALGORITHME DE VENT POUR ALIMENTER GENER AVEC DES MODÈLES ATMOSPHÉRIQUES

L'objectif est d'utiliser GENER avec les données de vents issues de modèles atmosphériques. Comme GENER fonctionne seulement à partir d'une série temporelle ponctuelle de vent, un algorithme de calcul est développé pour produire une telle série à partir de champs de vent 2D de modèles atmosphériques.

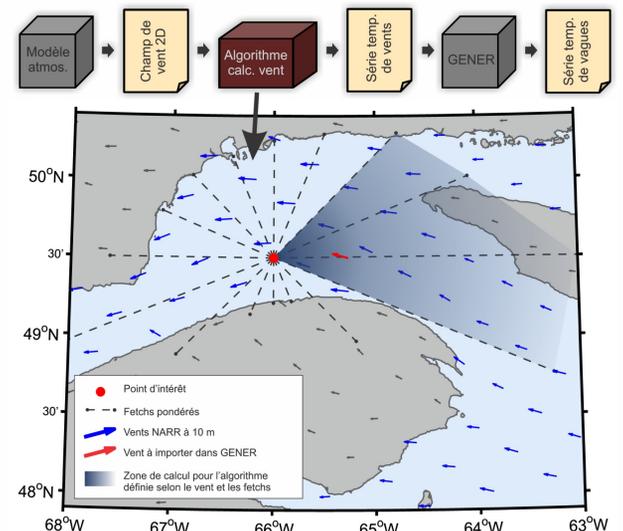
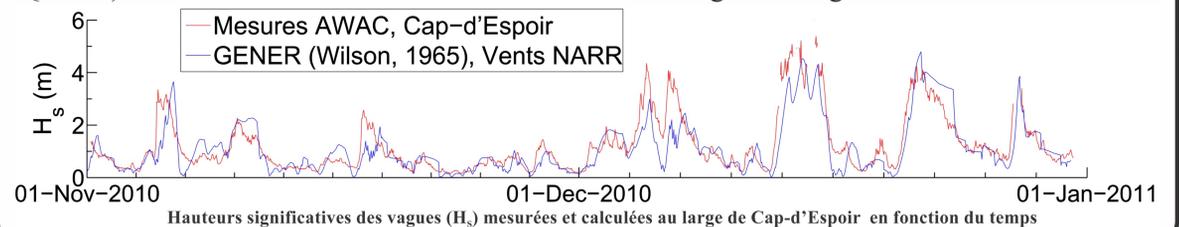


Schéma du fonctionnement de l'algorithme de calcul du vent pour GENER

À chaque pas de temps, l'algorithme détermine, à partir des distances de fetch et de la direction des vents, la zone potentielle de génération des vagues. Un vent représentatif est alors calculé puis utilisé dans le modèle GENER.

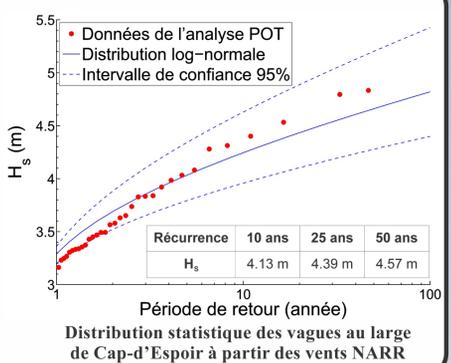
En forçant GENER avec les vents de la *North American Regional Reanalysis* (NARR) par l'entremise de l'algorithme de calcul de vent, les hauteurs significatives des vagues (H_s) calculées par le modèle au large de Cap-d'Espoir se comparent raisonnablement à des mesures directionnelles de vagues effectuées au même endroit (données acquises dans le cadre d'un projet financé par le ministère de la Sécurité publique du Québec). Ces résultats montrent ainsi l'intérêt d'utiliser ce genre d'algorithme de vent.



Hauteurs significatives des vagues (H_s) mesurées et calculées au large de Cap-d'Espoir en fonction du temps

ANALYSE DU CLIMAT DE VAGUES

En forçant GENER sur plusieurs dizaines d'années avec les données de vents de modèles atmosphériques, il est possible de calculer le climat de vagues à un site donné. Ceci est basé sur l'analyse POT (*Peak Over Threshold*) (Mathiesen et al., 1994) pour obtenir une série d'événements extrêmes indépendants et en ajustant une distribution probabiliste aux données. La figure suivante présente le climat de vagues au large de Cap-d'Espoir obtenu avec GENER à partir des vents NARR pour la période 1979-2011.



Distribution statistique des vagues au large de Cap-d'Espoir à partir des vents NARR

TRAVAUX PRÉVUS EN 2013

- Perfectionnement de l'algorithme de calcul du vent;
- Validation de GENER et de l'algorithme de vent avec des mesures de vagues et avec le modèle de vagues d'Environnement Canada (hauteur, période et direction des vagues);
- Simulation des climats de vagues passé et futur pour différents sites du golfe du Saint-Laurent à partir des vents de modèles atmosphériques;
- Établissement des tendances climatiques et évaluation du climat de vagues futur.

REMERCIEMENTS

Ce projet est 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 et par une bourse de maîtrise du FORNT.

Merci à Christian Poirier et à Daniel Lavallée du MTQ qui ont contribué au projet par leurs conseils et en partageant leur savoir. Merci également à James Caveen (ISMER) pour son travail sur le code source de GENER.

RÉFÉRENCES

CERC (1977) *Shore Protection Manual*, 3^e édition, U.S. Army Corps of Engineers, Coastal Engineering Research Center, 3 volumes.
 CERC (1984) *Shore Protection Manual*, 4^e édition, U.S. Army Corps of Engineers, Coastal Engineering Research Center, 2 volumes.
 Desjardins, L. and Ouellet, Y., 1984. Modèles numériques utilisés pour la conception des ouvrages maritimes. *Comptes rendus du Colloque sur la simulation numérique appliquée au domaine de la ressource halieutique, dans le cadre du 52^e congrès annuel de l'ADPAC*, pp. 187-224.
 Komen, G.J., Hasselmann, S. et Hasselmann, K. (1984) On the existence of a fully developed wind-sea spectrum. *Journal Physical Oceanography*, 14, pp. 1271-1285.
 Mathiesen, M., Hawkes, P., Martin, M.J., Thompson, E., Goda, Y., Mansard, E., Peltier, E. et Van Vledder, G. (1994) Recommended practice for extreme wave analysis. *Journal of Hydraulic Research*, 32, pp. 803-814.
 Wilson, B.W. (1965) Numerical prediction of ocean waves in the North Atlantic for December, 1959. *Deutsche Hydrographische Zeitschrift*, 18, 114-130.