CARACTÉRISTIQUES ET ÉTAT ÉCOLOGIQUE

MANCHE - MER DU NORD

CARACTÉRISTIQUES ET ÉTAT ÉCOLOGIQUE

MANCHE - MER DU NORD

JUIN 2012

ÉTAT PHYSIQUE ET CHIMIQUE

Caractéristiques physiques

États de mer et agitation sur le fond

Fabrice Ardhuin
et Mickael Accensi
(Ifremer, Brest).

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie
Agence des aires marines protégées
Ifremer

1. REPRÉSENTATION DU CARACTÈRE ALÉATOIRE DES ÉTATS DE MER

Les états de mer – vagues et houles – sont la composante rapide de la dynamique océanique de surface, avec des périodes généralement inférieures à 25 s dans la région considérée. Ces états de mer ont pour conséquences : i) des élévations de la surface libre dont la variation, de crête à creux, peut dépasser 30 m, ii) des fluctuations de vitesse et de pression qui peuvent se faire ressentir jusqu'au fond, en fonction de la longueur d'onde des vagues, iii) une dérive moyenne. Cette liste n'est pas exhaustive. La présente synthèse traite essentiellement des hauteurs de vagues et des amplitudes d'agitation près du fond.

Les états de mer peuvent être considérés comme : i) une succession de vagues ou ii) une superposition de trains d'ondes de différentes périodes et directions. Dans les deux cas, il est indispensable de les décrire comme un phénomène aléatoire. On distingue alors des statistiques de court terme et de long terme.

Pour le court terme, ces statistiques sont valables sur une durée de quelques dizaines de minutes à quelques heures, durée pour laquelle les valeurs des variables physiques – élévation de la surface, vitesse, pression – sont essentiellement gaussiennes, du fait de la superposition d'un grand nombre de composantes indépendantes, avec de faibles déviations [1]. Ainsi, la hauteur significative est définie comme quatre fois la déviation standard de l'élévation de la surface, et on peut calculer les probabilités de dépassement de n'importe quelle valeur à partir d'une distribution gaussienne, prenant éventuellement en compte des corrections. En pratique, cela veut dire que la hauteur significative est nettement plus faible que la hauteur maximale et que cette hauteur maximale augmente avec la durée des observations. Par analogie, nous avons utilisé une amplitude significative de l'agitation sur le fond comme étant deux fois la déviation standard du module de la vitesse près du fond. Cette valeur correspond à la moyenne du tiers des amplitudes des vitesses les plus fortes. Cette échelle de vitesse est cohérente avec la mise en place de rides [2], mais elle doit être adaptée en fonction des applications. Cet aspect aléatoire est très important.

Au-delà de cette échelle de temps courte, les variances des différentes grandeurs évoluent dans le temps, et de nombreuses applications sont soucieuses de leurs valeurs extrêmes : houles décennales, centennales, etc. Ces valeurs extrêmes suivent généralement la théorie des valeurs extrêmes, et présentent une distribution de Gumbel généralisée [3]. Toutefois, à ces échelles de temps, il convient de prendre en compte les cycles quasi décennaux, comme l'oscillation nord-atlantique [4] et, peut-être, les tendances à long terme associées au changement climatique dont le signal est très faible pour les états de mer par rapport à la variabilité pluri-décennale [5].

2. SOURCE DES DONNÉES UTILISÉES

Afin de trouver un compromis entre la représentativité des paramètres et leur variabilité interannuelle, nous avons choisi d'illustrer la variabilité spatiale et l'ordre de grandeur des hauteurs et agitations sur le fond par les résultats des modèles numériques d'états de mer développés au SHOM, puis à l'Ifremer dans le cadre du projet IOWAGA [6]. Il s'agit du code de calcul WAVEWATCH III® [7], mis en œuvre dans des configurations à maillage régulier avec une résolution de 2 min, ainsi que, pour la mer d'Iroise, un maillage à éléments triangulaires de 12 000 nœuds avec une résolution de 150 m à la côte. Pour les autres zones côtières, les résultats des maillages irréguliers de résolution comparable n'étaient pas tous disponibles au moment de rédiger ce document, mais devraient l'être depuis 2012.

Ces modèles utilisent des paramétrages récents mais éprouvés [8] [9] [10] et ont été validés par une comparaison avec un grand nombre de mesures *in situ* [8] et spatiales [11] avant une calibration, en particulier pour les états de mer très forts. Les données brutes sont par ailleurs disponibles [12]. Le forçage de ces modèles utilise les analyses de vent de surface du Centre européen de prévision à moyen terme (CEPMMT) pour les années 2006-2010. Pour les années antérieures à 2005, il utilise la réanalyse Climate Forecast System Reanalysis [13] produite par le centre de prévision météorologique des États-Unis (NCEP/NCAR). Dans ce dernier cas, le paramétrage du modèle de vagues a été retouché afin de corriger le biais relatif des deux champs de vent. Enfin, nous avons utilisé les courants et niveaux d'eau issus de modèles MARS2D similaires à ceux mis en œuvre dans le démonstrateur 1 du projet Prévimer. Leur résolution est assez grossière en Manche (4 km) et adaptée à la mer d'Iroise (300 m).

3. VALIDATION ET CALIBRATION DE LA MODÉLISATION UTILISÉE

Les modèles ont tout d'abord été ajustés pour reproduire la variabilité spatio-temporelle des états de mer pour la prévision à court terme – 6 jours –, avec des biais faibles – moins de 10 cm pour la hauteur significative dans l'océan global pour des hauteurs de vagues allant jusqu'à 7 m [8].

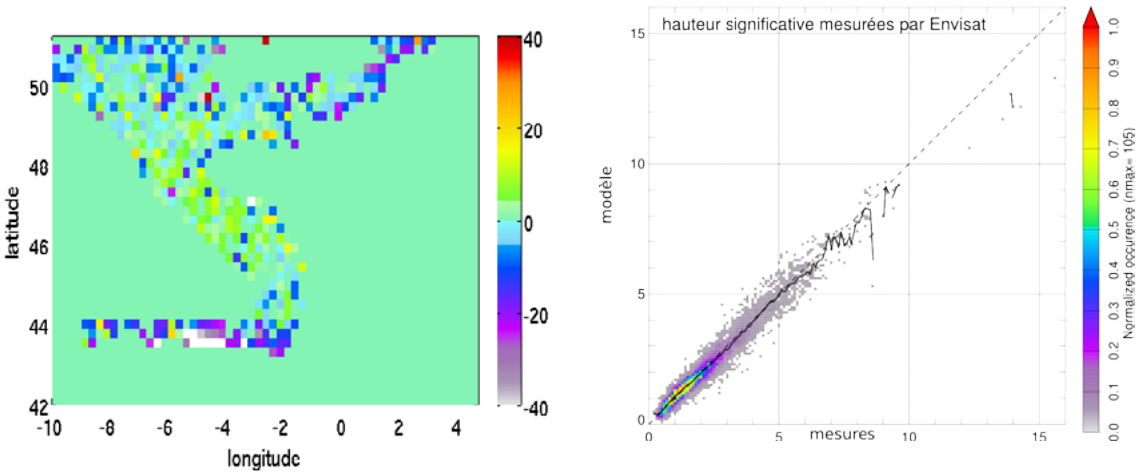

Figure 1 : À gauche, carte des erreurs moyennes (biais), en centimètres, pour la hauteur significative par rapport aux mesures altimétriques sur la période 2006-2009. Chaque pixel couvre 15 minutes d'arc en longitude et latitude. Les valeurs mesurées sont préalablement moyennées le long de la trace au sol du satellite, sur un pixel, ce qui donne 23 914 points de validation pour tous les satellites. La zone au large a été exclue de ces statistiques (hors du domaine du modèle NORGAS). À droite, dispersion des erreurs pour les 9 914 points issus du satellite Envisat de 2006 à 2009 dans la région couverte par la carte de gauche. On peut noter un biais négatif pour des hauteurs dépassant 10 m.

Par conséquent, comme pour le percentile 99, la hauteur au large est inférieure à 7 m, les évènements qui sont sous-estimés ont des probabilités d'occurrence inférieures à 1 %, et cette sous-estimation n'affecte pas les valeurs des percentiles 90 et 99. Des questions concernant les erreurs subsistent sur les valeurs en région proche côtière. La confrontation aux mesures altimétriques des satellites Jason-1, Jason-2, Envisat et Geosat-Follow-On (figure 1) suggère qu'il n'y a pas de biais régionaux systématiques. En effet, les seuls biais significatifs sont trouvés sur la frange côtière, où les valeurs sont faibles et où les altimètres sont peu fiables.

4. MOYENNE ET PERCENTILES 90 ET 99

La hauteur des vagues se réduit fortement de l'entrée de la Manche, avec un percentile 90 qui arrive à 5 m, jusqu'au Pas-de-Calais, où ce même paramètre ne dépasse pas 1,6 m. De façon similaire, les hauteurs décroissent du centre de la mer du Nord vers le pas de Calais. On peut noter que la côte normande autour de Caen est particulièrement abritée des houles atlantiques par le Cotentin (figure 2), qui limite aussi le fetch[1] pour la génération des vagues par les vents de secteur ouest. Un abri partiel est aussi offert dans le golfe Normand-Breton par les îles anglo-normandes, et les nombreux hauts-fonds (plateau des Minquiers, archipel de Chausey).

Ainsi, avec des profondeurs faibles, les vitesses d'agitation près du fond sont souvent significatives en Manche occidentale, et de l'embouchure de la Seine au pas de Calais, avec un percentile 90 qui dépasse les 0,1 $m \cdot s^{-1}$.

1 Le fetch est la distance en mer ou sur un plan d'eau au-dessus de laquelle souffle un vent donné sans rencontrer d'obstacle (une côte) depuis l'endroit où il est créé ou depuis une côte s'il vient de la terre.

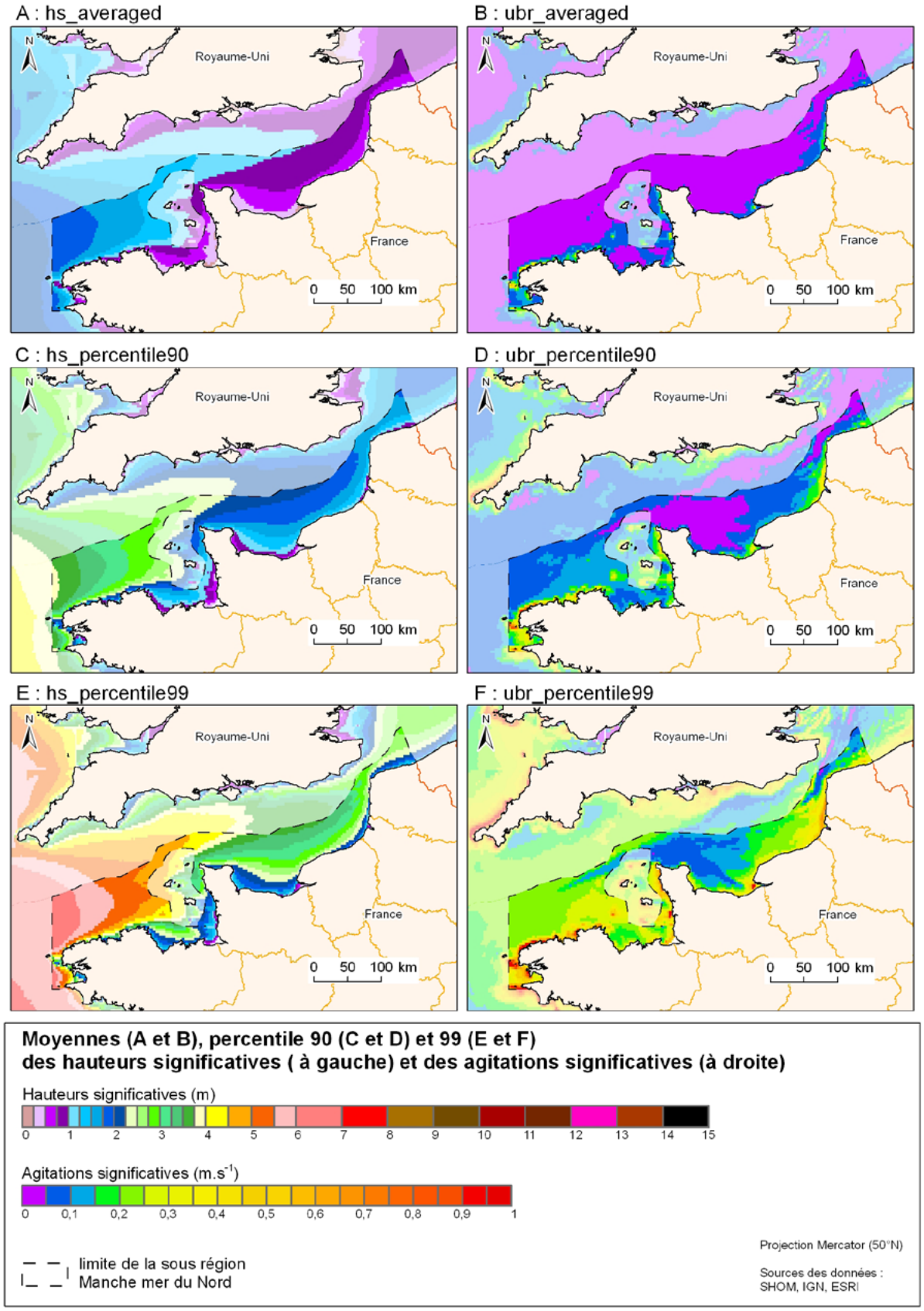

Figure 2 : Moyennes, percentile 90 et 99 des hauteurs significatives et des agitations significatives. Ces statistiques sont obtenues dans un domaine de résolution de 2 minutes d'arc pour toute la Manche et la mer du Nord méridionale. Ce domaine (NORGAS) est emboîté, avec rétroaction, dans un domaine global de 30 minutes de résolution.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1] Tayfun A., 2006. Statistics of nonlinear wave crests and groups. Ocean Engineering vol. 33 pp. 1589–1622.

[2] Traykovski P., Hay A.E., Irish J.D. et Lynch J.F., 1999. Geometry, migration, and evolution of wave orbital ripples at LEO-15. J. Geophys. Res., vol. 104, pp. 1,505–1524.

[3] Mathiesen M., Goda Y., Hawkes P.J., Mansard E., Martín M.J., Peltier E., Thompson E.F., Van Vledder G., 1994. Recommended practice for extreme wave analysis, Journal of Hydraulic Research, Vol. 32, Issue 6, pp. 803 – 814.

[4] Dodet G., Bertin X., Taborda R., 2010. Wave climate variability in the North-East Atlantic Ocean over the last six decades, Ocean Modelling, vol. 31, pp. 120–130.

[5] Mori N., Yasuda T., Mase H., Tom T.et Oku Y., 2010. Projection of Extreme Wave Climate Change under Global Warming, Hydrological Research Letters, 4, 15–19.

[6] http://wwz.ifremer.fr/iowaga

[7] Tolman H.L., 2009. User manual and system documentation of WAVEWATCH-IIITM version 3.14, Tech. Rep. 276, NOAA/NWS/NCEP/MMAB.

[8] Ardhuin F., Rogers E., Babanin A., Filipot J.-F., Magne R., Roland A., van der Westhuysen A., Queffeulou P., Lefevre J.-M., Aouf L. et Collard F., 2010. Semi-empirical dissipation source functions for wind-wave models : part I, definition, calibration and validation, J. Phys. Oceanogr., vol. 40, no. 9, pp. 1917–1941.

[9] Ardhuin F., Tournadre J., Queffelou P. et Girard-Ardhuin F., 2011. Observation and parameterization of small icebergs : drifting breakwaters in the southern ocean, Ocean Modelling.

[10] Ardhuin F., Stutzmann E., Schimmel M. et Mangeney A., 2011. Ocean wave sources of seismic noise, J. Geophys. Res., vol. 115.

[11] Queffeulou P. et Croizé-Fillon D., 2010. Global altimeter SWH data set, version 7 tech. rep., Ifremer. http://tinyurl.com/2cj5sez

[12] Serveur ftp de l'Ifremer, projet IOWAGA. http://tinyurl.com/yetsofy

[13] Saha S. *et al.*, 2010. The NCEP Climate Forecast System Reanalysis, Bull. Amer. Meterol. Soc., vol. 91, pp. 1015–1057.