

Évaluation des modèles WW3 et WAM par comparaison avec les données du réseau de bouées REDEXT

Siraj-Eddine BOUZGHAIA^{1*}, Nacer KESSALI¹

Résumé

Ce document présente les résultats de l'évaluation des modèles de prévision marine WavewatchIII (WW3) et WAM en fonctionnement opérationnel dans le service PNT du CNPM. L'évaluation a consisté à comparer les sorties des modèles opérationnels avec les mesures des bouées météorologiques du réseau espagnol REDEXT. L'évaluation a été menée en trois étapes. Dans un premier temps une évaluation sommative a été menée pour connaître la justesse des modèles. Elle a simplement consisté à déterminer si les modèles menaient à des prévisions satisfaisantes. Dans un second temps, une évaluation diagnostique a été effectuée pour analyser plus finement les erreurs commises par les modèles, et déterminer leur fidélité. Dans un troisième temps, la dépendance de la performance des modèles à l'intensité du phénomène enregistré a été considérée. Le travail d'évaluation a permis de mettre en évidence les faiblesses et les forces de chacun des modèles opérationnels. Le projet a en outre été mis en place de manière automatique de manière à permettre un suivi des performances des différents modèles.

Mots Clés:

WW3 — WAM — REDEXT — Evaluation

¹Office national de la météorologie (CNPM-ONM), Dar El Beida, Alger

*Correspondant: mbouzghaia@gmail.com

1. Introduction

Présentation des modèles

Les modèles utilisés de manière opérationnelle au sein du service PNT pour la prévision de l'état de la mer sont le modèle WAM [TheWamdiGroup \(1988\)](#) et Wavewatch III [Tolman \(2009\)](#). Le modèle WAM est forcé avec les sorties vent du modèle ALADIN-Algérie, tandis que le modèle WW3 utilise les données GFS (NCEP). Les deux modèles sont lancés à froid, et initialisés à partir des données vent.

Caractéristiques des bouées

L'évaluation des modèles de prévision marine a été effectuée par comparaison avec les données disponibles sur le réseau Eulerian Platforms de l'Ifremer. Cinq bouées du réseau espagnol REDEXT ont été choisies, pour d'une part la qualité et la disponibilité de leurs données sur l'intervalle de temps étudié, et d'autre part leur position privilégiée au sein du domaine de calcul des modèles de prévision marine.

Nous ne présenterons ici que les résultats obtenus au niveau des bouées de Cabo Begur (61196) et de Tarragone (61280). Ces bouées se distinguent essentiellement par leur exposition aux trains d'onde issus du golfe du lion. La première est pleinement exposée à ces phénomènes, on y enregistre fréquemment des hauteurs de vague significative dépassant 2.5m. La première est bien plus abritée, et la hauteur de vague significative n'y dépasse généralement pas 1m. Les trois autres bouées ont des expositions moyennes, et les résultats enregistrés se situent globalement entre ces deux extrêmes.

Période étudiée

L'intervalle d'étude va du 01 août 2016 au 13 septembre 2016. Elle a été marquée par trois épisodes hou-

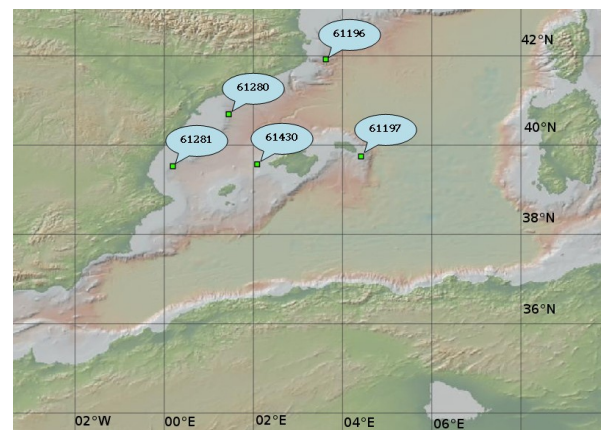


Figure 1. Position des bouées utilisées

leux. Le premier s'est étendu du 04 au 08 août, le second du 09 au 12 août et le troisième du 19 au 22 août. Les trois phénomènes ont été ressentis de manière plus intense à Cabo Begur qu'à Tarragone.

Outils Statistiques

L'évaluation qualitative des modèles a consisté à comparer les sorties tri-horaires des modèles WAM et WW3 avec les mesures des bouées lissées correspondantes de manière qualitative et quantitative. Le seul paramètre considéré dans la présente étude a été la hauteur des vagues significatives.

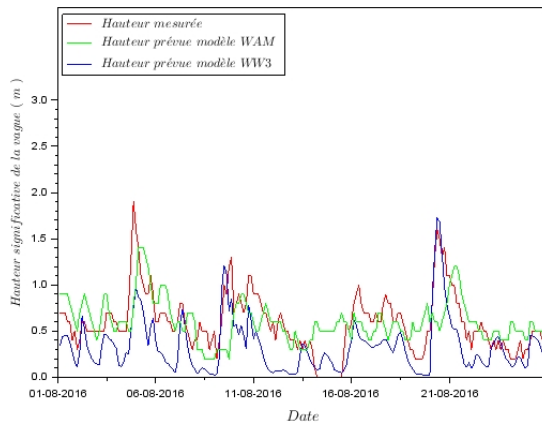
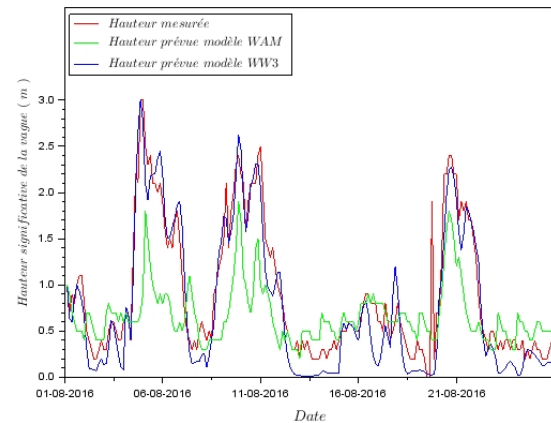
En premier lieu l'évaluation qualitative a consisté à comparer les mesures et les prévisions sur la base de l'échelle de Douglas. Une prévision est alors considérée bonne si la force prévue sur l'échelle de Douglas est égale à la force observée. Elle est considérée moyenne si la force prévue ne s'écarte que d'un seul point de la force observée, et mauvaise sinon.

Table 1. Configuration des modèles opérationnels

Modèle	WAM version 3	Wavewatch III, version 4.18
Equations de base	Conservation de la densité d'action spectrale	Conservation de la densité d'action spectrale
Nombre de directions	24 directions	24 directions
Pas de temps	150 s	900 s
Bathymétrie	Base de données ETOPO2	Base de données ETOPO1
Forçage	Données vents du modèle Aladin de résolution 8km	Données vents du modèle GFS de résolution 25km
Paramétrisation	Paramétrisation pour eau peu profonde	Paramétrisation pour eau profonde

Table 2. Caractéristiques des bouées utilisées

Nom	Cabo Begur	Mahon	Dragonera	Tarragona	Valence
Référence	61196	61197	61430	61280	61281
Longitude	3,65 E	4,42 E	2,10 E	1,47 E	0,21 E
Latitude	41,91 N	39,72 N	39,56 N	40,68 N	39,52 N
Cadence	1h	1h	1h	1h	1h
Profondeur	1200 m	300 m	135 m	688 m	260 m
Date d'ancrage	27-03-2001	29-04-1993	29-11-2006	20-08-2004	15-09-2005
Modèle	WaveScan	WaveScan	WaveScan	SeaWatch	SeaWatch
Distance à la cote	35km	15km	20km	50km	45km
Position	Est de Begur	Sud-Est de Minorque	Ouest de Majorque	Sud de Tarragone	Est de Valence


Figure 2. Hauteurs de vague significative mesurées et prévues à Tarragona (61280)

Figure 3. Hauteurs de vague significative mesurées et prévues à Cabo Begur (61196)

Pour l'évaluation quantitative, les paramètres statistiques étudiés pour comparer les prévisions (série statistique p_i) et les observations (série statistique o_i) sont le biais bi l'erreur quadratique moyenne eq et le coefficient de corrélation de Pearson r Mentaschi et al. (2015) .

$$bi = \frac{1}{n} \sum (p_i - o_i) \quad (1)$$

$$eq = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (p_i - o_i)^2} \quad (2)$$

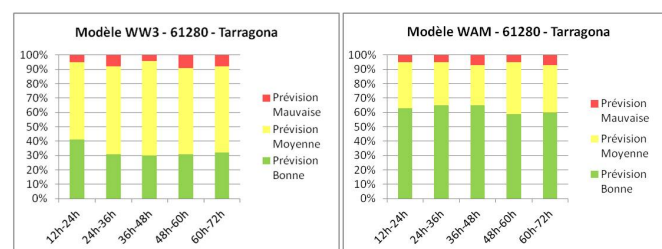
$$r = \frac{\sum (p_i - \bar{p})(o_i - \bar{o})}{\sqrt{\sum (p_i - \bar{p})^2} \sqrt{\sum (o_i - \bar{o})^2}} \quad (3)$$

2. Résultats et Discussions

Evaluation de la justesse des modèles

Pour évaluer la justesse des modèles, des scores ont été calculés sur 5 tranches de temps de 12h, en calculant le pourcentage de prévisions bonnes, moyennes et mauvaises, réalisés par les modèles sur la tranche de temps considérée.

Le premier point saillant est la rareté des prévisions mauvaises, qui n'ont pas excédés 10 %. De plus certaines


Figure 4. Scores des modèles obtenus à Tarragona (61280)

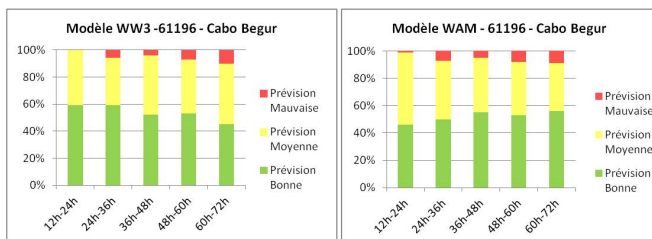
de ces mauvaises prévisions ne sont qu'apparentes, et dues en réalité à de mauvaises mesures (dont la proportion est de l'ordre de 3%). Les deux modèles sont donc apparemment fiables. Le second point ressortant de ces graphiques est que le modèle WAM semble être plus performant au niveau de la bouée 61280, tandis que le modèle WW3 semble l'être au niveau de la bouée 61196. Cette évaluation n'est que superficielle, et ne révèle pas les caractéristiques réelles des modèles. Une étude approfondie est nécessaire.

Evaluation de la fidélité des modèles

L'évaluation de la fidélité des modèles s'est faite en calculant le biais, l'erreur quadratique moyenne et le coef-

Table 3. Echelle de Douglas

Force	Descriptif	Hauteur des vagues significatives (m)
0	Calme	0
1	Ridée	0 – 0.1
2	Belle	0.1 – 0.5
3	Peu agitée	0.5 – 1.25
4	Agitée	1.25 – 2.5
5	Forte	2.5 – 4
6	Très forte	4 – 6
7	Grosse	6 – 9
8	Très grosse	9 – 14
9	Énorme	> 14


Figure 5. Scores des modèles obtenus à Cabo Begur (61196)

efficient de corrélation des prévisions vis-à-vis des mesures.

Table 4. Statistiques des modèles

Modèle	Bouée	bi	eq	r
WW3	61280	-0.2064	0.2874	0.7659
WW3	61196	-0.1356	0.2412	0.9470
WAM	61280	+0.0738	0.2793	0.4131
WAM	61196	-0.0568	0.4634	0.6538

Le modèle WW3 présente un biais important, il sous-estime systématiquement de 10 à 20cm la hauteur significative des vagues. L'erreur commise est faiblement dispersée, et le modèle semble présenter une bonne fidélité. Le modèle WAM, au contraire, ne présente pas de biais significatif, mais présente une forte dispersion. Bien que sa justesse soit comparable voire parfois meilleure que celle du modèle WW3, sa fidélité est moindre.

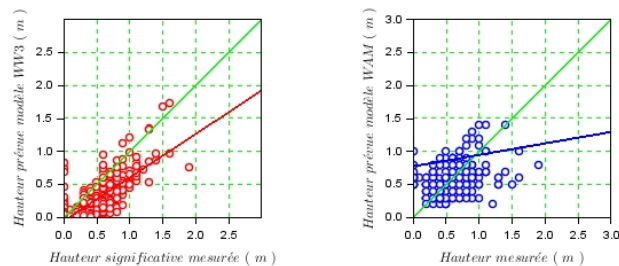
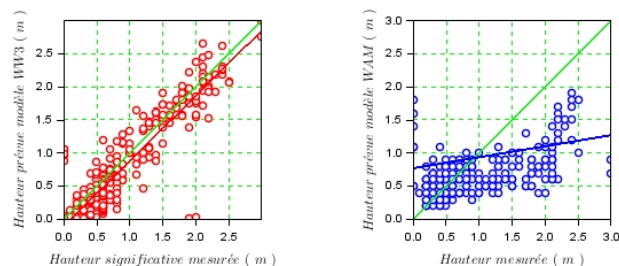
Performances des modèles en fonction de la hauteur de vagues significative

Pour mettre en évidence la sensibilité des modèles à l'intensité des phénomènes observés, la corrélation linéaire entre les prévisions et les mesures a été considérée en traçant les diagrammes de dispersion des prévisions effectuées sur l'intervalle +12h à +36h.

Cela a permis de mettre en évidence l'efficacité de modèle WW3 dans la description des hauteurs de vagues significative enregistrées à Cabo Begur (61196), ce à quoi échouait le modèle WAM. Pour ce qui est de la bouée de Tarragone, les deux modèles ont mal décrit les hauteurs des vagues significatives d'importance (principalement de type houle) qui y ont été enregistrés. Cela indique la faiblesse des modèles pour la description de la houle.

3. Conclusion et Perspectives

Ce travail nous a permis de valider les modèles opérationnels, et de démontrer que les modèles opérationnels


Figure 6. Diagrammes de dispersion obtenus à Tarragone (61280)

Figure 7. Diagrammes de dispersion obtenus à Cabo Begur (61196)

livraient des résultats satisfaisants. Néanmoins une grande marge d'amélioration est possible, en particulier pour le modèle WW3 qui a globalement donné les meilleurs résultats. Cette étude a permis de dégager des axes de développement nécessaires à l'amélioration des prévisions marines, d'une part concernant la routine d'évaluation elle-même, et d'autre part concernant les modèles. Concernant la routine d'évaluation, nous nous fixons les objectifs suivants :

- Extension de la routine d'évaluation à d'autres paramètres caractérisant l'état de la mer : la période moyenne des vagues, et la direction moyenne de propagation.
- Intégration d'un plus grand nombre de bouées à la routine d'évaluation
- Détermination de plus d'indicateurs statistiques

Références

- Mentaschi, L., Besio, G., Cassola, F., and Mazzino, A. (2015). Performance evaluation of Wavewatch {III} in the Mediterranean Sea. *Ocean Modelling*, 90 :82 – 94.
- TheWamdiGroup (1988). The WAM Model—A Third Generation Ocean Wave Prediction Model. *Journal of Physical Oceanography*, 18(12) :1775–1810.
- Tolman, H. L. (2009). User manual and system documentation of WAVEWATCH-IIITM version 4.18. Technical Report 276, NOAA/NWS/NCEP/MMAB.