

Rejeu climatologique 2003-2022 d'états de mer sur la façade méditerranéenne

Descriptif de contenu du produit externe

Février 2025


**MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE**
*Liberté
Égalité
Fraternité*

**Direction générale de l'énergie et
du climat (DGEC)**

www.shom.fr

data.shom.fr

Shom

13 rue du Chatellier - CS 92803
29228 BREST CEDEX 2 - France

Table des matières

1. Objet du document.....	3
2. Description générale du produit.....	3
2.1 Description du modèle.....	3
2.2 La grille de calcul	3
2.3 La discrétisation spectrale	4
2.4 Le forçage atmosphérique.....	4
2.5 Les conditions aux limites.....	5
2.6 Les paramétrisations physiques	5
2.7 Les données disponibles	5
2.8 Système géodésique.....	5
2.9 Mise à jour	5
3. Structuration du produit	6
3.1 Format du produit.....	6
3.2 Description détaillée des dossiers	6
4. Qualité des données du produit.....	9
4.1 Validation par comparaison aux observations satellitaires.....	9
4.2 Validation par comparaison aux mesures de bouées houlographes.....	10
5. Limitations d'emploi.....	12
5.1 Restrictions	12
5.2 Licence d'utilisation	12
5.3 Limites d'utilisation	12
6. Références.....	12
7. Financements	14
8. Suivi des modifications	14

Rejeu climatologique 2003-2022 d'états de mer sur la façade méditerranéenne

Descriptif de contenu du produit externe

Février 2025

1. Objet du document

Ce document décrit les caractéristiques du produit MEDIWAT (MEDiterranean WAVE hindcast), il ne s'agit pas d'un manuel d'utilisation de ce produit. Le produit consiste en un rejeu de 20 ans de modèles d'états de mer (2003-2022) forcé par une réanalyse atmosphérique ERA5 (résolution temporelle horaire et spatiale de 30 km). La grille de calcul du modèle WW3 développée dans le cadre du projet HOMONIM (Historique Observation MODélisation des Niveaux Marins, Jourdan et al. 2020) a été utilisée.

Ce jeu de données a été réalisé par le Shom et financé par la DGEC (Direction Générale de l'Énergie et du Climat) dans le cadre des études préliminaires de caractérisation initiale et de dérisquage des futurs sites éoliens en mer Méditerranée. (Convention Shom / MTES [DGEC] EJ n°2 201 254 466 ; Shom n° 79/2019). Il a été dénommé rejeu MEDIWAT pour « MEDiterranean WAVes hindcast ».

Les résultats de ce rejeu sur 20 ans sont librement accessibles au public. Ils fournissent à la communauté scientifique une source importante de données pour l'étude des phénomènes de vagues et de leurs impacts sur la côte méditerranéenne française.

2. Description générale du produit

2.1 Description du modèle

Le rejeu MEDIWAT est basé sur le modèle d'états de mer WAVEWATCH III® v6.07.1 (THE WAVEWATCH III® DEVELOPMENT GROUP, 2019). C'est un modèle spectral, i.e. à phase moyennée, de troisième génération, développé et maintenu par NOAA/NCEP/NWS. Ces dernières années, le modèle a bénéficié de développements importants, notamment par les équipes françaises du Shom et Ifremer, qui en font un modèle de choix pour l'étude des états de mer à différentes échelles. En effet, le modèle intègre à la fois les dernières paramétrisations en termes de processus offshore de croissance des vagues mais prend également en compte les processus côtiers d'interaction avec les courants et la bathymétrie.

2.2 La grille de calcul

La grille de calcul (Figure 1) est celle utilisée de façon opérationnelle par Météo-France dans le cadre de la Vigilance Vagues-Submersion (MICHAUD et al., 2015). Elle couvre les côtes méditerranéennes françaises, du golfe du Lion à l'est à la mer Ligure à l'ouest, en incluant la Corse et le nord de la Sardaigne. Elle a pour extension 40°45'N - 44°30'N et 3°E - 11°45'E. Elle est caractérisée par un maillage non-structuré comportant 166 663 éléments triangulaires et 89 695 points de calcul.

Elle a été réalisée par le Shom, en partenariat avec Météo-France, dans le cadre du projet HOMONIM (Historique Observation MODélisation des Niveaux Marins). Elle permet un raffinement dans les zones de faible profondeur ou de fort gradient bathymétrique, atteignant ainsi une résolution d'environ 200 m à la côte, et entre 700 m et 1000 m dans les zones d'intérêt pour l'éolien en mer. Elle s'appuie en outre sur une bathymétrie à 500 m de résolution pour la zone hauturière, et sur une bathymétrie raffinée à 100 m de résolution dans la zone côtière.

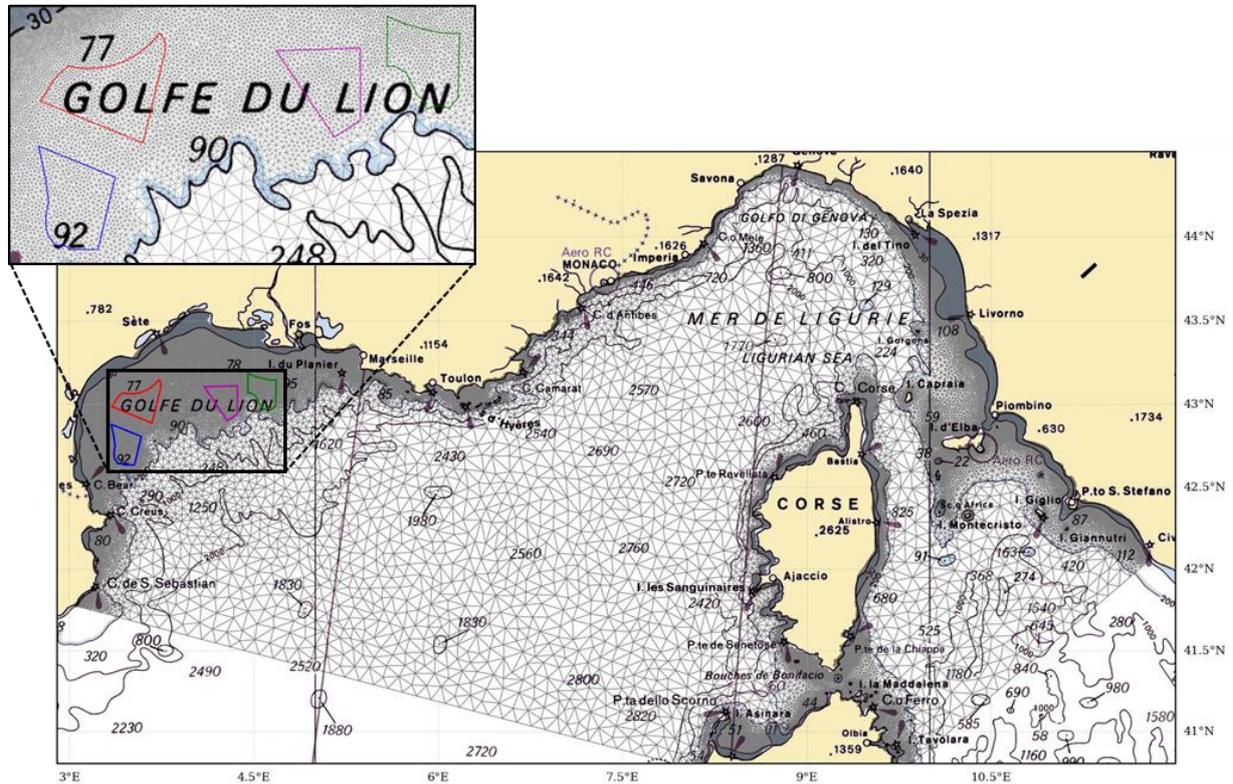


Figure 1 : Maillage du modèle superposé à la carte marine Shom 7081. En haut à gauche, un zoom du golfe du Lion avec 4 zones d'intérêt pour l'éolien en mer.

2.3 La discrétisation spectrale

Dans le modèle WAVEWATCH III®, le spectre d'état de mer a été discrétisé en 24 directions linéairement réparties tous les 15°, et en 30 fréquences f_i exponentiellement réparties de $f_{min} = 0,05$ Hz ($T_{max} = 20$ s) à $f_{max} = 0,7932$ Hz ($T_{min} \approx 1,26$ s) telles que :

$$\forall i \in [1 ; 30], f_i = 1,1^{i-1} f_{min} \quad (1)$$

2.4 Le forçage atmosphérique

Les champs de vent utilisés pour le forçage du modèle WAVEWATCH III® sont issus de la réanalyse ERA5 (HERSBACH et al., 2023) produite par le Centre Européen pour les Prévisions Météorologiques à Moyen Terme (ECMWF).

La réanalyse ERA5 est connue pour sous-estimer les vents très forts (ALDAY et al., 2021). Bien qu'une partie de cette sous-estimation puisse être partiellement corrigée par la paramétrisation du terme de croissance des vagues (LECKLER et al., 2013), une augmentation très importante de ce paramètre peut induire une surestimation des états de mer modaux. Pour cette raison, les vents les plus forts ont été calibrés par rapport aux mesures de la bouée Lion, opérée par Météo-France, et située au large du golfe du Lion

(Figure 4). La correction appliquée s'inspire de celle utilisée dans (ALDAY et al., 2021). La vitesse des vents supérieure à 19 m/s a ainsi été augmentée de 10%.

2.5 Les conditions aux limites

Le modèle a été forcé au large (voir Figure 1) par un rejeu d'états de mer issu de l'implémentation du même modèle sur une grille de calcul régulière couvrant toute la mer Méditerranée, à une résolution spatiale de 6' (environ 10 km).

2.6 Les paramétrisations physiques

Le package de termes source ST6 (ROGERS et al., 2012 ; ZIEGER et al., 2015) a été utilisé car il a démontré sa bonne capacité à simuler le développement rapide de vagues générées par des vents forts sur des fetch courts, comme le Mistral ou la Tramontane (VALIENTE et al., 2021).

Une des principales particularités des paramétrisations ST6 est que le terme source de génération des vagues par le vent est une fonction non-linéaire du spectre d'état de mer, avec un taux de croissance dépendant de la cambrure des vagues, et donc du spectre lui-même. Les autres caractéristiques incluent une croissance des vagues diminuant en conditions de vents très forts, du fait du décollement de la couche limite atmosphérique à l'interface avec l'océan, et un terme source de génération des vagues par le vent augmentant pour des vagues déferlantes. En ce qui concerne la dissipation de l'énergie des vagues, en plus de celle induite par le déferlement, ST6 inclut un terme de dissipation cumulatif, et un terme lié à la génération de la turbulence par les vagues.

Pour ce rejeu, la paramétrisation utilisée pour la croissance des vagues (DONELAN et al., 2006 ; ROGERS et al., 2012) a toutefois été adaptée en optimisant le coefficient de croissance des vagues de vent CDFAC à 1,43 afin de représenter au mieux les paramètres d'états de mer sur la façade méditerranéenne française.

Par ailleurs, le paramètre SINA0, qui contrôle l'énergie des vagues se propageant dans la direction opposée au vent, a été ajustée à 0,06 (0,09 par défaut). La valeur du paramètre de dissipation de la houle SWLB1 a aussi été modifiée de 0,0041 à 0,002.

Finalement, les interactions entre quadruplets de vagues ont été paramétrées selon l'approche proposée par (HASSELMANN & HASSELMANN, 1985), qui constitue une approximation acceptable, pour un coût de calcul raisonnable.

2.7 Les données disponibles

Les sorties du modèle sont archivées à une fréquence horaire pour chacun des points de la grille de calcul (paramètres spectraux intégrés), et à une fréquence de 30 minutes pour les spectres d'état de mer en certains points d'intérêt. La description complète des données est présentée au paragraphe 3.

2.8 Système géodésique

Toutes les positions sont géoréférencées dans le système WGS84 non projeté (code EPSG : 4326).

2.9 Mise à jour

La mise à jour de ce produit est ponctuelle selon les besoins.

3. Structuration du produit

3.1 Format du produit

Le produit MEDIWAT est diffusé sous forme de 3 dossiers contenant les sorties du modèle d'états de mer :

- 1D_TIMESERIES/{year}/
- 2D_FIELDS
- ww3_configuration

3.2 Description détaillée des dossiers

Dans chacun des dossiers se trouvent au format NetCDF les informations suivantes :

- Répertoires 1D_TIMESERIES/{year}/

Les spectres (extension _spec.nc) et les caractéristiques de vagues (extension _tab.nc) aux points de sortie situés sur les isobathes 1000M, 100M, 50M, 30M et 20M (fichiers ww3.ISOXXXXM_YYYYMM_*.nc), aux bouées du réseau houlographique CANDHIS (fichiers ww3.0{département}XX_YYYYMM_*.nc avec par exemple la bouée ww3.01101_YYYYMM_*.nc pour la bouée Leucate), dans les zones EMR A, B, C et D, et en d'autres points à des fins diverses (voir la Figure 2 pour les localisations) pour chaque mois. Les fichiers sont des sorties du modèle WW3, il convient donc de se référer au manuel du logiciel pour avoir les détails sur les formats des fichiers, convention etc. Dans le dossier se trouvent en détail :

- ww3.{point}_{yearmonth}_spec.nc : contenant les variables suivantes :

Variable	Description	Unité
efth	Spectres directionnels avec une direction de propagation	m ² .s.rad ⁻¹
dpt	Profondeur	m
wnd	Vitesse du vent	m/s
wnddir	Direction de provenance du vent (convention météorologique)	°
cur	Vitesse du courant	m/s
curdir	Direction de provenance du courant (convention météorologique)	°

Tableau 1 : Liste des variables de vague incluses dans les fichiers *spec.nc du dossier 1D_TIMESERIES/{year}/

- ww3.{point}_{yearmonth}_tab.nc : contenant les caractéristiques des vagues suivantes :

Variable	Description	Unité
hs	Hauteur significative des vagues	m
lm	Longueur moyenne des vagues	m
th1p	Direction dominante des vagues en convention météorologique	°
sth1p	Etalement directionnel au pic	°
fp	Fréquence de pic	Hz
th1m	Direction moyenne des vagues en convention météorologique	°
sth1m	Etalement moyen des vagues en degré	°

Tableau 2 : Liste des variables de vague incluses dans les fichiers *tab.nc du dossier 1D_TIMESERIES/{year}/

- Répertoire 2D_FIELD

Sont fournis à une fréquence de sortie de 60 min les caractéristiques des vagues et des forçages sur tout le maillage sous le format suivant :

- ww3.{yearmonth}.nc : Les fichiers contiennent sur chaque nœud les variables suivantes :

Variable	Description	Unité
dpt	Profondeur	m
uwnd	Composante est-ouest du vent (positif vers l'est)	m/s
vwnd	Composante nord-sud du vent (positif vers le nord)	m/s
hs	Hauteur significative	m
lm	Longueur d'onde moyenne	m
t02	Période moyenne T02	s
t0m1	Période moyenne T0m1	s
t01	Période moyenne T01	s
fp	Fréquence pic	s ⁻¹
dir	Direction moyenne d'où viennent les vagues en convention météorologique	degré
spr	Étalement directionnel	degré
dp	Direction pic d'où viennent les vagues en convention météorologique	degré
wbt	Probabilité de déferlement	adimensionnel
phs0	Hauteur significative de la partition 0 (mer de vent)	m
phs1	Hauteur significative de la partition 1 (houle 1)	m
phs2	Hauteur significative de la partition 2 (houle 2)	m
phs3	Hauteur significative de la partition 3 (houle 3)	m
ptp0	Période pic de la partition 0 (mer de vent)	s
ptp1	Période pic de la partition 1 (houle 1)	s
ptp2	Période pic de la partition 2 (houle 2)	s
ptp3	Période pic de la partition 3 (houle 3)	s
pdir0	Direction moyenne de la partition 0 (mer de vent)	degré
pdir1	Direction moyenne de la partition 1 (houle 1)	degré
pdir2	Direction moyenne de la partition 2 (houle 2)	degré
pdir3	Direction moyenne de la partition 3 (houle 3)	degré
tws	Fraction de la mer de vent	%
pnr	Nombre de partitions	adimensionnel
uust	Vitesse de friction vers l'est	m/s
vust	Vitesse de friction vers le nord	m/s

Variable	Description	Unité
faw	Flux d'énergie transféré du vent vers les vagues	W/m ²
utaw	Composante est-ouest de la tension de vent transmise aux vagues	m ² .s ⁻²
vtaw	Composante nord-sud de la tension de vent transmise aux vagues	m ² .s ⁻²
wch	Hauteur significative au déferlement	m
sxx	Tension de radiation Sxx	N/m
syy	Tension de radiation Syy	N/m
sxy	Tension de radiation Sxy	N/m
utwo	Composante est-ouest de la tension des vagues transmise à l'océan	m ² .s ⁻²
vtwo	Composante nord-sud de la tension des vagues transmise à l'océan	m ² .s ⁻²
utus	Composante est-ouest du transport de Stokes	m ² .s ⁻¹
vtus	Composante nord-sud du transport de Stokes	m ² .s ⁻¹
uuss	Composante est-ouest de la vitesse surfacique de Stokes	m/s
vuss	Composante nord-sud de la vitesse surfacique de Stokes	m/s
uabr	rms de l'amplitude zonale de déplacement au fond	m
vabr	rms de l'amplitude méridienne de déplacement au fond	m
uubr	rms de la vitesse orbitale zonale près du fond	m/s
vubr	rms de la vitesse orbitale méridienne près du fond	m/s
bed	Rugosité de fond	m
ripplex	Longueur d'onde des rides dans la direction est-ouest	m
ripplexy	Longueur d'onde des rides dans la direction nord-sud	m
fbf	Dissipation des vagues dans la couche limite de fond	W.m ⁻²
utbb	Composante est-ouest de la tension des vagues transmise à la couche limite de fond	m ² .s ⁻²
vtbb	Composante nord-sud de la tension des vagues transmise à la couche limite de fond	m ² .s ⁻²
mssx	Composante est-ouest de la pente quadratique moyenne de la surface	adimensionnel
mssy	Composante nord-sud de la pente quadratique moyenne de la surface	adimensionnel

Tableau 3 : Liste des variables incluses dans le dossier 2D_FIELDS/

- **ww3_configuration** : nous fournissons la liste de la localisation et du nom des points de sortie (point.list).

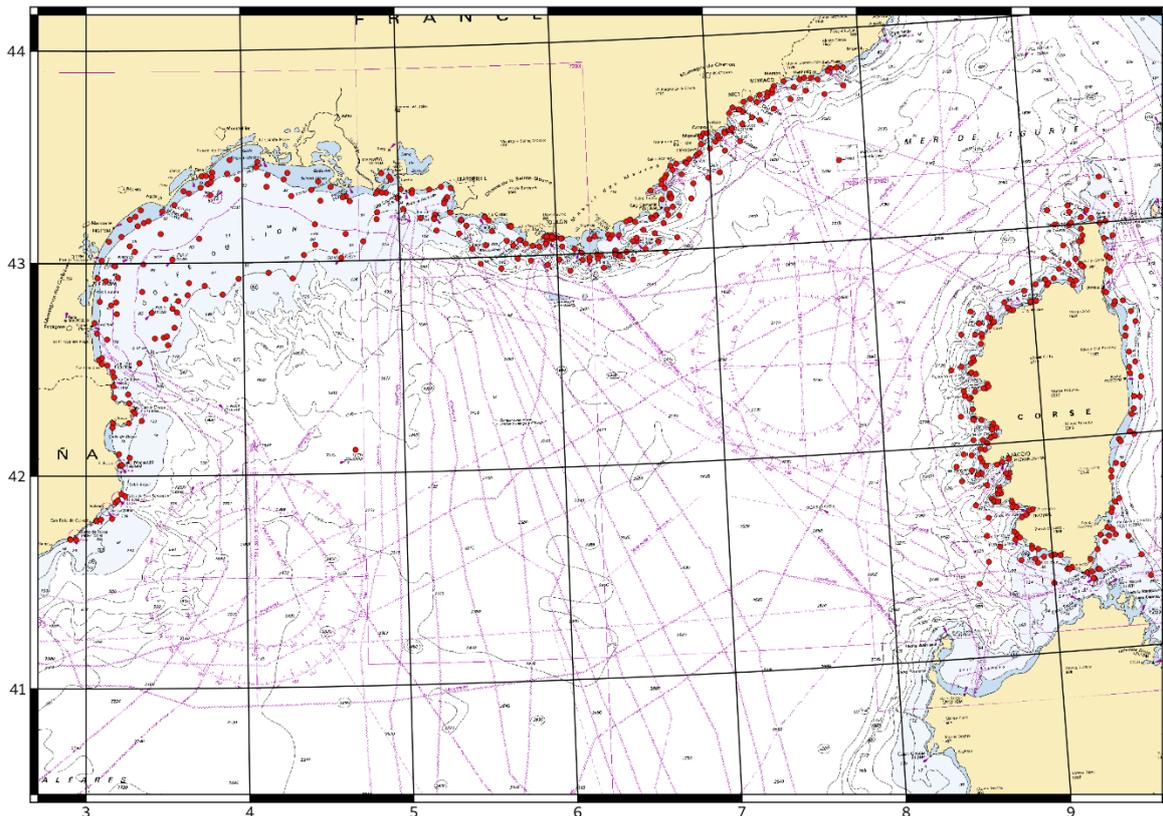


Figure 2 : Position des points de sortie disponibles pour les spectres d'états de mer.

4. Qualité des données du produit

4.1 Validation par comparaison aux observations satellitaires

La base de données altimétriques ESA Sea State Climate Change Initiative version 3 de l'agence spatiale européenne a été utilisée pour la validation du rejeu (PIOLLE et al., 2022). La période comprise entre 2003 et 2021 a été considérée. Les données ont été exploitées après une inter-calibration des altimètres embarqués sur les différents satellites, et un dé-bruitage basé sur une technique développée dans (QUILFEN & CHAPRON, 2020). Pour chaque valeur de hauteur significative de vagues H_s donnée par la mesure altimétrique, la valeur de H_s colocalisée sous la trace du satellite au même instant a été extraite des résultats du modèle WAVEWATCH III®. Afin de minimiser le bruit présent dans les observations, une moyenne a ensuite été réalisée en latitude et longitude, tous les 0,5 degrés (QUARTLY & KUREKIN, 2020). La Figure 3 présente les résultats de la comparaison entre le modèle et les observations satellitaires sur une région réduite au golfe du Lion, comprise entre 42,3°N - 43,3°N et 3°E - 5,5°E. La figure 3a fournit le biais du modèle, l'erreur RMSE ainsi que l'indice de dispersion SI en fonction des valeurs de H_s issues des satellites. Les intervalles utilisés pour le calcul sont de 0,5 m, et les résultats sont affichés à la borne inférieure de chaque intervalle. La figure 3b donne la distribution des H_s observées et modélisées pour des intervalles de 0,5 m. Enfin, la figure 3c représente le diagramme de dispersion des H_s observées et modélisées, ainsi que les scores associés.

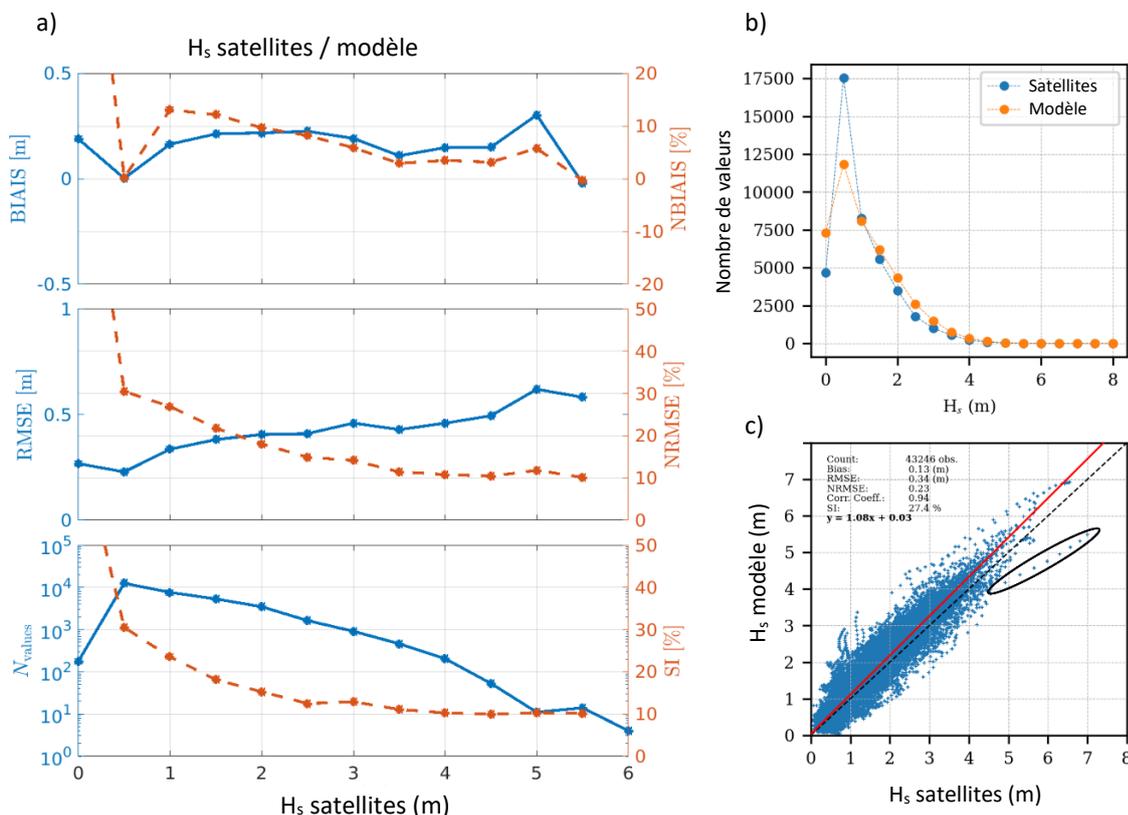


Figure 3 : Résultats statistiques de la comparaison entre le rejeu et les observations satellitaires dans la région comprise entre 42,3°N - 43,3°N et 3°E - 5,5°E.

Sur la figure 3a, on peut observer un léger biais positif du modèle, d'environ 5% pour les Hs supérieures à 3,5 m, et qui ne dépasse pas les 12%, excepté pour les Hs inférieures à 0,5 m. Les erreurs RMSE sont autour de 0,5 m. L'indice de dispersion est d'environ 10% pour les Hs supérieures à 2,5 m, et augmente pour les états de mer moins énergétiques.

La figure 3b illustre quant à elle une forte similitude des distributions des Hs observées et modélisées, à partir de 1 m. En dessous de cette valeur, les satellites mesurent plus fréquemment que le modèle des Hs comprises entre 0,5 m et 1 m, et inversement pour les Hs inférieures à 0,5 m. Ces résultats doivent néanmoins être interprétés avec prudence, étant donné la réduction de la précision des données altimétriques pour les hauteurs significatives de vagues inférieures à 0,75 m (DODET et al., 2021).

Finalement, on peut constater sur la figure 3c que la corrélation entre les Hs observées et modélisées est en général très satisfaisante (corrélation : 0,94 ; biais : 13 cm ; RMSE : 34 cm ; régression linéaire : 1,08 ; SI : 27%), avec des hauteurs légèrement plus élevées simulées par le modèle. Les Hs présentant les différences les plus significatives sont celles identifiées par une ellipse noire. Les points à l'intérieur de l'ellipse correspondent aux mesures réalisées par le satellite SARAL sur sa trajectoire du 5 mars 2015, pendant la tempête Anton. La comparaison des vents issus de la réanalyse ERA5 avec ceux mesurés par la bouée Lion indique que la durée de la tempête est plus courte dans la réanalyse que dans la réalité : les vents soutenus ne durent pas assez longtemps, ce qui semble être à l'origine de la sous-estimation des Hs par le modèle.

4.2 Validation par comparaison aux mesures de bouées houlographes

Les observations des bouées méditerranéennes du réseau CANDHIS ainsi que celles des deux bouées Lion et Nice opérées par Météo-France ont été utilisées pour valider le rejeu. La période considérée pour cette validation s'étend de 2003 à 2021. Elle couvre donc 19 des 20 années rejouées. Seuls les résultats pour la hauteur significative de vagues Hs sont

présentés ici. La validation complète est toutefois disponible dans le rapport DGEN (LOPEZ et al., 2023). La position des bouées considérées est donnée sur la Figure 4.

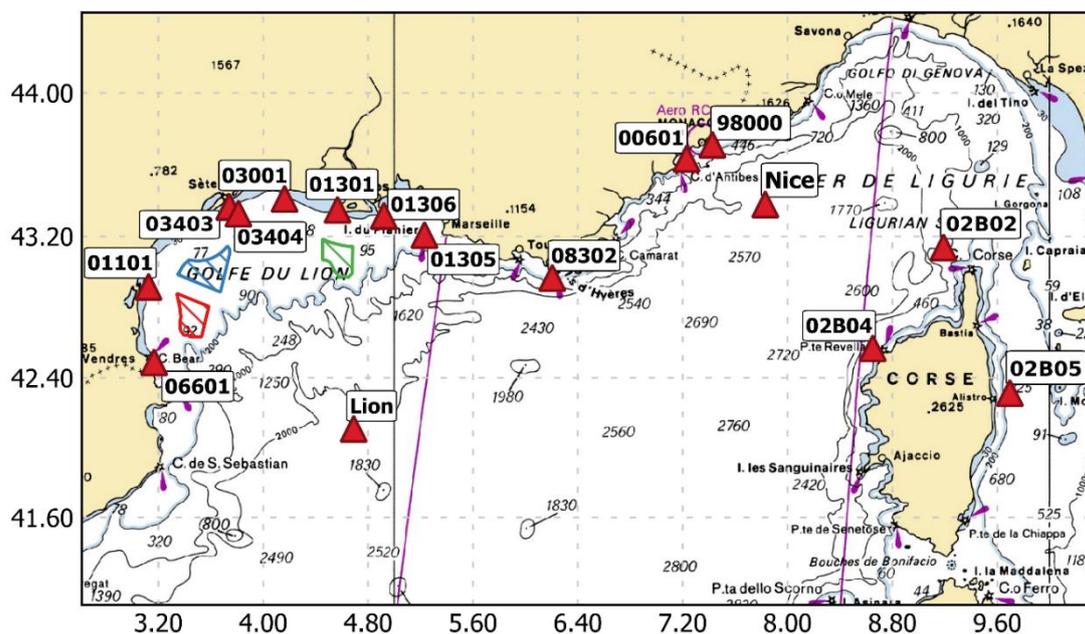


Figure 4 : Position des bouées des réseaux CANDHIS et Météo-France (Lion et Nice).

Afin que la comparaison soit pertinente, les paramètres intégrés d'états de mer ont été calculés à partir des spectres simulés en utilisant la gamme de fréquences la plus similaire à celle utilisée par les instruments de mesure in situ. De cette manière, la bande fréquentielle comprise entre 0,05 Hz et 0,6 Hz a été utilisée pour comparer le modèle aux mesures des bouées du réseau CANDHIS d'une part. D'autre part, deux gammes fréquentielles ont été utilisées pour les bouées Nice et Lion de Météo-France, puisqu'elles ont été remplacées respectivement en 2016 et 2015. Ainsi, les bandes fréquentielles utilisées sont 0,05 Hz - 0,38 Hz pour la première période, et 0,05 Hz - 0,6 Hz pour la seconde.

Le Tableau 4 présente les résultats de la validation pour la hauteur significative de vagues, et fournit notamment la moyenne des Hs modélisées $\overline{X_{mod}}$, la moyenne des Hs observées $\overline{X_{obs}}$, le biais, l'erreur RMSE, l'indice de dispersion SI, la pente de la droite de régression a, son ordonnée à l'origine b ainsi que le coefficient de la régression linéaire R.

Code campagne	$\overline{X_{obs}}$ (m)	$\overline{X_{mod}}$ (m)	Biais (m)	RMSE (m)	NRMSE	SI (%)	a	b (m)	R
00601	0,69	0,77	0,08	0,26	0,30	38,40	1,03	0,06	0,91
01101	0,66	0,65	-0,02	0,22	0,26	33,05	0,94	0,02	0,92
03403	0,74	0,78	0,04	0,24	0,23	32,48	1,04	0,01	0,96
03404	0,61	0,70	0,08	0,23	0,28	37,81	0,97	0,10	0,92
03001	0,69	0,77	0,08	0,22	0,26	32,81	0,96	0,11	0,93
01301	0,67	0,75	0,08	0,22	0,27	33,02	0,98	0,09	0,91
01305	0,90	0,99	0,09	0,27	0,25	29,75	1,06	0,04	0,93
01306	0,72	0,86	0,14	0,30	0,34	41,13	0,98	0,15	0,88

08301	1,26	1,15	-0,10	0,43	0,29	34,36	0,87	0,05	0,87
08302	1,03	1,18	0,15	0,35	0,28	34,45	1,08	0,06	0,93
00601	0,58	0,56	-0,02	0,21	0,30	35,53	1,00	-0,02	0,88
98000	0,67	0,61	-0,05	0,26	0,32	39,03	0,80	0,08	0,84
02B02	1,64	1,50	-0,14	0,48	0,24	29,35	0,87	0,07	0,92
02B04	1,10	1,19	0,09	0,33	0,23	30,05	1,01	0,08	0,94
02B05	0,61	0,59	-0,02	0,29	0,37	48,19	0,86	0,07	0,83
Nice	1,05	1,04	-0,01	0,29	0,23	27,97	1,13	-0,14	0,95
Lion	1,62	1,61	-0,01	0,31	0,15	19,34	0,99	0,01	0,97

Tableau 4 : Scores des H_s modélisées par comparaison aux observations des bouées méditerranéennes des réseaux CANDHIS et Météo-France (Lion et Nice).

Les résultats de la comparaison aux observations des bouées hauturières de Météo-France Lion et Nice montrent une très bonne capacité du rejeu à reproduire les caractéristiques des états de mer au large des côtes méditerranéennes françaises. Les résultats de la comparaison entre le modèle et la bouée Lion sont excellents, et les seules différences notables entre les deux ont été identifiées comme étant le résultat d'inexactitudes dans les données de vent issues de la réanalyse ERA5, notamment pendant une tempête en janvier 2015, mal représentée dans la réanalyse. La comparaison entre le rejeu et la bouée Nice, elle aussi ancrée en eaux profondes, mais plus proche de la côte que la bouée Lion, est en outre très satisfaisante. Cependant, une légère réduction des valeurs de corrélation, ainsi que des indices de dispersion plus importants, démontrent la plus grande complexité de la modélisation des vagues dans des zones entourées par une orographie complexe.

Les résultats de la comparaison du rejeu aux observations des bouées du réseau CANDHIS montrent par ailleurs une bonne capacité du modèle à reproduire les caractéristiques des états de mer dans la zone côtière. Les comparaisons indiquent des hauteurs significatives simulées très similaires en moyenne aux mesures, avec un biais en général négligeable et des coefficients de corrélation au-dessus de 0,9 pour la majorité des bouées.

5. Limitations d'emploi

5.1 Restrictions

Ce produit ne doit pas être utilisé pour la navigation.

5.2 Licence d'utilisation

Ce produit est diffusé sous la licence opendata « Licence Ouverte/Open Licence » (version 2.0 d'avril 2017), définie par la mission Etalab. L'utilisation est libre (licence ouverte / Open Data) sous réserve de citer la source : « Shom, 2025.

https://dx.doi.org/10.17183/REJEU_MEDIWAT ».

5.3 Limites d'utilisation

Le Shom ne peut être tenu responsable d'une quelconque modification apportée aux données qu'il diffuse.

6. Références

ALDAY M., ACCENSI M., ARDHUIN F., DODET G. (2021). A global wave parameter database for geophysical applications. Part 3: Improved forcing and spectral resolution. Ocean Modelling, Vol. 166. <https://doi.org/10.1016/j.ocemod.2021.101848>

- DODET G., PIOLLE J.-F., PASSARO M., QUARTLY G., QUILFEN V., ARDHUIN F. (2021). Recent developments in multi-mission altimeter sea state products: the ESA CCI dataset v2. Sea State CCI 2nd User Consultation Meeting - March 23-25 2021. https://climate.esa.int/media/documents/UCM2_poster_Dodet_CCIv2.pdf
- DONELAN M.A., BABANIN A.V., YOUNG I.R., BANNER M.L. (2006). Wave-follower field measurements of the wind-input spectral function. Part II: Parameterization of the wind input. *Journal of Physical Oceanography*, Vol. 36, pp 1672-1689. <https://doi.org/10.1175/JPO2933.1>
- FAIDHERBE T., LOPEZ G., LEBALLEUR L., MICHAUD H., PEZERAT M. (2024). 20 ans de rejeux d'états de mer à haute résolution sur les côtes méditerranéennes françaises (pp 41-52). 18èmes JNGCGC, Anglet 2024 – DOI : 10.5150/jngcgc.2024.005. https://www.paralia.fr/jngcgc/18_05_faidherbe.pdf
- HASSELMANN S., HASSELMANN K. (1985). Computations and parameterizations of the nonlinear energy transfer in a gravity-wave spectrum. Part I: A new method for efficient computations of the exact nonlinear transfer integral. *Journal of Physical Oceanography*, Vol. 15, 1369-1377, [https://doi.org/10.1175/1520-0485\(1985\)015<1369:CAPOTN>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0485(1985)015<1369:CAPOTN>2.0.CO;2)
- HERSBACH H., BELL B., BERRISFORD P., BIAVATI G., HORANYI A., MUNOZ SABATER J., NICOLAS J., PEUBEY C., RADU R., ROZUM I., SCHEPERS D., SIMMONS A., SOCI C., DEE D., THEPAUT J.-N. (2023). ERA5 hourly data on single levels from 1940 to present. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS). DOI: 10.24381/cds.adbb2d47
- LECKLER F., ARDHUIN F., FILIPOT J.-F., MIRONOV A. (2013). Dissipation source terms and whitecap statistics. *Ocean Modelling*, Vol. 70, pp 62-74.
- LOPEZ G., LEBALLEUR L., MICHAUD H. (2023). Connaissance statistique des régimes de houle pour la zone Méditerranée. AO6 lot 5 – référence T5.H1, 05/01/2023, convention Shom/MTES [DGEC]. <https://www.eoliennesenmer.fr/ressources/etudes-techniques/connaissance-statistique-houle-mediterranee>
- MICHAUD H., PASQUET A., BARAILLE R., LECKLER F., AOUF L., DALPHINET A., HUCHET M., ROLAND A., DUTOUR-SIKIRIC M., ARDHUIN F., FILIPOT J.-F. (2015). Implementation of the new French operational coastal wave forecasting system and application to a wave-current interaction study. 14th International Workshop on Wave Hindcasting and Forecasting & 5th Coastal Hazard Symposium, Key West, Florida.
- PIOLLE J.-F., DODET G., QUILFEN Y. (2022). ESA Sea State Climate Change Initiative (Sea_State_cci): Global remote sensing daily merged multi-mission along-track significant wave height from altimetry, L3 product, version 3. NERC EDS Centre for Environmental Data Analysis, 11 October 2022. <https://dx.doi.org/10.5285/e6af67fca81c40b7bb3eddaadde06909>
- QUARTLY G.D., KUREKIN A.A. (2020). Sensitivity of Altimeter Wave Height Assessment to Data Selection. *Remote Sensing*, Vol. 12, No 16, p. 2608. <https://doi.org/10.3390/rs12162608>
- QUILFEN Y., CHAPRON B. (2020). On denoising satellite altimeter measurements for high resolution geophysical signal analysis. *Advances in Space Research*. doi:10.1016/j.asr.2020.01.005
- ROGERS W.E., BABANIN A.V., WANG D.W. (2012). Observation-consistent input and whitecapping dissipation in a model for wind-generated surface waves: Description and simple calculations. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, Vol. 29, pp 1329-1346. <https://doi.org/10.1175/JTECH-D-11-00092.1>
- VALIENTE N.G., SAULTER A., EDWARDS J.M., LEWIS H.W., CASTILLO SANCHEZ J.M., BRUCIAFERRY D., BUNNEY C., SIDDORN J. (2021). The Impact of Wave Model Source Terms and Coupling Strategies to Rapidly Developing Waves across the North-West

European Shelf during Extreme Events. Journal of Marine Science and Engineering, Vol. 9, No 4, p. 403. <https://doi.org/10.3390/jmse9040403>

THE WAVEWATCH III® DEVELOPMENT GROUP (2019). User manual and system documentation of WAVEWATCH III® version 6.07. Technical Note 333, NOAA/NWS/NCEP/MMAB, 465 p.

ZIEGER S., BABANIN A.V., ROGERS W.E., Young I.R. (2015). Observation-based source terms in the third-generation wave model WAVEWATCH. Ocean Modelling, Vol. 96, pp 2-25. <https://doi.org/10.1016/j.ocemod.2015.07.014>

7. Financements

Ce produit est issu des travaux menés par le Shom au profit de la DGEC (Direction Générale de l'Energie et du Climat) dans le cadre des études préliminaires de caractérisation initiale et de dérisquage des futurs sites éoliens en mer Méditerranée (Convention Shom / MTES [DGEC] EJ n°2 201 254 466 ; Shom n° 79/2019).

8. Suivi des modifications

Version	Modifications
Février 2025	Edition initiale du document