

Rejeux climatologiques 1979-2022 de marées, surcotes et vagues sur la façade Atlantique

Descriptif de contenu du produit externe

Mai 2023

VILLE DE
Saint-malo



www.shom.fr

data.shom.fr

Shom

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

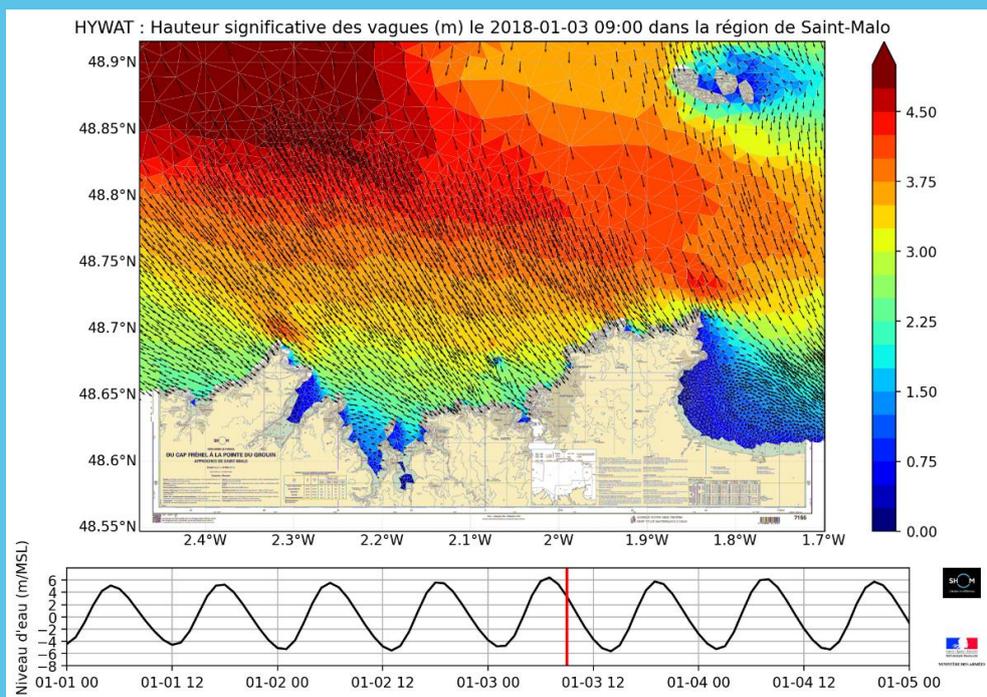


Table des matières

1. Objet du document.....	3
2. Description générale du produit.....	3
2.1 Description des modèles	3
2.2 Emprise du produit (extension géographique)	5
2.3 Système géodésique.....	5
2.4 Mise à jour	5
3. Structuration du produit	6
3.1 Format du produit.....	6
3.2 Description détaillée des dossiers	6
Wave_hindcast/.....	6
Tide_hindcast/.....	9
Surge_hindcast/	10
4. Validation des données du produit.....	10
5. Limitations d'emploi.....	10
5.1 Restrictions	10
5.2 Licence d'utilisation	10
5.3 Limites d'utilisation	10
6. Références.....	10
7. Financements	11
8. Suivi des modifications	11

Rejeux climatologiques 1979-2022 de marées, surcotes et vagues sur la façade Atlantique

Descriptif de contenu du produit externe

Mai 2023

1. Objet du document

Ce document décrit les caractéristiques du produit « Rejeux climatologiques 1979-2022 de marées, surcotes et vagues sur la façade Atlantique », il ne s'agit pas d'un manuel d'utilisation de ce produit. Le produit consiste en des rejeux de 43 ans de modèles de marées, surcotes et vagues (1979-2022) sur la façade atlantique française forcé par la réanalyse atmosphérique ERA5 (résolution temporelle horaire et spatiale de 30 km). Ce rejeu réalisé dans le cadre du PAPI d'intention de St Malo a été dénommé rejeu HYWAT pour « HYdrodynamics and WAVes hindcasT ». Les configurations atlantiques françaises des modèles HYCOM et Wavewatch III ® développées dans le cadre du projet HOMONIM (Historique Observation MOdélisation des Niveaux Marins, Jourdan et al. 2020) ont été utilisées.

Les résultats de ces rejeux sur 44 ans sont librement accessibles au public. Ils fournissent à la communauté scientifique et aux acteurs du littoral une source importante de données pour l'étude des vagues et surcotes et leurs impacts sur la côte atlantique française.

2. Description générale du produit

2.1 Description des modèles

Le rejeu HYWAT est basé sur le modèle de vague Wavewatch III ® (WW3 v5.16, Tolman et al., 2016) et le modèle de surcote HYCOM (Baraille et Filatoff, 1995).

WW3 est un modèle d'état de mer à moyenne de phase 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. La paramétrisation physique correspondant au TEST 471 (Ardhuin et al, 2010, Leckler et al, 2013) a été utilisée. Elle a ensuite été adaptée à la zone d'étude, calibrée et validée par des comparaisons avec des mesures in-situ ou altimétriques. La grille utilisée est un maillage non structuré créé par Michaud et al. (2015) dans le cadre du projet HOMONIM, visant à améliorer le système de prévision de vigilance vague submersion (VVS) (Figure 1). Cette grille a été mise en production opérationnelle pour le VVS à Météo France. La grille non structurée est composée de 92 757 nœuds de calcul (soit 175634

éléments triangulaires), avec une résolution allant de 10 km aux frontières ouvertes du domaine et s'affinant jusqu'à une résolution d'environ 400-500 m à la côte. La bathymétrie de ce maillage est basée sur le modèle numérique de terrain (MNT) de 100 m de résolution produit par le Shom dans le cadre du projet HOMONIM (Biscara, 2015). Elle est forcée au large par un rejeu global du même modèle de vagues, à une résolution spatiale de 0,5°. A la surface, le modèle est forcé par la réanalyse atmosphérique du centre européen ECMWF, ERA5. Enfin, cette configuration bénéficie d'un forçage de hauteur d'eau et de courant issus du modèle de surcote HYCOM, toutes les 12 min.

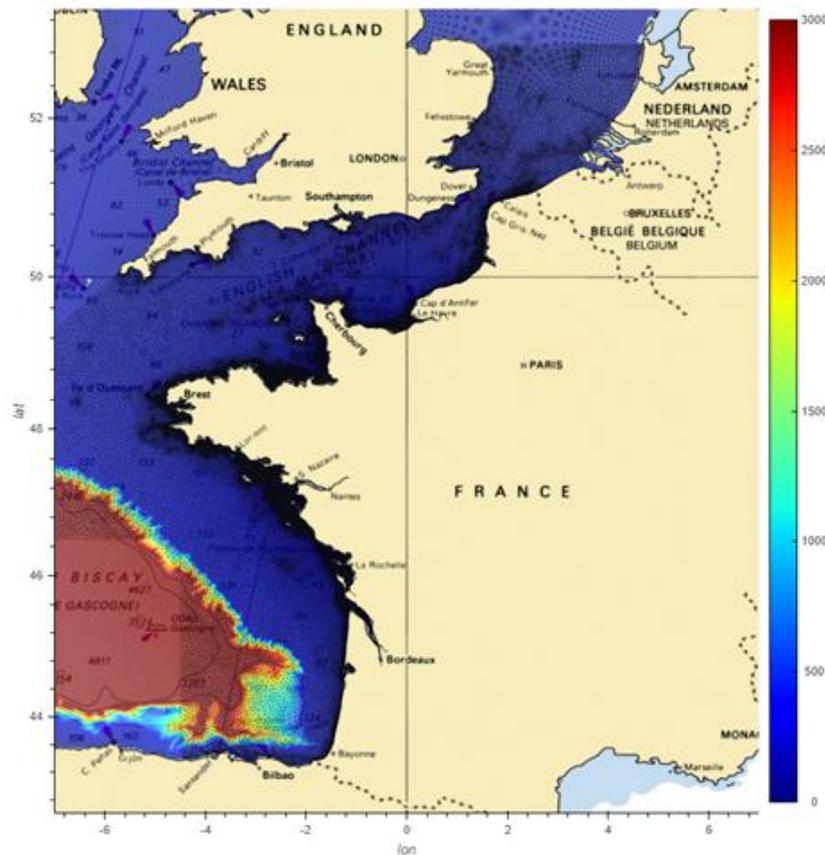


Figure 1 : Carte marine de la côte atlantique française (Shom) avec superposition de la bathymétrie du modèle régional HYCOM (en couleur) et de la grille non structurée du modèle régional WW3 (triangles noirs).

La côte atlantique étant fortement soumise à la marée, l'effet des variations de courant et de niveau d'eau induites par la marée et les effets météorologiques doivent être pris en compte pour le calcul des vagues (Michaud et Pasquet, 2016). Les courants et les hauteurs d'eaux sont calculés par une simulation du modèle de surcote HYCOM (Bleck, 2002), modèle à différences finies avec discrétisation sur une grille C d'Arakawa, dans la version Shom (Baraille et Filatoff, 1995), dans le formalisme barotrope. Le noyau HYCOM spécifique à cette simulation a fait l'objet de nombreux développements numériques, tant algorithmiques que calculatoires, dans le cadre du projet HOMONIM. La dynamique est modélisée sur un domaine couvrant de 43°N à 62°N en latitude et de 9°W à 10°E en longitude (Figure 2). La grille utilisée est curviligne et permet une résolution inférieure au kilomètre sur la côte française.

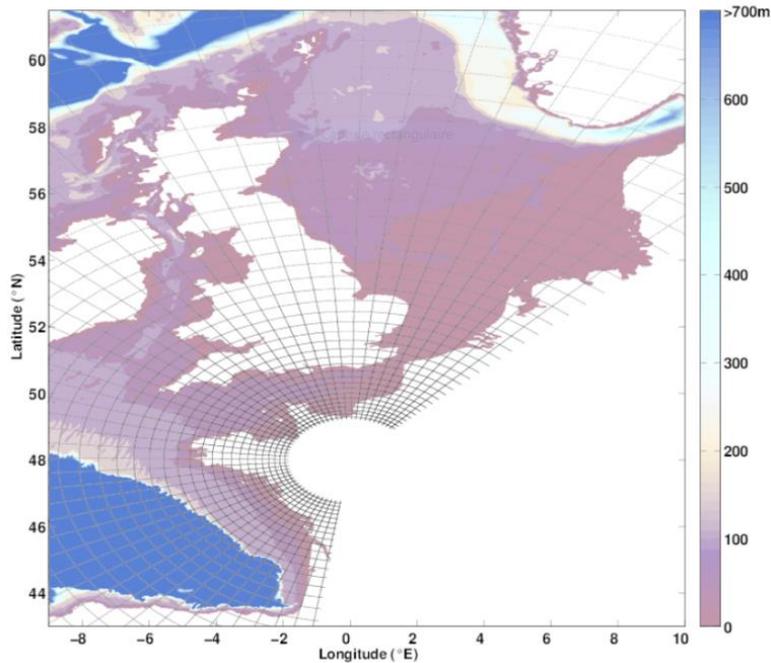


Figure 2 : Grille curviligne de la configuration régionale du modèle HYCOM avec superposition de la bathymétrie.

Le modèle utilise les MNT de résolution 500m et 100m issus du Shom réalisé dans le cadre du projet HOMONIM (Biscara et al., 2014 ; Biscara, 2015) et gère les bancs découvrants. Il est forcé aux frontières en élévation de surface par l'atlas de marée NEA 2011 du LEGOS comprenant 15 composantes harmoniques. Le frottement de fond choisi est adapté spatialement à la configuration par un processus d'optimisation stochastique (Boutet, 2015). Cette configuration a été développée dans le cadre du projet HOMONIM, par le Shom (Pasquet, 2016) en collaboration avec Météo France, et est actuellement utilisée de manière opérationnelle dans le système VVS de Météo France. Comme le modèle de vagues, il est forcé en surface par la réanalyse atmosphérique ERA5 seulement pour le rejeu de surcote (champs de vent et de pression atmosphérique). Les résultats de la version sans le forçage atmosphérique (rejeu de marée) sont aussi fournis dans le produit.

2.2 Emprise du produit (extension géographique)

Ce produit couvre pour les marées et surcotes les latitudes entre 43°N et 62°N et les longitudes entre 9°W et 10°E. Pour le rejeu de vagues, la grille non structurée couvre une zone entre les latitudes 43° N et 52°N et les longitudes 7°W et 5°E.

2.3 Système géodésique

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

2.4 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 HYWAT est diffusé sous forme de 3 dossiers contenant les sorties du modèle de vague (Wave_hindcast), de marée (Tide_hindcast) et de surcote (Surge_hindcast) en 2D (2D_FIELDS) et en série temporelle (1D_TIMESERIES) :

- Wave_hindcast/
 - 1D_TIMESERIES/{year}/
 - 2D_FIELDS
 - ww3_configuration
- Tide_hindcast/
 - 1D_TIMESERIES/{year}/
 - 2D_FIELDS
 - Hycom_configuration
- Surge_hindcast/
 - 1D_TIMESERIES/{year}/
 - 2D_FIELDS

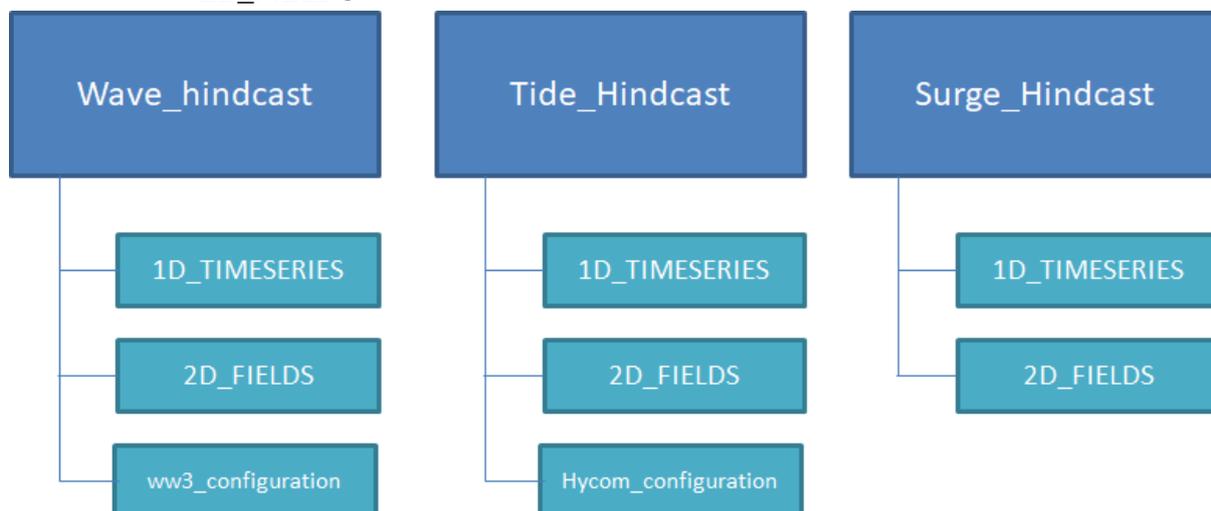


Figure 3 : Arborescence du produit HYWAT

3.2 Description détaillée des dossiers

Les fichiers qui ont pour extension .nc sont au format NetCDF.

Wave_hindcast/

- Répertoires 1D_TIMESERIES/{year}/

Spectres (extension spec.nc) et les caractéristiques de vagues (extension tab.nc) sur les points de sortie situés sur l'isobathe 30M, 50M et 100M (fichiers ww3.ISOXXXM*.nc), sur le réseau houlographique Candhis (fichiers ww3.0{département}*.nc avec par exemple la bouée ww3.06401*.nc pour la bouée Bayonne), sur les marégraphes et sur d'autres points à des fins diverses (voir la figure 4 pour les localisations) pour chaque mois. Les fichiers sont des sorties du modèle WW3, il convient donc de se référer au manuel de WW3 (Tolman et al., 2016) 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)	°

Table 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	°

Table 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 le maillage sous le format suivant :

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

Variable	Description	Unité
dpt	Profondeur	m
ucur	Composante est-ouest du courant (positif vers l'est)	m/s
vcur	Composante nord-sud du courant (positif vers le nord)	m/s
uwnd	Composante est-ouest du vent (positif vers l'est)	m/s
vwnd	Composante nord-sud du vent (positif vers le nord)	m/s
wlv	Hauteur de la surface de la mer au-dessus du niveau de la mer	m
hs	Hauteur significative des vagues	m
lm	Longueur d'onde moyenne	m
t02	Période moyenne T02	s
t0m1	Période moyenne T0m1	s
t01	Période moyenne T01	s

Variable	Description	Unité
fp	Fréquence pic des vagues	Hz
dir	Direction moyenne d'où viennent les vagues en convention météorologique	degré
spr	Etalement directionnel	degré
dp	Direction du pic d'où viennent les vagues en convention météorologique	degré
tws	Fraction de la mer de vent	%
uust	Vitesse de friction vers l'est	m/s
vust	Vitesse de friction vers le nord	m/s
cha	Coefficient de charnock	adimensionnel
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	$m^2.s^{-2}$
utwa	Composante est-ouest de la tension des vagues transmise au vent	$m^2.s^{-2}$
vtwa	Composante nord-sud de la tension des vagues transmise au vent	$m^2.s^{-2}$
sxx	Tension de radiation S_{xx}	N/m
syx	Tension de radiation S_{yy}	N/m
sxy	Tension de radiation S_{xy}	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	$W.m^{-2}$
utbf	Composante est-ouest de la tension des vagues transmise à la couche limite de fond	$m^2.s^{-2}$
vtbf	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

Variable	Description	Unité
mssy	Composante nord-sud de la pente quadratique moyenne de la surface	adimensionnel

Table 3 : Liste des variables de vague incluses dans le dossier 2D_FIELDS/

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

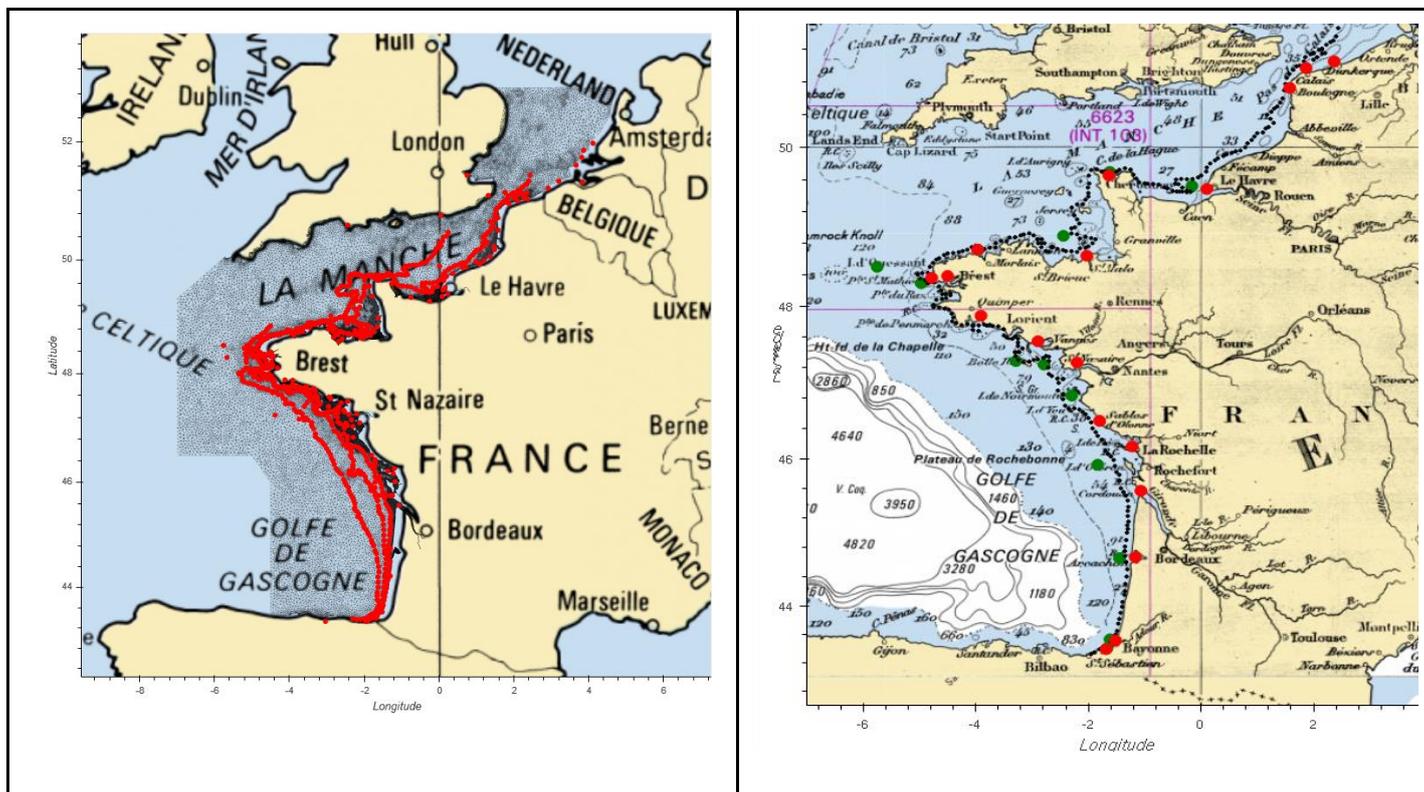


Figure 4 : à gauche : Emplacements de sortie de la simulation des vagues (points rouges) sur le maillage (points noirs). A droite : localisation des stations marégraphiques (points rouges) et des bouées à vagues du réseau Candhis (points verts). Sortie du hindcast de vagues le long de l'isobathe de 30 m (point noir).

Tide_hindcast/

- Répertoires 1D_TIMESERIES/{year}/

Sont fournis à une fréquence temporelle de 10 minutes, les valeurs de l'élévation de la surface de la mer (en mètres lssh_NAME_ms.nc) aux marégraphes du RONIM (aux points de grille les plus proches).

- Répertoire 2D_FIELD
 - lssh_global_ms_\${period}.nc.gz
 - uv_\${period}.tar (archive qui contient u_global_ms.nc.gz, v_global_ms.nc.gz) : Sont fournis à une fréquence temporelle de 60 minutes, les valeurs d'élévation de la surface de la mer (lssh) en mètre et des courants (u,v) en m/s en convention nautique (u positif vers l'Est et v positif vers le Nord) sur la grille curviligne Hycom.
- Répertoire Hycom_configuration :

- bathy_Hycom_ATLV4.nc qui contient la bathymétrie en mètre de la grille Hycom
- point.list : liste de la localisation et du nom des points de sortie, les marégraphes du RONIM (aux points de grille les plus proches).

Surge_hindcast/

- Répertoires 1D_TIMESERIES/{year}/

Sont fournis à une fréquence temporelle de 10 minutes, les valeurs de l'élévation de la surface de la mer (en mètres lssh_NAME_full.nc).

- Répertoire 2D_FIELD
 - lssh_global_full_\${period}.nc.gz
 - uv_\${period}.tar (archive qui contient u_global_full.nc.gz, v_global_full.nc.gz) : Sont fournis à une fréquence temporelle de 60 minutes, les valeurs d'élévation de la surface de la mer (lssh) en mètre et des courants (u,v) en convention nautique (u positif vers l'Est et v positif vers le Nord) en m/s sur la grille curviligne Hycom.

4. Validation des données du produit

La validation par rapport aux données des marégraphes, des bouées à vagues et de l'altimétrie satellitaire est présentée dans l'article suivant : Seyfried L., Michaud H., Pasquet A., Leckler F., Leballeur L., Lopez L., Krien Y., Brosse F., 40 years of regional Tide, Storm Surge and Wave Hindcasts : Application to coastal flood risks along the Atlantic French coast, à soumettre à l'ESSD en 2023 ainsi que dans le livrable n°4 : « Réanalyse et modélisation des surcotes et états de mer » du Shom fourni à Saint-Malo Agglomération dans le cadre du PAPI d'intention de Saint Malo, Axe 2/Action2.I.

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 Licence Ouverte (version 2.0 d'avril 2017), définie par la mission Etalab. L'utilisation est libre sous réserve de citer la source : « Shom, 2023. https://doi.org/10.17183/REJEUX_HYWAT ».

5.3 Limites d'utilisation

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

6. Références

Ardhuin F., and Coauthors, 2010. Semi-empirical dissipation sourcefunctions for wind-wave models. Part I: Definition, calibration, and validation. J. Phys. Oceanogr., 40, 1917–1941

Baraille, R., Filatoff, N., 1995. Modèle shallow-water multicouches isopycnal de Miami. Tech. Rep. 003/95, SHOM/CMO

Biscara, L., T. Schmitt, S. Corréard, and R. Creach, 2014. Modèles numériques de bathymétrie pour la prévision hydrodynamique du dispositif vigilance vagues-submersions. Actes des XIIIèmes Journées Nationales Génie Côtier-Génie, 155, 2–4.

Biscara L. 2015. Elaboration d'un modèle numérique de terrain (MNT) bathymétrique de façade à 100 m de l'Atlantique pour la modélisation hydrodynamique (Projet HOMONIM). Septembre 2015. Rapport interne du SHOM/DOPS/MIP/BATHY/PROD.

Bleck, R., 2002. An oceanic general circulation model framed in hybrid isopycnic-cartesian coordinates. Ocean modelling, 4, 55–88.

Boutet, M., 2015. Estimation du frottement sur le fond pour la modélisation de la marée. Doctorat Université Bretagne Occidentale.

Jourdan D., Paradis P., Pasquet A., Michaud H., Baraille R., Biscara L., Dalphiné A., Ohi P., 2020. La phase-3 du projet HOMONIM : définition et contenu. Actes des XVIèmes Journées Nationales Génie Côtier-Génie, (pp 779-788) - DOI:10.5150/jngcgc.2020.087

Leckler, F., F. Ardhuin, J.-F. Filipot, and A. Mironov, 2013. Dissipation source terms and whitecap statistics. Ocean Modelling, 70, 62–74.

Michaud, H. and A. Pasquet, 2016. Impact du courant de marée et des variations de niveau sur la configuration atlantique ww3 pendant les tempêtes de l'hiver 2013-2014 – version v3. projet homonim. rapport interne shom. Technical report, Shom.

Michaud, H., A. Pasquet, R. Baraille, F. Leckler, L. Aouf, A. Dalphiné, M. Huchet, A. Roland, M. Dutour-Sikiric, F. Ardhuin, et al., 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, and 5 Coastal Hazard Symposium.

Pasquet, A., 2016. Homonim – Phase II. Version v4 du système de prévision des surcotes. Configuration ATL. Rapport interne Shom. Technical report, Shom.

Tolman, H. L. and the WAVEWATCH III® Development Group, 2016. User manual and system documentation of wavewatch III® version 5.16. Technical report.

7. Financements

Ce produit est issu des travaux menés par le Shom dans le cadre du Programme d'action de prévention des inondations (PAPI) d'intention St Malo. Il est financé par le Shom, Saint-Malo, Saint-Malo Agglomération, le Conseil Départemental d'Ille et Vilaine (CD35), la région Bretagne et l'Etat français.

8. Suivi des modifications

Version	Modifications
Mai 2023	Edition initiale du document