

# Évaluation des risques de vent et vagues extrêmes

*Zone Golfe de Gascogne Nord et Sud*



Version A du 09/09/2025

**Client**

Direction Générale de l'Énergie et du Climat du Ministère de la Transition Écologique

Guillaume-

ij.poirier@developpement-durable.gouv.fr



**Responsable commercial :**

Météo-France D2C Toulouse

christophe.jacolin@meteo.fr

**Responsable technique :**

Météo-France DSM/CS

Alain.brisson@meteo.fr





## Évaluation des risques de vent et vagues extrêmes

### *Zone Golfe de Gascogne Nord et Sud*

---

- page laissée intentionnellement vide -

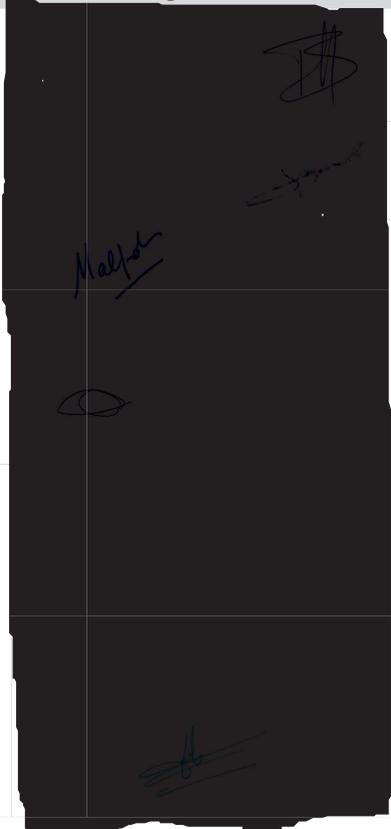
## Documents de référence antérieurs

	Intitulé	Nom document	Référence	Date	Version
<b>DR1</b>	Projet de parc éolien off shore Note technique Lots 1, 2 et 3	DGEC-ProjetParcsEolien- NoteTechnique_Lots1-2- 3_V2_20250423	[Chatel et al, 2025]	23/04/2025	2

## Évolutions successives

Référence	Date	Version	Évolution
L2.RA_MeteoF- DGEC_GGNS_B1_20250528	28/05/25	B1	Création
L2.RA_MeteoF- DGEC_GGNS_B2_20250826	26/08/25	B2	Evolution suite relecture Cerema du 17/06/2025
L2.RA_MeteoF- DGEC_GGNS_A_20250909	09/09/25	A	Version validée

## Signatures

	Nom	Service	Signature
<b>Rédacteur(s)</b>	Alice Dalphinet Isabelle Derrien Gildas Gouez Bruno Joly Laurie K'dual Stéphane Lazareth Nathalie Malpot Jean-Marc Minet Kévin Pensec	Météo-France DSM/CS/DC DIRO/CMO DIROP/MAR	
<b>Relecteur(s)</b>	Alain Brisson Nathalie Rouchy	Météo-France DSM/CS DSM/CS/DC	
<b>Approbateur(s)</b>	Christophe Jacolin	Météo-France D2C/DV/PRO	

## Table des matières

1 Objectifs et synthèse de l'étude	7
2 Recherche de tempêtes	7
2.1 Méthodologie	7
2.1.1 Données d'entrée et domaine	7
2.1.2 Critères de sélection des tempêtes et traitement des paramètres	9
2.2 Tableau des 15 tempêtes analysées	10
2.3 Liste des 7 tempêtes retenues pour les rejeux de vagues	15
3 Rejeux de situations	15
3.1 Méthodologie	16
3.2 Situation du 15 décembre 1979	16
3.2.1 Rappel conditions météorologiques	16
3.2.2 Analyse des résultats	16
3.2.3 Caractéristiques principales	18
3.3 Situation du 24 décembre 1981	19
3.3.1 Rappel conditions météorologiques	19
3.3.2 Analyse des résultats	20
3.3.3 Caractéristiques principales	21
3.4 Situation du 07 février 1996	22
3.4.1 Rappel conditions météorologiques	22
3.4.2 Analyse des résultats	22
3.4.3 Caractéristiques principales	24
3.5 Situation du 27 décembre 1999 (tempête Martin)	25
3.5.1 Rappel conditions météorologiques	25
3.5.2 Analyse des résultats	26
3.5.3 Caractéristiques principales	27
3.6 Situation du 24 janvier 2009 (tempête Klaus)	28
3.6.1 Rappel conditions météorologiques	28
3.6.2 Analyse des résultats	29
3.6.3 Caractéristiques principales	30
3.7 Situation des 9 et 10 février 2009 (tempête Quinten)	31
3.7.1 Rappel conditions météorologiques	31
3.7.2 Analyse des résultats	32
3.7.3 Caractéristiques principales	33
3.8 Situation du 16 décembre 2011 (tempête Joachim)	34
3.8.1 Rappel conditions météorologiques	34
3.8.2 Analyse des résultats	35
3.8.3 Caractéristiques principales	36
Annexes	37

## Index des figures

Illustration 2.1 : Zone d'étude GGN&S et points ERA5 des paramètres utilisés.....	8
Illustration 3.1 : Hauteur significative de la mer totale (Hs, en mètres) lors de la tempête du 15/12/1979 simulée par le modèle WW3.....	16
Illustration 3.2 : Evolution temporelle de la hauteur significative de la mer totale au point de grille 46° N et 2,82° W – tempête du 15/12/1979 – simulée par le modèle WW3.....	17
Illustration 3.3 : Hauteur significative de la mer totale (Hs, en mètres) lors de la tempête du 24/12/1981 simulée par le modèle WW3.....	19
Illustration 3.4 : Evolution temporelle de Hs au point de grille 46° N 2,82° W – tempête du 24/12/1981 - simulée par le modèle WW3.....	20
Illustration 3.5 : Hauteur significative de la mer totale (Hs, en mètres) simulée par le modèle WW3 lors de la tempête du 07/02/1996.....	22
Illustration 3.6 : Evolution temporelle de Hs au point de grille 46° N 2,82° W – tempête du 07/02/1996 - simulée par le modèle WW3.....	23
Illustration 3.7 : Hauteur significative de la mer totale (Hs, en mètres) simulée par le modèle WW3 lors de la tempête du 27/12/1999.....	25
Illustration 3.8 : Evolution temporelle de Hs au point de grille 46° N 2,82° W – tempête du 27/12/1999 - simulée par le modèle WW3.....	26
Illustration 3.9 : Hauteur significative de la mer totale (Hs, en mètres) simulée par le modèle WW3 lors de la tempête du 24/01/2009.....	28
Illustration 3.10 : Evolution temporelle de Hs au point de grille 46° N 2,82° W – tempête du 24/01/2009 - simulée par le modèle WW3.....	29
Illustration 3.11 : Hauteur significative de la mer totale (Hs, en mètres) simulée par le modèle WW3 lors de la tempête du 10/02/2009.....	31
Illustration 3.12 : évolution temporelle de Hs au point de grille 46° N - 2,82° W – tempête du 10/02/2009 - simulée par le modèle WW3.....	32
Illustration 3.13 : Hauteur significative de la mer totale (mètres) simulée par le modèle WW3 lors de la tempête du 16/12/2011.....	34
Illustration 3.14 : évolution temporelle de Hs au point de grille 46° N - 2,82° W – tempête du 16/12/2011 - simulée par le modèle WW3.....	35

## Index des tableaux

Tableau 1 : Échelle de Beaufort.....	11
Tableau 2 : Échelle de Douglas.....	12
Tableau 3 : Liste des tempêtes analysées.....	14
Tableau 4 : Liste des tempêtes sélectionnées pour être rejouées.....	15
Tableau 5 : Caractéristiques des vagues les plus fortes (WW3 et ERA5) au point 46° N - 2,82° W – tempête du 15 décembre 1979.....	18
Tableau 6 : Caractéristiques des vagues les plus fortes (WW3 et ERA5) au point 46° N 2,82° W – tempête du 24 décembre 1981.....	21
Tableau 7 : Caractéristiques des vagues les plus fortes (WW3 et ERA5) au point 46° N 2,82° W – tempête du 7 février 1996.....	24
Tableau 8 : Caractéristiques des vagues les plus fortes (WW3 et ERA5) au point 46° N 2,82° W – tempête du 27 décembre 1999.....	27

Tableau 9 : Caractéristiques des vagues les plus fortes (WW3 et ERA5) au point 46° N et 2,82° W – tempête du 24 janvier 2009.....	30
Tableau 10 : Caractéristiques des vagues les plus fortes (WW3 et ERA5) au point 46° N 2,82° W – tempête des 9 et 10 février 2009.....	33
Tableau 11 : Caractéristiques des vagues les plus fortes (WW3 et ERA5) au point 46° N et 2,82° W – tempête du 16 décembre 2011.....	36
Tableau 12: synthèse des comparaisons des modèles HYWAT-SHOM et WW3-MF.....	47

# 1 Objectifs et synthèse de l'étude

L'objectif de cette étude est de sélectionner un échantillon d'épisodes de vents forts susceptibles de générer de très fortes vagues sur la zone d'intérêt, située dans le golfe de Gascogne. Pour cela, nous avons utilisé la réanalyse européenne ERA5 (Hersbach et al., 2018) qui fournit des estimations horaires d'un grand nombre de variables climatiques atmosphériques et terrestres à une résolution de 0,25° et de paramètres océaniques, à une résolution de 0,5°.

Plusieurs critères ont été employés pour effectuer la sélection des tempêtes. Ils sont décrits en §2.1.2.

Les tempêtes majeures ayant touché la zone sont ainsi identifiées et font l'objet d'une analyse plus approfondie via les fiches tempêtes (liste en annexe) qui accompagnent le présent rapport.

Parmi cet échantillon de tempêtes majeures, 7 tempêtes marquantes ont été sélectionnées pour être rejouées par un modèle d'état de la mer afin de fournir des jeux de données de vagues simulées couvrant un large panel de possibles sur la zone considérée.

## 2 Recherche de tempêtes

### 2.1 Méthodologie

La méthode de pré-sélection de tempêtes consiste en une recherche d'extrêmes à partir d'un échantillon multi-paramètres et multi-sources. Cette méthode est décrite en §8 du document [Chatel et al., V2, 2025].

#### 2.1.1 Données d'entrée et domaine

Les données tri-horaires ERA5 sont utilisées sur la période de calcul de **1979 à 2024**<sup>1</sup> :

- des données de vent sur une large zone couvrant la façade atlantique, du sud Bretagne au pays basque, (en bleu clair sur l'illustration 2.1), à une résolution de 0.25 degré de latitude et de longitude (points noirs de l'illustration 2.1)
- des paramètres d'état de la mer sur une zone plus réduite (en bleu foncé sur l'illustration 2.1) autour de la zone Golfe de Gascogne Nord et Sud, à une résolution de 0.5 degrés (croix rouges de l'illustration 2.1).
- la zone d'étude est matérialisée par le polygone orange.

16 points sont présents dans le domaine réduit pour les paramètres atmosphériques et 4 pour les paramètres marins.

<sup>1</sup> Période homogène recommandée, la qualité d'ERA5 étant améliorée à partir de 1979, grâce aux données satellite assimilées.



Illustration 2.1 : Zone d'étude GGN&S et points ERA5 des paramètres utilisés

### 2.1.2 Critères de sélection des tempêtes et traitement des paramètres

Quatre paramètres sont utilisés pour la sélection des tempêtes :

- la force du vent,
- la hauteur significative de la mer du vent,
- la mer totale,
- la houle totale.

Ces quatre paramètres sont extraits au pas de temps tri-horaire, pour chaque jour de la période étudiée (1979-2024), en chaque point de la zone traitée (grande zone pour le vent, zone réduite pour les autres paramètres). Des valeurs quotidiennes pour chacun de ces paramètres sont également établies en prenant la valeur maximale des 8 données tri-horaires de la journée.

#### Traitement du paramètre vent

Un échantillon constitué des valeurs maximales quotidiennes de la force du vent sur le grand domaine est établi. Le percentile 99.9 de cet échantillon est calculé. Pour chaque jour de la période étudiée, le pourcentage de points de la grande zone dépassant la valeur du quantile 99.9 est calculé. Un tri sur ces ratios permet de ne garder que les dates combinant très forte tempête et extension spatiale importante. Arbitrairement nous ne gardons que les 40 premières dates issues de ce tri.

#### Traitement des paramètres marins

Pour chaque paramètre marin, on constitue un échantillon qui contient les valeurs maximales quotidiennes du paramètre sur la zone réduite. Un tri de ces valeurs permet de ne garder que les dates pour lesquelles la sévérité du paramètre est la plus forte sur la zone réduite. Arbitrairement nous ne gardons que les 40 premières dates issues de ce tri.

Le même traitement est effectué sur les données tri-horaires et conduit pour chaque paramètre marin à une liste de 40 date-heure, dont on ne retient au final que la date (la liste finale comporte donc potentiellement moins de 40 dates).

#### Sélection des tempêtes

Trois filtres, de plus en plus fins, sont ensuite appliqués pour affiner la sélection des dates de tempêtes.

Voici la description de ces filtres et leur résultat dans le cas spécifique de la zone GGN&S,

- 1) union des 4 listes établies au pas de temps quotidien, Pour GGN&S, 90 dates de tempêtes ont ainsi été sélectionnées.
- 2) intersection de la liste établie sur le paramètre vent et de l'union des trois listes établies au niveau quotidien des paramètres marins. Pour GGN&S, 26 dates de tempêtes ont ainsi été sélectionnées.
- 3) intersection de la liste établie sur le paramètre vent et de l'union des trois listes établies au niveau tri-horaires des paramètres marins. Pour GGN&S, 19 dates de tempêtes ont ainsi été sélectionnées.

Les résultats de ces filtres, obtenus de façon objective, sont croisés avec d'autres inventaires de tempêtes, mais aussi avec une analyse de données observées afin de valider, hiérarchiser et sélectionner les dates de

tempêtes les plus pertinentes parmi celles issues de la méthodologie décrite ci-dessus. Cette ultime expertise permet également de diversifier les événements retenus selon la nature de la situation météorologique à l'origine de la tempête, la direction de la houle...

Pour GGN&S, les 19 journées retenues par le dernier filtre sont sélectionnées. Certaines journées sont adjacentes et correspondent à la même tempête.

Par conséquent, quinze tempêtes sont finalement sélectionnées et décrites en annexe A.

## 2.2 Tableau des 15 tempêtes analysées

La force du vent est exprimée en Beaufort (Bf- échelle détaillée en section 10.1 de [Chatel et al. V2, 2025] et présentée dans le tableau 1 ci-dessous).

Les directions de vent sont exprimées en secteurs d'où vient le vent : N=nord, S=sud, W=ouest, E=est.

A noter que les vents maximum indiqués sont des vents moyens établis, au cours de plusieurs heures, et exprimés en force Beaufort. La hauteur de référence pour les mesures de vent est de 10 m au-dessus du sol (rappelons qu'aucune mesure de rafale n'est disponible sur la zone d'étude et que les valeurs des rafales maximales enregistrées par les sémaphores peuvent être influencées par un environnement de mesure divergeant de la norme prescrite : l'anémomètre peut être placé à une hauteur inadéquate ou l'emplacement du sémaphore, parfois en bord de falaise, peut entraîner des turbulences parasitant la mesure du vent. Voir le §11.1 de la note [Chatel et al., V2, 2025] à ce sujet.

Parfois employée dans les commentaires relatifs à ces tempêtes et à l'état de la mer, l'échelle de Douglas est présentée dans le tableau 2.

## 2 Recherche de tempêtes



Degré Beaufort (Bf)	Dénomination	Vitesse du vent à 10 m (en m/s)	État de la mer au large
0	Calme	0 à 0,2	la mer est comme un miroir
1	Très légère brise	0,3 à 1,5	il se forme des rides, mais il n'y a pas d'écume
2	Légère brise	1,6 à 3,3	vaguelettes courtes ; leurs crêtes ont une apparence vitreuse mais ne déferlent pas
3	Petite brise	3,4 à 5,4	très petites vagues ; écume d'aspect vitreux, apparition de moutons
4	Jolie brise	5,5 à 7,9	petites vagues devenant plus longues ; moutons nombreux
5	Bonne brise	8,0 à 10,7	vagues modérées, allongées ; moutons nombreux
6	Vent frais	10,8 à 13,8	des lames se forment ; crêtes d'écume blanche plus étendues, embruns
7	Grand frais	13,9 à 17,1	la mer grossit ; l'écume est soufflée en traînées ; lames déferlantes
8	Coup de vent	17,2 à 20,7	lames de hauteur moyenne ; de leurs crêtes se détachent des tourbillons d'embruns
9	Fort coup de vent	20,8 à 24,4	grosses lames ; leur crête s'écroule et déferle en rouleaux, visibilité réduite par les embruns
10	Tempête	24,5 à 28,4	très grosses lames à longues crêtes en panache ; déferlement en rouleaux intense et brutal
11	Violente tempête	28,5 à 32,6	lames exceptionnellement hautes ; mer recouverte de bancs d'écume blanche
12	Ouragan	+ de 32,7	air plein d'écume et d'embruns ; mer entièrement blanche ; visibilité très réduite

Tableau 1 : Échelle de Beaufort

<b>Échelle de Douglas</b>	<b>Termes descriptifs</b>	<b>Hauteur significative (en m)</b>
<b>0</b>	calme	hauteur = 0 m
<b>1</b>	ridée	0 < hauteur < 0,10 m
<b>2</b>	belle	0,10 < hauteur < 0,50 m
<b>3</b>	peu agitée	0,50 < hauteur < 1,25 m
<b>4</b>	agitée	1,25 < hauteur < 1,50 m
<b>5</b>	forte	2,50 < hauteur < 4,00 m
<b>6</b>	très forte	4,00 < hauteur < 6,00 m
<b>7</b>	grosse	6,00 < hauteur < 9,00 m
<b>8</b>	très grosse	9,00 < hauteur < 14,00 m
<b>9</b>	énorme	Hauteur > 14,00 m

Tableau 2 : Échelle de Douglas

La sélection des tempêtes figure dans le tableau ci-après.

## 2 Recherche de tempêtes



Événements	Vent max. zone		Commentaires <sup>2</sup>
	Dir.	Force (B)	
15 décembre 1979	WNW	10	Dépression circulant de l'Irlande au Danemark et générant de fortes rafales sur certains caps exposés bretons avec 162 km/h à la pointe de Penmarch (29) ou avec 169 km/h à la Pointe du Grouin (35). Hs des vagues jusque 8,9 m autour de la zone d'étude avec une période de 12 s et mer grosse signalée par de nombreux sémaphores de la Hague à Chassiron.
24 décembre 1981	W	10	Tempête circulant d'ouest en est et touchant particulièrement les départements de la façade atlantique. Rafales maximales de 133 km/h à Les Mathes et mer très forte généralisée sur l'ensemble du littoral atlantique. Hs des vagues jusque 9,4 m autour de la zone d'étude avec une période de 11 s.
15 et 16 octobre 1987 "l'ouragan de 1987"	SW	10	Deux dépressions Atlantique successives remontant du sud-ouest impactent l'ensemble du territoire métropolitain. Rafales maximales de 144 km/h à Chassiron. Hs des vagues jusque 7,8 m autour de la zone d'étude avec une période de 11 s, jusqu'à 11,44 m au large d'Ouessant et 16 m au sud de Belle-Île.
25 et 26 février 1989	W	9 à 10	Tempête avec dépression sur les îles britanniques circulant d'ouest en est et touchant particulièrement les départements de la façade Atlantique. Rafales de 140 km/h mesurées au sémaphore de Chassiron (17). Hs des vagues jusque 8 m autour de la zone d'étude avec une période de 12 s.
12 février 1990	WNW	9 à 10	Dépression très creuse circulant lentement de l'Irlande à la mer du Nord et générant des vents très forts avec notamment des rafales de 126 km/h à Chassiron. Hs des vagues jusque 8,1 m autour de la zone d'étude avec une période de 12 s.
12 et 13 septembre 1993	SW	10 à 11	Lente progression de l'ex-dépression tropicale Floyd sur les départements côtiers de la Manche et de l'Atlantique générant des rafales de 140 km/h à Chassiron et un état de mer très forte à grosse de la pointe de la Hague à Chassiron. Hs des vagues jusque 8,8 m autour de la zone d'étude avec une période de 11 s.
7 février 1996	WNW	10 à 11	Dépression abordant rapidement l'entrée de Manche puis la côte Atlantique dans un flux d'ouest très rapide. Des rafales maximales de 136 km/h sont mesurées à Chassiron. Mer très forte à grosse sur la façade Atlantique. Hs des vagues jusque 11 m autour de la zone d'étude avec une période de 12 s.
19 novembre 1996	W	9 à 10	Dépression venue d'Irlande et traversant le sud de l'Angleterre. Zone d'étude et Charente-Maritime particulièrement concernées par des vents violents (rafales de 133 km/h à l'île d'Yeu.) et une mer grosse à très grosse. Hs des vagues jusque 8,5 m autour de la zone d'étude.

2 Les hauteurs significatives (hs) mentionnées correspondent au paramètre swH (hauteur significative pour la mer totale - mer du vent et houle) et la période à mwp (période moyenne de la mer totale d'ordre inverse) en sortie d'ERA5.

Données issues de jeux ERA5 ou de sémaphores - voir §11 de [Chatel et al.,V2,2025]

26 décembre 1999 Lothar	W	10	Dépression de formation explosive sur le proche Atlantique, au déplacement très rapide. Elle traverse la moitié Nord de la France en engendrant des vents extrêmement violents, en particulier des rafales de 126 km/h à l'île d'Yeu. Mer très forte à grosse, voire temporairement très grosse au large de la Vendée. Hs des vagues jusque 8,7 m autour de la zone d'étude.
<b>27 décembre 1999</b> <b>Martin</b>	WSW	11	Dépression très creuse (965 hPa), au déplacement très rapide, balayant la France de la Bretagne à l'Alsace entre le 17 décembre soir et nuit suivante et générant des vents extrêmement violents avec des rafales maximales de 198 km/h à Chassiron. Mer très forte à grosse sur la façade Atlantique. Hs des vagues jusque 11,3 m autour de la zone d'étude avec une période de 11 s.
<b>24 janvier 2009</b> <b>Klaus</b>	WSW	10	La dépression Klaus génère dans sa partie sud des vents d'ouest à sud-ouest très forts. Sur la zone d'étude, rafales de 120 km/h à Chassiron. Hs des vagues jusque 8,7 m autour de la zone d'étude et mer très forte à grosse sur la façade atlantique.
<b>9 et 10 février 2009</b> <b>Quinten</b>	W	10	Dépression Atlantique 975 hPa sur pointe bretonne le 9 au soir, très rapide et remontant la Manche pour atteindre la Mer du Nord le 10 février. Rafales maximales atteignant 136 km/h à l'île d'Yeu. Mer très forte à grosse sur la façade Atlantique et Hs des vagues jusque 9,4 m autour de la zone d'étude.
<b>16 décembre 2011</b> <b>Joachim</b>	SW	10	Dépression venant du sud de l'Islande abordant l'entrée de Manche dans la nuit du 15 au 16 puis les côtes nord de la France le lendemain en se creusant (jusqu'à 968 hPa). Tempête touchant principalement les régions bordant l'Atlantique avec rafales de 134 km/h à l'île d'Yeu, 141 km/h sur Belle-Île. Mer grosse temporairement très grosse. Hs des vagues jusque 9,4 m autour de la zone d'étude.
3 février 2017 Kurt	W	9 à 10	Passage rapide du sud-Bretagne à l'Angleterre d'une dépression 985 hPa modérée dans un flux d'ouest perturbé, suivi de deux autres tempêtes dans le week-end. Rafales de 127 km/h à l'île d'Yeu, 111 km/h à la pointe de Chassiron. Hs des vagues jusque 8 m autour de la zone d'étude avec une période de 11 s.
4 et 5 novembre 2023 Domingos	SW	10	Dans les pas de la tempête Ciarán, dépression venue de Terre-Neuve et se déplaçant très rapidement vers l'est pour atteindre les îles britanniques le 4 novembre au soir. Rafales maximales de 147 km/h à Saint-Clément des Baleines. Hs des vagues jusque 8,7 m autour de la zone d'étude dans la nuit du 4/11 avec une période de 11 s.

*Tableau 3 : Liste des tempêtes analysées*

Ces 15 tempêtes ont été analysées de façon plus précise : cette analyse est présentée sous forme de fiches - voir liste en annexe A.

Parmi elles, 7 tempêtes ont été retenues (en gras dans le tableau ci-dessus) pour être rejouées et étudiées plus finement en termes d'état de mer (cf sections 2.3 et 3).

## 2.3 Liste des 7 tempêtes retenues pour les rejeux de vagues

Les situations retenues et listées dans le tableau figurant au chapitre précédent constituent un échantillon représentatif de tempêtes ayant touché la zone Golfe de Gascogne nord et sud. Parmi cette liste, les experts de Météo-France ont retenu 7 événements pour lesquels la formation des vagues est modélisée à l'aide d'une simulation numérique à mailles fines. Ces 7 événements ont été retenus pour la capacité à générer de fortes vagues ou des vagues de caractéristiques particulières sur la zone d'étude.

Les dates retenues figurent dans le tableau suivant par ordre chronologique.

Événements	Vent max. zone	
	Direction	Force (Beaufort)
15 décembre 1979	WNW	10
24 décembre 1981	W	10
7 février 1996	WNW	11
27 décembre 1999	WSW	11
24 janvier 2009	WSW	10
9 et 10 février 2009	W	10
16 décembre 2011	SW	10

Tableau 4 : Liste des tempêtes sélectionnées pour être rejouées

## 3 Rejeux de situations

Dans ce chapitre, nous présentons les résultats des simulations de vagues obtenues à l'aide de modèles à mailles fines pour 7 épisodes de vents forts sélectionnés sur la base des éléments décrits précédemment.

Dans les illustrations à suivre,

- Le losange noir représente la position de la bouée LiDAR implantée sur la zone dans le cadre de la campagne de mesures DGEC pour l'éolien en mer.
- Hs représente la hauteur significative de mer totale issue de l'analyse spectrale (mer du vent et houle) et la période correspond à la période moyenne de la mer totale d'ordre inverse en sortie de modèle WaveWatch III. Cette période est nommée T0m1 ou mwp dans la nomenclature des données fournies.
- Les directions, hauteurs et périodes de houle mentionnées correspondent aux valeurs de la houle primaire en sortie de modèle WaveWatch III.

## 3.1 Méthodologie

La méthode est décrite en §9 de la note [Chatel et al., V2, 2025]. Le modèle de rejeu utilisé est WaveWatch III (WW3).

Ce modèle WW3 est forcé par les vents issus des données de réanalyses ERA5 ou CERRA ou d'Arpège, selon l'ancienneté de l'événement et la meilleure résolution des sources disponibles.

## 3.2 Situation du 15 décembre 1979

### 3.2.1 Rappel conditions météorologiques

Un minimum dépressionnaire apparaît le 13 décembre 1979 à l'est de Terre-Neuve. Piloté par la dépression proche de l'Islande, il se déplace rapidement vers l'Irlande en se creusant, passant de 1 000 hPa le 13 décembre vers 12 UTC à 970 hPa le 15 décembre à 12 UTC sur l'Angleterre.

Il génère un fort gradient de pression sur la Bretagne et sur la Manche où il engendre les vents les plus violents. Il se dirige ensuite vers le Danemark (16/12 à 00 UTC) en se comblant.

Le fetch important entre Terre-Neuve et l'Europe de l'Ouest sur plusieurs jours permet la formation de vagues significatives importantes estimées à plus de 11 mètres la journée du samedi 15 décembre au large de la pointe Bretagne.

Sur le nord-ouest du golfe de Gascogne et l'ouvert de la Manche, l'état de mer totale reste très grosse, supérieure à 9 m, au cours de cette journée. Ces vagues se propagent vers l'est en perdant en intensité mais restent grosses jusqu'au fond du golfe de Gascogne et au large de la Charente maritime. Ainsi, de la Hague à Chassiron, de nombreuses valeurs supérieures à 6 mètres sont signalées par des sémaphores.

### 3.2.2 Analyse des résultats

Au nord de la zone étudiée, les valeurs maximales atteignent 9,5 mètres (illustration ci-dessous).

### 3 Rejeux de situations

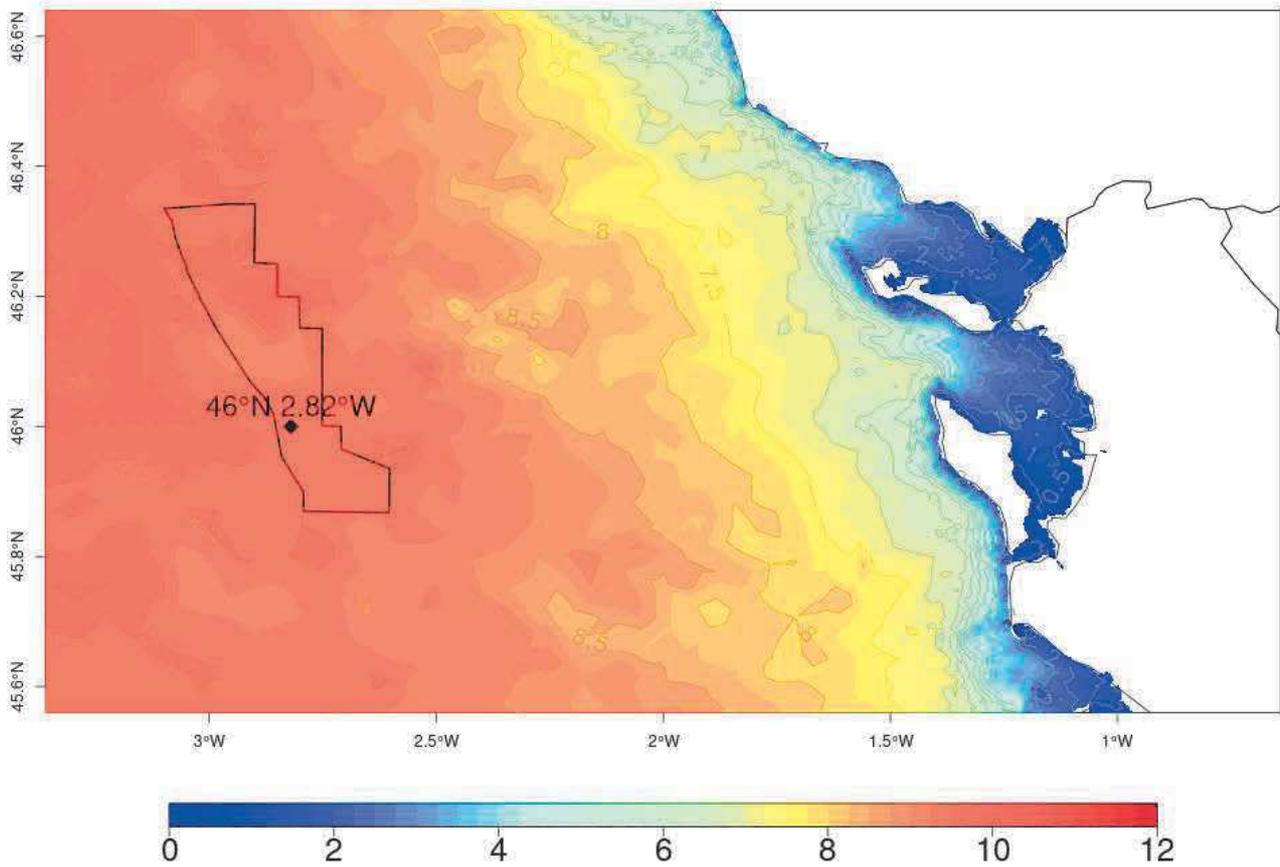


Illustration 3.1 : Hauteur significative de la mer totale (Hs, en mètres) lors de la tempête du 15/12/1979 simulée par le modèle WW3.

(valeur maximale intégrée sur la période comprise entre le 14 déc. à 06 UTC et le 16 déc. à 06 UTC)

Le losange noir représente la position de la bouée LiDAR implantée sur la zone.

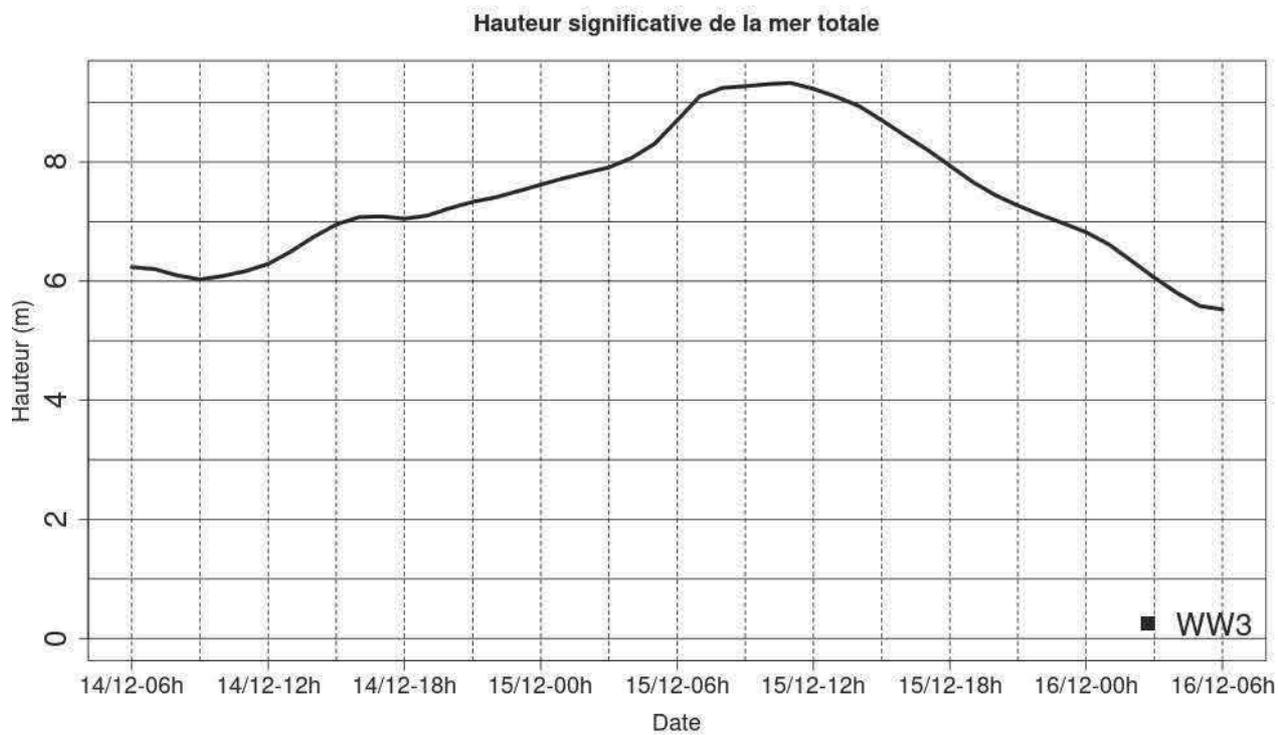


Illustration 3.2 : Evolution temporelle de la hauteur significative de la mer totale au point de grille 46° N et 2,82° W – tempête du 15/12/1979 – simulée par le modèle WW3

### 3.2.3 Caractéristiques principales

Point de grille 46° N - 2,82° W	
Hauteur maximale de Hs (mer totale - simulation WW3)	9,3 m
Date / Heure (simulation WW3)	15/12/1979 vers 11 UTC
Direction (ERA5)	Ouest
Contribution mer du vent/houle (ERA5)	Mer du vent prédominante (> 95%)

Tableau 5 : Caractéristiques des vagues les plus fortes (WW3 et ERA5) au point 46° N - 2,82° W – tempête du 15 décembre 1979

---

### 3.3 Situation du 24 décembre 1981

#### 3.3.1 Rappel conditions météorologiques

Une dépression à 975 hPa aborde la pointe bretonne en milieu de nuit du 23 au 24 décembre 1981. Elle s'enfonce rapidement dans l'intérieur des terres en suivant une trajectoire d'ouest en est. Elle se comble ensuite pour atteindre 990 hPa sur l'est de la France, le même jour vers 12 UTC.

Les vagues s'amplifient dans la nuit du 23 au 24 décembre 1981. Les sémaphores de l'île de Groix et de l'île d'Yeu observent à ce moment-là, ainsi qu'en matinée du 24 décembre, une mer forte avec des vagues entre 2,5 et 4 mètres. Dans le même temps, et jusqu'en fin de journée, les sémaphores de Chassiron et de Mathes notent une mer très forte avec des vagues comprises entre 4 et 6 mètres.

### 3.3.2 Analyse des résultats

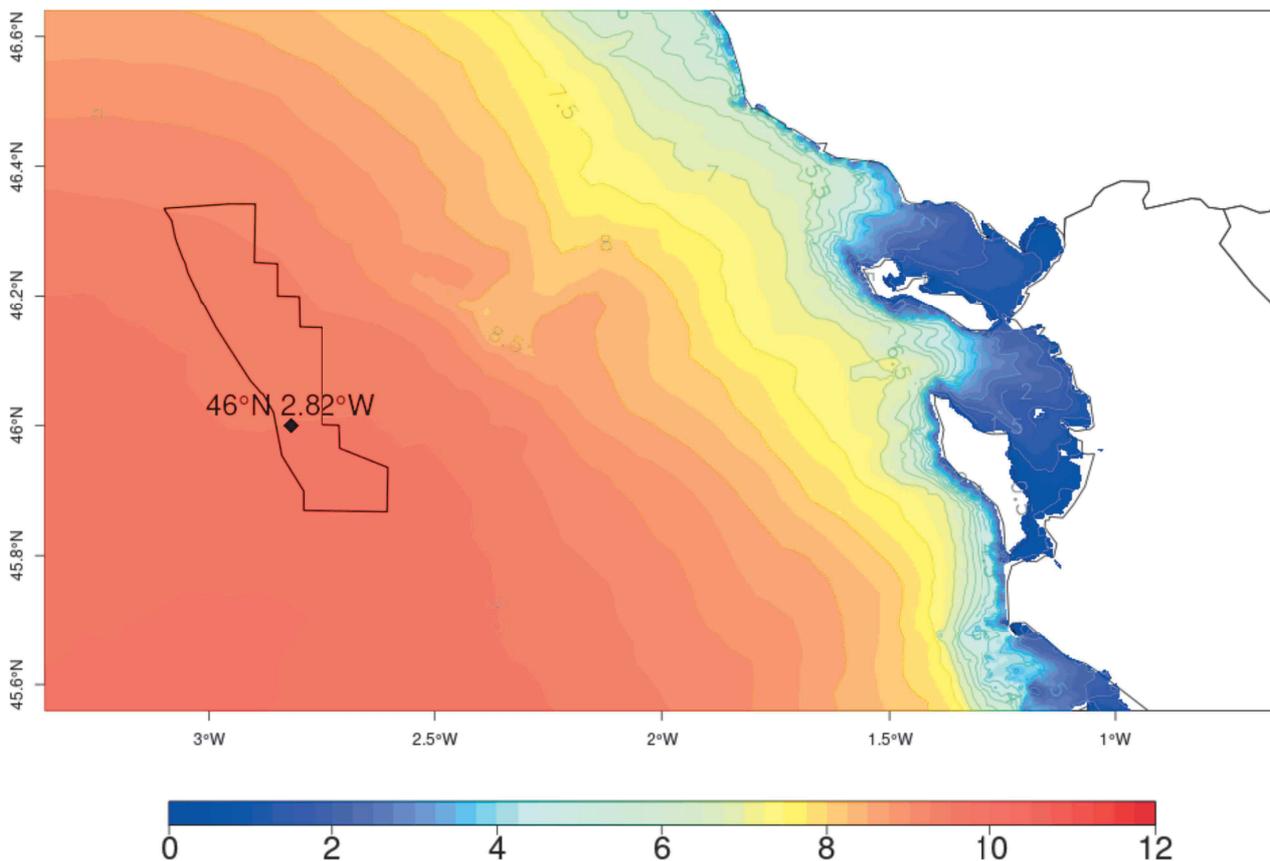


Illustration 3.3 : Hauteur significative de la mer totale (Hs, en mètres) lors de la tempête du 24/12/1981 simulée par le modèle WW3.

(valeur maximale intégrée sur la période comprise entre le 23 déc. à 12 UTC et le 25 déc. à 00 UTC)

Le losange noir représente la position de la bouée LiDAR implantée sur la zone.

C'est sur le sud de la zone que la hauteur de la mer totale est la plus élevée, supérieure à 9,5 mètres. A ce moment-là, la période de la mer du vent est relativement importante avec 11 secondes (données ERA5).

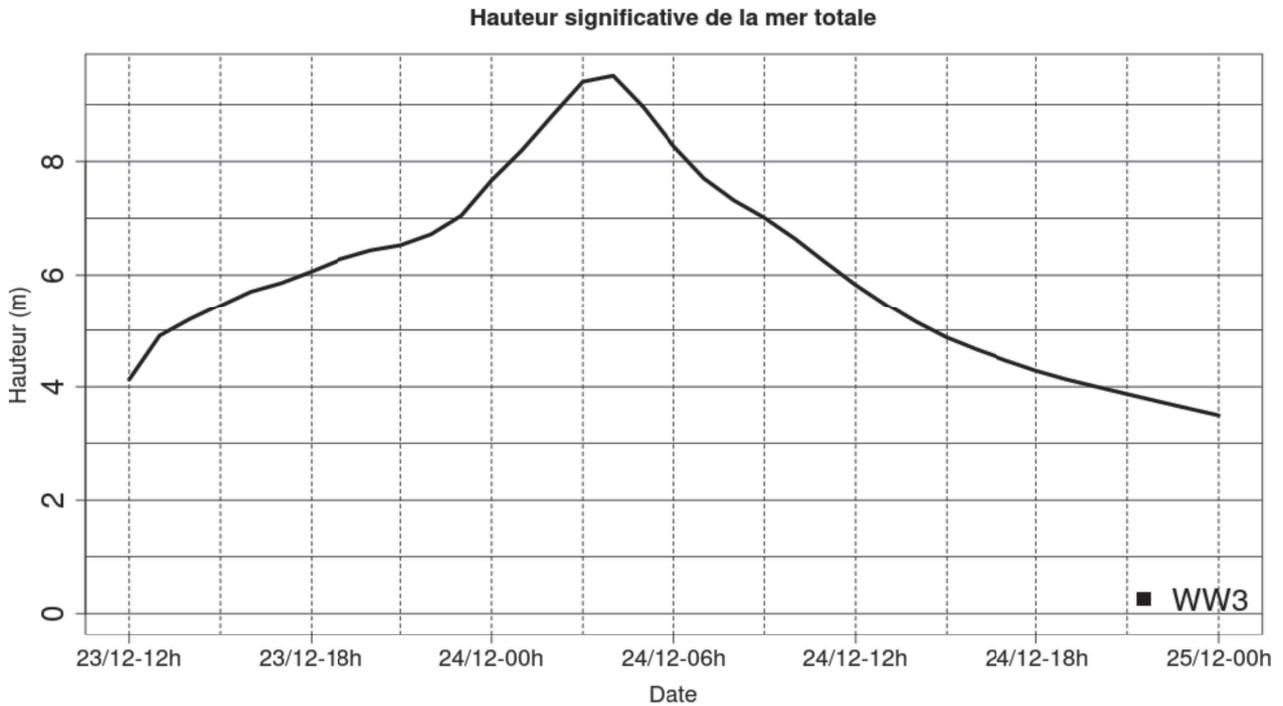


Illustration 3.4 : Evolution temporelle de Hs au point de grille 46° N 2,82° W – tempête du 24/12/1981 - simulée par le modèle WW3

### 3.3.3 Caractéristiques principales

Point de grille 46° N 2,82° W	
Hauteur maximale de Hs (mer totale - simulation WW3)	9.5 m
Date / Heure (simulation WW3)	24/12/1981 vers 04 UTC
Direction (ERA5)	Ouest
Contribution mer du vent/houle (ERA5)	Mer du vent prédominante

Tableau 6 : Caractéristiques des vagues les plus fortes (WW3 et ERA5) au point 46° N 2,82° W – tempête du 24 décembre 1981

## 3.4 Situation du 07 février 1996

### 3.4.1 Rappel conditions météorologiques

Le 6 février à 12 UTC, un petit minimum dépressionnaire est en formation sur le centre Atlantique. Il évolue en une dépression qui se creuse en se dirigeant vers la Bretagne.

Cette dépression est positionnée en entrée de Manche le 7 février 1996 à 12 UTC. Elle se déplace rapidement, s'évacue en soirée vers le centre de la France pour atteindre la Méditerranée le 8 février en début de matinée. Les hautes pressions présentes sur les Açores qui se développent vers le Nord et se décalent vers l'Est, participent au maintien d'un gradient de pression tout au long de cette journée du 7 février.

Le passage de cette dépression a généré, sur la Bretagne puis le long de la côte Atlantique, un flux d'ouest très rapide avec des rafales enregistrées dépassant par endroits les 160 km/h.

La mer du vent est agitée dans la nuit du 6 au 7 février avec des creux de 2 à 3 mètres dans le golfe de Gascogne. Au passage de cette dépression, les vagues s'amplifient au fil de la journée du 7 février dans le Golfe de Gascogne.

Selon les champs d'état de mer analysés par ERA5, vers 12 UTC, les creux sont compris entre 4 et 6 mètres sur tout le Golfe. L'après-midi, la mer totale devient très grosse avec des creux entre 9 et 10 mètres et autour de 18 UTC, les creux dépassent les 10 mètres à l'Ouest du 5 °W et au Sud du 45 °N.

Les sémaphores de l'île d'Yeu et du Cap Ferret observent une mer très forte (vagues entre 4 et 6 m) l'après-midi; ceux de l'île de Groix et de Chassiron enregistrent une mer grosse (vagues entre 6 et 9 m) du milieu d'après-midi jusqu'en soirée.

### 3.4.2 Analyse des résultats

Sur l'illustration ci-dessous, issue du rejeu de l'état de mer avec WW3, on peut constater que la hauteur est relativement uniforme sur l'ensemble de la zone. Les données ERA5 donnent une période de près de 12 secondes pour la mer du vent au moment du maximum de hauteur significative de la mer totale.

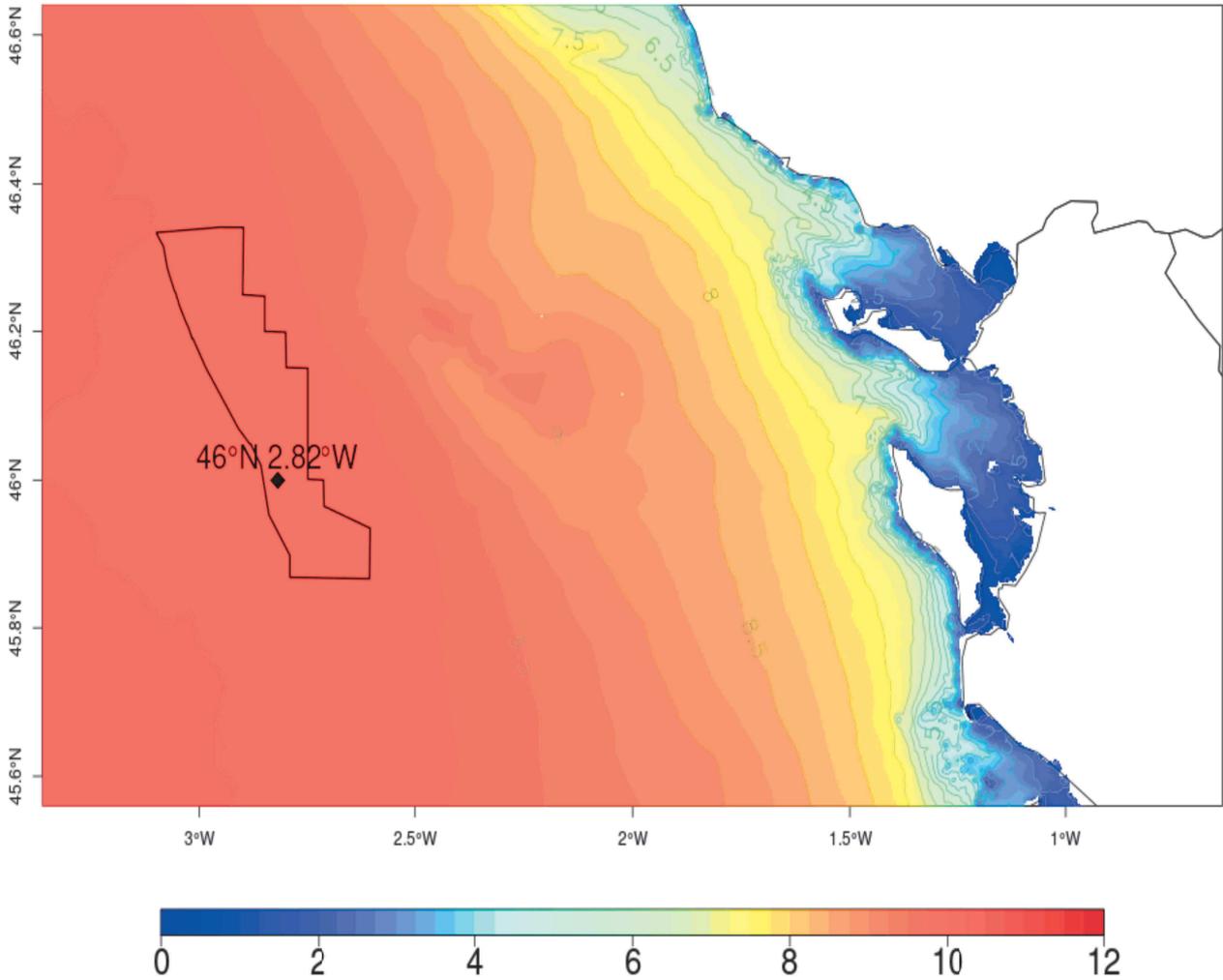


Illustration 3.5 : Hauteur significative de la mer totale ( $H_s$ , en mètres) simulée par le modèle WW3 lors de la tempête du 07/02/1996.

(valeur maximale intégrée sur la période comprise entre le 7 fév. à 00 UTC et le 8 fév. à 00 UTC).

Le losange noir représente la position de la bouée LiDAR implantée sur la zone

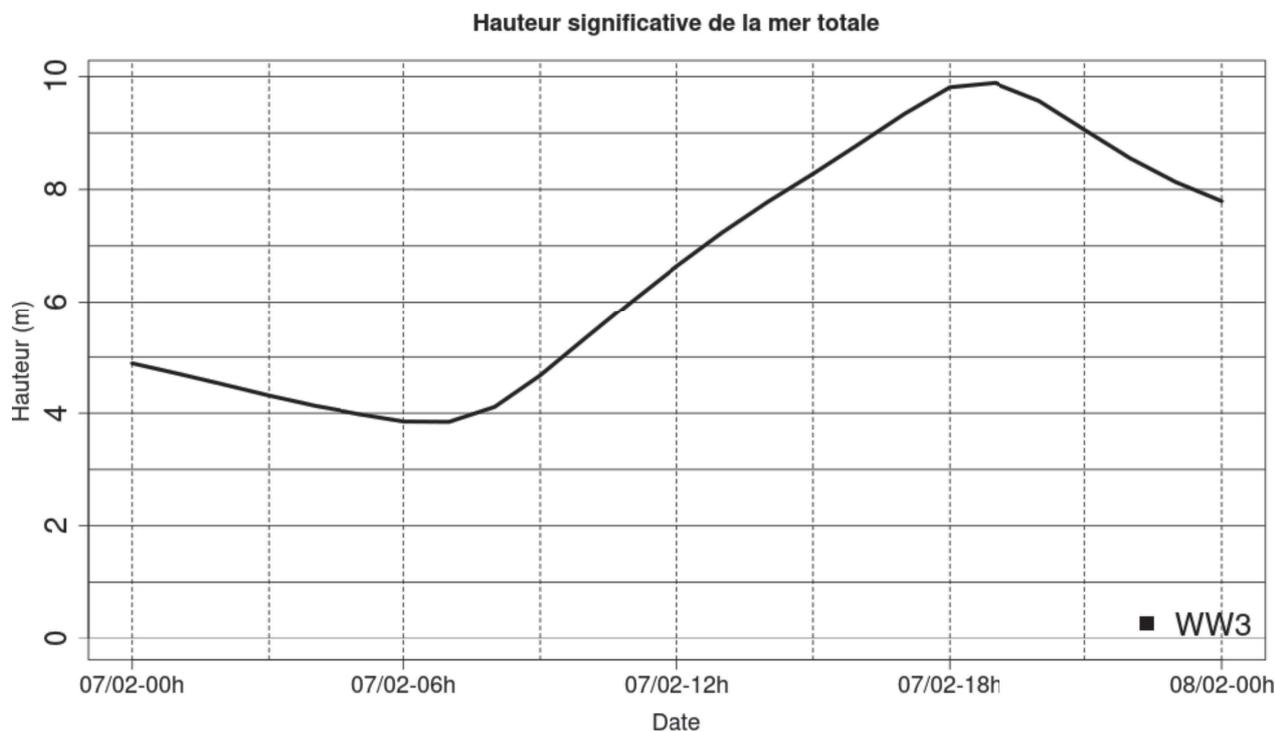


Illustration 3.6 : Evolution temporelle de Hs au point de grille 46° N 2,82° W – tempête du 07/02/1996 - simulée par le modèle WW3

### 3.4.3 Caractéristiques principales

<i>Point de grille 46° N 2,82° W</i>	
Hauteur maximale de Hs (mer totale - simulation WW3)	9,9 m
Date / Heure (simulation WW3)	07/02/1996 vers 19 UTC
Direction (ERA5)	Ouest-nord-ouest
Contribution mer du vent/houle (ERA5)	Mer du vent prédominante

Tableau 7 : Caractéristiques des vagues les plus fortes (WW3 et ERA5) au point 46° N 2,82° W – tempête du 7 février 1996

## 3.5 Situation du 27 décembre 1999 (tempête Martin)

### 3.5.1 Rappel conditions météorologiques

La dépression Martin arrive sur le proche atlantique en début d'après-midi du 27 décembre puis se creuse fortement et atteint la Pointe de Penmarc'h (29) à 17 h locales avec une pression de 965 hPa.

Toujours aussi creuse, elle se dirige ensuite vers la Loire-Atlantique, puis s'enfonce dans les terres avec une trajectoire vers l'est. En milieu de nuit, la dépression commence à se combler lentement. Elle quitte la France par l'Alsace en deuxième partie de nuit, le 28 décembre.

La dépression se sera déplacée à une vitesse proche de 100 km/h en traversant le pays.

Dès l'arrivée en fin d'après-midi du minimum de la dépression sur les côtes bretonnes, le vent de sud-ouest souffle en tempête plus au sud et à l'avant de la dépression. La Vendée, l'Aquitaine et le Poitou-Charentes sont les premiers concernés, mais également les plus durement touchés avec des rafales supérieures à 160 km/h sur tout le littoral de la Vendée aux Landes jusqu'en début de soirée.

En lien avec à cette tempête, les vagues s'amplifient au cours de la journée. Le sémaphore de Chassiron observe une mer très forte (vagues entre 4 et 6 m) en fin d'après-midi et soirée. Ceux de l'île de Groix et de Cap Ferret notent même, en soirée et début de nuit suivante, une mer très grosse (vagues entre 9 et 14 m).

### 3.5.2 Analyse des résultats

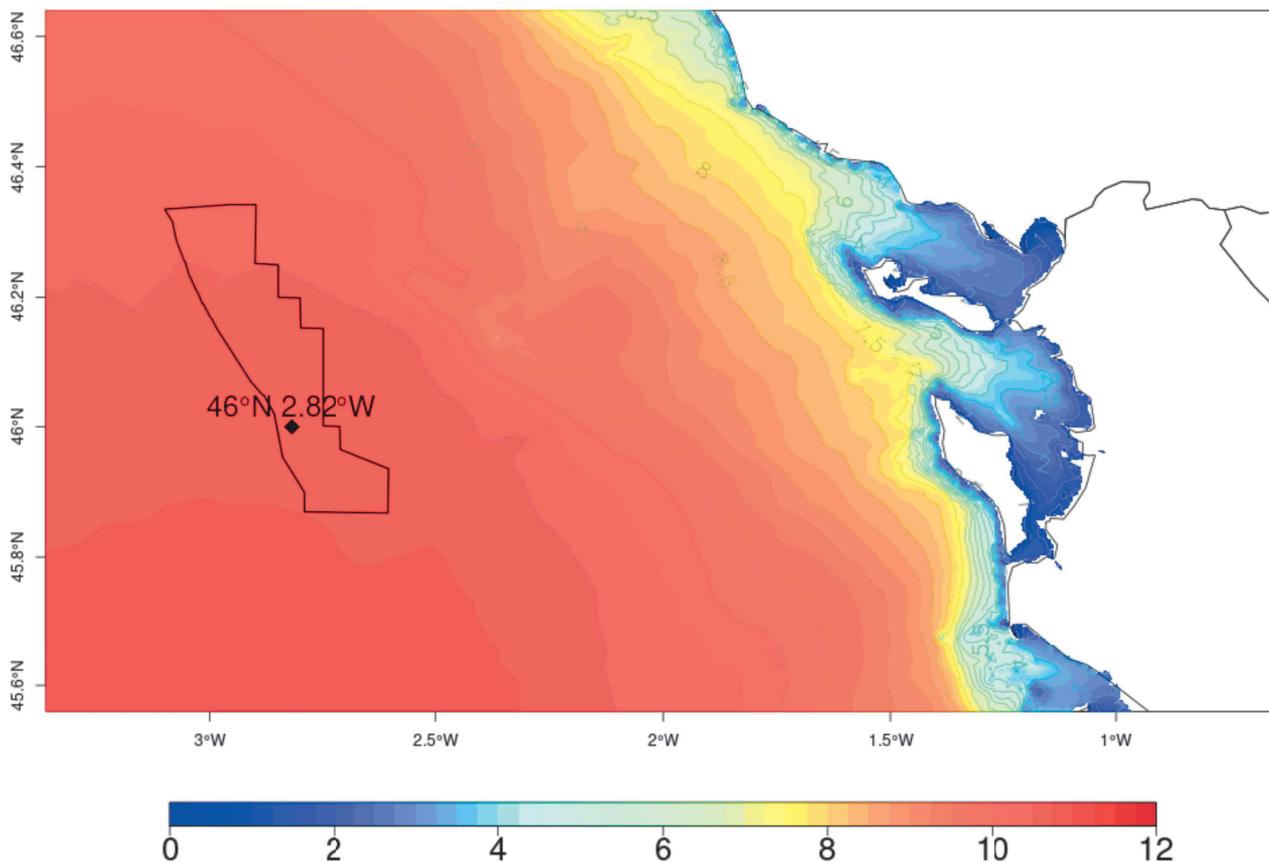


Illustration 3.7 : Hauteur significative de la mer totale ( $H_s$ , en mètres) simulée par le modèle WW3 lors de la tempête du 27/12/1999

(valeur maximale intégrée sur la période comprise entre le 27 déc à 00 UTC et le 28 déc. à 21 UTC).

Le losange noir représente la position de la bouée LiDAR implantée sur la zone

Au moment du maximum de hauteur significative de la mer totale, un gradient croissant du nord vers le sud est visible sur l'illustration ci-dessus, avec une valeur de 10,6 m au point de la bouée.

Bien que de moindre résolution spatiale, la réanalyse ERA5 de l'état de mer à 18 UTC, consultable sur la fiche tempête correspondante, indique une zone à près de 12 m plus au large.

Au vu de l'illustration ci-dessous, on note le creusement très rapide de la mer, passant de 5 à plus de 10 mètres entre 12 et 18 UTC.

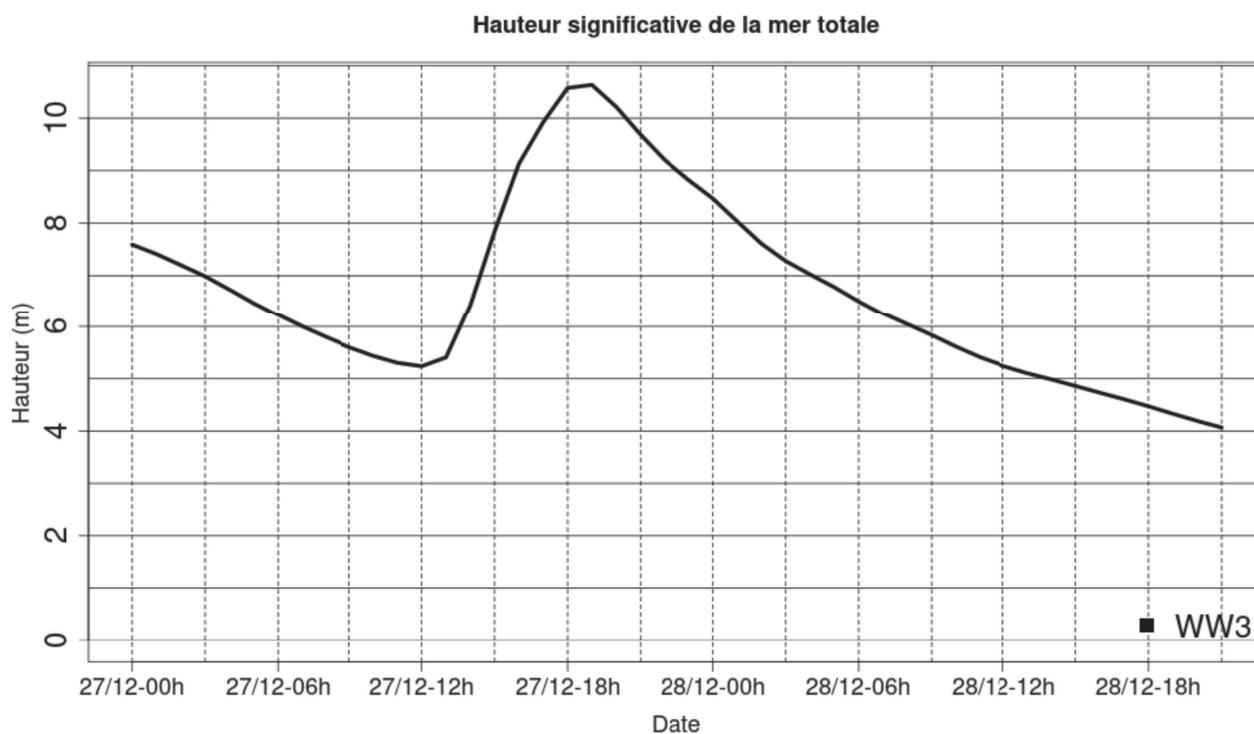


Illustration 3.8 : Evolution temporelle de Hs au point de grille 46° N 2,82° W – tempête du 27/12/1999 - simulée par le modèle WW3

### 3.5.3 Caractéristiques principales

	Point de grille 46° N 2,82° W
Hauteur maximale de Hs (mer totale - simulation WW3)	10,6 m
Date / Heure (simulation WW3)	27/12/1999 vers 19 UTC
Direction (ERA5)	Ouest
Contribution mer du vent/houle (ERA5)	Mer du vent prédominante

**Tableau 8** : Caractéristiques des vagues les plus fortes (WW3 et ERA5) au point 46° N 2,82° W – tempête du 27 décembre 1999

## 3.6 Situation du 24 janvier 2009 (tempête Klaus)

### 3.6.1 Rappel conditions météorologiques

Une dépression très creuse circule rapidement d'ouest en est sur l'Atlantique Nord et aborde le Golfe de Gascogne en milieu de nuit du 23 au 24 janvier 2009 avec une pression d'environ 965 hPa, puis la côte charentaise vers 03 h le samedi 24 janvier. Elle poursuit son déplacement vers l'est, en se comblant très lentement. Le centre dépressionnaire à 972 hPa atteint Clermont-Ferrand à la mi-journée.

Cette dépression génère, dans sa partie sud, des vents d'ouest à sud-ouest très forts. Pour le littoral Atlantique, les plus fortes rafales ont lieu entre 3 h et 7 h du matin sur la Gironde, les Landes et le Pays Basque. Les stations d'observation y enregistrent des rafales de 140 à 175 km/h.

En mer, les vagues s'amplifient au cours de la nuit du 23 au 24 janvier. Les sémaphores de Chassiron et Saint-Clément-des-Baleines, sur l'île de Ré, observent une mer forte (vagues entre 2,5 et 4 m) en fin de nuit du 23 au 24 et dans la journée du 24 janvier. Plus au sud, le sémaphore du Cap Ferret observe rapidement une mer très forte (vagues entre 4 et 6 m) puis temporairement grosse (vagues entre 6 et 9 m).

### 3.6.2 Analyse des résultats

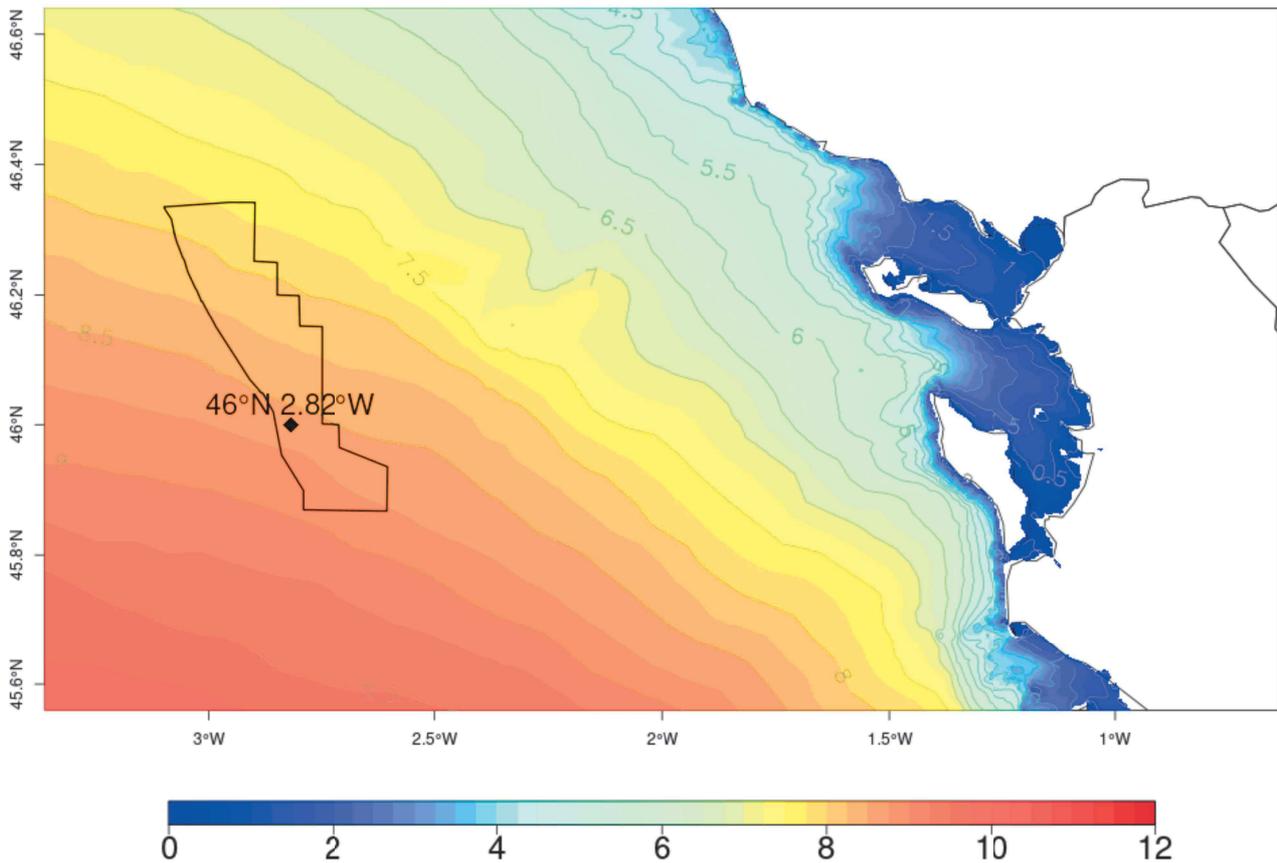


Illustration 3.9 : Hauteur significative de la mer totale ( $H_s$ , en mètres) simulée par le modèle WW3 lors de la tempête du 24/01/2009.

(valeur maximale intégrée sur la période comprise entre le 24 jan à 00 UTC et le 24 jan à 23 UTC)

Le losange noir représente la position de la bouée LiDAR implantée sur la zone

En s'appuyant sur l'illustration ci-dessus, nous observons un gradient orienté nord-sud sur la zone GGN&S avec près de 8 m au nord et près de 9 m au sud (8,6 m au point de la bouée).

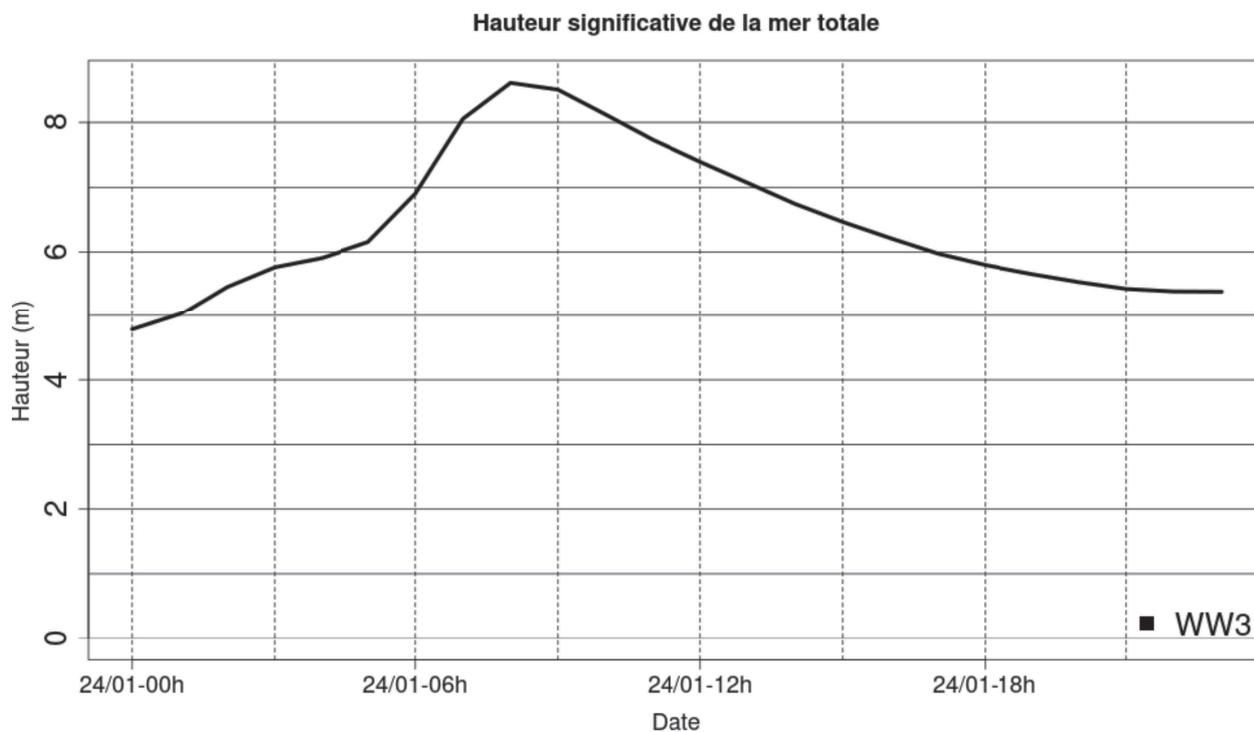


Illustration 3.10 : Evolution temporelle de Hs au point de grille 46° N 2,82° W – tempête du 24/01/2009 - simulée par le modèle WW3

### 3.6.3 Caractéristiques principales

	Point de grille 46° N 2,82° W
Hauteur maximale de Hs (mer totale - simulation WW3)	8,6 m
Date / Heure (simulation WW3)	24/01/2009 vers 8 UTC
Direction (ERA5)	Ouest (mer totale)
Contribution mer du vent/houle (ERA5)	Mer du vent et houle (4 m de houle pour 7 m de mer du vent)

**Tableau 9** : Caractéristiques des vagues les plus fortes (WW3 et ERA5) au point 46° N et 2,82° W – tempête du 24 janvier 2009

## 3.7 Situation des 9 et 10 février 2009 (tempête Quinten)

### 3.7.1 Rappel conditions météorologiques

Une dépression Atlantique à 975 hPa aborde la pointe bretonne le 9 février au soir pour ensuite atteindre la Manche en début de nuit. Au cours de la nuit du 9 au 10 février puis de la journée du 10 février, elle circule le long de la Manche jusqu'en Mer du Nord.

Après le passage de la tempête Klaus le 24 janvier, l'axe de vent fort s'étend cette fois des Charentes à l'Alsace, avec des rafales atteignant souvent les 120 km/h sur la côte Atlantique et jusqu'à 135 km/h sur le littoral de Vendée et de Charente-maritime. Le caractère instable de la masse d'air contribue à la violence de ces rafales, soufflant de sud-ouest.

Lié à ce passage de la tempête Quinten, les vagues s'amplifient en première partie de nuit du 9 au 10 février sur la Bretagne, puis la Vendée et la Charente-maritime.

Les sémaphores de l'île de Groix et de l'île d'Yeu observent une mer très forte (vagues entre 4 et 6 m) jusqu'en matinée du 10 février ; plus au sud, celui de Chassiron indique une mer forte (vagues entre 2,5 m et 4 m) jusqu'à la mi-journée.

### 3.7.2 Analyse des résultats

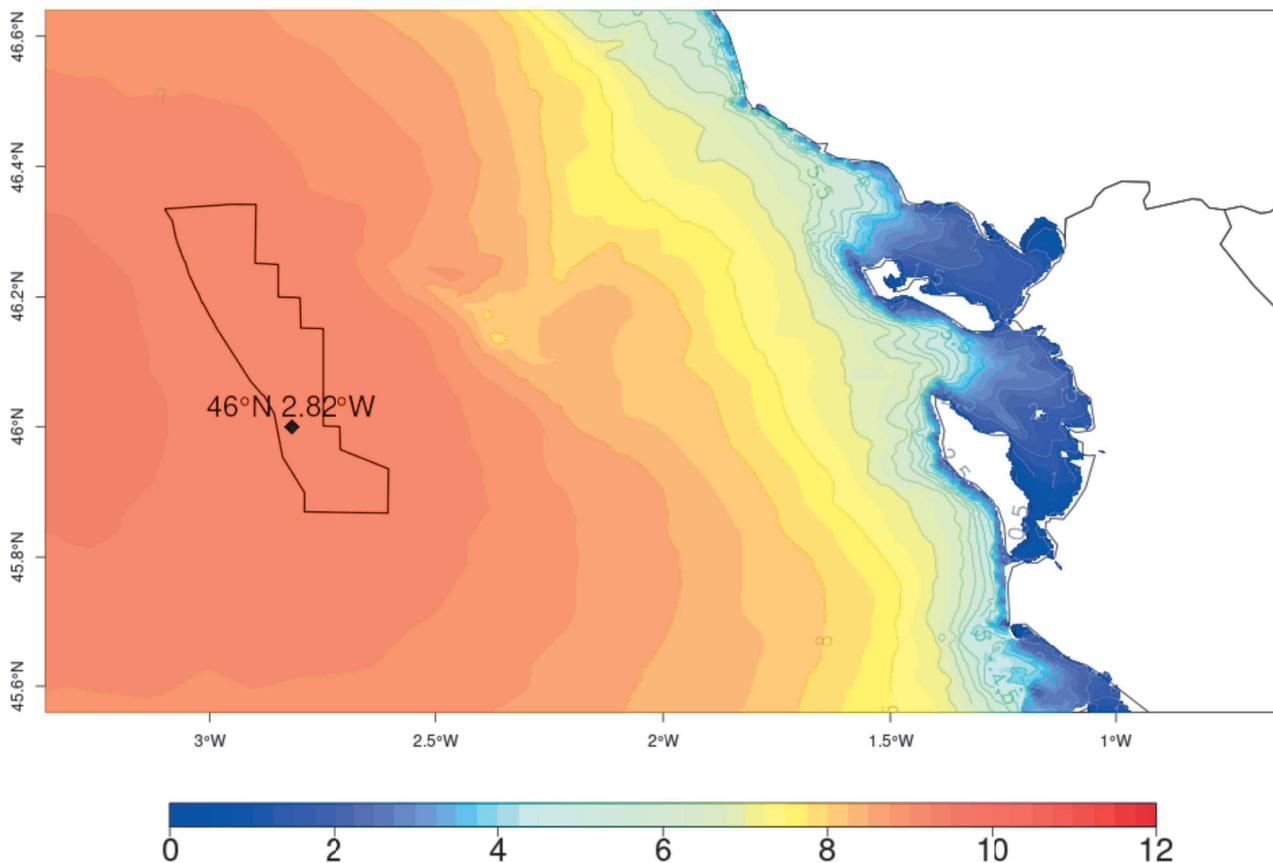


Illustration 3.11 : Hauteur significative de la mer totale (Hs, en mètres) simulée par le modèle WW3 lors de la tempête du 10/02/2009.

(valeur maximale intégrée sur la période comprise entre le 9 fév. à 00 UTC et le 11 fév. à 00 UTC)

Le losange noir représente la position de la bouée LiDAR implantée sur la zone.

La hauteur significative maximale de la mer totale est relativement homogène sur la zone GGN&S, voisine de 9 mètres.

Nous pouvons déduire de l'illustration ci-dessus que les valeurs maximales dans le Golfe de Gascogne se situent à l'ouest, vers le large.

Le graphique ci-dessous illustre la montée progressive du niveau marin, au cours de la journée du 9 février et plus nettement à partir de la soirée, pour atteindre son maximum en cours de nuit suivante.

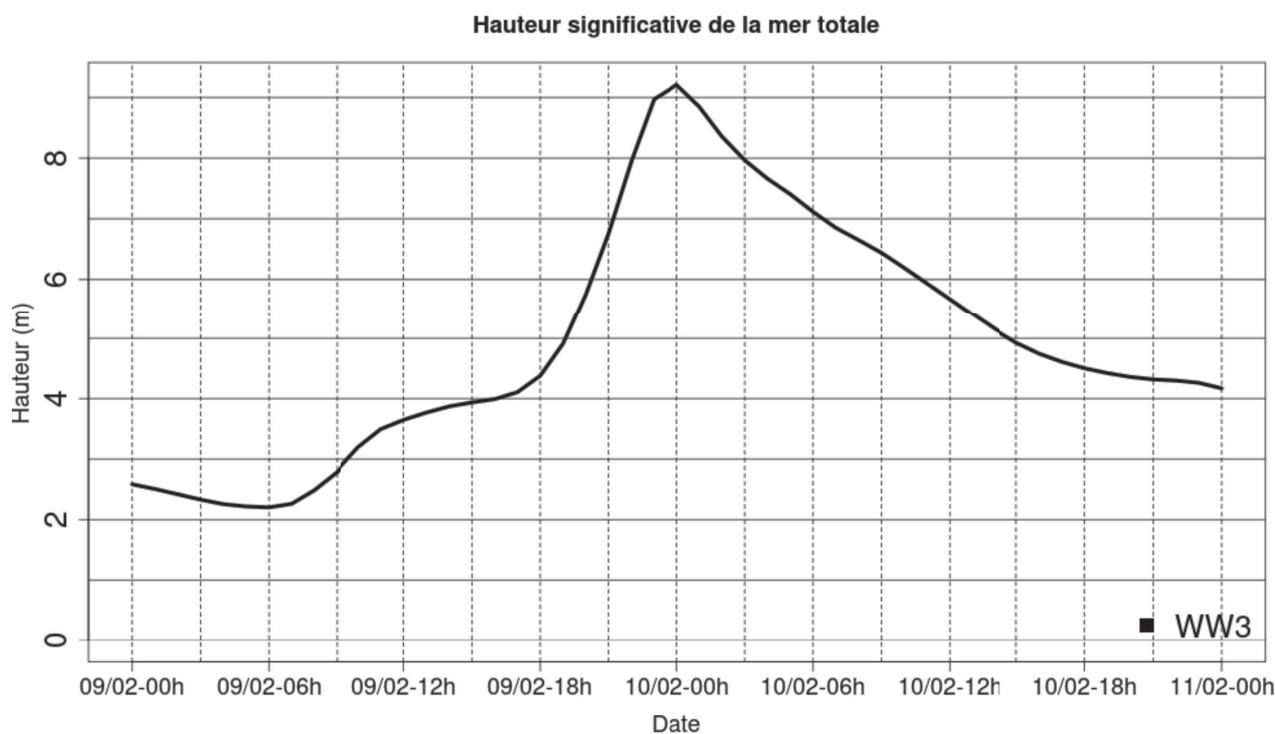


Illustration 3.12 : évolution temporelle de Hs au point de grille 46° N - 2,82° W – tempête du 10/02/2009 - simulée par le modèle WW3

### 3.7.3 Caractéristiques principales

	<i>Point de grille 46° N 2,82° W</i>
Hauteur maximale de Hs (mer totale - simulation WW3)	9,2 m
Date / Heure (simulation WW3)	10/02/2009 vers 00 UTC
Direction (ERA5)	ouest-sud-ouest
Contribution mer du vent/houle (ERA5)	Mer du vent prédominante

**Tableau 10** : Caractéristiques des vagues les plus fortes (WW3 et ERA5) au point 46° N 2,82° W – tempête des 9 et 10 février 2009

## 3.8 Situation du 16 décembre 2011 (tempête Joachim)

### 3.8.1 Rappel conditions météorologiques

La journée du 15 voit la naissance d'une dépression, qui semble se détacher d'une précédente au niveau du sud de l'Islande, avant de se décaler dans la nuit du 15 au 16 vers la Manche, de plus en plus creuse (jusqu'à 968 hPa) en journée du 16 dans sa progression le long des côtes nord de la France pour atteindre le nord de l'Allemagne en début d'après-midi.

En début de nuit du 15 au 16 décembre 2011, le vent d'ouest à sud-ouest ne tarde pas à se renforcer le long du littoral Atlantique entre Bretagne et estuaire de la Gironde. En seconde partie de nuit, la zone de vents forts finit par gagner une grande moitié nord du pays. Côté Finistère, le vent a déjà tourné au nord-ouest.

Sur le littoral Atlantique, du Morbihan aux Landes, les rafales maximales enregistrées sont alors de l'ordre de 130 à 140 km/h pour la nuit et la matinée.

Dans la traîne qui suit la tempête, en fin d'après-midi et dans la soirée du 16 décembre, des grains orageux temporairement violents, touchent le littoral avec 122 km/h enregistrés au sémaphore de Chassiron (17).

Côté mer, les vagues s'amplifient dès la fin de journée du 15 décembre, puis le 16 décembre jusqu'en matinée. Les sémaphores de Chassiron et Belle-Île observent une mer forte (vagues entre 2,5 et 4 m) à très forte (vagues entre 4 et 6 m) ; celui de l'Île d'Yeu note une mer grosse (vagues entre 6 et 9 m), et celui du Cap-Ferret transmet même une observation de mer très grosse (vagues entre 9 et 14 m).

La bouée Gascogne, située plus au large, enregistre une hauteur significative maximale de 10,9 m.

### 3.8.2 Analyse des résultats

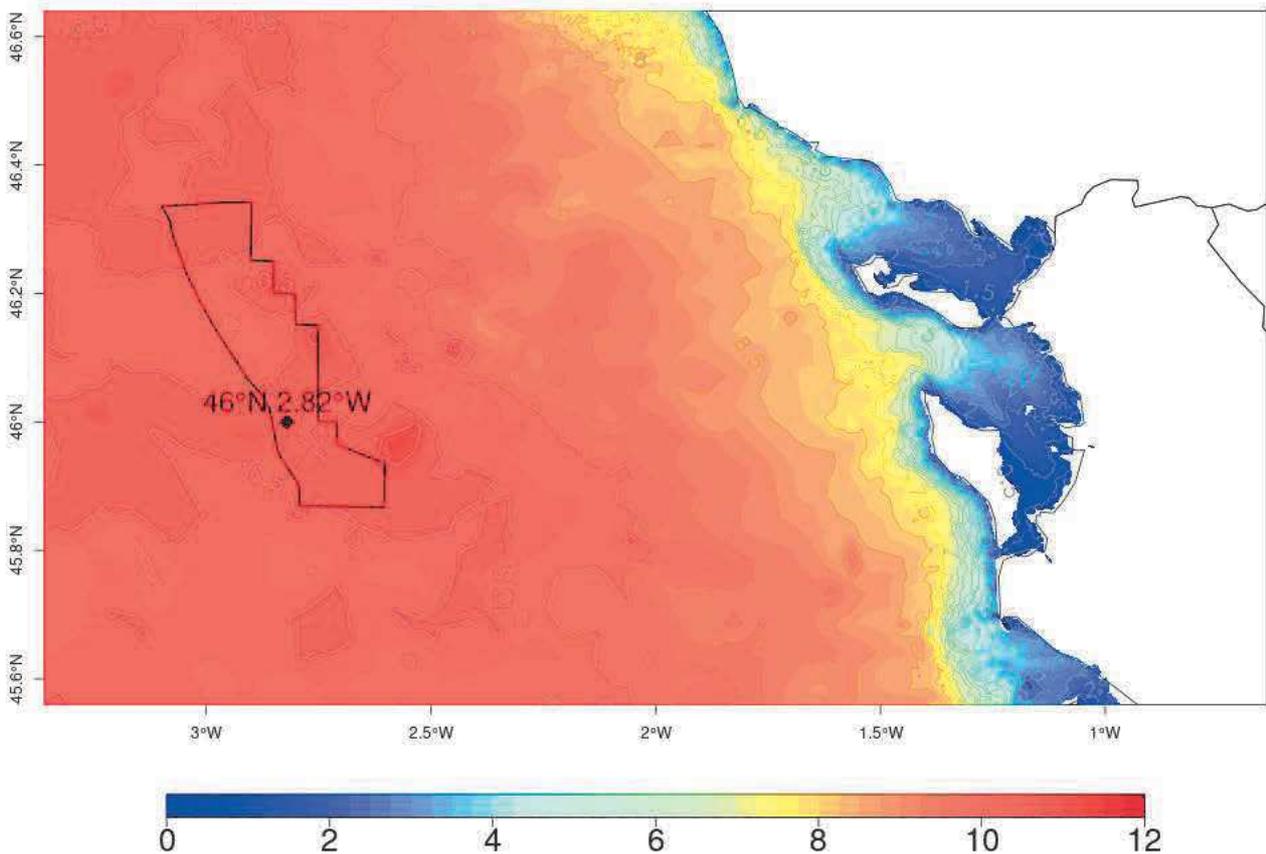


Illustration 3.13 : Hauteur significative de la mer totale (mètres) simulée par le modèle WW3 lors de la tempête du 16/12/2011.

(valeur maximale intégrée sur la période du 15 déc. à 06 UTC au 16 déc. à 18 UTC)

Le losange noir représente la position de la bouée LiDAR implantée sur la zone.

Au vu de la carte ci-dessus, les valeurs maximales de hauteur significative de la mer totale, simulées par le modèle d'état de mer WW3, sont assez homogènes sur la zone GGN&S, proches ou autour de 10,5 m.

Le graphique de la page suivante illustre l'élévation progressive de la hauteur des vagues, entre l'après-midi du 15 décembre et une large partie de la nuit suivante.

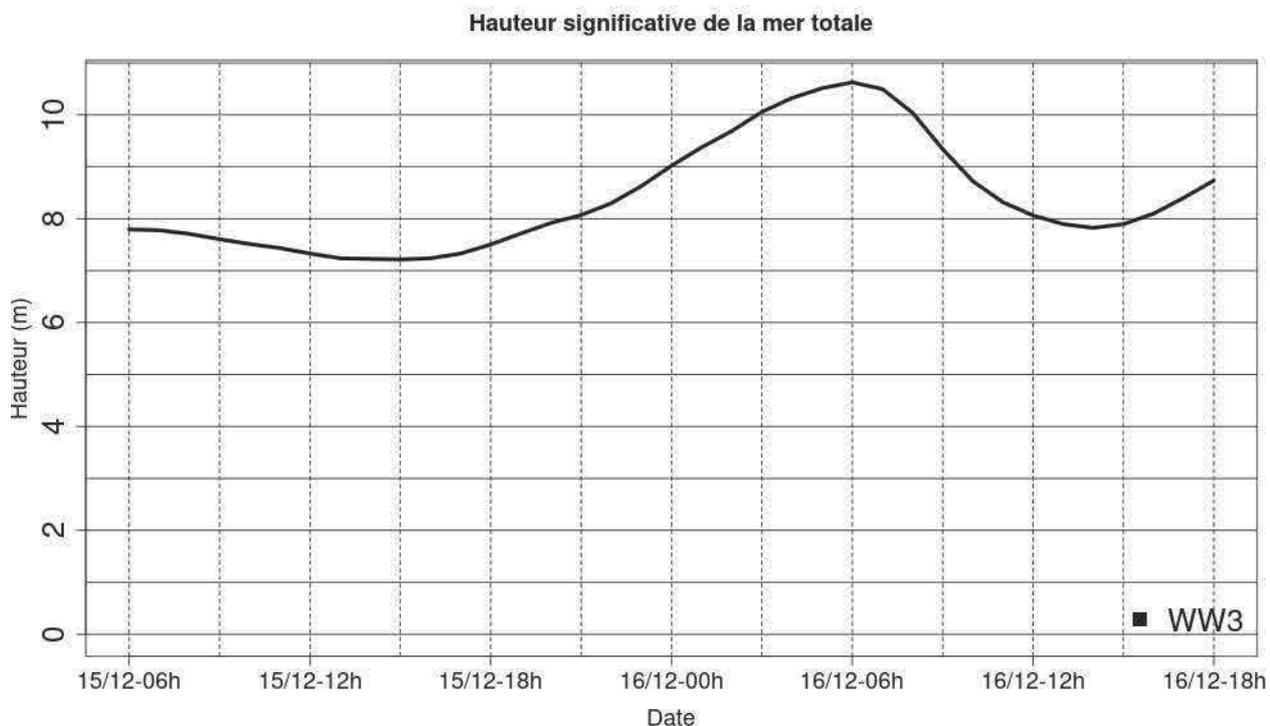


Illustration 3.14 : évolution temporelle de Hs au point de grille 46° N - 2,82° W – tempête du 16/12/2011 - simulée par le modèle WW3

### 3.8.3 Caractéristiques principales

Point de grille 46° N 2,82° W	
Hauteur maximale de Hs (mer totale - simulation WW3)	10,6 m
Date / Heure (simulation WW3)	16/12/2011 vers 06 UTC
Direction (ERA5)	ouest-sud-ouest
Contribution mer du vent/houle (ERA5)	Mer du vent prédominante (2 m de houle pour 9 m de mer du vent environ)

**Tableau 11** : Caractéristiques des vagues les plus fortes (WW3 et ERA5) au point 46° N et 2,82° W – tempête du 16 décembre 2011

## Annexes

### Table des annexes

Annexe A : les fiches tempêtes.....	38
Annexe B : Comparaison des résultats WaveWatchIII Météo-France et HYWAT du SHOM.....	39
Situation du 15 décembre 1979.....	40
Situation du 24 décembre 1981.....	41
Situation du 7 février 1996.....	42
Situation du 27 décembre 1999.....	43
Situation du 24 janvier 2009.....	44
Situation du 9 et 10 février 2009.....	45
Situation du 16 décembre 2011.....	46
Conclusion.....	47

## Annexe A : les fiches tempêtes

Les tempêtes identifiées dans la liste suivante, font l'objet de fiches descriptives distinctes, accompagnant ce rapport.

Épisode sélectionné	Fichier associé
15 décembre 1979	L2.RA-FT-19791215_MeteoF-DGEC_BNO-GGNS_B1_20250430
24 décembre 1981	L2.RA-FT-19811224_MeteoF-DGEC_GGNS_B1_20250528
15 et 16 octobre 1987	L2.RA-FT-19871015et16_MeteoF-DGEC_GGNS_B1_20250528
25 et 26 février 1989	L2.RA-FT-19890225et26_MeteoF-DGEC_GGNS_B1_20250528
11 et 12 février 1990	L2.RA-FT-19900211et12_MeteoF-DGEC_BNO-GGNS_B1_20250430
12 et 13 septembre 1993	L2.RA-FT-19930913_MeteoF-DGEC_GGNS_B1_20250528
7 février 1996	L2.RA-FT-19960207_MeteoF-DGEC_GGNS_B1_20250528
19 novembre 1996	L2.RA-FT-19961119_MeteoF-DGEC_GGNS_B1_20250528
26 décembre 1999	L2.RA-FT-19991226_MeteoF-DGEC_GGNS_B1_20250528
27 décembre 1999	L2.RA-FT-19991227_MeteoF-DGEC_GGNS_B1_20250528
24 janvier 2009	L2.RA-FT-20090124_MeteoF-DGEC_GGNS_B1_20250528
9 et 10 février 2009	L2.RA-FT-20090210_MeteoF-DGEC_GGNS_B1_20250528
16 décembre 2011	L2.RA-FT-20111216_MeteoF-DGEC_GGNS_B1_20250528
3 février 2017	L2.RA-FT-20170203_MeteoF-DGEC_GGNS_B1_20250528
4 et 5 novembre 2023	L2.RA-FT-20231104et05_MeteoF-DGEC_GGNS_B1_20250528

---

## Annexe B : Comparaison des résultats WaveWatchIII Météo-France et HYWAT du SHOM

Une comparaison des résultats obtenus est réalisée entre

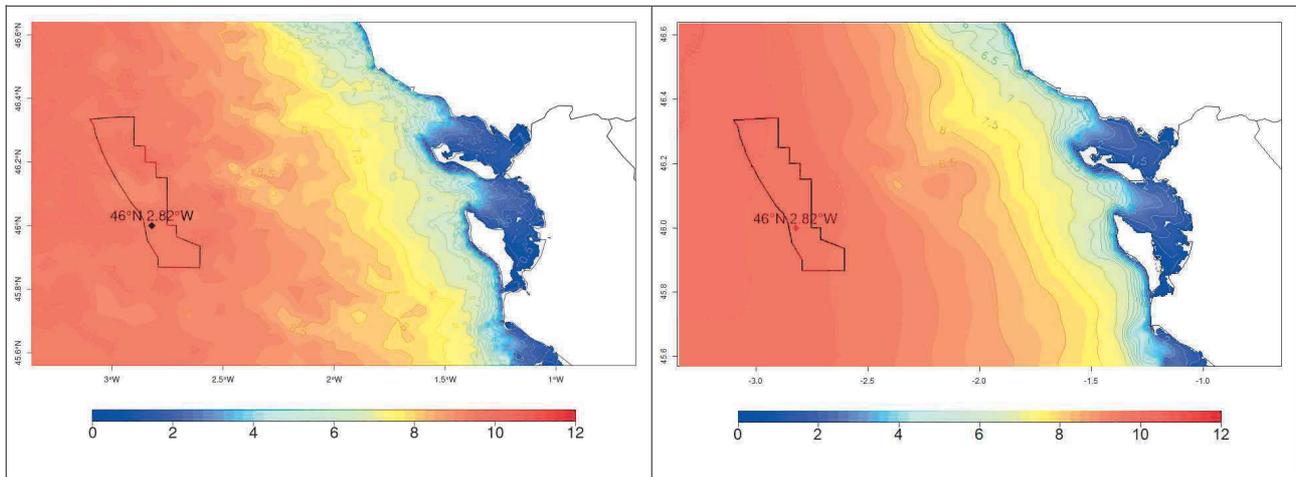
- les situations rejouées par Météo-France avec WaveWatch III (WW3-MF)
- les rejeux climatologiques de vagues du SHOM 1979-2022 (HYWAT-SHOM)

Le rejeu SHOM dit HYWAT pour « HYdrodynamics and Waves hindcasT » est forcé par la réanalyse atmosphérique ERA5 (à une résolution temporelle horaire et spatiale de 30 km).

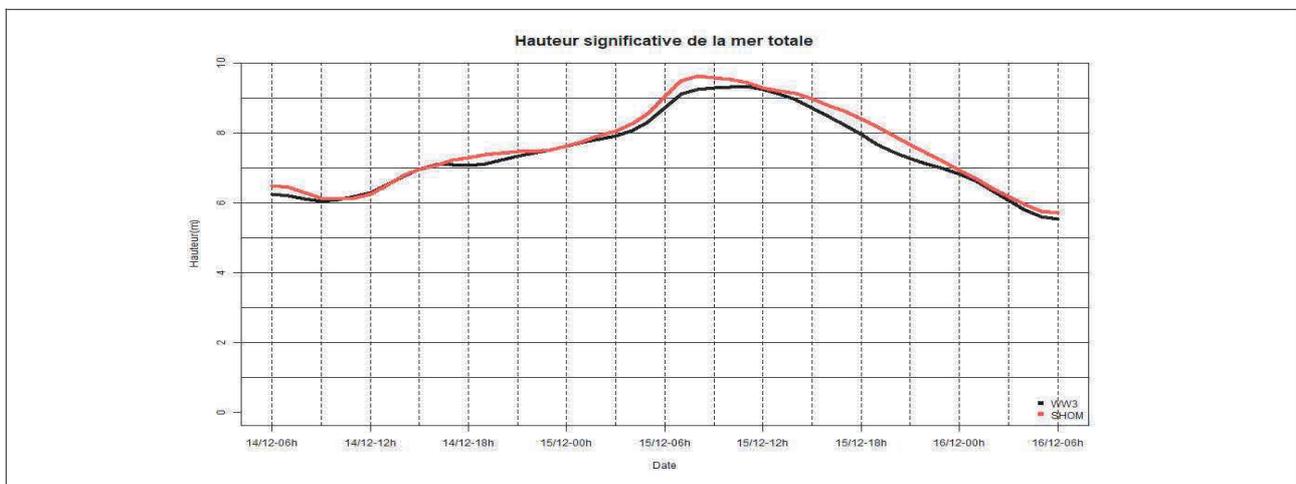
Les configurations des modèles HYCOM et Wavewatch III® utilisées ont été développées dans le cadre du projet HOMONIM (Historique Observation MODélisation des Niveaux Marins, Jourdan et al. 2020),

[https://services.data.shom.fr/static/specifications/descriptif\\_contenu\\_HYWAT.pdf](https://services.data.shom.fr/static/specifications/descriptif_contenu_HYWAT.pdf)

### Situation du 15 décembre 1979



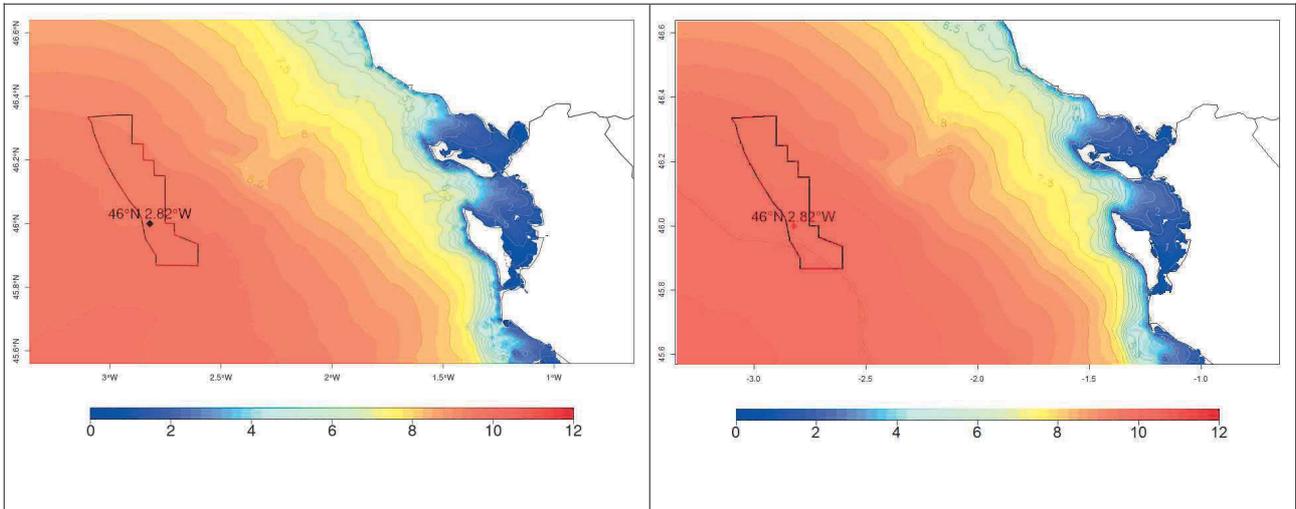
Hauteur significative de la mer totale (Hs, en mètres) lors de la tempête du 15/12/1979 (valeur maximale intégrée sur la période comprise entre le 14 déc. à 06 UTC et le 16 déc. à 06 UTC) simulée par le modèle WW3-MF (à gauche) et le modèle HYWAT-SHOM (à droite). Le losange rouge représente la position de la bouée LiDAR implantée sur la zone.



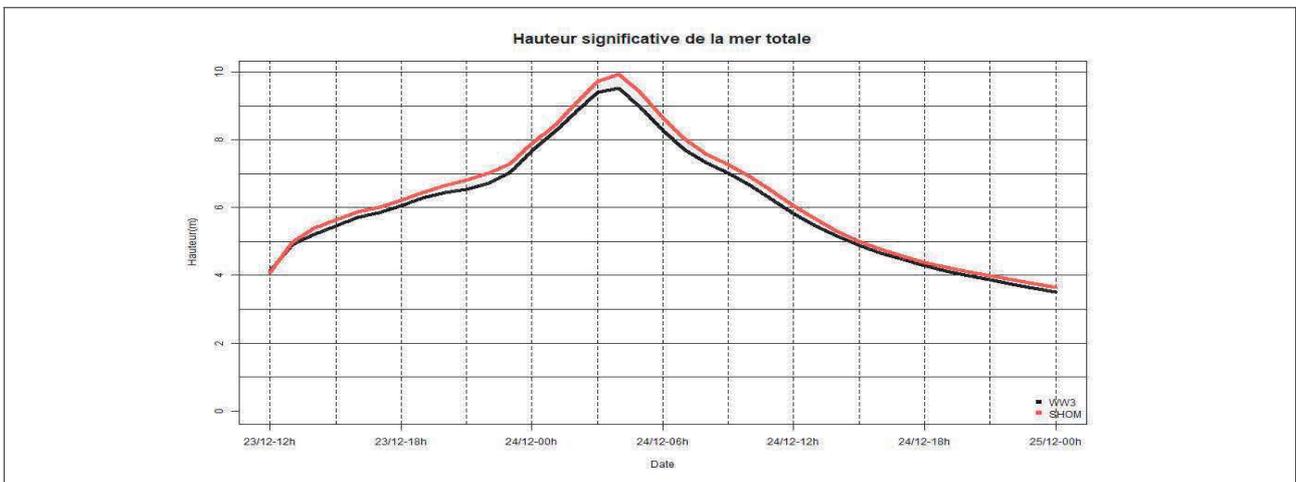
Evolution temporelle de Hs au point de grille 46° N 2,82° W – tempête du 15/12/1979 simulée par le modèle WW3 (en noir) et le modèle HYWAT (en rouge)

Bien qu'un peu supérieure dans le modèle HYWAT, la hauteur significative de la mer totale est similaire dans les deux modèles qui s'accordent aussi sur l'évolution temporelle de ce paramètre.

Situation du 24 décembre 1981



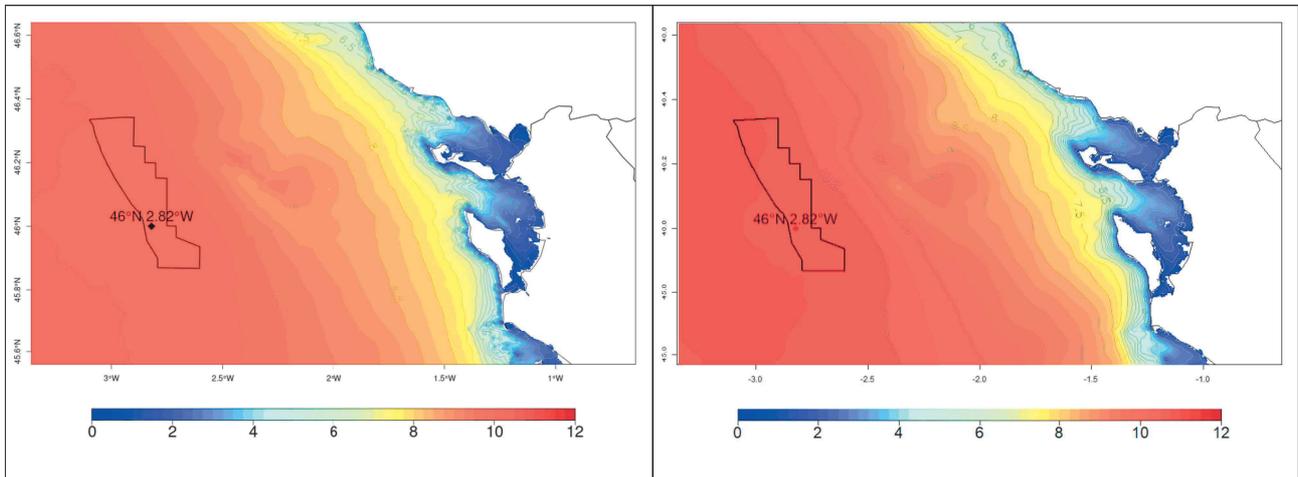
Hauteur significative de la mer totale (Hs, en mètres) lors de la tempête du 24/12/1981 (valeur maximale intégrée sur la période comprise entre le 23 déc. à 12 UTC et le 25 déc. à 00 UTC) simulée par le modèle WW3 (à gauche) et le modèle HYWAT (à droite). Le losange rouge représente la position de la bouée LiDAR implantée sur la zone.



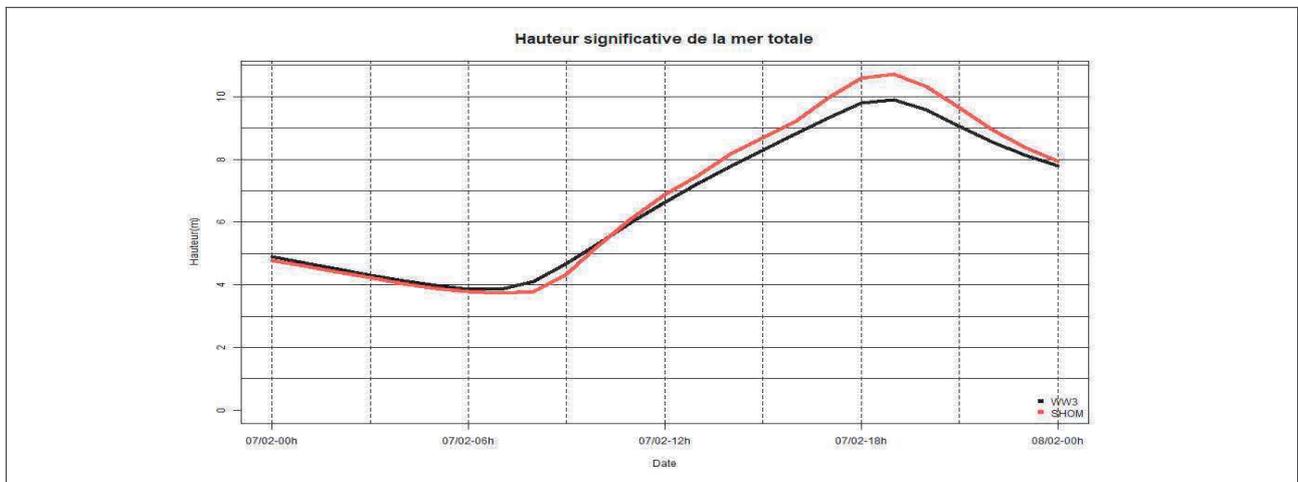
Evolution temporelle de Hs au point de grille 46° N 2,82° W – tempête du 24/12/1981 simulée par le modèle WW3 (en noir) et le modèle HYWAT (en rouge)

La chronologie de la montée de la hauteur significative de la mer totale au point LiDAR est semblable dans les deux modèles. Par contre, le modèle HYWAT montre une valeur maximale de ce paramètre supérieure de 30 à 40 cm sur l'ensemble de la zone GGN&S.

Situation du 7 février 1996



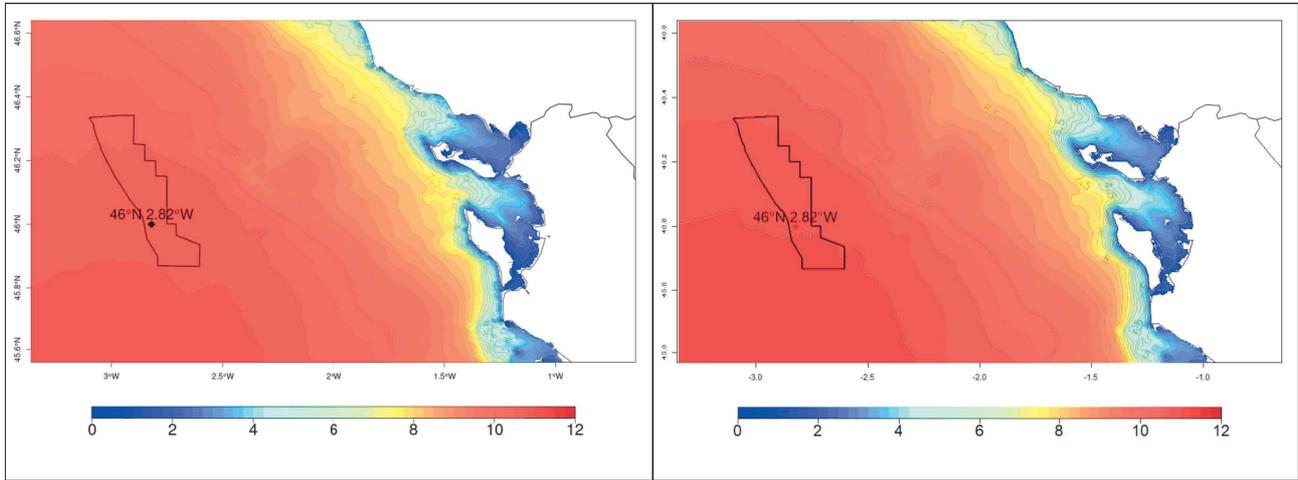
Hauteur significative de la mer totale (Hs, en mètres) lors de la tempête du 07/02/1996 (valeur maximale intégrée sur la période comprise entre le 07 fév à 00 UTC et le 08 fév à 00 UTC) simulée par le modèle WW3 (à gauche) et le modèle HYWAT (à droite). Le losange rouge représente la position de la bouée LiDAR implantée sur la zone



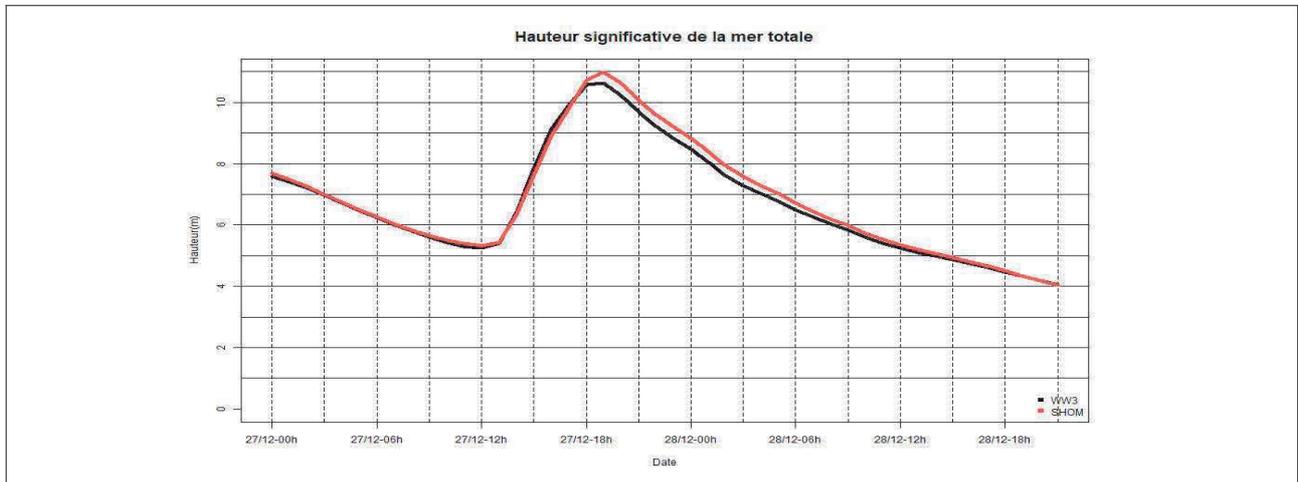
Evolution temporelle de Hs au point de grille 46° N 2,82° W – tempête du 07/02/1996 simulée par le modèle WW3 (en noir) et le modèle HYWAT (en rouge)

Le modèle HYWAT indique une hauteur significative de la mer totale supérieure de plus d'un mètre à celle du modèle WW3 dans la quasi-totalité de la zone GGN&S. Par contre, les deux modèles s'accordent sur la montée et la décroissance de ce paramètre au niveau temporel.

Situation du 27 décembre 1999



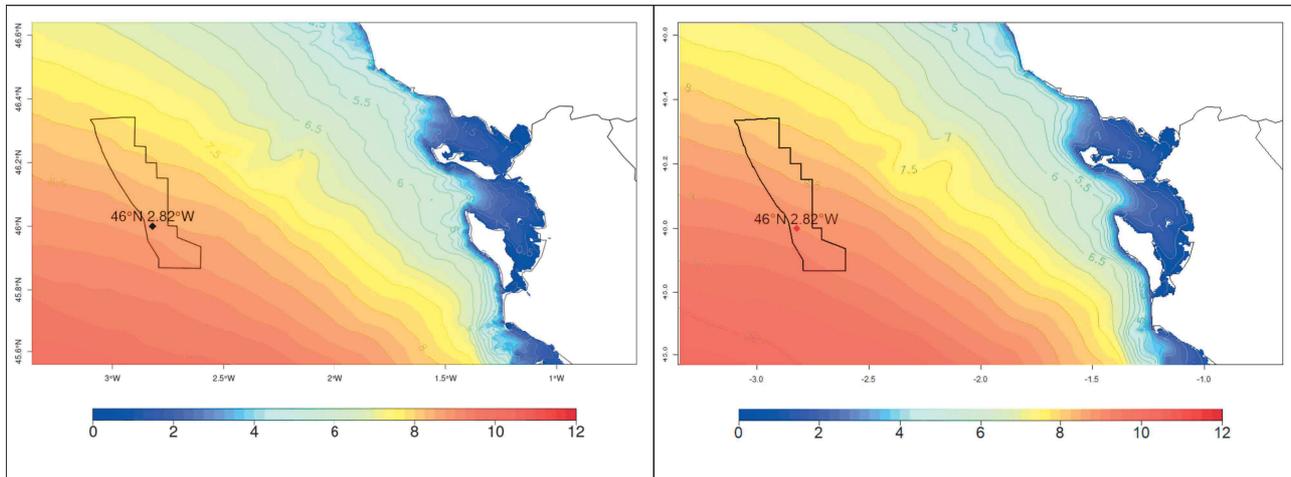
Hauteur significative de la mer totale (Hs, en mètres) lors de la tempête du 27/12/1999 (valeur maximale intégrée sur la période comprise entre le 27 déc à 00 UTC et le 28 déc. à 21 UTC) simulée par le modèle WW3 (à gauche) et le modèle HYWAT (à droite). Le losange rouge représente la position de la bouée LiDAR implantée sur la zone



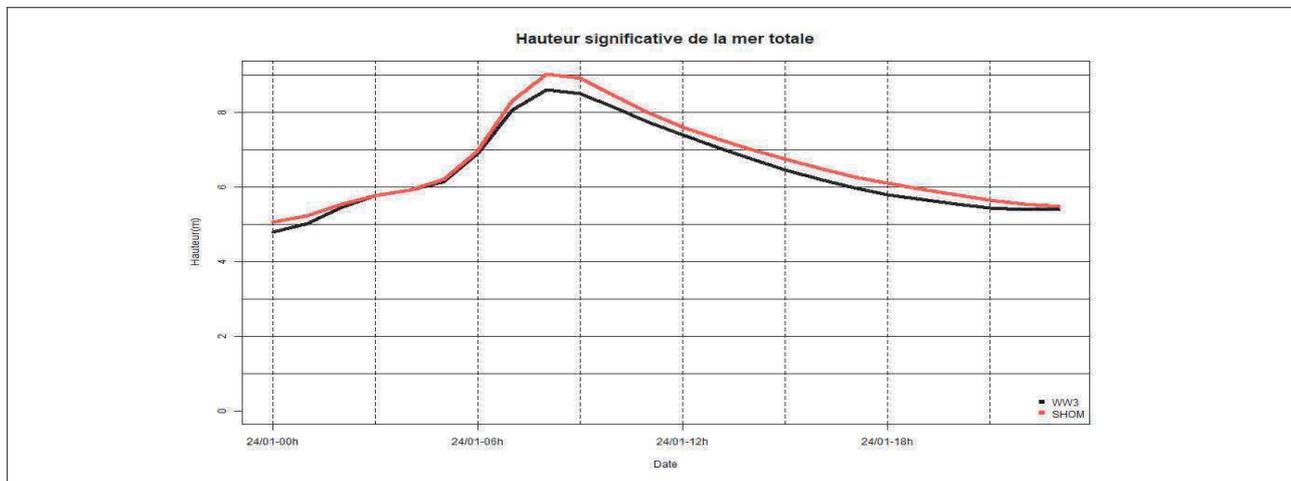
Evolution temporelle de Hs au point de grille 46° N 2,82° W – tempête du 27/12/1999 simulée par le modèle WW3 (en noir) et le modèle HYWAT (en rouge)

Dans la zone GGN&S, un gradient croissant du nord au sud de la hauteur significative de la mer totale se retrouve dans les deux modèles. Dans le modèle HYWAT, cette hauteur est d'environ 30 à 50 cm plus élevée que dans la modèle WW3. Au niveau temporalité, le graphique ci-dessus montre l'accord parfait des deux modèles.

### Situation du 24 janvier 2009



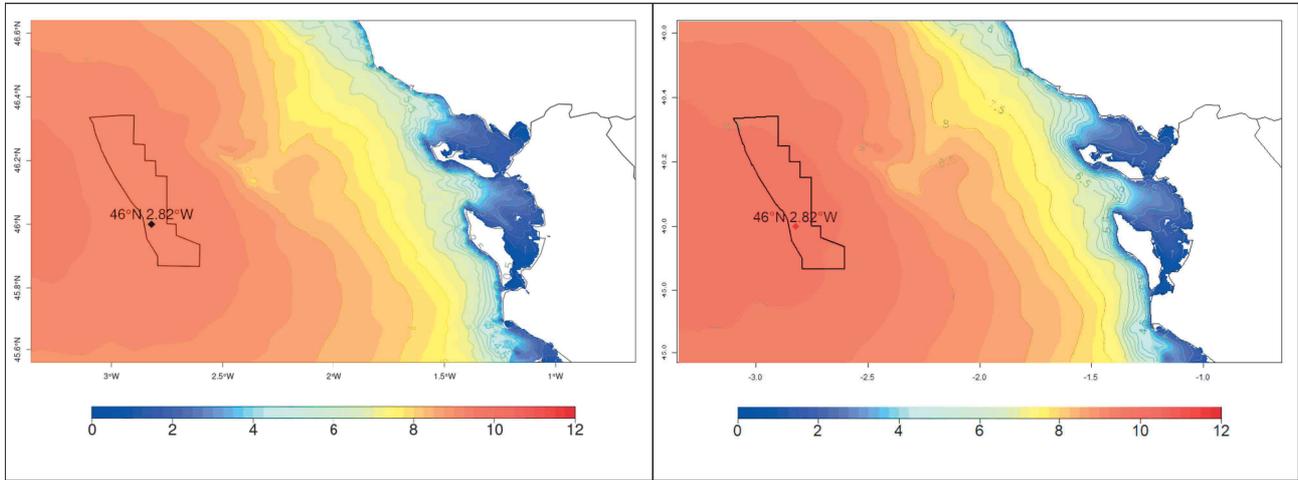
Hauteur significative de la mer totale (Hs, en mètres) lors de la tempête du 24/01/2009 (valeur maximale intégrée sur la période comprise entre le 24 jan à 00 UTC et le 24 jan à 23 UTC) simulée par le modèle WW3 (à gauche) et le modèle HYWAT (à droite). Le losange rouge représente la position de la bouée LiDAR implantée sur la zone



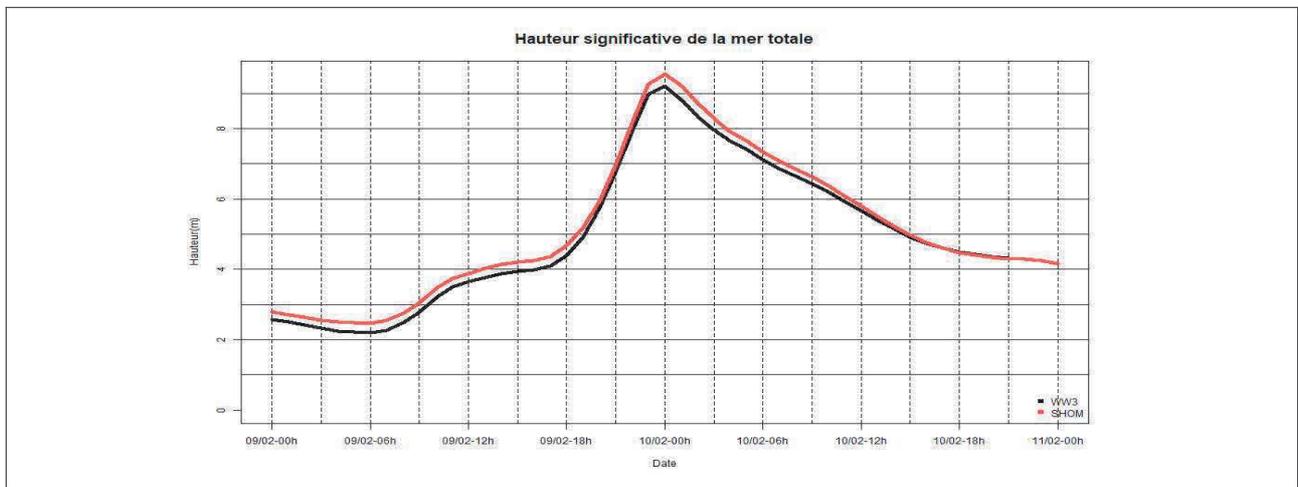
Evolution temporelle de Hs au point de grille 46° N 2,82° W – tempête du 24/01/2009 simulée par le modèle WW3 (en noir) et le modèle HYWAT (en rouge)

La seule différence visible sur les deux illustrations ci-dessus est une hauteur significative de la mer totale plus élevée d'environ 25 cm pour le modèle HYWAT. L'orientation des isolignes et la variation temporelle au niveau du point LiDAR sont quant à elles en tout point semblables.

Situation du 9 et 10 février 2009



Hauteur significative de la mer totale (Hs, en mètres) lors de la tempête du 10/02/2009 (valeur maximale intégrée sur la période comprise entre le 09 fév. À 00 UTC et le 11 fév. À 00 UTC) simulée par le modèle WW3 (à gauche) et le modèle HYWAT (à droite). Le losange rouge représente la position de la bouée LiDAR implantée sur la zone

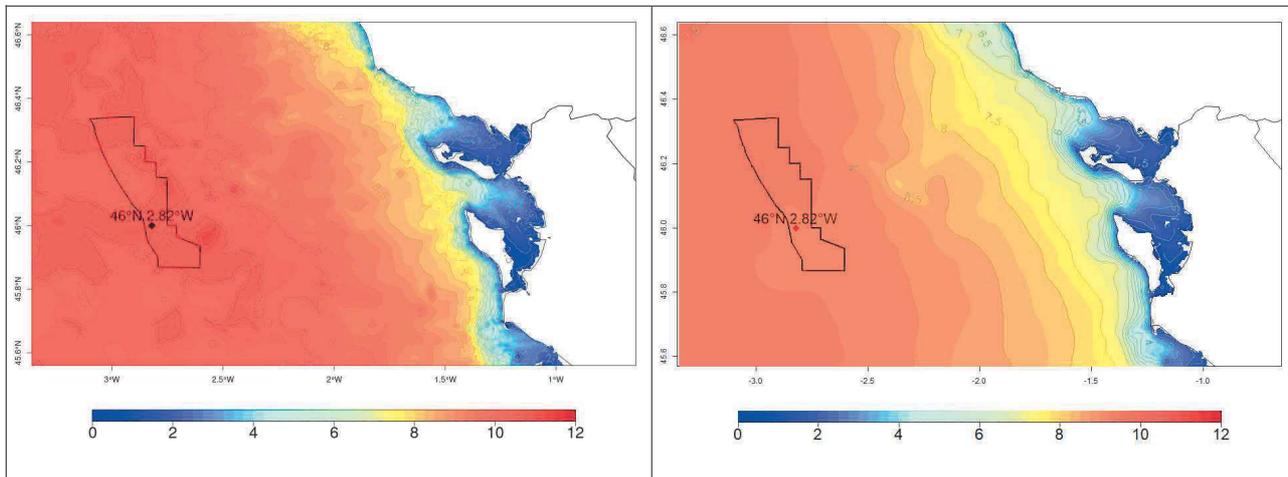


Evolution temporelle de Hs au point de grille 46° N 2,82° W – tempête du 10/02/2009 simulée par le modèle WW3 (en noir) et le modèle HYWAT (en rouge)

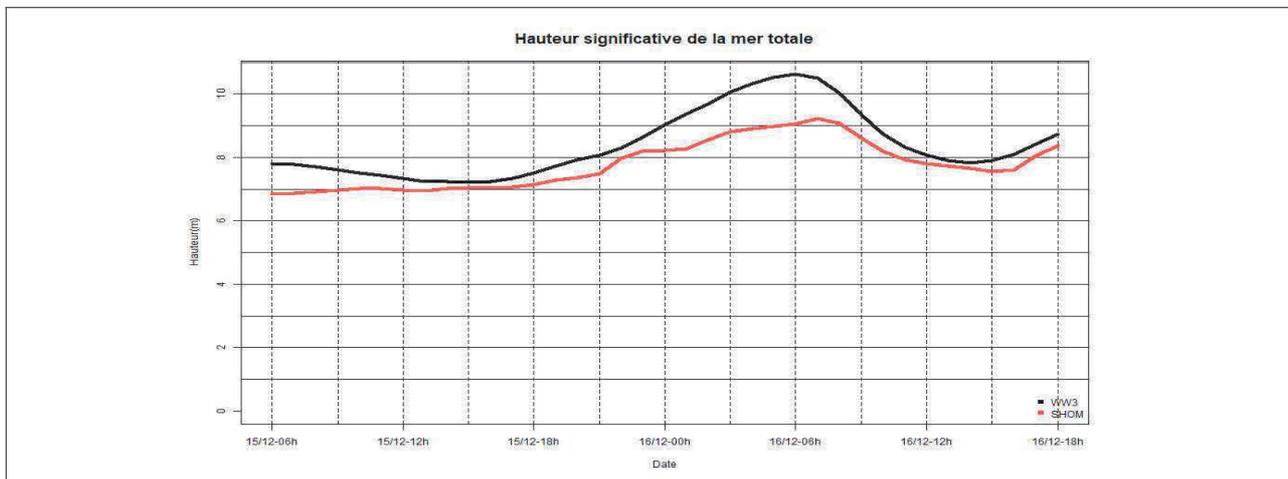
Sur la zone GGN&S, la hauteur significative maximale de la mer totale de la simulation HYWAT du SHOM est supérieure d'environ 30 à 40 cm à celle du modèle WW3 de Météo-France.

La temporalité de l'évolution de la hauteur significative maximale de la mer totale est identique dans les deux modèles.

### Situation du 16 décembre 2011



Hauteur significative de la mer totale (Hs, en mètres) lors de la tempête du 16/12/2011 (valeur maximale intégrée sur la période du 15 déc. à 06 UTC au 16 déc. à 18 UTC) simulée par le modèle WW3 (à gauche) et le modèle HYWAT (à droite). Le losange rouge représente la position de la bouée LiDAR implantée sur la zone



Evolution temporelle de Hs au point de grille 46° N 2,82° W – tempête du 16/12/2011 simulée par le modèle WW3 (en noir) et le modèle HYWAT (en rouge)

Les deux modélisations montrent une différence de plus d'un mètre sur la hauteur significative maximale de la mer totale. Par exemple, au point LiDAR, WW3 indique une valeur maximale de 10,6 m contre 9,2 m pour le modèle HYWAT. Il existe également un décalage d'une heure environ sur l'heure du maximum de ce paramètre qui se présente plus tard dans le modèle HYWAT.

## Conclusion

Le tableau 12 fait la synthèse des comparaisons

<i>Événements</i>	<i>HS max</i>	<i>temporalité</i>
15 décembre 1979	HYWAT-SHOM > WW3-MF	équivalence
24 décembre 1981	HYWAT-SHOM > WW3-MF	équivalence
7 février 1996	HYWAT-SHOM >> WW3-MF	équivalence
27 décembre 1999	HYWAT-SHOM > WW3-MF	équivalence
24 janvier 2009	HYWAT-SHOM > WW3-MF	équivalence
9 et 10 février 2009	HYWAT-SHOM > WW3-MF	équivalence
16 décembre 2011	WW3-MF >> HYWAT-SHOM	WW3-MF en avance

Tableau 12: synthèse des comparaisons des modèles HYWAT-SHOM et WW3-MF

Le modèle HYWAT du SHOM utilise la même configuration WW3 que Météo-France (même grille, même bathymétrie, même paramétrisation).

Les différences entre les deux modèles peuvent venir :

- **des données de forçage atmosphérique** : ERA-5 est utilisé par le SHOM alors que Météo-France utilise, si disponibles, des données qui ont une meilleure résolution (CERRA disponibles depuis 1984 ou ARPEGE 1/10°).
- **du forçage en hauteur d'eau et courant provenant du modèle Hycom** : là encore, le SHOM n'utilise comme données de forçage que les données ERA5 alors que Météo-France utilise des données de meilleure résolution si disponibles.
- **des conditions aux bornes de WW3** : le Shom utilise une configuration WW3 plus grossière et sans assimilation de données d'observation pour générer les spectres aux bords de la configuration WW3 côtière Haute Résolution. Météo-France utilise le modèle MFWAM avec prise en compte de données altimétriques si disponibles (à partir des années 1990). Un rejeu MFWAM est ainsi effectué préalablement à tout rejeu WW3 avec les meilleures données de vent à 10 m disponibles.

## FIN DE DOCUMENT