

Évaluation des risques de vent et vagues extrêmes

Lot 2 - AO4 Normandie



Version 3 du 27/05/2021

- page laissée intentionnellement vide -

Signatures

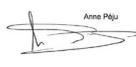
| | Nom | Service | Signature | |
|-----------------------|---|-----------------------------------|---|---|
| Rédacteur(s) | Franck Baraer Anne Peju Sébastien Lorge Alice Dalphinnet | Météo-France DIRO DIROP/MAR |  |  |
| | | |  |  |
| Relecteur(s) | Abdelkrim Mezdour Nathalie Rouchy Raphaël Legrand | Météo-France DSM/CS/DC |  |  |
| | | |  | |
| Approbateur(s) | Christophe Jacolin | Météo-France D2C/DV/PRO |  | |

Table des matières

| | |
|---|----|
| 1 Objectifs | 6 |
| 2 Recherche de tempêtes | 6 |
| 2.1 Méthodologie | 6 |
| 2.2 Tableau des tempêtes analysées | 8 |
| 2.3 Liste des 6 tempêtes retenues pour les rejeux de vagues | 11 |
| 3 Rejeux de situations | 12 |
| 3.1 Situation 1 : 14 au 16 décembre 1979 | 13 |
| 3.1.1 Rappel conditions météorologiques | 13 |
| 3.1.2 Analyse des résultats | 13 |
| 3.1.3 Caractéristiques principales | 14 |
| 3.2 Situation 2 : du 8 au 9 février 1984 | 15 |
| 3.2.1 Rappel conditions météorologiques | 15 |
| 3.2.2 Analyse des résultats | 15 |
| 3.2.3 Caractéristiques principales | 17 |
| 3.3 Situation 3 : 15 et 16 octobre 1987 | 18 |
| 3.3.1 Rappel conditions météorologiques | 18 |
| 3.3.2 Analyse des résultats | 18 |
| 3.3.3 Caractéristiques principales | 20 |
| 3.4 Situation 4 : 27 et 28 février 1990 | 21 |
| 3.4.1 Rappel conditions météorologiques | 21 |
| 3.4.2 Analyse des résultats | 21 |
| 3.4.3 Caractéristiques principales | 23 |
| 3.5 Situation 5 : 19 au 21 février 1996 | 24 |
| 3.5.1 Rappel conditions météorologiques | 24 |
| 3.5.2 Analyse des résultats | 24 |
| 3.5.3 Caractéristiques principales | 26 |
| 3.6 Situation 6 : du 3 au 5 janvier 1998 | 27 |
| 3.6.1 Rappel conditions météorologiques | 27 |
| 3.6.2 Analyse des résultats | 27 |
| 3.6.3 Caractéristiques principales | 29 |
| 4 Conclusion | 30 |
| Annexes | 32 |

Liste des illustrations

| | |
|--|----|
| Illustration 1.1: Localisation de la zone de l'étude Normandie et positions des bouées Lidar de Barfleur et Fécamp | 6 |
| Illustration 2.1: localisation des bateaux-phare des Casquets et de Greenwich par rapport à la zone d'étude | 7 |
| Illustration 3.1: hauteur significative maximale de la mer totale (mètres) le 15 décembre 1979 | 13 |
| Illustration 3.2: évolution temporelle de la mer totale (mètres) au point «Barfleur» du 14 au 16 décembre 1979 | 14 |
| Illustration 3.3: hauteur significative maximale de la mer totale (mètres) le 8 février 1984 | 16 |
| Illustration 3.4: évolution temporelle de la mer totale (mètres) au point «Barfleur» les 8 et 9 février 1984 | 17 |
| Illustration 3.5: hauteur significative maximale de la mer totale (mètres) dans la nuit du 15 au 16 octobre 1987 | 19 |
| Illustration 3.6: évolution temporelle de la hauteur des vagues au point «Barfleur» du 14 au 16 octobre 1987 | 20 |
| Illustration 3.7: hauteur significative maximale de la mer totale (mètres) le 28 février 1990 | 22 |
| Illustration 3.8: évolution temporelle de la mer totale (mètres) au point «Barfleur» du 26 février au 2 mars 1990 | 23 |
| Illustration 3.9: hauteur significative maximale de la mer totale (mètres) le 20 février 1996 | 25 |
| Illustration 3.10: évolution temporelle de la mer totale sur le point «Barfleur» du 19 au 22 février 1996 | 26 |
| Illustration 3.11: hauteur significative maximale de la mer totale (mètres) le 4 janvier 1998 | 28 |
| Illustration 3.12: évolution temporelle de la mer totale sur le point «Barfleur» du 3 au 5 janvier 1998 | 29 |

Liste des tableaux

| | |
|---|----|
| Tableau 2.1: critères employés pour caractériser la sévérité des tempêtes sélectionnées | 8 |
| Tableau 2.2: Liste des tempêtes analysées | 11 |
| Tableau 2.3: liste des tempêtes sélectionnées pour être rejouées | 12 |
| Tableau 3.1: caractéristique principale de la situation du 14 au 16 décembre 1979 | 14 |
| Tableau 3.2: caractéristique principale de la situation du 8 au 9 février 1984 | 17 |
| Tableau 3.3: caractéristique principale de la situation du 15 au 16 octobre 1987 | 20 |
| Tableau 3.4: caractéristique principale de la situation du 27 au 28 février 1990 | 22 |
| Tableau 3.5: caractéristique principale de la situation du 19 au 21 février 1996 | 25 |
| Tableau 3.6: caractéristique principale de la situation du 3 au 5 janvier 1998 | 29 |

1 Objectifs

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 ci-dessous. Pour cela, nous avons recensé une trentaine de tempêtes marquantes sur la période des 100 dernières années. Le choix final des événements retenus est destiné à fournir des jeux de données de vagues simulées afin de couvrir à peu près tous les possibles sur la zone considérée.

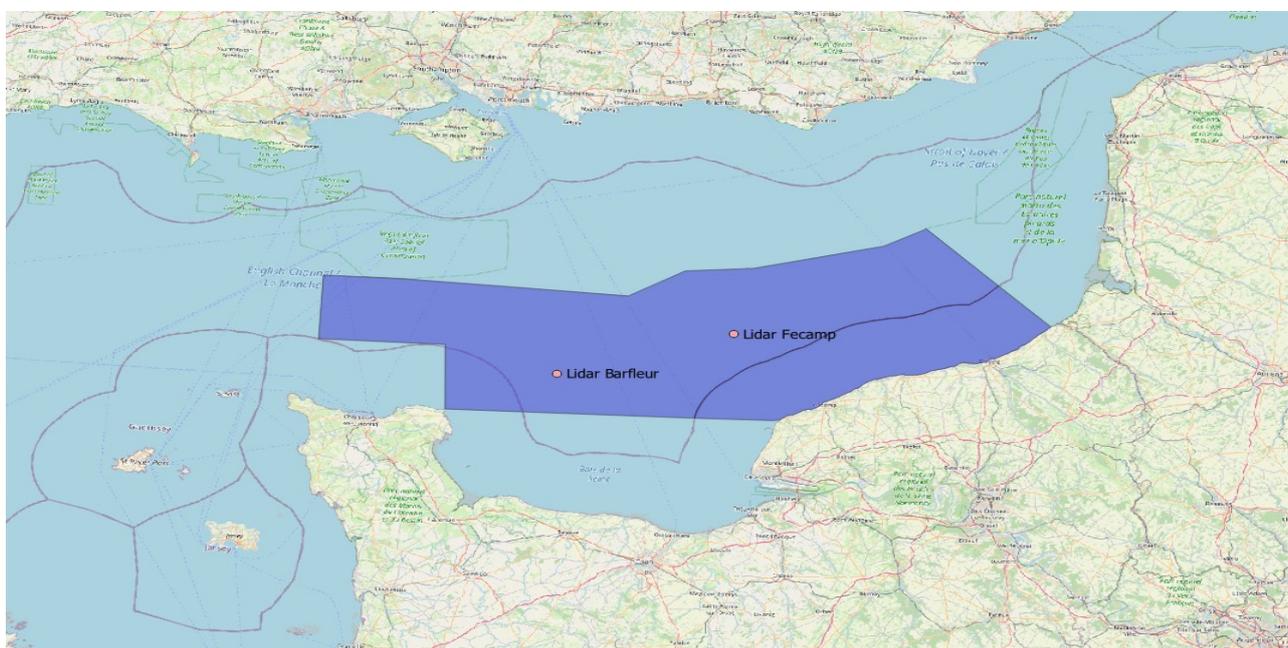


Illustration 1.1: Localisation de la zone de l'étude Normandie et positions des bouées Lidar de Barfleur et Fécamp

2 Recherche de tempêtes

2.1 Méthodologie

Plusieurs critères ont été employés pour effectuer la sélection des tempêtes :

- La force des vents observés sur les stations côtières et les sémaphores entre le cap de la Hague et le pays de Caux. Pour ce critère, nous n'avons retenu que les événements ayant généré des vents dont la vitesse (du vent moyen sur 10 min) a atteint ou dépassé 17 m/s (soit le seuil du coup de vent force 8 Bf). Pour les observations des états de mers, nous avons regardé les données produites par les sémaphores du cap de la Hague, Cherbourg-le Homet, Gatteville, Port-en-Bessin, Dieppe et le cap de La Hève.

- L'estimation de l'état de la mer est visuelle en se basant sur l'échelle de Douglas (se référer à la section 8.2 de [Chatel et al. V1, 2021] et voir en Annexe A le tableau sur la critique des mesures),
- Indépendamment de la force du vent, nous avons retenu les événements qui ont eu un impact significatif, en mer ou à la côte. Les vagues sont mesurées par les houlographes sur la période récente, observées par les sémaphoristes ou supposées pour les tempêtes plus anciennes (en excluant toutefois les cas de submersions marines résultant principalement de la conjonction d'une surcote et d'une marée de vives-eaux),
- Pour la mesure des hauteurs de vagues ainsi que la période, nous nous sommes appuyés sur les données de différentes bouées. La bouée de Cherbourg (données disponibles du 18/10/2010 au 30/09/2019), la bouée du Havre (données disponibles du 01/04/2008 au 30/09/2019) et le bateau-phare des Casquets et celui de Greenwich (données disponibles de 1996 à 2020). Ces deux dernières ont révélé quelques données ponctuelles parfois aberrantes, que nous avons exclues de notre analyse,

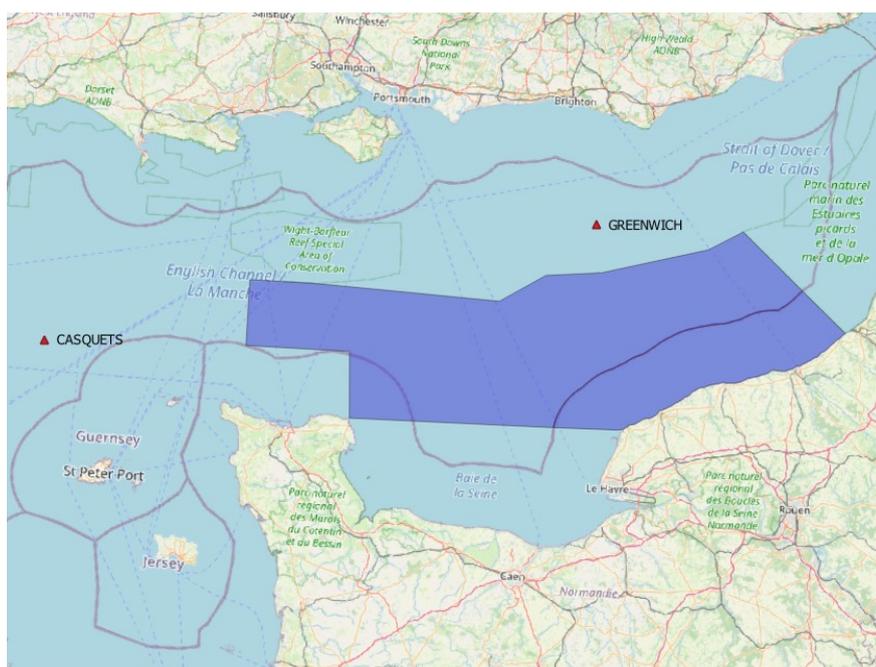


Illustration 2.1: localisation des bateaux-phare des Casquets et de Greenwich par rapport à la zone d'étude

- Nous avons enfin souhaité conserver une bonne diversité en termes de taille et de durée (vaste tempête ou coup de vent de dimension modeste), de saison, de trajectoire et de direction de vents, ce qui nous a parfois fait rejeter certains événements qui nous paraissaient faire doublon,
- Enfin, nous avons privilégié les tempêtes les plus récentes pour lesquelles beaucoup d'information de vent et de mesure de vagues étaient disponibles mais avons aussi exploré des tempêtes plus

anciennes, car elles permettent d'ajouter des événements atypiques non survenus ces 20 dernières années. Quelques tempêtes plus anciennes que 1949 analysées lors du projet Vimers¹ font également partie de l'analyse.

2.2 Tableau des tempêtes analysées

Une fiche descriptive de tempêtes est disponible pour chaque situation figurant dans le tableau des tempêtes recensées. Ces fiches sont fournies en complément de ce rapport.

La sévérité des tempêtes recensées a été évaluée en tenant compte de trois paramètres : la force maximale du vent moyen 10 minutes (FF), la durée de la tempête (Du) et le caractère plus ou moins variable de la vitesse du vent (Cs).

| Paramètre / indices | 0 | + | +++ |
|---|--------------------------|---------------|---------------------------|
| FF (Force maximale du vent sur la zone du projet) | Inférieur ou égal à 8 Bf | 9 à 10 Bf | Supérieur ou égal à 10 Bf |
| Du (Durée pendant laquelle la force du vent au cap de la Hague et au cap de la Hève a dépassé 17 m/s (évaluation parfois subjective en cas de données modérément fiables ou incomplètes) | 6 heures et moins | 6 à 18 heures | Plus de 18 heures |
| Cs (Cisaillement ou turbulence) : importance du changement de masse d'air et/ou importance de la rotation du vent consécutifs au passage de la tempête | Faible | Modéré | Fort |

Tableau 2.1: critères employés pour caractériser la sévérité des tempêtes sélectionnées

La force du vent est exprimée en Beaufort (Bf- échelle détaillée en section 8.1 de [Chatel et al. V1, 2021]) et l'état de mer estimé par les sémaphoristes par l'échelle de Douglas également détaillée en section 8.2 de [Chatel et al. V1, 2021].

La sélection des tempêtes recensées dans l'histoire figure dans le tableau ci-après.

¹ <http://tempetes.meteo.fr/spip.php?article248>

2 Recherche de tempêtes



| Événements | Vent max. Zone | | Commentaires | Rejeu Vent |
|------------------|--|--|---|----------------|
| | Dir. | Force (Bf) | | |
| 1924-10-07 | S virant NW | 9 à 11 | | Non disponible |
| 1928-11-23 | SW puis WNW | 11 à 12 | | Non disponible |
| 1930-09-19 | SW | 9 à 10 | Des navires signalent des vagues de 7-8 m au nord du Cotentin | Non disponible |
| 1962-12-16 | NW | 10 | Etat de mer 6 à la Hague | Non disponible |
| 1969-07-07 | N à NW | 8 à 9 temporairement 10 | Etat de mer 4 à la Hague | Non disponible |
| 1978-01-11 au 12 | WSW puis bascule N puis NNE | 9 à 10 dans le NE | Mer 6 à 7 le 12, mer croisée | ERAS5 |
| 1978-01-29 | NW | 8 jusqu'à 9 à la Hague | Mer 6 à 7 | ERAS5 |
| 1979-12-15 | W à SW virant W à NW | 8 à 9 Dieppe et la Hève, 9 à 10 à la Hague | Mer 6 à 7, mer croisée après le passage du minimum | ERAS5 |
| 1983-11-26 et 27 | SW puis W | 7 à 8 jusqu'à 9 à la Hague et 10 à la Hève le 27 | 5 à 6 partout le 27, les 26 et 27 la Hague | ERAS5 |
| 1984-02-06 au 09 | SW à W puis W à NW le 8 virant NW à N le 9 | 8 à 9 passagèrement 10 | Mer 5 à 6 le 6 et les 8 et 9, 7 à Dieppe le 8 | ERAS5 |
| 1984-11-23 et 24 | SW à W | 7 à 9 jusqu'à 10 à la Hague et la Hève le 23 | Mer 5 à 6 très passagèrement 7 à la Hague le 23 au soir | ERAS5 |

| Événements | Vent max. Zone | | Commentaires | Rejeu Vent |
|------------------|----------------|--|--|------------|
| | Dir. | Force (Bf) | | |
| 1987-10-15/16 | SW | 8 à 10 jusqu'à 11 à 12 dans la nuit du 15 au 16 à l'ouest du Havre, 7 à 8 Bf à l'est. Anémomètres bloqués ou arrachés dans le 50 | Mer 4 à 6 max 7 à la Hève dans la nuit | ERAS5 |
| 1988-02-10 | NW à W | 7 à 8 jusqu'à 9 à 10 soir et nuit du 9 au 10 | Max 5 à 6 | ERAS5 |
| 1990-01-25 et 26 | SW à W | 7 à 9 (35 m/s en rafales à la Hève le 25) | Mer 5 à 6 | ERAS5 |
| 1990-02-26 au 28 | W à NW | 8 à 9 passagèrement 10 à 11 sur les caps | Mer 6 | ERAS5 |
| 1992-11-11 | SW puis W à NW | 7 à 8 jusqu'à 9 à 10 à la Hève | Mer 5 à 6 | ERAS5 |
| 1996-02-19 et 20 | N à NE | 8 à 9 passagèrement 10 | Mer 6 à 7 Passage satellite maxi 4 m à l'est du Cotentin le 19 à 23 h | ERAS5 |
| 1998-01-2 au 5 | SW à W | 7 à 8 passagèrement 9 à 10 Bf | Mer 5 sur Manche est, 6 à 7 passagèrement 8 le 2 à la Hague | ERAS5 |
| 2000-10-30 | SW | 7 à 8 Bf jusqu'à 9 à 10 Bf la Hague et la Hève | Mer 5 à 6 | Arpège |
| 2002-10-27 | W | 7 à 8 Bf jusqu'à 9 à 10 Bf la Hague et la Hève | Mer 5 à 6 | Arpège |
| 2004-12-17 | W à NW | 7 à 8 jusqu'à 9 à 10 nord-Cotentin et Dieppe | Mer 6 | Arpège |

| Événements | Vent max. Zone | | Commentaires | Rejeu Vent |
|------------------|-------------------|---|---|------------|
| | Dir. | Force (Bf) | | |
| 2009-02-9 et 10 | SW le 9, NW le 10 | 7 à 8 passagèrement 9 dans la traîne sur Manche W | Mer 5 à 6 | Arpège |
| 2013-12-23 et 24 | SSW | 7 à 8 Bf 9 à 10 Bf la Hève et Gatteville | Mer 5 à 6 | Arpège |
| 2014-02-14 et 15 | SE puis SSW | 7 à 8 Bf 9 à 10 Bf la Hague et Gatteville | Mer 5 à 6 | Arpège |
| 2016-02-08 | SW à W | 8 à 9 Bf | Mer 5 à 6 Arrivée d'une houle énergétique d'ouest-nord-ouest | Arpège |
| 2016-11-19 et 20 | SW puis W | 9 à 10 Bf | Mer 5 | Arpège |
| 2018-01-02 au 4 | W | 7 à 8 Bf | Mer 5 à 6 | Arpège |

Tableau 2.2: Liste des tempêtes analysées

2.3 Liste des 6 tempêtes retenues pour les rejeux de vagues

Les situations retenues et listées dans le tableau figurant au chapitre précédent constituent un échantillon représentatif de 28 tempêtes ayant touché la zone considérée entre le cap de la Hague et Dieppe. Au sein de cette liste, les experts de Météo-France ont sélectionné 6 événements pour lesquels les vagues seront rejouées à l'aide d'un modèle à maille fine. Ceux-ci ont été retenus pour la capacité à générer de fortes vagues ou des vagues de caractéristiques particulières sur la zone considérée.

Les dates retenues sont consignées dans le tableau suivant par ordre chronologique décroissant. Les vents maxima indiqués sont des vents moyens établis sur plusieurs heures en force Beaufort. Les rafales sont données à titre indicatif à une hauteur de référence de 10 mètres (on rappelle qu'aucune mesure de rafale n'est disponible sur la zone concernée et que les rafales maximales sur les sémaphores sont souvent impactées par des effets de hauteur ou de falaise – les rafales observées le sont sur 0,5 s).

| Date | Direction vents sur zone | Force maximale vent sur zone |
|-------------------------------|--------------------------|----------------------------------|
| 4 et 5 janvier 1998 | SW puis W | 8 à 10 Bf (rafales 130/140 km/h) |
| 19 au 21 février 1996 | Nord-Est | 8 à 10 Bf (rafales 100/115 km/h) |
| 27 et 28 février 1990 | Ouest à Nord-Ouest | 9 à 10 Bf (rafales 140 km/h) |
| 15 et 16 octobre 1987 | Sud-Ouest | 10 à 12 Bf (rafales >180 km/h) |
| 8 au 10 février 1984 | Sud à Nord à Nord-Ouest | 10 Bf (rafales 130 à 140 km/h) |
| 14 au 16 décembre 1979 | Ouest à Nord-Ouest | 9 à 10 Bf (rafales 140 km/h) |

Tableau 2.3: liste des tempêtes sélectionnées pour être rejouées

3 Rejeux de situations

Dans ce chapitre, nous présentons les résultats de simulations de vagues à maille fine pour 6 épisodes de vents forts sélectionnés sur la base des éléments décrits aux chapitres précédents. On rappelle qu'un rejeu de situation est une simulation la plus proche possible de la réalité, réalisée en forçant un modèle de vague à partir de champs de vent réalistes à fréquence horaire et maille horizontale la plus fine possible mais dépendante des rejeux météorologiques disponibles. Cela doit permettre d'avoir des informations quantitatives sur les vagues probables au sein de la zone d'intérêt lors de ces événements historiques marquants.

Le modèle de vagues utilisé pour les rejeux est le modèle très haute résolution WaveWatch III. Une présentation détaillée est fournie en section 4.5 de [Chatel et al. V1, 2021]. C'est un modèle à maille irrégulière, adaptée à la géométrie du trait de côte, avec une résolution accrue près des côtes (jusqu'à 200 m à la côte). Il a l'avantage de permettre une bonne représentation des processus en eau peu profonde. La bathymétrie utilisée est issue du SHOM (résolution de 100 m, produite en 2015).

Les courants de surface et niveaux d'eau du modèle HYCOM (Hybrid Coordinate Ocean Model) du SHOM ont été pris en compte pour simuler l'effet de la marée, notamment lors des épisodes à forts coefficients.

Les forçages atmosphériques servant à générer les vagues ont été sélectionnés par Météo-France pour chaque situation parmi les modèles disponibles, après analyse de la validité de ceux-ci et en fonction de la meilleure résolution horizontale disponible.

Pour rejouer une situation de tempête et générer les vagues en utilisant le modèle à maille fine WW3, il est indispensable de disposer d'un rejeu météorologique afin de forcer le modèle de vagues. Les rejeux atmosphériques potentiellement disponibles sont indiqués dans la colonne Rejeu vent du tableau de la liste des tempêtes analysées (cf. Tableau 2.3). En fonction de leur disponibilité et après avis d'expert sur le modèle le plus approprié, Météo-France a effectué le rejeu le plus adapté à chaque tempête. Ces données de vagues et houles modélisées sont analysées pour chaque tempête dans les paragraphes suivants.

Pour chaque rejeu, une qualification des résultats a été conduite, en examinant le calage des vagues modélisées aux vagues observées quand celles-ci étaient disponibles, c'est-à-dire pour les situations postérieures à 2005.

3.1 Situation 1 : 14 au 16 décembre 1979

3.1.1 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 fortement, passant de 1000 hPa le 13 vers midi à 970 hPa le 15 à 12 heures. Il génère le plus fort gradient de pression sur la Bretagne et sur la Manche, engendrant les vents les plus violents. Il se comble ensuite sur la mer du Nord en fin de journée du 15.

Vents d'ouest à sud-ouest virant ouest à nord-ouest 8 à 10 Bf à la Hague, 8 à 9 Bf à Dieppe, 8 Bf à La Hève.

3.1.2 Analyse des résultats

Pour cette tempête, la hauteur significative de mer totale croît régulièrement entre la soirée du 14 février et le 15 février 1979 à 12 UTC. Elle atteint son maximum entre 10 et 12 UTC le 15 décembre 1979 avec un gradient ouest/est, de 8 m sur l'extrême coin nord-ouest de la zone à 5 m sur le coin sud-est. Elle décroît ensuite. La contribution de la houle est peu importante, celle-ci ne dépasse pas 2 mètres.

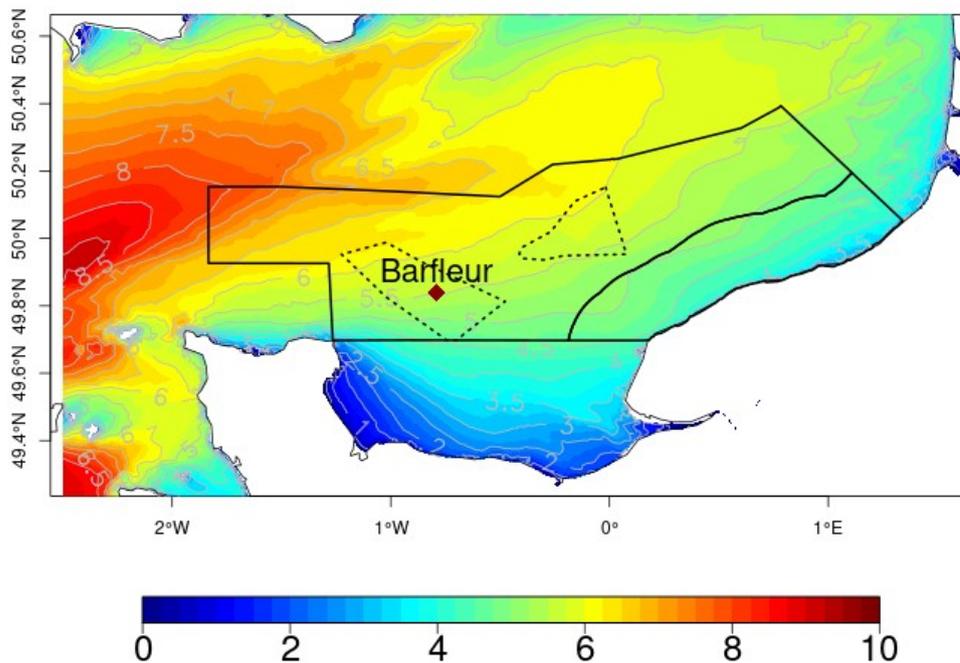


Illustration 3.1: hauteur significative maximale de la mer totale (mètres) le 15 décembre 1979

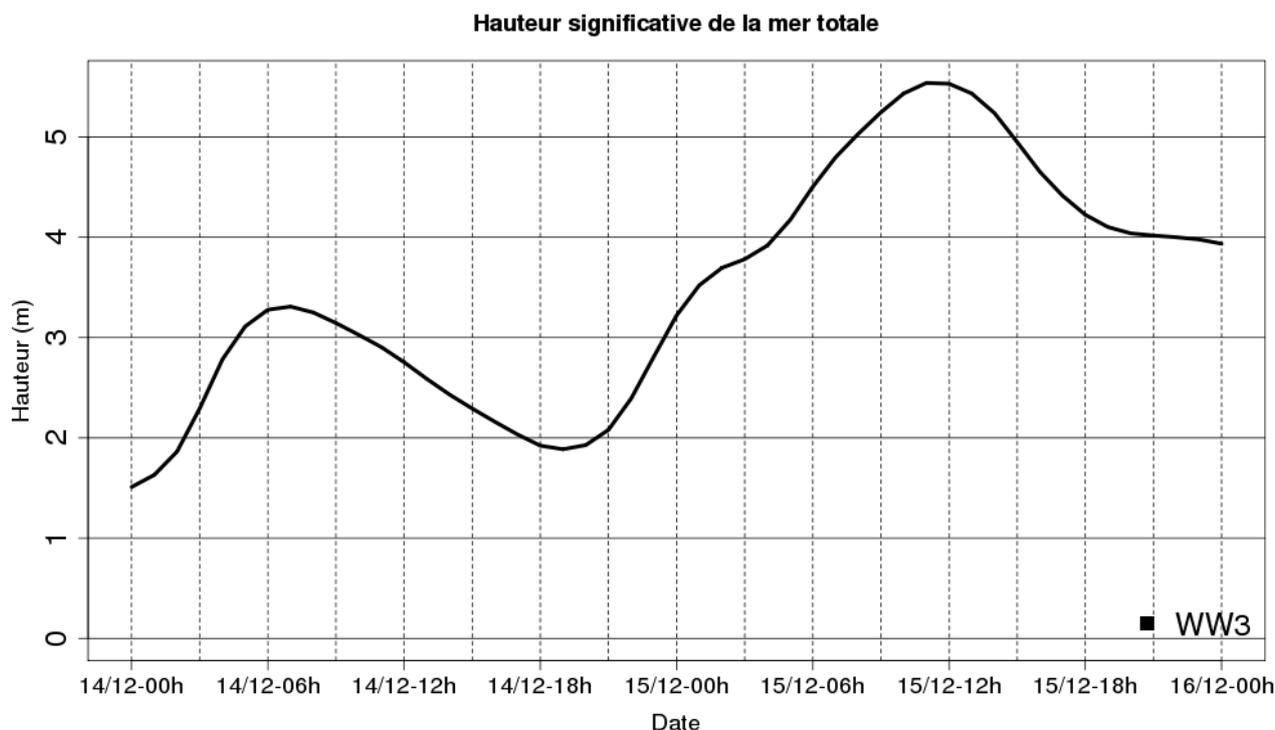


Illustration 3.2: évolution temporelle de la mer totale (mètres) au point «Barfleur» du 14 au 16 décembre 1979

3.1.3 Caractéristiques principales

Les vagues sont essentiellement liées à la mer du vent avec un gradient ouest/est

| | Point "Barfleur" |
|---|---|
| Maximum de la hauteur significative de la mer totale | 5,5 m |
| Date / Heure | 15/12/1979 entre 11 et 12 UTC |
| Direction | ouest |
| Contribution mer du vent/houle | mer du vent 5,5 à 6 m, houle maxi de l'ordre de 2 m |

Tableau 3.1: caractéristique principale de la situation du 14 au 16 décembre 1979

3.2 Situation 2 : du 8 au 9 février 1984

3.2.1 Rappel conditions météorologiques

La France se retrouve prise entre un vaste système dépressionnaire (960 hPa) et un puissant anticyclone des Açores (1040 hPa). La dépression sur l'Islande génère dans un premier temps un flux de secteur sud-ouest affectant les côtes de Manche – Mer du nord.

Une dépression secondaire issue de la dépression islandaise progresse vers le Bénélux puis le sud-est de l'Allemagne. Pendant le même temps, l'anticyclone progresse vers la Bretagne générant un resserrement du gradient. Avec cette dépression secondaire, on observe une réorientation du vent au secteur nord-ouest ainsi qu'un renforcement notable des vents.

3.2.2 Analyse des résultats

La mer du vent croit avec la rotation du vent ouest-nord-ouest et le renforcement du vent. Au moment où la mer du vent est la plus haute, le 8 au matin, la contribution de la houle est faible. Dans la journée du 8, le vent tend un peu plus vers le nord-ouest mais les valeurs de la force du vent évoluent peu. Le vent faiblit en fin de journée. Avec cette rotation, l'état de la mer décroît et la houle s'amplifie et devient même prédominante (2,5 m) sur l'extrême coin nord-ouest de la zone. Sur le reste de la zone, la houle atteint son maximum dans la nuit du 8 au 9 alors que la mer du vent a nettement décru. La progression des vagues supérieures à 4 m se fait d'ouest en est, dans l'axe de la zone d'étude. La zone de maximum de houle (2,5 m) ne dépasse pas la longitude de Barfleur et pénètre à peine la zone d'étude.

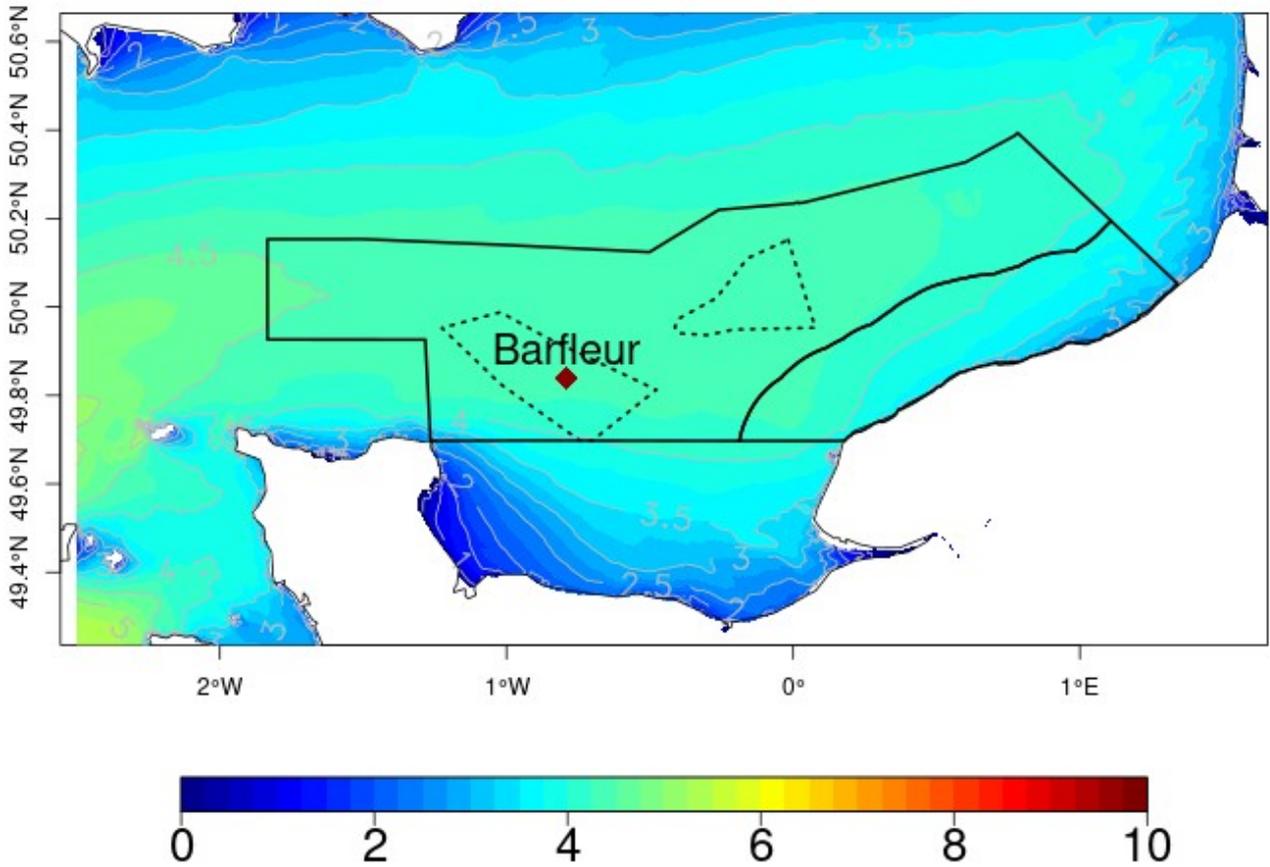


Illustration 3.3: hauteur significative maximale de la mer totale (mètres) le 8 février 1984

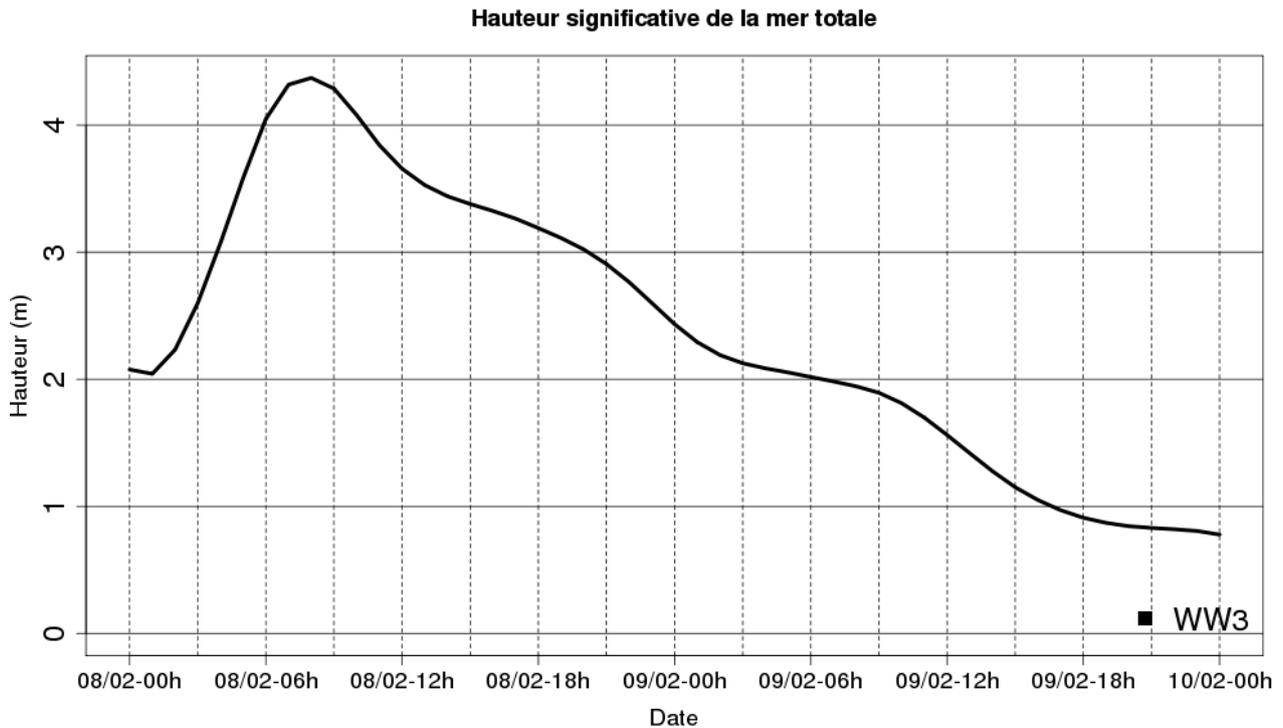


Illustration 3.4: évolution temporelle de la mer totale (mètres) au point «Barfleur» les 8 et 9 février 1984

3.2.3 Caractéristiques principales

| | Point "Barfleur" |
|--|---|
| Maximum de la hauteur significative de la mer totale | 4,2 m |
| Date / Heure | le 8 à 8 UTC |
| Direction | W à NW |
| Contribution mer du vent/houle | mer du vent dominante au pic de hauteur des vagues. |

Tableau 3.2: caractéristique principale de la situation du 8 au 9 février 1984

3.3 Situation 3 : 15 et 16 octobre 1987

3.3.1 Rappel conditions météorologiques

La journée du 15 octobre et la nuit du 15 au 16 octobre 1987 voient le passage de deux dépressions remontant du Sud-Ouest. La première de 970 hPa se situe au niveau d'Ouessant à 18 UTC et donne quelques rafales. La seconde, beaucoup plus creuse (957,4 hPa de pression réduite au niveau de la mer mesurée à Brest-Guipavas le 15 octobre à 23 UTC) frôle Ouessant vers 23 UTC le 15 octobre. Elle passe à l'ouest du Cotentin vers 2 UTC le 16 puis gagne rapidement le sud de l'Angleterre. Sa vitesse de déplacement est estimée à 100/110 km/h. Elle s'accompagne de vent dépassant souvent les 140 km/h en rafales sur une grande partie Nord-Ouest de la France. Les vents maxi sur la zone en S à SW se produisent vers 3 UTC, l'ouest de la zone ayant été exposée à des vents plus forts.

3.3.2 Analyse des résultats

Les vents de sud puis sud-ouest ont été particulièrement violents dans la nuit du 15 au 16, mais en raison du passage très rapide de la dépression et un fetch trop limité, la mer ne s'est pas entièrement levée et les hauteurs maximales des vagues se sont limitées sur la zone entre 4,5 et 5 m sur le nord de la zone, entre 3 et 3,5 m. On observe donc un gradient sud/nord avec des vagues plus hautes sur le nord de la zone. La contribution de la houle est à nouveau faible au moment où les vagues sont les plus hautes.

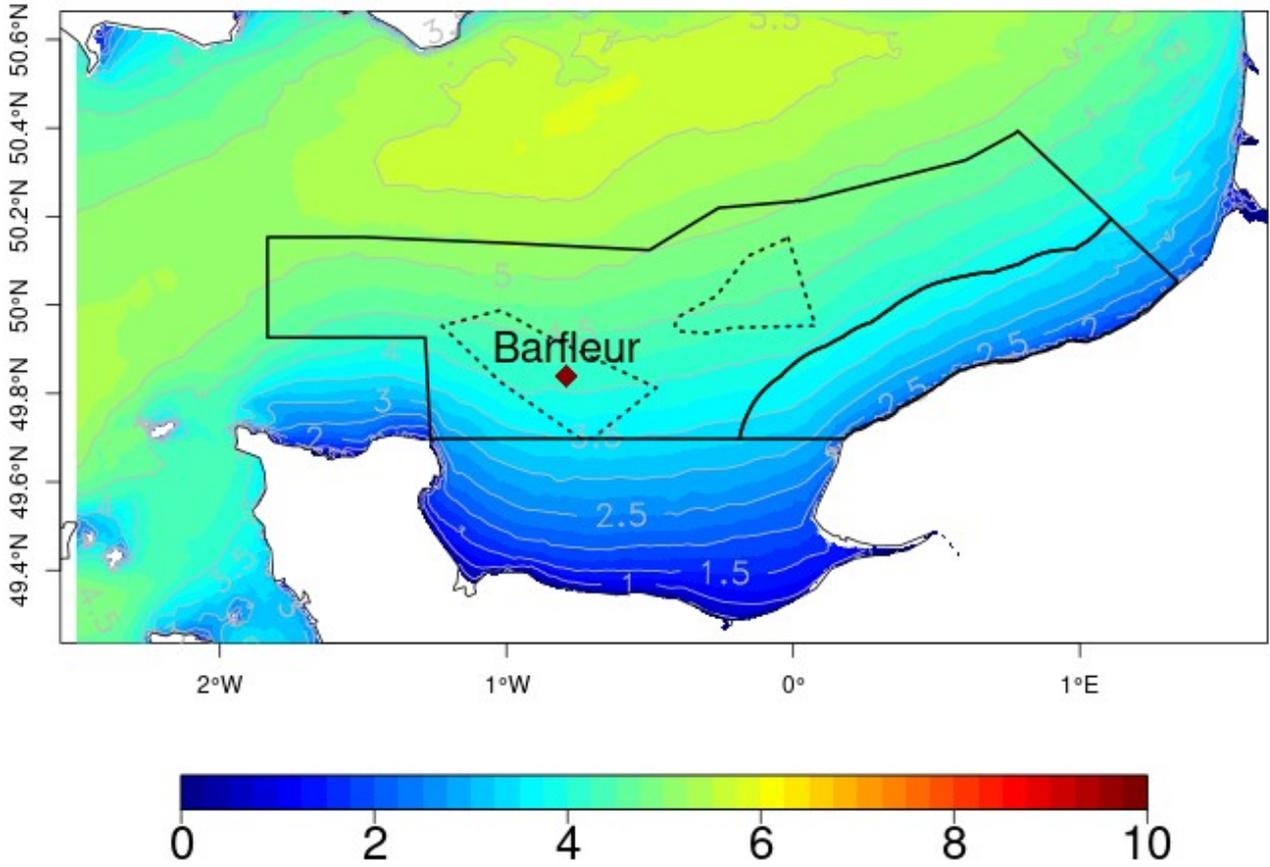


Illustration 3.5: hauteur significative maximale de la mer totale (mètres) dans la nuit du 15 au 16 octobre 1987

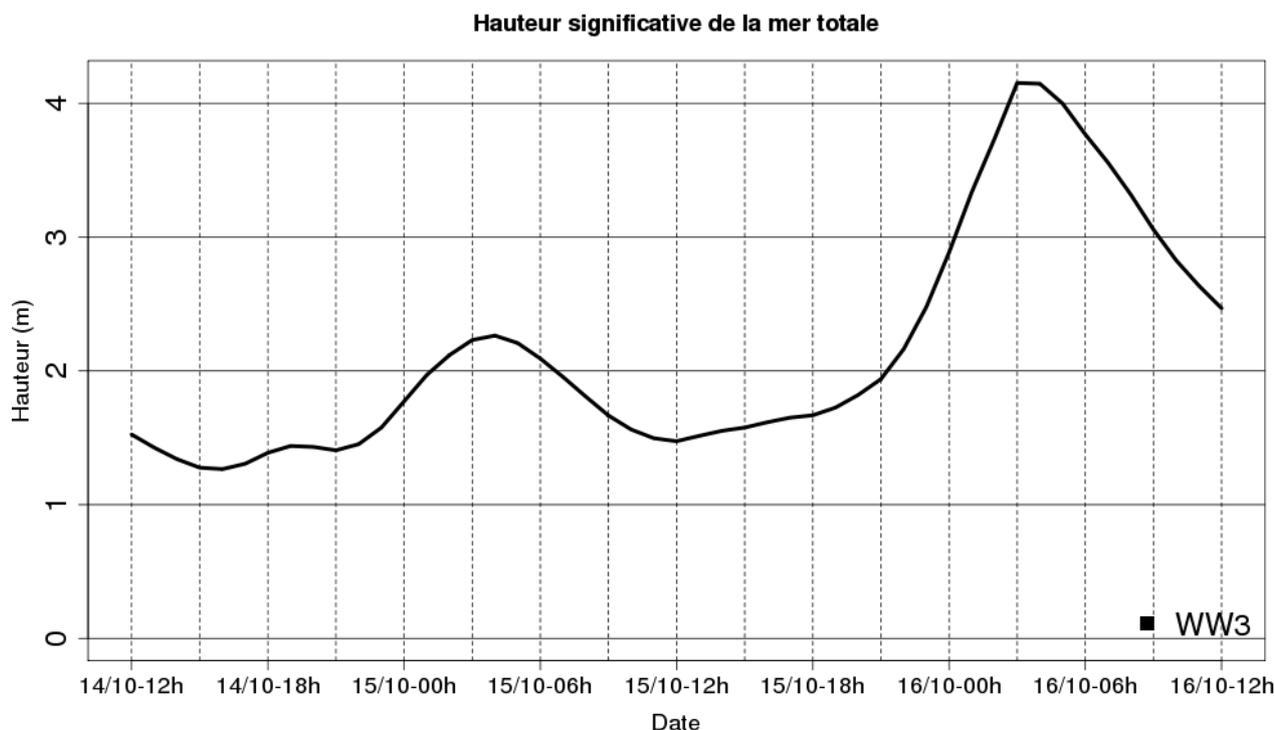


Illustration 3.6: évolution temporelle de la hauteur des vagues au point «Barfleur» du 14 au 16 octobre 1987

3.3.3 Caractéristiques principales

| | Point "Barfleur" |
|---|---------------------------------|
| Maximum de la hauteur significative de la mer totale | 4,2 m |
| Date / Heure | 16/10/1987 entre 03 et 04 UTC |
| Direction | S puis Sud-Ouest |
| Contribution mer du vent/houle | Mer du vent largement dominante |

Tableau 3.3: caractéristique principale de la situation du 15 au 16 octobre 1987

Avec un secteur sud à sud-ouest et malgré l'intensité du vent, le fetch trop court a limité la croissance des vagues.

3.4 Situation 4 : 27 et 28 février 1990

3.4.1 Rappel conditions météorologiques

La tempête Viviane, remarquable par sa durée et son intensité circule entre le 25 et le 27 février entre l'Ecosse et la Norvège et frappe sévèrement le nord-ouest de l'Europe. Le vent de secteur ouest souffle à plus de 7 Bf sur la zone. Une accalmie temporaire a lieu en seconde partie de nuit du 27 au 28, avant le passage quelques heures plus tard, la tempête moins virulente nommée Wiebke passe.

3.4.2 Analyse des résultats

L'état de la mer est très étroitement corrélé au comportement du vent sur la zone.

Avec le vent fort persistant depuis le 26 février, l'état de la mer dépasse les 4 m entre le 26 février à 6h et le 27 février à 21h. La mer se calme en fin de nuit et le 28 au matin avec le mollissement du vent, puis les vagues croissent dans la journée du 28 avec le nouveau renforcement du vent pour atteindre un pic à plus de 5 m sur la zone en soirée du 28.

La contribution de la houle est quasiment inexistante.

La propagation des vagues se fait d'ouest en est et les vagues les plus hautes se trouvent sur la partie ouest de la zone au large du Cotentin.

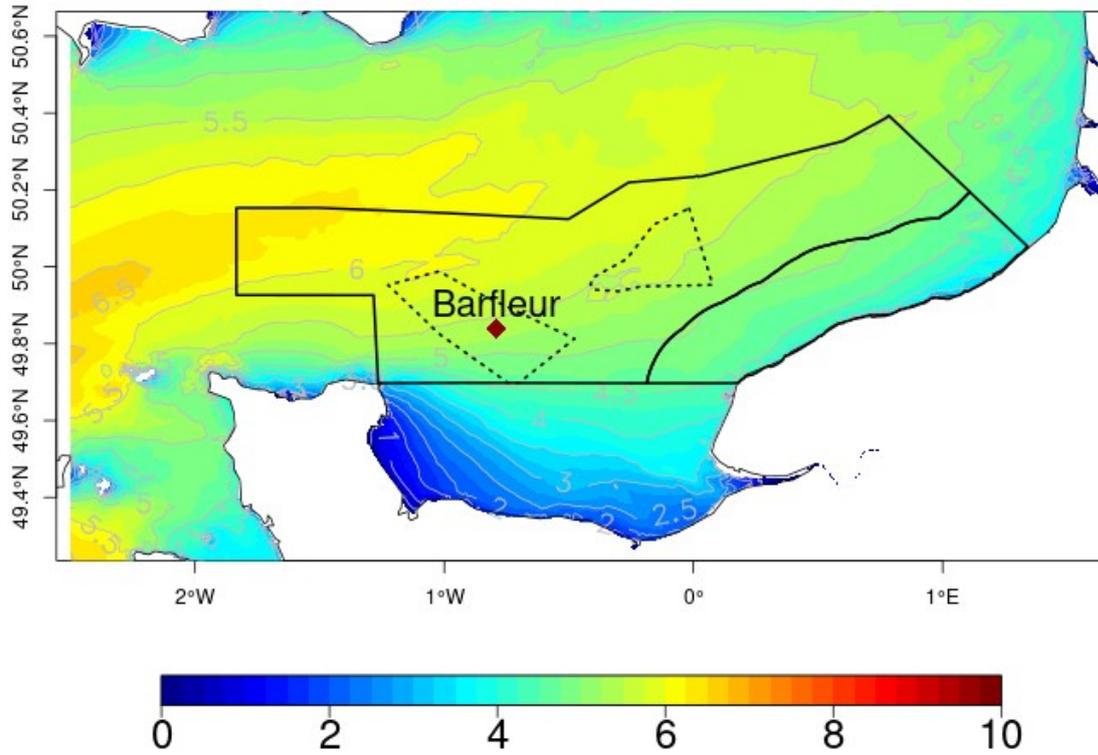


Illustration 3.7: hauteur significative maximale de la mer totale (mètres) le 28 février 1990

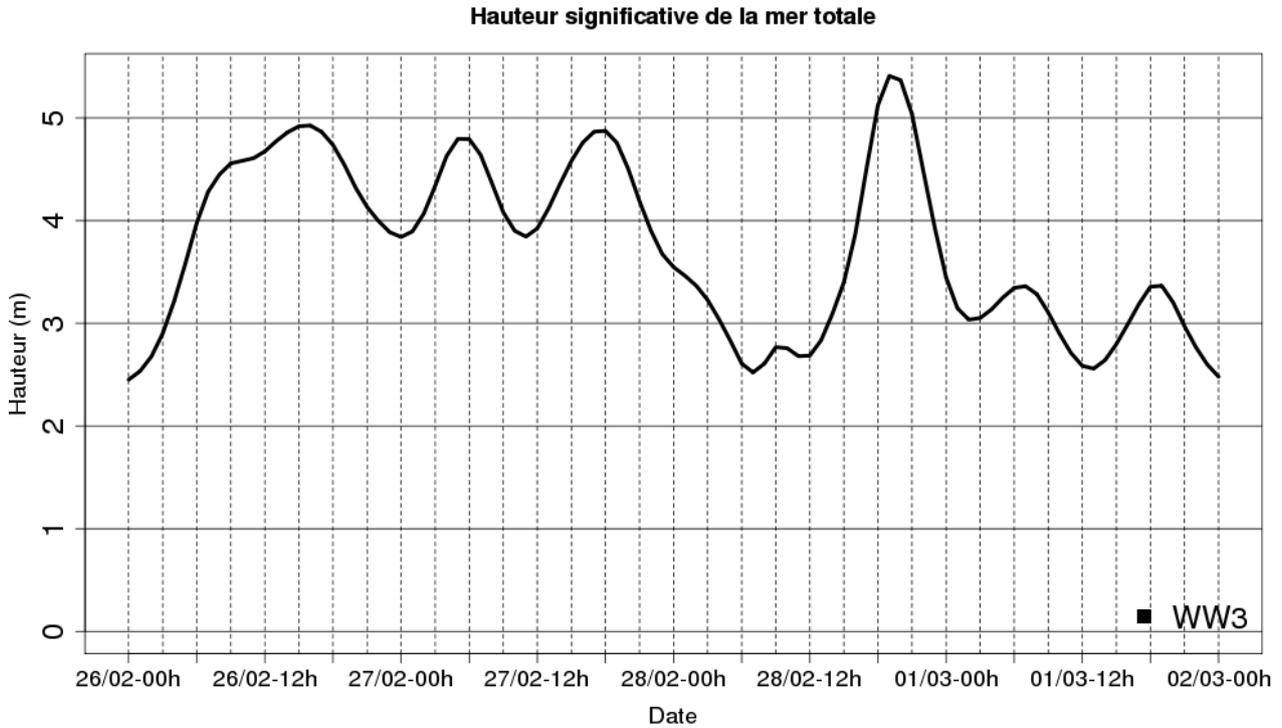


Illustration 3.8: évolution temporelle de la mer totale (mètres) au point «Barfleur» du 26 février au 2 mars 1990

3.4.3 Caractéristiques principales

| | Point "Barfleur" |
|---|--|
| Maximum de la hauteur significative de la mer totale | 5,3 m |
| Date / Heure | 28/02/90 à 20 UTC |
| Direction | ouest |
| Contribution mer du vent/houle | Mer du vent nettement dominante, houle négligeable |

Tableau 3.4: caractéristique principale de la situation du 27 au 28 février 1990

3.5 Situation 5 : 19 au 21 février 1996

3.5.1 Rappel conditions météorologiques

Le 19, une dépression 1000 hPa est située sur l'est de la France et le nord de l'Italie, un puissant anticyclone 1040 hPa est centré entre l'Islande et l'Irlande. Le 20, la zone dépressionnaire se décale vers l'Italie et l'Adriatique et l'anticyclone se rapproche de l'Irlande. Cette situation se caractérise par un vent de Nord-Nord-Est le 19 puis de Nord-Est le 20 février.

3.5.2 Analyse des résultats

En raison d'un fetch court en vent de nord, la hauteur des vagues le 19/02 ne dépasse pas 3 m. A la rotation au nord-est, le 20/02 la mer grossit et la hauteur des vagues se situent entre 3 et 4 m alors que le vent ne connaît pas de renforcement notable. La contribution de la houle est faible de l'ordre de 0,5 m le 20/02.

Les résultats de la modélisation sont conformes aux mesures enregistrées au bateau-phare de Greenwich, avec un maximum 3,5m le 20/02. Les valeurs du bateau-phare des Casquets, plus éloignés, de la zone d'étude sont plus élevés avec un pic à 4,8 m.

3 Rejeux de situations

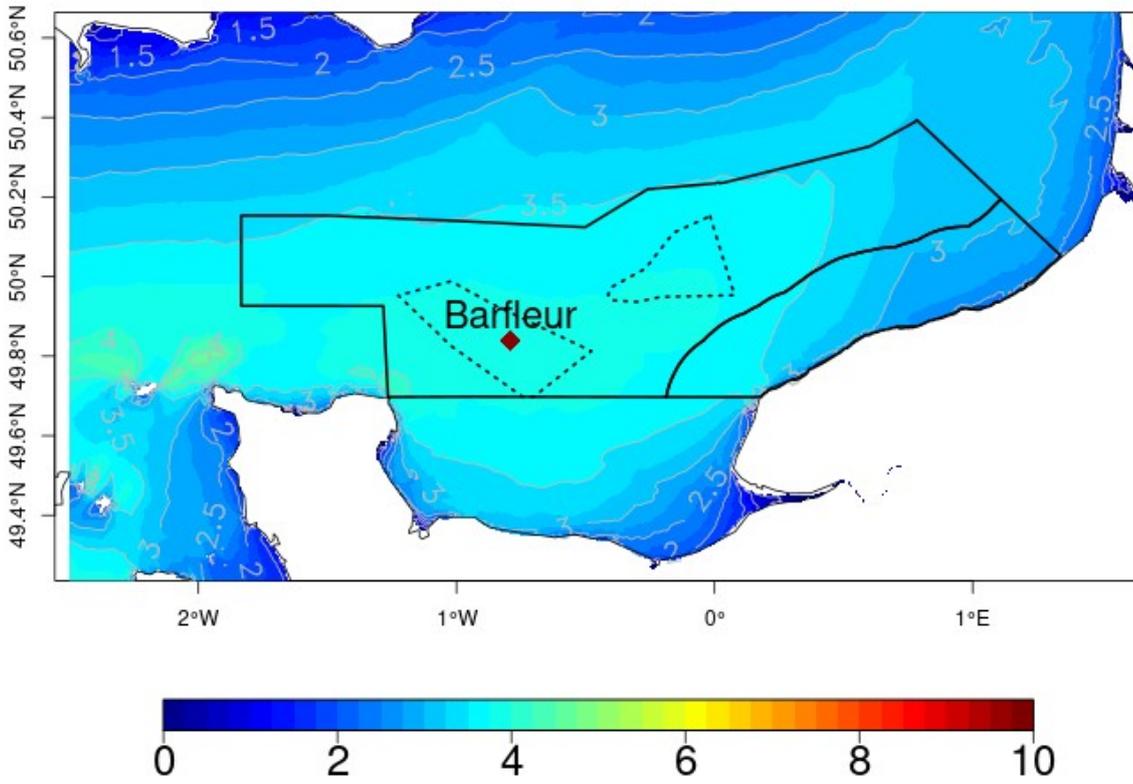


Illustration 3.9: hauteur significative maximale de la mer totale (mètres) le 20 février 1996

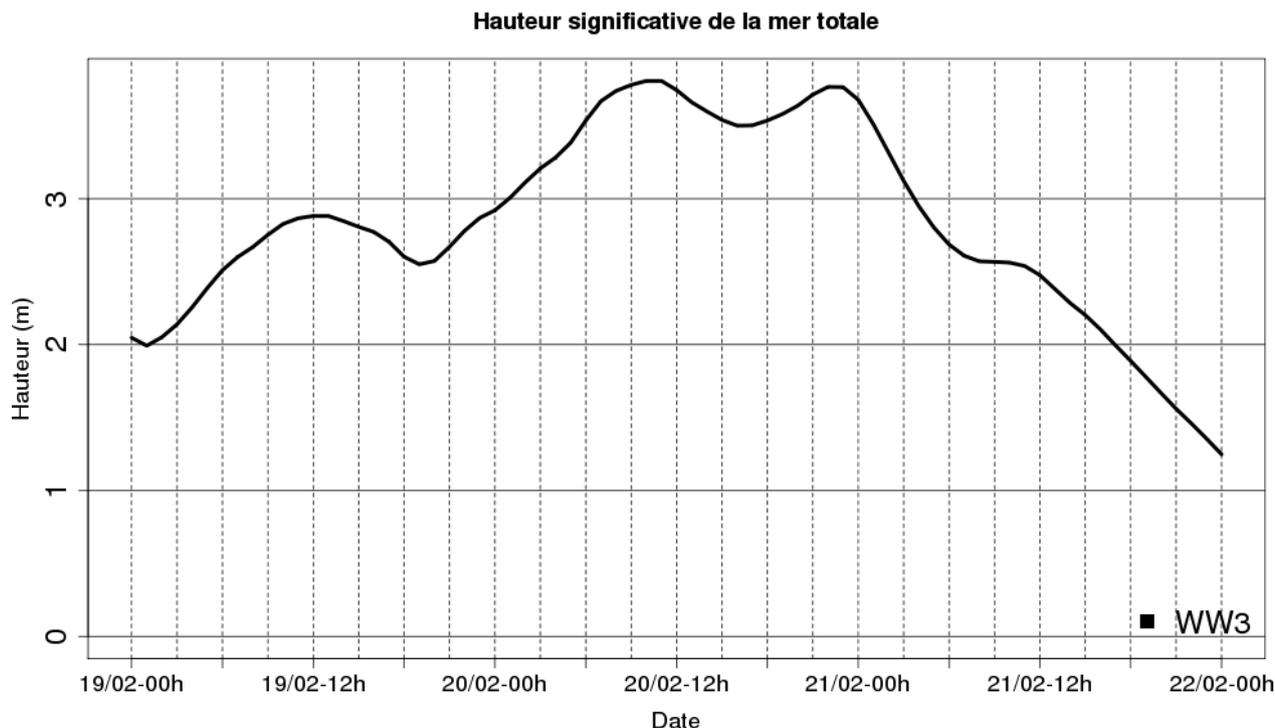


Illustration 3.10: évolution temporelle de la mer totale sur le point «Barfleur» du 19 au 22 février 1996

3.5.3 Caractéristiques principales

La hauteur des vagues est corrélée à l'orientation du vent sur la zone avec un fetch plus long en nord-est permettant à la mer de grossir. La mer du vent sur cette situation est à nouveau prédominante.

| | Point "Barfleur" |
|---|--------------------------------------|
| Maximum de la hauteur significative de la mer totale | 3,8 m |
| Date / Heure | 20/02/1996 10 UTC |
| Direction | Est à Nord-Est |
| Contribution mer du vent/houle | mer du vent 3,5 m, houle moins 0,5 m |

Tableau 3.5: caractéristique principale de la situation du 19 au 21 février 1996

3.6 Situation 6 : du 3 au 5 janvier 1998

3.6.1 Rappel conditions météorologiques

Après le passage des deux tempêtes du 2 et du 3 janvier, une nouvelle dépression secondaire se creuse dans le flux rapide d'ouest à sud-ouest. Cette dépression atteint un minimum de pression à 968 hPa sur le sud de l'Irlande en matinée du 4 puis traverse le nord de l'Angleterre et se dirige vers le Danemark tout en se comblant (975 hPa le 5 janvier à 1 h). Cette dépression génère des vents forts de la Bretagne au Nord-Pas de Calais.

Le lendemain 5 janvier est marqué par le passage d'une quatrième tempête. Elle traverse ensuite le Pays de Galles, le sud de l'Angleterre (986 hPa) avant de s'évacuer en mer du Nord en direction du Danemark 989 hPa le 06 à 1 h.

3.6.2 Analyse des résultats

Les 3 et 4, au passage des dépressions, le vent d'ouest à sud-ouest se renforce. Corrélée à ce renforcement, la mer grossit et les fortes vagues se propagent de l'entrée de la Manche vers l'est du bassin. La contribution de la houle est faible au moment où la mer est la plus forte. On observe un déphasage entre la houle plus haute et la mer du vent la plus élevée.

On retrouve un gradient ouest/est pour les hauteurs des vagues sur la zone d'étude. Le coin nord-ouest de la zone a, à nouveau, été touché par des vagues plus grosses, de l'ordre de 7 à 7,5 m le 4 au soir. Ces valeurs sont cohérentes aux mesures du bateau-phare des Casquets qui a enregistré jusqu'à 8,4 m.

Les résultats de la simulation donnent des valeurs légèrement inférieures aux valeurs maximales mesurées au bateau phare de Greenwich : 5,8 m pour le modèle/6,5 m mesurés.

Le 5, le vent s'oriente ouest à nord-ouest mais bien qu'il se maintienne à des valeurs équivalentes voire légèrement supérieures à celles des jours précédents, les vagues générées sont moins hautes. On se base sur les hauteurs de vagues mesurées aux bateaux-phare des Casquets et de Greenwich.

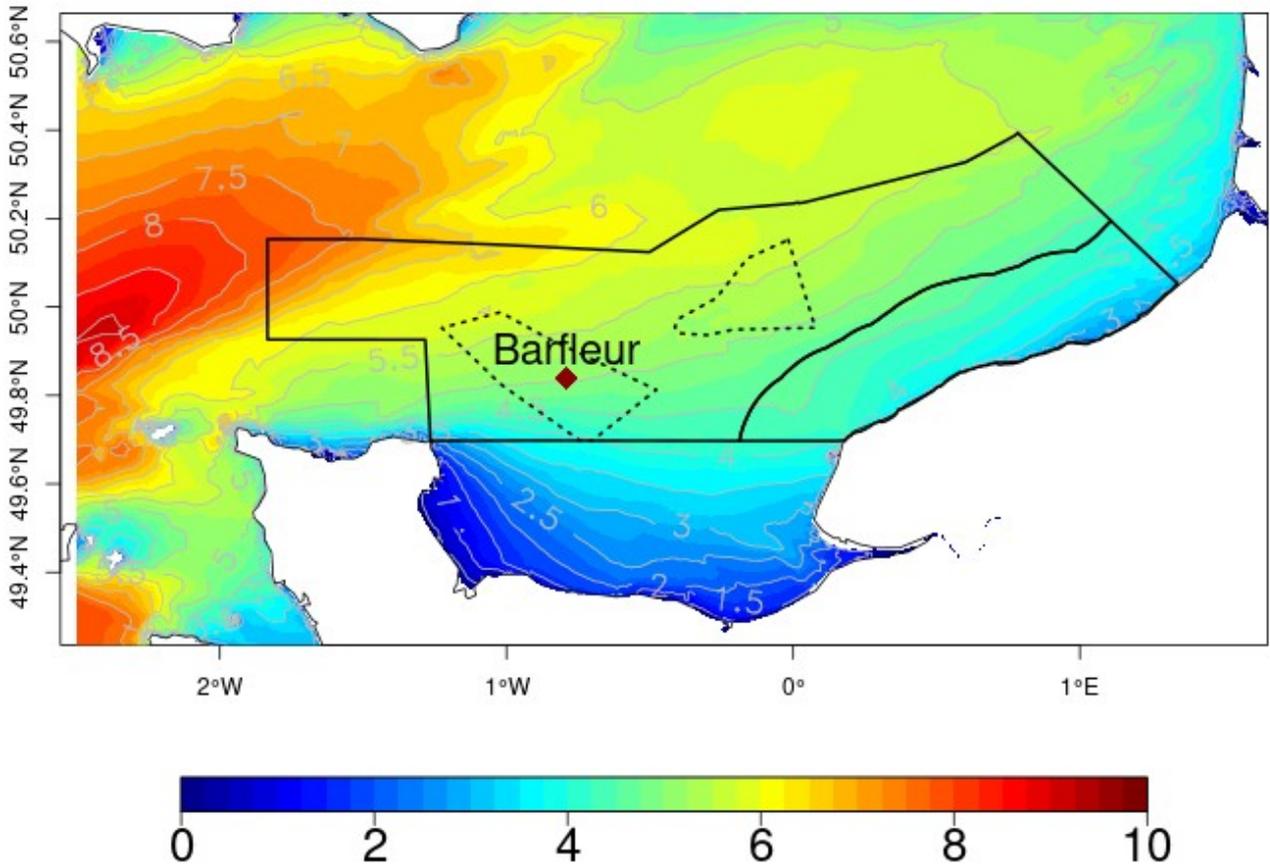


Illustration 3.11: hauteur significative maximale de la mer totale (mètres) le 4 janvier 1998

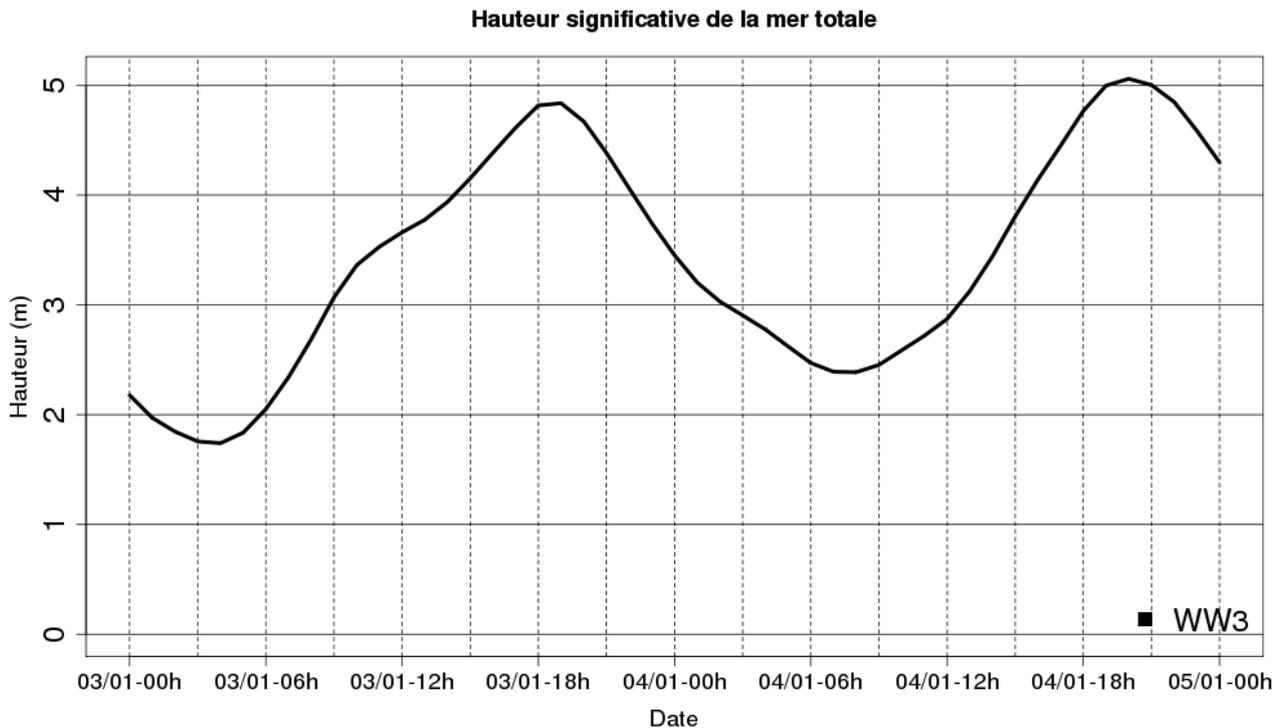


Illustration 3.12: évolution temporelle de la mer totale sur le point «Barfleur» du 3 au 5 janvier 1998

3.6.3 Caractéristiques principales

Malgré la succession de 4 tempêtes en 4 jours, avec des périodes de vents forts d'ouest durables, la hauteur des vagues la partie est de la zone est restée proche de 6 m, à l'exception de la partie nord-ouest qui est exposée à des vagues plus hautes de l'ordre de 7 à 7,5 m.

| | Point "Barfleur" |
|--|---|
| Maximum de la hauteur significative de la mer totale | 1 ^{er} pic 4,9 m 2 ^e pic 5,1 m |
| Date / Heure | 03/01/1998 19 UTC 04/01/1998 19 UTC |
| Direction | Ouest |
| Contribution mer du vent/houle | Déphasage entre la houle et la mer du vent La contribution de la houle reste faible au moment où les vagues sont les plus hautes |

Tableau 3.6: caractéristique principale de la situation du 3 au 5 janvier 1998

4 Conclusion

Sur la zone d'étude, on observe donc un gradient ouest-est avec des vagues plus hautes sur le coin nord-ouest au large sur Cotentin.

Il existe également un gradient nord-sud dans les flux d'ouest, le sud de la zone étant moins exposée aux fortes vagues. La hauteur des vagues étant plus homogène dans les flux de nord à nord-est.

La houle est très amortie sur la partie de la Manche à l'est de la pointe de Barfleur.

La sélection des tempêtes et les rejeux des 6 événements récents les plus marquants décrits dans ce document, peuvent être considérés comme étant des exemples de situations de vagues extrêmes sur les zones considérées. On rappelle que l'ensemble des fichiers grib des vagues générés lors de ces simulations est annexé à ce rapport permettant aux porteurs de projet une analyse plus fine de l'impact de ces vagues extrêmes sur les infrastructures.

Bibliographie

Chatel, V., Dalphinnet, A., Merle, R., Mezdour, A., Rouchy, N., Roulle, O., Pouponneau, B. et Legrand. R. :
Projet de parc éolien off-shore, Note technique Lots 1, 2 et 3, Version 1, 2021



Annexes

Table des annexes

| | |
|---|----|
| Annexe A : critiques des mesures de vent sur la bande côtière de la Baie de Somme au Cap de La Hague..... | 33 |
| Annexe B : les fiches tempêtes..... | 35 |

Annexe A : critiques des mesures de vent sur la bande côtière de la Baie de Somme au Cap de La Hague

| Site | Point de mesure | Qualité | Particularité locale |
|----------------------------------|--|---|---|
| DIEPPE | En retrait en haut de la falaise (à 40 – 50 m) | Sous estimation dans toutes les directions Meilleur pour les vents de mer (secteurs N-W-SW) | Effet de vallée : vent de Sud le matin souvent brumes et brouillards d'advection. |
| FECAMP/ VINNEMERVILLE | Situé à environ 2 KM à l'intérieur des terres sur le plateau. | Plutôt bon | |
| ANTIFER | Sur digue Nord à 15m au dessus de la mer | Bon pour vents de mer (secteurs N-NW-W-SW) | Renforcement en NE (effet falaise d'Etretat). Effet de terre en secteur Sud : renforcement par convergence des vents si DD=200° en mer, DD=160° sur terre. Brise de terre renforcement important en SE |
| LE HAVRE/OCTEVILLE | Sur l'aéroport | | |
| LA HEVE | Près du bord en haut de la falaise | Sur-estimation sur secteurs S – SW - W Sous-estimation max entre N – E – SE (masque par des bâtiments) | |
| DEAUVILLE | sur l'aéroport | | |
| OUISTREHAM | À la capitainerie du port | Mauvaise qualité | Matériel non conforme, lecture aléatoire selon la personne qui transmet les données, pas d'enregistrement |
| BERNIERES | Derrière une dune en zone très humide (20 ans de données) | Sous-estimation de 4-5 nœuds en vent de mer (large secteur nord) | |
| PORT EN BESSIN | Sur une falaise de 60 m | Bon pour vents de mer (secteurs N à NE) | |
| BARFLEUR | A la pointe entre le phare et la mer, mat vent sur le toit du sémaphore à +de 20 m | Nette sur-estimation dans les secteurs entre 270° et 100°, plus correcte dans les secteurs SE à SW | Avec une mesure en hauteur et l'effet de cap, les vents entre le 270 et 100° sont plus représentatifs de ce qui |



| | | | |
|------------------------|--|---|--|
| | | | se passe au large, |
| GONNEVILLE | Sur l'aéroport à l'est de Cherbourg, sur un plateau à environ 130 m en retrait de 3 à 4 km de la mer. | Vents de terre nettement atténués par frottement du au relief, ceux de mer le sont d'environ 20% . | La brise de mer de N à NE entre jusqu'à l'aéroport |
| VIGIE DE HOMET | Anémomètre installé en bout de digue de la petite rade de Cherbourg depuis 1998. Avant mesure sur le toit du sémaphore, très perturbé | Bonne mesure dans tous les secteurs depuis l'installation en bout de digue. | Vents plus rafaleux dans les secteurs sud (vent de terre) avec une accélération par le relief au sud de Cherbourg, |
| CAP DE LA HAGUE | importante rupture en 2006 avec le passage d'une mesure à 20 mètres, sur le toit du sémaphore, à une mesure normalisée à 10 mètres sur site dégagé | Vents d'est-sud-est à sud-sud-est perturbés par le relief de la Hague, mesure bonne dans les autres secteurs, | |

Annexe B : les fiches tempêtes

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

| Épisode sélectionné | Fichier associé |
|---------------------|--------------------|
| 07/10/1924 | tempête_1924_10_07 |
| 23/11/1928 | tempête_1928_11_23 |
| 19/09/1930 | tempête_1930_09_19 |
| 16/12/1962 | tempête_1962_12_16 |
| 07/07/1969 | tempête_1969_07_07 |
| 11/01/1978 | tempête_1978_01_11 |
| 29/01/1978 | tempête_1978_01_29 |
| 15/12/1979 | tempête_1979_12_15 |
| 26/11/1983 | tempête_1983_11_26 |
| 08/02/1984 | tempête_1984_02_08 |
| 23/11/1984 | tempête_1984_11_23 |
| 15/10/1987 | tempête_1987_10_15 |
| 10/02/1988 | tempête_1988_02_10 |
| 25/01/1990 | tempête_1990_01_25 |
| 26/02/1990 | tempête_1990_02_26 |
| 11/11/1992 | tempête_1992_11_11 |
| 20/02/1996 | tempête_1996_02_20 |
| 03/01/1998 | tempête_1998_01_03 |
| 04/01/1998 | tempête_1998_01_04 |
| 05/01/1998 | tempête_1998_01_05 |
| 30/10/2000 | tempête_2000_10_30 |
| 27/10/2002 | tempête_2002_10_27 |
| 17/12/2004 | tempête_2004_12_17 |
| 09/02/2009 | tempête_2009_02_09 |
| 24/12/2013 | tempête_2013_12_24 |
| 14/02/2014 | tempête_2014_02_14 |
| 08/02/2016 | tempête_2016_02_08 |
| 19/11/2016 | tempête_2016_11_19 |
| 03/01/2018 | tempête_2018_01_03 |

tempête_1998_02_10



FIN DE DOCUMENT
