RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
*Liberté*
*Égalité*
*Fraternité*

Cerema
CLIMAT & TERRITOIRES DE DEMAIN

# Candhis : analyses 2022 des états de mer

## Tome 2 – Méditerranée

**RAPPORT D'ÉTUDE**

Mars 2022

Le Cerema (Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement) est un établissement public tourné vers l'appui aux politiques publiques, placé sous la double tutelle du ministère de la transition écologique et du ministère de la cohésion des territoires et des relations avec les collectivités territoriales.

Les métiers du Cerema s'organisent autour de 6 grands domaines d'activité complémentaires visant à accompagner les acteurs territoriaux dans la réalisation de leurs projets.

6 domaines d'activité :

Expertise et ingénierie territoriale / Bâtiment / Mobilités / Infrastructures de transport / Environnement et risques / Mer et littoral

Site web : cerema.fr

# Candhis : analyses 2022 des états de mer

## Tome 2 – Méditerranée

**Commanditaire : ministère de la Transition écologique**

**Auteur : Xavier Kergadallan**

### Responsable du rapport



| **Xavier KERGADALLAN –** DTecREM – DREL |
|---|
| Tél. : +33(0)2 98 05 67 22 |
| Courrier : **xavier.kergadallan@cerema.fr** |
| DTecREM / DREL – Technopôle Brest Iroise – 155 rue Pierre Bouguer / 29280 PLOUZANE |



Historique des versions du document

| Version | Date | Commentaire |
|---|---|---|
| 1 | 11/03/2022 | |
| | | |

### Référence

N° d'affaire : 22-RE-0002_Candhis-2022

| Nom | Service | Rôle | Date | Visa |
|---|---|---|---|---|
| Xavier Kergadallan | DTecREM / DREL | Auteur principal | 14/03/2022 | Xavier KERGADALLAN 2310011162kx — Signature numérique de Xavier KERGADALLAN 2310011162kx DN : c=FR, o=CEREMA, ou=0002 130018310, cn=Xavier KERGADALLAN 2310011162kx, givenName=Xavier, sn=KERGADALLAN Date : 2022.03.14 10:20:15 +01'00' |
| Alain Le Berre | DTecREM / DREL | Relecteur | 14/03/2022 | Alain LE-BERRE 2310028666la — Signature numérique de Alain LE-BERRE 2310028666la Date : 2022.03.14 15:51:45 +01'00' |
| Ronan Sanquer | DTecREM / DREL | Relecteur | 14/03/2022 | Ronan SANQUER 2310028853sr — Signature numérique de Ronan SANQUER 2310028853sr Date : 2022.03.14 16:11:31 +01'00' |
| Boris Leclerc | DTecREM / DREL | Responsable de la production | 17/03/2022 | Signature numérique de Boris LECLERC 2310004050lb DN : c=FR, o=Cerema Eau Mer et Fleuves, ou=0002 130018310, cn=Boris LECLERC 2310004050lb, givenName=Boris, sn=LECLERC |

## Résumé de l'étude

Analyse des données archivées de l'observatoire national des états de mer Candhis.

Sont présentées :

- les caractérisques générales (localisation, disponibilité) ;
- la climatologie moyenne (valeurs de référence, corrélogrammes, roses des houles) ;
- l'analyse des extrêmes (périodes de retour) ;
- les principales tempêtes (valeurs de référence, spectres de variance directionnels).

Les analyses ont été établies à partir des données contrôlées et archivées disponibles au 1er janvier 2022 en Méditerranée.

## 5 à 10 mots clés à retenir de l'étude



| | |
|---|---|
| **Candhis** | **houlographe** |
| **houle** | **tempête** |
| **états de mer** | **climatologie moyenne** |
| **observatoire** | **analyse des extrêmes** |
| **réseau de mesure** | **métropole** |



## Statut de communication de l'étude

Les études réalisées par le Cerema sur sa subvention pour charge de service public sont par défaut indexées et accessibles sur le portail documentaire du Cerema. Toutefois, certaines études à caractère spécifique peuvent être en accès restreint ou confidentiel. Il est demandé de préciser ci-dessous le statut de communication de l'étude.

☒ Accès libre : document accessible au public sur internet

☐ Accès restreint : document accessible uniquement aux agents du Cerema

☐ Accès confidentiel : document non accessible

Cette étude est capitalisée sur la plateforme documentaire CeremaDoc, via le dépôt de document : https://doc.cerema.fr/depot-rapport.aspx

# Contexte et objet de l’étude

Le Cerema est le gestionnaire du réseau national côtier de mesure de houle, le réseau CANDHIS. Ce réseau comptabilise une tentaine de stations de mesure opérationnelles et compte plus d’une centaine de campagnes de mesures dans ses archives (métropole et outre-mer).

Ce réseau s’appuie sur un ensemble de partenaires : établissements publics, services déconcentrés, collectivités territoriales, communautés de communes …

Les données sont contrôlées et archivées par le Cerema.

Le présent recueil s’inscrit dans la politique de valorisation des données Candhis par le Cerema. Il a pour objet le calcul des climatologies moyennes et l’analyse des hauteurs de vagues extrêmes pour les campagnes de mesure Candhis.

Ce recueil est mis à jour annuellement avec les nouvelles données recueillies.

# SOMMAIRE

**1. Introduction....9**

**2. Définitions....10**

2.1 Analyse vague par vague....10
2.2 Analyse spectrale....10

**3. Rappel théorique....11**

3.1 Analyse vague par vague (ou analyse temporelle)....11
3.2 Analyse spectrale....12
3.2.1 Spectre de variance non directionnel....12
3.2.3 Spectre directionnel de variance....12

**4. La mesure....14**

4.1 Le réseau de mesures CANDHIS....14
4.2 Les appareils de mesure....15
4.3 État des données....16
4.3.1 Avertissement quant à l'usage des données....16
4.3.2 Pas de mesure des paramètres d'états de mer....17
4.4 Contrôle des données....17
4.4.1 Premier niveau de contrôle....17
4.4.2 Deuxième niveau de contrôle....17

**5. Présentation des résultats....20**

5.1 Convention d'unités....20
5.2 Informations générales....20
5.3 Climatologie moyenne....21
5.4 Analyse des valeurs extrêmes....22
5.4.1 Méthodologie....22
5.4.2 Interprétation....23
5.5 Sélection des événements remarquables....24
5.5.1 Méthodologie....24
5.5.2 Interprétation....24

**Annexes : les fiches synthétiques**

# Annexes : les fiches synthétiques


| Campagne | Dépt. | Période de mesure | Durée effective | Page |
|---|---|---|---|---|
| **de Banyuls-sur-Mer à Fos-sur-Mer** | | | | **26** |
| 01101 – Leucate * | 11 | du 15/12/2006 au 31/12/2021 | 14,23 ans | 27 |
| 01301 – Camargue | 13 | du 09/07/1999 au 09/01/2004 | 2,85 ans | 40 |
| 01302 – Port-de-Bouc | 13 | du 11/07/2002 au 07/12/2002 | 0,40 an | 48 |
| 01303 – Fos | 13 | du 26/03/2003 au 24/01/2004 | 0,24 an | 50 |
| 01306 – Golfe de Fos | 13 | du 03/12/2018 au 30/06/2021 | 2,33 ans | 52 |
| 03001 – Espiguette * | 30 | du 11/08/2008 au 15/11/2021 | 10,70 ans | 58 |
| 03401 – Sète (Marseillan) | 34 | du 11/10/1988 au 28/01/2001 | 8,82 ans | 71 |
| 03402 – Sète (Frontignan) | 34 | du 03/04/2001 au 19/11/2002 | 1,44 an | 79 |
| 03403&03404 – Sète * | 34 | du 22/05/2003 au 31/12/2021 | 16,63 ans | 81 |
| 06601 – Banyuls * | 66 | du 28/11/2007 au 31/12/2021 | 12,94 ans | 94 |
| **de Fos-sur-Mer à Menton** | | | | **105** |
| 00601 – Nice | 6 | du 04/06/2002 au 07/03/2016 | 9,01 ans | 106 |
| 01304 – Marseille | 13 | du 18/11/2004 au 28/04/2008 | 2,09 ans | 118 |
| 01305 – Le Planier * | 13 | du 18/01/2011 au 31/12/2021 | 9,60 ans | 124 |
| 08301&08302 – Porquerolles * | 83 | du 14/05/1992 au 16/12/2021 | 15,51 ans | 137 |
| 98000 – Monaco * | - | du 29/10/2014 au 14/09/2021 | 6,31 ans | 152 |
| **Corse** | | | | **165** |
| 02B02 – Cap Corse | 2B | du 16/03/1999 au 01/03/2011 | 5,49 ans | 166 |
| 02B03 – Bastia | 2B | du 13/09/2006 au 19/11/2008 | 1,33 an | 174 |
| 02B04 – La Revellata * | 2B | du 02/05/2013 au 31/12/2021 | 6,31 ans | 176 |
| 02B05 – Alistro * | 2B | du 15/10/2013 au 31/12/2021 | 5,06 ans | 189 |


* *Campagne de mesures toujours active.*

Les fiches synthétiques de mesure des états de mer regroupées dans le présent document ont été établies à partir des observations temps différé disponible le 1er janvier 2022.

# 1. Introduction

Le présent recueil constitue le deuxième tome du catalogue des fiches synthétiques de mesure des états de mer. Ce deuxième tome porte sur les campagnes de mesures localisées le long du littoral métropolitain de Méditerranée (voir figure 1).

Les fiches synthétiques regroupent, par campagne de mesures, les métadonnées et une analyse des observations des états de mer issues de la base de données CANDHIS. Les observations utilisées sont les données « temps différé » disponibles au 1er janvier 2022.

Pour rappel, les données « temps différé » sont calculées à partir et après vérification des données brutes (les trois déplacements). Les données brutes sont collectées sur le terrain tous les deux ou trois mois pour les stations les plus accessibles, jusqu'à un minimum d'une fois par an pour les autres.

*Figure 1 : localisation des campagnes de mesure CANDHIS en Méditerranée.*

Le tome 1 porte sur les campagnes de mesures localisées le long du littoral métropolitain de la mer du Nord, la Manche et l'Atlantique, le tome 3 porte sur les campagnes outre-mer.

# 2. Définitions

## 2.1 Analyse vague par vague

- $H_{1/3}$ : hauteur significative, valeur moyenne du tiers supérieur des hauteurs des vagues observées sur une durée de 30 minutes.
- $H_{1/10}$ : valeur moyenne du dixième supérieur des hauteurs des vagues observées sur une durée de 30 minutes.
- $H_{max}$ : hauteur de la plus grande vague observée sur une période de 30 minutes.
- $T_{avd}$ : période moyenne des vagues observées sur une durée de 30 minutes définies par passage au niveau moyen par valeurs décroissantes.
- $T_{H1/3}$ : période significative, définie par la valeur moyenne des périodes du tiers supérieur des plus grandes vagues observées sur une durée de 30 minutes.
- $T_{H1/10}$ : valeur moyenne des périodes du dixième supérieur des plus grandes vagues observées sur une durée de 30 minutes.
- $T_{Hmax}$ : période de la vague de la plus grande hauteur observée sur une durée de 30 minutes.

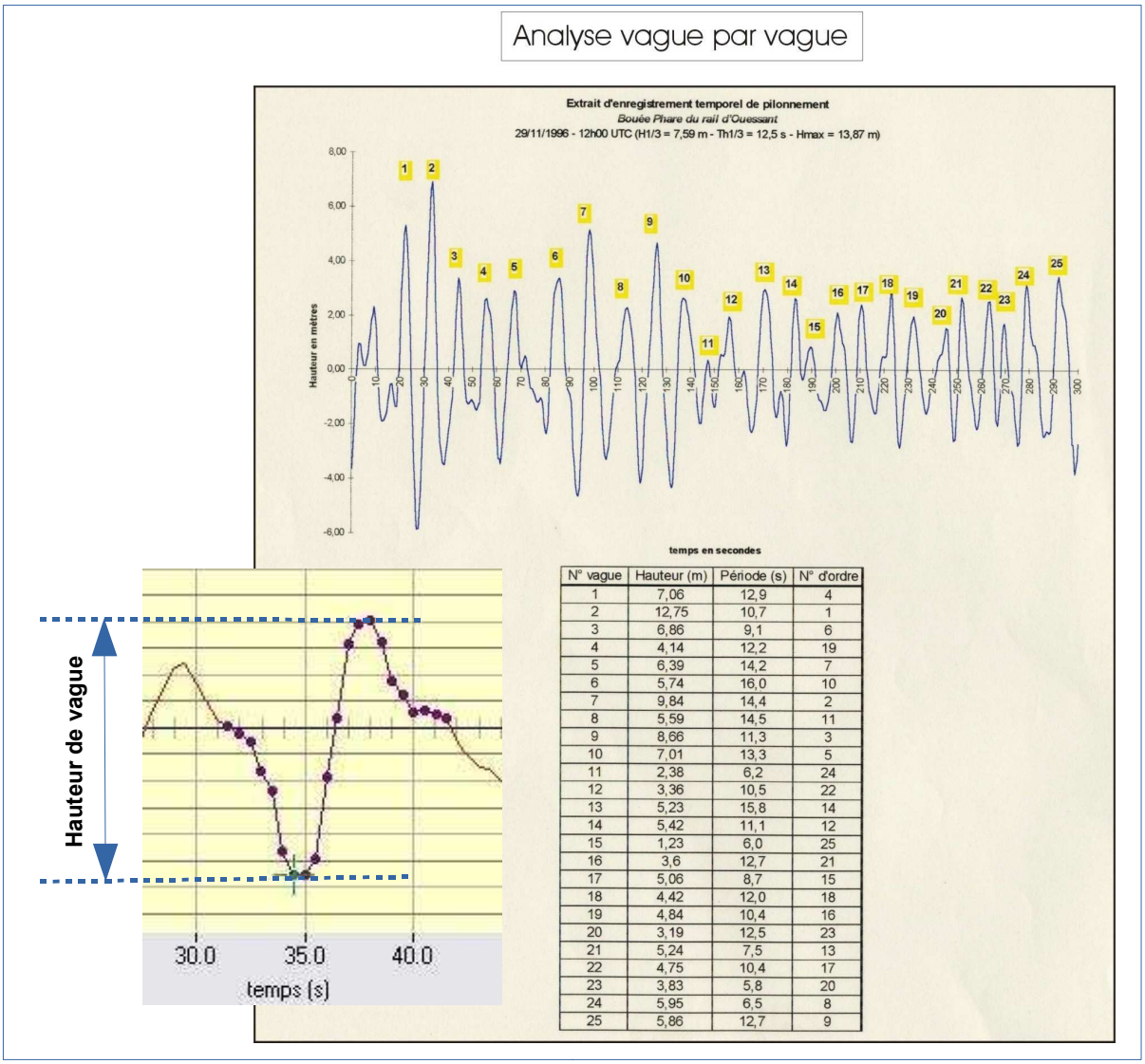
## 2.2 Analyse spectrale

- $H_{m0}$ : estimation de la hauteur significative des vagues à partir du moment d'ordre zéro de la densité spectrale.
- $T_{02}$ : période moyenne calculée en prenant la racine carrée du rapport du moment d'ordre zéro sur le moment d'ordre deux de la densité spectrale.
- $T_E$ : période d'énergie définie par le rapport du moment d'ordre moins un sur le moment d'ordre zéro de la densité spectrale.
- $T_p$ : période correspondant au maximum de la densité spectrale.
- $Dir_p$ : direction moyenne de provenance des vagues au pic du spectre d'énergie. L'angle est compté positivement, suivant le sens des aiguilles d'une montre, entre le nord géographique et la direction de provenance des vagues.
- $Etal_p$ : largeur directionnelle, caractérise l'étalement directionnel de l'énergie autour de la direction moyenne au pic (fonction de répartition angulaire de l'énergie associée à la fréquence de pic du spectre d'énergie).

# 3. Rappel théorique

## 3.1 Analyse vague par vague (ou analyse temporelle)

Il s'agit d'une analyse statistique des vagues définies par le passage au niveau moyen calculé sur l'ensemble du signal étudié (voir figure 2).




| N° vague | Hauteur (m) | Période (s) | N° d'ordre |
|---|---|---|---|
| 1 | 7,06 | 12,9 | 4 |
| 2 | 12,75 | 10,7 | 1 |
| 3 | 6,86 | 9,1 | 6 |
| 4 | 4,14 | 12,2 | 19 |
| 5 | 6,39 | 14,2 | 7 |
| 6 | 5,74 | 16,0 | 10 |
| 7 | 9,84 | 14,4 | 2 |
| 8 | 5,59 | 14,5 | 11 |
| 9 | 8,66 | 11,3 | 3 |
| 10 | 7,01 | 13,3 | 5 |
| 11 | 2,38 | 6,2 | 24 |
| 12 | 3,36 | 10,5 | 22 |
| 13 | 5,23 | 15,8 | 14 |
| 14 | 5,42 | 11,1 | 12 |
| 15 | 1,23 | 6,0 | 25 |
| 16 | 3,6 | 12,7 | 21 |
| 17 | 5,06 | 8,7 | 15 |
| 18 | 4,42 | 12,0 | 18 |
| 19 | 4,84 | 10,4 | 16 |
| 20 | 3,19 | 12,5 | 23 |
| 21 | 5,24 | 7,5 | 13 |
| 22 | 4,75 | 10,4 | 17 |
| 23 | 3,83 | 5,8 | 20 |
| 24 | 5,95 | 6,5 | 8 |
| 25 | 5,86 | 12,7 | 9 |

*Figure 2 : définition des hauteurs de vagues par l'analyse vague par vague.*

Les principaux paramètres d'états de mer calculés par l'analyse vague par vague sont les suivants : $H_{1/3}$, $H_{1/10}$, $H_{max}$, $T_{avd}$, $T_{H1/3}$, $T_{H1/10}$ et $T_{Hmax}$.

## 3.2 Analyse spectrale

L'analyse spectrale repose sur le calcul de la densité spectrale (ou spectre de variance). Elle permet de caractériser la nature des états de mer (houle, mer du vent).

### 3.2.1 Spectre de variance non directionnel

Le spectre de variance est établi à partir du déplacement vertical de la surface libre (voir figure 3). C'est un spectre à deux dimensions, représentant la répartition de l'énergie des vagues en fonction de la fréquence. L'état de mer est représenté par une superposition linéaire d'ondes sinusoïdales élémentaires, sans prendre en compte la direction de provenance des vagues.

Les principaux paramètres d'états de mer calculés à partir du spectre de variance non directionnel sont les suivants : $H_{m0}$, $T_{02}$, $T_E$ et $T_p$.

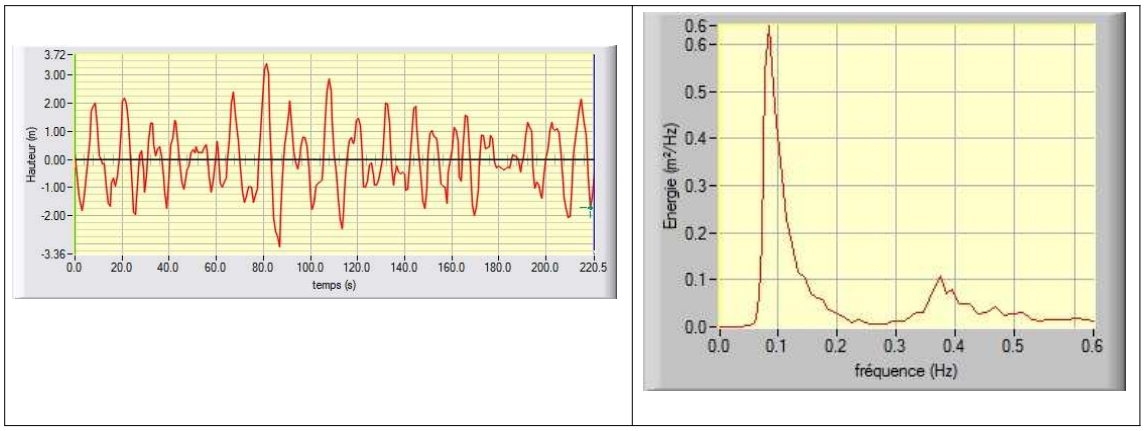



*Figure 3 : exemple de série temporelle et de spectre de variance non directionnel associé (source : CANDHIS).*

### 3.2.3 Spectre directionnel de variance

Le spectre directionnel de variance (appelé spectre directionnel) est un spectre à trois dimensions, représentant la répartition de l'énergie des vagues en fonction de la fréquence et de la direction de provenance. Pour établir ce spectre, le capteur doit mesurer au minimum trois signaux : par exemple trois déplacements, ou une pression et deux vitesses. L'état de mer est représenté par une superposition linéaire d'ondes sinusoïdales élémentaires en prenant en compte la direction de provenance des vagues (voir figure 4).

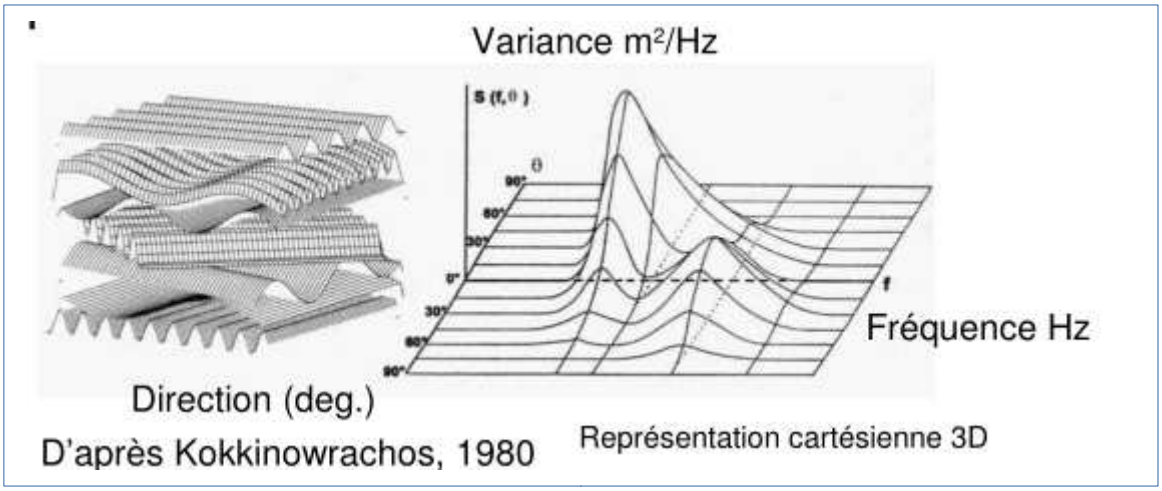



*Figure 4 : exemple de superposition linéaire d'ondes sinusoïdales et spectre directionnel de variance associé.*

La répartition de l'énergie est représentée à la fois sur les fréquences et sur les directions. Le spectre directionnel est généralement représenté sous forme polaire (voir figure 5).

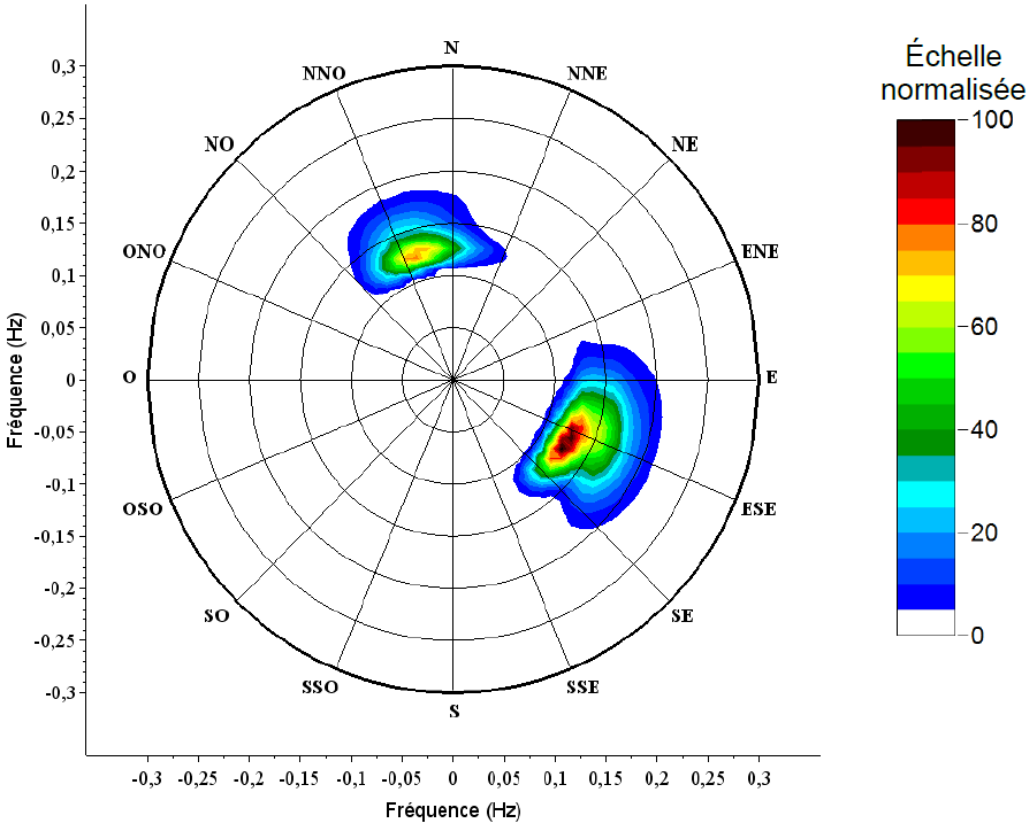



*Figure 5 : représentation polaire du spectre directionnel de variance (houlographe de Monaco, états de mer du 15 mars 2015 à 18h30).*

Les principaux paramètres d'états de mer directionnels sont les suivants : $Dir_p$ et $Etal_p$.

# 4. La mesure

## 4.1 Le réseau de mesures CANDHIS

L'acronyme CANDHIS, pour Centre d'archivage national de données de houle *in situ*, désigne à la fois :

- le réseau national côtier de mesures *in situ* de houle ;
- le site Internet ;
- et la base de données archivant les mesures.

L'objectif principal de CANDHIS est de promouvoir l'observation de la houle dans le domaine proche côtier et d'assurer la diffusion des données auprès de la communauté scientifique, des professionnels de la mer et du grand public.

Le Cerema assure la gestion du réseau national de mesures *in situ* de houle CANDHIS. Sur la région Méditerranée, au 1er janvier 2022 ce réseau comptait 9 campagnes de mesure en cours et 12 campagnes terminées.

La liste de ces campagnes ainsi que les partenaires associés sont présentés dans le tableau ci-après.

| N° de campagne | Nom | Partenariat |
|---|---|---|
| 00601 | Nice | Cerema / Préfecture des Alpes-Maritimes |
| **01101 *** | **Leucate** | **Cerema / DREAL Occitanie / DIRM Med** |
| 01301 | Camargue | Cerema |
| 01302 | Port de Bouc | Cerema / Port de Marseille Fos |
| 01303 | Fos | Cerema / Port de Marseille Fos |
| 01304 | Marseille | Cerema / Port de Marseille Fos |
| **01305 *** | **Le Planier** | **Cerema / Port de Marseille Fos / DIRM Med** |
| 01306 | Golfe de Fos | France Energie Marine / Métropole Aix Marseille Provence / Région PACA |
| 02B02 | Cap Corse | Cerema |
| 02B03 | Bastia | Cerema / CCI de Haute Corse |
| **02B04 *** | **La Revelatta** | **Cerema / SHOM / DIRM Med** |
| **02B05 *** | **Alistro** | **Cerema / DIRM Med** |
| **03001 *** | **Espiguette** | **Cerema / DREAL Occitanie / DDTM 34 / DIRM Med** |
| 03401 | Sète (Marseillan) | Cerema / DREAL Occitanie |
| 03402 | Sète (Frontignan) | Cerema / DREAL Occitanie |
| 03403 | Sète | Cerema / DREAL Occitanie |
| **03404 *** | **Sète** | **Cerema / DREAL Occitanie / DIRM Med** |
| **06601 *** | **Banyuls** | **Cerema / DREAL Occitanie / Observatoire Océanologique de Banyuls / DIRM Med** |
| 08301 | Porquerolles | Cerema |
| **08302 *** | **Porquerolles (dir.)** | **Cerema / DIRM Med** |
| **98000 *** | **Monaco** | **Principauté de Monaco** |

**** Campagne de mesures en cours.***

*Tableau 1 : Campagnes de mesures et partenariats en Méditerranée.*

En tant que gestionnaire du réseau CANDHIS, le Cerema assure les missions suivantes :

- définition des réseaux d'observation des états de mer et notamment de leur architecture ;
- coordination de la collecte des observations des états de mer sur l'ensemble du réseau CANDHIS ;
- coordination de la diffusion opérationnelle des observations en temps réel et en temps différé ;
- gestion et archivage des observations collectées en temps réel et en temps différé ;
- application des contrôles qualité des observations, en conformité avec les normes en vigueur.

Le Cerema apporte son assistance technique et met à disposition ses logiciels de récupération et de traitement des données auprès de l'ensemble de ses partenaires.

Le matériel premier est financé par un partenaire ou par le Cerema. Selon la station de mesure, le Cerema finance ou non la maintenance (crédits ministère de Transition écologique et solidaire) et intervient ou non directement sur les matériels pour effectuer les opérations de maintenance.

Pour ses interventions en mer, le Cerema s'appuie sur les moyens nautiques mis à disposition par les services des phares et balises (DIRM Méditerranée).

Les données CANDHIS sont mises à disposition de l'ensemble des professionnels de la mer. Elles sont utilisées, entre autre par :

- Météo-France, dans le cadre de sa mission de surveillance de l'océan superficiel ;
- le Cerema pour répondre aux sollicitations des préfectures en vue d'instruire les demandes de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle liée au phénomène de submersion marine.

CANDHIS est partenaire de Coriolis. Le centre de données Coriolis (CNES, CNRS, Ifremer, IPEV, IRD, Météo-France, Shom) contribue au volet "mesures *in situ*" de l'océanographie opérationnelle.

## 4.2 Les appareils de mesure

La mesure est effectuée, selon les campagnes, par :

- une bouée de mesure de houle non directionnelle : bouée Datawell ou bouée Datawell intégrée dans une bouée de protection STPB DM25 (voir figure 6) ;
- une bouée de mesure de houle directionnelle : bouées Wavescan, TriAxys, Datawell (voir figure 6) ;
- une centrale d'attitude MRU5/6 ou un capteur Datawell de pilonnement roulis-tangage positionné sur une bouée phare (voir figure 7).

Les mesures brutes sont envoyées par liaison radio à une station de réception à terre où elles sont enregistrées, contrôlées et diffusées en temps réel quand cela est possible. Dans certains cas les mesures sont, en outre, enregistrées sur une carte mémoire interne au matériel, ce qui permet de limiter les pertes de données liées aux problèmes de transmission vers la station de réception à terre.

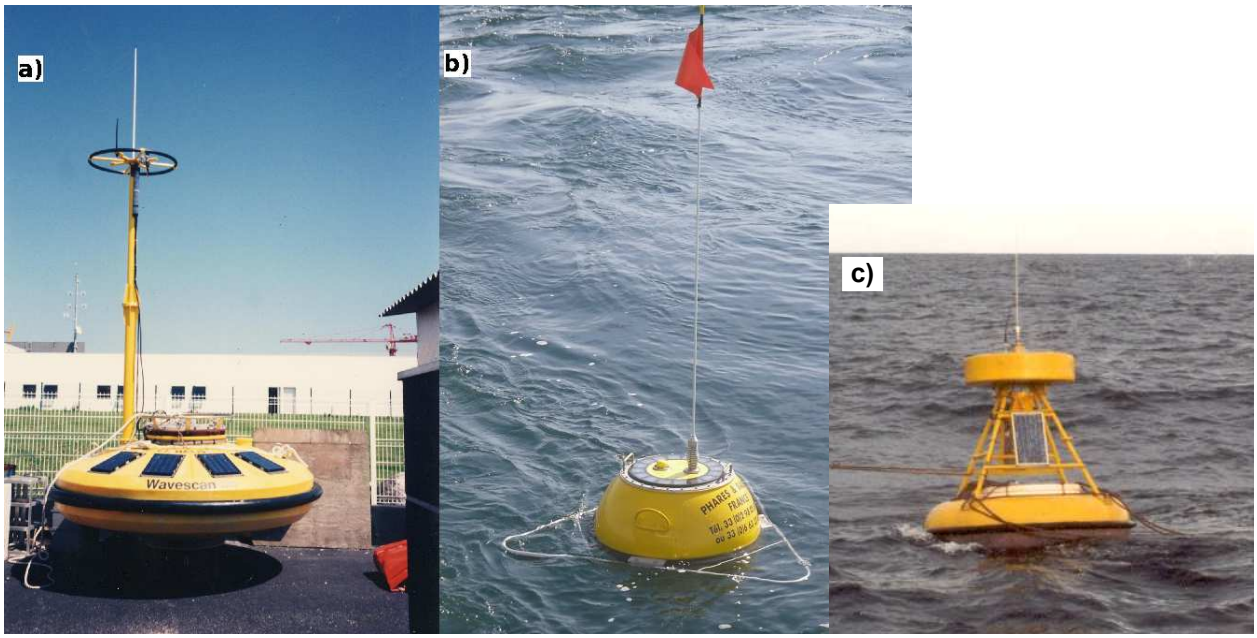



*Figure 6 : bouées de mesure de houle : Wavescan (a), Datawell (b) et Datawell intégrée dans une bouée de protection STPB DM25 (c).*

*Figure 7 : bouée phare de Ouessant instrumentée.*

## 4.3 État des données

### 4.3.1 Avertissement quant à l'usage des données

Les données sont issues des campagnes de mesure *in situ*. Des valeurs aberrantes peuvent apparaître :

- en cas de collision ou manipulation du houlographe ;
- si le matériel est en limite d'autonomie ;
- en cas de défaillance du système ;
- etc.

Un certain nombre de contrôles sont effectués afin de limiter l'influence de ces valeurs mais le résultat ne peut être garanti (voir § 4.4).

En cas de tempêtes, des problèmes de transmission et/ou d'autonomie peuvent engendrer une interruption des mesures.

La répartition non homogène dans le temps des mesures peut donner plus de poids à une période particulière dans les résultats d'analyses statistiques globales (quantiles, histogrammes, corrélogrammes… ).

### 4.3.2 Pas de mesure des paramètres d'états de mer

Le pas de mesure est variable selon l'ancienneté de la campagne de mesures :

- 3 heures avec, sur déclenchement sur seuil en cas de tempête, passage à 1 heure ou 30 minutes ;
- 1 heure ;
- ou 30 minutes.

Les houlographes actuels fonctionnement avec un pas de mesure de 30 minutes.

La variation du pas de mesure dans le temps pour une même campagne peut donner plus de poids à une période ou un événement particulier dans les résultats d'analyses statistiques globales (quantiles, histogrammes, corrélogrammes… ). Afin de pallier le problème, l'ensemble des données a été ré-échantillonné ici à 30 minutes avant d'effectuer ces analyses. Il convient toutefois d'interpréter ces résultats en regard des périodes de fonctionnement du matériel.

## 4.4 Contrôle des données

Un certain nombre de contrôles sont effectués afin de limiter la présence de valeurs aberrantes.

### 4.4.1 Premier niveau de contrôle

Des tests sont réalisés directement au niveau de la base de données CANDHIS par les logiciels Houle4 (non directionnel) ou Houle5 (directionnel) développés par le Cerema :

- suppression de l'horodate si le nombre de vagues est insuffisant (inférieur à 75) ;
- vérification des ordres de grandeurs de $H_{1/3}$, $H_{max}$, $T_{H1/3}$. (les relations suivantes doivent être respectées : $T_{H1/3} < 30$ s et $H_{max} < 3\ H_{1/3}$).

### 4.4.2 Deuxième niveau de contrôle

Le deuxième niveau de contrôle est laissé à l'appréciation de l'utilisateur de la donnée. Il s'effectue à travers l'interprétation des tests de skewness et kurtosis.

►Principe

Les tests de skewness et kurtosis permettent, uniquement en présence de houles linéaires, de juger de la qualité de la distribution de l'élévation de la surface de l'eau.

Le skewness et le kurtosis mesurent respectivement l'asymétrie et l'aplatissement de la distribution (voir figures 8 et 9). Pour des houles linéaires (théorie linéaire) et en l'absence de problème sur la mesure, l'élévation de la surface de l'eau suit une loi normale (skewness = 0 et kurtosis = 3).

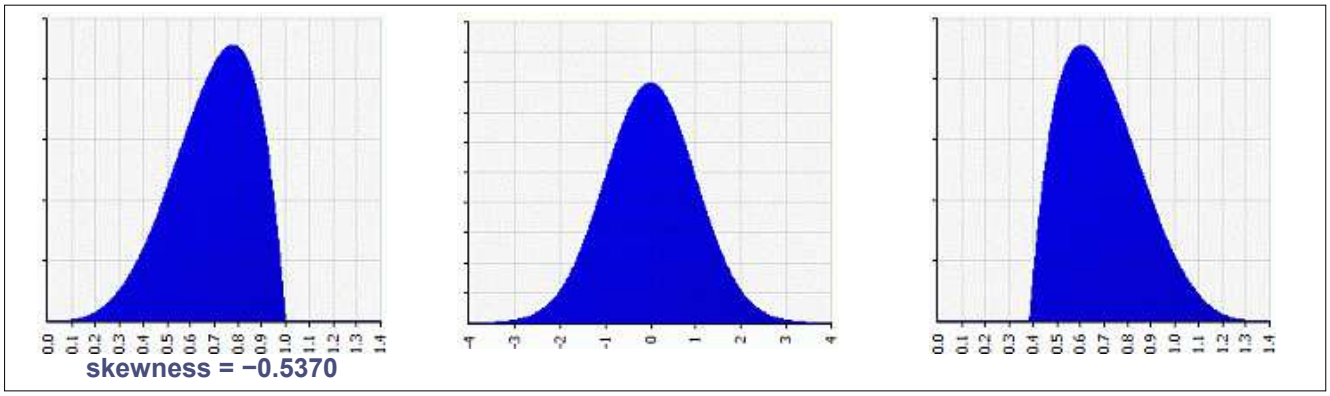



*Figure 8 : skewness : mesure de la symétrie*
*(source : copyright © 2008–2012 par Stan Brown, Oak Road Systems).*

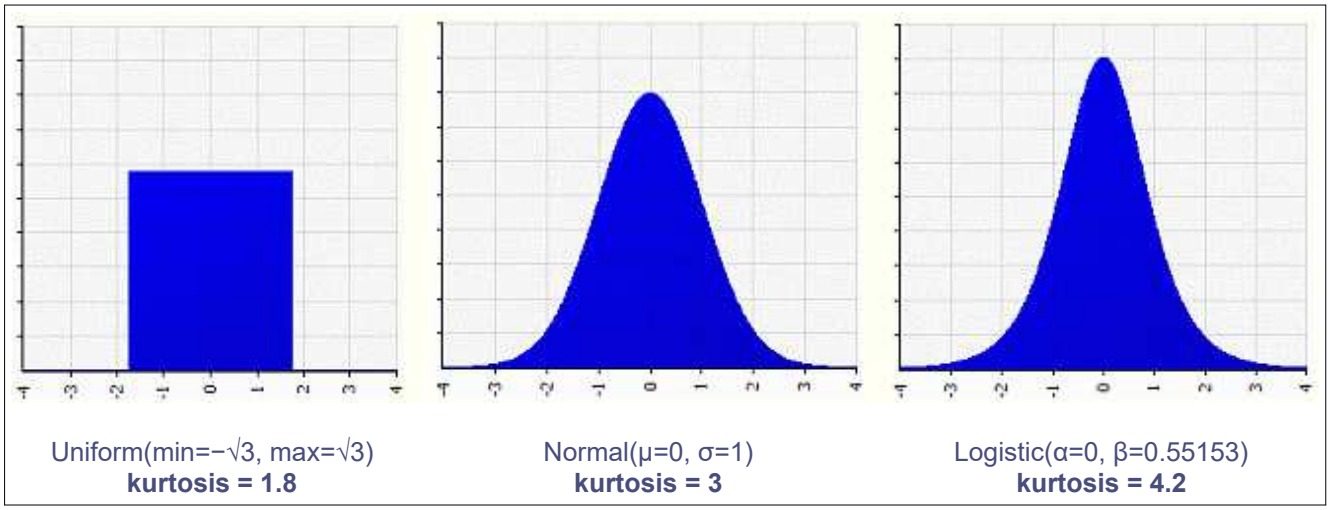



*Figure 9 : kurtosis : mesure de l'aplatissement*
*(source : copyright © 2008–2012 par Stan Brown, Oak Road Systems).*

► Domaine de validité

La théorie linéaire est valable si la condition suivante est vérifiée :

$$\frac{\gamma}{\tanh(2\pi d/L)} \ll 1 \quad ,$$

avec $\gamma = H/L$ la cambrure, $H$ la hauteur de vague, $L$ la longueur d'onde et $d$ la profondeur.

► Utilisation pratique

Dans la pratique, on se situe rarement complètement dans la théorie linéaire. Pour un état de mer donné, il existe presque toujours quelques vagues de forte cambrure pour des périodes inférieures à deux ou trois secondes. Toutefois, si l'énergie associée est faible, ces vagues auront peu d'incidence sur l'état de mer.

La règle proposée ici est la suivante :

- on considère que la théorie linéaire est valide si

$$\frac{\gamma_s}{\tanh(2\pi d / L_{H1/3})} < \frac{1}{10} \quad ,$$

avec $\gamma_s = H_{1/3} / L_{H1/3}$ la cambrure significative
et $L_{H1/3}$ la longueur d'onde significative correspondant au $T_{H1/3}$.

- et dans ce cas le skewness doit être compris entre -0,3 et +0,3 et le kurtosis être inférieur à 5.

L'interprétation des résultats aux tests de skewness et kurtosis n'est cependant pas aisée. Il s'agit plus ici de pointer quelques valeurs isolées méritant d'être confirmées, que de réels tests de rejet.

Pour une analyse plus fine sur les tests de normalité, il est possible d'appliquer, par exemple, un test de $\chi^2$ d'Agostino (R. B. D'Agostino, A. Belanger, R. B. D'Agostino Jr, 1990, « *A suggestion for using powerful and informative tests of normality* », *The American Statistician* 44-4: 316–321).

# 5. Présentation des résultats

Les résultats sont présentés sous forme de fiches synthétiques de mesure de houle. Les fiches se décomposent en quatre parties :

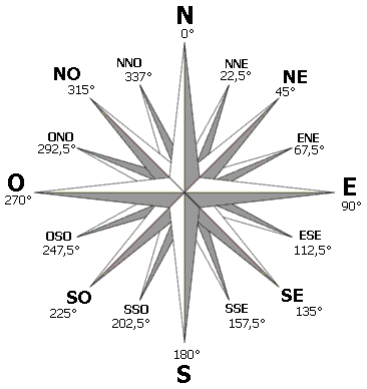
- informations générales ;
- climatologie moyenne (optionnelle, selon la durée de mesure) ;
- analyse des valeurs extrêmes (optionnelle, selon la durée de mesure) ;
- sélection des événements remarquables.

## 5.1 Convention d'unités

Les heures sont en heures « TU ». Les heures correspondent au début de la plage d'observation de l'élévation de la surface de l'eau. Par exemple une $H_{1/3}$ repérée à 12h00, a été établie à partir des vagues observées entre 12h00 et 12h30.

Hauteurs et périodes sont respectivement présentées en mètres et secondes.

Les directions de provenance des vagues ($Dir_p$) sont repérées par une rose des vents à 16 directions (voir figure 10), dans le sens des aiguilles d'une montre.




| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **N** : | 348,75° à 11,25° | - | **S** : | 168,75° à 191,25° |
| NNE : | 11,25° à 33,75° | - | SSO : | 191,25° à 213,75° |
| **NE** : | 33,75° à 56,25° | - | **SO** : | 213,75° à 236,25° |
| ENE : | 56,25° à 78,75° | - | OSO : | 236,25° à 258,75° |
| **E** : | 78,75° à 101,25° | - | **O** : | 258,75° à 281,25° |
| ESE : | 101,25° à 123,75° | - | ONO : | 281,25° à 303,75° |
| **SE** : | 123,75° à 136,25° | - | **NO** : | 303,75° à 326,25° |
| SSE : | 136,25° à 168,75° | - | NNO : | 326,25° à 348,75° |

*Figure 10 : repérage des directions de provenance des vagues.*

## 5.2 Informations générales

Les informations générales présentent :

- la période de mesure totale et la plage de mesure directionnelle (potentiellement différentes en cas de changement de matériel) ;
- la localisation du point de mesure ;
- la profondeur (valeur approximative) ;
- la distance à la côte (valeur approximative) ;
- et le marnage VEM (vive eau moyenne, valeur approximative).

Est également fourni un tableau avec les taux de disponibilité mensuel, annuel et total. Pour construire ce tableau et du fait de la durée d'échantillonnage variable (voir §4.3.2) :

- l'ensemble des données a été ré-échantillonné au pas de 30 minutes ;
- la donnée est considérée manquante si deux horodates consécutives sont distantes de plus de trois heures.

De ce fait, pour les campagnes de mesures avec un échantillonnage constant à 30 minutes ou une heure, les interruptions de mesures de durée inférieure ou égale à trois heures ne sont pas prises en compte dans les calculs des taux de disponibilité.

## 5.3 Climatologie moyenne

La caractérisation d'une climatologie moyenne nécessite en principe un minimum de deux à trois ans de mesures. La climatologie moyenne est ici établie à partir d'une année de durée cumulée d'observation. Il est donc important d'interpréter les figures décrites ci-après en corrélation avec les taux de disponibilité fournis dans les informations générales.

La climatologie moyenne présente sous forme de figures :

- les corrélogrammes $H_{m0}$ fonction de $T_p$ et $H_{m0}$ fonction de $T_{02}$ ;
- et seulement pour les mesures directionnelles, une rose des houles.

La climatologie moyenne est établie :

- sur l'année (climatologie annuelle sur tous les mois de l'année) ;
- sur les six mois d'été (climatologie estivale d'avril à septembre) ;
- sur les six mois d'hiver (climatologie hivernale d'octobre à mars).

Pour construire ces figures et du fait de la durée variable d'échantillonnage, les données ont été ré-échantillonnées à 30 minutes sur le même principe que celui utilisé pour établir les taux de disponibilité (voir §5.2).

Pour les corrélogrammes, les états de mer considérés comme « hors échelle » ($T_{02}$ ou $T_p$ isolé du gros de la distribution) ne sont pas représentés. Le pourcentage d'états de mer « hors échelle » est indiqué sous le corrélogramme. Cela ne concerne quasi exclusivement que la représentation des $T_p$ en fonction des $H_{m0}$.

Pour construire la rose des houles, les directions de provenance associées à une $H_{m0}$ inférieure ou égale à 0,25 m (voir figure 11) n'ont pas été prises en comptes. En effet les directions associées sont jugées peu significatives. Le pourcentage d'état de mer concerné est indiqué au centre de la rose des houles (moins de 1 % dans l'exemple figure 11).

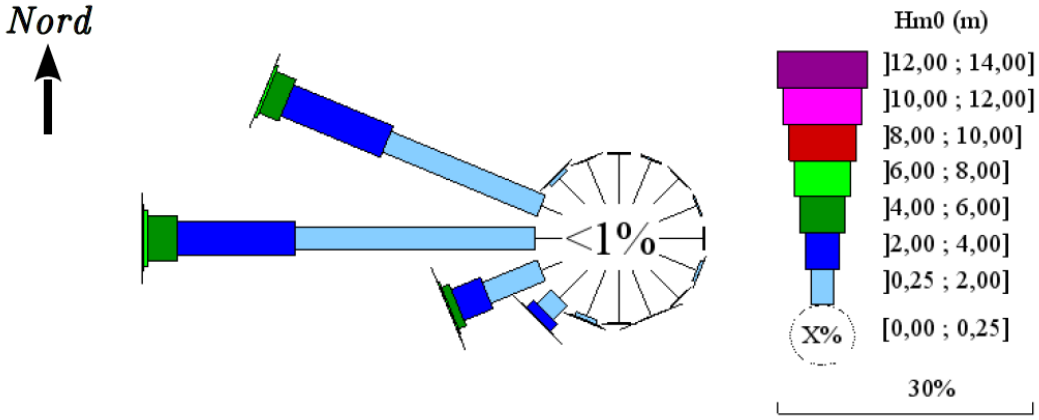



*Figure 11 : exemple de rose des houles (houlographe des Pierres Noires).*

## 5.4 Analyse des valeurs extrêmes

### 5.4.1 Méthodologie

L'analyse des valeurs extrêmes est effectuée sur les $H_{1/3}$ pour les campagnes de mesures de durée cumulée supérieure ou égale à deux ans.

La méthode utilisée ici repose sur la théorie des valeurs extrêmes, qui veut que l'on puisse ajuster une loi de distribution théorique aux observations de pics de tempête, pour peu que ceux-ci soient indépendants (appartenant à des tempêtes distinctes).

La méthode d'échantillonnage utilisée pour isoler les pics de tempêtes est la méthode POT (peak over threshold). Deux pics consécutifs de tempête sont considérés comme appartenant à la même tempête s'ils sont distants de moins de 24 heures.
Le seuil de sélection des événements de tempête est fixé :

- de façon à obtenir une moyenne annuelle de 2 à 8 tempêtes, préférentiellement plus proche de huit que de deux ;
- en visant, préférentiellement et si elle existe, une plage de valeurs où les estimations sont peu sensibles à la variation du seuil ;
- en estimant par un test de $\chi^2$ (à 9 degrés de liberté), la dispersion entre la distribution expérimentale de l'échantillon et la distribution théorique ajustée.

Les résultats sont fournis pour deux lois de distribution théoriques : la GPD (generalized pareto distribution) et la loi Exp. (exponentielle).

Sachant que $Pr\{H_{1/3}>h\,|h>u\}$ est la probabilité que $H_{1/3}$ soit supérieure à $h$, sachant que $h$ est supérieure au seuil de tempête $u$, les deux lois s'écrivent :

- pour la GPD :

$$Pr\{H_{1/3}>h\,|h>u\}=\left(1+\xi\frac{h-u}{\sigma}\right)^{-1/\xi} \quad ,$$

avec $\sigma$ le paramètre d'échelle et $\xi$ le paramètre de forme.

- pour la loi Exp. :

$$Pr\{H_{1/3}>h\,|h>u\}=\exp[-\rho(h-u)] \quad ,$$

avec $\rho$ le paramètre de la loi.

### 5.4.2 Interprétation

► Hauteurs significatives

L'analyse est effectuée dans un premier temps toutes directions de provenance des vagues confondues. Le résultat se présente sous la forme d'un tableau et d'une figure fournissant les estimations de périodes de retour associées aux $H_{1/3}$. Selon l'exposition du site, une deuxième voire une troisième analyse est effectuée pour une direction de provenance des vagues bien particulière.

Les estimations correspondant à des périodes de retour supérieures à cinq fois la durée d'observation (par exemple une période de retour supérieure à 10 ans pour 2 ans d'observations), sont considérées comme particulièrement sujettes à caution. Ces estimations ne sont donc pas communiquées.

Les intervalles de confiance associés correspondent à la seule incertitude d'échantillonnage. Cette incertitude est liée au nombre de pics de tempête sélectionnés pour l'ajustement statistique (fonction de la durée de mesure et du choix du seuil).

Deux estimations sont fournies, établies respectivement par la GPD et la loi Exp. Le choix d'une estimation plutôt que l'autre est laissé à l'appréciation de l'utilisateur. La différence fait partie de l'incertitude du choix du modèle statistique. Cette différence ne suffit pas à d'écrire cette incertitude. En effet, il conviendrait de tester d'autres lois, d'intégrer l'incertitude sur le choix du seuil de tempête et l'incertitude sur la méthode d'échantillonnage.

► Période moyenne ($T_{avd}$)

L'analyse de valeurs extrêmes est effectuée sur la seule $H_{1/3}$.Une étude interne[1] a permis de définir une méthodologie pour calculer la période moyenne $T_{avd}$ associée à une valeur extrême $H_{1/3}$. Le mode de calcul est présenté ci-après.

La cambrure $\gamma$ est calculée à partir des formules suivantes :

$$\gamma = H_{1/3} / L_{avd} \qquad \text{et} \qquad L_{avd} = \frac{g\,T_{avd}^2}{2\pi}\tanh\left(\frac{2\pi d}{L_{avd}}\right) ,$$

avec $g$ la constante d'accélération de la pesanteur et $d$ la profondeur.

L'hypothèse émise est que :
- pour $H_{1/3}$ supérieur au seuil de tempête,
- la distribution des cambures $\gamma$ suit une distribution normale asymétrique.

Les paramètres de la distribution normale asymétriques sont établis à partir des observations. Il est donc possible pour un couple de valeurs ($H_{1/3}$, $\gamma$) de calculer $T_{avd}$.

Sont présentés sur les fiches synthétiques :
- la valeur médiane $\gamma$ issue de la distribution normale asymétrique ;
- les valeurs minimale et maximales $\gamma$ issues des observations ;
- l'intervalle de confiance $T_{avd}$. pour $H_{1/3}$ de période de retour 5, 10, 20 et 50 ans.

1 https://doc.cerema.fr/ *Analyse des paramètres d'états de mer CANDHIS. Dépendance hauteur (Hm0) période (T02) : Note technique du 25/08/2020*

## 5.5 Sélection des événements remarquables

### 5.5.1 Méthodologie

La dernière partie des fiches présente une sélection d'événements remarquable ; **non pour dresser une liste exhaustive des tempêtes observées**, mais pour zoomer sur les plus fortes $H_{1/3}$ observées.

La méthode de sélection est la suivante :

- dans un premier temps, l'ensemble des pics de $H_{1/3}$ sont repérés ;
- les pics, dépassés par d'autres sur une fenêtre de plus ou moins 24 heures, sont éliminés ;
- les pics sont ensuite classés par ordre décroissant et seuls les *N* premiers sont conservés, avec *N* :
    - équivalent aux nombres d'années d'observation ;
    - limité à 5 pour un houlographe directionnel et à 6 pour un houlographe non directionnel.

Un événement tel que présenté sur les fiches correspond à l'affichage des $H_{1/3}$, $H_{max}$, $Dir_p$, $T_p$ et $T_{02}$, sur une fenêtre temporelle de cinq jours centrée sur la date de pic de $H_{1/3}$.

À noter qu'au-dessus des fenêtres temporelles sont situés dans le temps les moments d'échantillonnage (ligne notée « ***Obs.*** ») afin de mettre en évidence les interruptions dans les mesures.

Les fiches mentionnent également des informations relatives aux pics de $H_{1/3}$ : les valeurs des paramètres d'états de mer et le spectre directionnel de variance s'il est disponible.

Pour aller plus loin, le site Internet CANDHIS présente les évolutions mensuelles des paramètres $H_{1/3}$, $H_{max}$, $H_{m0}$, $T_{H1/3}$.

### 5.5.2 Interprétation

La méthode de sélection des événements remarquables entraîne deux conséquences notables quant à l'interprétation des résultats :

- la première est que pour les faibles durées de mesure, et les campagnes principalement concernées par la saison estivale, il est possible qu'un événement affiché ne corresponde pas à une tempête.
- la seconde est que la fenêtre temporelle de cinq jours n'est pas liée au début et à la fin d'une tempête. Les valeurs observées sur ces cinq jours peuvent donc relever d'autres phénomènes météorologiques.

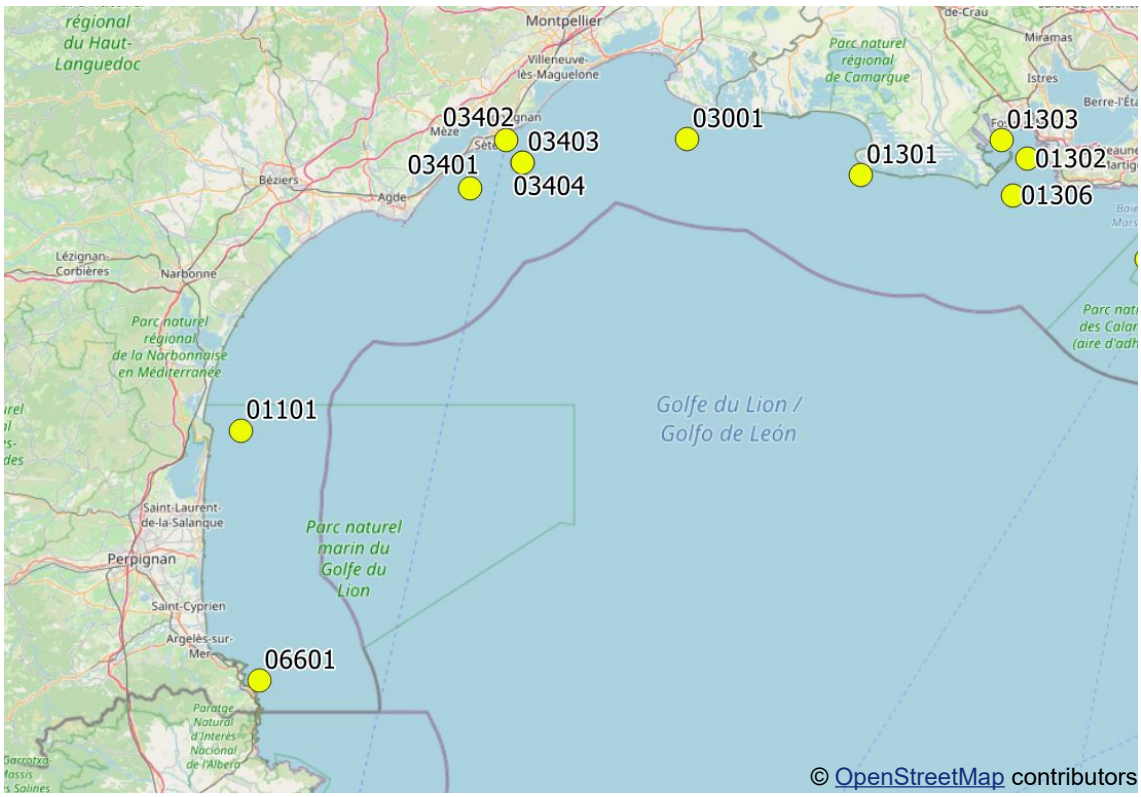
Sur la figure représentant les évolutions de $H_{1/3}$ et $H_{max}$ au cours du temps, sont repérées les valeurs pouvant être assimilées à une houle linéaire pour des valeurs de skweness et/ou kurtosis sujette(s) à caution (voir l'utilisation pratique § 4.4.2). Il n'est pas tenu compte ici du marnage (variation de la profondeur). Il ne s'agit là que d'une information qualitative.

# ANNEXES

**de Banyuls-sur-Mer à Fos-sur-Mer**


| Campagne | Dépt. | Période de mesure | Durée effective | Page |
|---|---|---|---|---|
| **de Banyuls-sur-Mer à Fos-sur-Mer** | | | | **26** |
| 01101 – Leucate * | 11 | du 15/12/2006 au 31/12/2021 | 14,23 ans | 27 |
| 01301 – Camargue | 13 | du 09/07/1999 au 09/01/2004 | 2,85 ans | 40 |
| 01302 – Port-de-Bouc | 13 | du 11/07/2002 au 07/12/2002 | 0,40 an | 48 |
| 01303 – Fos | 13 | du 26/03/2003 au 24/01/2004 | 0,24 an | 50 |
| 01306 – Golfe de Fos | 13 | du 03/12/2018 au 30/06/2021 | 2,33 ans | 52 |
| 03001 – Espiguette * | 30 | du 11/08/2008 au 15/11/2021 | 10,70 ans | 58 |
| 03401 – Sète (Marseillan) | 34 | du 11/10/1988 au 28/01/2001 | 8,82 ans | 71 |
| 03402 – Sète (Frontignan) | 34 | du 03/04/2001 au 19/11/2002 | 1,44 an | 79 |
| 03403&03404 – Sète * | 34 | du 22/05/2003 au 31/12/2021 | 16,63 ans | 81 |
| 06601 – Banyuls * | 66 | du 28/11/2007 au 31/12/2021 | 12,94 ans | 94 |


* *Campagne de mesures toujours active.*



# CANDHIS : 01101 – Leucate

## Informations générales

**Durée d'observation :** 14,23 ans
du 15/12/06 au 31/12/21

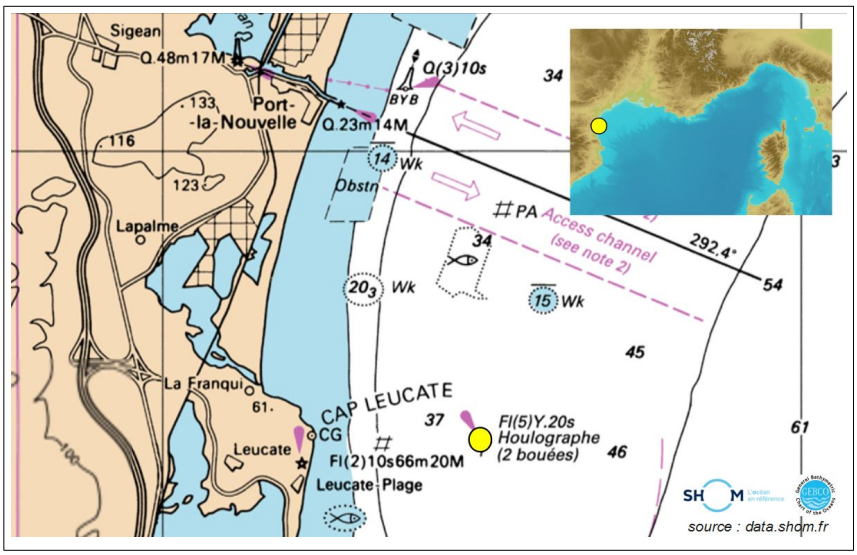
**Latitude :** 42°55,000'N

**Longitude :** 03°07,500'E

**Distance à la côte :** 2,9 milles

**Profondeur :** 40 mètres

**Marnage (VEM) :** -



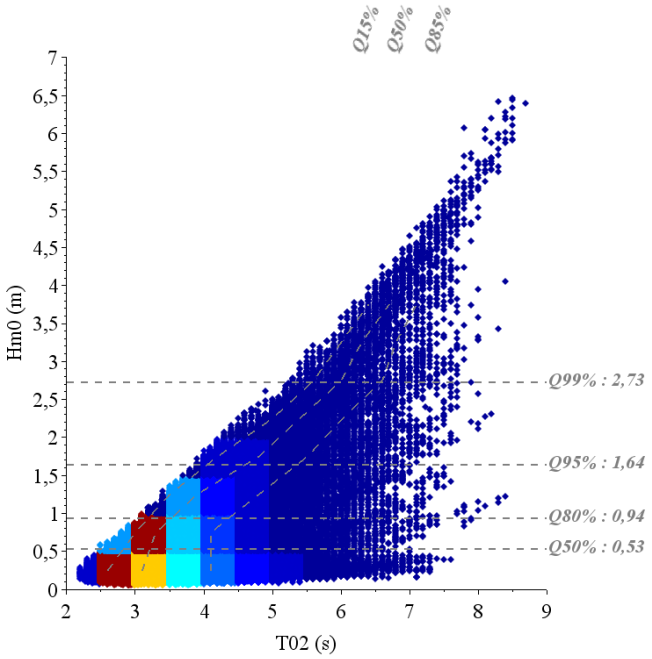

**Taux de disponibilité :**

| | janv. | fév. | mars | avril | mai | juin | juil. | août | sept. | oct. | nov. | déc. | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **2006** | | | | | | | | | | | | 27% | 2% |
| **2007** | 61% | 97% | 99% | 100% | 97% | 97% | 100% | 98% | 100% | 100% | 100% | 100% | 96% |
| **2008** | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 93% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 99% |
| **2009** | 95% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 92% | 99% |
| **2010** | 85% | 43% | | | | 26% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 63% |
| **2011** | 99% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 39% | | 40% | 100% | 100% | 82% |
| **2012** | 100% | 100% | 100% | 100% | 99% | 100% | 100% | 100% | 100% | 99% | 100% | 100% | 100% |
| **2013** | 100% | 100% | 100% | 99% | 99% | 94% | 99% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 99% |
| **2014** | 99% | 69% | 66% | 100% | 100% | 99% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 94% |
| **2015** | 100% | 93% | 100% | 100% | 100% | 99% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 99% |
| **2016** | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| **2017** | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| **2018** | 100% | 100% | 100% | 99% | 100% | 99% | 100% | 100% | 99% | 100% | 99% | 100% | 100% |
| **2019** | 99% | 100% | 100% | 100% | 99% | 100% | 100% | 99% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| **2020** | 100% | 100% | 99% | 100% | 97% | 98% | 99% | 99% | 97% | 100% | 100% | 100% | 99% |
| **2021** | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 96% | 100% | 100% | 93% | 90% | 49% | 75% | 92% |
| **Total** | **90%** | **88%** | **85%** | **87%** | **87%** | **87%** | **93%** | **90%** | **87%** | **89%** | **90%** | **93%** | **89%** |

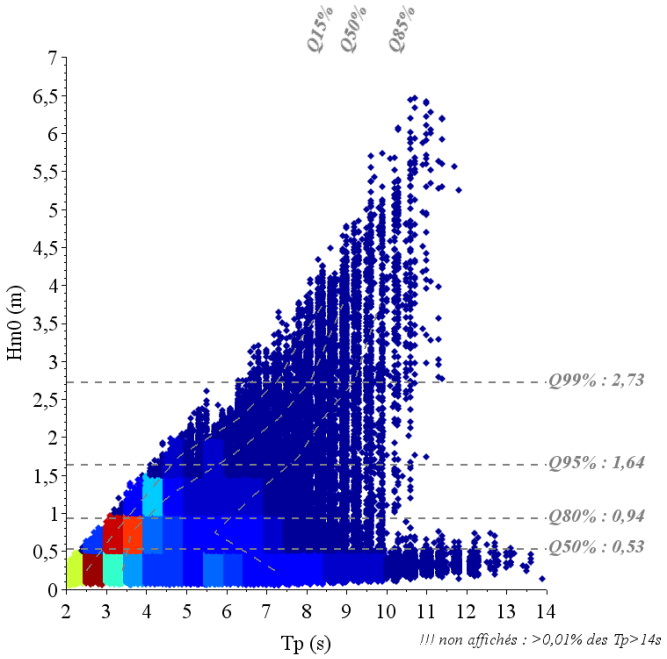
# CANDHIS : 01101 – Leucate

**Climatologie moyenne : ANNUELLE (janvier à décembre)**

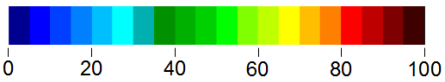
► $H_{m0}$ fonction de $T_{02}$



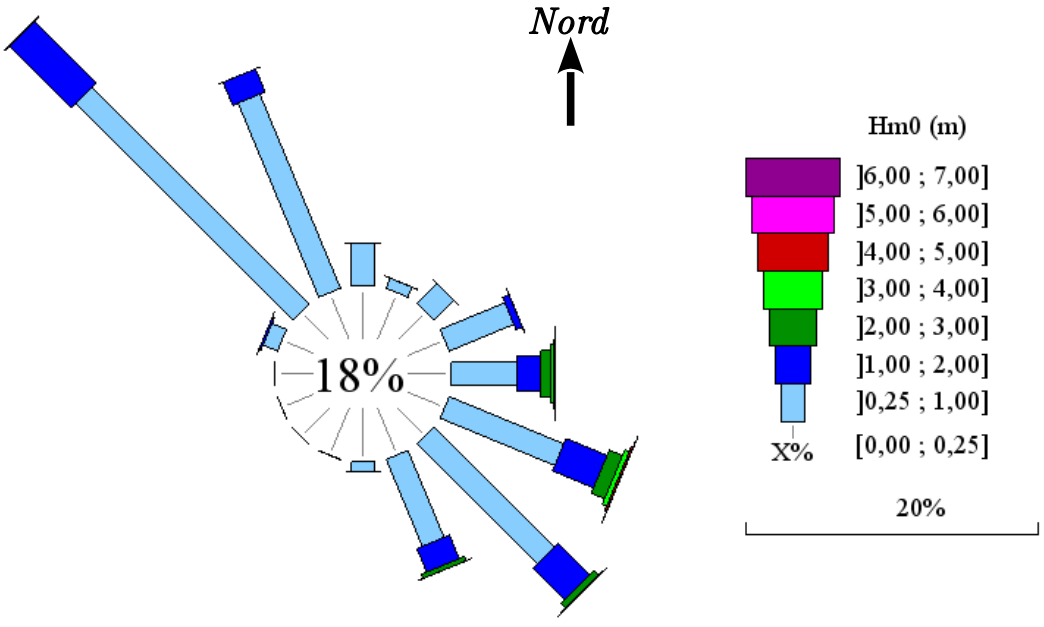

► $H_{m0}$ fonction de $T_p$




Échelle de couleurs normalisée :



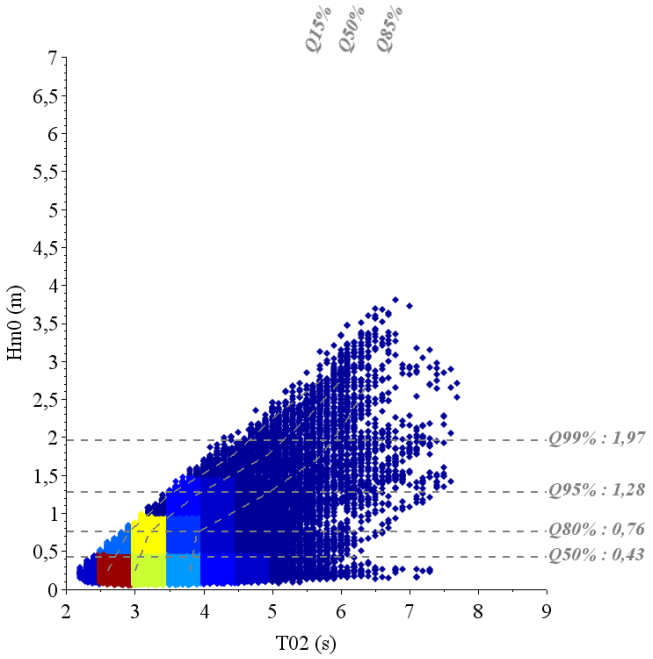

► $H_{m0}$ fonction de $Dir_p$ (rose des houles)



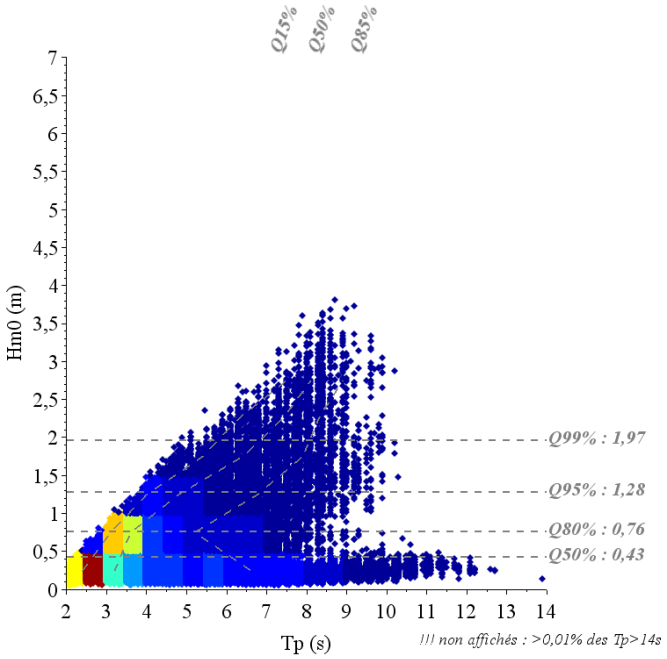
# CANDHIS : 01101 – Leucate

**Climatologie moyenne : ESTIVALE (avril à septembre)**

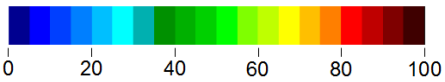
► $H_{m0}$ fonction de $T_{02}$



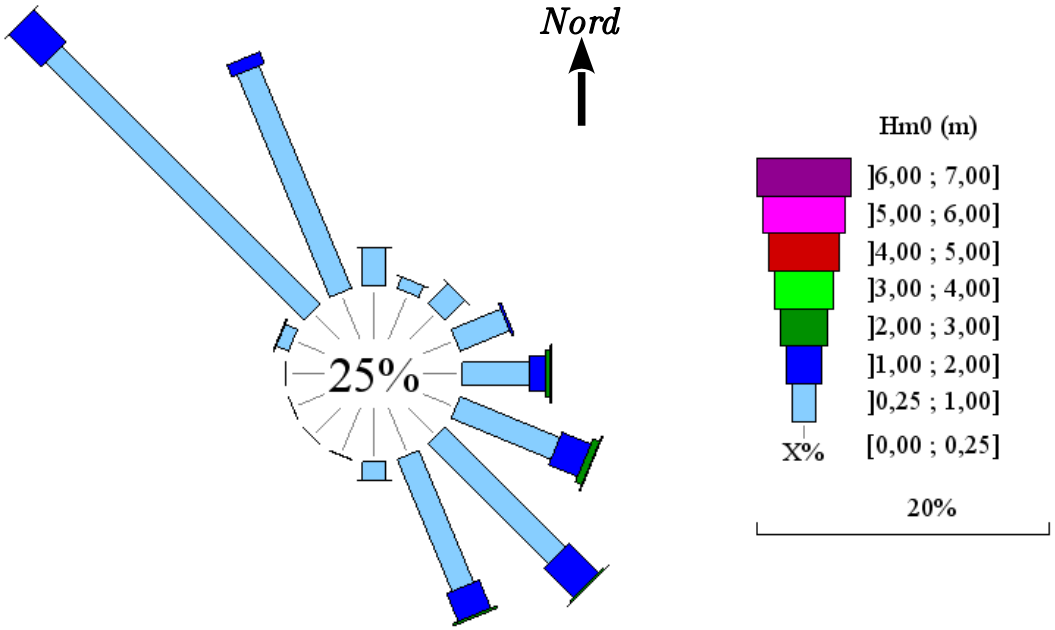

► $H_{m0}$ fonction de $T_p$




Échelle de couleurs normalisée :



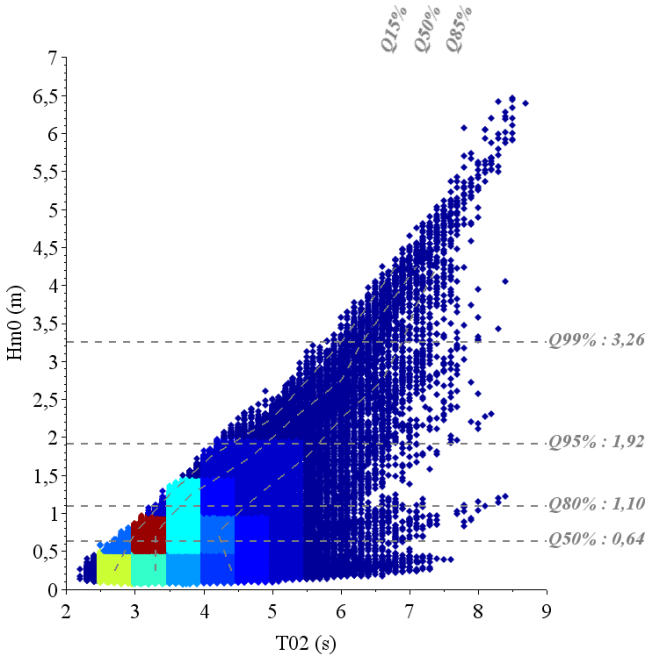

► $H_{m0}$ fonction de $Dir_p$ (rose des houles)



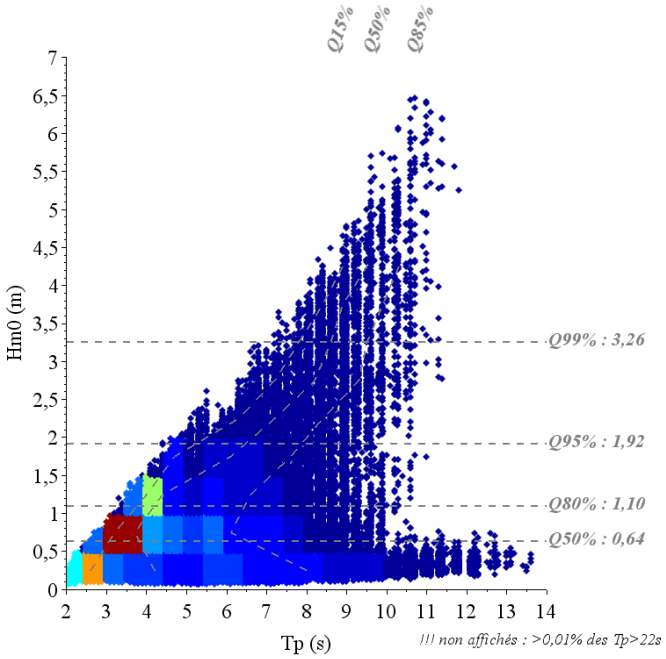
# CANDHIS : 01101 – Leucate

**Climatologie moyenne : HIVERNALE**
**(janvier à mars et octobre à décembre)**

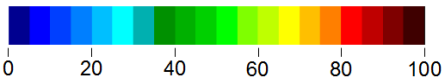
► $H_{m0}$ fonction de $T_{02}$



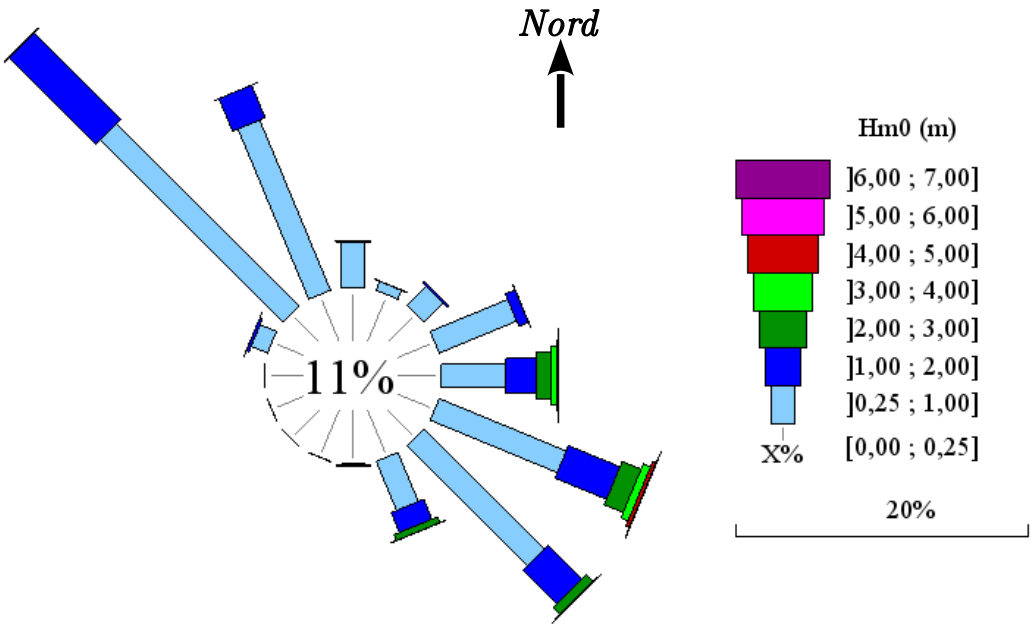

► $H_{m0}$ fonction de $T_p$




Échelle de couleurs normalisée :




► $H_{m0}$ fonction de $Dir_p$ (rose des houles)



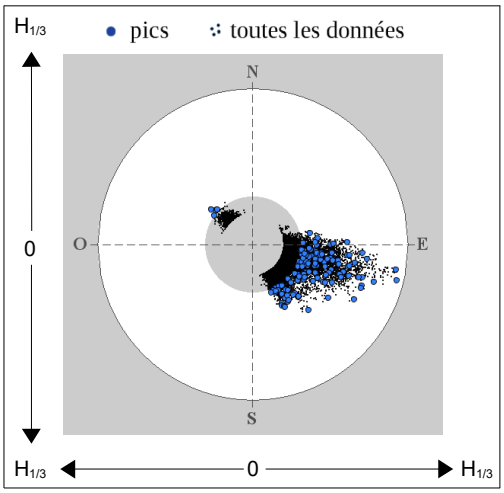
# CANDHIS : 01101 – Leucate

## Analyse des valeurs extrêmes de $H_{1/3}$ : DIRECTION DE PROVENANCE 0° à 360°

### Sélection des pics de tempête

| | Seuil (u) | Nb évts/an | Cambrure $H_{1/3}/L_{avd}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | | | médiane | Int.Conf.70% |
| **GPD** | 2,20 m | 9,91 | 1/20 | 1/24 à 1/18 |
| **Loi Exp** | 2,20 m | 9,91 | 1/20 | 1/24 à 1/18 |

### $Dir_p$ aux pics de tempête




### Paramètres des lois d'ajustement

**GPD :** $Pr\{H_{1/3}>h|h>u\}=\left(1+\xi\frac{h-u}{\sigma}\right)^{-1/\xi}$

avec σ = 0,831311 et ξ = -0,009760

**Loi Exp. :** $Pr\{H_{1/3}>h|h>u\}=\exp[-\rho(h-u)]$

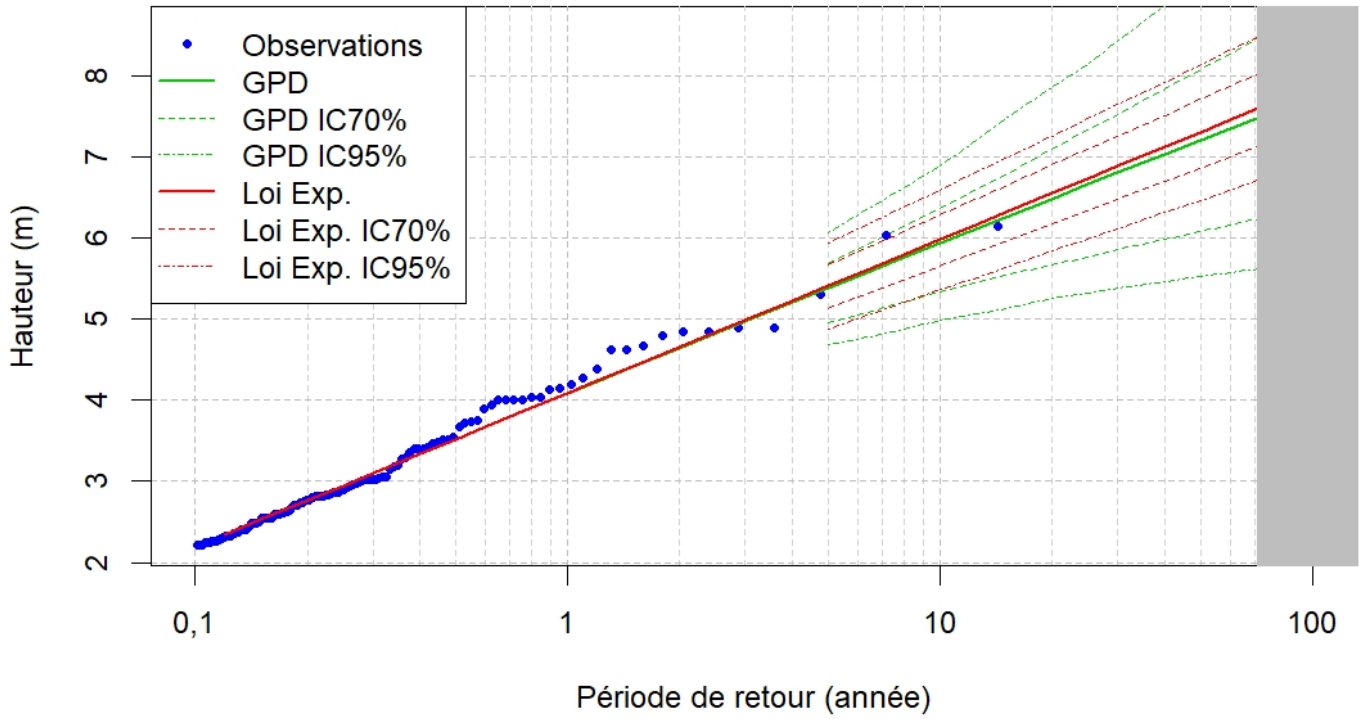
avec ρ = 1,214680

### Niveaux de retour

| Période de retour | $H_{1/3}$ (mètres) | | Int. de Conf. 70% (mètres) | | $T_{avd}$ Int.Conf.70% (secondes) (i) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **GPD** | **Loi Exp.** | **GPD** | **Loi Exp.** | **GPD** | **Loi Exp.** |
| 5 ans | 5,38 | 5,41 | 4,95 à 5,69 | 5,13 à 5,67 | 7,93 à 9,38 | 7,95 à 9,41 |
| 10 ans | 5,94 | 5,98 | 5,33 à 6,37 | 5,65 à 6,28 | 8,35 à 9,94 | 8,39 à 9,99 |
| 20 ans | 6,49 | 6,55 | 5,68 à 7,10 | 6,17 à 6,90 | 8,77 à 10,50 | 8,82 à 10,57 |
| 50 ans | 7,21 | 7,31 | 6,09 à 8,07 | 6,86 à 7,71 | 9,31 à 11,24 | 9,39 à 11,35 |

(i) $T_{avd}=\sqrt{(2\pi L_{avd}/g).\tanh(2\pi Prof/L_{avd})}$ avec $L_{avd}=H_{1/3}/Cambrure$

### Ajustement statistique :



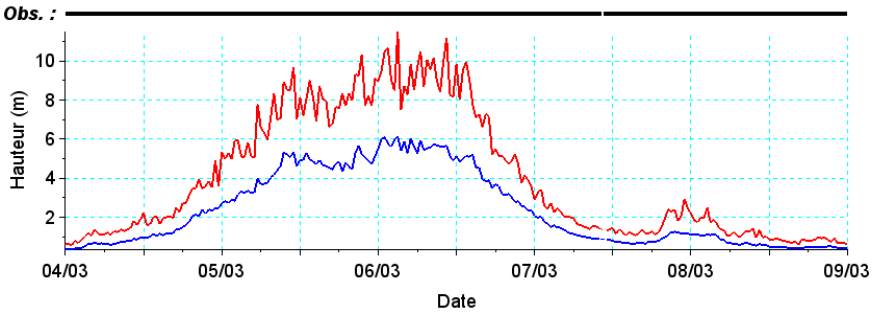
# CANDHIS : 01101 – Leucate

## Sélection des événements remarquables

### Tempête du 06/03/13

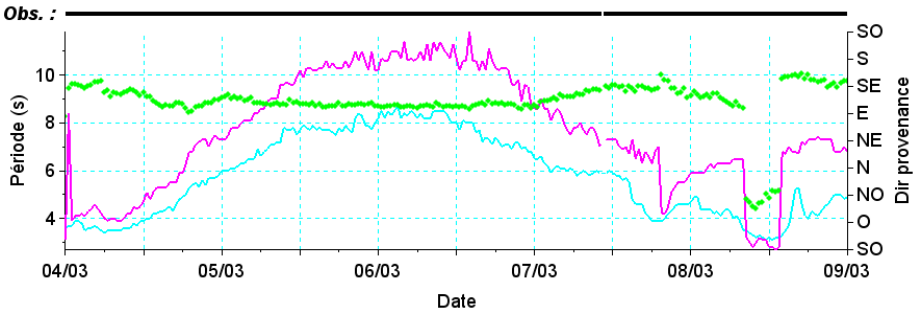
### Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




### Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$

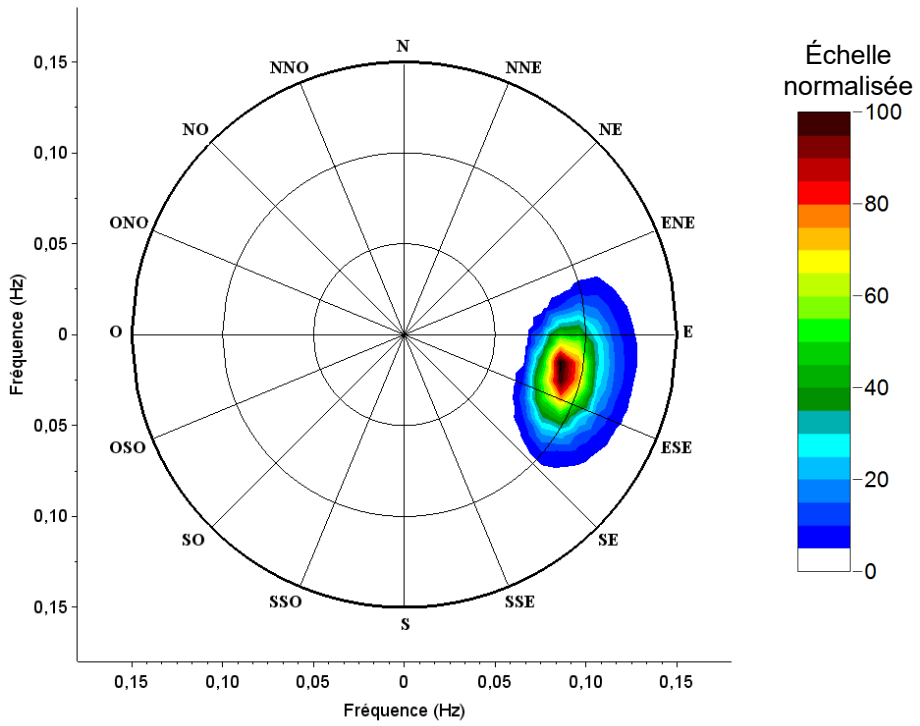
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




### Pic de tempête

| Pic du | 06/03 3h00 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 6,14 |
| $H_{1/10}$ (m) | 8,03 |
| $H_{max}$ (m) | 11,49 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 10,2 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 10,2 |
| $T_{avd}$ (s) | 8,6 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 9,0 |
| $S_z$ | 1/15 |
| $H_{m0}$ (m) | 6,39 |
| $T_p$ (s) | 11,0 |
| $T_{02}$ (s) | 8,6 |
| $T_e$ (s) | 10,0 |
| $Dir_p$ (°) | 104 |
| $Etal_p$ (°) | 16 |

### Spectre directionnel de variance



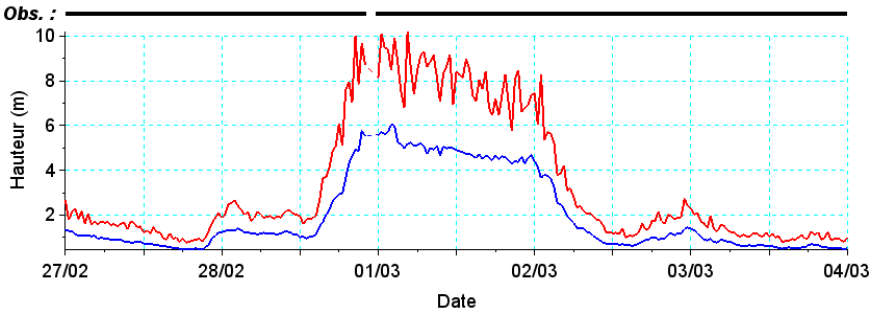
# CANDHIS : 01101 – Leucate

## Sélection des événements remarquables

### Tempête du 01/03/18

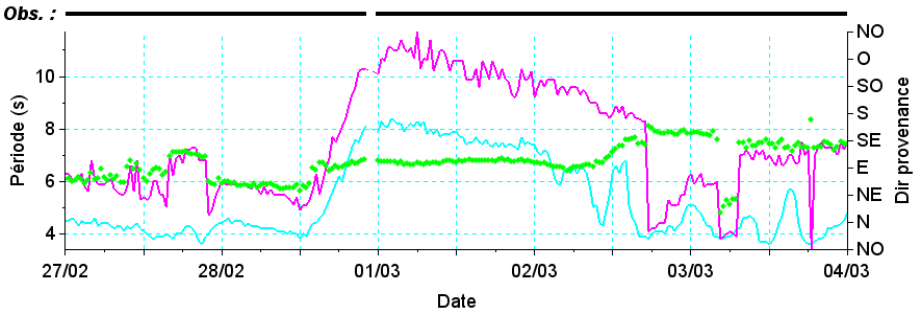
### Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




### Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$

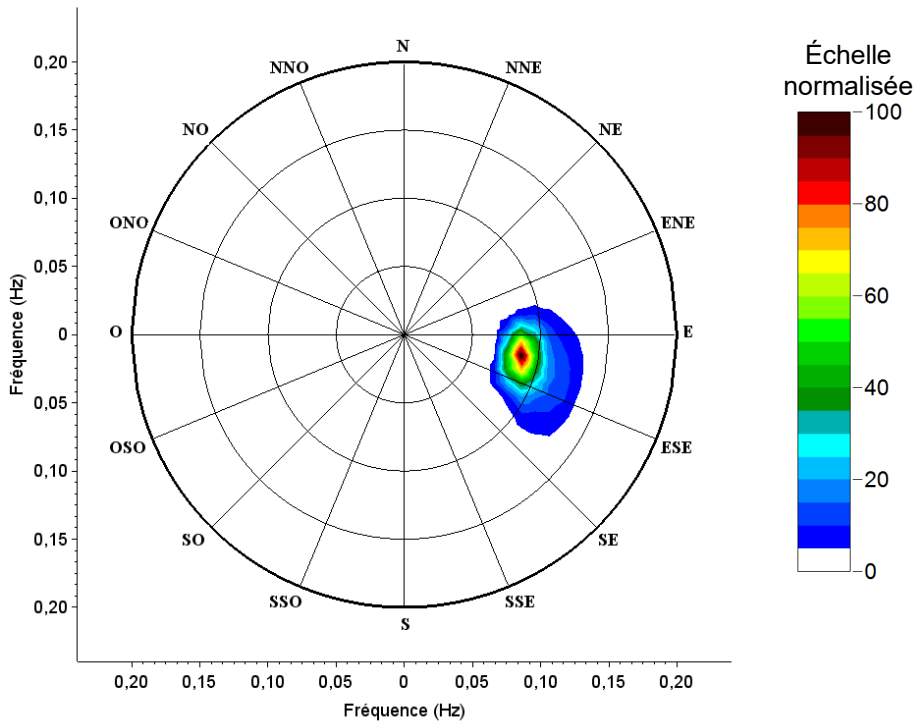
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




### Pic de tempête

| Pic du | 01/03 2h00 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 6,04 |
| $H_{1/10}$ (m) | 7,46 |
| $H_{max}$ (m) | 8,48 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 10,3 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 10,5 |
| $T_{avd}$ (s) | 8,8 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 11,1 |
| $S_z$ | 1/17 |
| $H_{m0}$ (m) | 6,28 |
| $T_p$ (s) | 11,1 |
| $T_{02}$ (s) | 8,4 |
| $T_e$ (s) | 9,9 |
| $Dir_p$ (°) | 100 |
| $Etal_p$ (°) | 14 |

### Spectre directionnel de variance



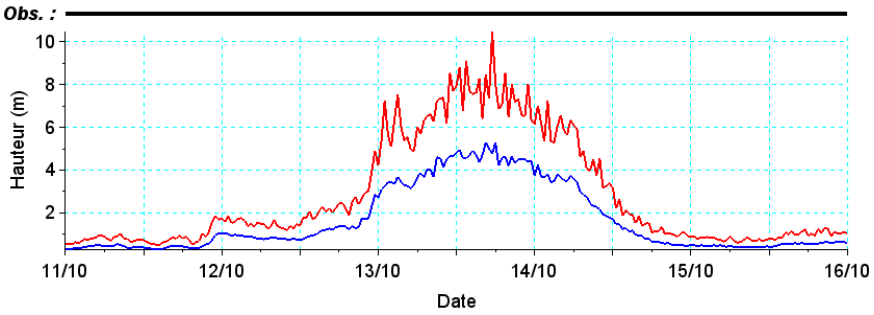
# CANDHIS : 01101 – Leucate

## Sélection des événements remarquables

### Tempête du 13/10/16

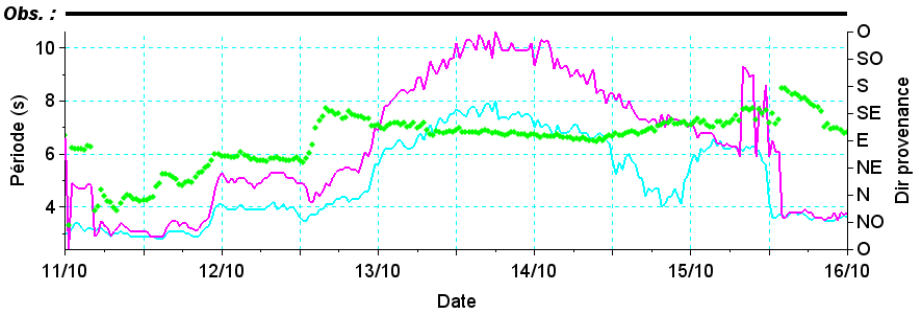
**Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$**

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




**Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$**

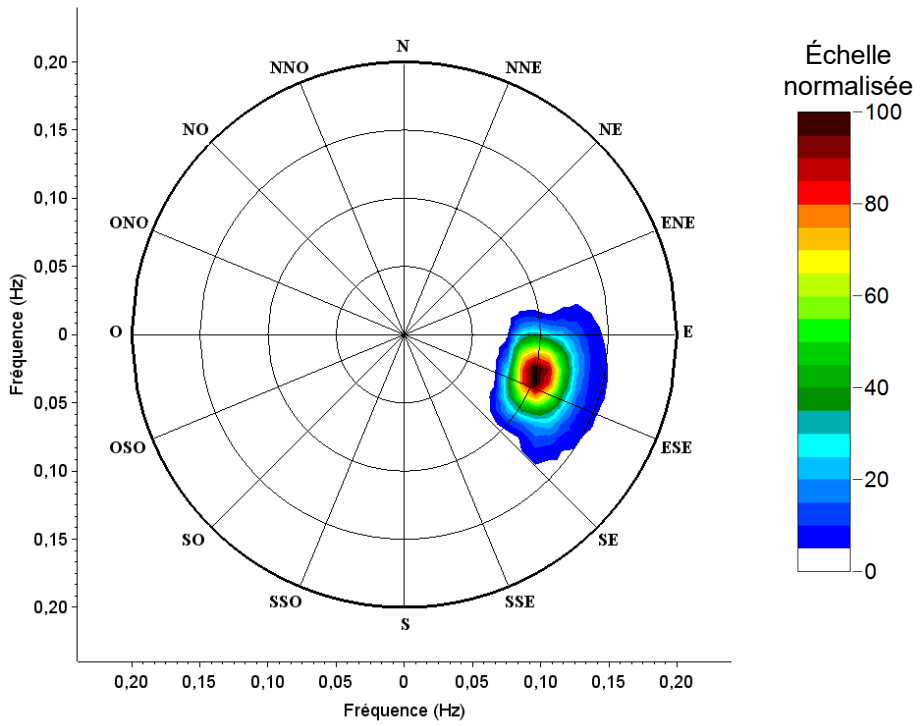
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




**Pic de tempête**

| Pic du | 13/10 16h30 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 5,30 |
| $H_{1/10}$ (m) | 6,67 |
| $H_{max}$ (m) | 8,49 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 9,1 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 9,3 |
| $T_{avd}$ (s) | 7,9 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 9,6 |
| $S_z$ | 1/17 |
| $H_{m0}$ (m) | 5,73 |
| $T_p$ (s) | 9,9 |
| $T_{02}$ (s) | 7,9 |
| $T_e$ (s) | 9,1 |
| $Dir_p$ (°) | 107 |
| $Etal_p$ (°) | 15 |

Spectre directionnel de variance



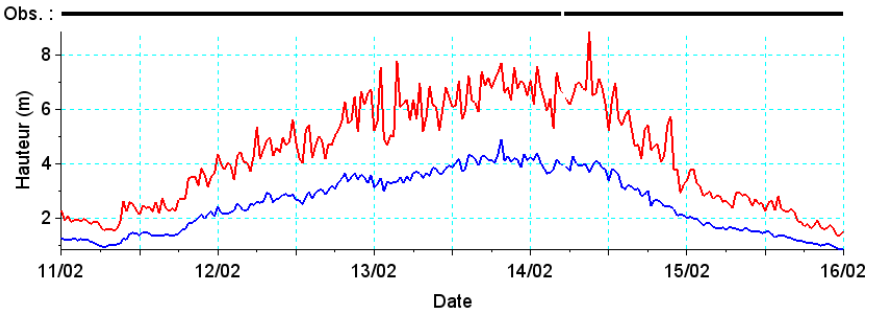
# CANDHIS : 01101 – Leucate

## Sélection des événements remarquables

### Tempête du 13/02/17

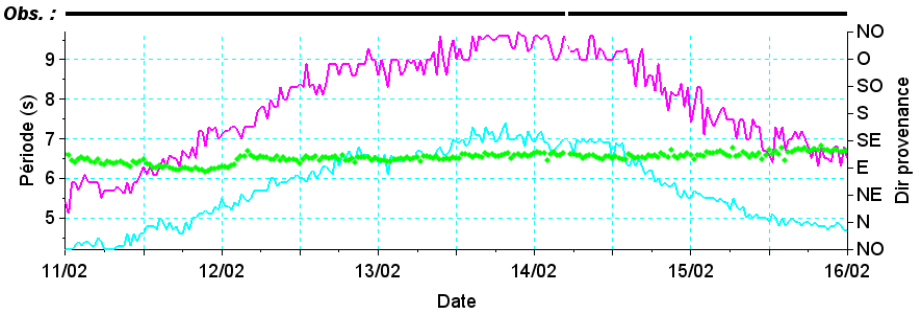
**Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$**

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




**Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$**

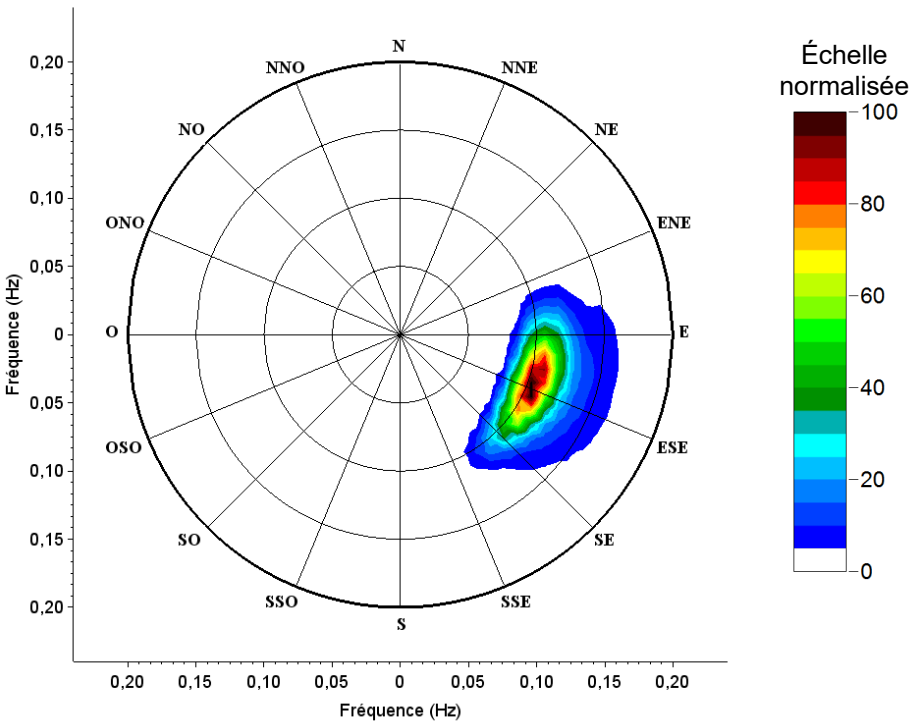
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




**Pic de tempête**

| Pic du | 13/02 19h30 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 4,90 |
| $H_{1/10}$ (m) | 6,04 |
| $H_{max}$ (m) | 7,70 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 8,8 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 8,9 |
| $T_{avd}$ (s) | 7,8 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 9,5 |
| $S_z$ | 1/18 |
| $H_{m0}$ (m) | 4,92 |
| $T_p$ (s) | 9,6 |
| $T_{02}$ (s) | 7,4 |
| $T_e$ (s) | 8,6 |
| $Dir_p$ (°) | 112 |
| $Etal_p$ (°) | 19 |

Spectre directionnel de variance



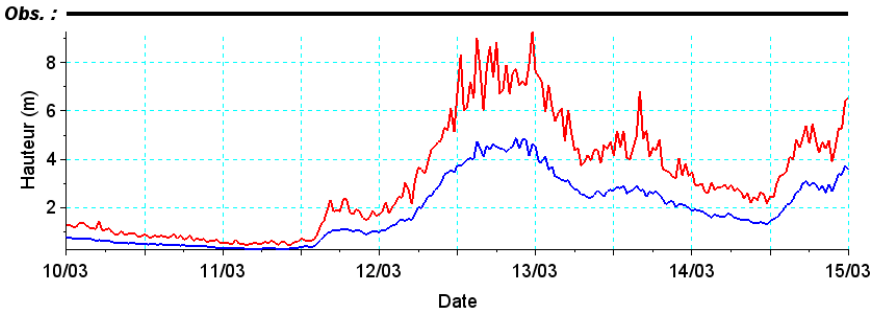
# CANDHIS : 01101 – Leucate

## Sélection des événements remarquables

### Tempête du 12/03/11

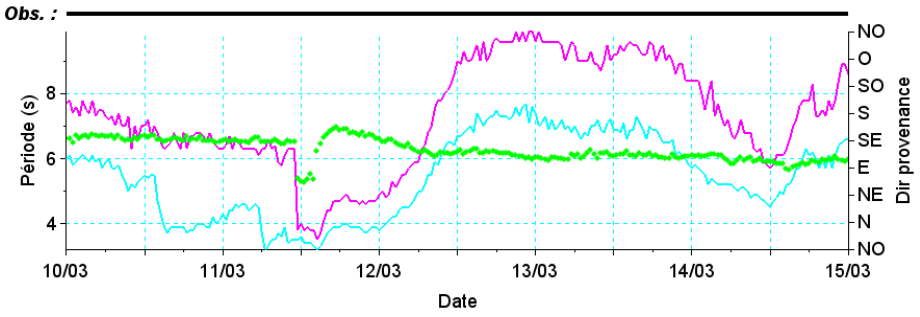
**Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$**

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




**Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$**

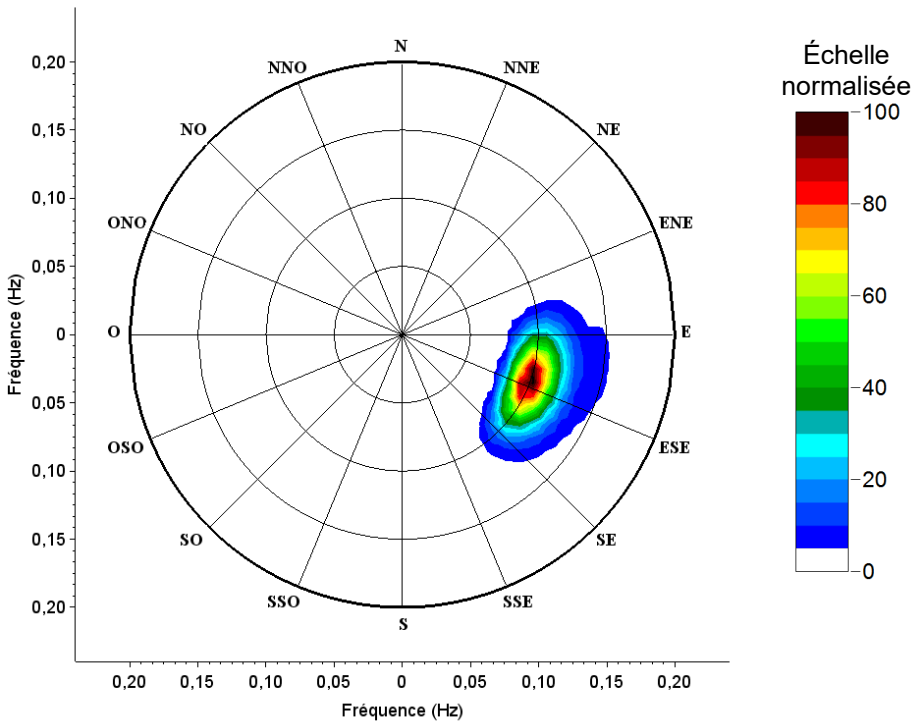
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




**Pic de tempête**

| Pic du | 12/03 21h00 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 4,89 |
| $H_{1/10}$ (m) | 5,97 |
| $H_{max}$ (m) | 7,74 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 9,3 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 9,4 |
| $T_{avd}$ (s) | 7,8 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 9,0 |
| $S_z$ | 1/14 |
| $H_{m0}$ (m) | 5,12 |
| $T_p$ (s) | 9,9 |
| $T_{02}$ (s) | 7,6 |
| $T_e$ (s) | 9,0 |
| $Dir_p$ (°) | 111 |
| $Etal_p$ (°) | 17 |

Spectre directionnel de variance



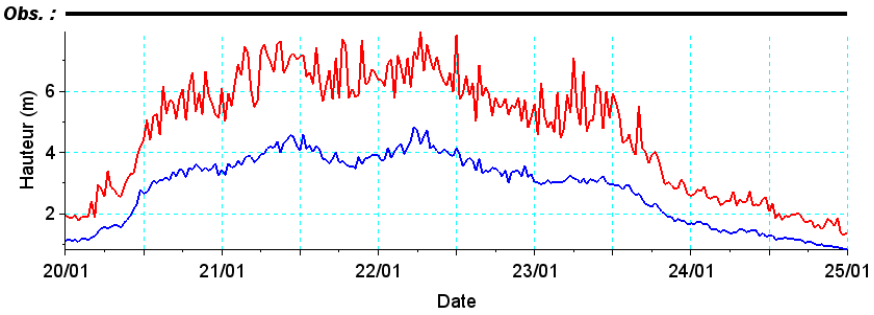
# CANDHIS : 01101 – Leucate

## Sélection des événements remarquables

### Tempête du 22/01/20

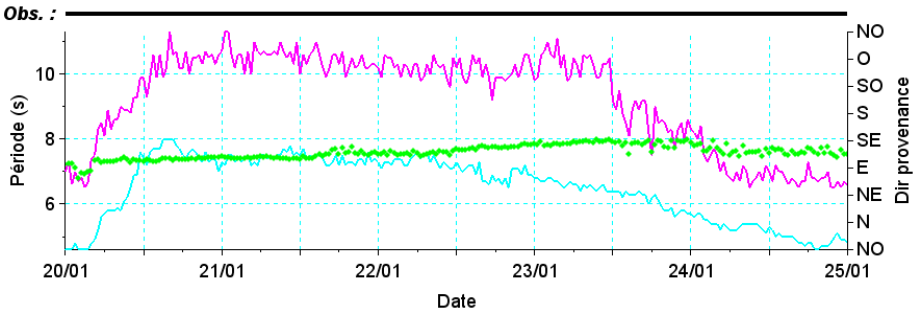
**Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$**

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




**Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$**

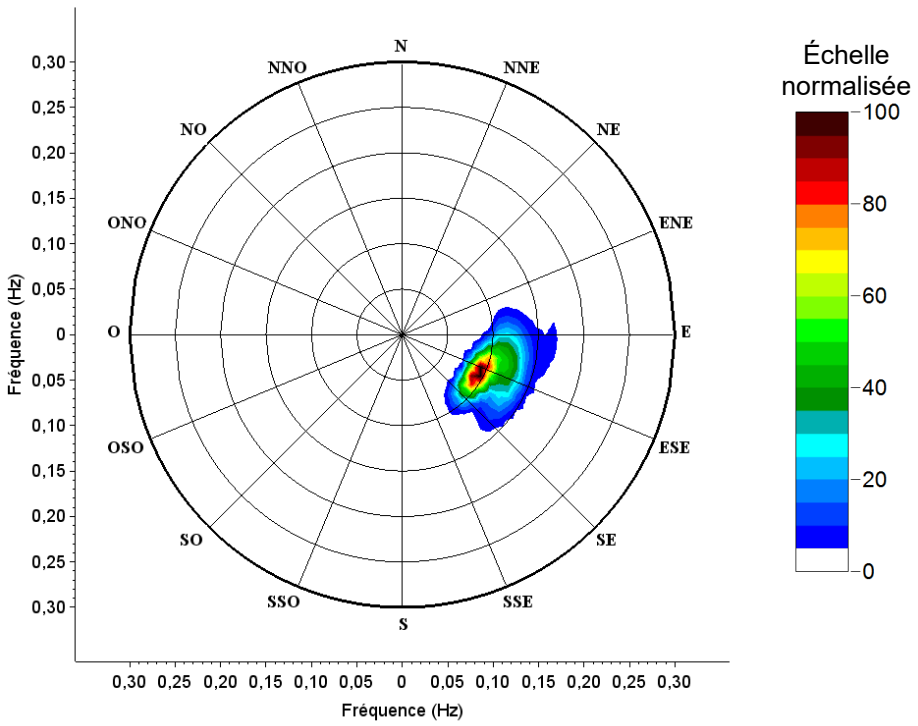
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




**Pic de tempête**

| Pic du | 22/01 5h30 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 4,85 |
| $H_{1/10}$ (m) | 5,93 |
| $H_{max}$ (m) | 7,32 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 9,0 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 8,9 |
| $T_{avd}$ (s) | 7,7 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 8,9 |
| $S_z$ | 1/17 |
| $H_{m0}$ (m) | 5,00 |
| $T_p$ (s) | 10,3 |
| $T_{02}$ (s) | 7,5 |
| $T_e$ (s) | 8,8 |
| $Dir_p$ (°) | 118 |
| $Etal_p$ (°) | 18 |

Spectre directionnel de variance



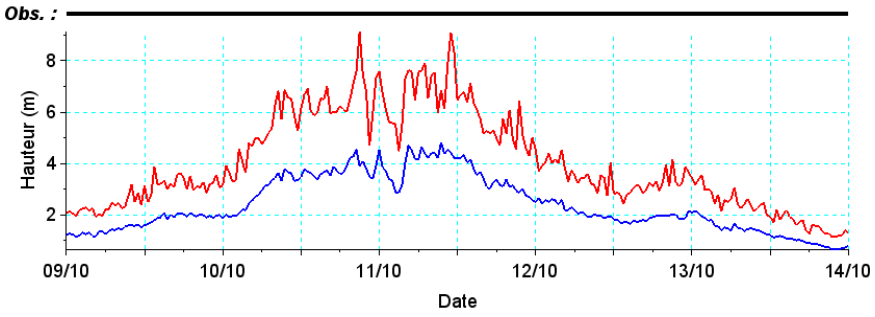
# CANDHIS : 01101 – Leucate

## Sélection des événements remarquables

### Tempête du 11/10/10

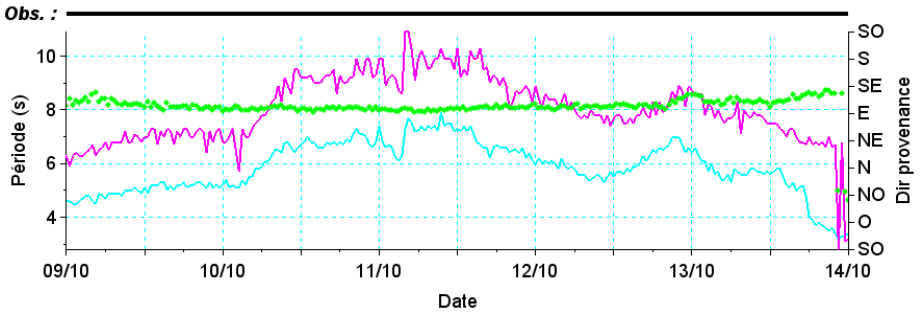
**Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$**

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




**Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$**

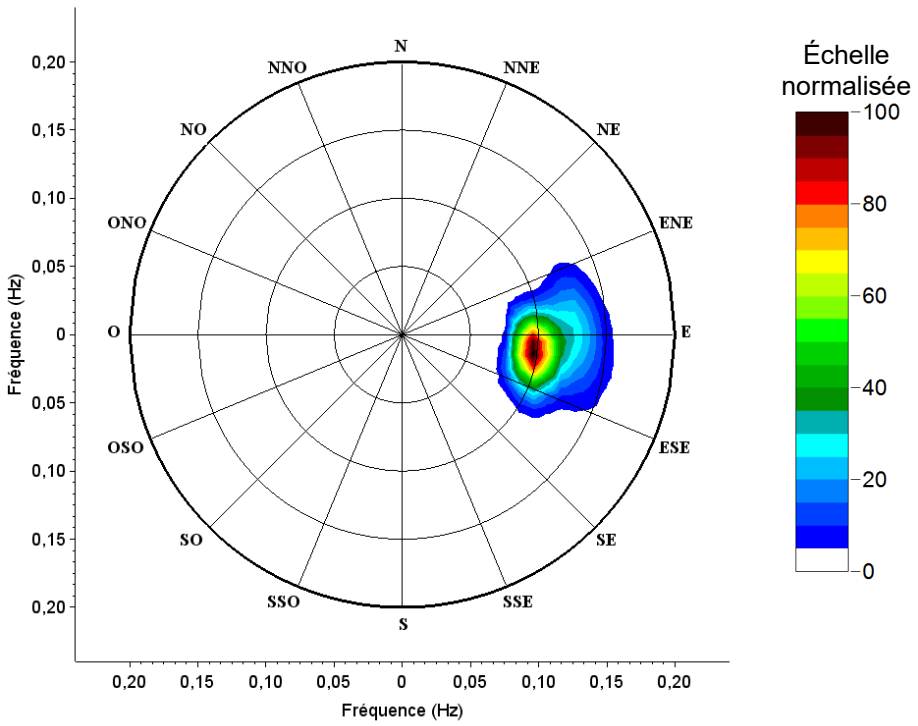
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




**Pic de tempête**

| Pic du | 11/10 9h30 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 4,84 |
| $H_{1/10}$ (m) | 5,86 |
| $H_{max}$ (m) | 6,86 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 9,4 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 9,1 |
| $T_{avd}$ (s) | 8,0 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 9,4 |
| $S_z$ | 1/18 |
| $H_{m0}$ (m) | 5,22 |
| $T_p$ (s) | 10,3 |
| $T_{02}$ (s) | 7,9 |
| $T_e$ (s) | 9,1 |
| $Dir_p$ (°) | 97 |
| $Etal_p$ (°) | 15 |

Spectre directionnel de variance



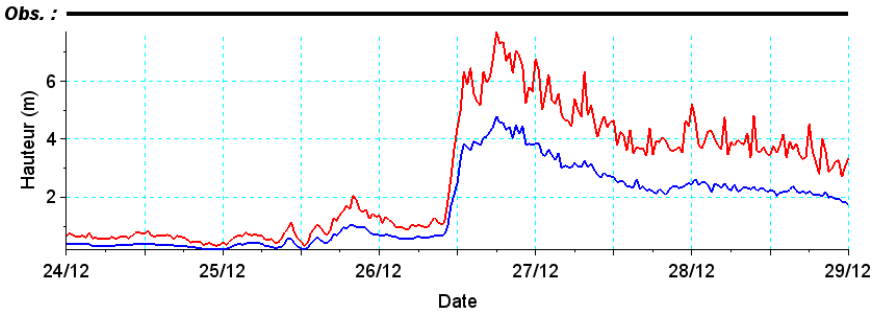
# CANDHIS : 01101 – Leucate

## Sélection des événements remarquables

### Tempête du 26/12/08

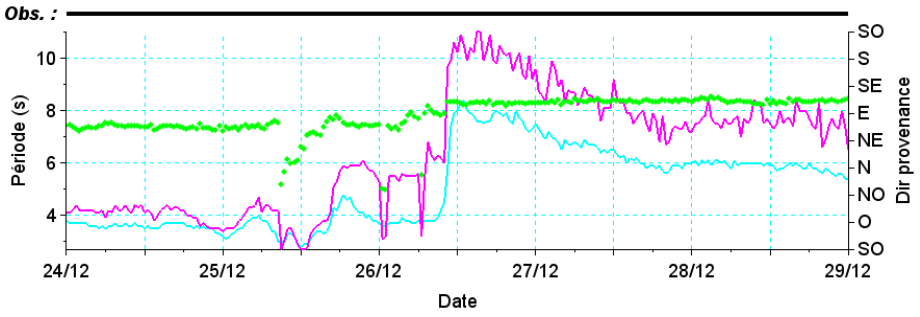
**Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$**

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




**Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$**

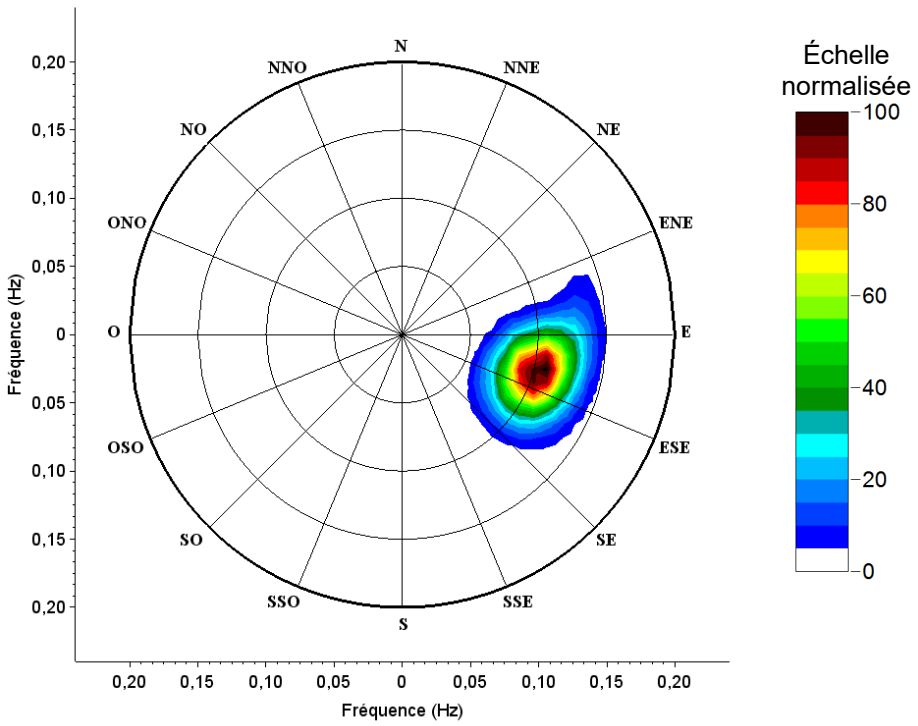
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




**Pic de tempête**

| Pic du | 26/12 18h00 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 4,80 |
| $H_{1/10}$ (m) | 5,88 |
| $H_{max}$ (m) | 7,70 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 9,6 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 9,6 |
| $T_{avd}$ (s) | 8,5 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 10,0 |
| $S_z$ | 1/20 |
| $H_{m0}$ (m) | 5,02 |
| $T_p$ (s) | 9,8 |
| $T_{02}$ (s) | 8,0 |
| $T_e$ (s) | 9,5 |
| $Dir_p$ (°) | 107 |
| $Etal_p$ (°) | 16 |

Spectre directionnel de variance



# CANDHIS : 01301 – Camargue

## Informations générales

**Durée d'observation :** 2,85 ans
du 09/07/1999 au 09/01/2004

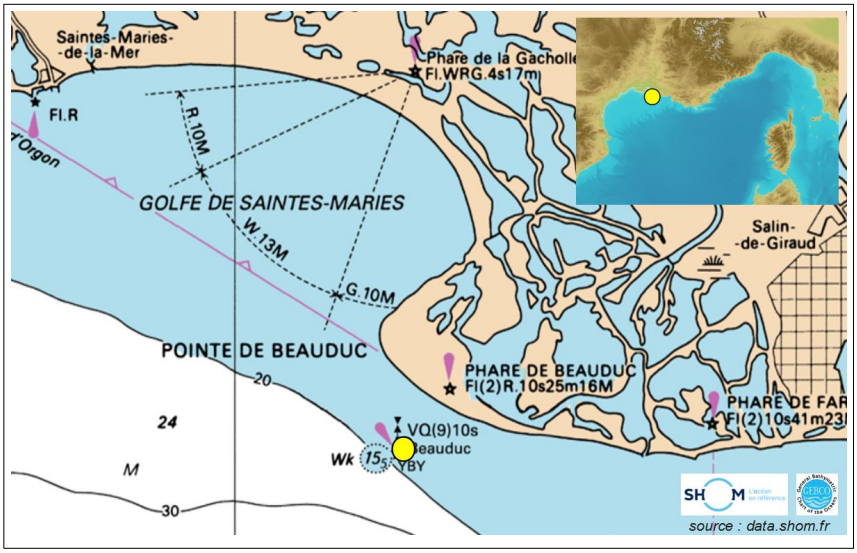
**Latitude :** 43°21,000'N

**Longitude :** 04°34,000'E

**Distance à la côte :** 1,00 mile

**Profondeur :** 17 mètres

**Marnage (VEM) :** -



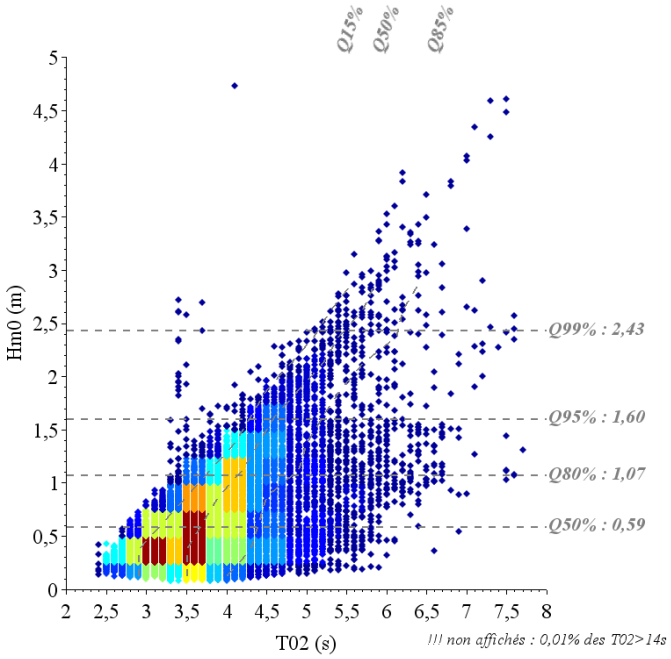

**Taux de disponibilité :**

| | janv. | fév. | mars | avril | mai | juin | juil. | août | sept. | oct. | nov. | déc. | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1999** | | | | | | | 72% | 97% | 86% | 95% | 94% | 99% | 45% |
| **2000** | 100% | 96% | 91% | 82% | 96% | 18% | 82% | 100% | 23% | 72% | 98% | 85% | 79% |
| **2001** | 7% | | | 69% | 89% | | | 44% | 91% | 64% | 14% | 100% | 40% |
| **2002** | 66% | 99% | 100% | 98% | 82% | 100% | 14% | | | | | | 46% |
| **2003** | | | 18% | 92% | 99% | 94% | 98% | 99% | 89% | 96% | 89% | 99% | 73% |
| **2004** | 21% | | | | | | | | | | | | 2% |
| **Total** | **32%** | **32%** | **35%** | **57%** | **61%** | **35%** | **44%** | **57%** | **48%** | **55%** | **49%** | **64%** | **47%** |

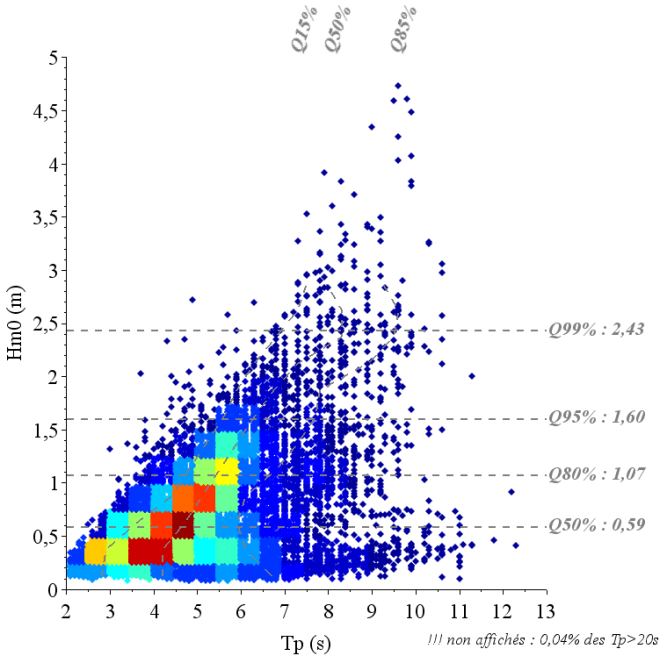
# CANDHIS : 01301 – Camargue

**Climatologie moyenne : ANNUELLE (janvier à décembre)**

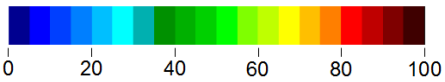
► $H_{m0}$ fonction de $T_{02}$



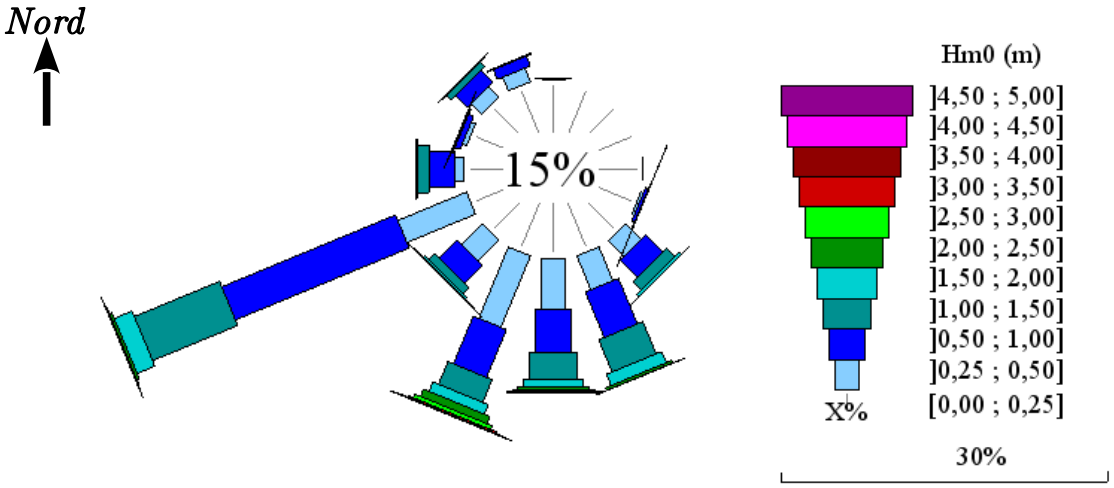

► $H_{m0}$ fonction de $T_p$




Échelle de couleurs normalisée :



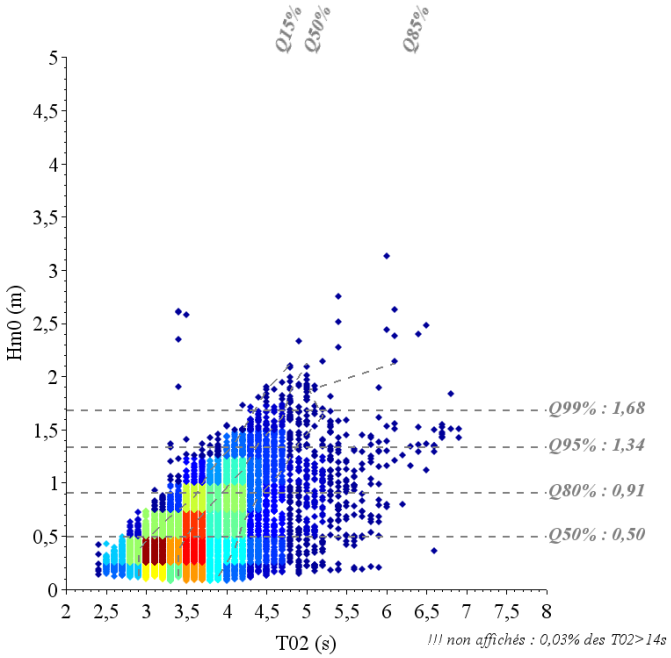

► $H_{m0}$ fonction de $Dir_p$ (rose des houles)



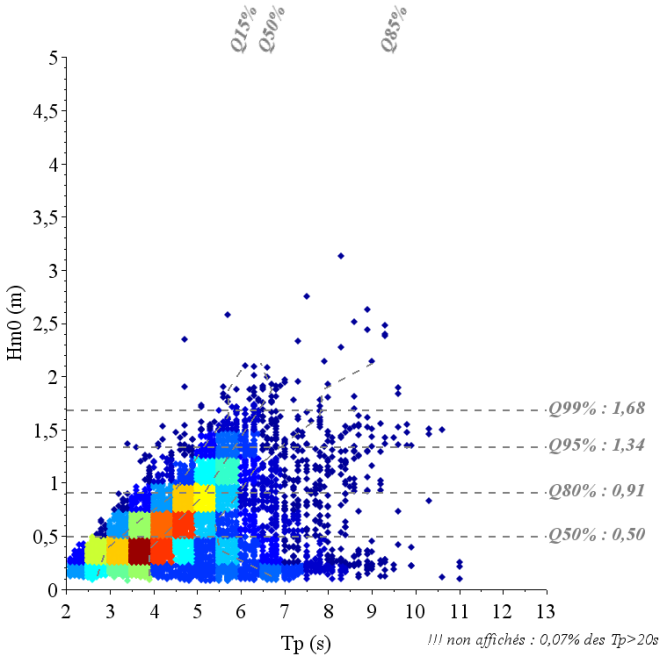
# CANDHIS : 01301 – Camargue

**Climatologie moyenne : ESTIVALE (avril à septembre)**

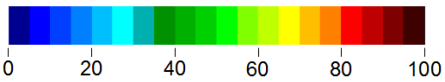
► $H_{m0}$ fonction de $T_{02}$



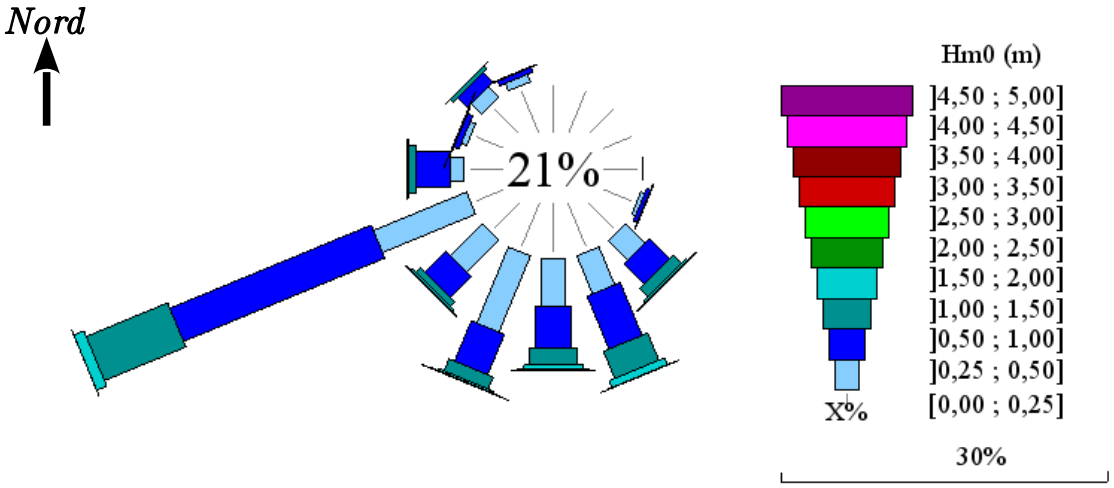

► $H_{m0}$ fonction de $T_p$




Échelle de couleurs normalisée :



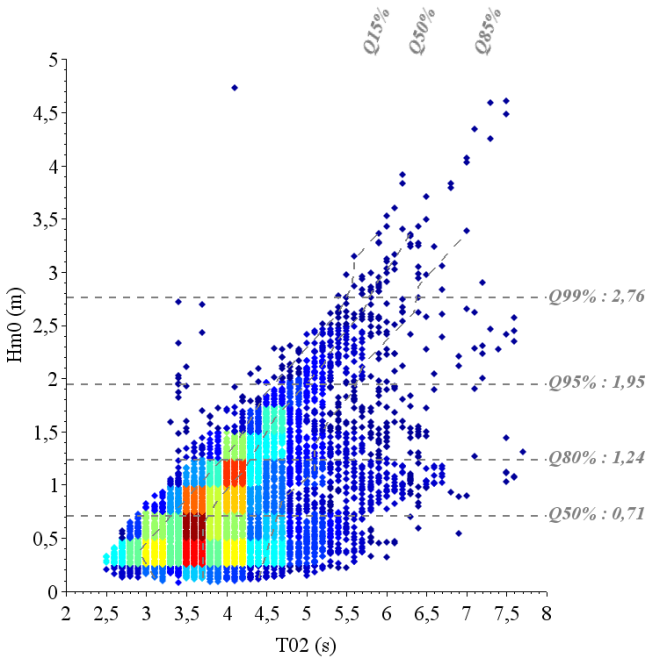

► $H_{m0}$ fonction de $Dir_p$ (rose des houles)



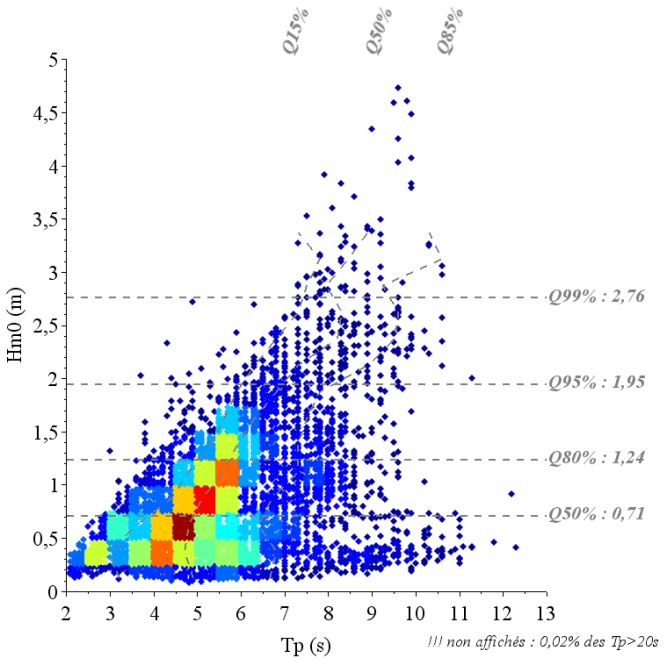
# CANDHIS : 01301 – Camargue

**Climatologie moyenne : HIVERNALE**
**(janvier à mars et octobre à décembre)**

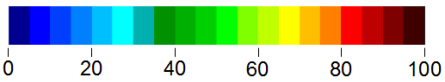
► $H_{m0}$ fonction de $T_{02}$



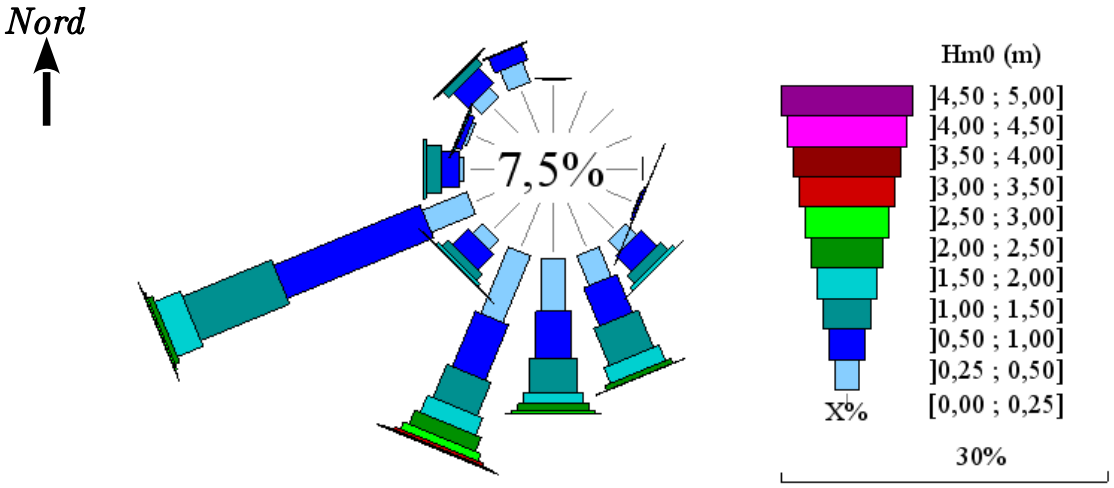

► $H_{m0}$ fonction de $T_p$




Échelle de couleurs normalisée :




► $H_{m0}$ fonction de $Dir_p$ (rose des houles)



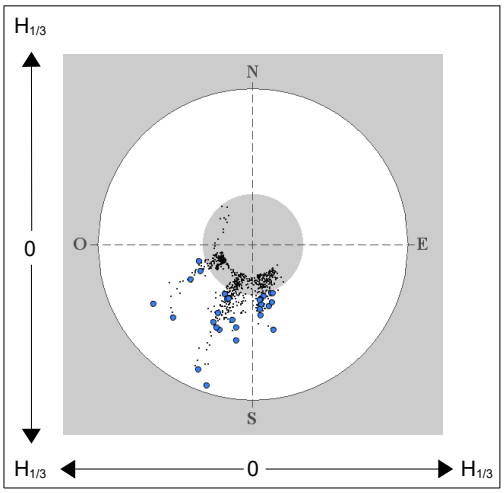
# CANDHIS : 01301 – Camargue

## Analyse des valeurs extrêmes de $H_{1/3}$ : DIRECTION DE PROVENANCE 0° à 360°

### Sélection des pics de tempête

| | Seuil (u) | Nb évts/an | Cambrure $H_{1/3}/L_{avd}$ | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | médiane | min. | max. |
| **GPD** | 2,00 m | 11,55 | 1/19 | 1/23 | 1/17 |
| **Loi Exp** | 2,00 m | 11,55 | 1/19 | 1/23 | 1/17 |

### $Dir_p$ aux pics de tempête




### Paramètres des lois d'ajustement

**GPD :** $Pr\{H_{1/3}>h|h>u\}=\left(1+\xi\frac{h-u}{\sigma}\right)^{-1/\xi}$

avec $\sigma$ = 0.559394 et $\xi$ = 0.074544

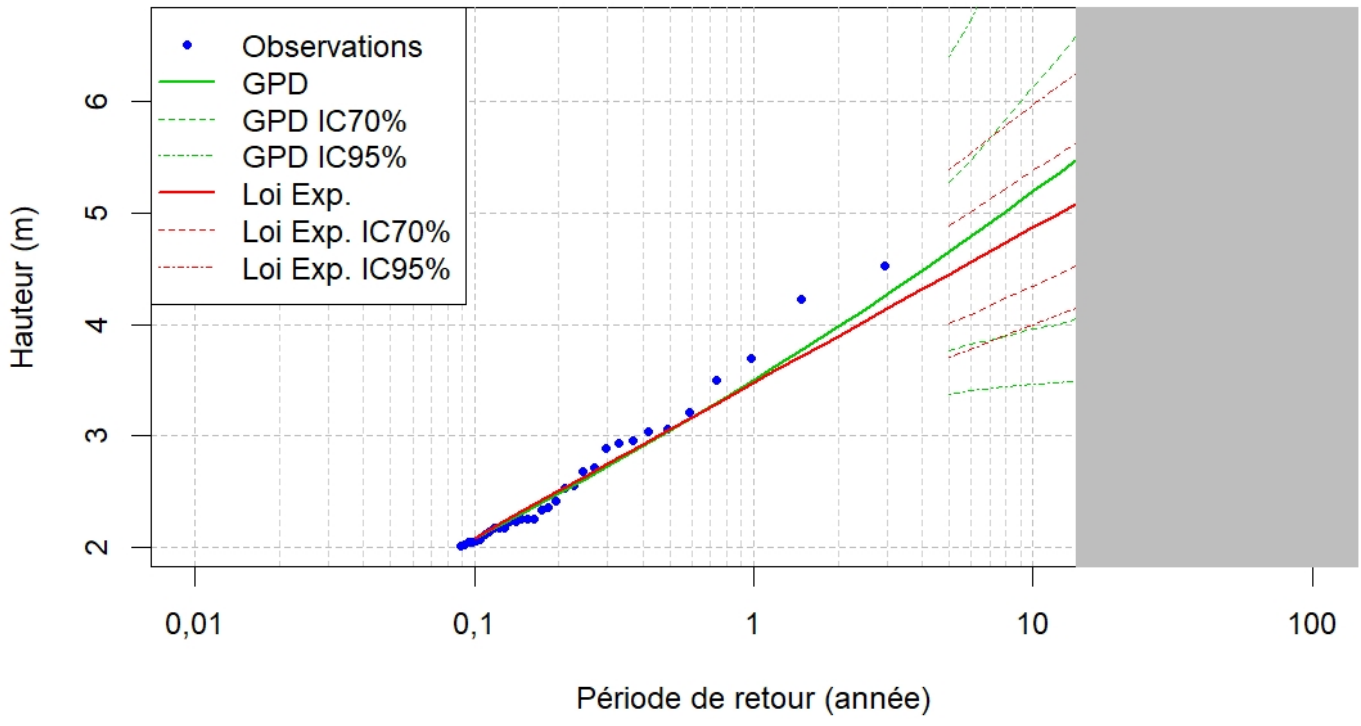
**Loi Exp. :** $Pr\{H_{1/3}>h|h>u\}=\exp[-\rho(h-u)]$

avec $\rho$ = 1.656626

### Niveaux de retour

| Période de retour | $H_{1/3}$ (mètres) | | Int. de Conf. 70% (mètres) | | $T_{avd}$ Int.Conf.70% (secondes) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | GPD | Loi Exp. | GPD | Loi Exp. | GPD | Loi Exp. |
| 5 ans | 4,65 | 4,45 | 3,77 à 5,27 | 4,00 à 4,88 | 7,71 à 9,33 | 7,48 à 9,02 |
| 10 ans | 5,19 | 4,87 | 3,96 à 6,12 | 4,34 à 5,37 | 8,32 à 10,17 | 7,95 à 9,67 |

### Ajustement statistique :



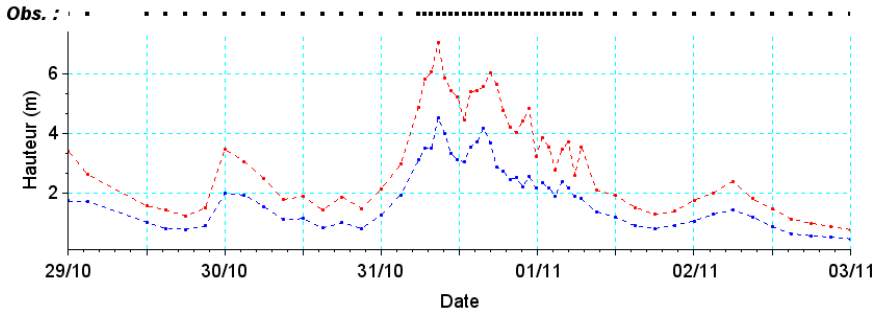
# CANDHIS : 01301 – Camargue

## Sélection des événements remarquables

### Tempête du 31/10/03

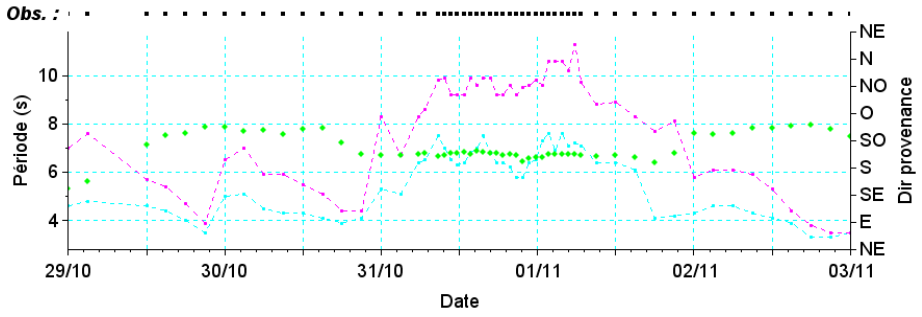
**Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$**

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




**Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$**

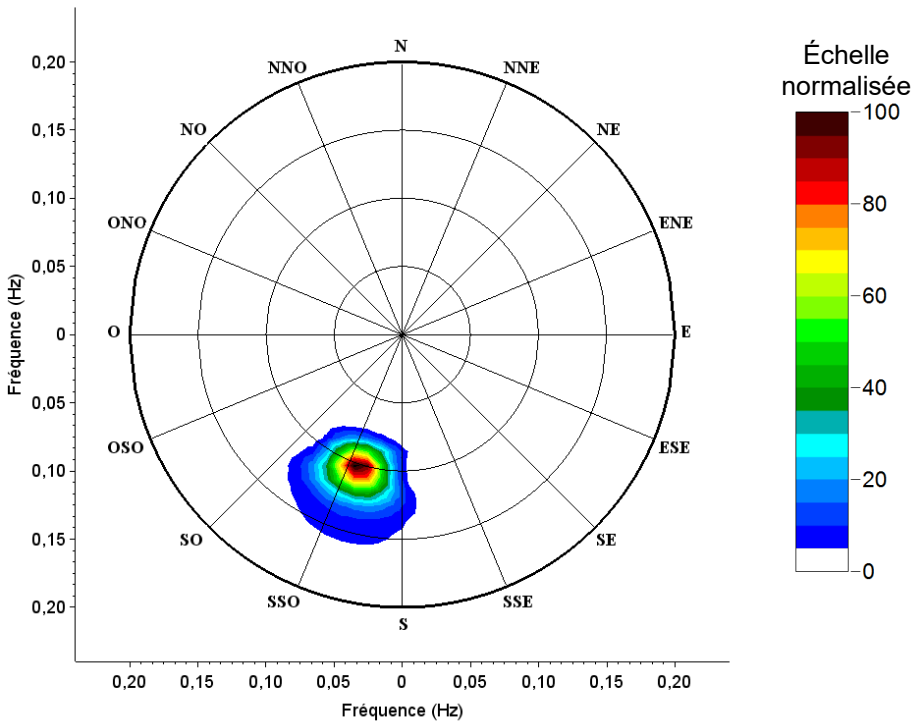
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




**Pic de tempête**

| Pic du | 31/10 8h44 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 4,52 |
| $H_{1/10}$ (m) | 5,72 |
| $H_{max}$ (m) | 7,05 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 8,8 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 9,0 |
| $T_{avd}$ (s) | 7,5 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 9,1 |
| $S_z$ | 1/15 |
| $H_{m0}$ (m) | 4,61 |
| $T_p$ (s) | 9,8 |
| $T_{02}$ (s) | 7,5 |
| $T_e$ (s) | 8,8 |
| $Dir_p$ (°) | 198 |
| $Etal_p$ (°) | 11 |

Spectre directionnel de variance



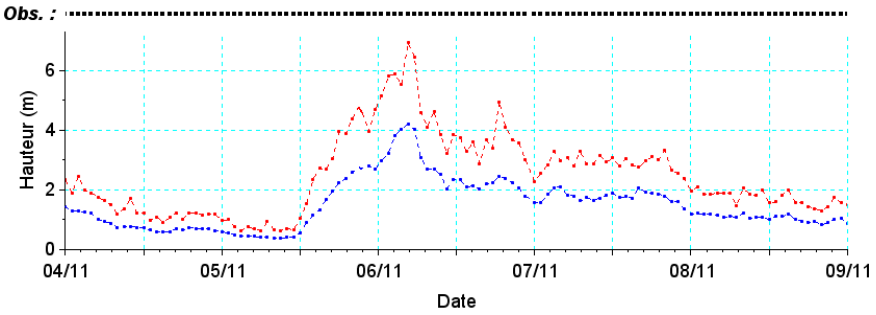
# CANDHIS : 01301 – Camargue

## Sélection des événements remarquables

### Tempête du 06/11/00

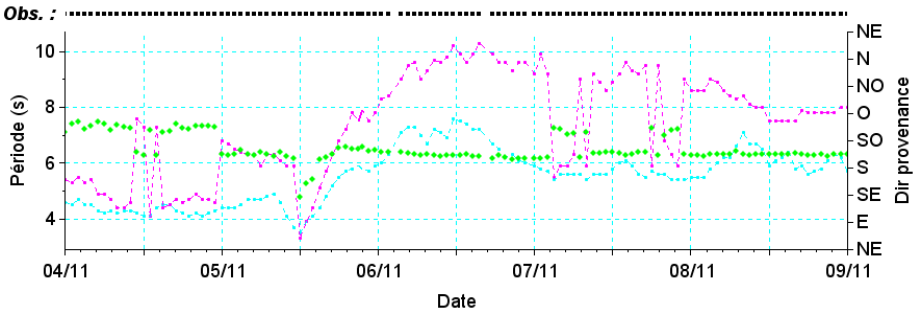
**Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$**

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




**Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$**

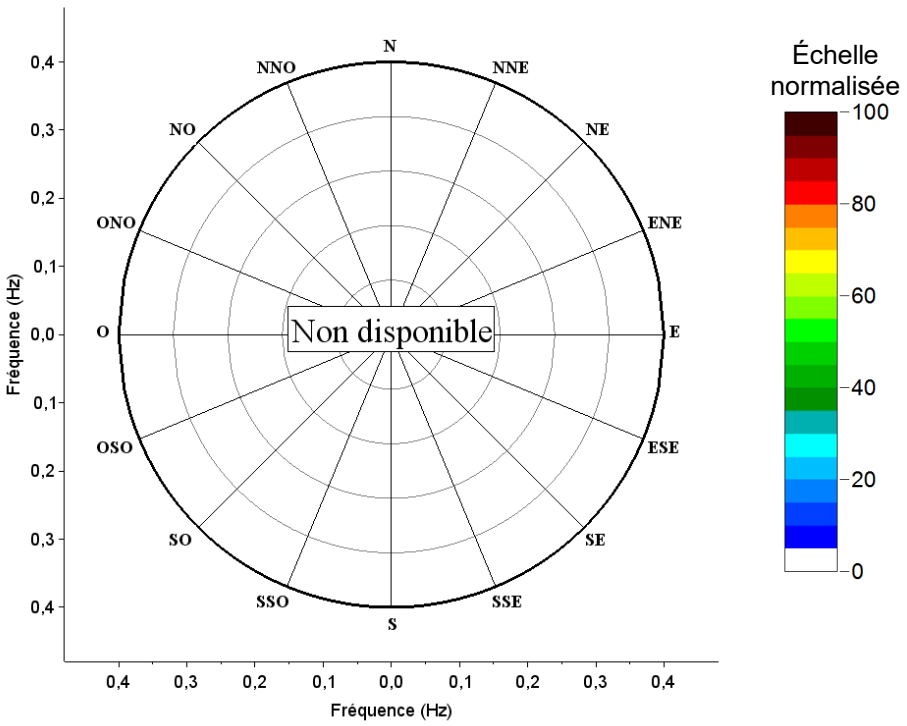
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




**Pic de tempête**

| | |
|---|---|
| Pic du | 06/11 4h34 |
| $H_{1/3}$ (m) | 4,22 |
| $H_{1/10}$ (m) | 5,09 |
| $H_{max}$ (m) | 6,93 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 8,6 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 8,6 |
| $T_{avd}$ (s) | 7,4 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 8,4 |
| $S_z$ | 1/18 |
| $H_{m0}$ (m) | 4,59 |
| $T_p$ (s) | 9,5 |
| $T_{02}$ (s) | 7,3 |
| $T_e$ (s) | 8,4 |
| $Dir_p$ (°) | 204 |
| $Etal_p$ (°) | 12 |

Spectre directionnel de variance



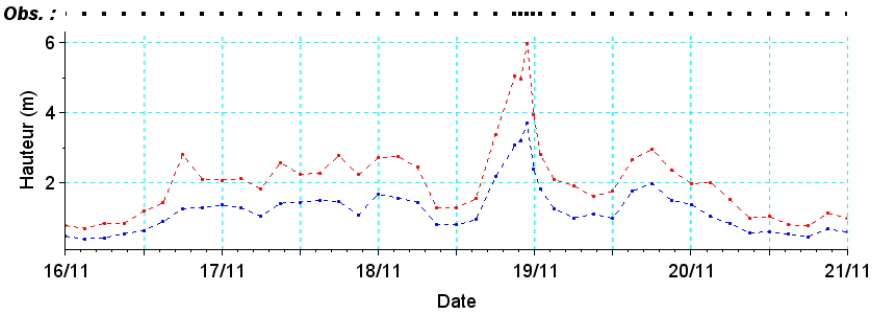
# CANDHIS : 01301 – Camargue

## Sélection des événements remarquables

Tempête du 18/11/99

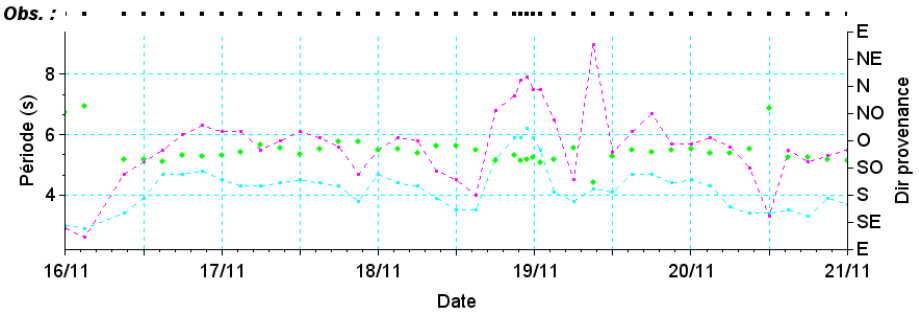
### Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




### Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$

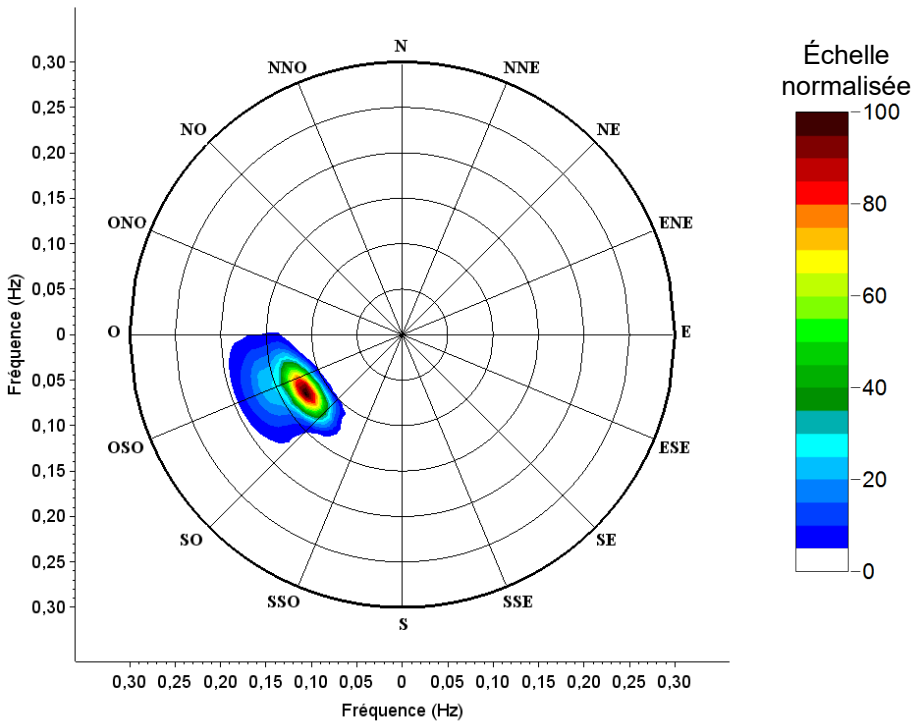
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




### Pic de tempête

| Pic du | 18/11 22h52 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 3,70 |
| $H_{1/10}$ (m) | 4,55 |
| $H_{max}$ (m) | 5,98 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 7,3 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 7,3 |
| $T_{avd}$ (s) | 6,3 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 7,8 |
| $S_z$ | 1/14 |
| $H_{m0}$ (m) | 3,91 |
| $T_p$ (s) | 7,9 |
| $T_{02}$ (s) | 6,2 |
| $T_e$ (s) | 7,1 |
| $Dir_p$ (°) | 240 |
| $Etal_p$ (°) | 13 |

### Spectre directionnel de variance



# CANDHIS : 01302 – Port-de-Bouc

## Informations générales

**Durée d'observation :** 0,40 an
du 11/07/2002 au 07/12/2002

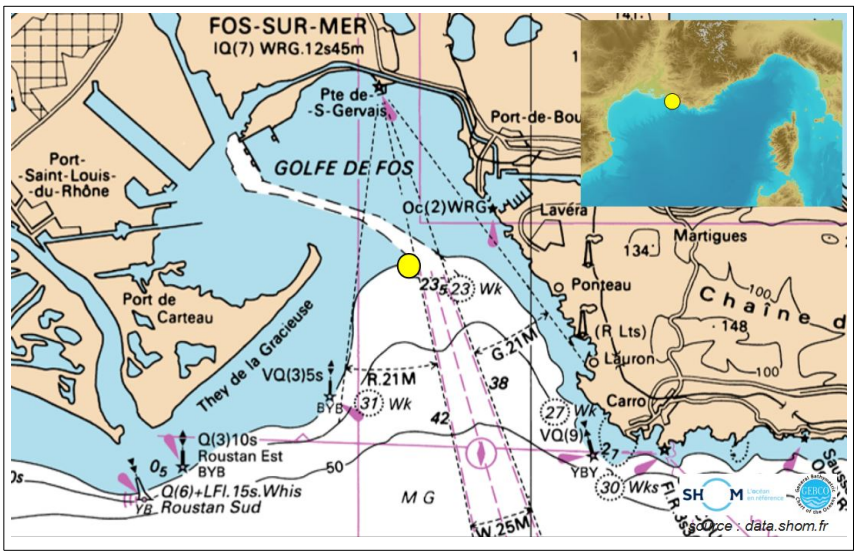
**Latitude :** 43°22,690'N

**Longitude :** 04°57,180'E

**Distance à la côte :** 1,60 mile

**Profondeur :** 20 mètres

**Marnage (VEM) :** -




**Taux de disponibilité :**

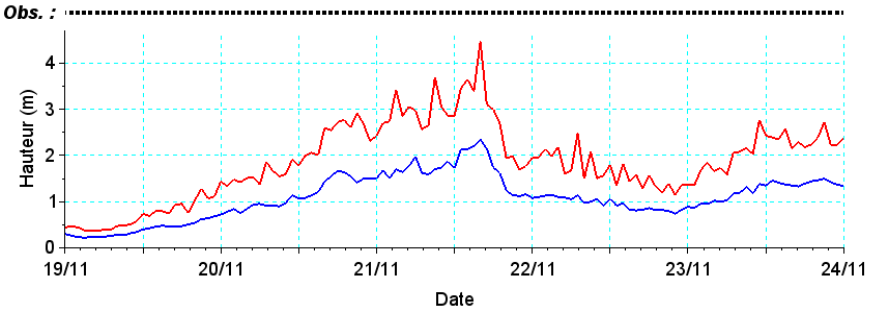
| | janv. | fév. | mars | avril | mai | juin | juil. | août | sept. | oct. | nov. | déc. | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2002 | | | | | | | 66% | 98% | 99% | 100% | 99% | 22% | 40% |
| Total | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 66% | 98% | 99% | 100% | 99% | 22% | 40% |

## Sélection de l'événement remarquable

Tempête du 21/11/02

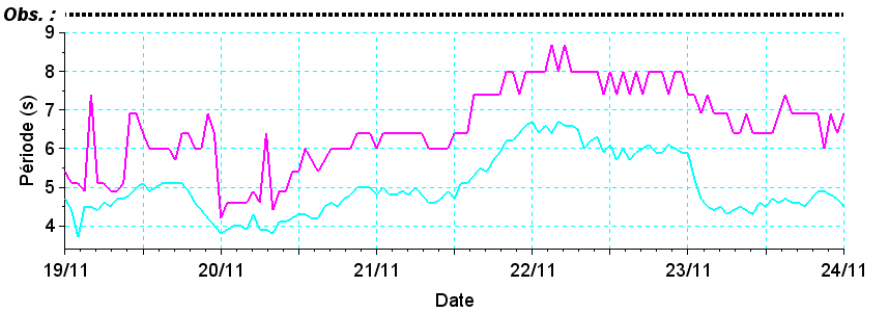
### Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




### Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$

Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$

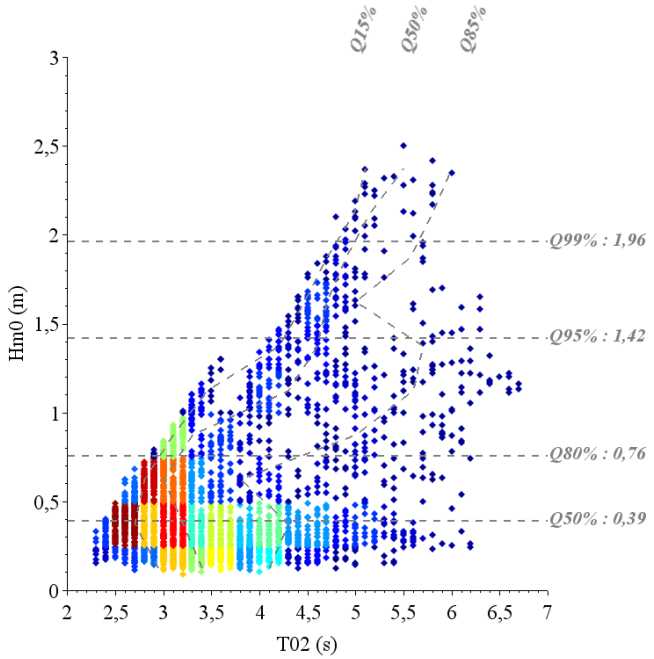



| Pic du | $H_{1/3}$ (m) | $H_{max}$ (m) | $T_{H1/3}$ (s) | $T_{Hmax}$ (s) | $H_{m0}$ (m) | $T_p$ (s) | $T_{02}$ (s) | $T_e$ (s) | $Dir_p$ (°) | $Etal_p$ (°) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 21/11 16h00 | 2,35 | 4,47 | 6,7 | 6,5 | 2,50 | 7,4 | 5,5 | 6,4 | - | - |

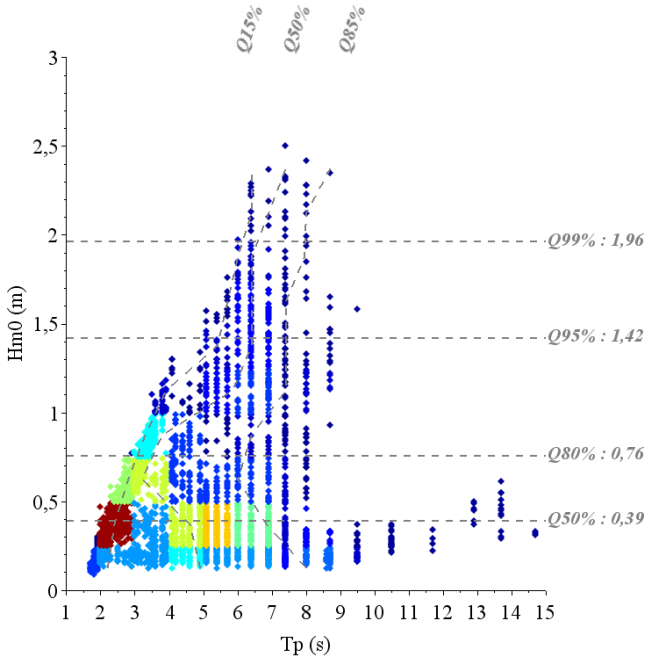
# CANDHIS : 01302 – Port-de-Bouc

| Climatologie moyenne : | ANNUELLE (janvier à décembre) |
|---|---|

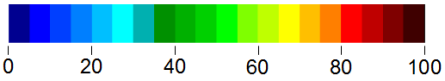
► $H_{m0}$ fonction de $T_{02}$




► $H_{m0}$ fonction de $T_p$




Échelle de couleurs normalisée :



# CANDHIS : 01303 – Fos

## Informations générales

**Durée d'observation :** 0,24 an
du 26/03/2003 au 24/01/2004

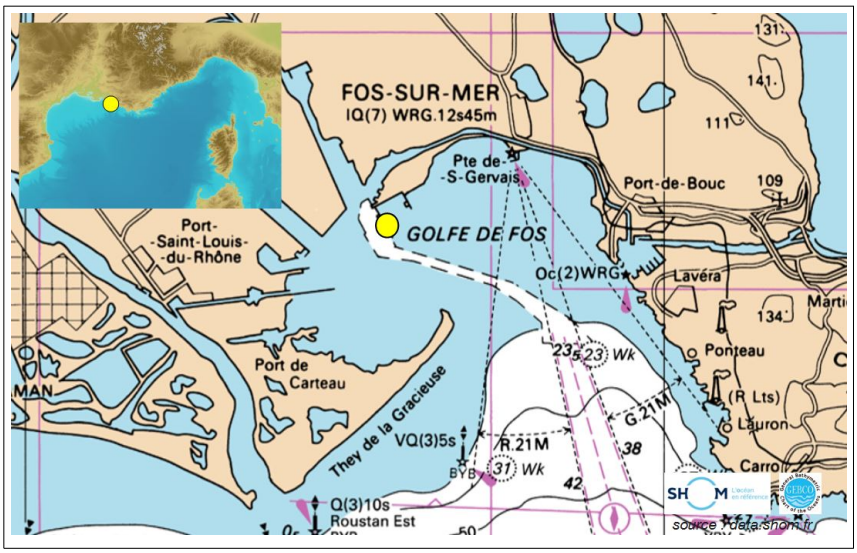
**Latitude :** 43°24,530'N

**Longitude :** 04°53,570'E

**Distance à la côte :** 1,30 mile

**Profondeur :** 16 mètres

**Marnage (VEM) :** -




**Taux de disponibilité :**

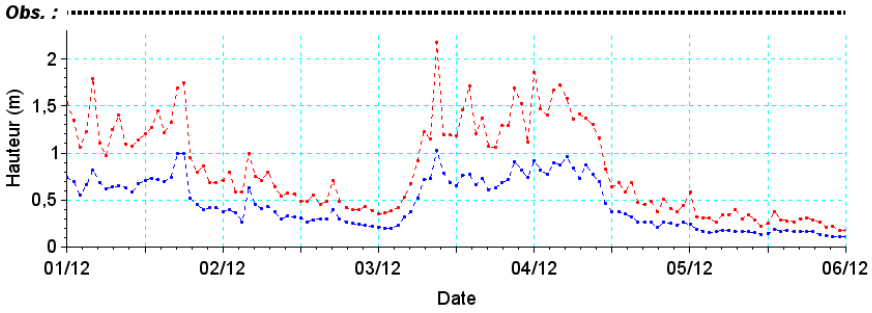
| | janv. | fév. | mars | avril | mai | juin | juil. | août | sept. | oct. | nov. | déc. | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **2003** | | | 17% | 77% | 23% | | 0% | 25% | | 1% | 51% | 70% | 22% |
| **2004** | 26% | | | | | | | | | | | | 2% |
| **Total** | **13%** | **0%** | **8%** | **38%** | **12%** | **0%** | **0%** | **12%** | **0%** | **0%** | **25%** | **35%** | **12%** |

## Sélection de l'événement remarquable

Tempête du 03/12/03

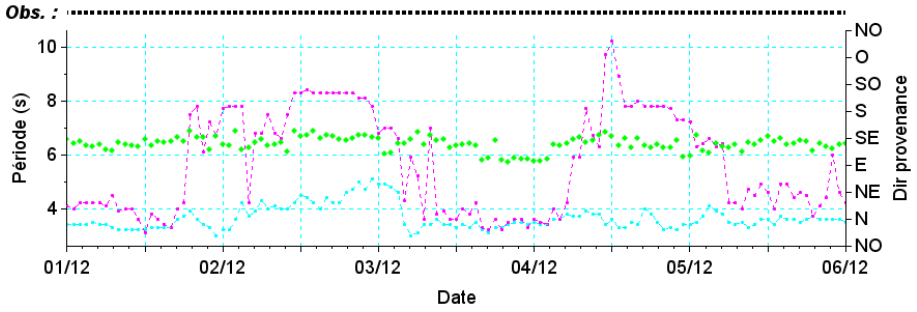
### Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




### Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$

Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$

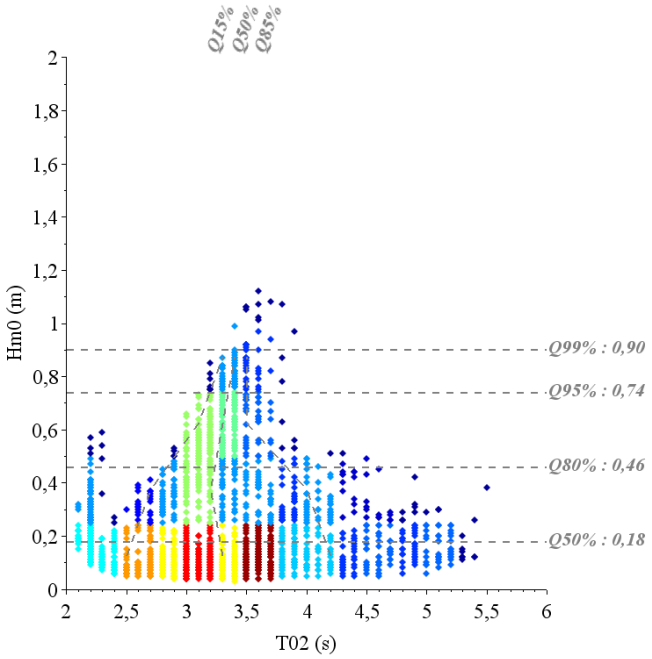



| Pic du | $H_{1/3}$ (m) | $H_{max}$ (m) | $T_{H1/3}$ (s) | $T_{Hmax}$ (s) | $H_{m0}$ (m) | $T_p$ (s) | $T_{02}$ (s) | $T_e$ (s) | $Dir_p$ (°) | $Etal_p$ (°) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 03/12 9h00 | 1,03 | 2,18 | 4,0 | 4,4 | 1,12 | 3,8 | 3,6 | 4,2 | 131 | 18 |

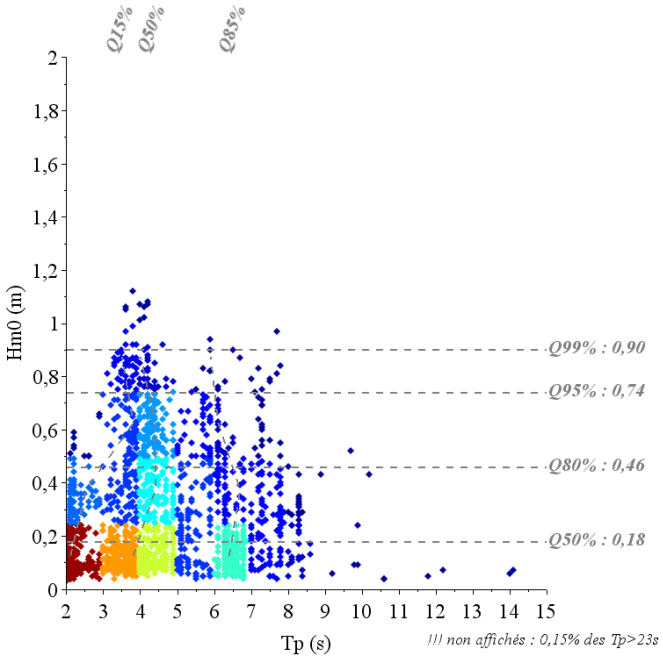
# CANDHIS : 01303 – Fos

**Climatologie moyenne : ANNUELLE (janvier à décembre)**

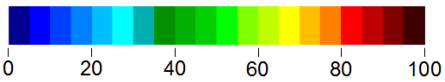
► $H_{m0}$ fonction de $T_{02}$



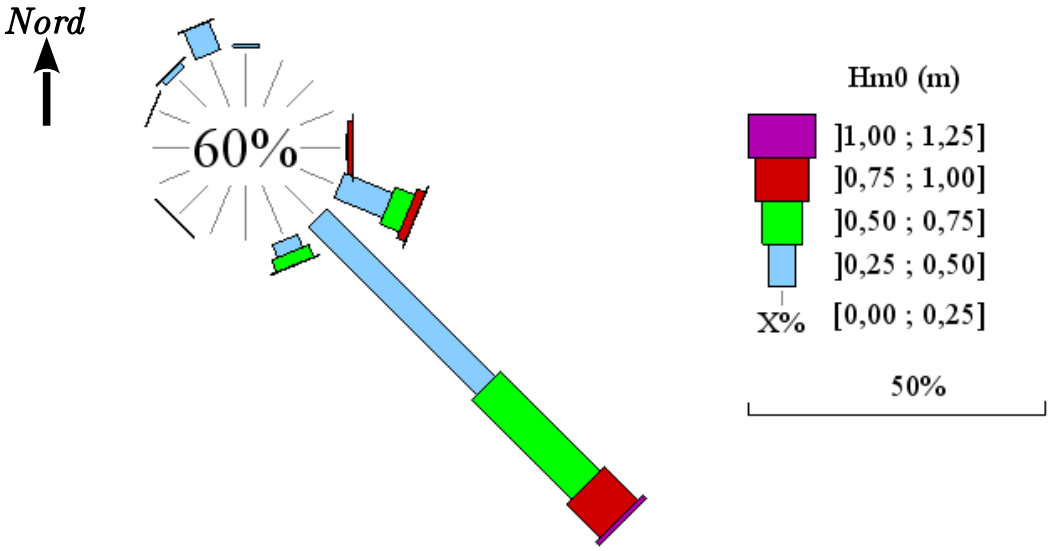

► $H_{m0}$ fonction de $T_p$




Échelle de couleurs normalisée :




► $H_{m0}$ fonction de $Dir_p$ (rose des houles)



# CANDHIS : 01306 – Golfe de Fos

## Informations générales

**Durée d'observation :** 2,33 ans
du 03/12/18 au 30/06/21

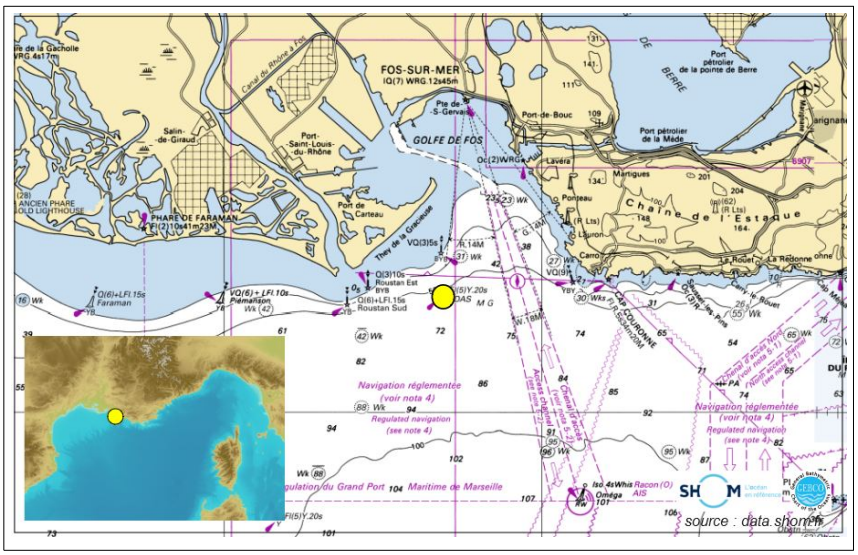
**Latitude :** 43°18,967' N

**Longitude :** 04°55,222' E

**Distance à la côte :** 2,7 milles

**Profondeur :** 55 mètres

**Marnage (VEM) :** -



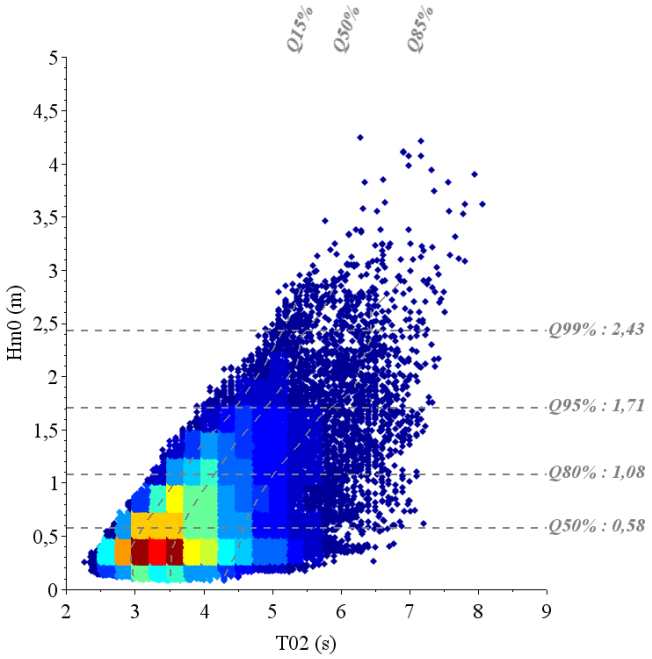

**Taux de disponibilité :**

| | janv. | fév. | mars | avril | mai | juin | juil. | août | sept. | oct. | nov. | déc. | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **2018** | | | | | | | | | | | | 92% | 8% |
| **2019** | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 52% | 83% | 95% |
| **2020** | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 95% | 100% |
| **2021** | 94% | | | 99% | 91% | 92% | | | | | | | 31% |
| **Total** | **73%** | **50%** | **50%** | **75%** | **73%** | **73%** | **50%** | **50%** | **50%** | **50%** | **38%** | **67%** | **58%** |

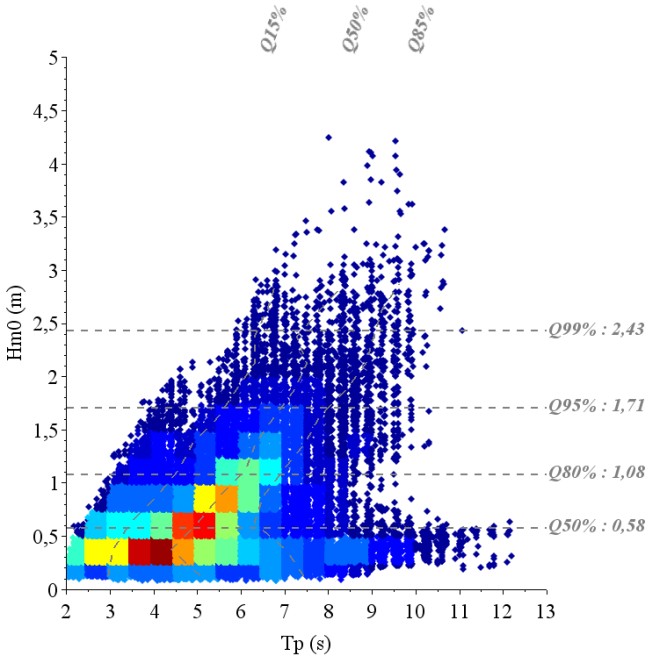
# CANDHIS : 01306 – Golfe de Fos

**Climatologie moyenne : ANNUELLE (janvier à décembre)**

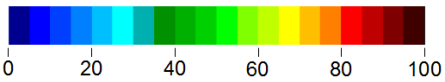
► $H_{m0}$ fonction de $T_{02}$



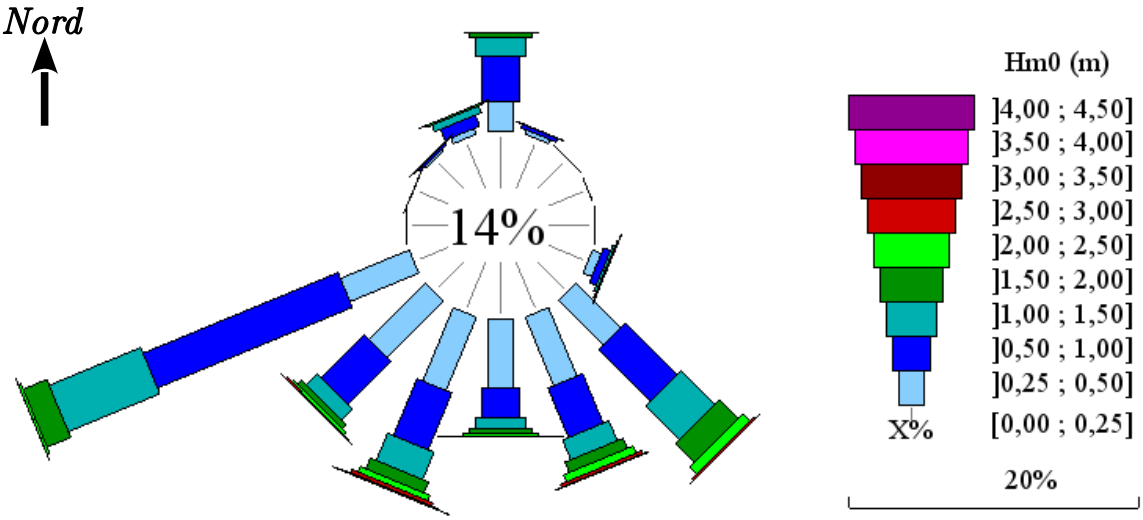

► $H_{m0}$ fonction de $T_p$




Échelle de couleurs normalisée :



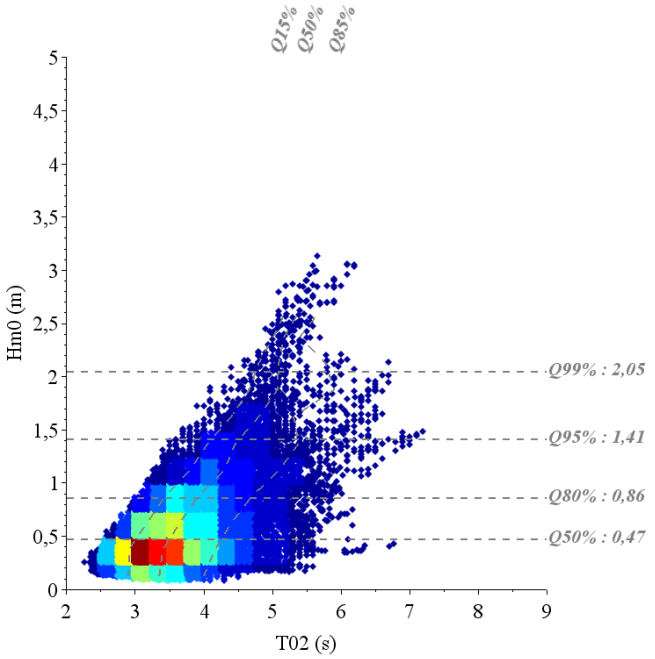

► $H_{m0}$ fonction de $Dir_p$ (rose des houles)



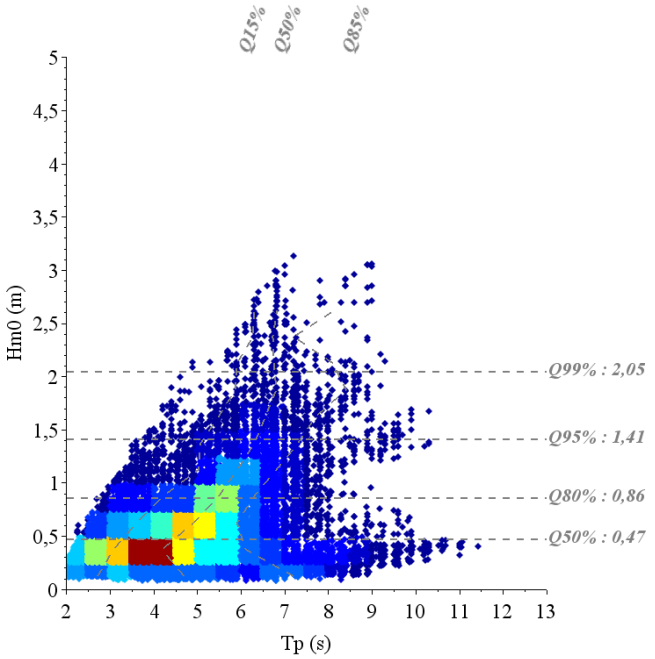
# CANDHIS : 01306 – Golfe de Fos

**Climatologie moyenne : ESTIVALE (avril à septembre)**

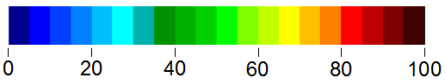
► $H_{m0}$ fonction de $T_{02}$



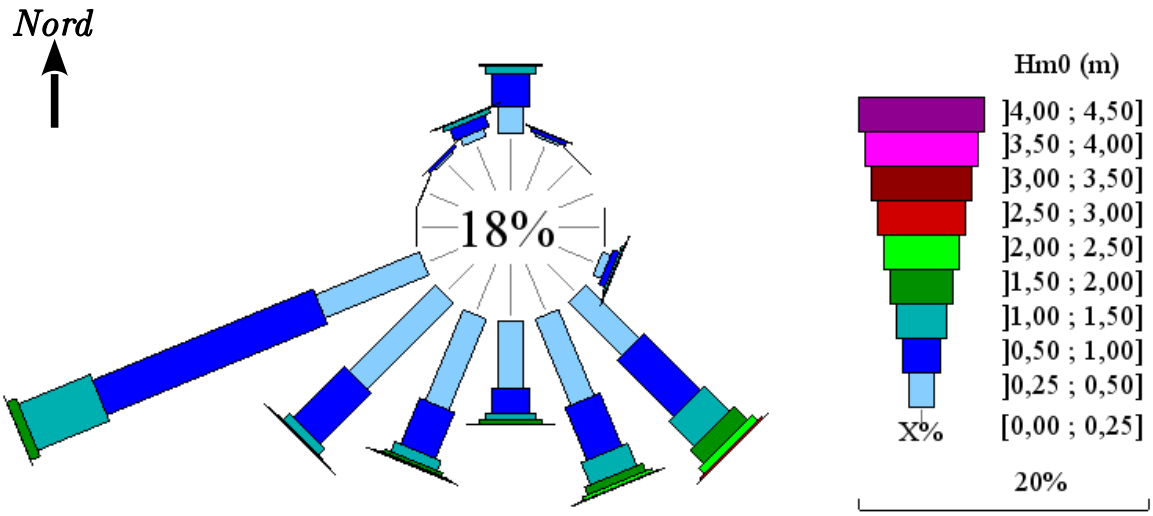

► $H_{m0}$ fonction de $T_p$




Échelle de couleurs normalisée :



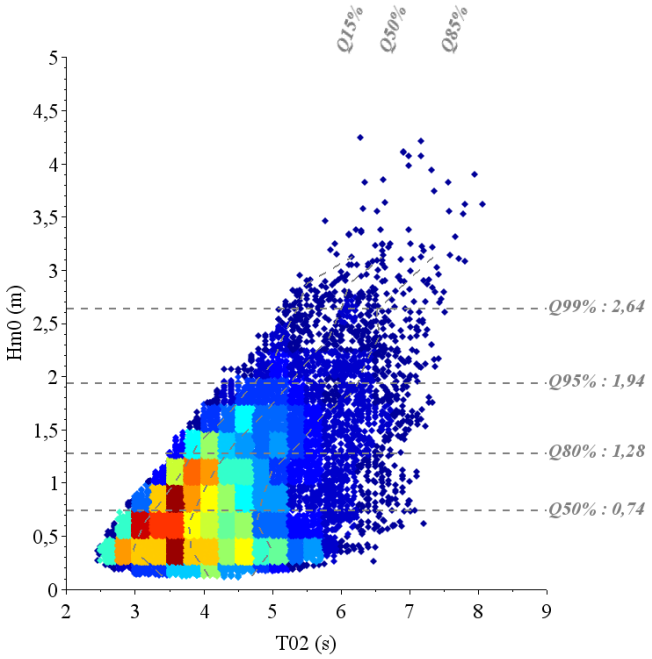

► $H_{m0}$ fonction de $Dir_p$ (rose des houles)



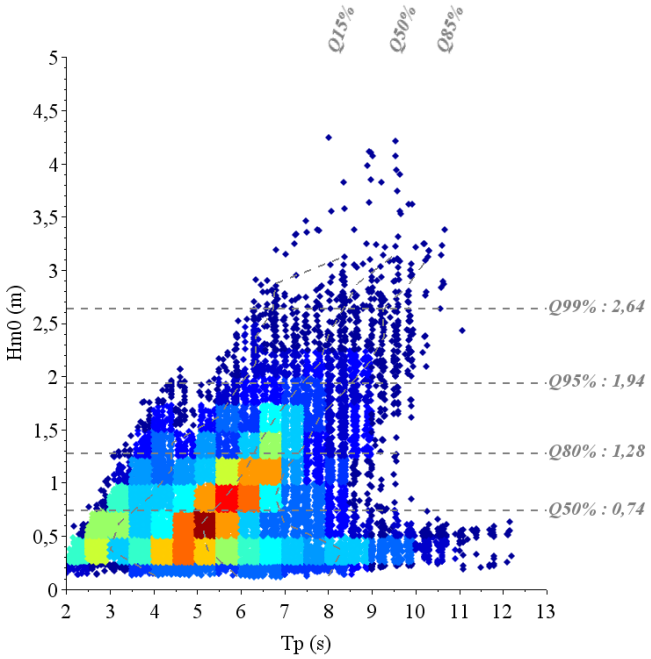
# CANDHIS : 01306 – Golfe de Fos

**Climatologie moyenne : HIVERNALE**
**(janvier à mars et octobre à décembre)**

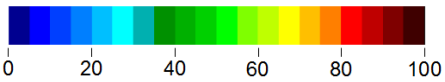
► $H_{m0}$ fonction de $T_{02}$



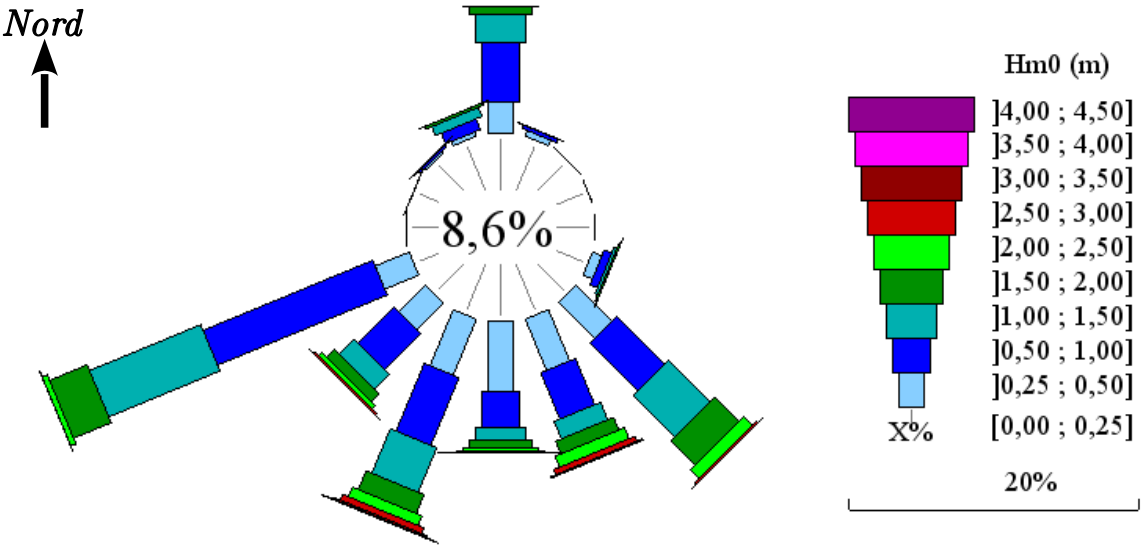

► $H_{m0}$ fonction de $T_p$




Échelle de couleurs normalisée :




► $H_{m0}$ fonction de $Dir_p$ (rose des houles)



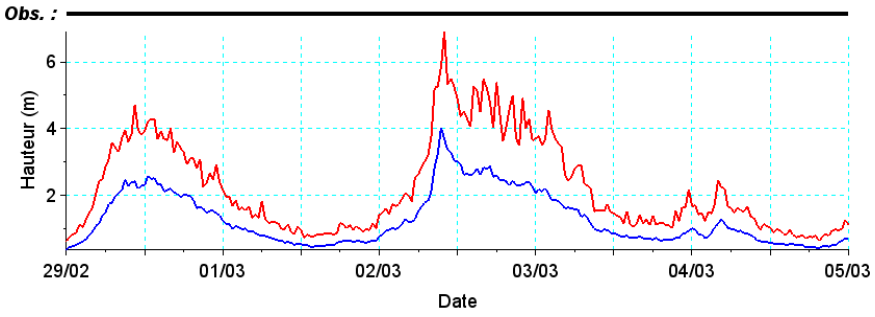
# CANDHIS : 01306 – Golfe de Fos

## Sélection des événements remarquables

### Tempête du 02/03/20

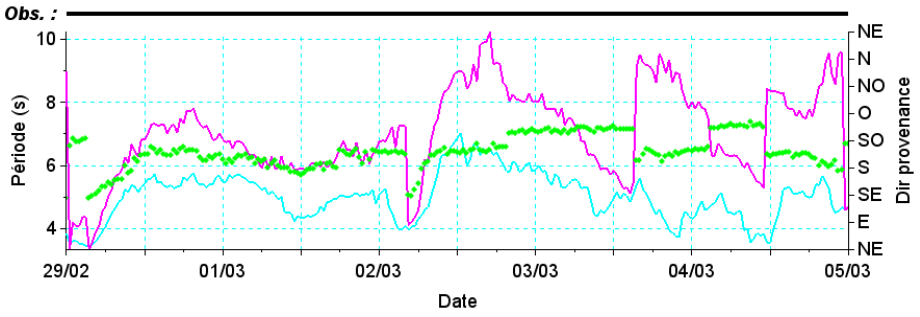
**Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$**

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




**Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$**

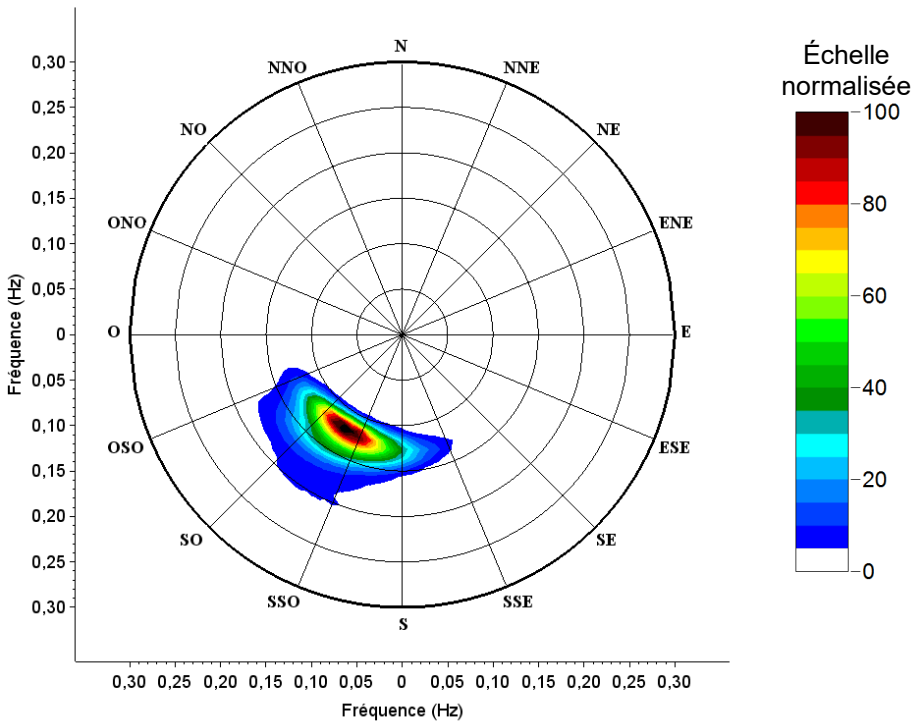
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




### Pic de tempête

| Pic du | 02/03 9h30 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 4,03 |
| $H_{1/10}$ (m) | 4,97 |
| $H_{max}$ (m) | 5,85 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 7,6 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 7,5 |
| $T_{avd}$ (s) | 6,4 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 7,6 |
| $S_z$ | 1/15 |
| $H_{m0}$ (m) | 4,24 |
| $T_p$ (s) | 8,0 |
| $T_{02}$ (s) | 6,3 |
| $T_e$ (s) | 7,2 |
| $Dir_p$ (°) | 207 |
| $Etal_p$ (°) | 23 |

### Spectre directionnel de variance



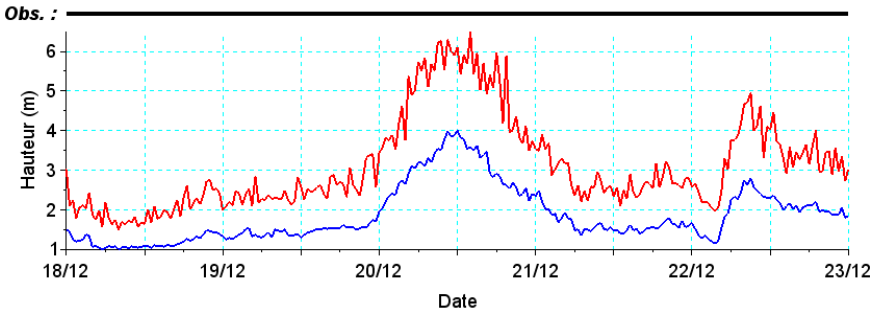
# CANDHIS : 01306 – Golfe de Fos

## Sélection des événements remarquables

### Tempête du 20/12/19

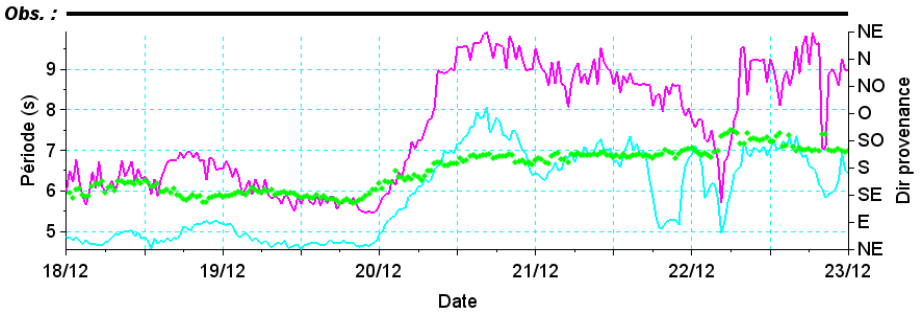
**Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$**

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




**Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$**

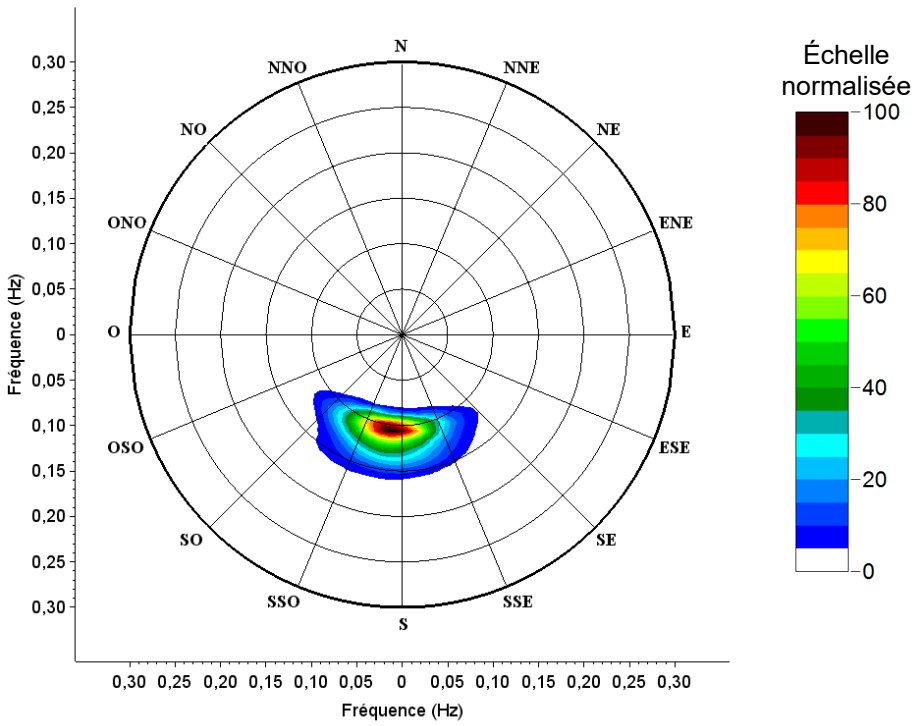
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




**Pic de tempête**

| Pic du | 20/12 12h00 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 4,01 |
| $H_{1/10}$ (m) | 4,96 |
| $H_{max}$ (m) | 6,10 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 8,6 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 8,6 |
| $T_{avd}$ (s) | 7,6 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 9,0 |
| $S_z$ | 1/18 |
| $H_{m0}$ (m) | 4,21 |
| $T_p$ (s) | 9,6 |
| $T_{02}$ (s) | 7,2 |
| $T_e$ (s) | 8,3 |
| $Dir_p$ (°) | 186 |
| $Etal_p$ (°) | 26 |

Spectre directionnel de variance



# CANDHIS : 03001 – Espiguette

## Informations générales

**Durée d'observation :** 10,70 ans
du 11/08/08 au 15/11/21

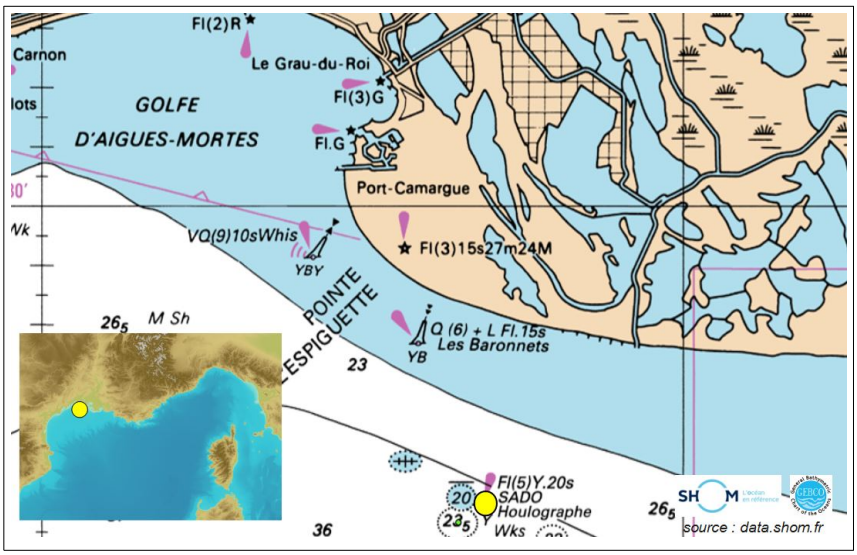
**Latitude :** 43°24,660'N

**Longitude :** 04°09,750'E

**Distance à la côte :** 3,6 milles

**Profondeur :** 32 mètres

**Marnage (VEM) :** -



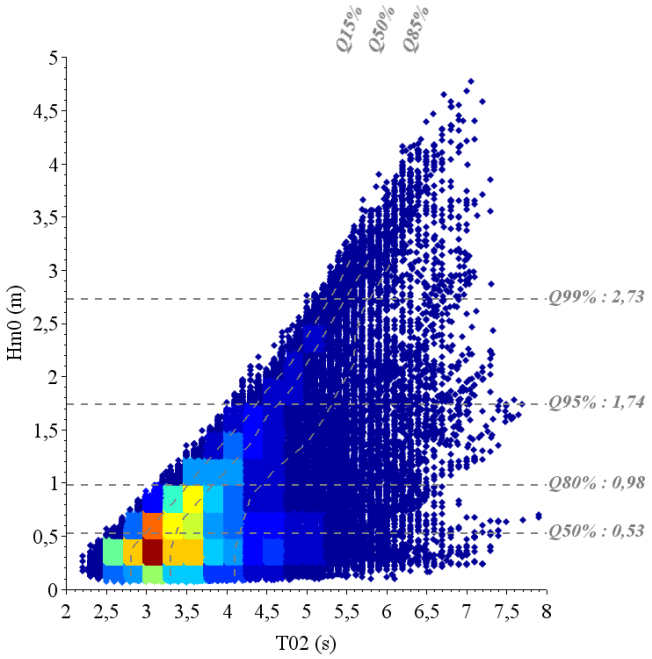

**Taux de disponibilité :**

| | janv. | fév. | mars | avril | mai | juin | juil. | août | sept. | oct. | nov. | déc. | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **2008** | | | | | | | | 30% | 69% | 100% | 100% | 100% | 33% |
| **2009** | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 50% | | 95% | 48% | | 74% |
| **2010** | | | | | | 78% | 89% | | | | | 95% | 22% |
| **2011** | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| **2012** | 100% | 97% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| **2013** | 100% | 98% | 97% | 100% | 100% | 92% | 97% | 99% | 99% | 100% | 99% | 100% | 98% |
| **2014** | 100% | 90% | 82% | | | | | | | | | | 23% |
| **2015** | | 41% | 100% | 100% | 100% | 99% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 87% |
| **2016** | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 14% | | | | 63% | 65% |
| **2017** | 92% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 99% |
| **2018** | 100% | 100% | 99% | 99% | 91% | 99% | 96% | 99% | 100% | 100% | 98% | 80% | 96% |
| **2019** | 99% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| **2020** | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 52% | 94% | 100% | 95% |
| **2021** | 100% | 93% | 89% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 28% | 67% | 49% | | 77% |
| **Total** | **78%** | **80%** | **83%** | **78%** | **78%** | **83%** | **84%** | **71%** | **64%** | **72%** | **71%** | **74%** | **76%** |

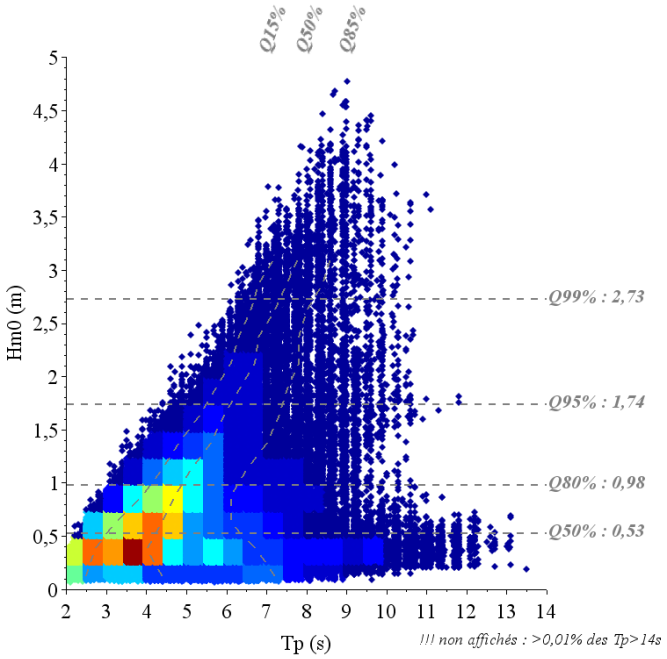
# CANDHIS : 03001 – Espiguette

**Climatologie moyenne : ANNUELLE (janvier à décembre)**

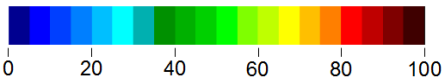
► $H_{m0}$ fonction de $T_{02}$



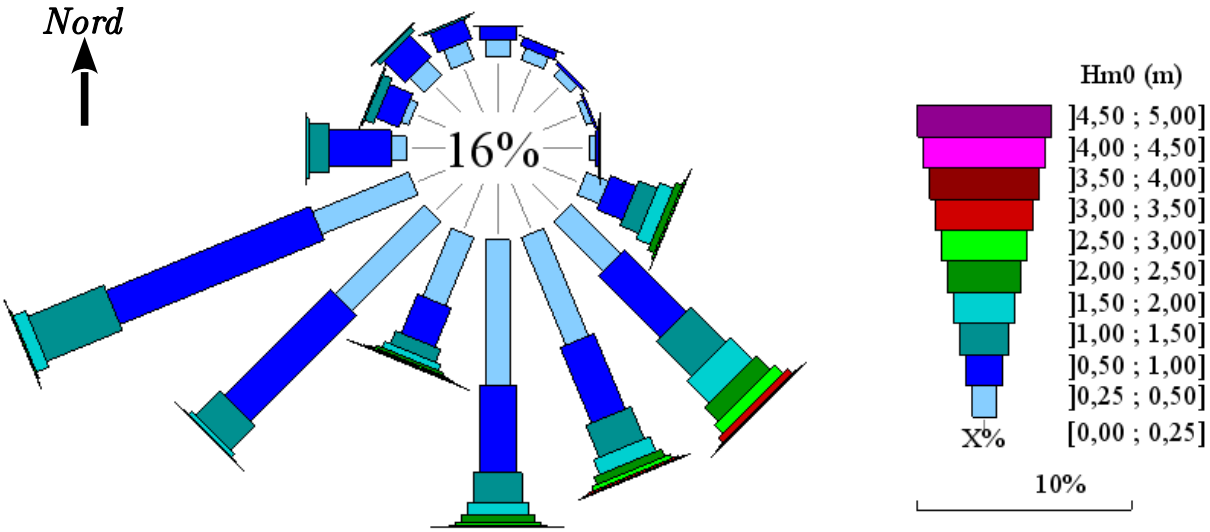

► $H_{m0}$ fonction de $T_p$




Échelle de couleurs normalisée :



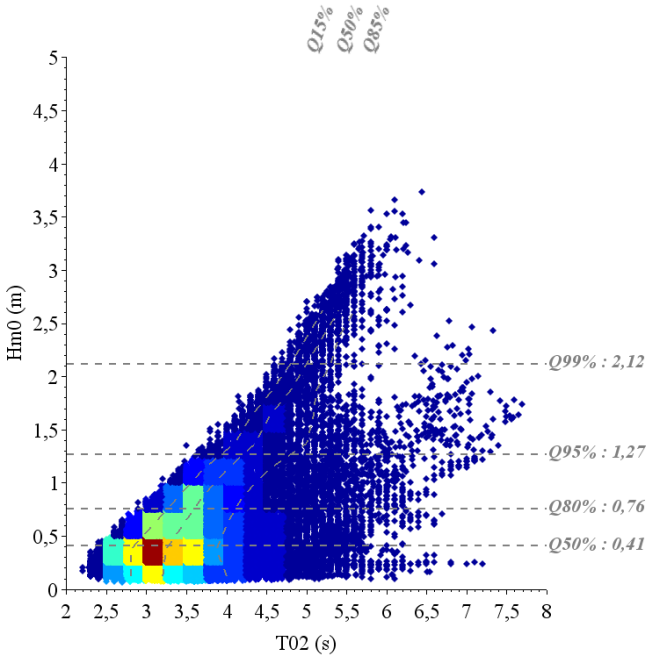

► $H_{m0}$ fonction de $Dir_p$ (rose des houles)



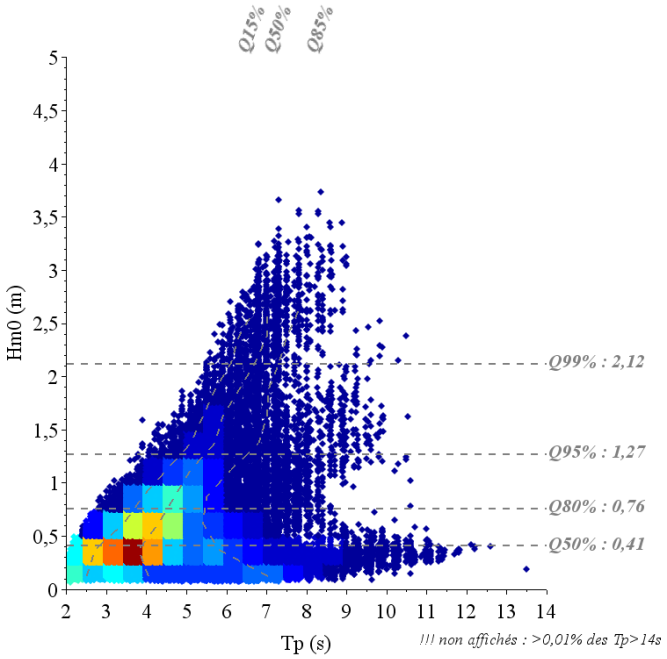
# CANDHIS : 03001 – Espiguette

**Climatologie moyenne : ESTIVALE (avril à septembre)**

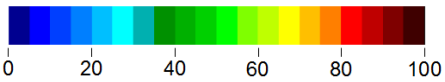
► $H_{m0}$ fonction de $T_{02}$



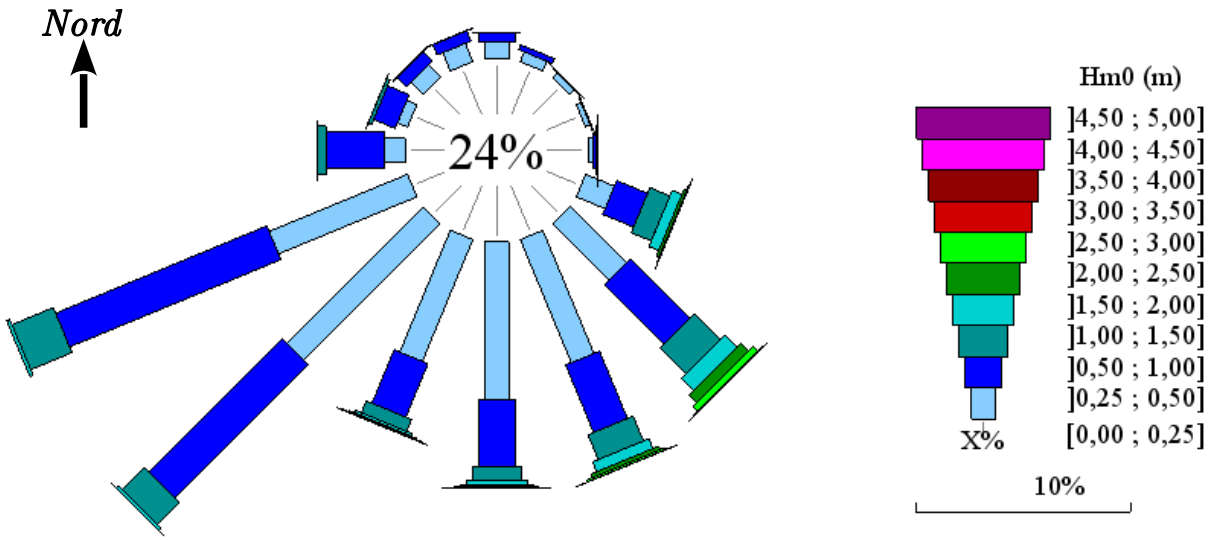

► $H_{m0}$ fonction de $T_p$




Échelle de couleurs normalisée :



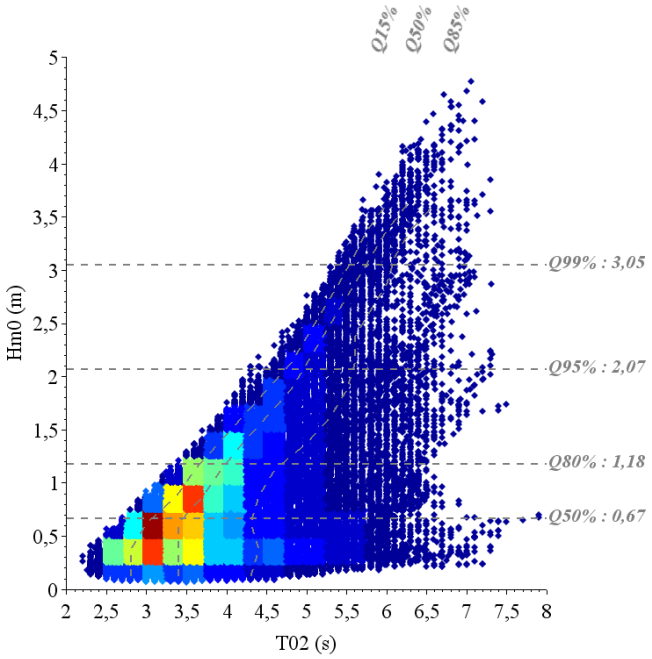

► $H_{m0}$ fonction de $Dir_p$ (rose des houles)



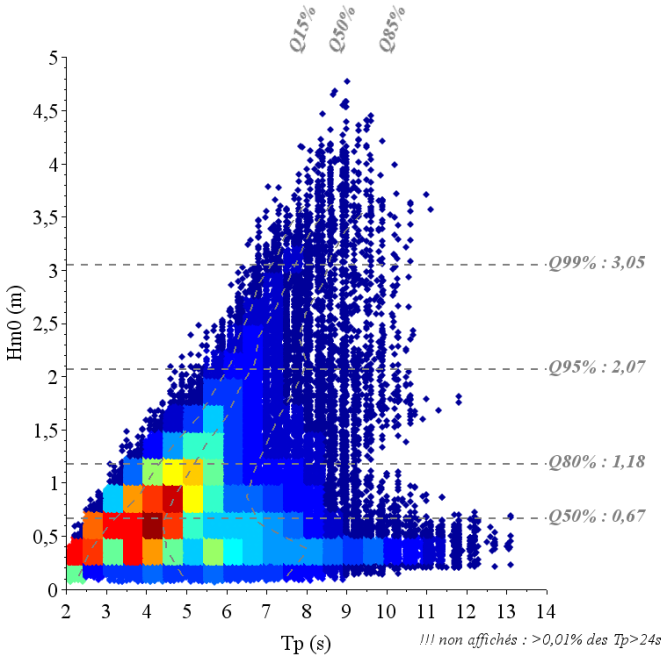
# CANDHIS : 03001 – Espiguette

**Climatologie moyenne : HIVERNALE**
**(janvier à mars et octobre à décembre)**

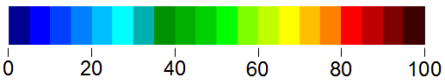
► $H_{m0}$ fonction de $T_{02}$



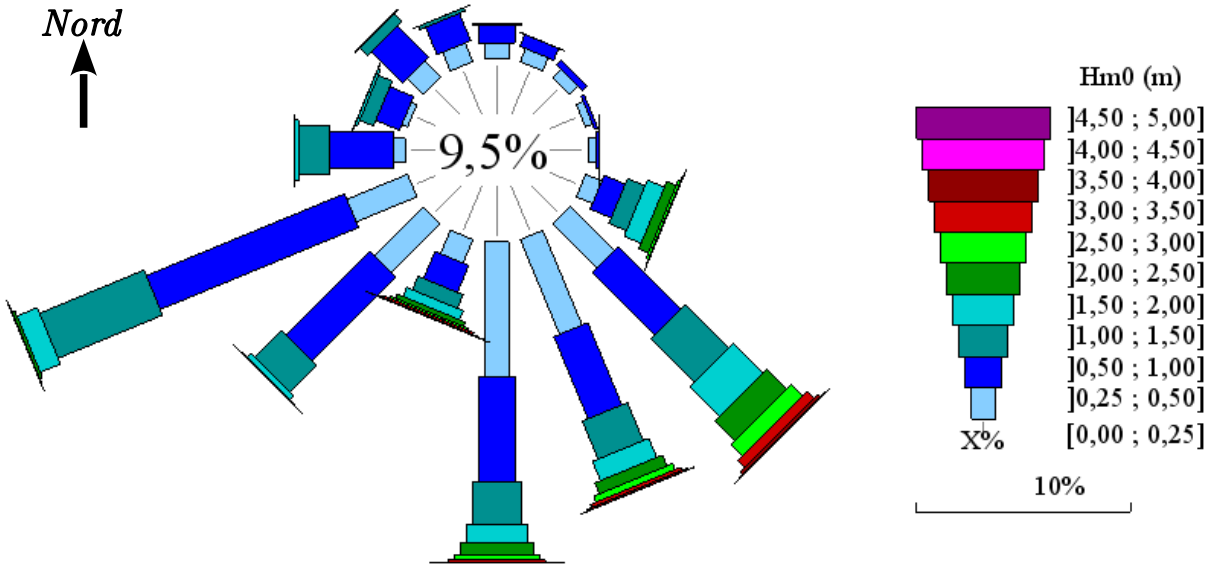

► $H_{m0}$ fonction de $T_p$




Échelle de couleurs normalisée :




► $H_{m0}$ fonction de $Dir_p$ (rose des houles)



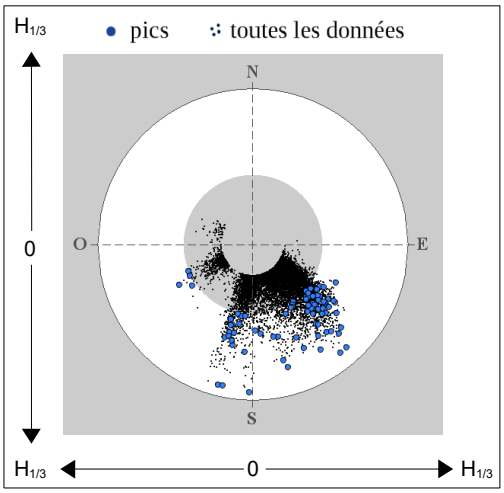
# CANDHIS : 03001 – Espiguette

## Analyse des valeurs extrêmes de $H_{1/3}$ : DIRECTION DE PROVENANCE 0° à 360°

### Sélection des pics de tempête

| | Seuil (u) | Nb évts/an | Cambrure $H_{1/3}/L_{avd}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | | | médiane | Int.Conf.70% |
| **GPD** | 2,60 m | 8,23 | 1/18 | 1/19 à 1/16 |
| **Loi Exp** | 3,10 m | 4,21 | 1/17 | 1/19 à 1/16 |

### $Dir_p$ aux pics de tempête




### Paramètres des lois d'ajustement

**GPD :** $Pr\{H_{1/3}>h|h>u\}=\left(1+\xi\frac{h-u}{\sigma}\right)^{-1/\xi}$

avec σ = 0,771184 et ξ = -0,299823

**Loi Exp. :** $Pr\{H_{1/3}>h|h>u\}=\exp[-\rho(h-u)]$

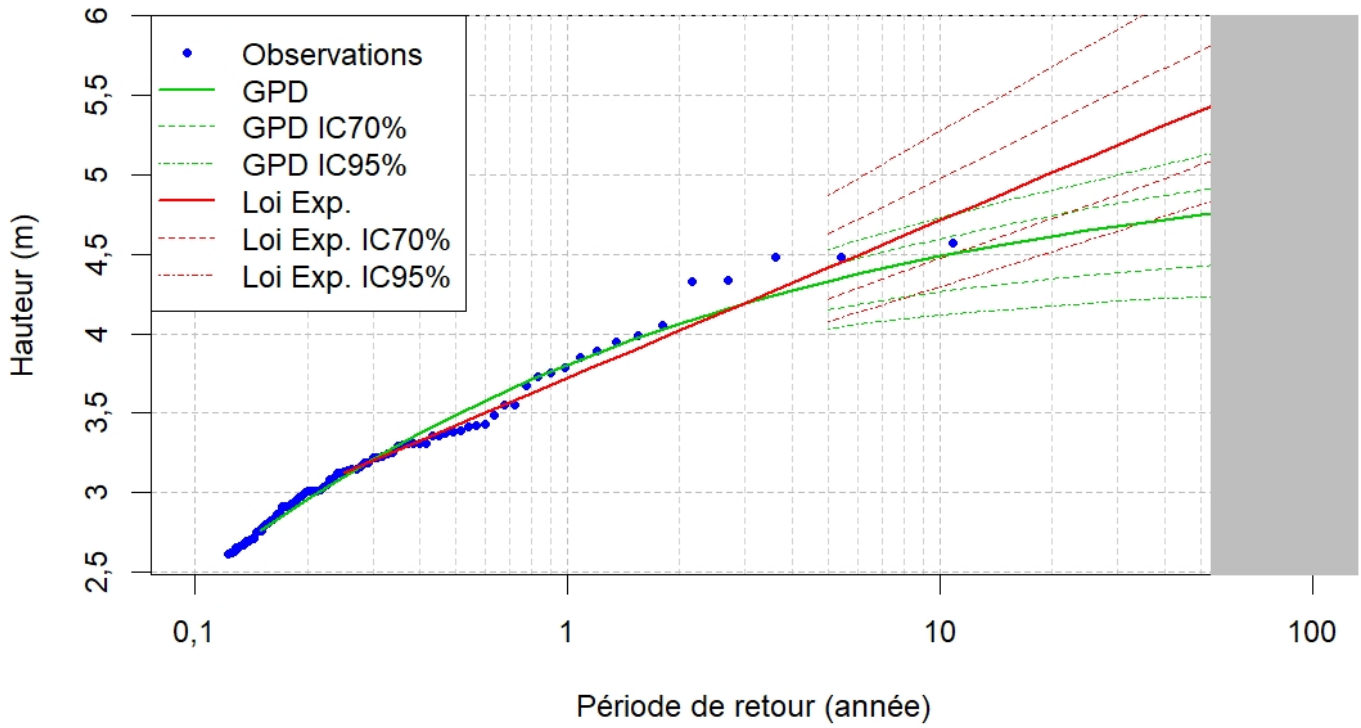
avec ρ = 2,317199

### Niveaux de retour

| Période de retour | $H_{1/3}$ (mètres) | | Int. de Conf. 70% (mètres) | | $T_{avd}$ Int.Conf.70% (secondes) (i) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **GPD** | **Loi Exp.** | **GPD** | **Loi Exp.** | **GPD** | **Loi Exp.** |
| 5 ans | 4,33 | 4,41 | 4,15 à 4,43 | 4,22 à 4,63 | 6,78 à 7,39 | 6,85 à 7,47 |
| 10 ans | 4,49 | 4,71 | 4,27 à 4,59 | 4,47 à 4,97 | 6,91 à 7,54 | 7,09 à 7,75 |
| 20 ans | 4,62 | 5,01 | 4,35 à 4,74 | 4,73 à 5,32 | 7,01 à 7,66 | 7,33 à 8,02 |
| 50 ans | 4,75 | 5,41 | 4,43 à 4,91 | 5,06 à 5,78 | 7,12 à 7,78 | 7,64 à 8,38 |

(i) $T_{avd}=\sqrt{(2\pi L_{avd}/g).\tanh(2\pi Prof/L_{avd})}$ avec $L_{avd}=H_{1/3}/Cambrure$

### Ajustement statistique :



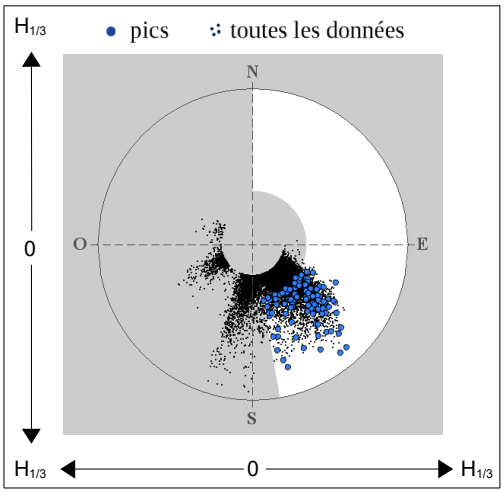
# CANDHIS : 03001 – Espiguette

## Analyse des valeurs extrêmes de $H_{1/3}$ : DIRECTION DE PROVENANCE 0° à 170°

### Sélection des pics de tempête

| | Seuil (u) | Nb évts/an | Cambrure $H_{1/3}/L_{avd}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | | | médiane | Int.Conf.70% |
| **GPD** | 2,20 m | 10,19 | 1/18 | 1/21 à 1/16 |
| **Loi Exp** | 3,00 m | 4,11 | 1/17 | 1/19 à 1/16 |

### $Dir_p$ aux pics de tempête




### Paramètres des lois d'ajustement

**GPD :** $Pr\{H_{1/3}>h|h>u\}=\left(1+\xi\frac{h-u}{\sigma}\right)^{-1/\xi}$

avec σ = 0,954233 et ξ = -0,392923

**Loi Exp. :** $Pr\{H_{1/3}>h|h>u\}=\exp[-\rho(h-u)]$

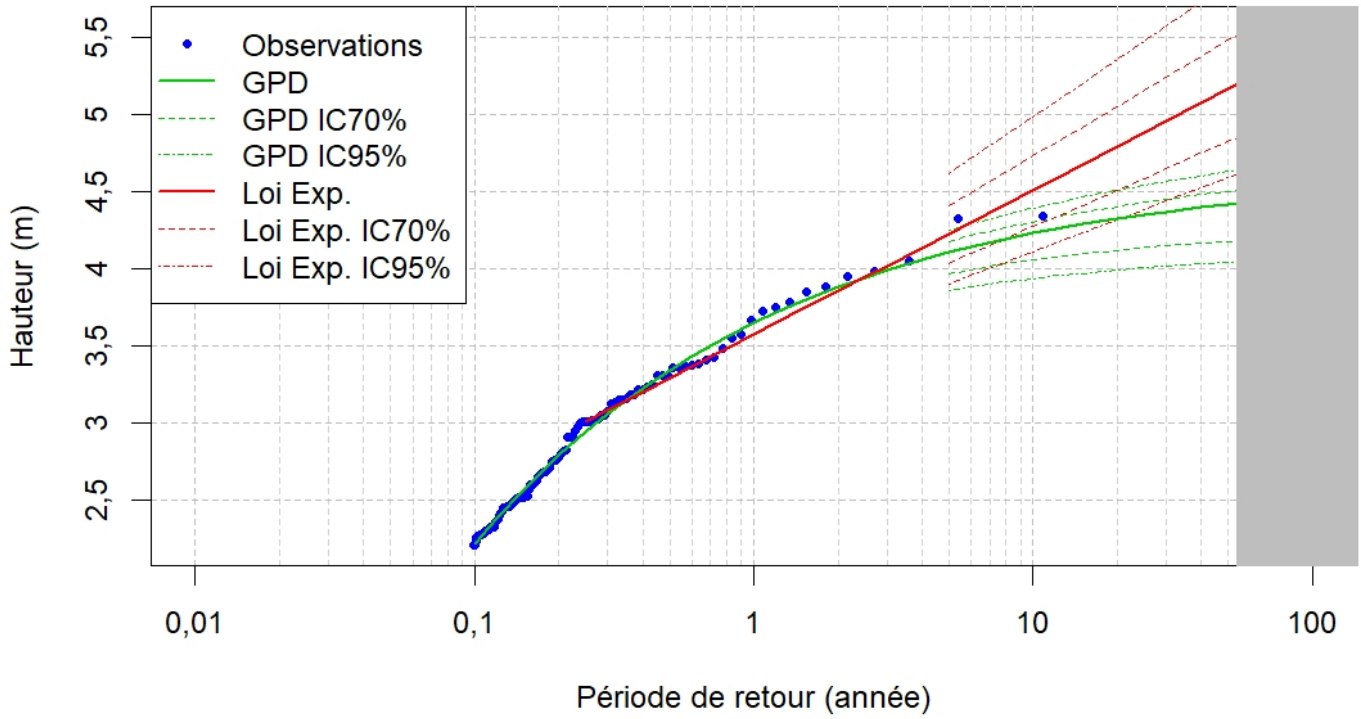
avec ρ = 2,456728

### Niveaux de retour

| Période de retour | $H_{1/3}$ (mètres) | | Int. de Conf. 70% (mètres) | | $T_{avd}$ Int.Conf.70% (secondes) (i) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **GPD** | **Loi Exp.** | **GPD** | **Loi Exp.** | **GPD** | **Loi Exp.** |
| 5 ans | 4,11 | 4,23 | 3,97 à 4,18 | 4,04 à 4,41 | 6,58 à 7,47 | 6,68 à 7,58 |
| 10 ans | 4,23 | 4,51 | 4,06 à 4,31 | 4,27 à 4,73 | 6,68 à 7,59 | 6,91 à 7,86 |
| 20 ans | 4,33 | 4,80 | 4,12 à 4,40 | 4,51 à 5,05 | 6,76 à 7,68 | 7,13 à 8,13 |
| 50 ans | 4,42 | 5,17 | 4,18 à 4,51 | 4,83 à 5,48 | 6,83 à 7,77 | 7,42 à 8,50 |

(i) $T_{avd}=\sqrt{(2\pi L_{avd}/g).\tanh(2\pi Prof/L_{avd})}$ avec $L_{avd}=H_{1/3}/Cambrure$

### Ajustement statistique :



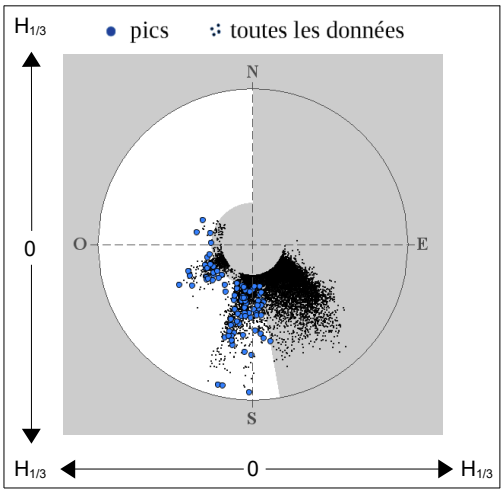
# CANDHIS : 03001 – Espiguette

## Analyse des valeurs extrêmes de $H_{1/3}$ : DIRECTION DE PROVENANCE 170° à 360°

### Sélection des pics de tempête

| | Seuil (u) | Nb évts/an | Cambrure $H_{1/3}/L_{avd}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | | | médiane | Int.Conf.70% |
| **GPD** | 2,30 m | 5,33 | 1/19 | 1/22 à 1/17 |
| **Loi Exp** | 1,90 m | 10,00 | 1/19 | 1/23 à 1/17 |

### $Dir_p$ aux pics de tempête




### Paramètres des lois d'ajustement

**GPD :** $Pr\{H_{1/3}>h|h>u\}=\left(1+\xi\frac{h-u}{\sigma}\right)^{-1/\xi}$

avec $\sigma$ = 0,590702 et $\xi$ = -0,063183

**Loi Exp. :** $Pr\{H_{1/3}>h|h>u\}=\exp[-\rho(h-u)]$

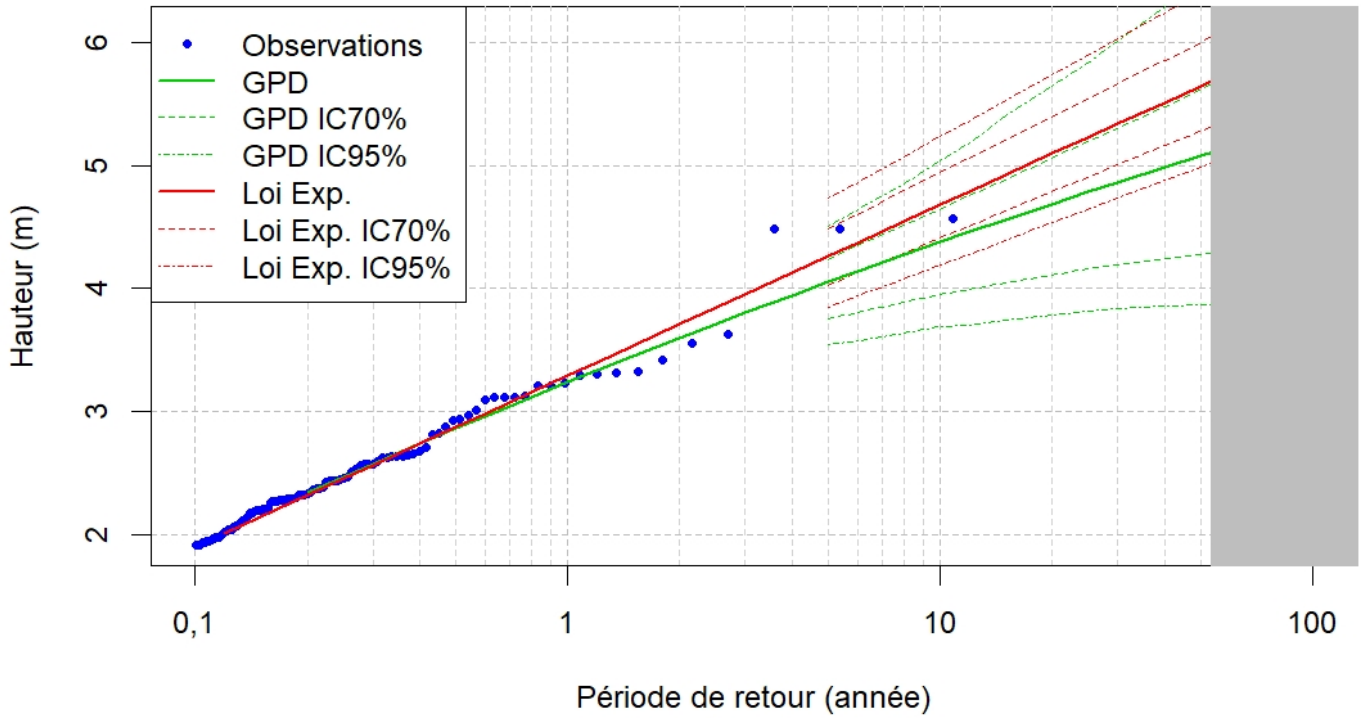
avec $\rho$ = 1,657887

### Niveaux de retour

| Période de retour | $H_{1/3}$ (mètres) | | Int. de Conf. 70% (mètres) | | $T_{avd}$ Int.Conf.70% (secondes) (i) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **GPD** | **Loi Exp.** | **GPD** | **Loi Exp.** | **GPD** | **Loi Exp.** |
| 5 ans | 4,05 | 4,26 | 3,75 à 4,23 | 4,03 à 4,48 | 6,71 à 7,56 | 6,88 à 7,77 |
| 10 ans | 4,38 | 4,68 | 3,95 à 4,64 | 4,41 à 4,94 | 6,98 à 7,89 | 7,23 à 8,19 |
| 20 ans | 4,69 | 5,10 | 4,11 à 5,06 | 4,78 à 5,40 | 7,24 à 8,19 | 7,57 à 8,60 |
| 50 ans | 5,08 | 5,65 | 4,28 à 5,62 | 5,28 à 6,00 | 7,56 à 8,60 | 8,02 à 9,17 |

(i) $T_{avd}=\sqrt{(2\pi L_{avd}/g).\tanh(2\pi Prof/L_{avd})}$ avec $L_{avd}=H_{1/3}/Cambrure$

### Ajustement statistique :



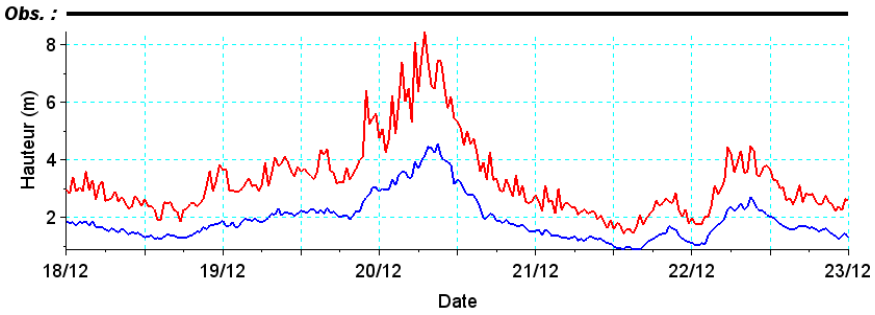
# CANDHIS : 03001 – Espiguette

## Sélection des événements remarquables

Tempête du 20/12/19

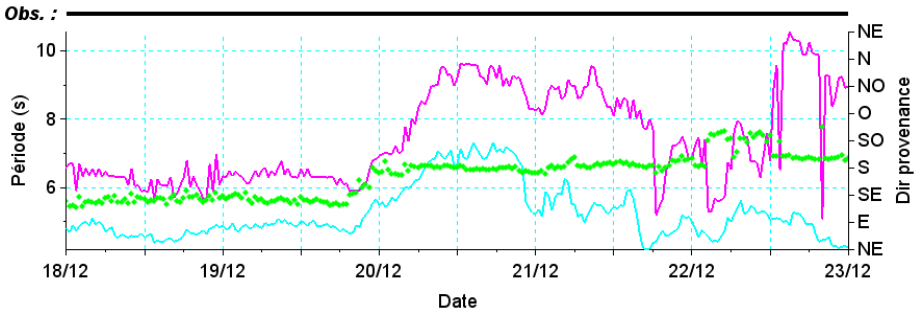
### Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




### Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$

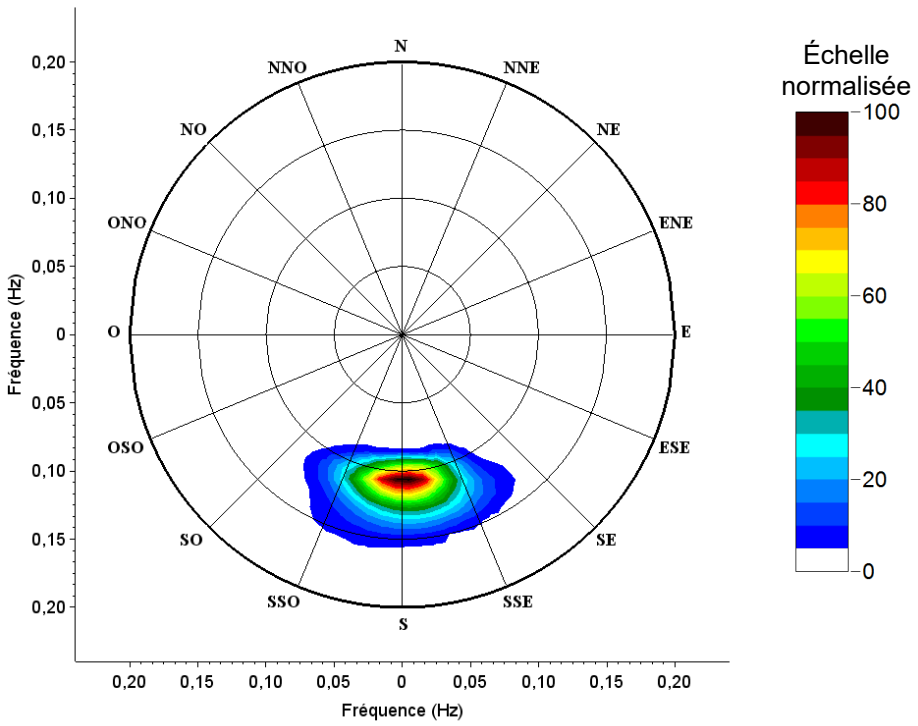
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




### Pic de tempête

| Pic du | 20/12 9h00 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 4,57 |
| $H_{1/10}$ (m) | 5,64 |
| $H_{max}$ (m) | 7,45 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 8,4 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 8,5 |
| $T_{avd}$ (s) | 7,1 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 8,5 |
| $S_z$ | 1/15 |
| $H_{m0}$ (m) | 4,77 |
| $T_p$ (s) | 9,0 |
| $T_{02}$ (s) | 7,1 |
| $T_e$ (s) | 8,1 |
| $Dir_p$ (°) | 182 |
| $Etal_p$ (°) | 19 |

### Spectre directionnel de variance



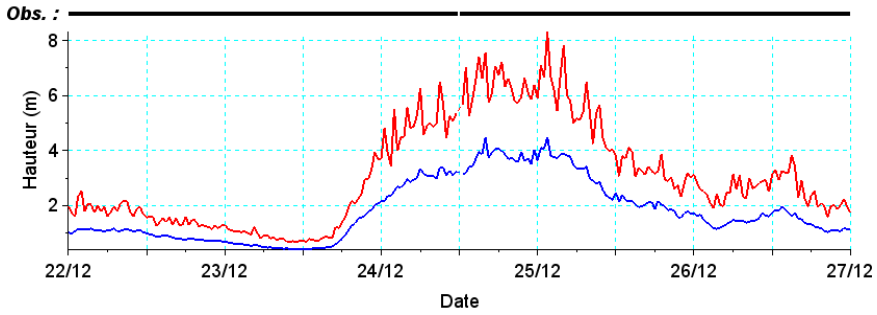
# CANDHIS : 03001 – Espiguette

## Sélection des événements remarquables

### Tempête du 24/12/13

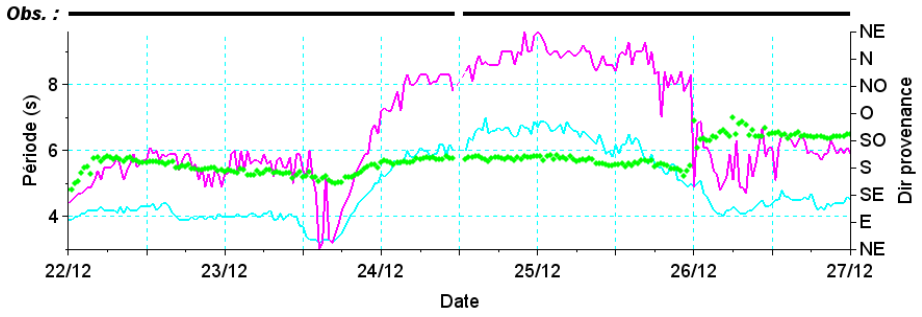
**Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$**

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




**Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$**

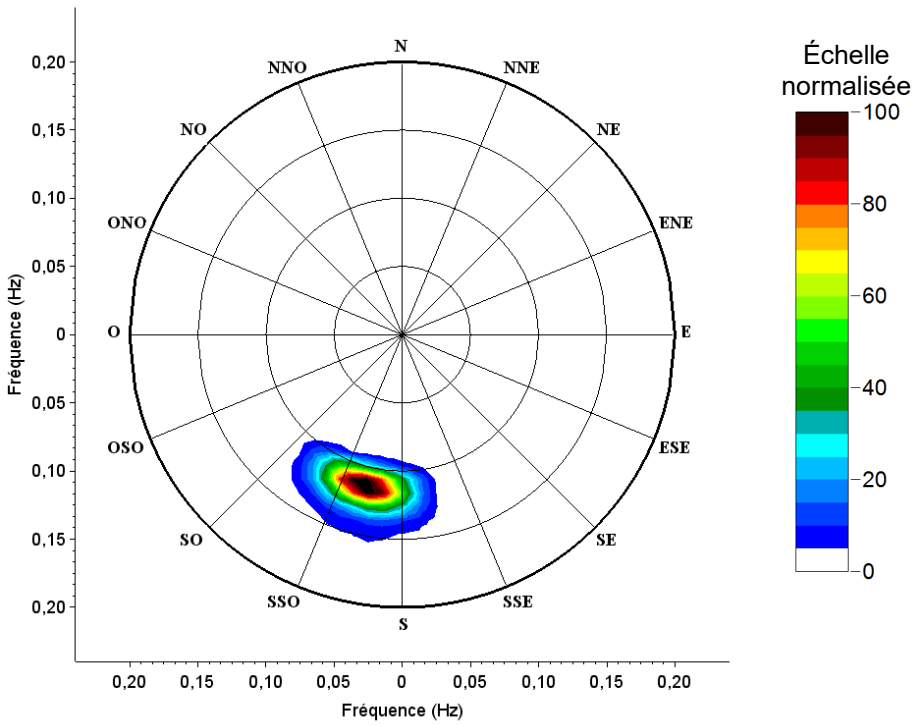
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




**Pic de tempête**

| Pic du | 24/12 16h00 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 4,48 |
| $H_{1/10}$ (m) | 5,39 |
| $H_{max}$ (m) | 7,56 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 8,1 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 8,1 |
| $T_{avd}$ (s) | 7,2 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 8,1 |
| $S_z$ | 1/15 |
| $H_{m0}$ (m) | 4,68 |
| $T_p$ (s) | 8,6 |
| $T_{02}$ (s) | 7,0 |
| $T_e$ (s) | 8,0 |
| $Dir_p$ (°) | 194 |
| $Etal_p$ (°) | 14 |

Spectre directionnel de variance



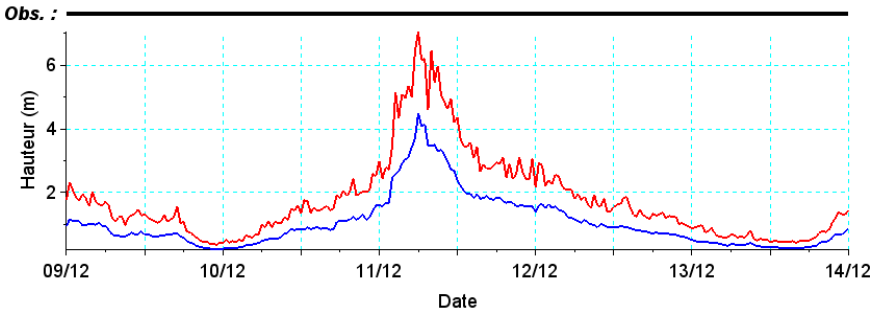
# CANDHIS : 03001 – Espiguette

## Sélection des événements remarquables

Tempête du 11/12/17

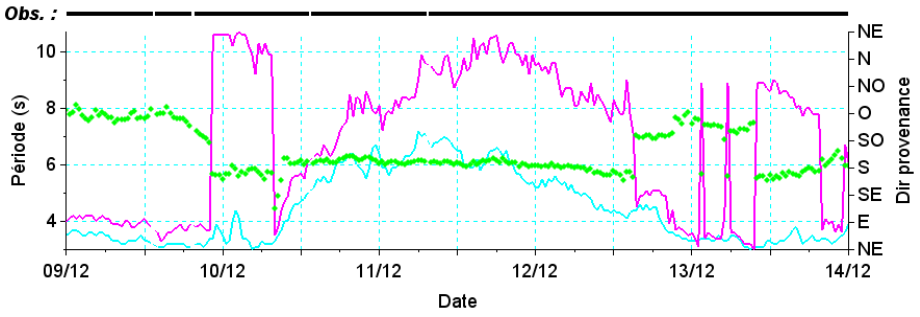
### Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




### Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$

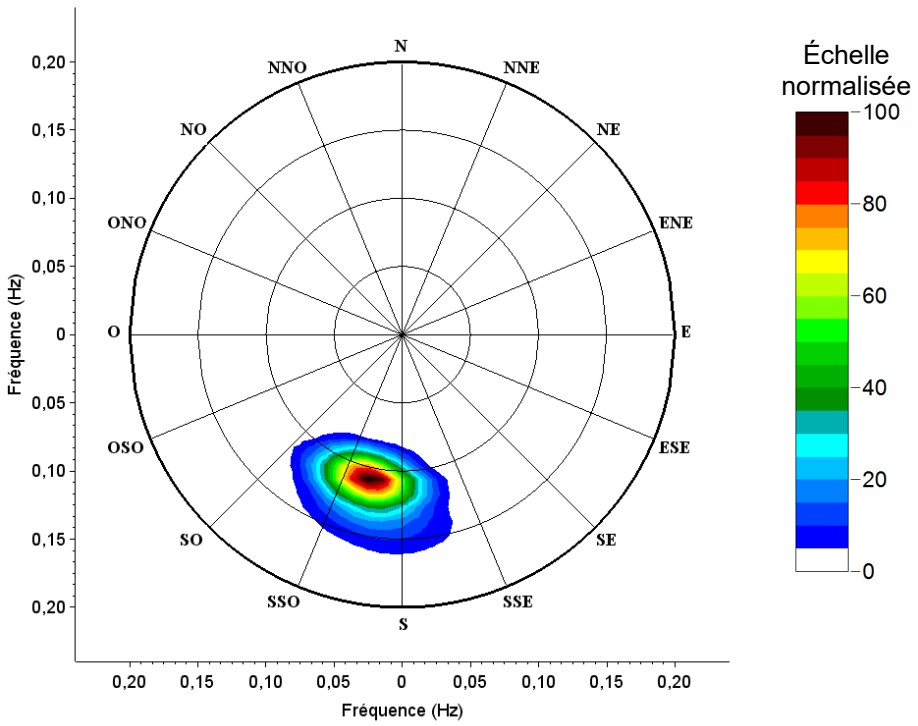
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




### Pic de tempête

| Pic du | 11/12 6h00 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 4,48 |
| $H_{1/10}$ (m) | 5,54 |
| $H_{max}$ (m) | 7,04 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 8,5 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 8,6 |
| $T_{avd}$ (s) | 7,4 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 10,0 |
| $S_z$ | 1/18 |
| $H_{m0}$ (m) | 4,58 |
| $T_p$ (s) | 9,0 |
| $T_{02}$ (s) | 7,2 |
| $T_e$ (s) | 8,3 |
| $Dir_p$ (°) | 192 |
| $Etal_p$ (°) | 15 |

### Spectre directionnel de variance



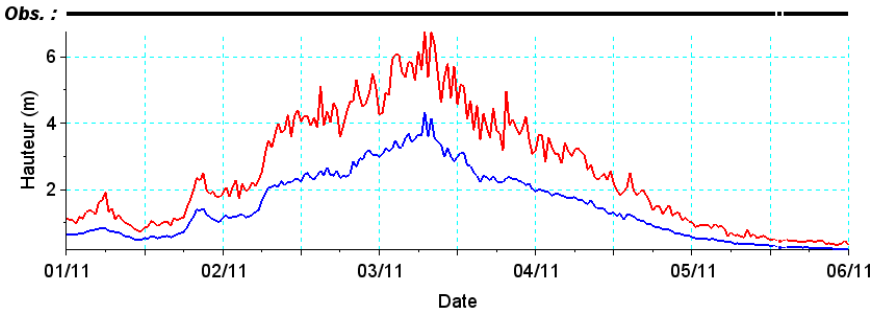
# CANDHIS : 03001 – Espiguette

## Sélection des événements remarquables

Tempête du 03/11/15

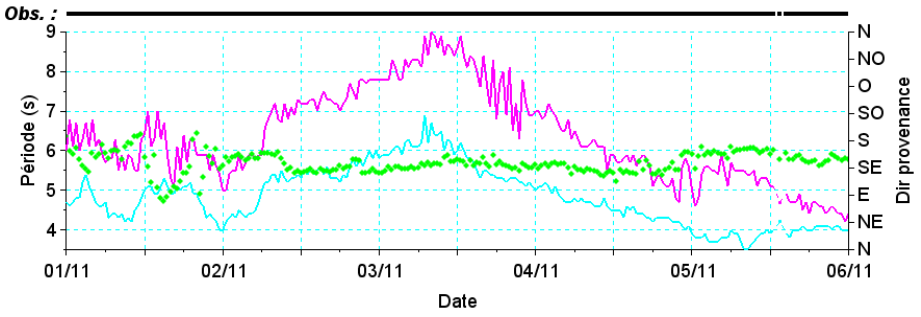
### Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




### Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$

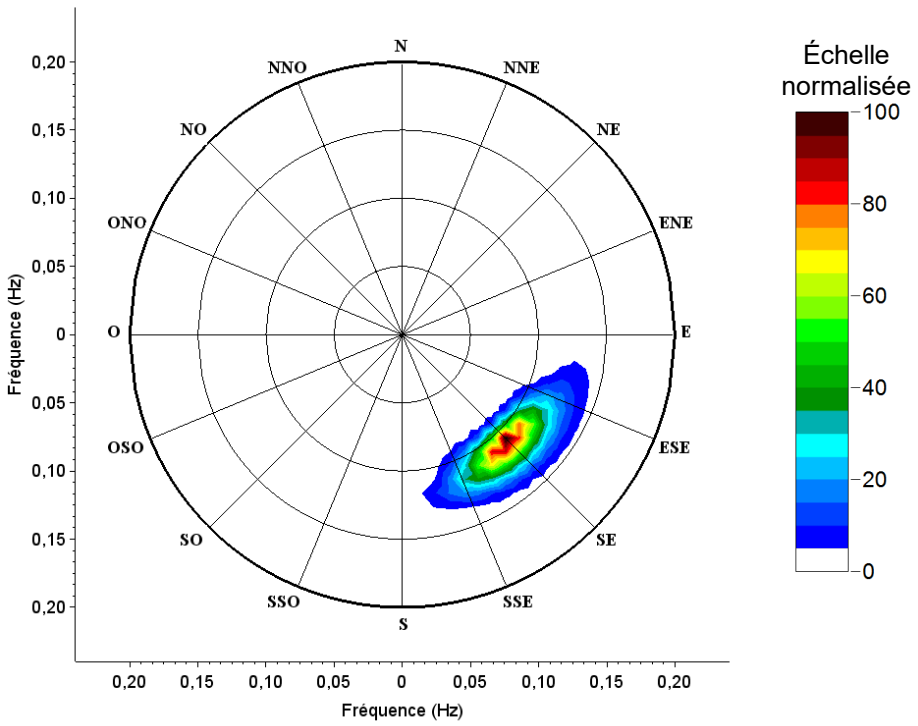
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




### Pic de tempête

| Pic du | 03/11 7h00 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 4,34 |
| $H_{1/10}$ (m) | 5,40 |
| $H_{max}$ (m) | 6,75 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 8,5 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 8,5 |
| $T_{avd}$ (s) | 7,3 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 8,9 |
| $S_z$ | 1/16 |
| $H_{m0}$ (m) | 4,55 |
| $T_p$ (s) | 8,9 |
| $T_{02}$ (s) | 6,9 |
| $T_e$ (s) | 8,0 |
| $Dir_p$ (°) | 138 |
| $Etal_p$ (°) | 19 |

### Spectre directionnel de variance



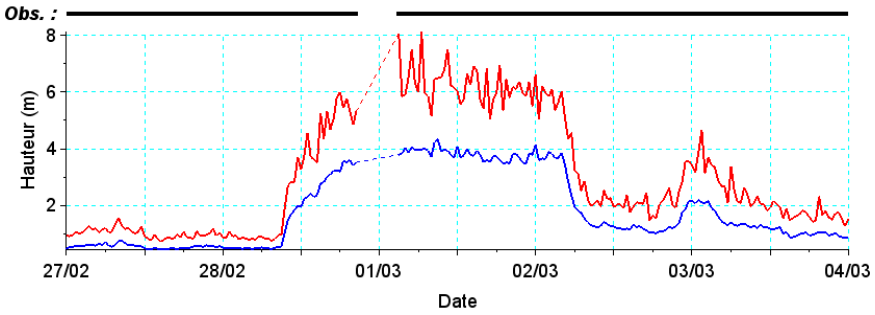
# CANDHIS : 03001 – Espiguette

## Sélection des événements remarquables

Tempête du 01/03/18

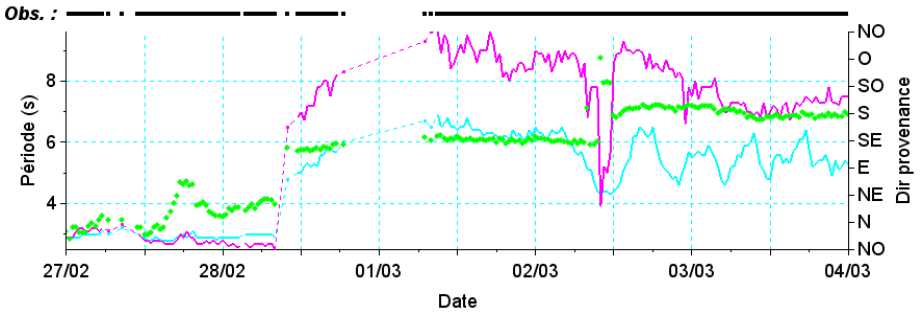
### Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




### Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$

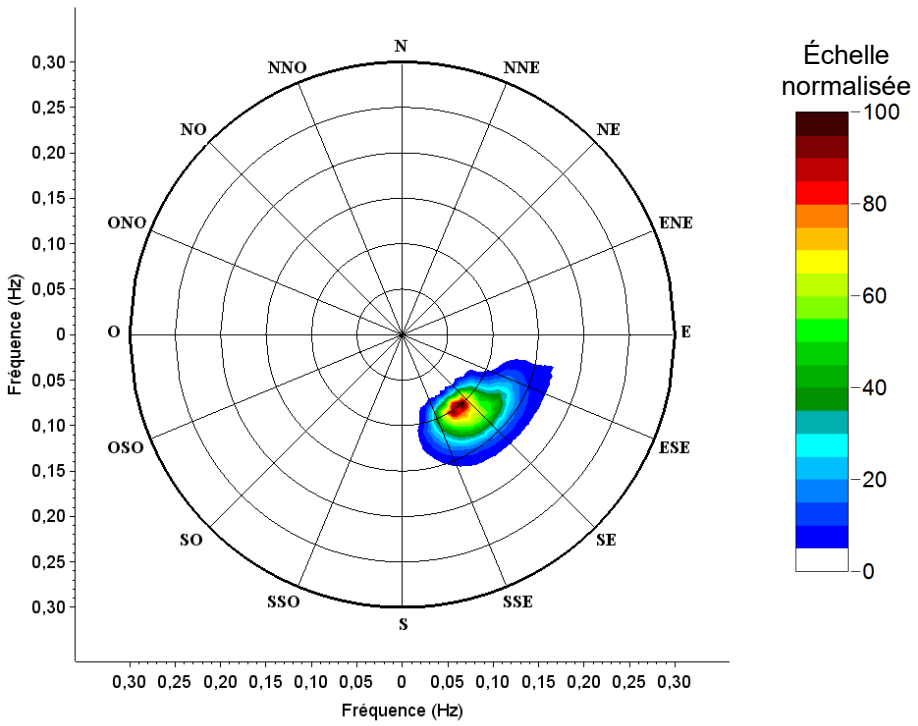
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




### Pic de tempête

| Pic du | 01/03 9h00 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 4,33 |
| $H_{1/10}$ (m) | 5,51 |
| $H_{max}$ (m) | 6,49 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 8,1 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 8,3 |
| $T_{avd}$ (s) | 6,9 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 7,9 |
| $S_z$ | 1/15 |
| $H_{m0}$ (m) | 4,45 |
| $T_p$ (s) | 9,6 |
| $T_{02}$ (s) | 6,9 |
| $T_e$ (s) | 8,1 |
| $Dir_p$ (°) | 141 |
| $Etal_p$ (°) | 14 |

### Spectre directionnel de variance



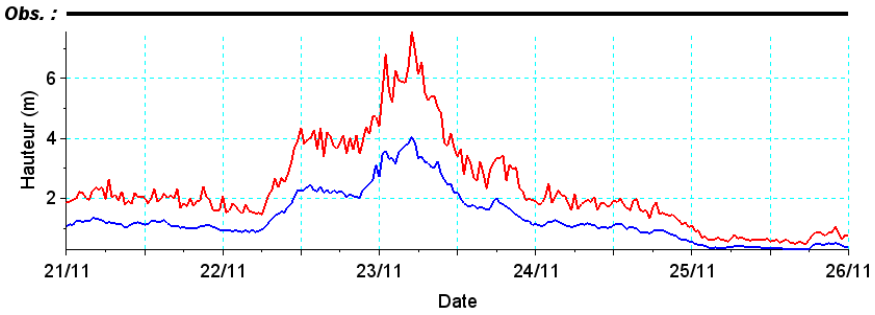
# CANDHIS : 03001 – Espiguette

## Sélection des événements remarquables

### Tempête du 23/11/19

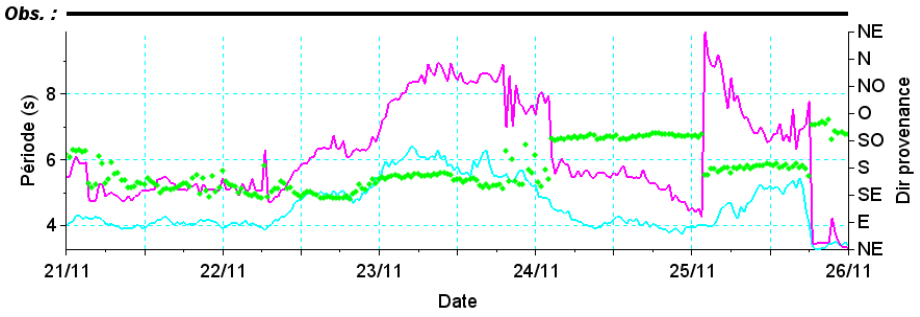
### Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




### Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$

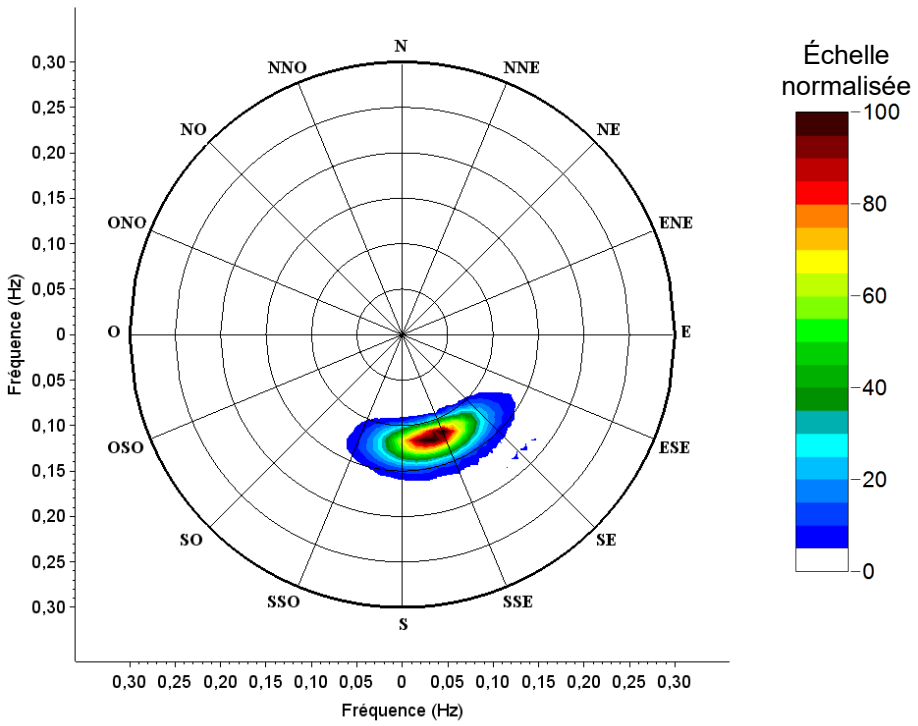
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




### Pic de tempête

| Pic du | 23/11 5h00 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 4,05 |
| $H_{1/10}$ (m) | 4,85 |
| $H_{max}$ (m) | 7,55 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 7,8 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 7,9 |
| $T_{avd}$ (s) | 6,6 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 10,1 |
| $S_z$ | 1/15 |
| $H_{m0}$ (m) | 4,23 |
| $T_p$ (s) | 8,4 |
| $T_{02}$ (s) | 6,4 |
| $T_e$ (s) | 7,5 |
| $Dir_p$ (°) | 164 |
| $Etal_p$ (°) | 19 |

### Spectre directionnel de variance



# CANDHIS : 03401 – Sète (Marseillan)

## Informations générales

**Durée d'observation :** 8,82 ans
du 11/10/1988 au 28/01/2001

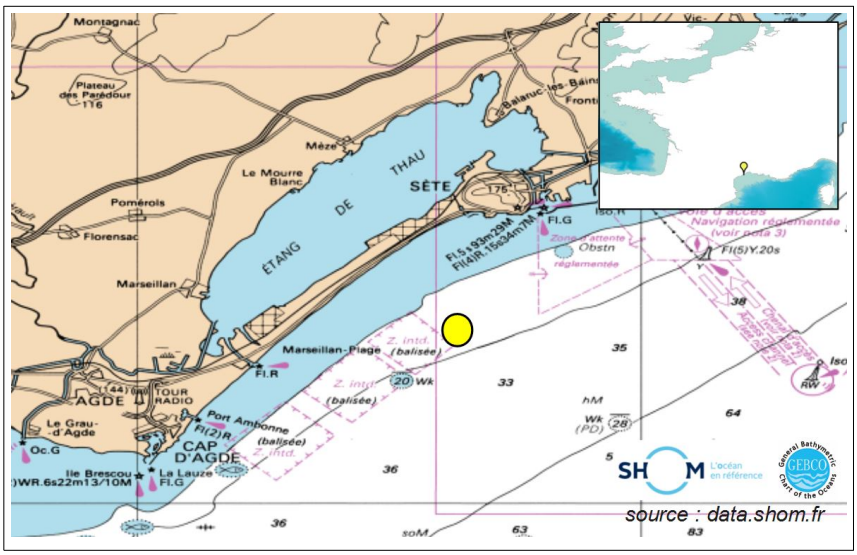
**Latitude :** 43°19,700'N

**Longitude :** 03°39,550'E

**Distance à la côte :** 2,90 miles

**Profondeur :** 32 mètres

**Marnage (VEM) :** -



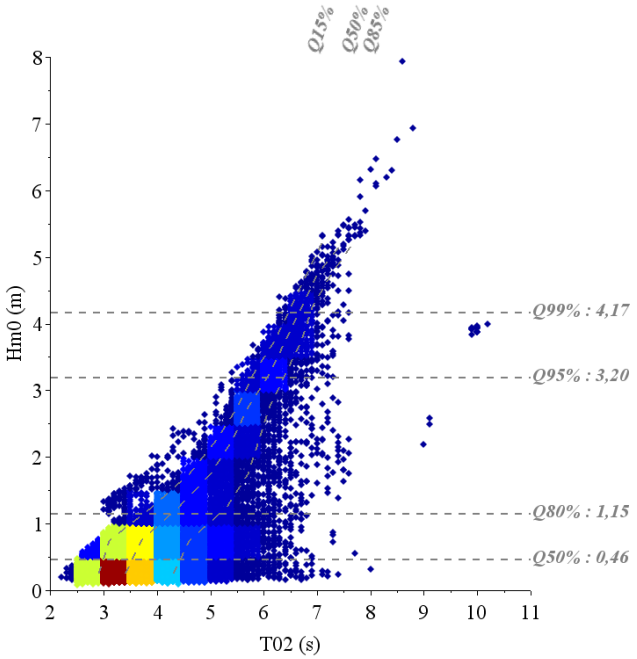

**Taux de disponibilité :**

| | janv. | fév. | mars | avril | mai | juin | juil. | août | sept. | oct. | nov. | déc. | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1988** | | | | | | | | | | 65% | 93% | 94% | 21% |
| **1989** | | 84% | 100% | 82% | 72% | 75% | | 86% | 49% | 89% | 93% | 100% | 69% |
| **1990** | 46% | 85% | 47% | 33% | 78% | 1% | | | 36% | 80% | 79% | 90% | 48% |
| **1991** | 55% | 73% | 80% | 92% | 94% | 98% | 79% | 41% | | 75% | 95% | 95% | 73% |
| **1992** | 25% | 21% | 51% | 12% | 86% | 52% | 85% | 62% | 30% | 83% | 21% | 74% | 50% |
| **1993** | 83% | 100% | 48% | 33% | 68% | 45% | 40% | 92% | 89% | 99% | 97% | 44% | 70% |
| **1994** | 25% | 79% | 18% | 53% | 98% | 97% | 95% | 96% | 97% | 45% | 98% | 15% | 68% |
| **1995** | 60% | 99% | 100% | 98% | 92% | 92% | 92% | 95% | 90% | 84% | 90% | 79% | 89% |
| **1996** | 94% | 97% | 96% | 94% | 85% | | | 12% | 75% | 99% | 99% | 58% | 67% |
| **1997** | 79% | 29% | 32% | 46% | | 85% | 100% | 100% | 100% | 98% | 97% | 96% | 72% |
| **1998** | 99% | 100% | 97% | 100% | | | 1% | 0% | 99% | 100% | 100% | 100% | 66% |
| **1999** | 100% | 100% | 93% | 100% | 94% | 91% | 83% | 88% | 98% | 95% | 78% | 84% | 92% |
| **2000** | 97% | 99% | 83% | 100% | 93% | 90% | 93% | 99% | 66% | 86% | 77% | 72% | 88% |
| **2001** | 88% | | | | | | | | | | | | 7% |
| **Total** | **61%** | **69%** | **60%** | **60%** | **61%** | **52%** | **48%** | **55%** | **59%** | **78%** | **80%** | **72%** | **63%** |

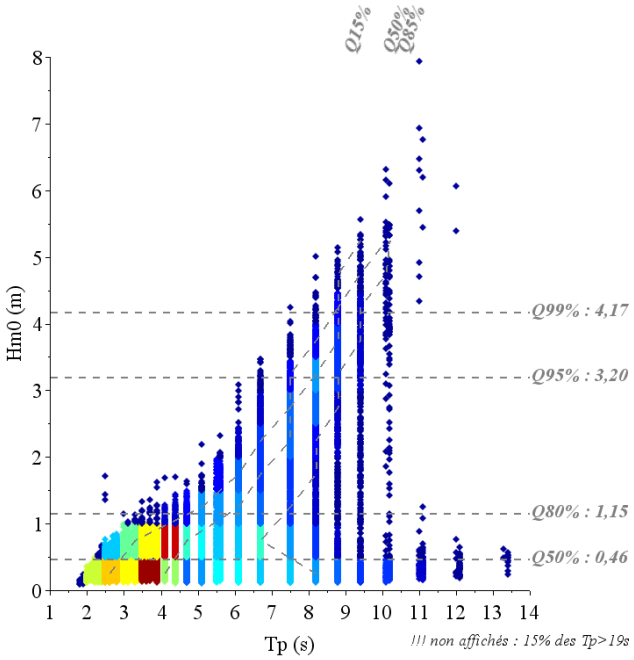
# CANDHIS : 03401 – Sète (Marseillan)

**Climatologie moyenne : ANNUELLE (janvier à décembre)**

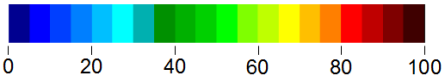
► $H_{m0}$ fonction de $T_{02}$




► $H_{m0}$ fonction de $T_p$



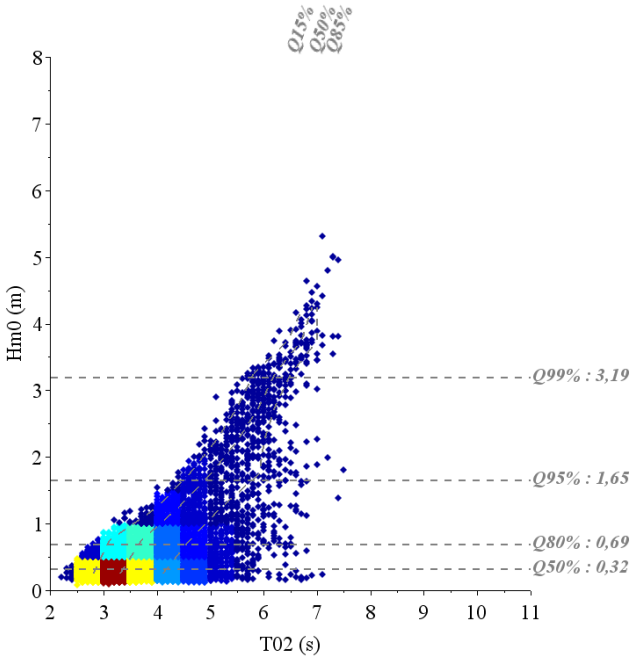

Échelle de couleurs normalisée :



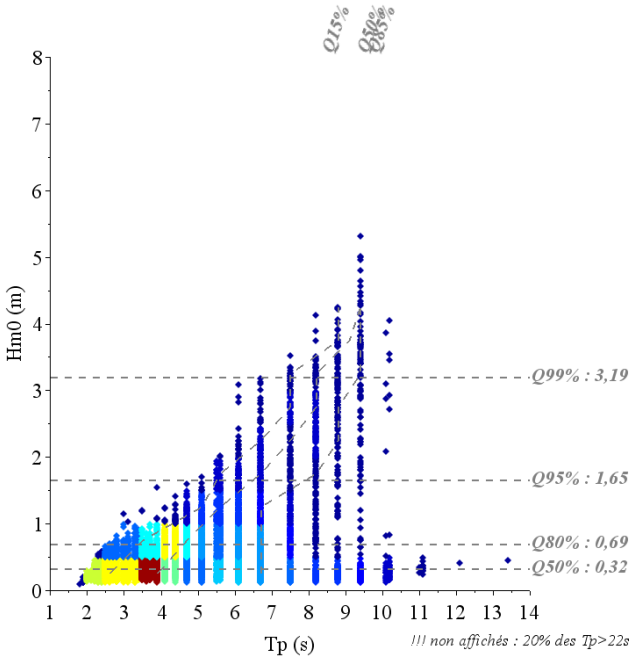
# CANDHIS : 03401 – Sète (Marseillan)

**Climatologie moyenne : ESTIVALE (avril à septembre)**

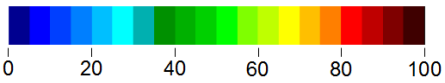
► $H_{m0}$ fonction de $T_{02}$




► $H_{m0}$ fonction de $T_p$



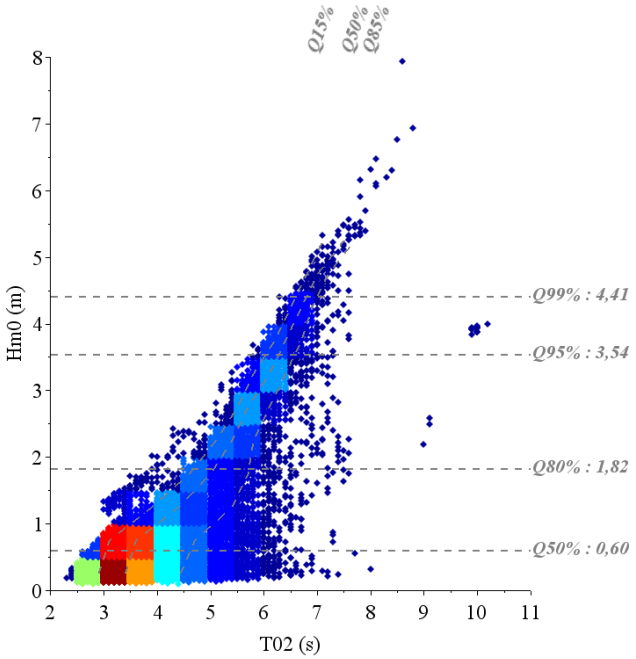

Échelle de couleurs normalisée :



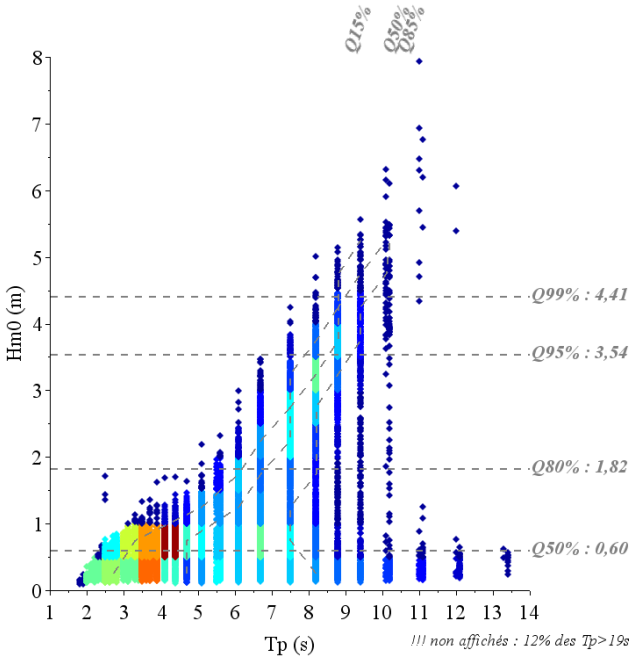
# CANDHIS : 03401 – Sète (Marseillan)

**Climatologie moyenne : HIVERNALE**
**(janvier à mars et octobre à décembre)**

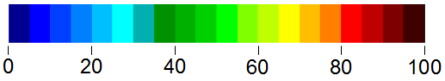
► $H_{m0}$ fonction de $T_{02}$




► $H_{m0}$ fonction de $T_p$




Échelle de couleurs normalisée :



# CANDHIS : 03401 – Sète (Marseillan)

## Analyse des valeurs extrêmes de $H_{1/3}$ : DIRECTION DE PROVENANCE 0° à 360°

### Sélection des pics de tempête

| | Seuil (u) | Nb évts/an | Cambrure $H_{1/3}/L_{avd}$ | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | médiane | min. | max. |
| **GPD** | 3,40 m | 5,67 | 1/18 | 1/20 | 1/17 |
| **Loi Exp** | 3,40 m | 5,67 | 1/18 | 1/20 | 1/17 |

### Paramètres des lois d'ajustement

**GPD :** $Pr\{H_{1/3}>h|h>u\}=\left(1+\xi\frac{h-u}{\sigma}\right)^{-1/\xi}$

avec $\sigma$ = 0.827854 et $\xi$ = -0.131197

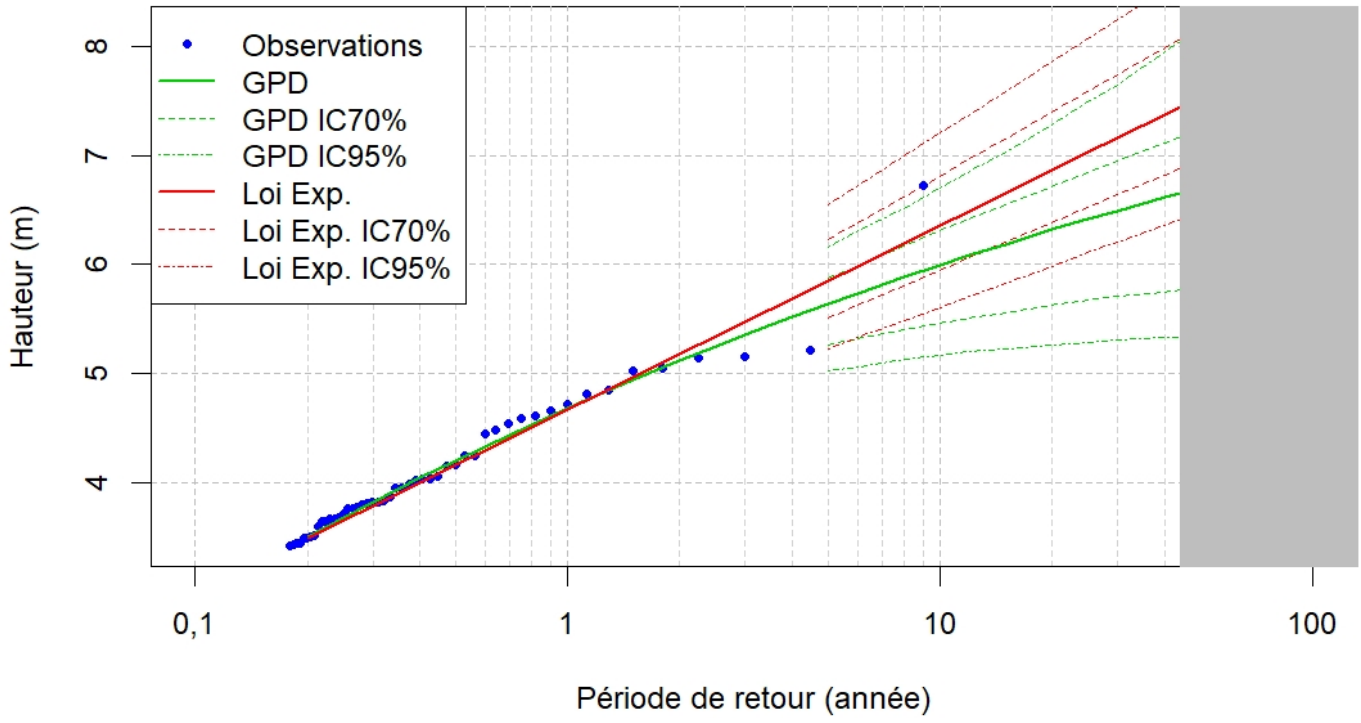
**Loi Exp. :** $Pr\{H_{1/3}>h|h>u\}=\exp[-\rho(h-u)]$

avec $\rho$ = 1.364256

### Niveaux de retour

| Période de retour | $H_{1/3}$ (mètres) | | Int. de Conf. 70% (mètres) | | $T_{avd}$ Int.Conf.70% (secondes) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **GPD** | **Loi Exp.** | **GPD** | **Loi Exp.** | **GPD** | **Loi Exp.** |
| 5 ans | 5,64 | 5,85 | 5,24 à 5,87 | 5,53 à 6,19 | 7,84 à 8,70 | 8,00 à 8,89 |
| 10 ans | 6,00 | 6,36 | 5,44 à 6,30 | 5,97 à 6,77 | 8,11 à 9,02 | 8,39 à 9,36 |
| 20 ans | 6,32 | 6,87 | 5,60 à 6,73 | 6,41 à 7,34 | 8,36 à 9,32 | 8,78 à 9,84 |

### Ajustement statistique :



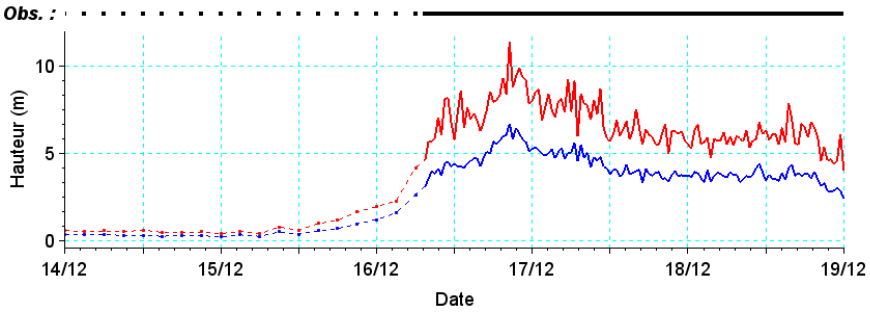
# CANDHIS : 03401 – Sète (Marseillan)

## Sélection des événements remarquables

### Tempête du 16/12/97

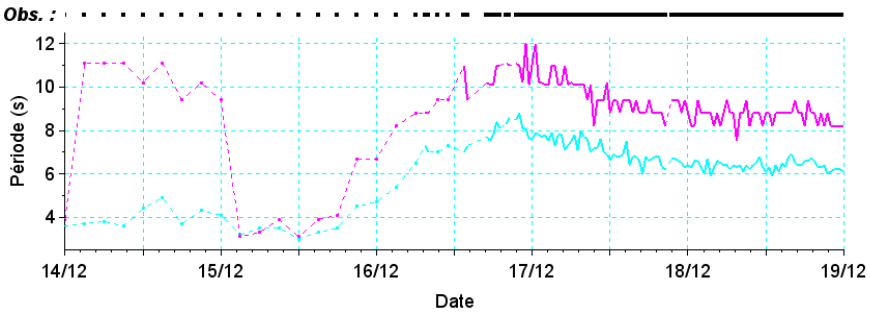
**Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$**

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




**Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$**

Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$

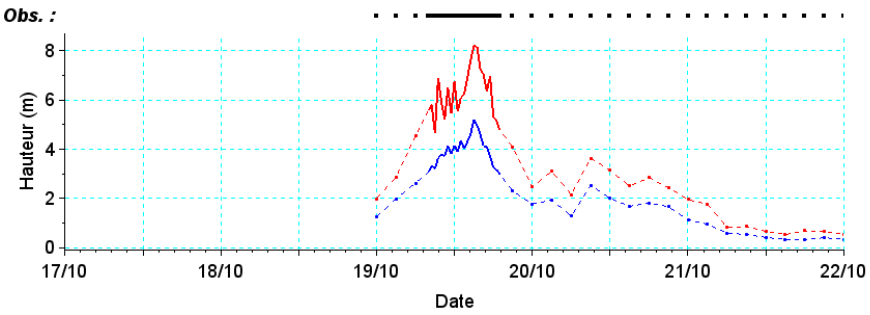



| Pic du | $H_{1/3}$ (m) | $H_{max}$ (m) | $T_{H1/3}$ (s) | $T_{Hmax}$ (s) | $H_{m0}$ (m) | $T_p$ (s) | $T_{02}$ (s) | $T_e$ (s) | $Dir_p$ (°) | $Etal_p$ (°) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 16/12 20h30 | 6,73 | 11,42 | 9,9 | 9,0 | 7,94 | 11,0 | 8,6 | 9,6 | - | - |

### Tempête du 19/10/94

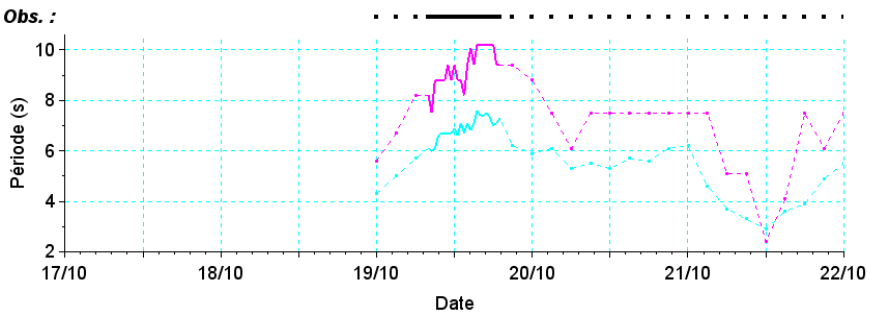
**Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$**

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




**Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$**

Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




| Pic du | $H_{1/3}$ (m) | $H_{max}$ (m) | $T_{H1/3}$ (s) | $T_{Hmax}$ (s) | $H_{m0}$ (m) | $T_p$ (s) | $T_{02}$ (s) | $T_e$ (s) | $Dir_p$ (°) | $Etal_p$ (°) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 19/10 15h00 | 5,21 | 8,22 | 9,0 | 8,3 | 5,33 | 9,4 | 7,1 | 8,3 | - | - |

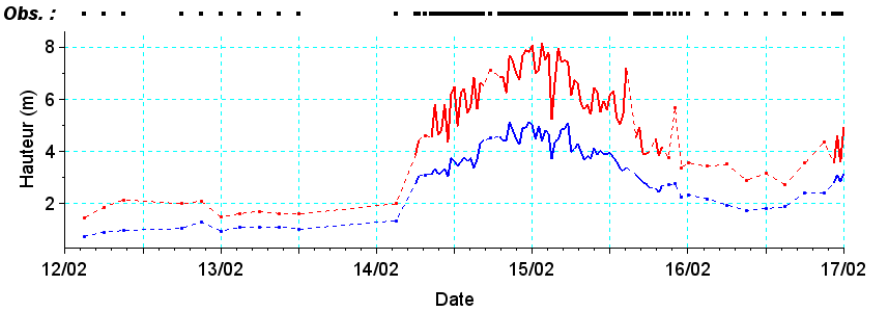
# CANDHIS : 03401 – Sète (Marseillan)

## Sélection des événements remarquables

### Tempête du 14/02/94

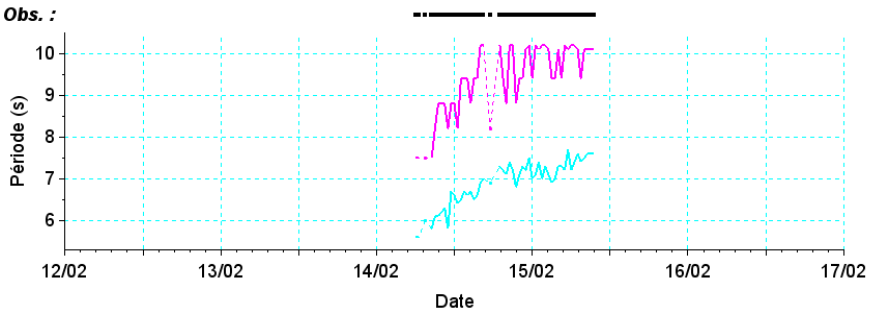
**Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$**

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




**Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$**

Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$

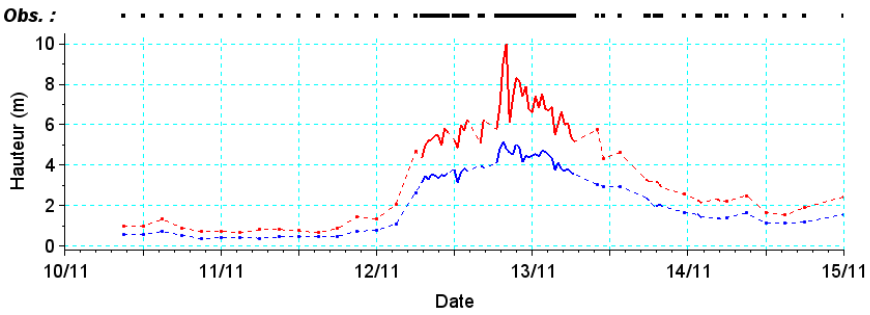



| Pic du | $H_{1/3}$ (m) | $H_{max}$ (m) | $T_{H1/3}$ (s) | $T_{Hmax}$ (s) | $H_{m0}$ (m) | $T_p$ (s) | $T_{02}$ (s) | $T_e$ (s) | $Dir_p$ (°) | $Etal_p$ (°) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 14/02 23h30 | 5,16 | 7,83 | 9,1 | 8,3 | 5,47 | 10,2 | 7,5 | 8,9 | - | - |

### Tempête du 12/11/99

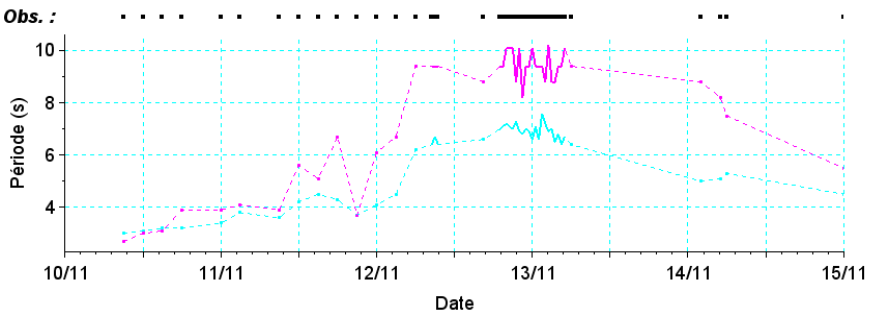
**Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$**

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




**Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$**

Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




| Pic du | $H_{1/3}$ (m) | $H_{max}$ (m) | $T_{H1/3}$ (s) | $T_{Hmax}$ (s) | $H_{m0}$ (m) | $T_p$ (s) | $T_{02}$ (s) | $T_e$ (s) | $Dir_p$ (°) | $Etal_p$ (°) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12/11 19h30 | 5,15 | 9,05 | 8,6 | 8,6 | 5,15 | 9,4 | 7,1 | 8,1 | - | - |

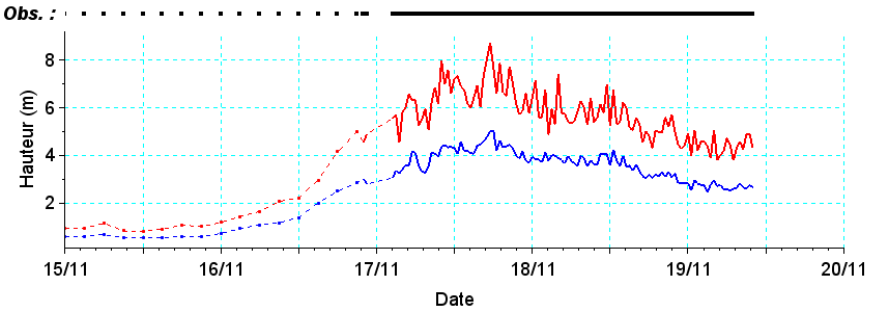
# CANDHIS : 03401 – Sète (Marseillan)

## Sélection des événements remarquables

### Tempête du 17/11/89

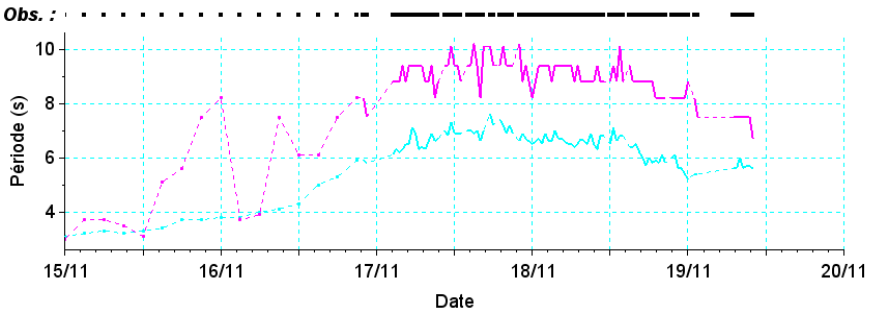
**Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$**

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




**Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$**

Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$

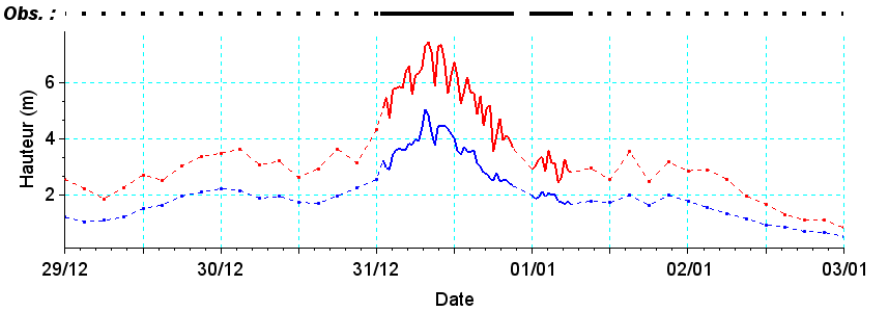



| Pic du | $H_{1/3}$ (m) | $H_{max}$ (m) | $T_{H1/3}$ (s) | $T_{Hmax}$ (s) | $H_{m0}$ (m) | $T_p$ (s) | $T_{02}$ (s) | $T_e$ (s) | $Dir_p$ (°) | $Etal_p$ (°) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 17/11 18h00 | 5,05 | 7,74 | 9,1 | 8,0 | 4,74 | 9,4 | 7,2 | 8,5 | - | - |

### Tempête du 31/12/98

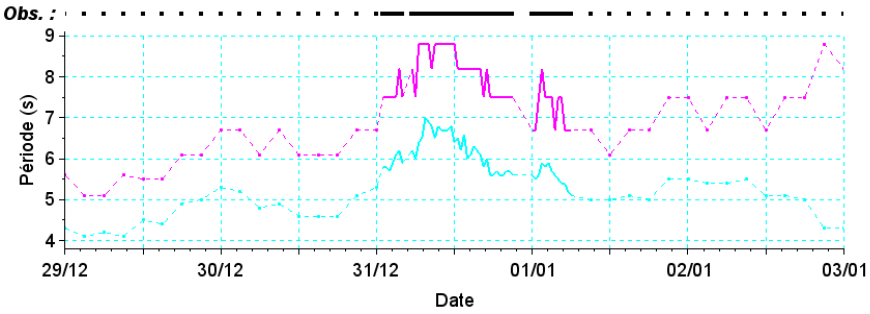
**Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$**

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




**Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$**

Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




| Pic du | $H_{1/3}$ (m) | $H_{max}$ (m) | $T_{H1/3}$ (s) | $T_{Hmax}$ (s) | $H_{m0}$ (m) | $T_p$ (s) | $T_{02}$ (s) | $T_e$ (s) | $Dir_p$ (°) | $Etal_p$ (°) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31/12 7h30 | 5,03 | 7,28 | 8,1 | 7,3 | 4,89 | 8,8 | 7,0 | 7,8 | - | - |

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

Cerema
CLIMAT & TERRITOIRES DE DEMAIN

**CANDHIS**
Centre d'Archivage National
de Données de Houle In-Situ

# CANDHIS : 03402 – Sète (Frontignan)

## Informations générales

**Durée d'observation :** 1,44 an
du 03/04/2001 au 19/11/2002

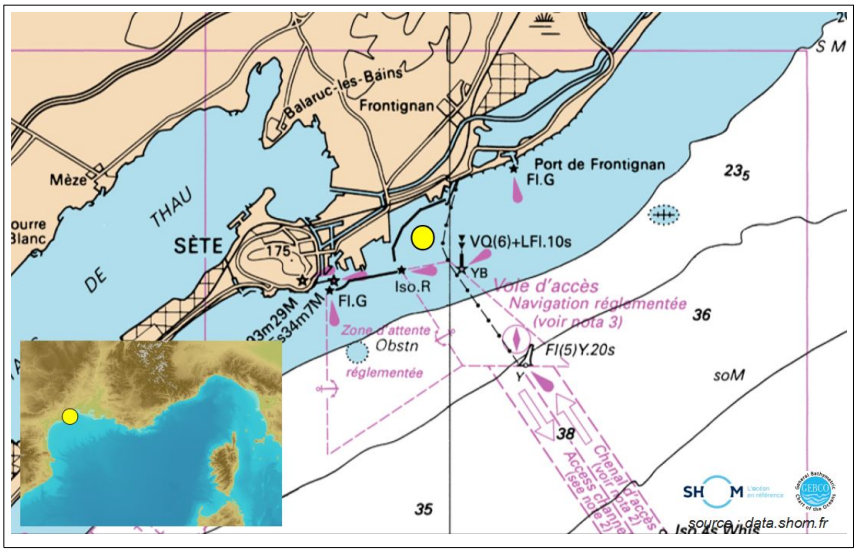
**Latitude :** 43°24,520'N

**Longitude :** 03°44,457'E

**Distance à la côte :** 0,5 mile

**Profondeur :** 17 mètres

**Marnage (VEM) :** -




**Taux de disponibilité :**

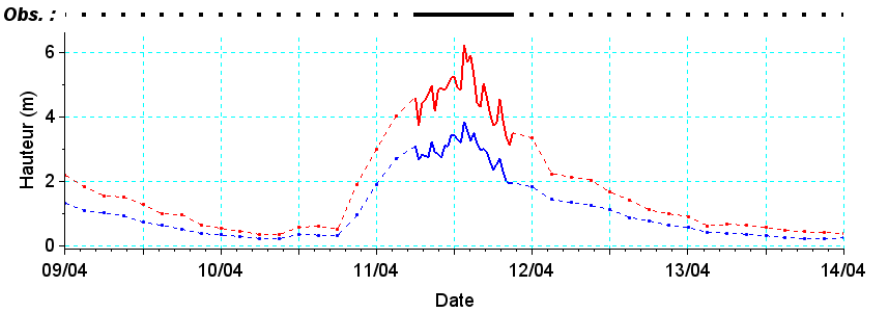
| | janv. | fév. | mars | avril | mai | juin | juil. | août | sept. | oct. | nov. | déc. | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **2001** | | | | 91% | 99% | 92% | 99% | 97% | 100% | 96% | 100% | 32% | 67% |
| **2002** | 1% | 97% | 99% | 96% | 99% | 99% | 81% | 95% | 95% | 98% | 59% | | 77% |
| **Total** | **0%** | **48%** | **50%** | **93%** | **99%** | **96%** | **90%** | **96%** | **98%** | **97%** | **80%** | **16%** | **72%** |

## Sélection de l'événement remarquable

Tempête du 11/04/02

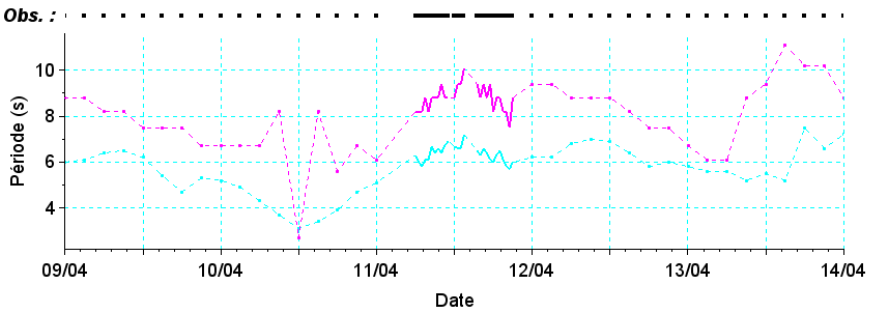
### Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




### Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$

Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$

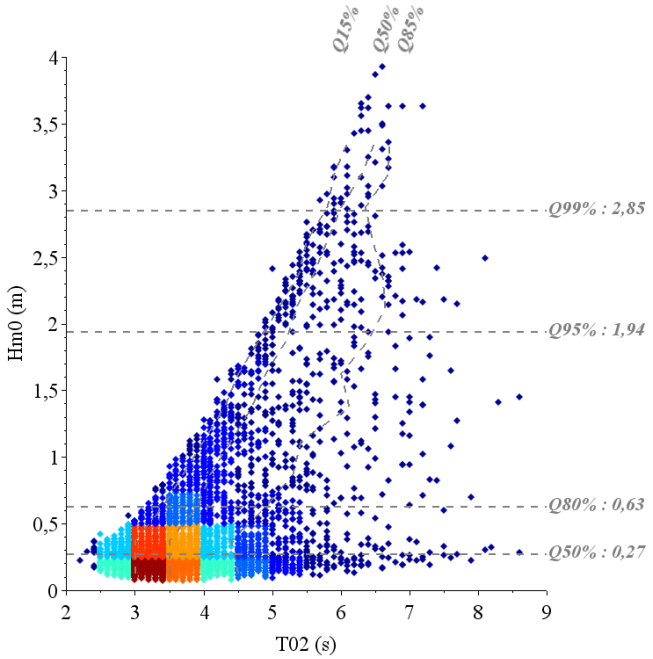



| Pic du | $H_{1/3}$ (m) | $H_{max}$ (m) | $T_{H1/3}$ (s) | $T_{Hmax}$ (s) | $H_{m0}$ (m) | $T_p$ (s) | $T_{02}$ (s) | $T_e$ (s) | $Dir_p$ (°) | $Etal_p$ (°) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 11/04 13h30 | 3,84 | 6,22 | 9,0 | 8,9 | 3,63 | 10,1 | 7,2 | 8,6 | - | - |

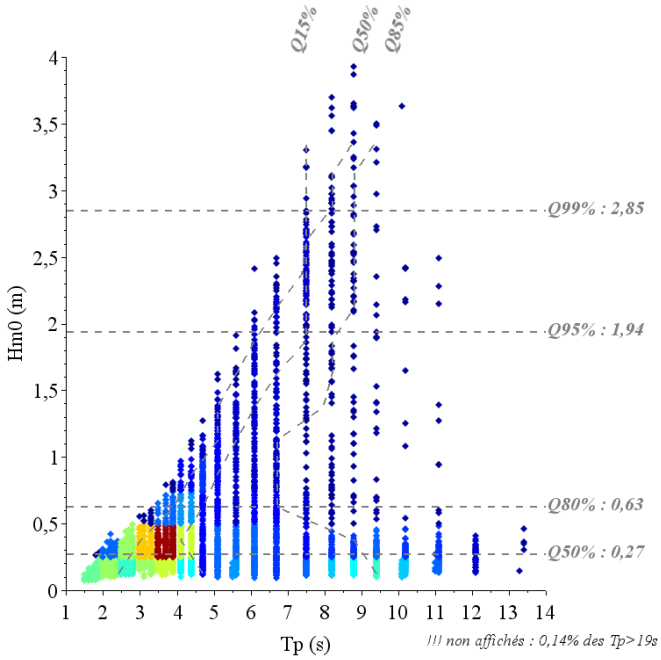
# CANDHIS : 03402 – Sète (Frontignan)

**Climatologie moyenne : ANNUELLE (janvier à décembre)**

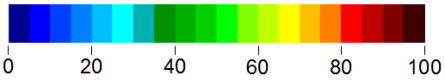
► $H_{m0}$ fonction de $T_{02}$




► $H_{m0}$ fonction de $T_p$




Échelle de couleurs normalisée :



# CANDHIS : 03403-03404 – Sète

## Informations générales

**Durée d'observation :** 16,63 ans
du 22/05/03 au 31/12/21

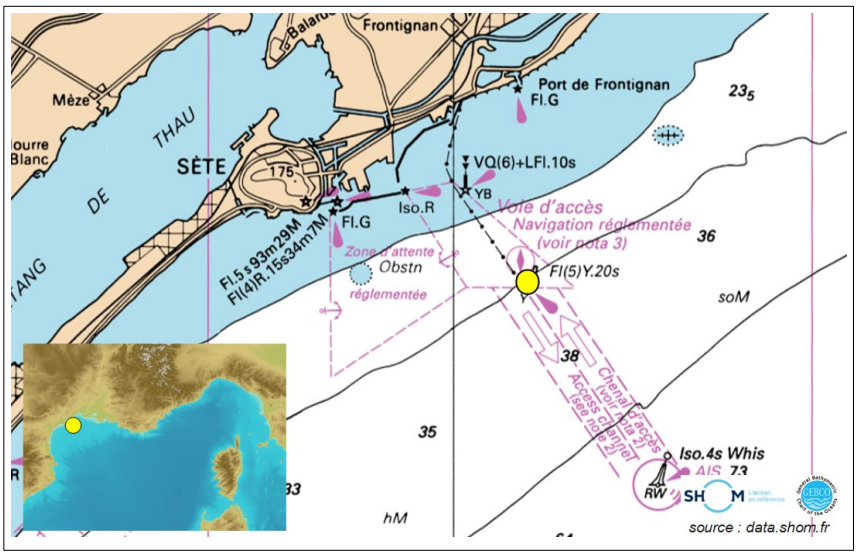
**Latitude :** 43°22,290'N

**Longitude :** 03°46,777'E

**Distance à la côte :** 2,7 milles

**Profondeur :** 30 mètres

**Marnage (VEM) :** -



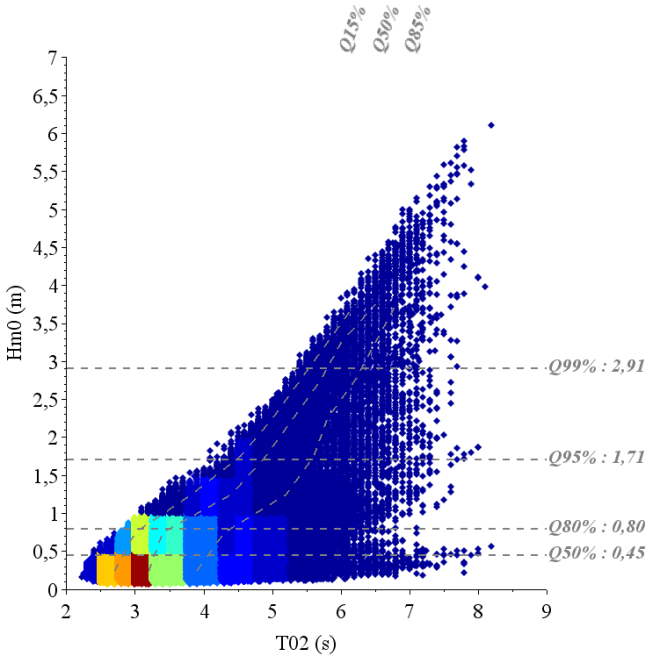

**Taux de disponibilité :**

| | janv. | fév. | mars | avril | mai | juin | juil. | août | sept. | oct. | nov. | déc. | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **2003** | | | | | 26% | 61% | 50% | 69% | 74% | 87% | 59% | 74% | 42% |
| **2004** | 66% | 66% | 57% | 85% | 74% | 80% | 67% | 85% | 72% | 50% | 49% | 55% | 67% |
| **2005** | 96% | 95% | 66% | 62% | 70% | 99% | 68% | 67% | 89% | 98% | 70% | 99% | 82% |
| **2006** | 93% | 94% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 45% | 62% | 91% |
| **2007** | 99% | 100% | 91% | | | 62% | 100% | 89% | 97% | 97% | 98% | 92% | 77% |
| **2008** | 94% | 90% | 86% | 82% | 86% | 100% | 91% | 97% | 100% | 97% | 98% | 58% | 90% |
| **2009** | 61% | 88% | 100% | 100% | 11% | | | | 3% | 100% | 100% | 100% | 55% |
| **2010** | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 80% | 100% | 100% | 98% |
| **2011** | 100% | 89% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 94% | 100% | 98% |
| **2012** | 100% | 100% | 98% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 99% | 100% | 100% | 100% |
| **2013** | 100% | 96% | 100% | 99% | 100% | 94% | 98% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 99% |
| **2014** | 27% | 80% | 99% | 99% | 99% | 100% | 100% | 99% | 100% | 34% | 59% | 100% | 83% |
| **2015** | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 99% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| **2016** | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| **2017** | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| **2018** | 70% | 100% | 100% | 99% | 100% | 100% | 100% | 100% | 99% | 100% | 85% | | 88% |
| **2019** | 92% | 100% | 100% | 100% | 100% | 99% | 100% | 100% | 100% | 100% | 98% | 100% | 99% |
| **2020** | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| **2021** | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 92% | 100% | 100% | 53% | 92% | 95% |
| **Total** | **84%** | **89%** | **89%** | **86%** | **82%** | **89%** | **88%** | **89%** | **91%** | **92%** | **85%** | **86%** | **88%** |

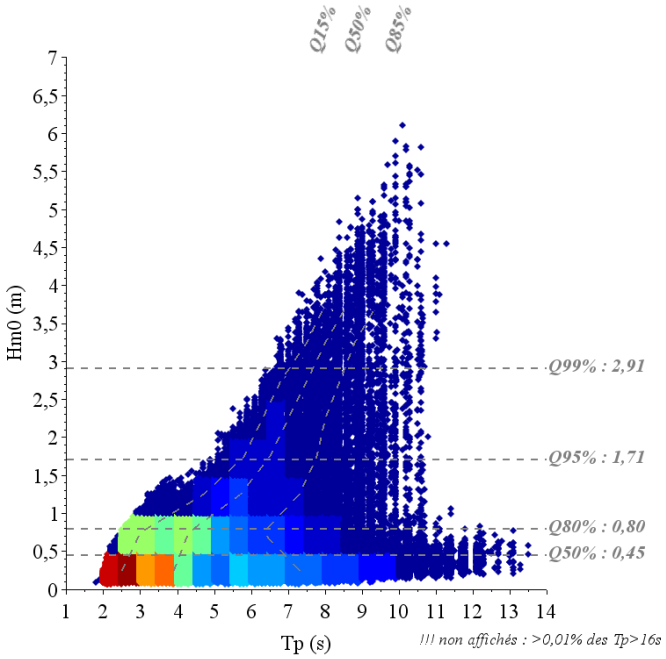
# CANDHIS : 03403-03404 – Sète

**Climatologie moyenne : ANNUELLE (janvier à décembre)**

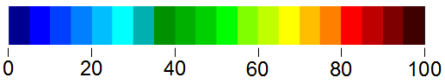
► $H_{m0}$ fonction de $T_{02}$



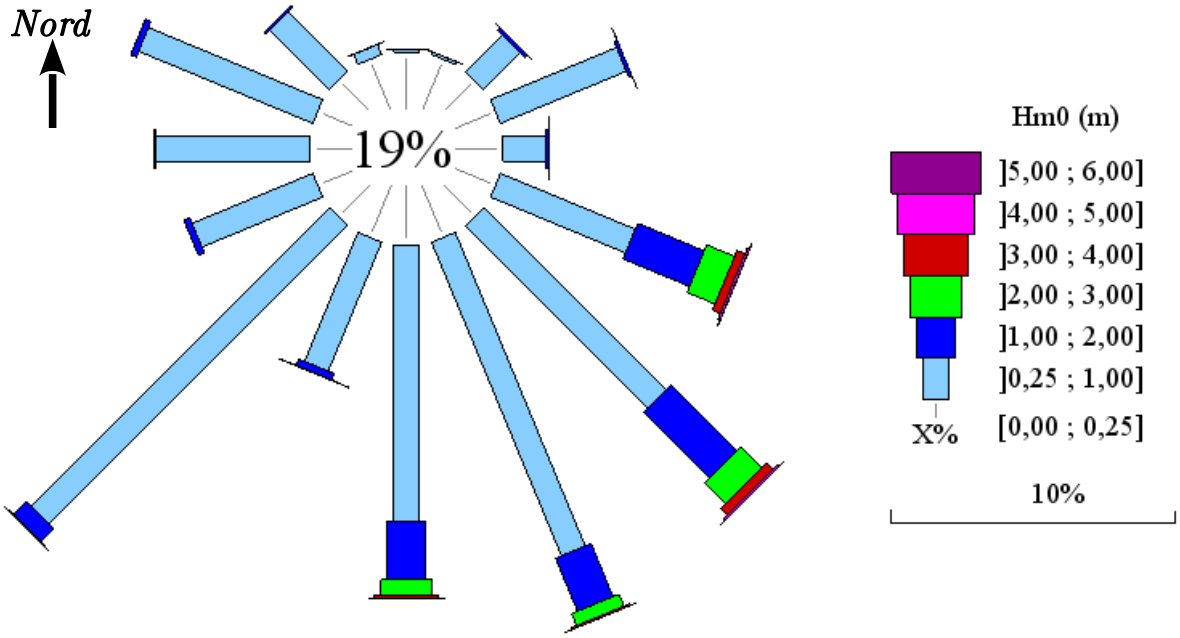

► $H_{m0}$ fonction de $T_p$




Échelle de couleurs normalisée :



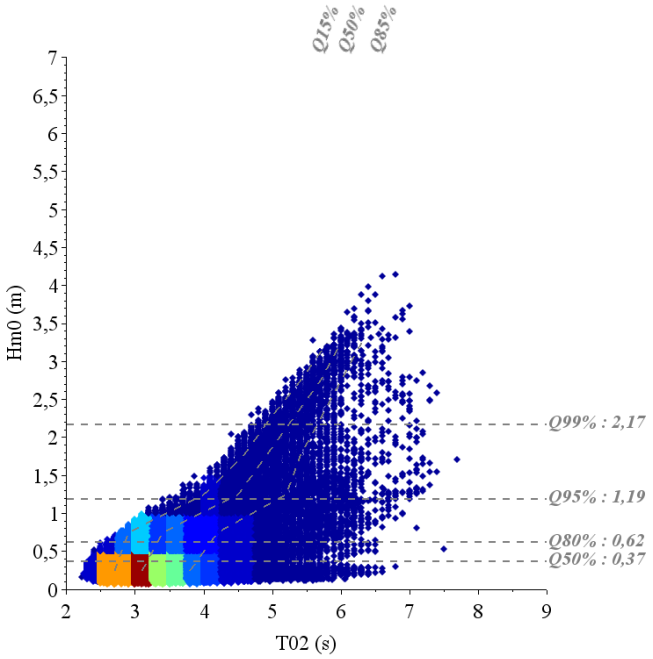

► $H_{m0}$ fonction de $Dir_p$ (rose des houles)



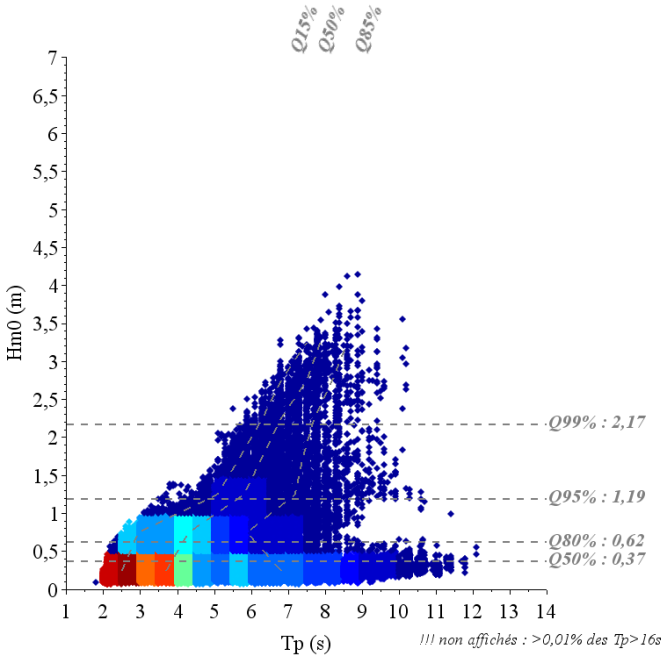
# CANDHIS : 03403-03404 – Sète

**Climatologie moyenne : ESTIVALE (avril à septembre)**

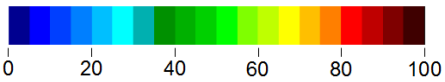
► $H_{m0}$ fonction de $T_{02}$



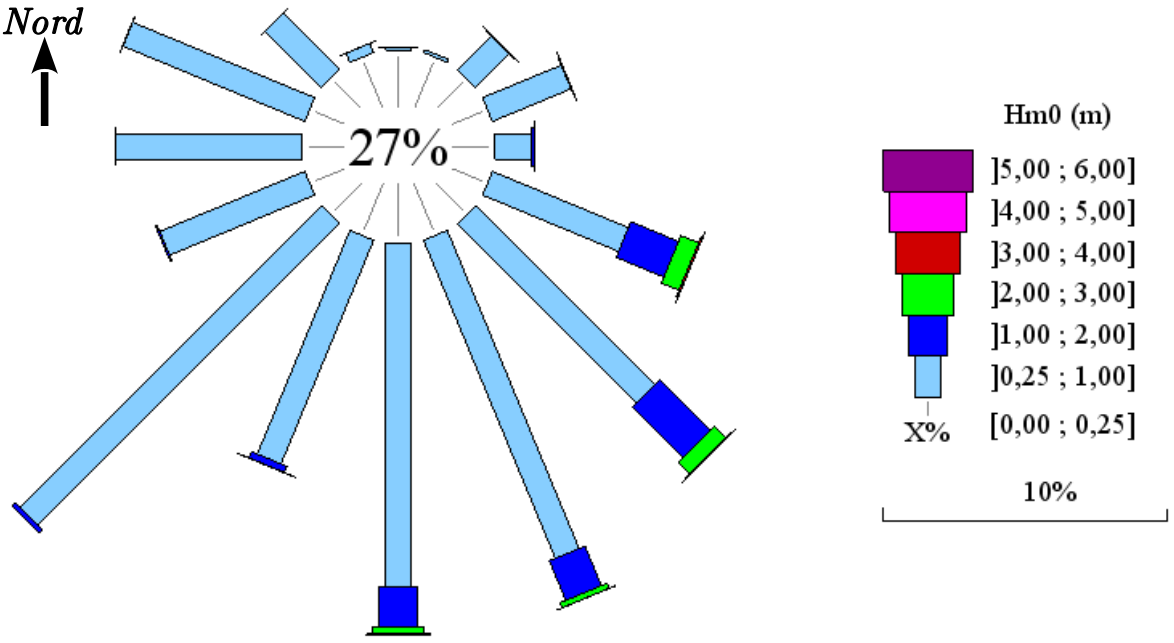

► $H_{m0}$ fonction de $T_p$




Échelle de couleurs normalisée :



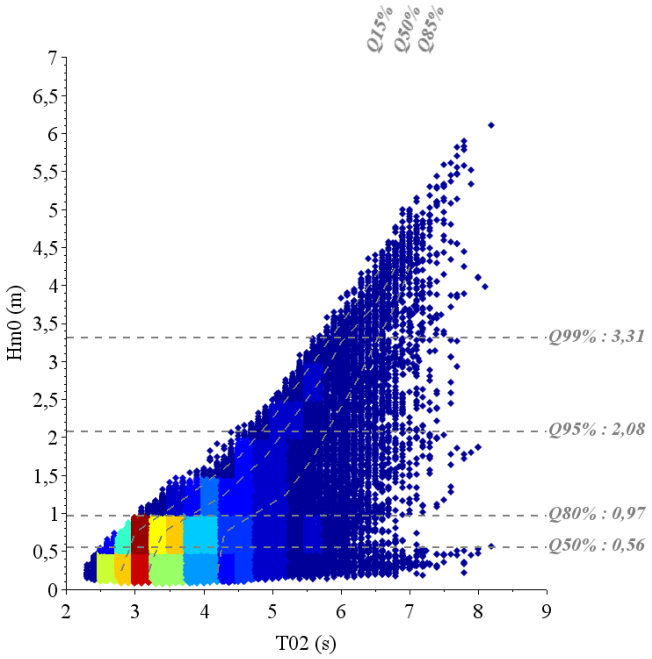

► $H_{m0}$ fonction de $Dir_p$ (rose des houles)



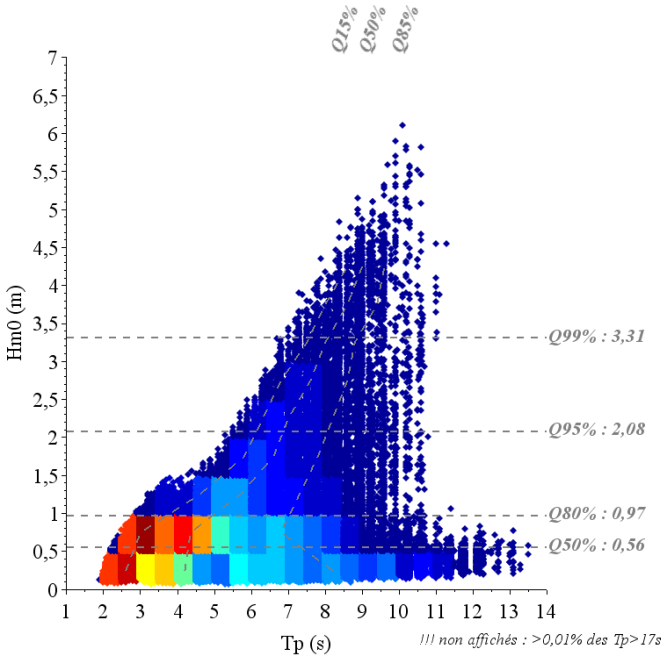
# CANDHIS : 03403-03404 – Sète

**Climatologie moyenne : HIVERNALE**
**(janvier à mars et octobre à décembre)**

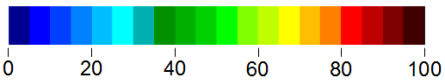
► $H_{m0}$ fonction de $T_{02}$



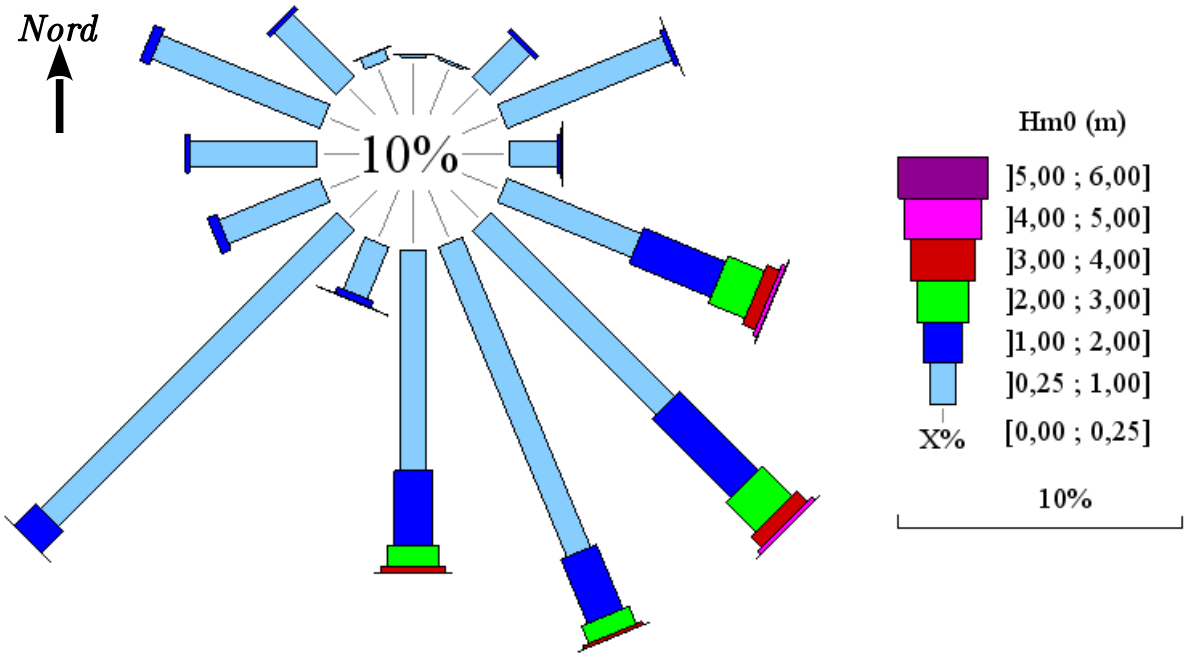

► $H_{m0}$ fonction de $T_p$




Échelle de couleurs normalisée :




► $H_{m0}$ fonction de $Dir_p$ (rose des houles)



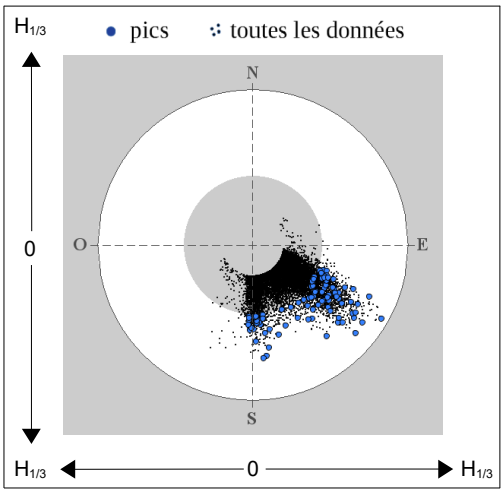
# CANDHIS : 03403-03404 – Sète

## Analyse des valeurs extrêmes de $H_{1/3}$ : DIRECTION DE PROVENANCE 0° à 360°

### Sélection des pics de tempête

| | Seuil (u) | Nb évts/an | Cambrure $H_{1/3}/L_{avd}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | | | médiane | Int.Conf.70% |
| **GPD** | 2,90 m | 6,80 | 1/19 | 1/21 à 1/17 |
| **Loi Exp** | 3,40 m | 3,37 | 1/18 | 1/21 à 1/17 |

### $Dir_p$ aux pics de tempête




### Paramètres des lois d'ajustement

**GPD :** $Pr\{H_{1/3}>h|h>u\}=\left(1+\xi\frac{h-u}{\sigma}\right)^{-1/\xi}$

avec $\sigma$ = 0,838265 et $\xi$ = -0,201128

**Loi Exp. :** $Pr\{H_{1/3}>h|h>u\}=\exp[-\rho(h-u)]$

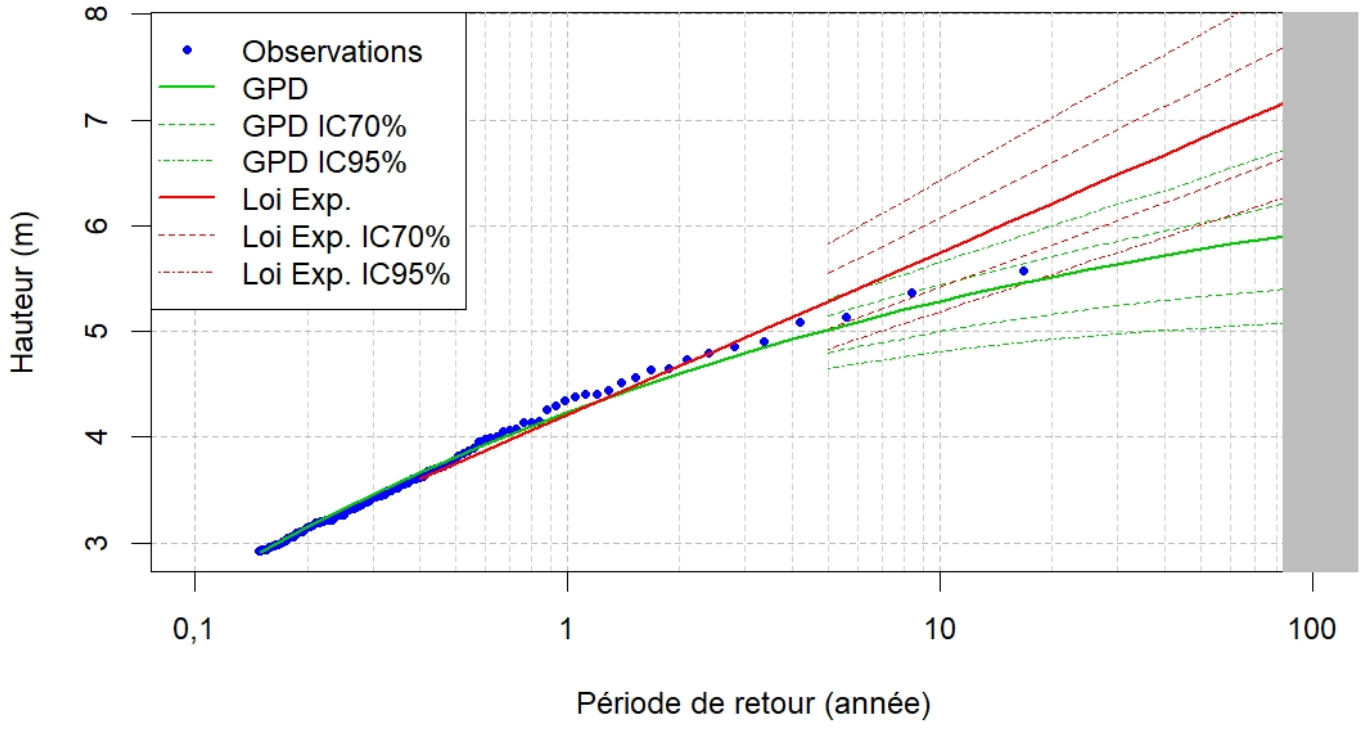
avec $\rho$ = 1,499331

### Niveaux de retour

| Période de retour | $H_{1/3}$ (mètres) | | Int. de Conf. 70% (mètres) | | $T_{avd}$ Int.Conf.70% (secondes) (i) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **GPD** | **Loi Exp.** | **GPD** | **Loi Exp.** | **GPD** | **Loi Exp.** |
| 5 ans | 5,02 | 5,28 | 4,79 à 5,15 | 5,02 à 5,54 | 7,52 à 8,36 | 7,74 à 8,63 |
| 10 ans | 5,28 | 5,75 | 5,00 à 5,44 | 5,42 à 6,07 | 7,74 à 8,63 | 8,11 à 9,09 |
| 20 ans | 5,52 | 6,21 | 5,16 à 5,71 | 5,82 à 6,60 | 7,93 à 8,85 | 8,51 à 9,56 |
| 50 ans | 5,78 | 6,82 | 5,33 à 6,03 | 6,34 à 7,29 | 8,15 à 9,13 | 9,01 à 10,18 |

(i) $T_{avd}=\sqrt{(2\pi L_{avd}/g).\tanh(2\pi Prof/L_{avd})}$ avec $L_{avd}=H_{1/3}/Cambrure$

### Ajustement statistique :



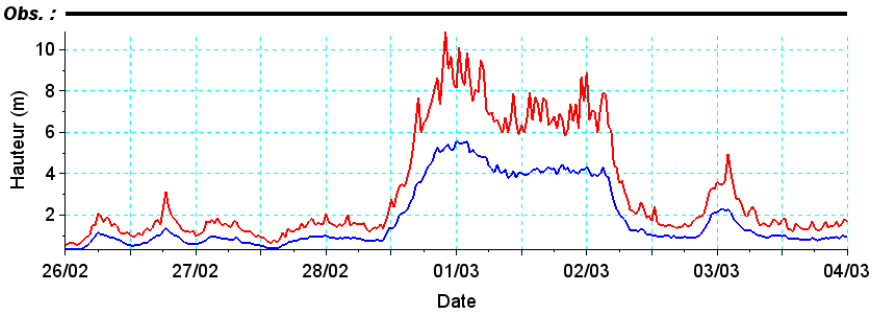
# CANDHIS : 03403-03404 – Sète

## Sélection des événements remarquables

### Tempête du 01/03/18

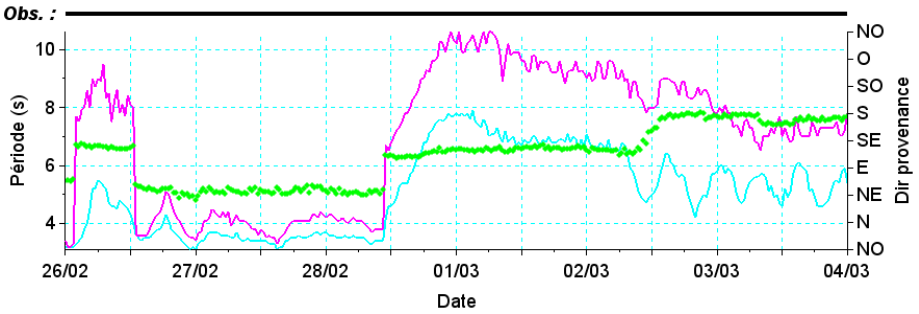
**Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$**

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




**Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$**

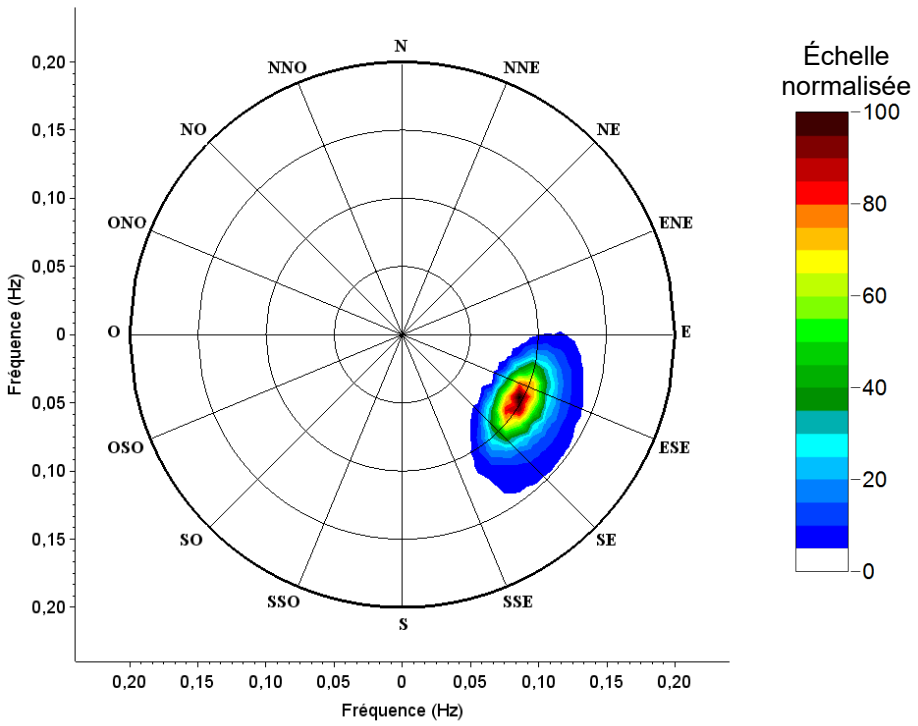
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




**Pic de tempête**

| Pic du | 01/03 0h00 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 5,57 |
| $H_{1/10}$ (m) | 6,77 |
| $H_{max}$ (m) | 8,15 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 9,4 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 9,3 |
| $T_{avd}$ (s) | 8,3 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 9,6 |
| $S_z$ | 1/16 |
| $H_{m0}$ (m) | 5,78 |
| $T_p$ (s) | 10,2 |
| $T_{02}$ (s) | 7,8 |
| $T_e$ (s) | 9,1 |
| $Dir_p$ (°) | 120 |
| $Etal_p$ (°) | 18 |

Spectre directionnel de variance



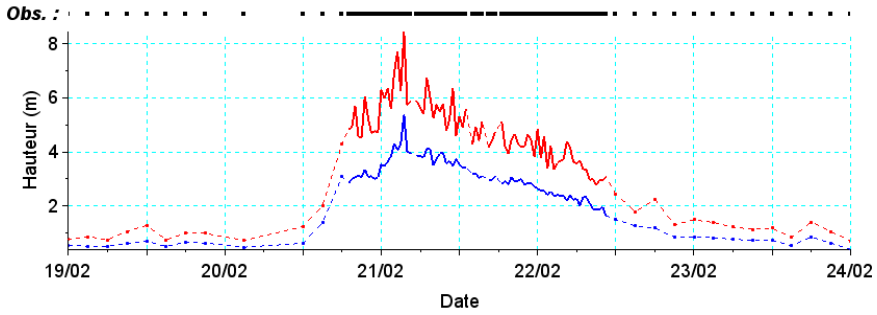
# CANDHIS : 03403-03404 – Sète

## Sélection des événements remarquables

### Tempête du 21/02/04

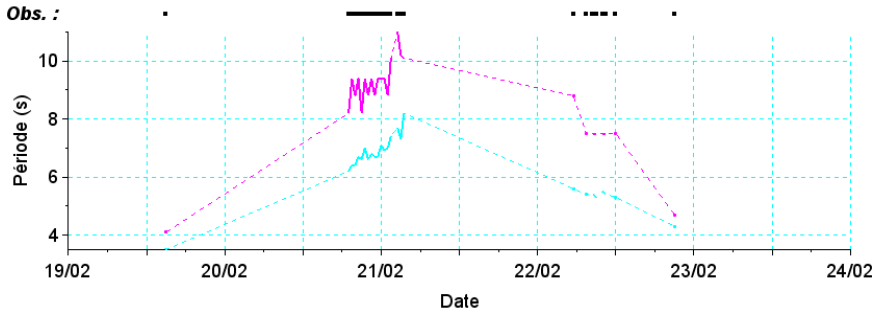
**Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$**

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




**Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$**

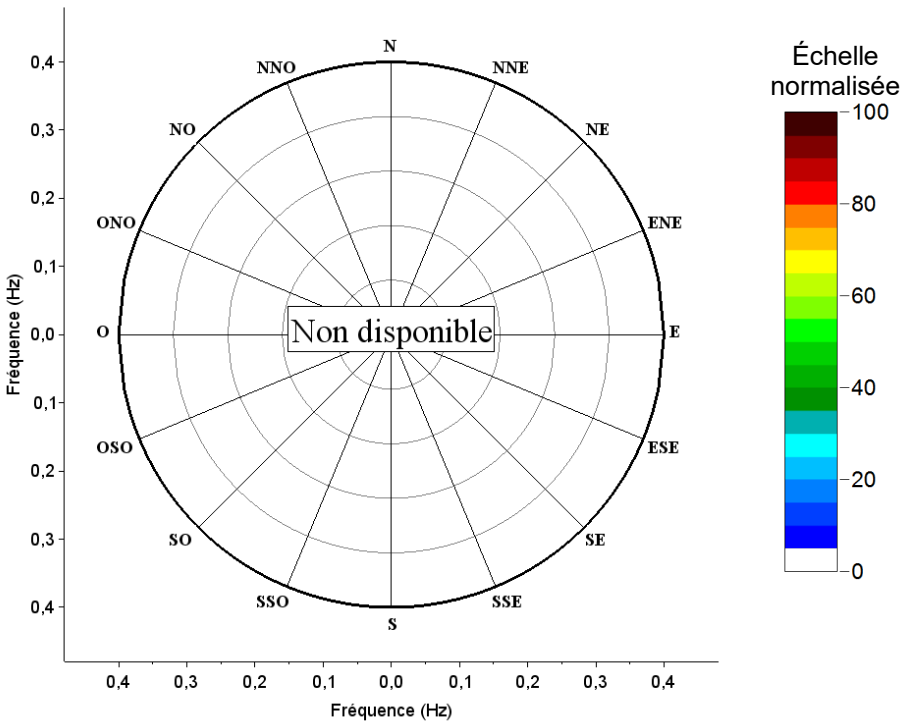
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




**Pic de tempête**

| Pic du | 21/02 3h30 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 5,37 |
| $H_{1/10}$ (m) | 6,49 |
| $H_{max}$ (m) | 8,43 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 9,5 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 9,1 |
| $T_{avd}$ (s) | 8,4 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 8,1 |
| $S_z$ | 1/18 |
| $H_{m0}$ (m) | 6,10 |
| $T_p$ (s) | 10,1 |
| $T_{02}$ (s) | 8,1 |
| $T_e$ (s) | 9,3 |
| $Dir_p$ (°) | - |
| $Etal_p$ (°) | - |

Spectre directionnel de variance



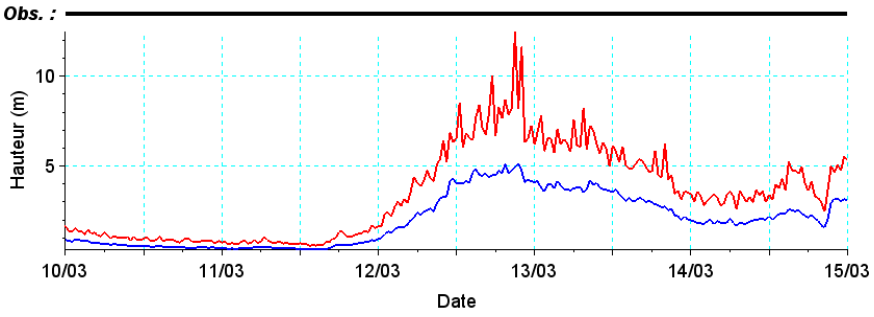
# CANDHIS : 03403-03404 – Sète

## Sélection des événements remarquables

Tempête du 12/03/11

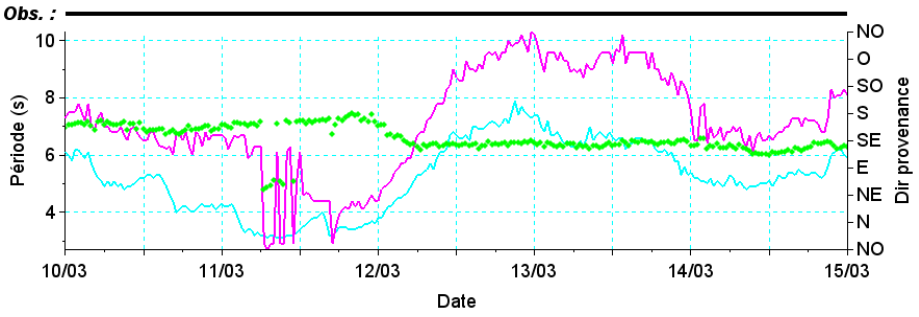
### Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




### Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$

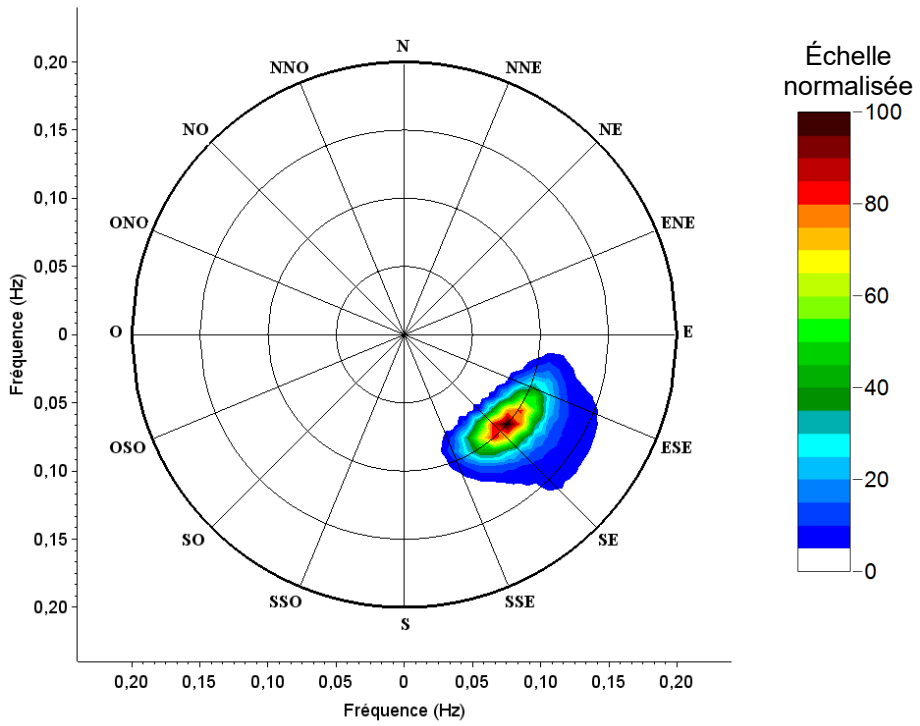
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




### Pic de tempête

| Pic du | 12/03 21h30 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 5,14 |
| $H_{1/10}$ (m) | 6,26 |
| $H_{max}$ (m) | 8,19 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 9,1 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 9,6 |
| $T_{avd}$ (s) | 7,4 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 9,1 |
| $S_z$ | 1/14 |
| $H_{m0}$ (m) | 5,43 |
| $T_p$ (s) | 9,9 |
| $T_{02}$ (s) | 7,4 |
| $T_e$ (s) | 8,8 |
| $Dir_p$ (°) | 131 |
| $Etal_p$ (°) | 20 |

### Spectre directionnel de variance



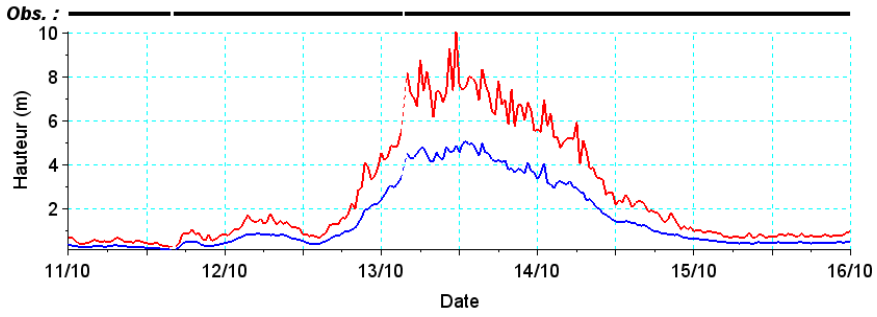
# CANDHIS : 03403-03404 – Sète

## Sélection des événements remarquables

Tempête du 13/10/16

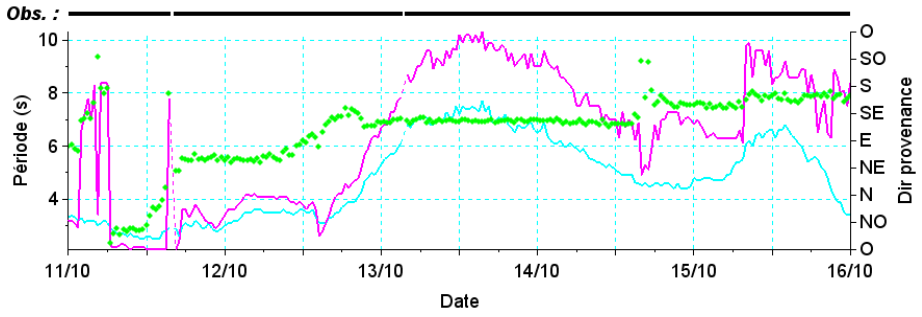
### Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




### Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$

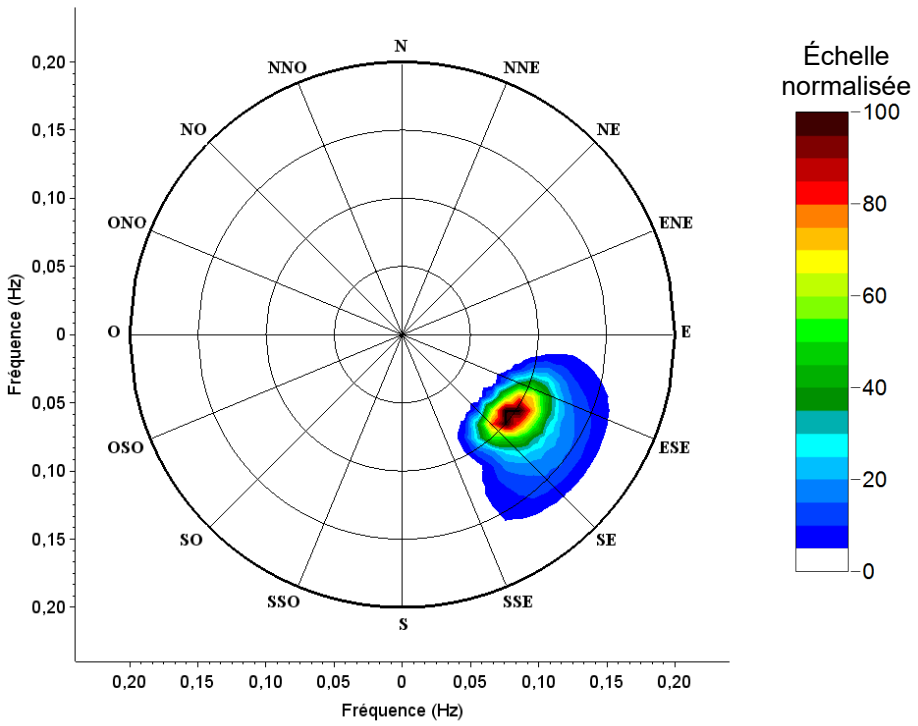
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




### Pic de tempête

| Pic du | 13/10 13h00 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 5,09 |
| $H_{1/10}$ (m) | 6,31 |
| $H_{max}$ (m) | 7,55 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 9,0 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 9,1 |
| $T_{avd}$ (s) | 7,6 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 9,1 |
| $S_z$ | 1/15 |
| $H_{m0}$ (m) | 5,30 |
| $T_p$ (s) | 10,2 |
| $T_{02}$ (s) | 7,4 |
| $T_e$ (s) | 8,6 |
| $Dir_p$ (°) | 125 |
| $Etal_p$ (°) | 19 |

### Spectre directionnel de variance



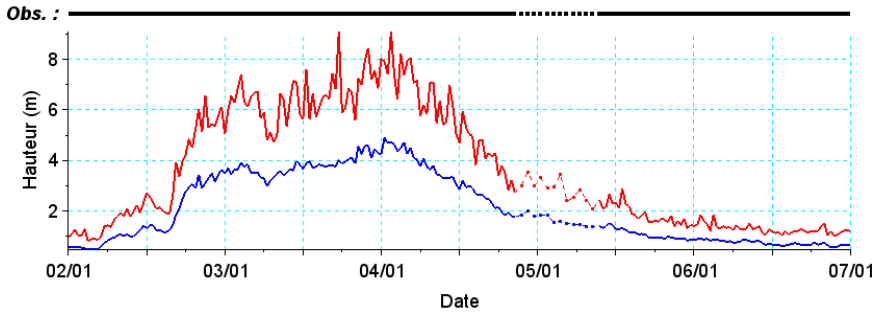
# CANDHIS : 03403-03404 – Sète

## Sélection des événements remarquables

### Tempête du 04/01/08

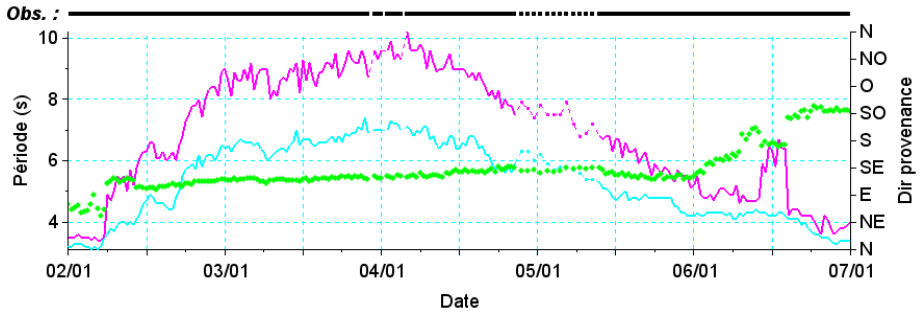
### Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




### Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$

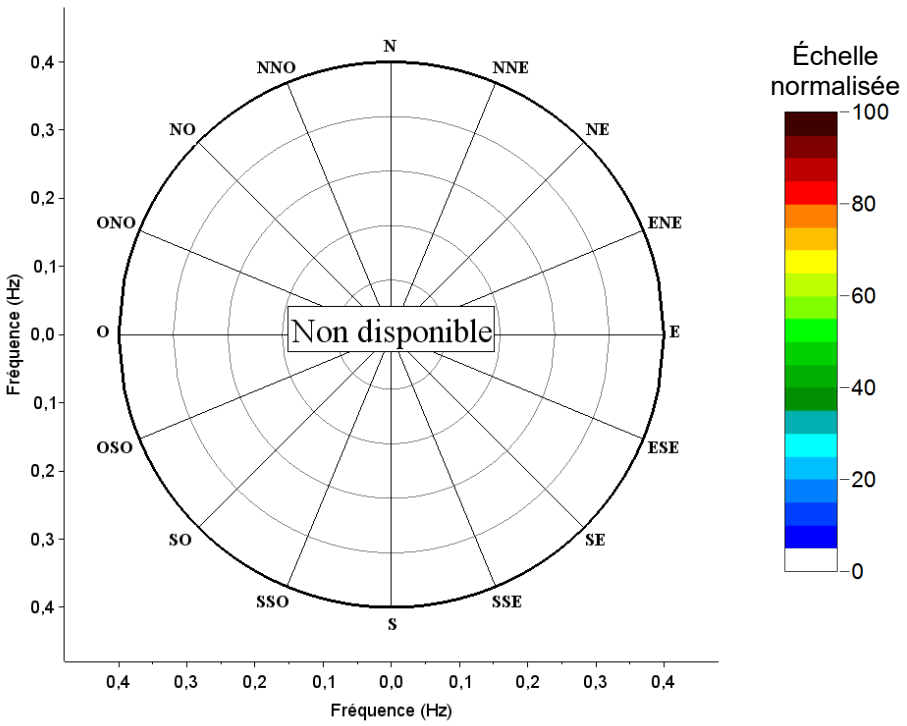
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




### Pic de tempête

| Pic du | 04/01 0h30 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 4,91 |
| $H_{1/10}$ (m) | 6,26 |
| $H_{max}$ (m) | 7,92 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 8,8 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 8,9 |
| $T_{avd}$ (s) | 7,4 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 8,1 |
| $S_z$ | 1/15 |
| $H_{m0}$ (m) | - |
| $T_p$ (s) | - |
| $T_{02}$ (s) | - |
| $T_e$ (s) | - |
| $Dir_p$ (°) | - |
| $Etal_p$ (°) | - |

### Spectre directionnel de variance



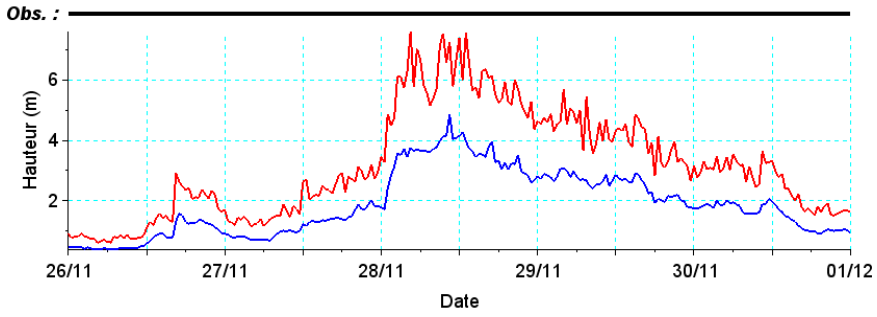
# CANDHIS : 03403-03404 – Sète

## Sélection des événements remarquables

Tempête du 28/11/14

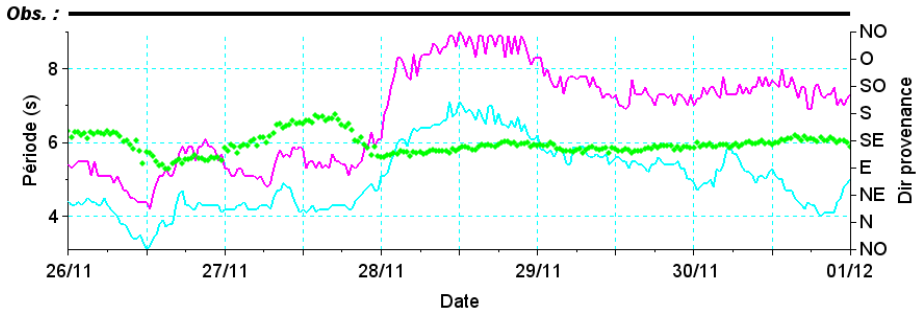
### Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




### Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$

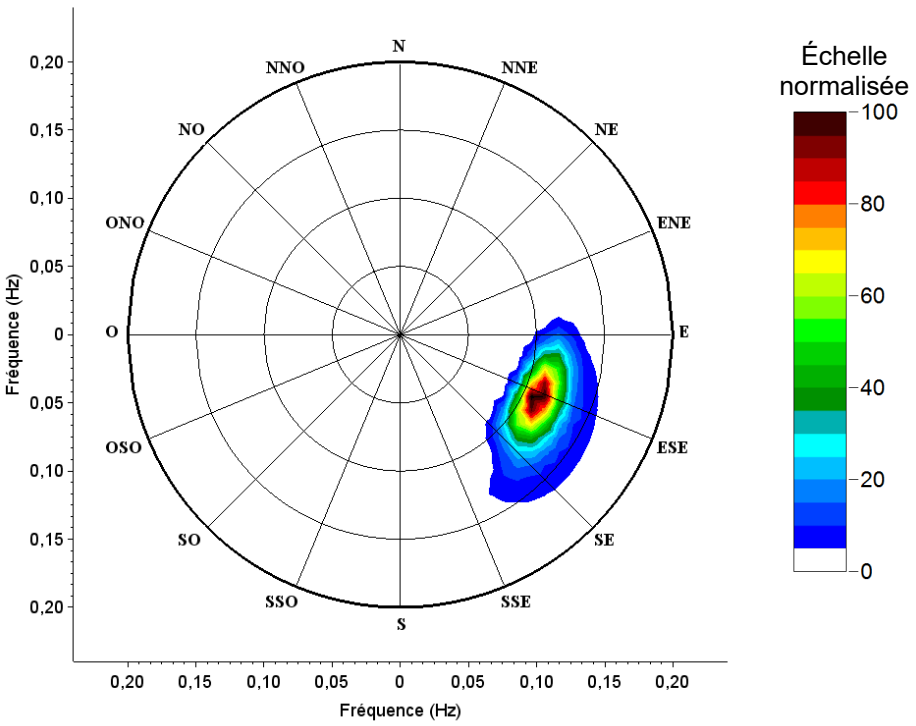
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




### Pic de tempête

| Pic du | 28/11 10h30 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 4,85 |
| $H_{1/10}$ (m) | 5,86 |
| $H_{max}$ (m) | 7,25 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 8,3 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 8,0 |
| $T_{avd}$ (s) | 7,3 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 8,4 |
| $S_z$ | 1/15 |
| $H_{m0}$ (m) | 5,14 |
| $T_p$ (s) | 8,9 |
| $T_{02}$ (s) | 7,1 |
| $T_e$ (s) | 8,1 |
| $Dir_p$ (°) | 114 |
| $Etal_p$ (°) | 18 |

### Spectre directionnel de variance



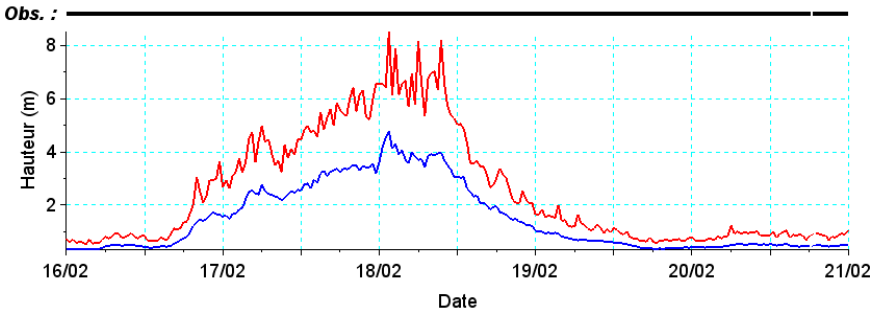
# CANDHIS : 03403-03404 – Sète

## Sélection des événements remarquables

Tempête du 18/02/07

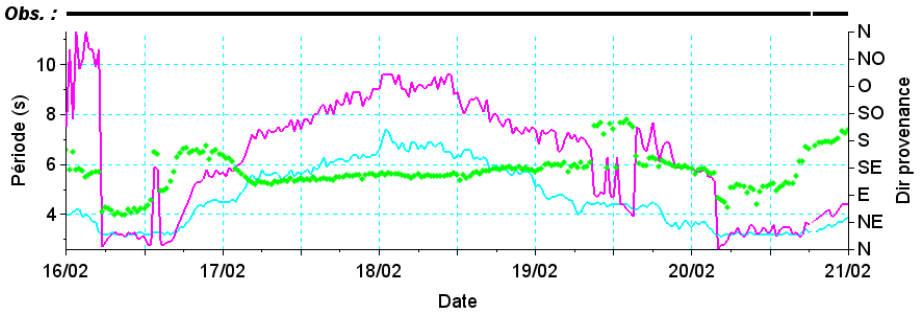
### Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




### Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$

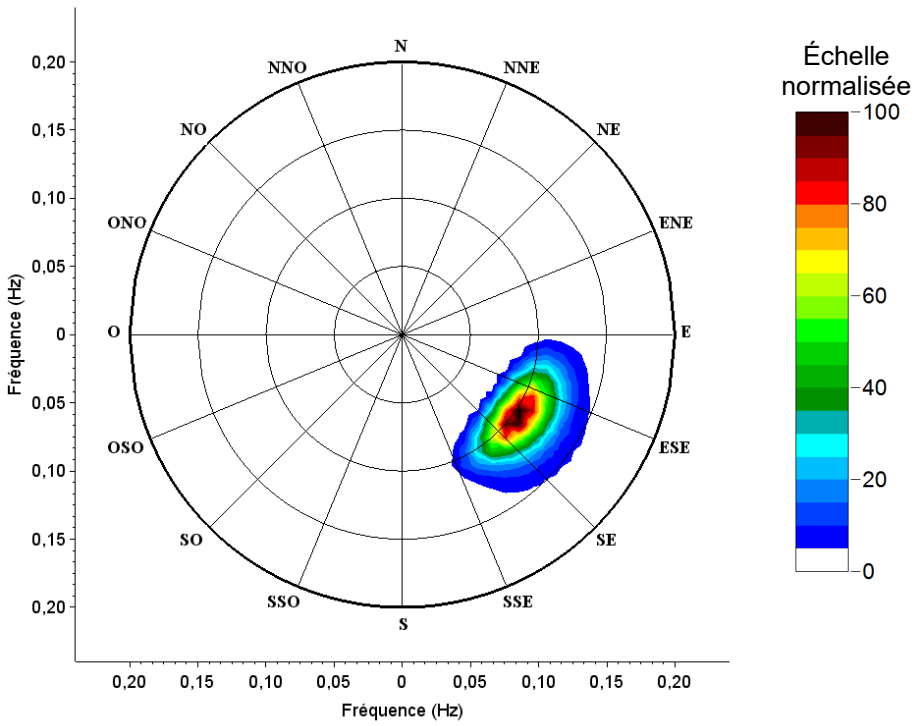
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




### Pic de tempête

| Pic du | 18/02 1h30 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 4,79 |
| $H_{1/10}$ (m) | 6,09 |
| $H_{max}$ (m) | 8,51 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 8,9 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 9,1 |
| $T_{avd}$ (s) | 7,4 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 9,1 |
| $S_z$ | 1/13 |
| $H_{m0}$ (m) | 4,91 |
| $T_p$ (s) | 9,6 |
| $T_{02}$ (s) | 7,3 |
| $T_e$ (s) | 8,6 |
| $Dir_p$ (°) | 126 |
| $Etal_p$ (°) | 20 |

### Spectre directionnel de variance



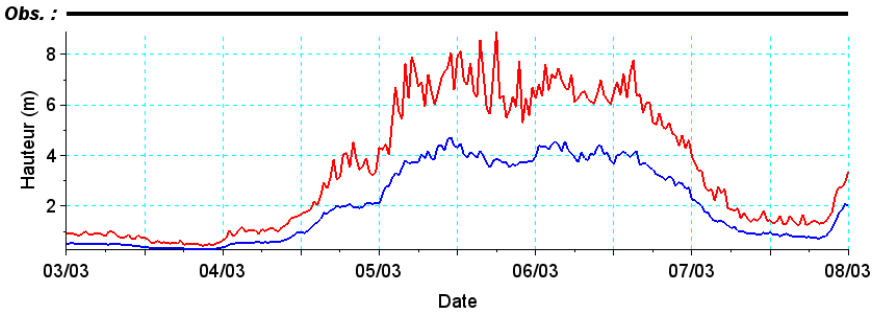
# CANDHIS : 03403-03404 – Sète

## Sélection des événements remarquables

Tempête du 05/03/13

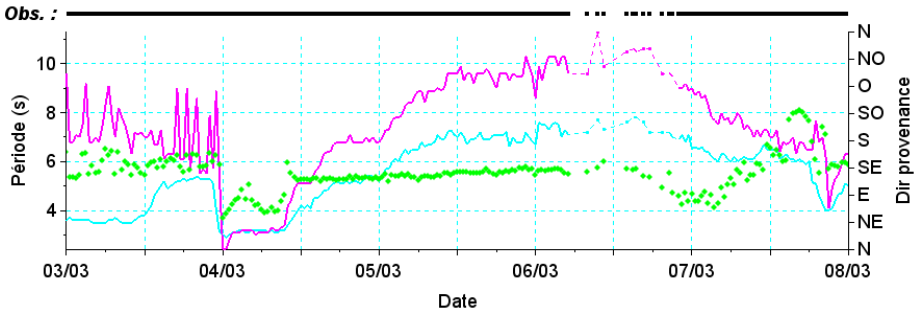
### Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




### Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$

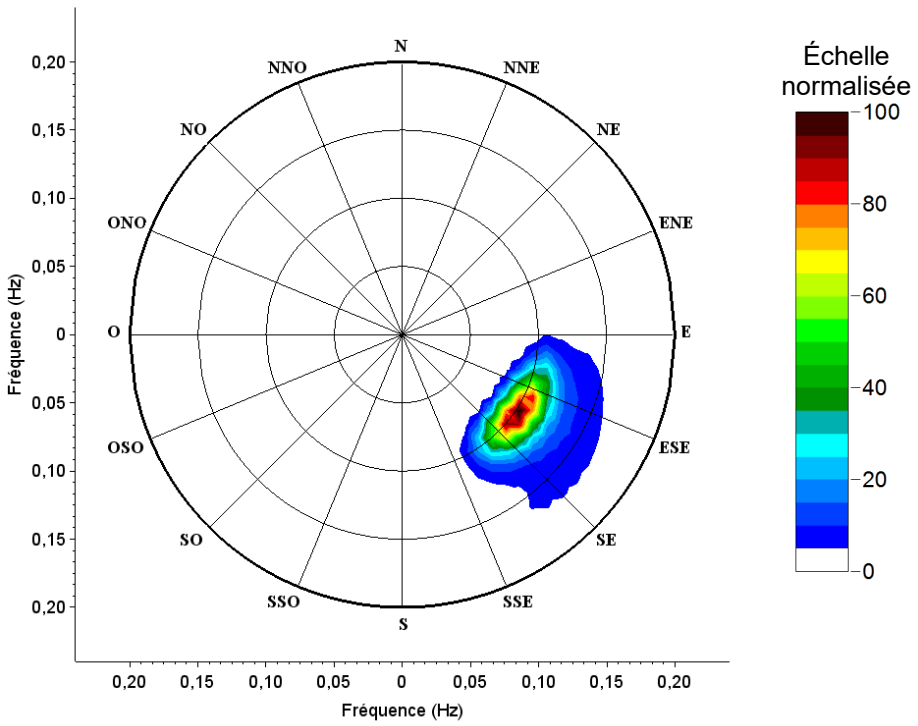
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




### Pic de tempête

| Pic du | 05/03 11h00 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 4,73 |
| $H_{1/10}$ (m) | 5,84 |
| $H_{max}$ (m) | 8,10 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 9,0 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 9,0 |
| $T_{avd}$ (s) | 7,9 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 9,1 |
| $S_z$ | 1/17 |
| $H_{m0}$ (m) | 4,93 |
| $T_p$ (s) | 9,6 |
| $T_{02}$ (s) | 7,3 |
| $T_e$ (s) | 8,6 |
| $Dir_p$ (°) | 123 |
| $Etal_p$ (°) | 20 |

### Spectre directionnel de variance



# CANDHIS : 06601 – Banyuls

## Informations générales

**Durée d'observation :** 12,94 ans
du 28/11/07 au 31/12/21

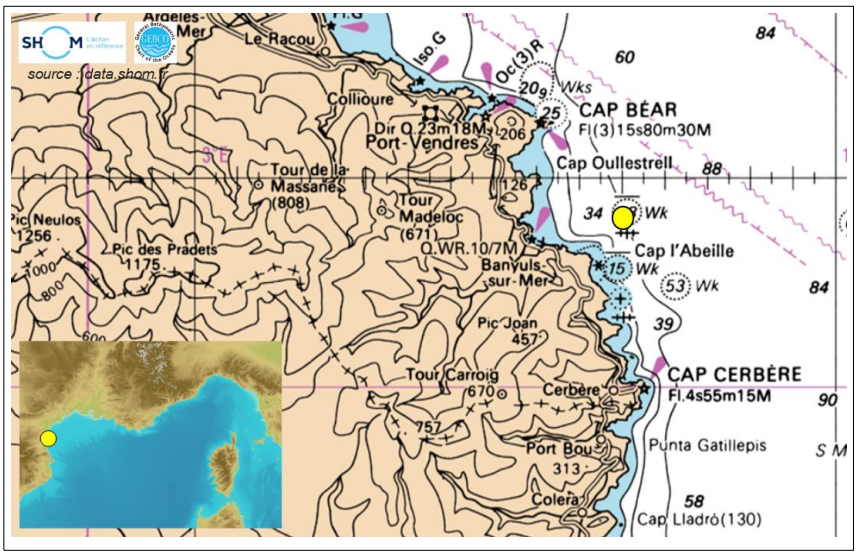
**Latitude :** 42°29,370'N

**Longitude :** 03°10,060'E

**Distance à la côte :** 0,9 mille

**Profondeur :** 50 mètres

**Marnage (VEM) :** -



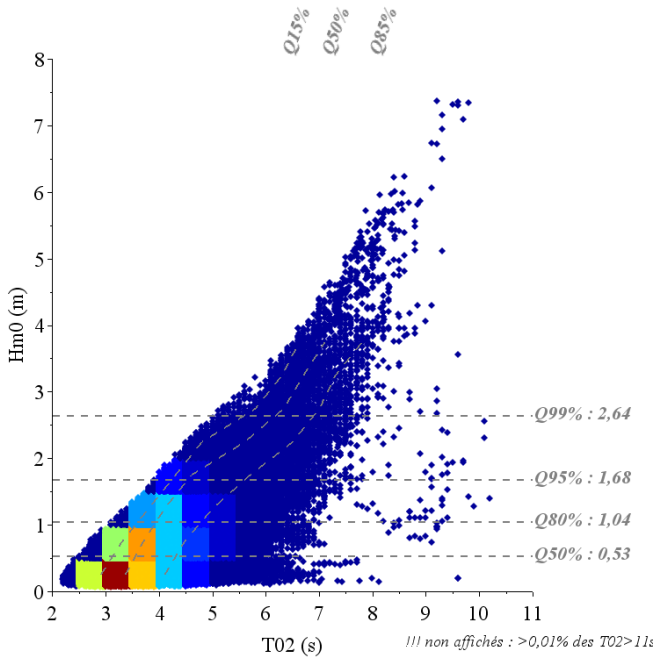

**Taux de disponibilité :**

| | janv. | fév. | mars | avril | mai | juin | juil. | août | sept. | oct. | nov. | déc. | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **2007** | | | | | | | | | | | 8% | 100% | 9% |
| **2008** | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 99% | 99% | 99% | 100% | 84% | 98% |
| **2009** | | 41% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 95% | 97% | 100% | 100% | 86% |
| **2010** | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 99% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| **2011** | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 97% | 100% | 100% | 100% |
| **2012** | 100% | 100% | 99% | 100% | 100% | 100% | 100% | 98% | 100% | 96% | 100% | 100% | 99% |
| **2013** | 100% | 100% | 95% | 100% | 78% | 23% | 90% | 99% | 99% | 99% | 96% | 67% | 87% |
| **2014** | 77% | 100% | 100% | 100% | 100% | 99% | 99% | 99% | 100% | 100% | 100% | 100% | 98% |
| **2015** | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 98% | 99% | 100% | 100% | 100% | 100% | 99% | 100% |
| **2016** | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 11% | | | 11% | 100% | 100% | 100% | 68% |
| **2017** | 100% | 100% | 100% | 100% | 48% | | | | | 63% | 100% | 100% | 59% |
| **2018** | 100% | 100% | 100% | 95% | 99% | 99% | 99% | 99% | 99% | 100% | 99% | 100% | 99% |
| **2019** | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| **2020** | 100% | 100% | 100% | 100% | 99% | 99% | 93% | 15% | 98% | 93% | 100% | 100% | 91% |
| **2021** | 100% | 97% | 100% | 100% | 100% | 99% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| **Total** | **85%** | **89%** | **93%** | **93%** | **88%** | **75%** | **78%** | **74%** | **80%** | **90%** | **93%** | **97%** | **86%** |

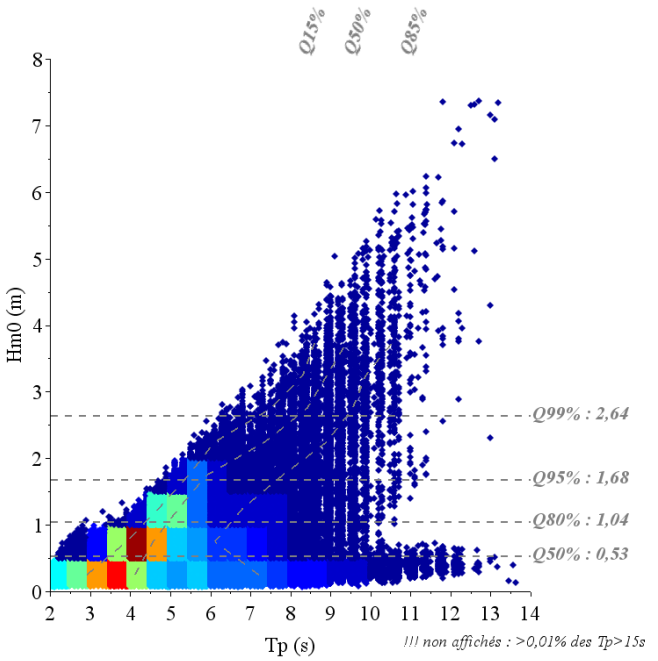
# CANDHIS : 06601 – Banyuls

**Climatologie moyenne : ANNUELLE (janvier à décembre)**

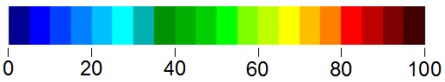
► $H_{m0}$ fonction de $T_{02}$



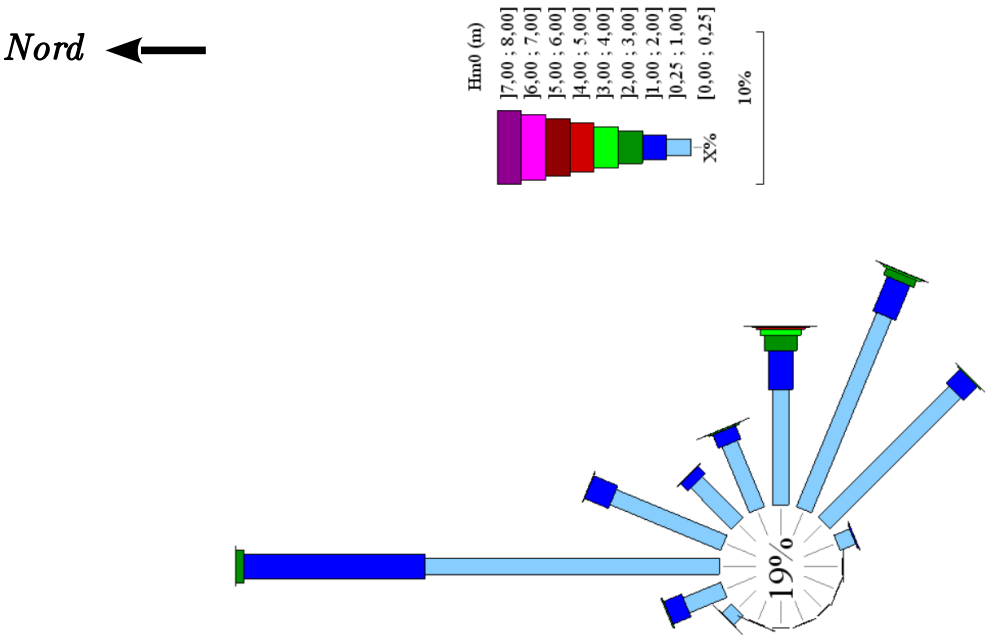

► $H_{m0}$ fonction de $T_p$




Échelle de couleurs normalisée :



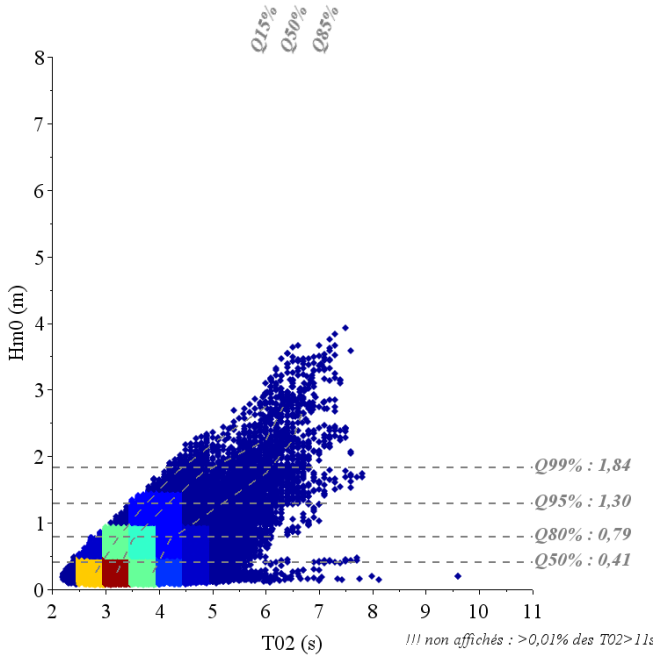

► $H_{m0}$ fonction de $Dir_p$ (rose des houles)



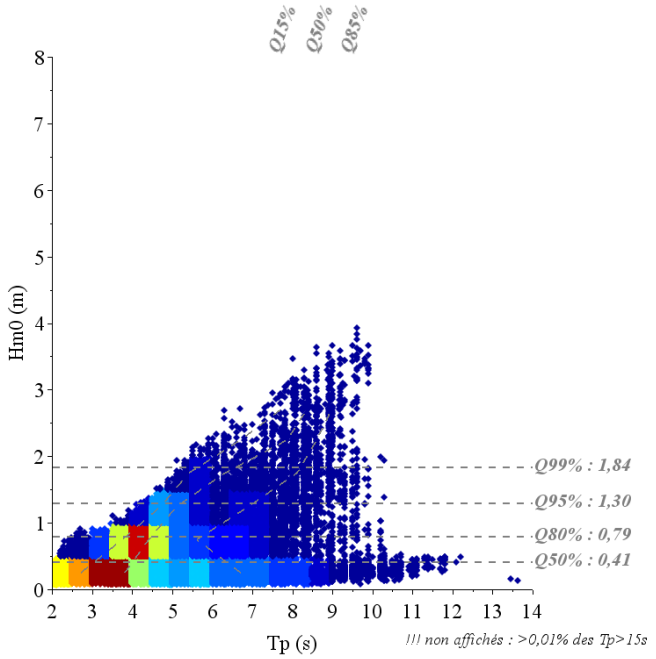
# CANDHIS : 06601 – Banyuls

**Climatologie moyenne : ESTIVALE (avril à septembre)**

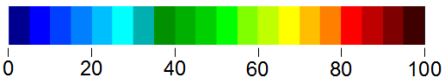
► $H_{m0}$ fonction de $T_{02}$



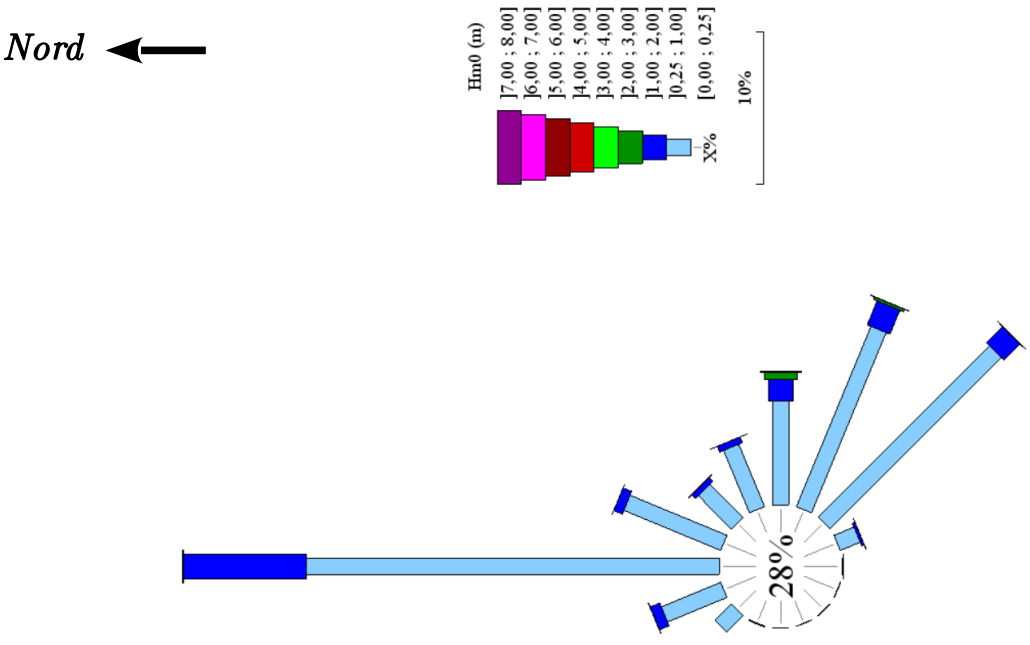

► $H_{m0}$ fonction de $T_p$




Échelle de couleurs normalisée :



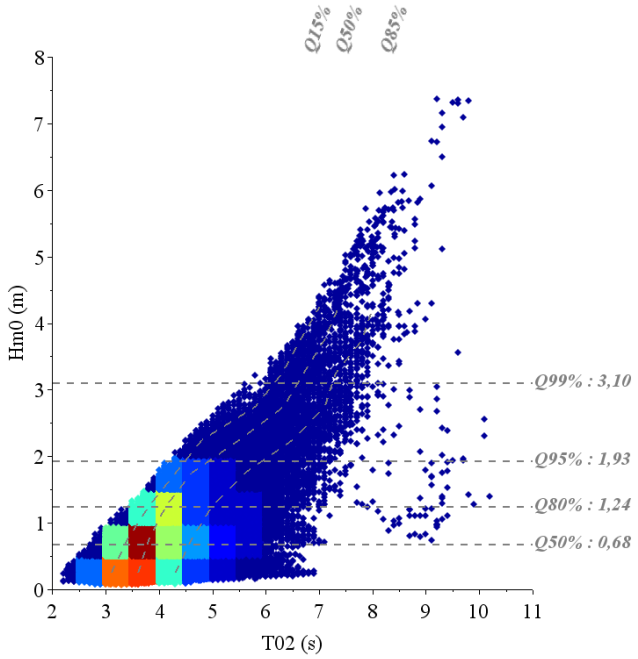

► $H_{m0}$ fonction de $Dir_p$ (rose des houles)



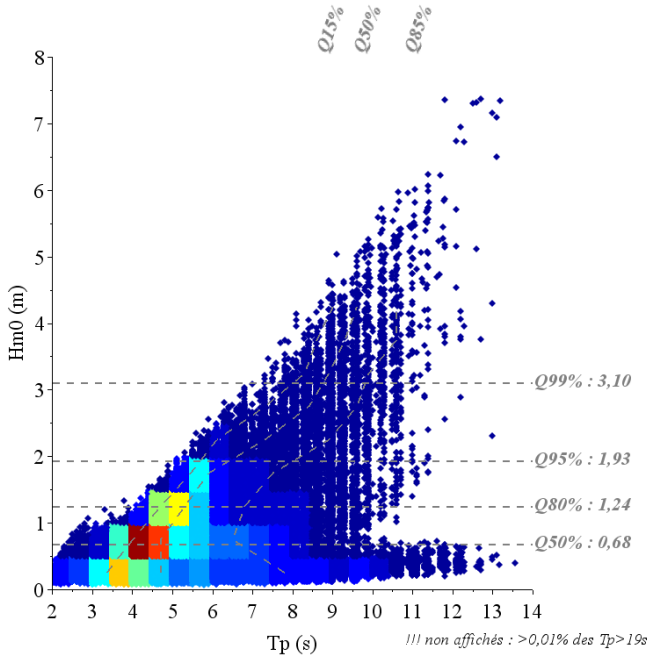
# CANDHIS : 06601 – Banyuls

**Climatologie moyenne : HIVERNALE**
**(janvier à mars et octobre à décembre)**

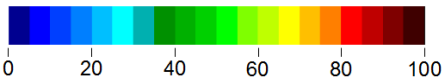
► $H_{m0}$ fonction de $T_{02}$



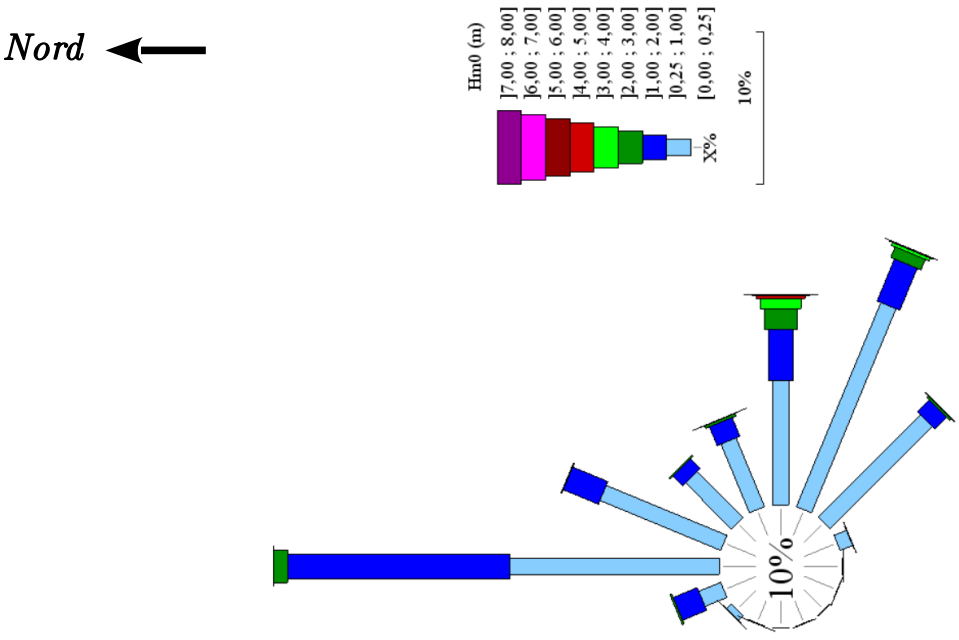

► $H_{m0}$ fonction de $T_p$




Échelle de couleurs normalisée :




► $H_{m0}$ fonction de $Dir_p$ (rose des houles)



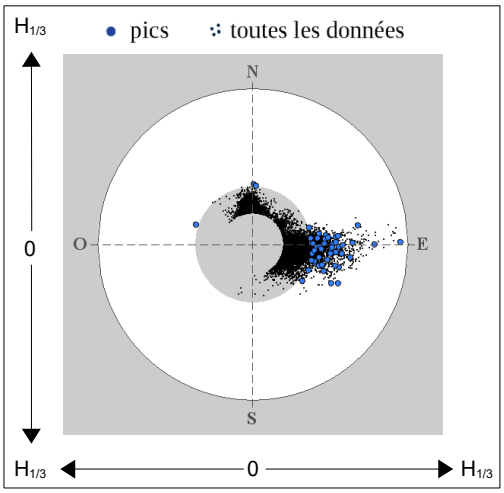
# CANDHIS : 06601 – Banyuls

## Analyse des valeurs extrêmes de $H_{1/3}$ : DIRECTION DE PROVENANCE 0° à 360°

### Sélection des pics de tempête

| | Seuil (u) | Nb évts/an | Cambrure $H_{1/3}/L_{avd}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | | | médiane | Int.Conf.70% |
| **GPD** | 2,85 m | 4,33 | 1/22 | 1/26 à 1/19 |
| **Loi Exp** | 2,85 m | 4,33 | 1/22 | 1/26 à 1/19 |

### $Dir_p$ aux pics de tempête




### Paramètres des lois d'ajustement

**GPD :** $Pr\{H_{1/3}>h|h>u\}=\left(1+\xi\frac{h-u}{\sigma}\right)^{-1/\xi}$

avec σ = 0,880505 et ξ = -0,049017

**Loi Exp. :** $Pr\{H_{1/3}>h|h>u\}=\exp[-\rho(h-u)]$

avec ρ = 1,191236

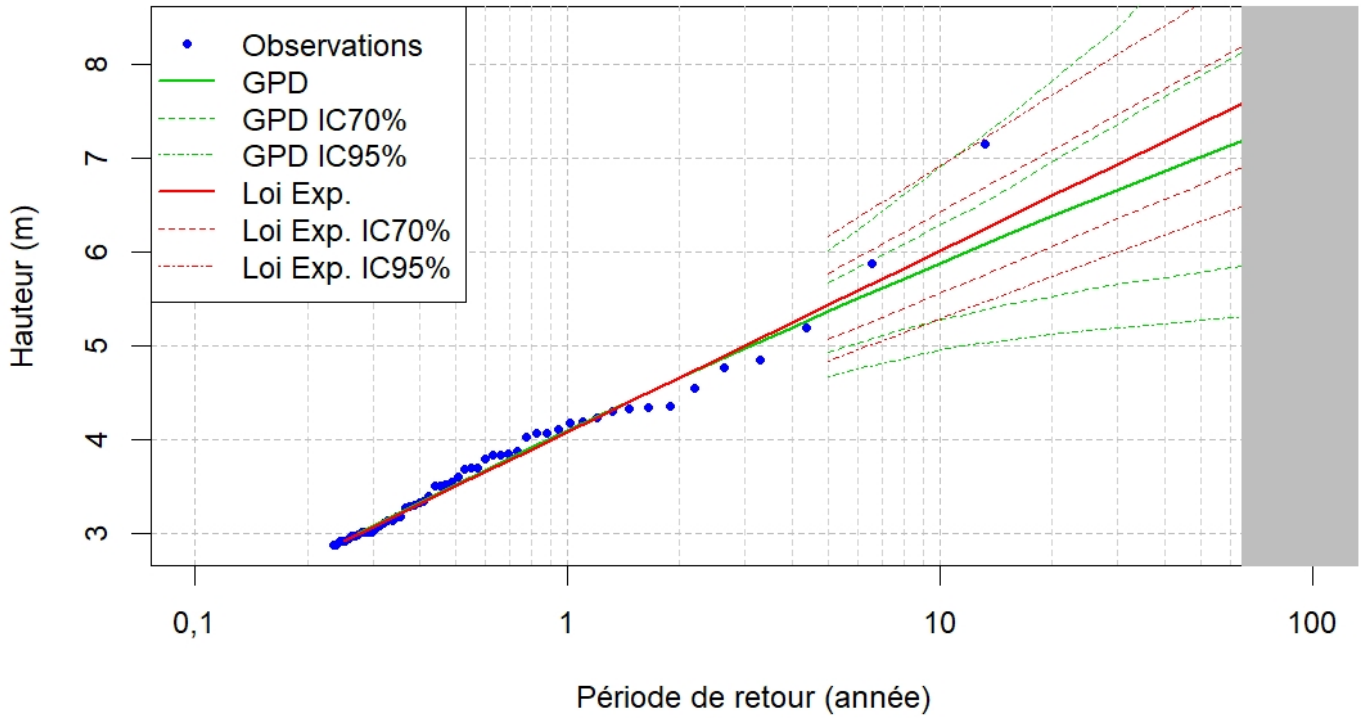
### Niveaux de retour

| Période de retour | $H_{1/3}$ (mètres) | | Int. de Conf. 70% (mètres) | |
|---|---|---|---|---|
| | **GPD** | **Loi Exp.** | **GPD** | **Loi Exp.** |
| 5 ans | 5,36 | 5,43 | 4,93 à 5,67 | 5,06 à 5,76 |
| 10 ans | 5,88 | 6,01 | 5,27 à 6,28 | 5,56 à 6,42 |
| 20 ans | 6,38 | 6,59 | 5,52 à 6,96 | 6,06 à 7,08 |
| 50 ans | 7,01 | 7,36 | 5,78 à 7,87 | 6,71 à 7,95 |

| $T_{avd}$ Int.Conf.70% (secondes) (i) | |
|---|---|
| **GPD** | **Loi Exp.** |
| 8,19 à 9,50 | 8,26 à 9,56 |
| 8,60 à 10,00 | 8,71 à 10,12 |
| 8,98 à 10,47 | 9,14 à 10,68 |
| 9,44 à 11,08 | 9,71 à 11,42 |

(i) $T_{avd}=\sqrt{(2\pi L_{avd}/g).\tanh(2\pi Prof/L_{avd})}$ avec $L_{avd}=H_{1/3}/Cambrure$

### Ajustement statistique :



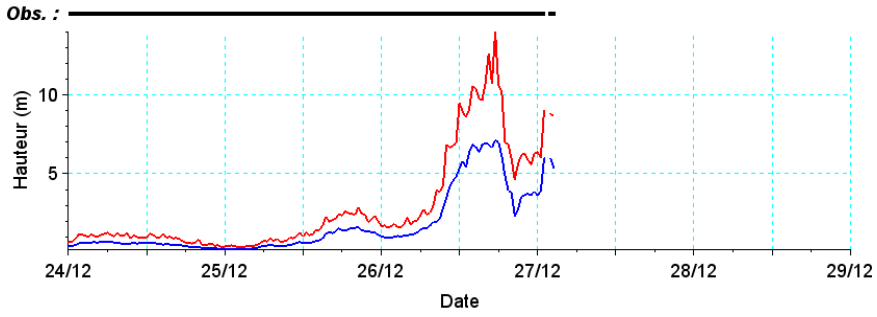
# CANDHIS : 06601 – Banyuls

## Sélection des événements remarquables

Tempête du 26/12/08

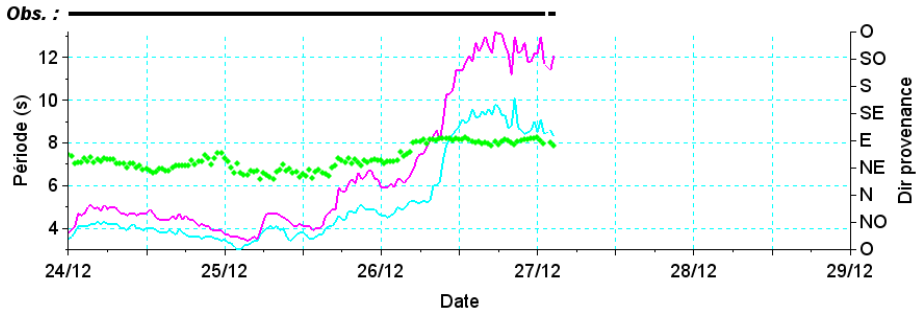
### Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




### Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$

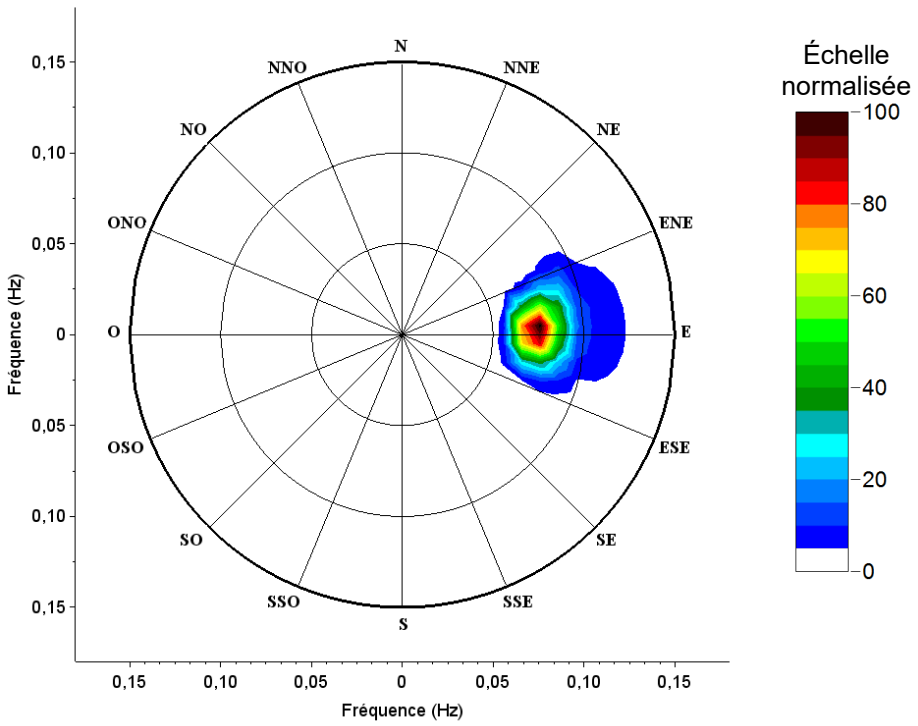
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




### Pic de tempête

| Pic du | 26/12 17h30 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 7,15 |
| $H_{1/10}$ (m) | 8,76 |
| $H_{max}$ (m) | 14,00 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 12,4 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 12,0 |
| $T_{avd}$ (s) | 10,2 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 10,7 |
| $S_z$ | 1/19 |
| $H_{m0}$ (m) | 7,35 |
| $T_p$ (s) | 13,2 |
| $T_{02}$ (s) | 9,8 |
| $T_e$ (s) | 11,8 |
| $Dir_p$ (°) | 89 |
| $Etal_p$ (°) | 19 |

### Spectre directionnel de variance



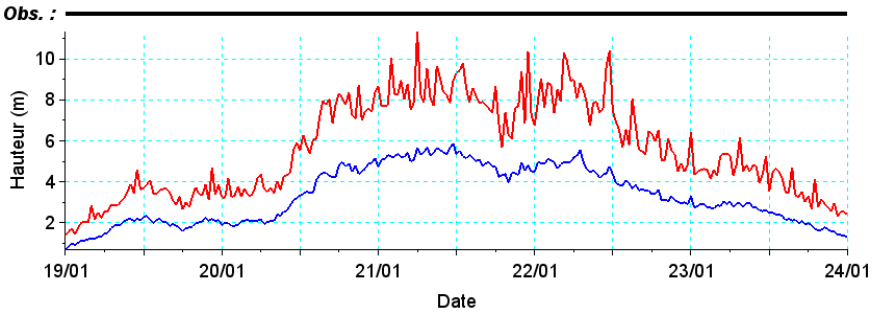
# CANDHIS : 06601 – Banyuls

## Sélection des événements remarquables

### Tempête du 21/01/20

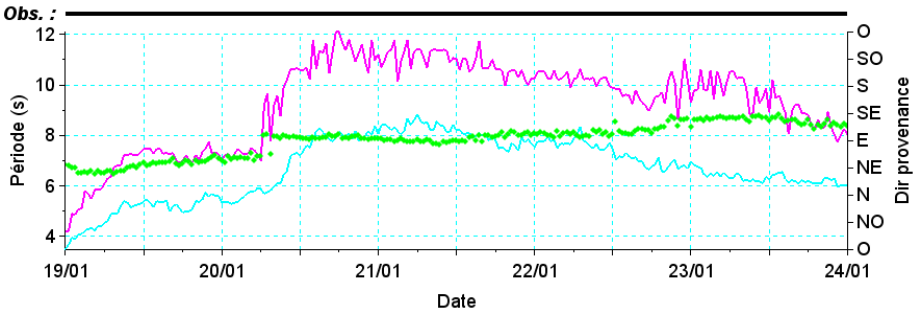
**Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$**

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




**Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$**

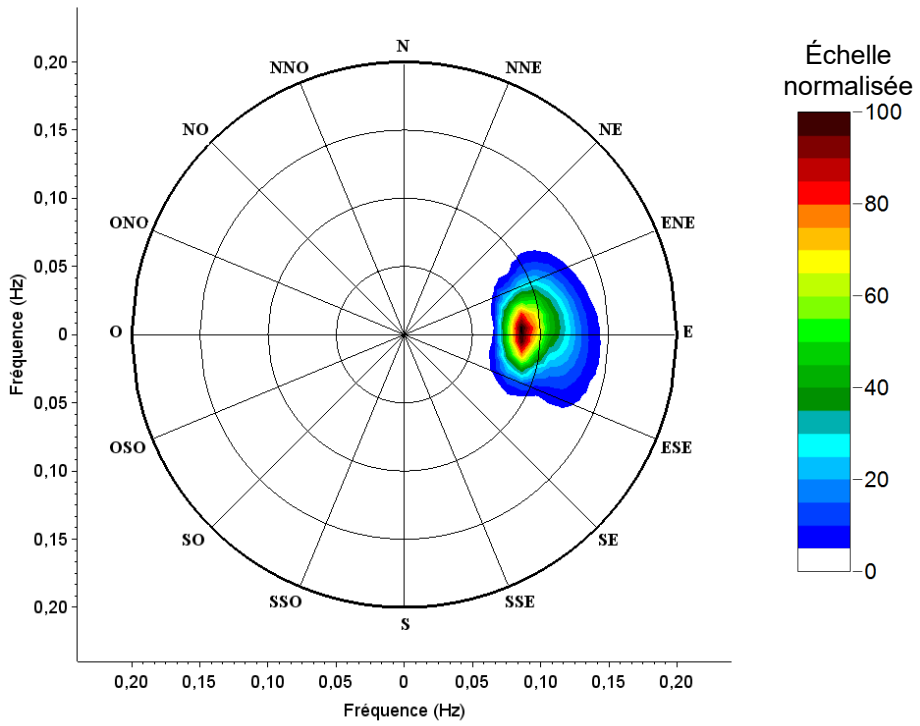
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




**Pic de tempête**

| | |
|---|---|
| Pic du | 21/01 11h30 |
| $H_{1/3}$ (m) | 5,88 |
| $H_{1/10}$ (m) | 7,37 |
| $H_{max}$ (m) | 8,94 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 10,1 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 10,5 |
| $T_{avd}$ (s) | 8,6 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 9,1 |
| $S_z$ | 1/16 |
| $H_{m0}$ (m) | 6,01 |
| $T_p$ (s) | 11,1 |
| $T_{02}$ (s) | 8,4 |
| $T_e$ (s) | 10,0 |
| $Dir_p$ (°) | 90 |
| $Etal_p$ (°) | 20 |

Spectre directionnel de variance



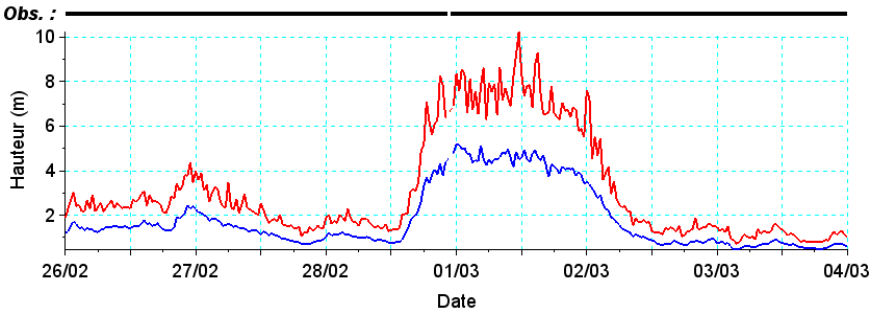
# CANDHIS : 06601 – Banyuls

## Sélection des événements remarquables

Tempête du 01/03/18

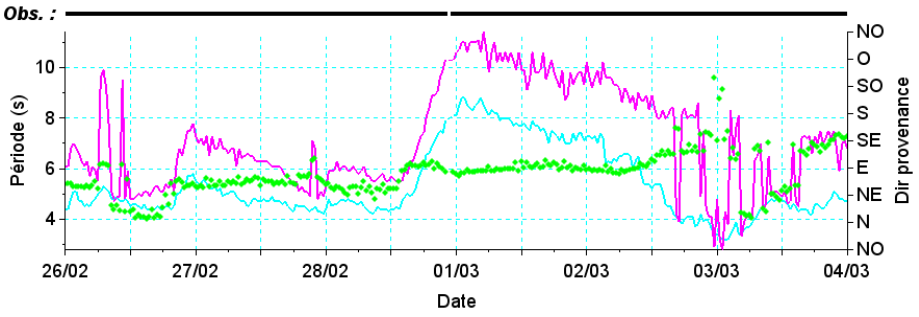
### Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




### Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$

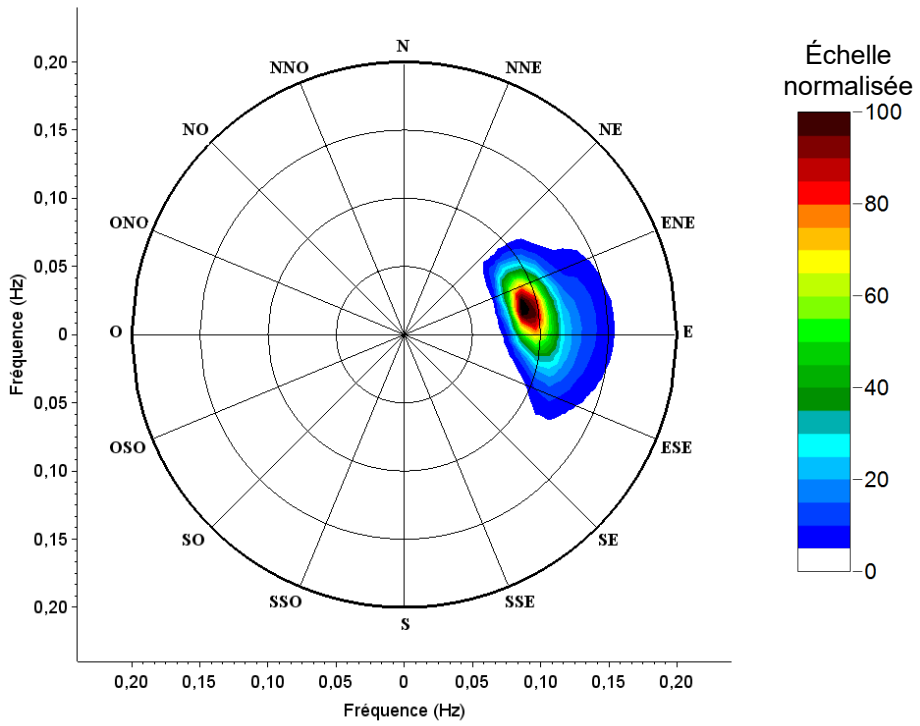
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




### Pic de tempête

| Pic du | 01/03 0h00 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 5,19 |
| $H_{1/10}$ (m) | 6,64 |
| $H_{max}$ (m) | 8,39 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 9,6 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 9,9 |
| $T_{avd}$ (s) | 8,3 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 8,9 |
| $S_z$ | 1/20 |
| $H_{m0}$ (m) | 5,29 |
| $T_p$ (s) | 10,6 |
| $T_{02}$ (s) | 8,1 |
| $T_e$ (s) | 9,4 |
| $Dir_p$ (°) | 80 |
| $Etal_p$ (°) | 19 |

### Spectre directionnel de variance



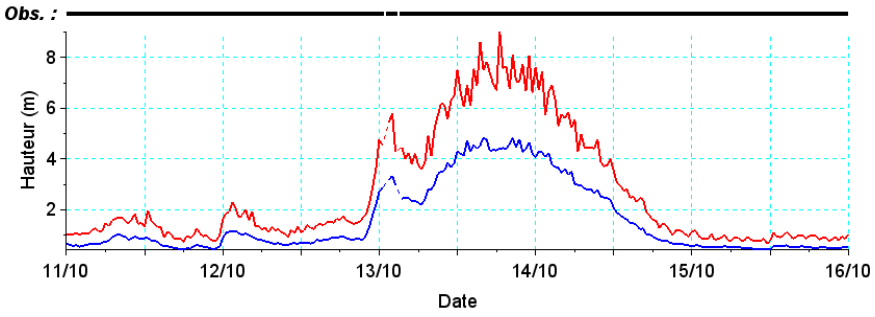
# CANDHIS : 06601 – Banyuls

## Sélection des événements remarquables

### Tempête du 13/10/16

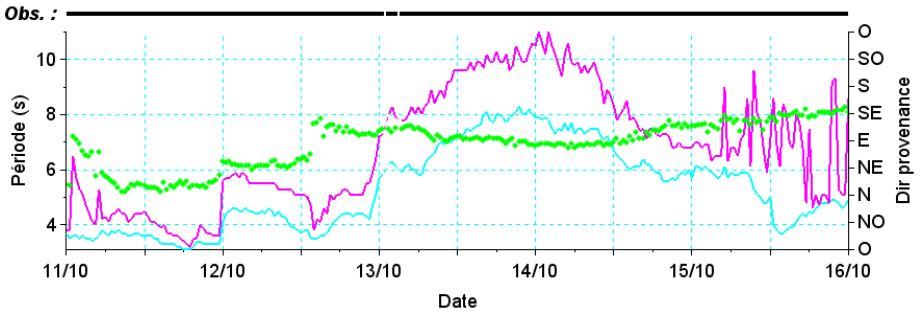
**Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$**

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




**Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$**

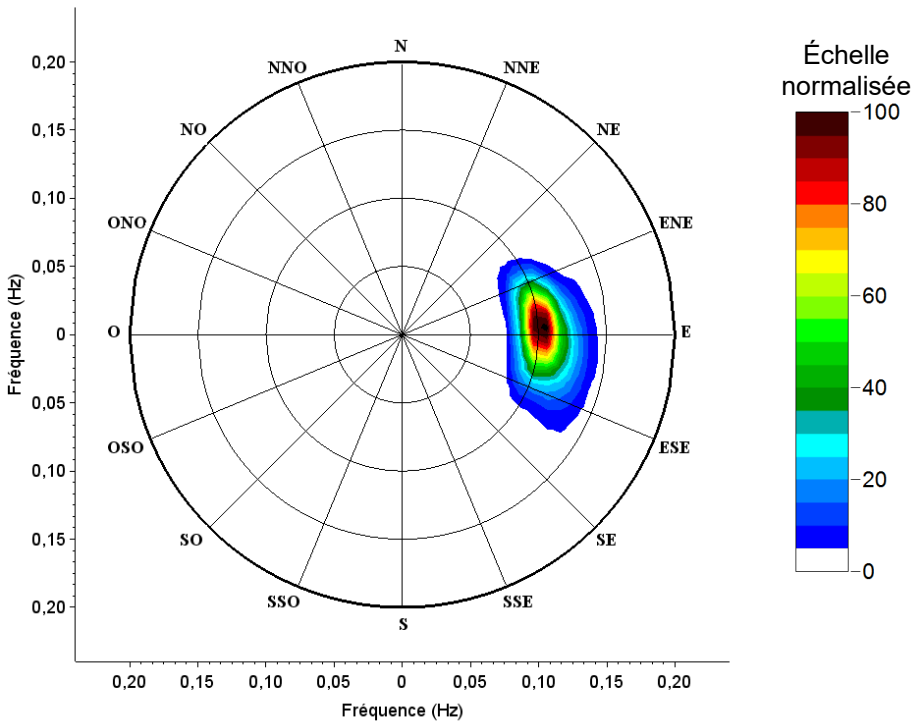
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




**Pic de tempête**

| Pic du | 13/10 16h00 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 4,84 |
| $H_{1/10}$ (m) | 5,89 |
| $H_{max}$ (m) | 7,49 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 9,4 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 9,6 |
| $T_{avd}$ (s) | 8,3 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 10,0 |
| $S_z$ | 1/20 |
| $H_{m0}$ (m) | 5,07 |
| $T_p$ (s) | 9,6 |
| $T_{02}$ (s) | 8,0 |
| $T_e$ (s) | 9,1 |
| $Dir_p$ (°) | 89 |
| $Etal_p$ (°) | 23 |

Spectre directionnel de variance



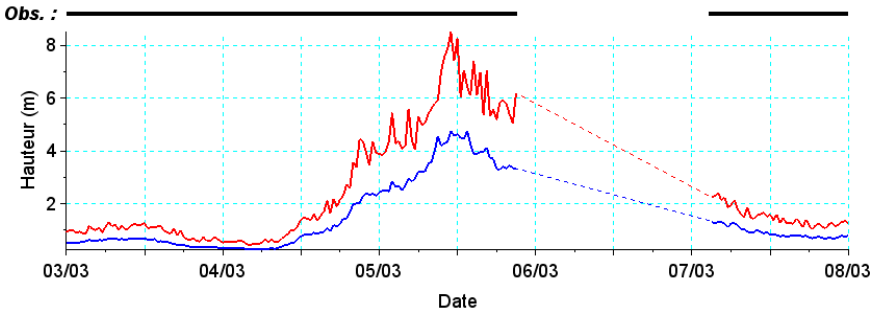
# CANDHIS : 06601 – Banyuls

## Sélection des événements remarquables

### Tempête du 05/03/13

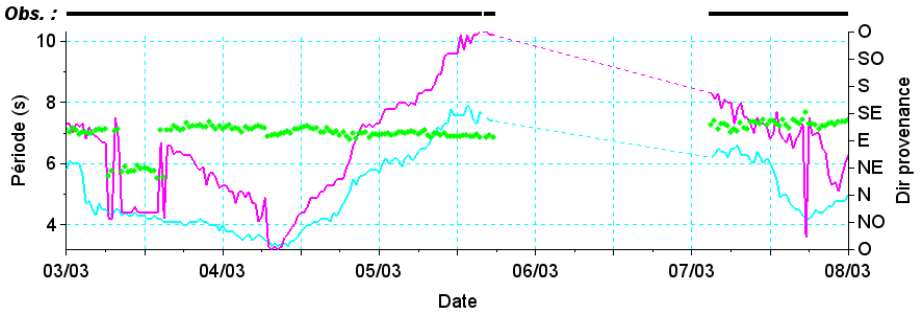
**Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$**

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




**Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$**

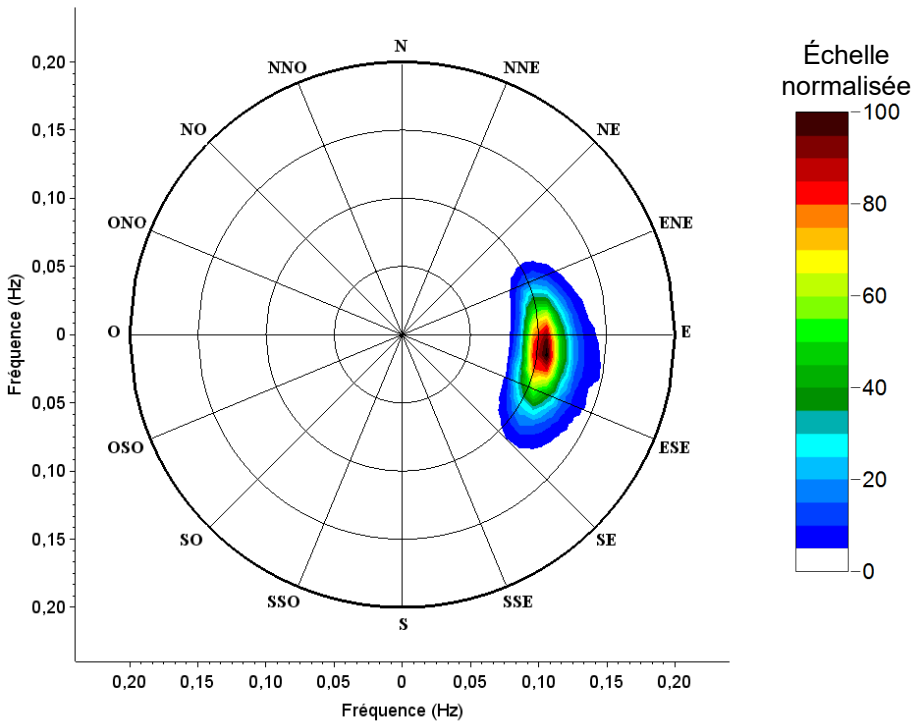
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




**Pic de tempête**

| Pic du | 05/03 11h00 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 4,76 |
| $H_{1/10}$ (m) | 6,01 |
| $H_{max}$ (m) | 8,50 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 9,1 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 9,3 |
| $T_{avd}$ (s) | 7,8 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 8,6 |
| $S_z$ | 1/19 |
| $H_{m0}$ (m) | 5,01 |
| $T_p$ (s) | 9,6 |
| $T_{02}$ (s) | 7,8 |
| $T_e$ (s) | 8,8 |
| $Dir_p$ (°) | 98 |
| $Etal_p$ (°) | 22 |

Spectre directionnel de variance



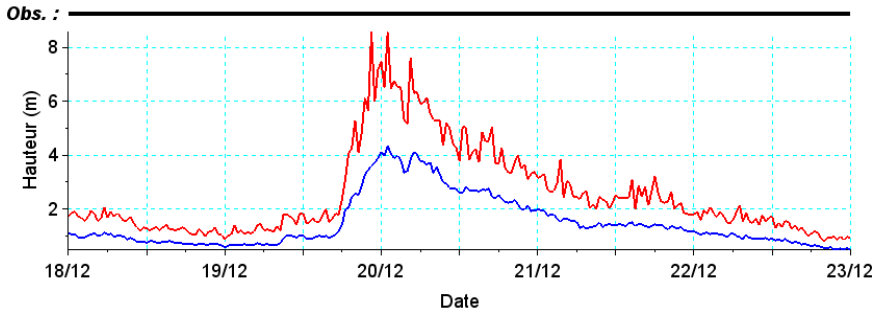
# CANDHIS : 06601 – Banyuls

## Sélection des événements remarquables

### Tempête du 20/12/16

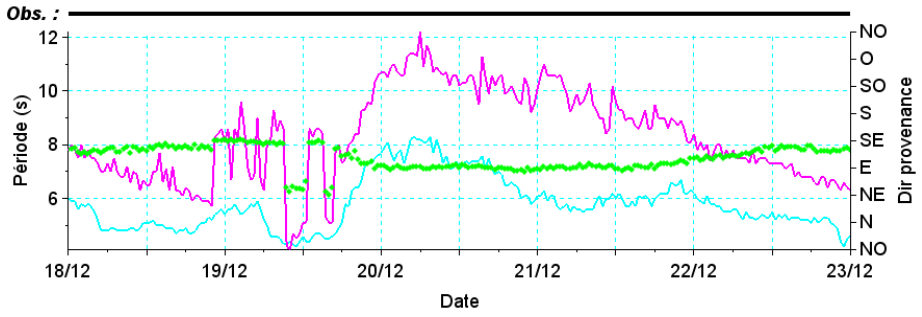
**Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$**

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




**Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$**

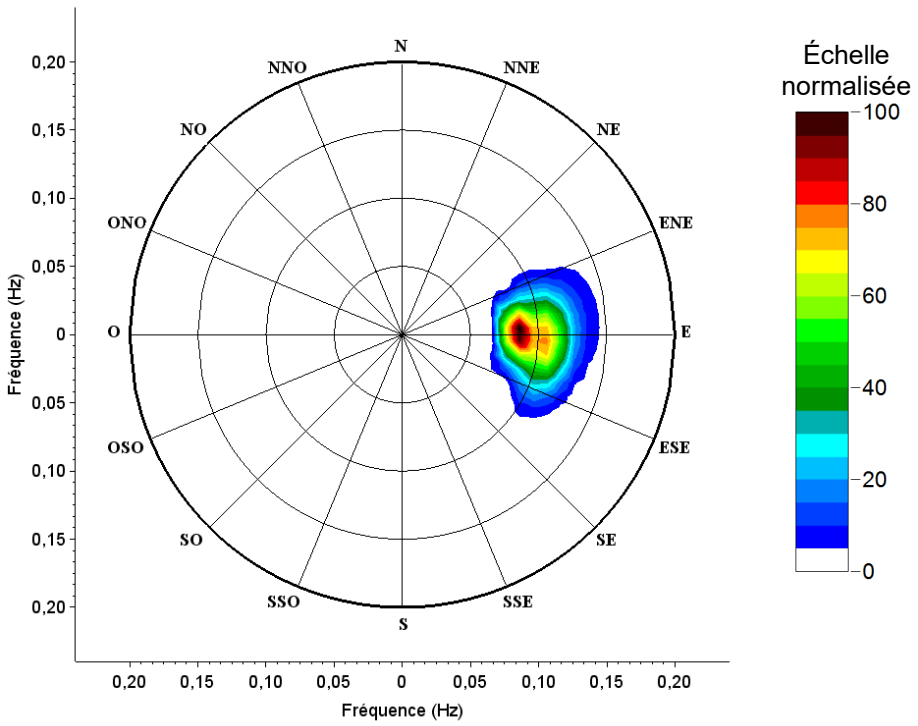
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




**Pic de tempête**

| Pic du | 20/12 1h00 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 4,35 |
| $H_{1/10}$ (m) | 5,50 |
| $H_{max}$ (m) | 8,56 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 10,0 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 10,0 |
| $T_{avd}$ (s) | 7,7 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 10,2 |
| $S_z$ | 1/18 |
| $H_{m0}$ (m) | 4,67 |
| $T_p$ (s) | 10,5 |
| $T_{02}$ (s) | 8,1 |
| $T_e$ (s) | 9,8 |
| $Dir_p$ (°) | 90 |
| $Etal_p$ (°) | 18 |

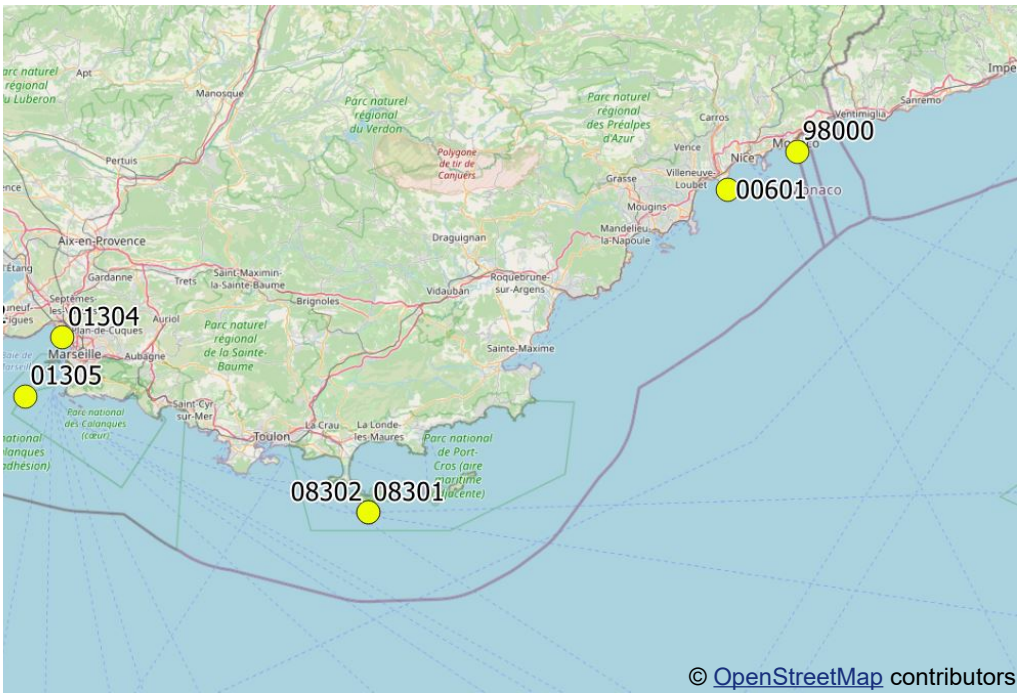
Spectre directionnel de variance



## de Fos-sur-Mer à Menton


| Campagne | Dépt. | Période de mesure | Durée effective | Page |
|---|---|---|---|---|
| **de Fos-sur-Mer à Menton** | | | | **105** |
| 00601 – Nice | 6 | du 04/06/2002 au 07/03/2016 | 9,01 ans | 106 |
| 01304 – Marseille | 13 | du 18/11/2004 au 28/04/2008 | 2,09 ans | 118 |
| 01305 – Le Planier * | 13 | du 18/01/2011 au 31/12/2021 | 9,60 ans | 124 |
| 08301&08302 – Porquerolles * | 83 | du 14/05/1992 au 16/12/2021 | 15,51 ans | 137 |
| 98000 – Monaco * | - | du 29/10/2014 au 14/09/2021 | 6,31 ans | 152 |


* *Campagne de mesures toujours active.*



# CANDHIS : 00601 – Nice

## Informations générales

**Durée d'observation :** 9,01 ans
du 04/06/2002 au 07/03/2016

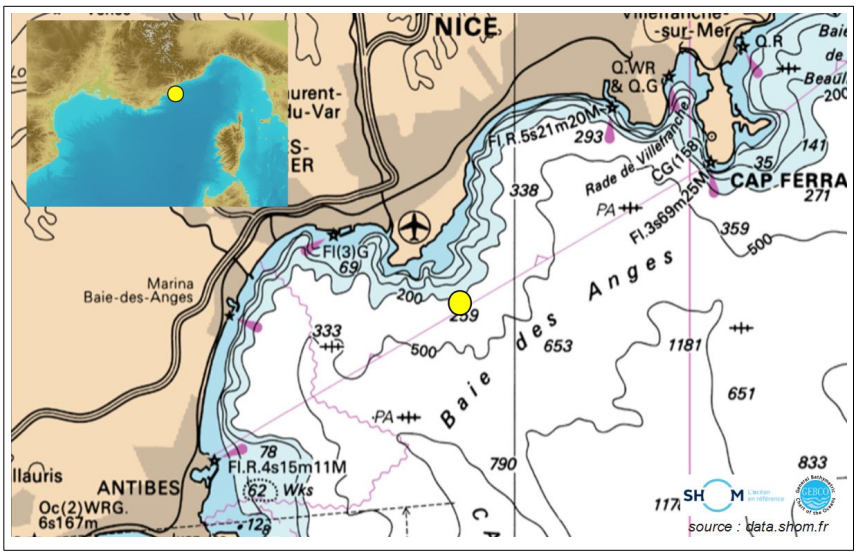
**Latitude :** 43°38,095'N

**Longitude :** 07°13,745'E

**Distance à la côte :** 0,90 mile

**Profondeur :** 270 mètres

**Marnage (VEM) :** -



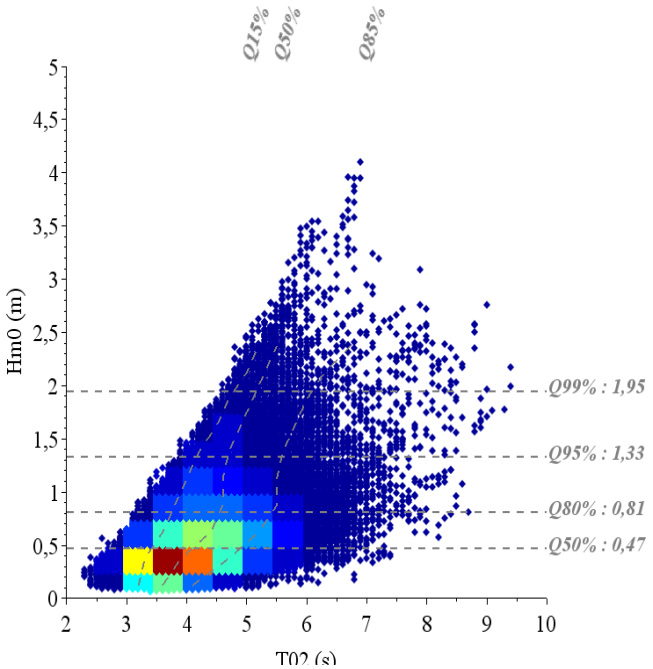

**Taux de disponibilité :**

| | janv. | fév. | mars | avril | mai | juin | juil. | août | sept. | oct. | nov. | déc. | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **2002** | | | | | | 85% | 97% | 88% | 97% | 88% | 100% | 93% | 54% |
| **2003** | 5% | | | | | 81% | 97% | 91% | 89% | 61% | 45% | 97% | 47% |
| **2004** | 96% | 100% | 100% | 100% | 100% | 83% | 97% | 85% | 100% | 95% | 100% | 83% | 95% |
| **2005** | 100% | 96% | 100% | 100% | 88% | 98% | 91% | 100% | 4% | | | | 65% |
| **2006** | | | | | | | | | | | | | |
| **2007** | | | | 44% | 96% | 100% | 100% | 100% | 85% | 97% | 100% | 99% | 68% |
| **2008** | 96% | 96% | 98% | 93% | 100% | 100% | 76% | 100% | 100% | 100% | 81% | 97% | 95% |
| **2009** | 99% | 100% | 76% | | 57% | 97% | 96% | 92% | 95% | 100% | 100% | 97% | 84% |
| **2010** | 91% | 96% | 14% | | 14% | 100% | 100% | 100% | 100% | 97% | 100% | 72% | 74% |
| **2011** | | | | | 87% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 66% |
| **2012** | 100% | 100% | 100% | 100% | 94% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 99% |
| **2013** | 100% | 100% | 100% | 100% | 94% | 100% | 100% | 100% | 98% | 94% | 49% | | 86% |
| **2014** | | 59% | 99% | 100% | 97% | 100% | 23% | | 2% | 85% | 82% | 7% | 54% |
| **2015** | | | | | | | | | | | | | |
| **2016** | 37% | 100% | 19% | | | | | | | | | | 13% |
| **Total** | **48%** | **56%** | **47%** | **42%** | **55%** | **76%** | **72%** | **70%** | **65%** | **68%** | **64%** | **56%** | **60%** |

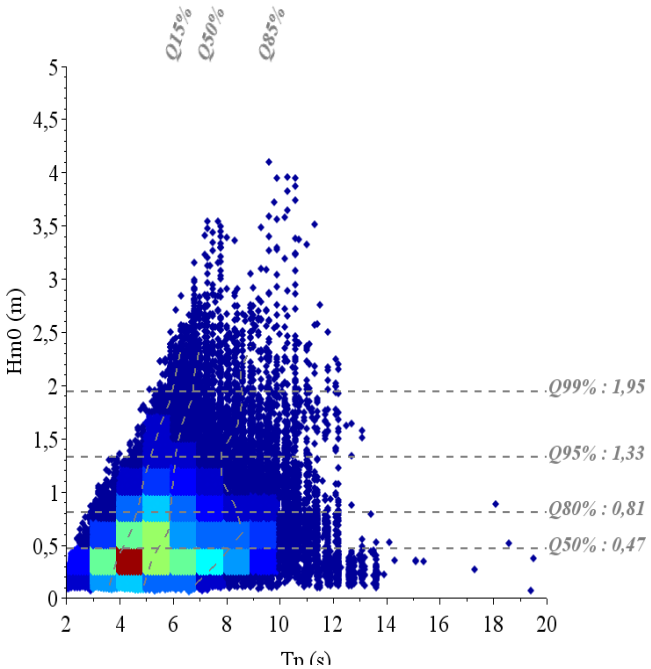
# CANDHIS : 00601 – Nice

**Climatologie moyenne : ANNUELLE (janvier à décembre)**

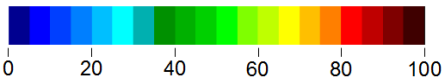
► $H_{m0}$ fonction de $T_{02}$



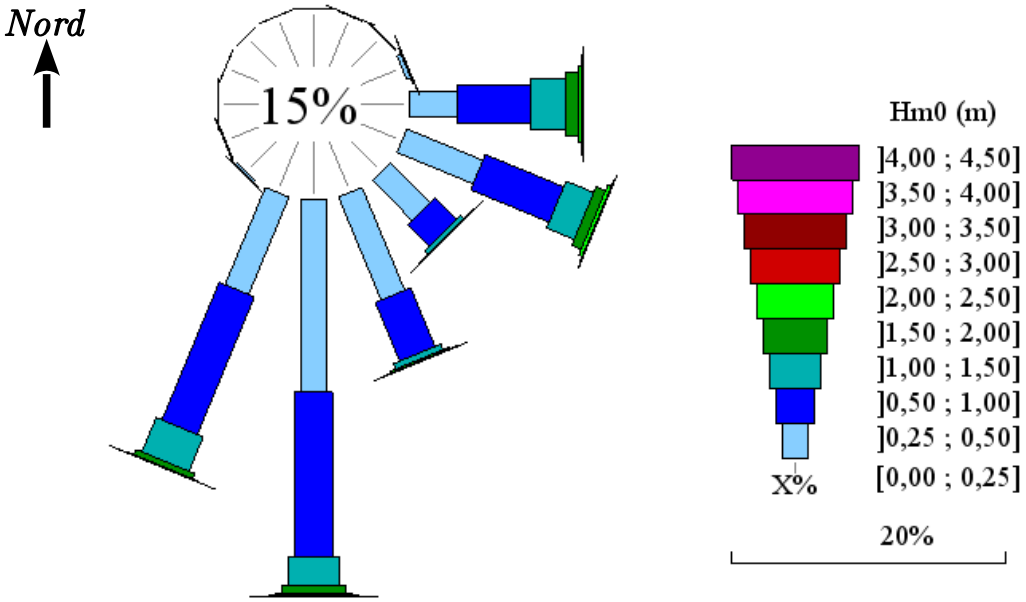

► $H_{m0}$ fonction de $T_p$




Échelle de couleurs normalisée :



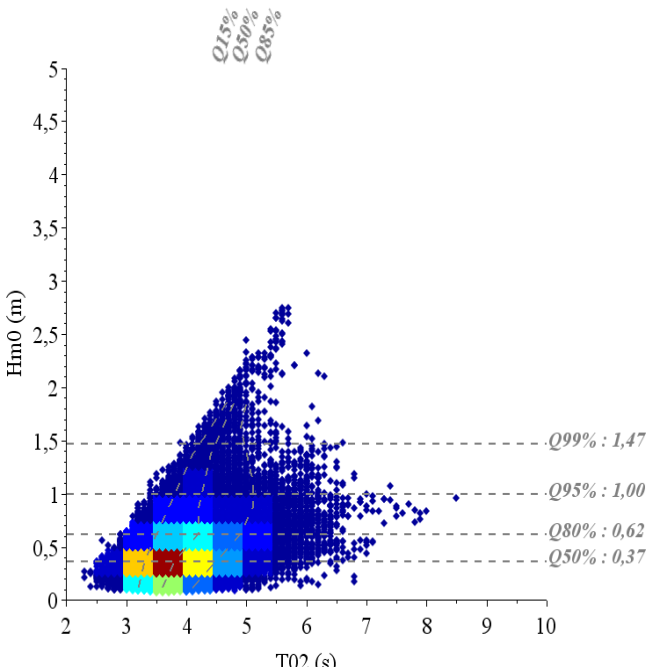

► $H_{m0}$ fonction de $Dir_p$ (rose des houles)



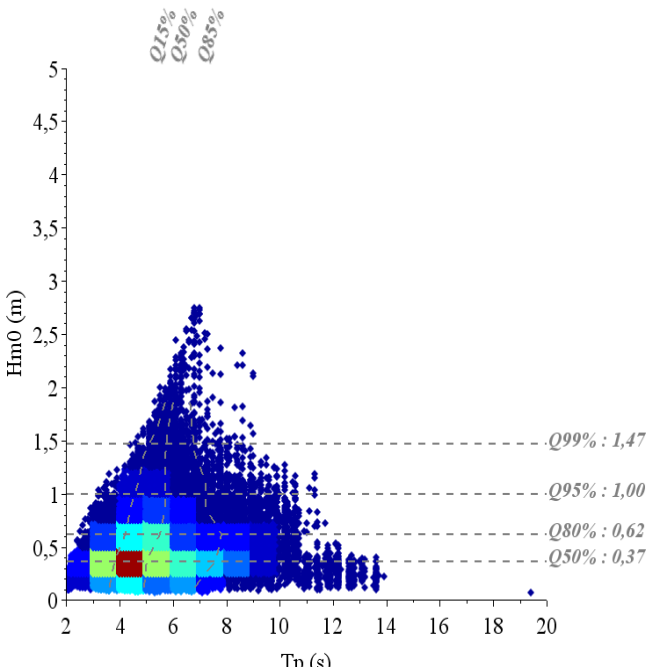
# CANDHIS : 00601 – Nice

**Climatologie moyenne : ESTIVALE (avril à septembre)**

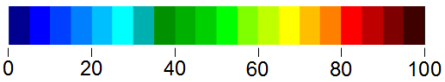
► $H_{m0}$ fonction de $T_{02}$



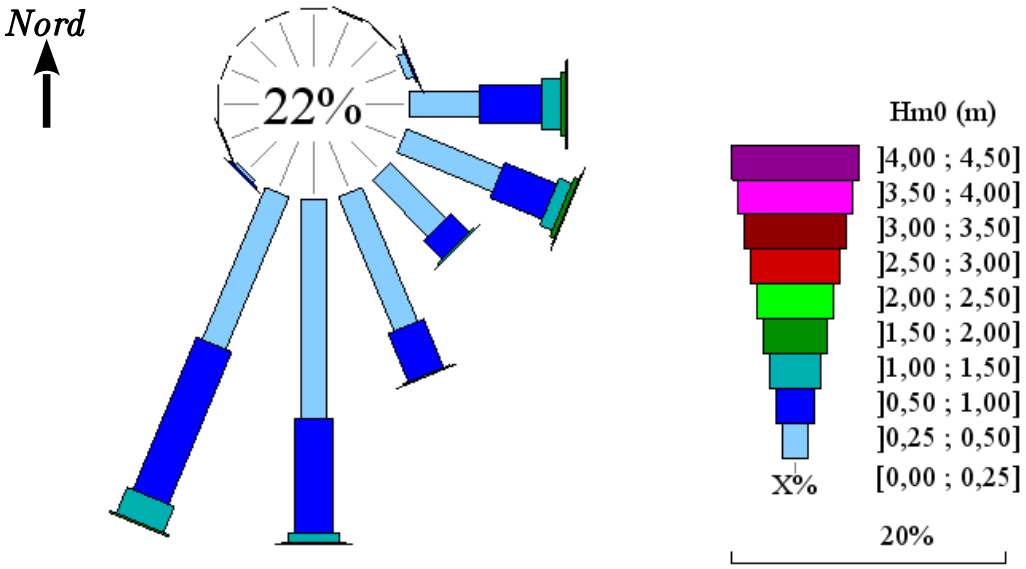

► $H_{m0}$ fonction de $T_p$




Échelle de couleurs normalisée :



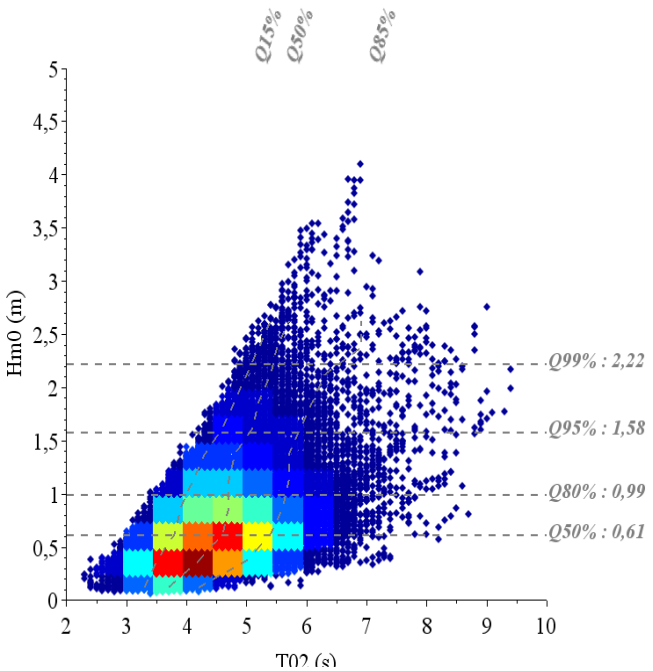

► $H_{m0}$ fonction de $Dir_p$ (rose des houles)



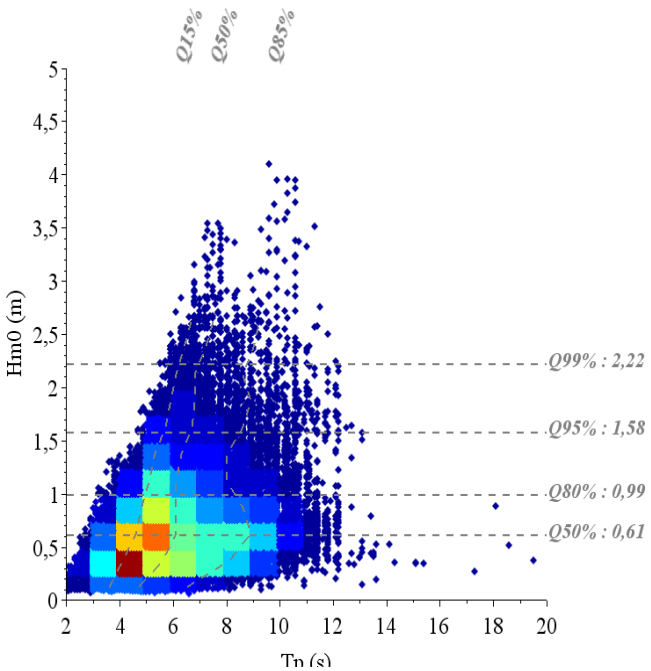
# CANDHIS : 00601 – Nice

**Climatologie moyenne : HIVERNALE**
**(janvier à mars et octobre à décembre)**

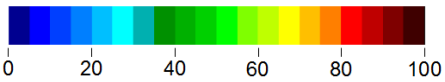
► $H_{m0}$ fonction de $T_{02}$



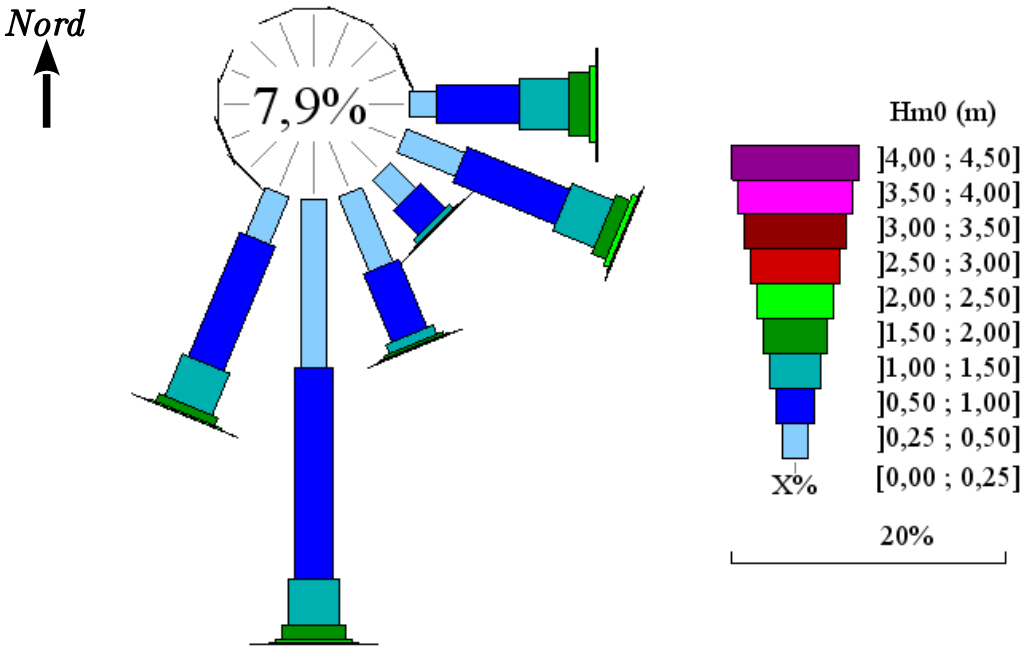

► $H_{m0}$ fonction de $T_p$




Échelle de couleurs normalisée :




► $H_{m0}$ fonction de $Dir_p$ (rose des houles)



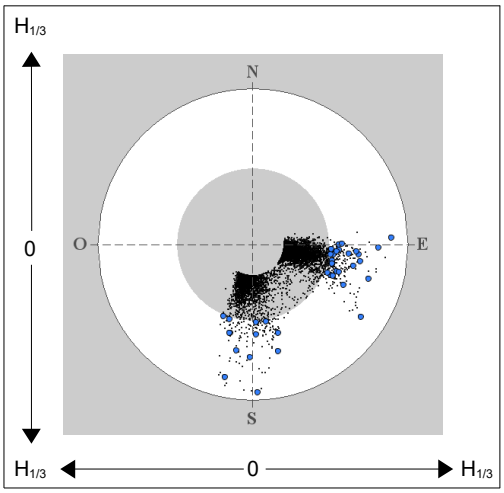
# CANDHIS : 00601 – Nice

## Analyse des valeurs extrêmes de $H_{1/3}$ : DIRECTION DE PROVENANCE 0° à 360°

### Sélection des pics de tempête

| | Seuil (u) | Nb évts/an | Cambrure $H_{1/3}/L_{avd}$ | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | médiane | min. | max. |
| **GPD** | 2,20 m | 4,88 | 1/21 | 1/29 | 1/18 |
| **Loi Exp** | 2,30 m | 3,77 | 1/20 | 1/28 | 1/18 |

### $Dir_p$ aux pics de tempête




### Paramètres des lois d'ajustement

**GPD :** $Pr\{H_{1/3}>h|h>u\}=\left(1+\xi\frac{h-u}{\sigma}\right)^{-1/\xi}$

avec $\sigma$ = 0,433001 et $\xi$ = -0,069259

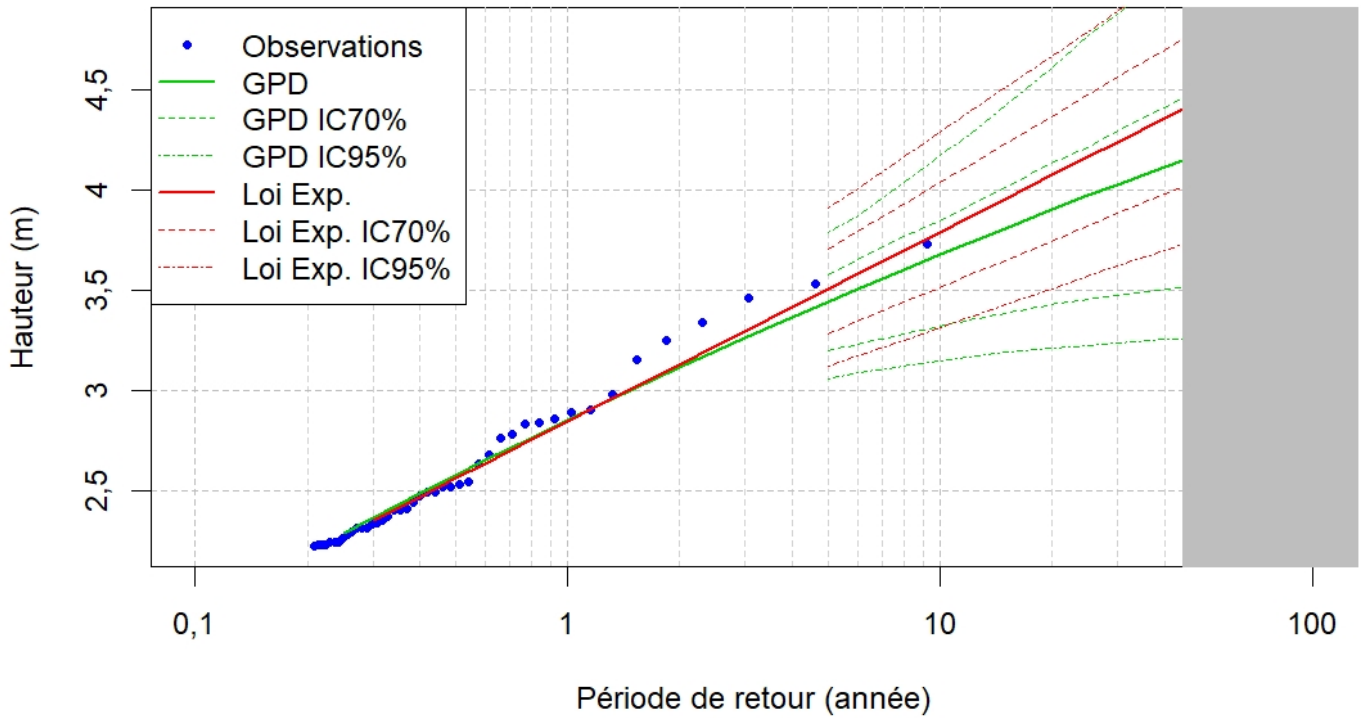
**Loi Exp. :** $Pr\{H_{1/3}>h|h>u\}=\exp[-\rho(h-u)]$

avec $\rho$ = 2,439024

### Niveaux de retour

| Période de retour | $H_{1/3}$ (mètres) | | Int. de Conf. 70% (mètres) | | $T_{avd}$ Int.Conf.70% (secondes) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **GPD** | **Loi Exp.** | **GPD** | **Loi Exp.** | **GPD** | **Loi Exp.** |
| 5 ans | 3,44 | 3,50 | 3,20 à 3,58 | 3,28 à 3,70 | 6,28 à 8,04 | 6,34 à 8,11 |
| 10 ans | 3,68 | 3,79 | 3,32 à 3,85 | 3,51 à 4,04 | 6,49 à 8,31 | 6,59 à 8,43 |
| 20 ans | 3,90 | 4,07 | 3,43 à 4,13 | 3,74 à 4,37 | 6,69 à 8,56 | 6,84 à 8,75 |

### Ajustement statistique :



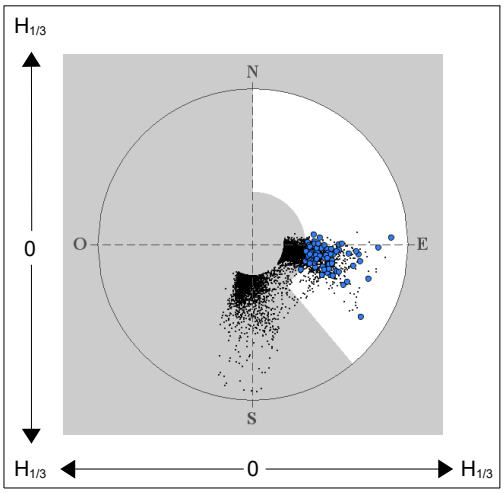
# CANDHIS : 00601 – Nice

## Analyse des valeurs extrêmes de $H_{1/3}$ : DIRECTION DE PROVENANCE 0° à 140°

### Sélection des pics de tempête

| | Seuil (u) | Nb évts/an | Cambrure $H_{1/3}/L_{avd}$ | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | médiane | min. | max. |
| **GPD** | 1,75 m | 9,10 | 1/20 | 1/23 | 1/18 |
| **Loi Exp** | 1,70 m | 10,21 | 1/21 | 1/23 | 1/18 |

### $Dir_p$ aux pics de tempête




### Paramètres des lois d'ajustement

**GPD :** $Pr\{H_{1/3}>h|h>u\}=\left(1+\xi\frac{h-u}{\sigma}\right)^{-1/\xi}$

avec σ = 0,487450 et ξ = -0,129638

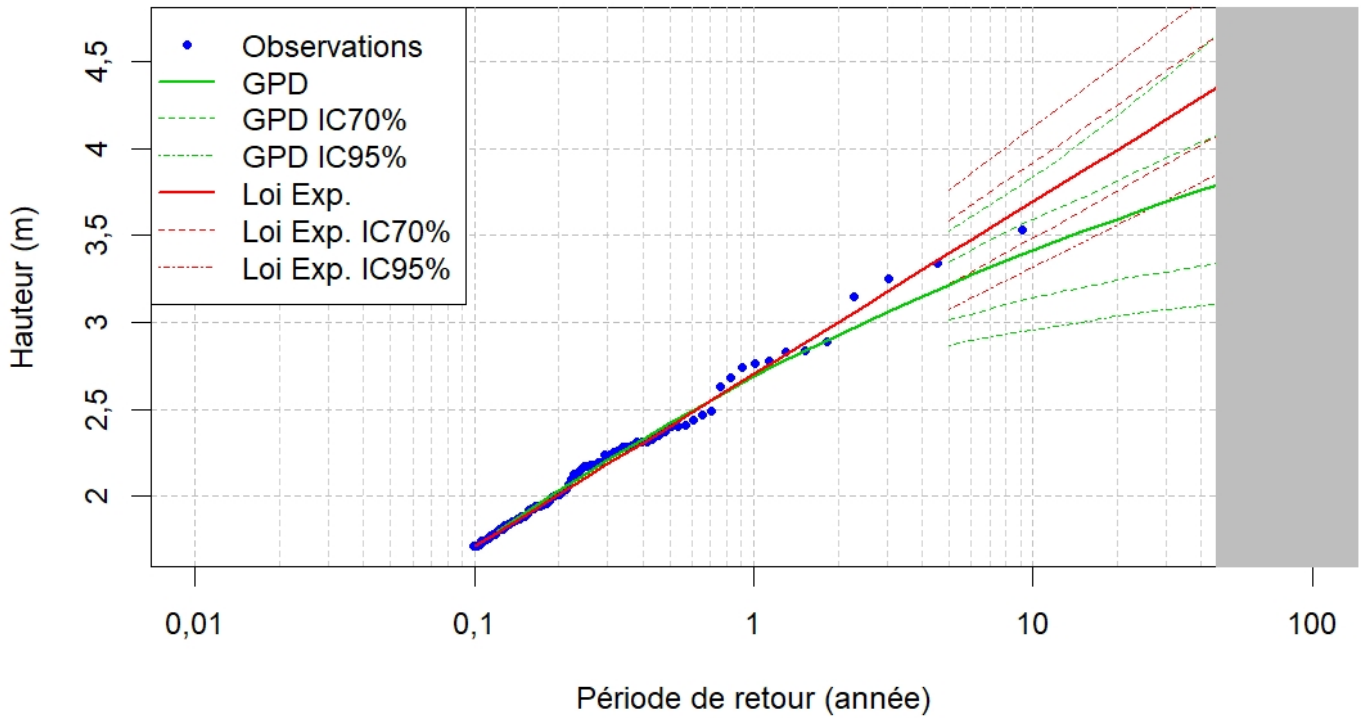
**Loi Exp. :** $Pr\{H_{1/3}>h|h>u\}=\exp[-\rho(h-u)]$

avec ρ = 2,317964

### Niveaux de retour

| Période de retour | $H_{1/3}$ (mètres) | | Int. de Conf. 70% (mètres) | | $T_{avd}$ Int.Conf.70% (secondes) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **GPD** | **Loi Exp.** | **GPD** | **Loi Exp.** | **GPD** | **Loi Exp.** |
| 5 ans | 3,22 | 3,40 | 3,01 à 3,35 | 3,22 à 3,59 | 6,12 à 6,93 | 6,29 à 7,12 |
| 10 ans | 3,41 | 3,70 | 3,14 à 3,59 | 3,49 à 3,92 | 6,30 à 7,14 | 6,56 à 7,43 |
| 20 ans | 3,59 | 3,99 | 3,24 à 3,81 | 3,75 à 4,25 | 6,47 à 7,33 | 6,82 à 7,72 |

### Ajustement statistique :



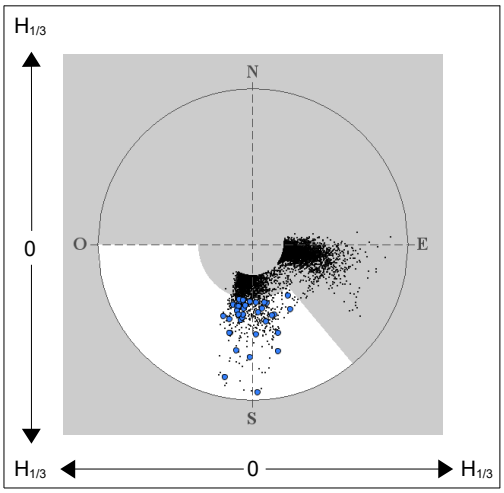
# CANDHIS : 00601 – Nice

## Analyse des valeurs extrêmes de $H_{1/3}$ : DIRECTION DE PROVENANCE 140° à 270°

### Sélection des pics de tempête

| | Seuil (u) | Nb évts/an | Cambrure $H_{1/3}/L_{avd}$ | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | médiane | min. | max. |
| **GPD** | 1,75 m | 4,44 | 1/27 | 1/39 | 1/21 |
| **Loi Exp** | 1,75 m | 4,44 | 1/27 | 1/39 | 1/21 |

### $Dir_p$ aux pics de tempête




### Paramètres des lois d'ajustement

**GPD :** $Pr\{H_{1/3}>h|h>u\}=\left(1+\xi\frac{h-u}{\sigma}\right)^{-1/\xi}$

avec $\sigma$ = 0,504865 et $\xi$ = -0,070486

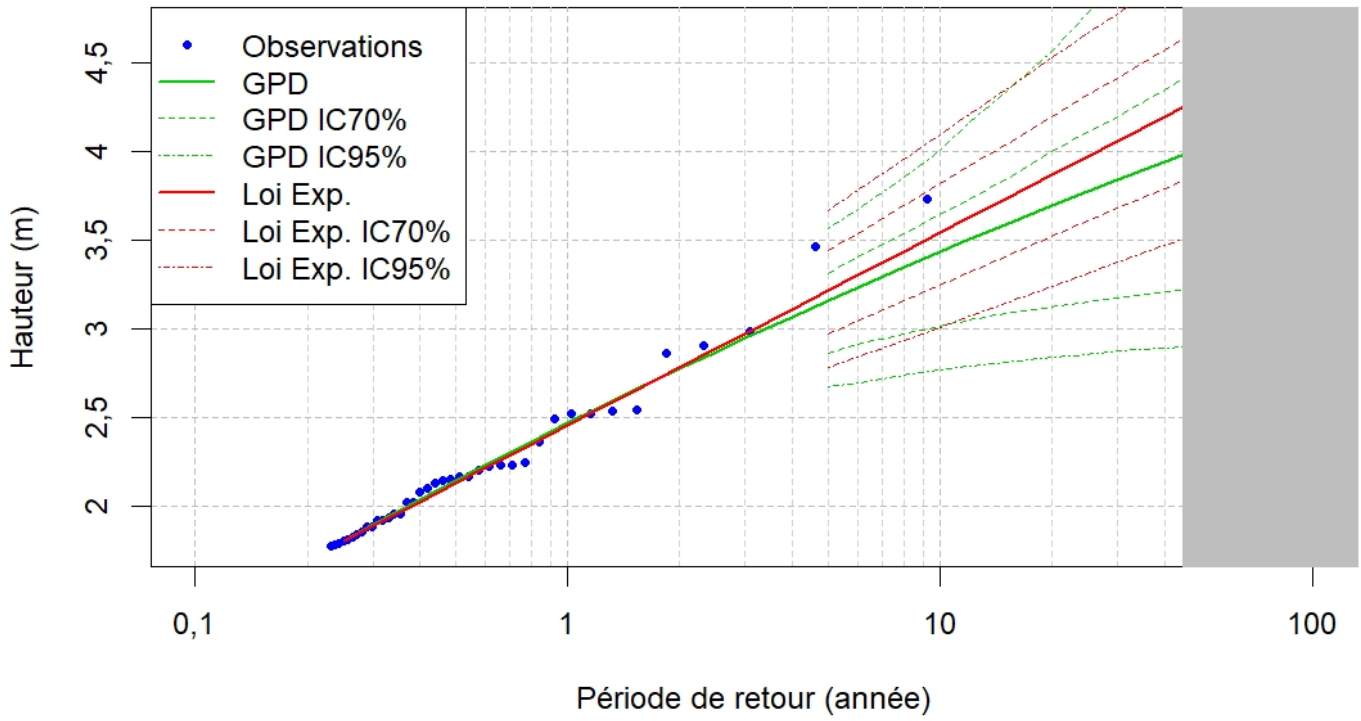
**Loi Exp. :** $Pr\{H_{1/3}>h|h>u\}=\exp[-\rho(h-u)]$

avec $\rho$ = 2,120891

### Niveaux de retour

| Période de retour | $H_{1/3}$ (mètres) | | Int. de Conf. 70% (mètres) | | $T_{avd}$ Int.Conf.70% (secondes) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **GPD** | **Loi Exp.** | **GPD** | **Loi Exp.** | **GPD** | **Loi Exp.** |
| 5 ans | 3,16 | 3,21 | 2,86 à 3,31 | 2,97 à 3,44 | 6,57 à 8,91 | 6,63 à 8,98 |
| 10 ans | 3,43 | 3,54 | 3,01 à 3,64 | 3,24 à 3,81 | 6,85 à 9,28 | 6,96 à 9,43 |
| 20 ans | 3,69 | 3,87 | 3,12 à 4,00 | 3,52 à 4,19 | 7,10 à 9,63 | 7,27 à 9,86 |

### Ajustement statistique :



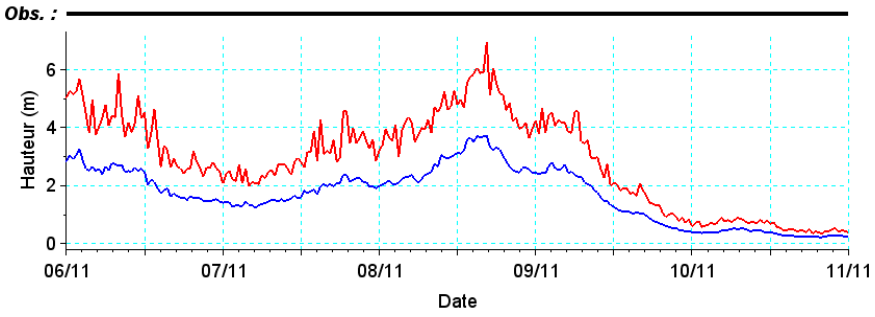
# CANDHIS : 00601 – Nice

## Sélection des événements remarquables

### Tempête du 08/11/11

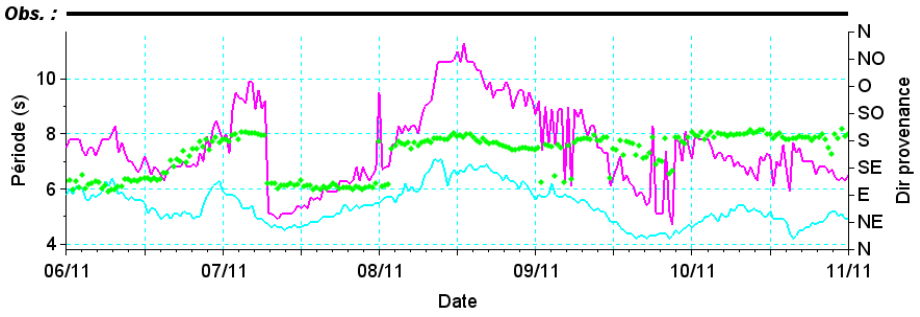
### Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




### Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$

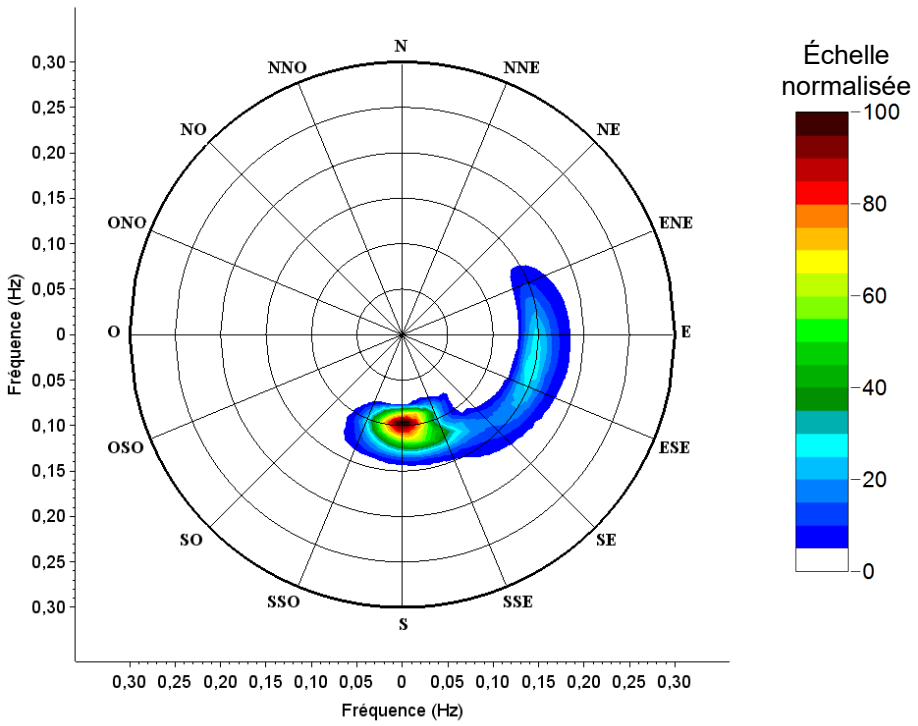
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




### Pic de tempête

| Pic du | 08/11 16h30 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 3,73 |
| $H_{1/10}$ (m) | 4,72 |
| $H_{max}$ (m) | 6,95 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 8,1 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 8,4 |
| $T_{avd}$ (s) | 7,0 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 8,9 |
| $S_z$ | 1/16 |
| $H_{m0}$ (m) | 4,10 |
| $T_p$ (s) | 9,6 |
| $T_{02}$ (s) | 6,9 |
| $T_e$ (s) | 8,1 |
| $Dir_p$ (°) | 179 |
| $Etal_p$ (°) | 31 |

### Spectre directionnel de variance



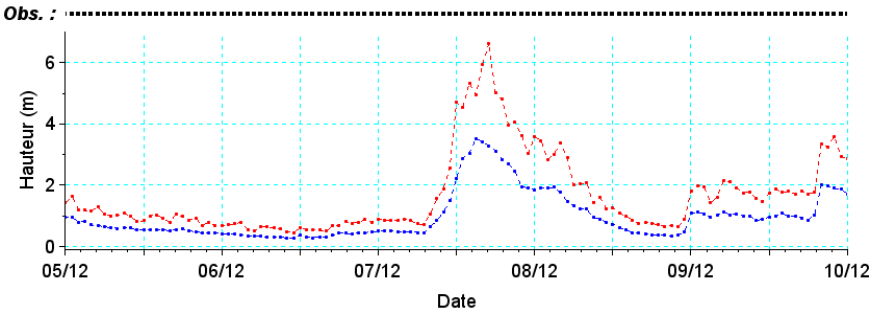
# CANDHIS : 00601 – Nice

## Sélection des événements remarquables

### Tempête du 07/12/03

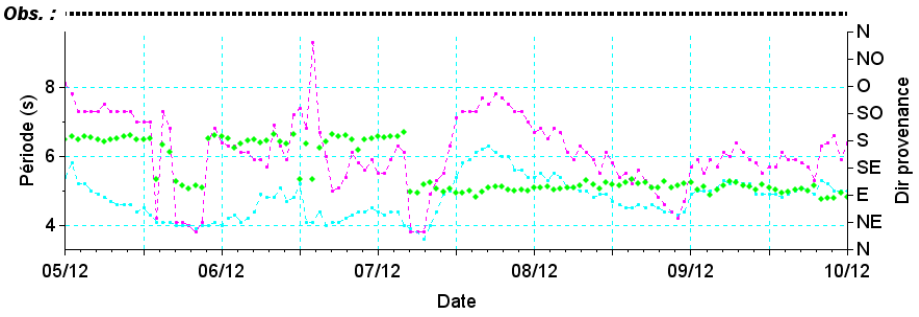
**Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$**

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




**Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$**

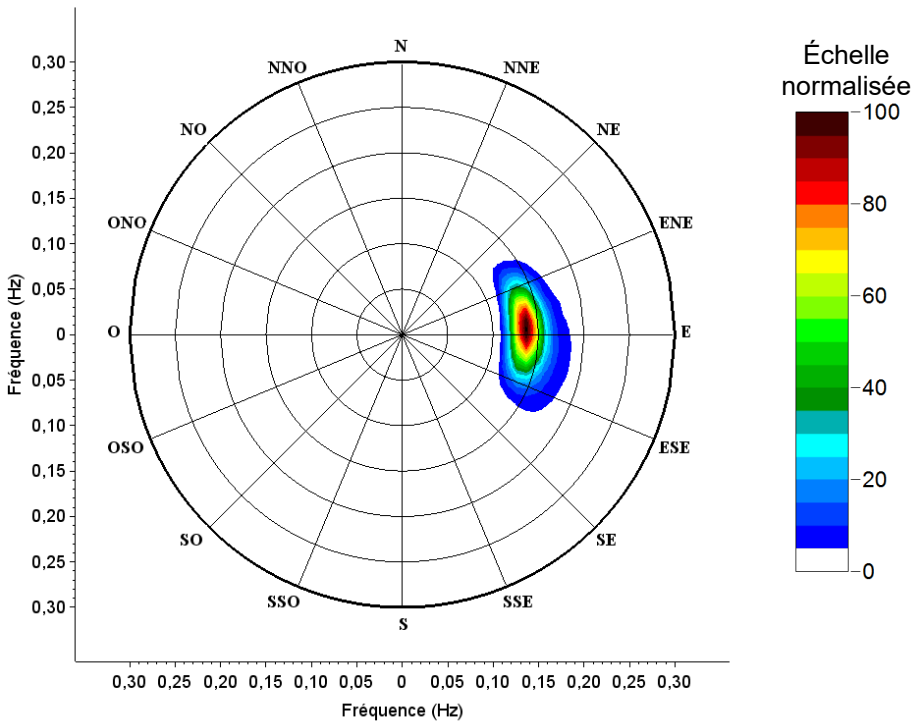
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




**Pic de tempête**

| Pic du | 07/12 15h00 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 3,53 |
| $H_{1/10}$ (m) | 4,32 |
| $H_{max}$ (m) | 4,94 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 7,0 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 6,9 |
| $T_{avd}$ (s) | 6,3 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 6,5 |
| $S_z$ | 1/17 |
| $H_{m0}$ (m) | 3,54 |
| $T_p$ (s) | 7,3 |
| $T_{02}$ (s) | 6,1 |
| $T_e$ (s) | 6,8 |
| $Dir_p$ (°) | 87 |
| $Etal_p$ (°) | 18 |

Spectre directionnel de variance



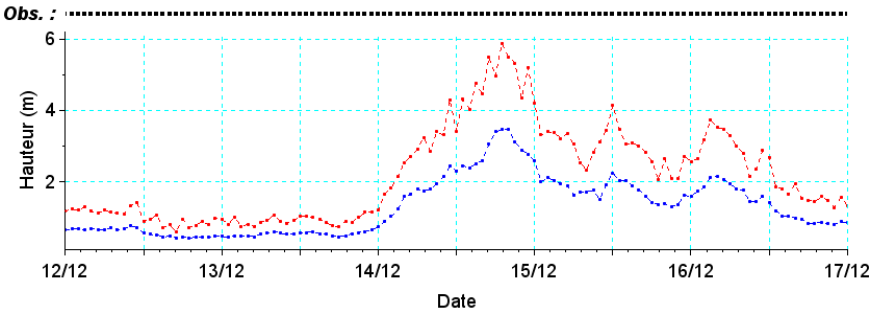
# CANDHIS : 00601 – Nice

## Sélection des événements remarquables

### Tempête du 14/12/08

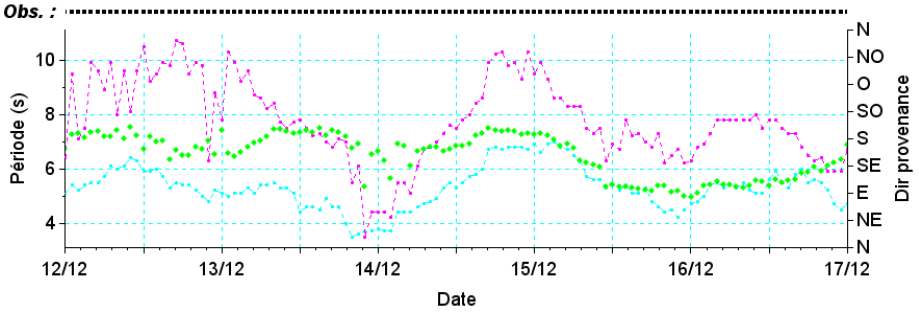
### Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




### Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$

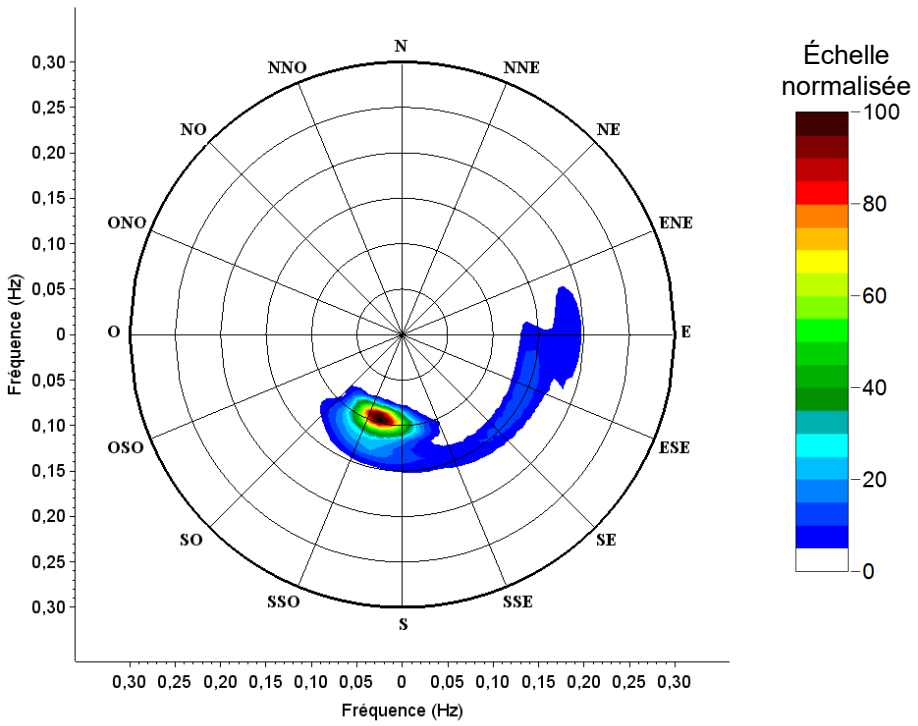
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




### Pic de tempête

| Pic du | 14/12 19h00 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 3,46 |
| $H_{1/10}$ (m) | 4,35 |
| $H_{max}$ (m) | 5,88 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 8,6 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 8,1 |
| $T_{avd}$ (s) | 6,7 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 7,7 |
| $S_z$ | 1/16 |
| $H_{m0}$ (m) | 3,64 |
| $T_p$ (s) | 10,3 |
| $T_{02}$ (s) | 6,7 |
| $T_e$ (s) | 8,3 |
| $Dir_p$ (°) | 192 |
| $Etal_p$ (°) | 23 |

### Spectre directionnel de variance



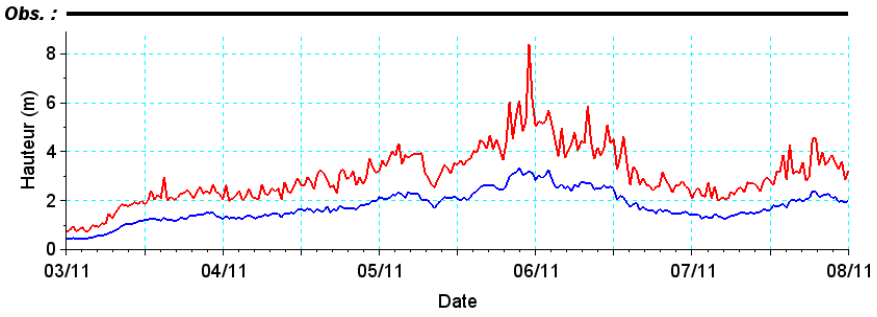
# CANDHIS : 00601 – Nice

## Sélection des événements remarquables

### Tempête du 05/11/11

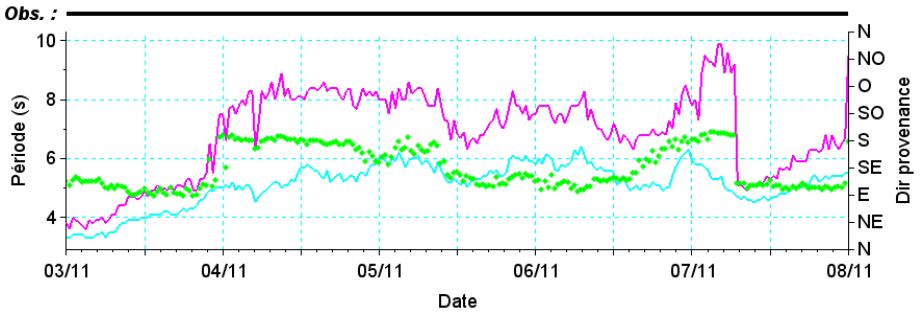
### Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




### Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$

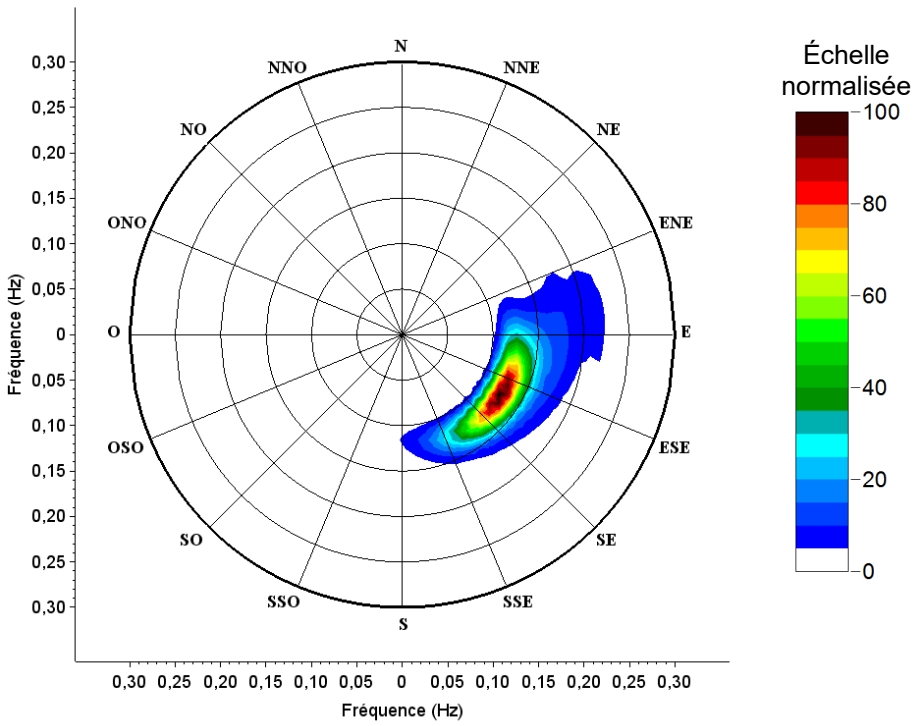
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




### Pic de tempête

| Pic du | 05/11 21h30 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 3,34 |
| $H_{1/10}$ (m) | 4,03 |
| $H_{max}$ (m) | 6,09 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 7,5 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 7,5 |
| $T_{avd}$ (s) | 6,2 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 7,2 |
| $S_z$ | 1/16 |
| $H_{m0}$ (m) | 3,49 |
| $T_p$ (s) | 7,8 |
| $T_{02}$ (s) | 6,0 |
| $T_e$ (s) | 7,1 |
| $Dir_p$ (°) | 124 |
| $Etal_p$ (°) | 28 |

### Spectre directionnel de variance



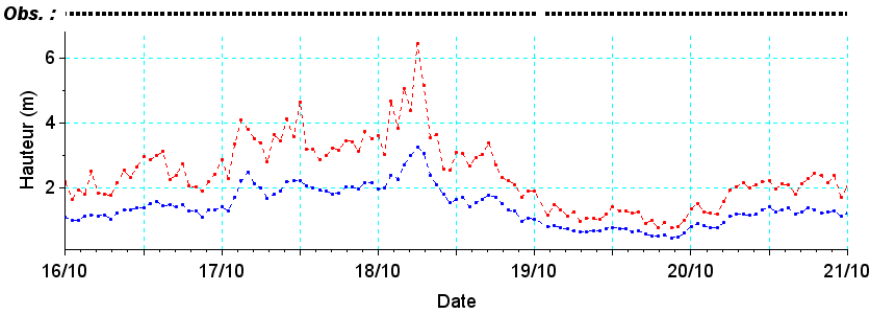
# CANDHIS : 00601 – Nice

## Sélection des événements remarquables

### Tempête du 18/10/03

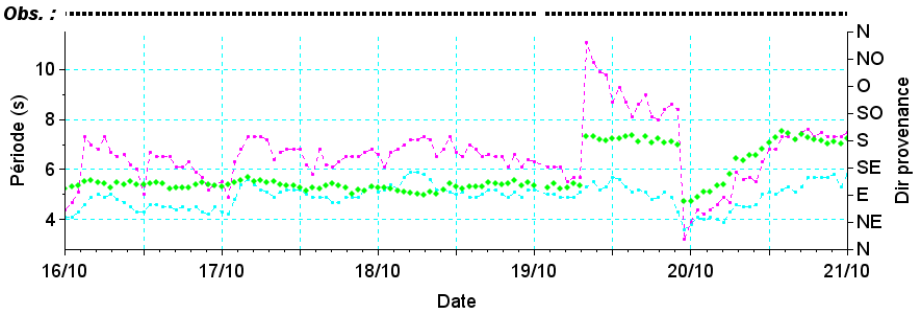
**Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$**

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




**Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$**

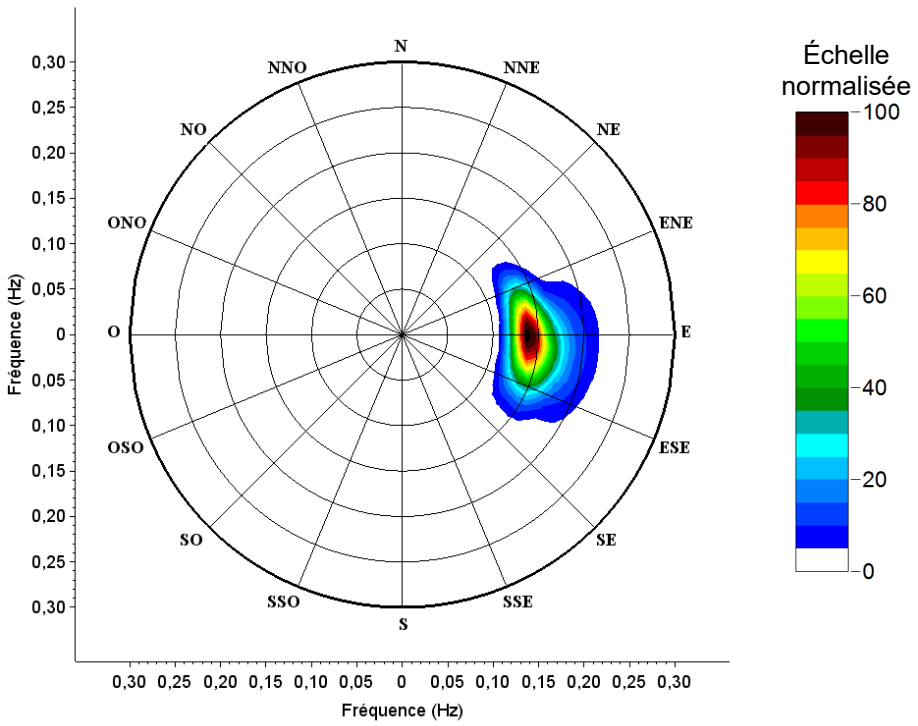
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




**Pic de tempête**

| Pic du | 18/10 6h00 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 3,25 |
| $H_{1/10}$ (m) | 4,12 |
| $H_{max}$ (m) | 6,43 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 6,7 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 6,8 |
| $T_{avd}$ (s) | 6,1 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 7,2 |
| $S_z$ | 1/14 |
| $H_{m0}$ (m) | 3,41 |
| $T_p$ (s) | 7,2 |
| $T_{02}$ (s) | 5,9 |
| $T_e$ (s) | 6,7 |
| $Dir_p$ (°) | 91 |
| $Etal_p$ (°) | 19 |

Spectre directionnel de variance



# CANDHIS : 01304 – Marseille

## Informations générales

**Durée d'observation :** 2,09 ans
du 18/11/2004 au 28/04/2008

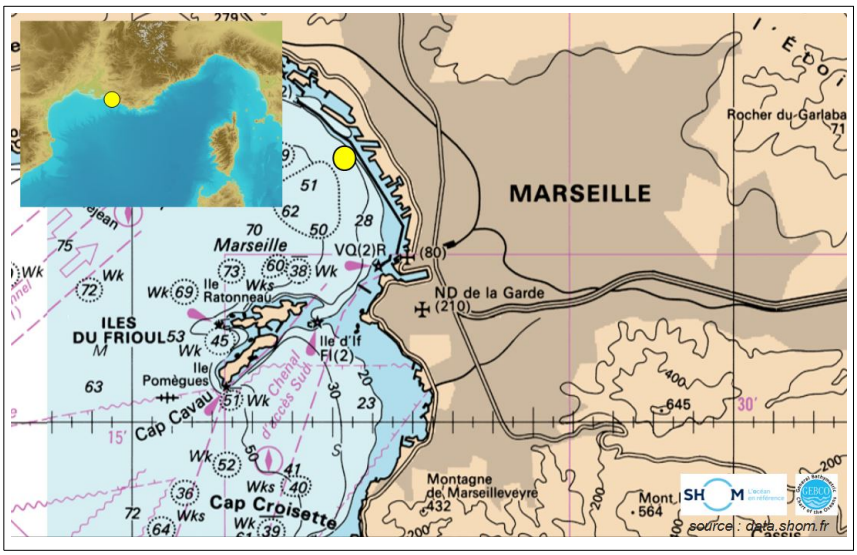
**Latitude :** 43°19,800'N

**Longitude :** 05°20,200'E

**Distance à la côte :** 0,30 mile

**Profondeur :** 42 mètres

**Marnage (VEM) :** -



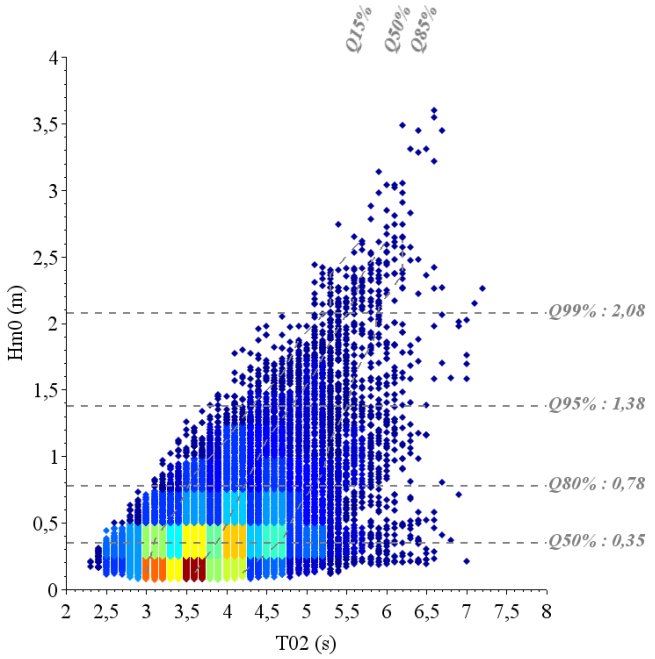

**Taux de disponibilité :**

| | janv. | fév. | mars | avril | mai | juin | juil. | août | sept. | oct. | nov. | déc. | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **2004** | | | | | | | | | | | 6% | 38% | 4% |
| **2005** | 78% | 100% | 99% | 100% | 81% | 92% | 95% | 37% | 81% | 87% | 88% | 87% | 85% |
| **2006** | 92% | 39% | | | | | | | | | | | 11% |
| **2007** | | 34% | 99% | 88% | 96% | 85% | 97% | 86% | 99% | 100% | 83% | 83% | 79% |
| **2008** | 85% | 90% | 100% | 79% | | | | | | | | | 29% |
| **Total** | **51%** | **53%** | **60%** | **53%** | **35%** | **35%** | **38%** | **25%** | **36%** | **37%** | **35%** | **42%** | **42%** |

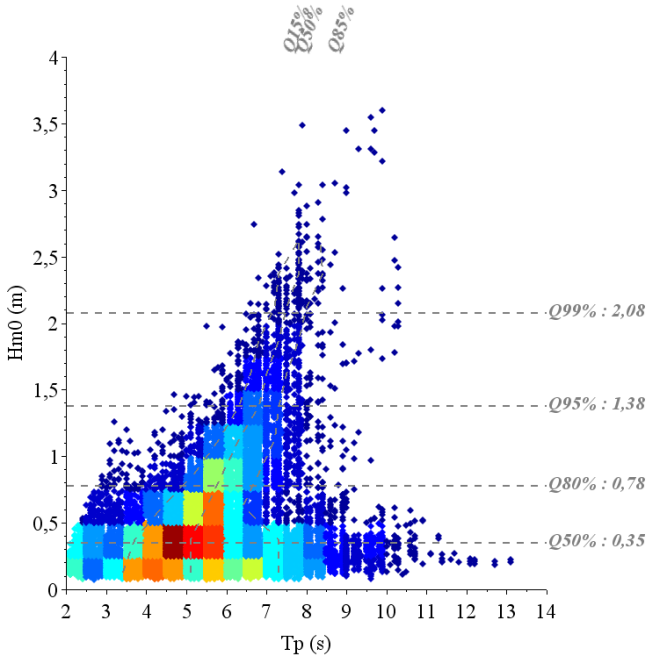
# CANDHIS : 01304 – Marseille

**Climatologie moyenne : ANNUELLE (janvier à décembre)**

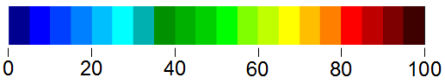
► $H_{m0}$ fonction de $T_{02}$



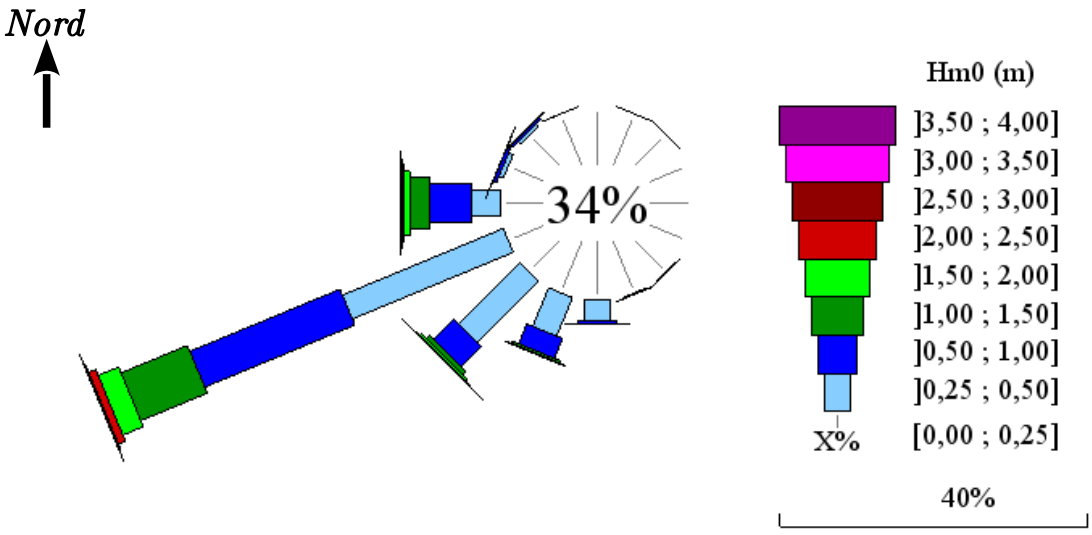

► $H_{m0}$ fonction de $T_p$




Échelle de couleurs normalisée :



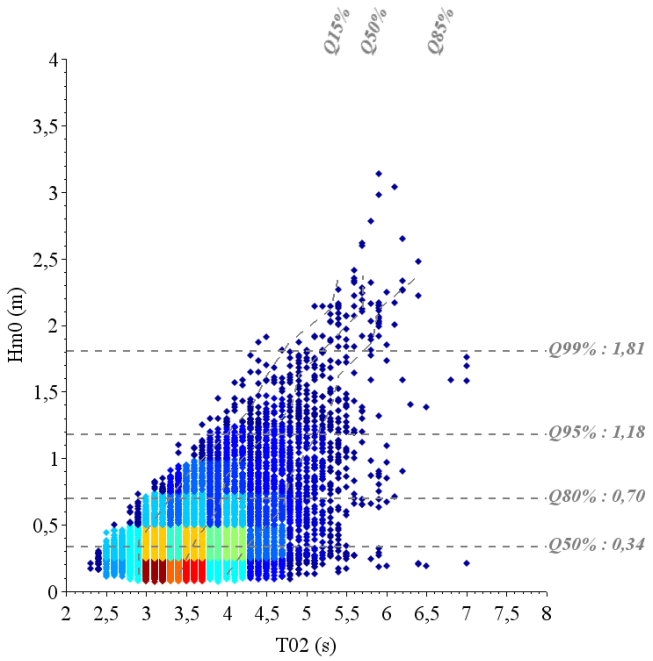

► $H_{m0}$ fonction de $Dir_p$ (rose des houles)



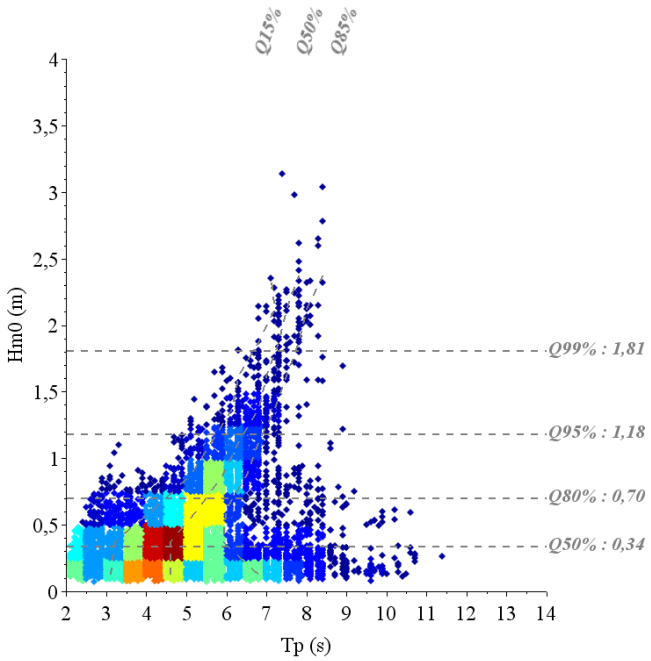
# CANDHIS : 01304 – Marseille

**Climatologie moyenne : ESTIVALE (avril à septembre)**

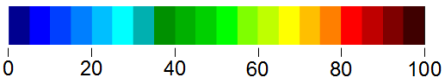
► $H_{m0}$ fonction de $T_{02}$



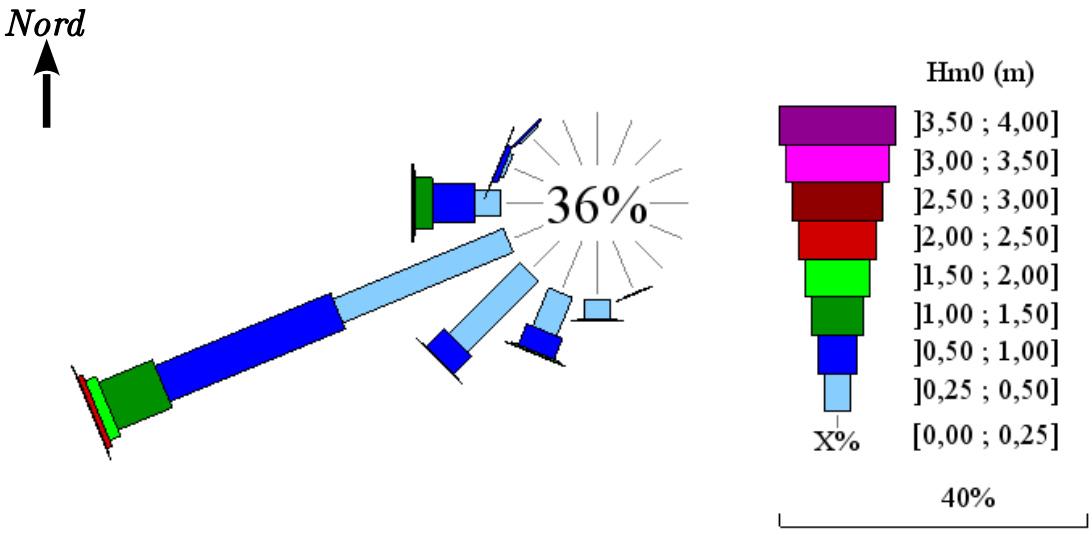

► $H_{m0}$ fonction de $T_p$




Échelle de couleurs normalisée :



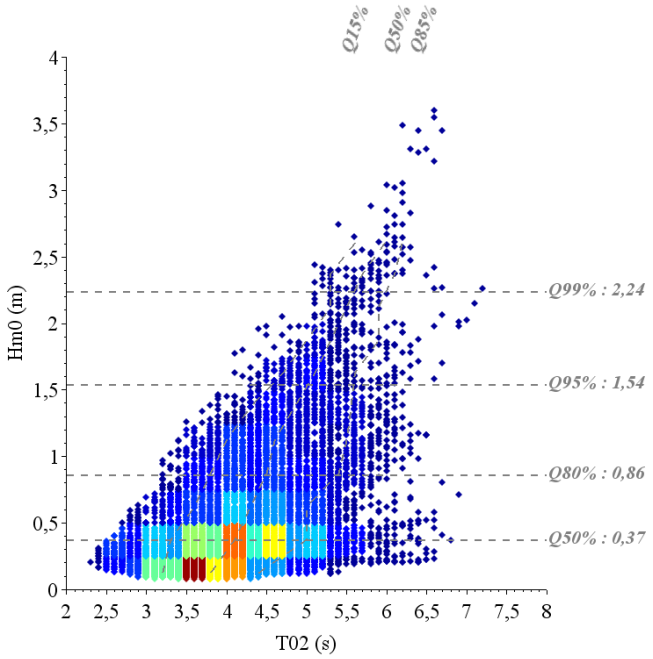

► $H_{m0}$ fonction de $Dir_p$ (rose des houles)



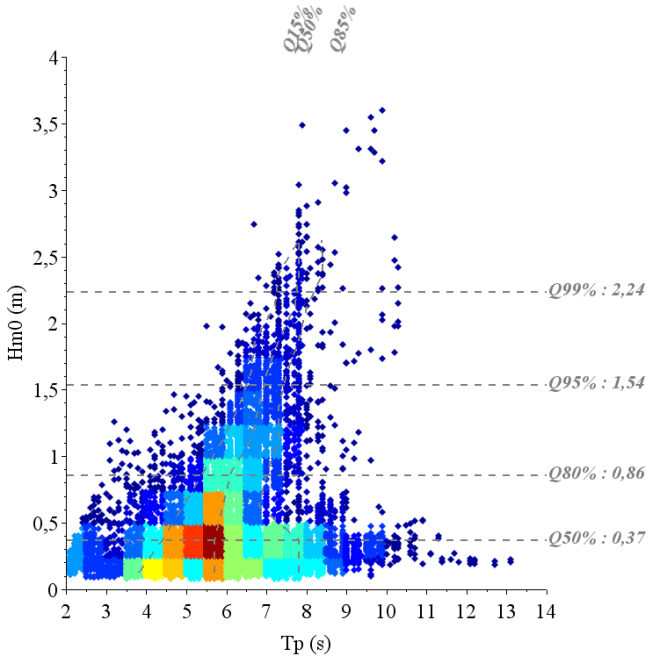
# CANDHIS : 01304 – Marseille

**Climatologie moyenne : HIVERNALE**
**(janvier à mars et octobre à décembre)**

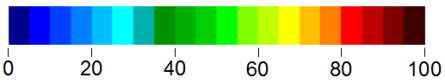
► $H_{m0}$ fonction de $T_{02}$



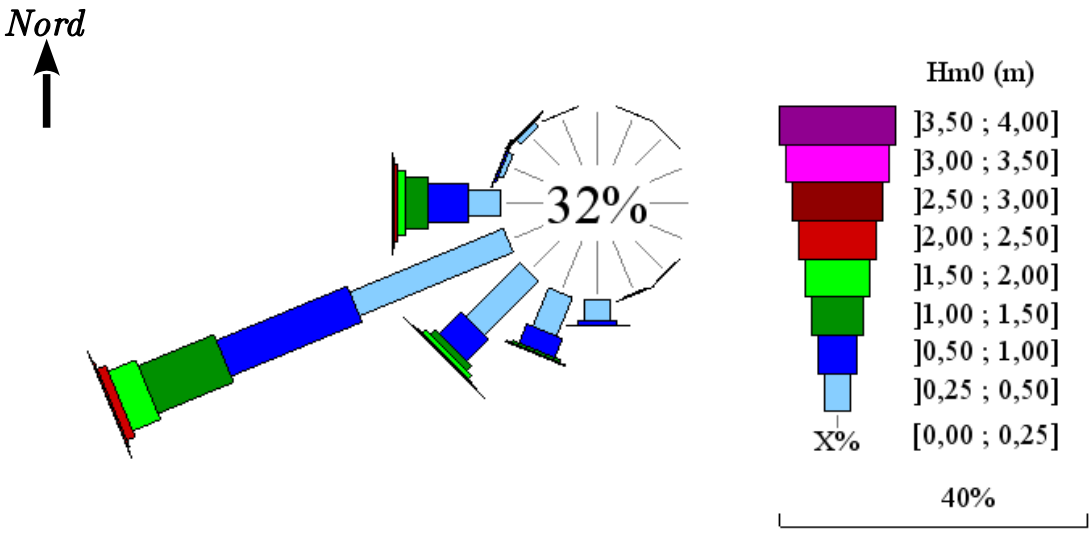

► $H_{m0}$ fonction de $T_p$




Échelle de couleurs normalisée :




► $H_{m0}$ fonction de $Dir_p$ (rose des houles)



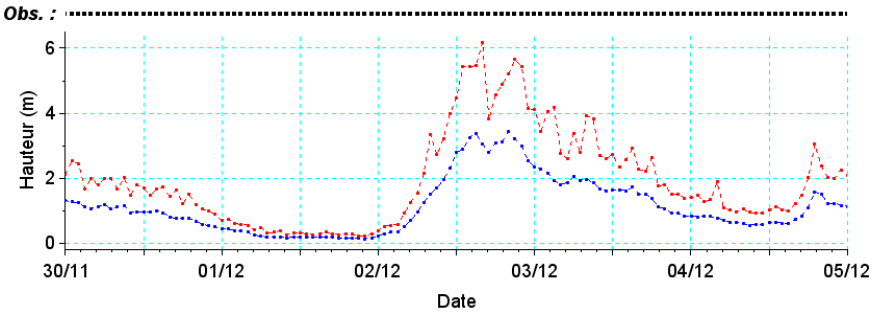
# CANDHIS : 01304 – Marseille

## Sélection des événements remarquables

### Tempête du 02/12/05

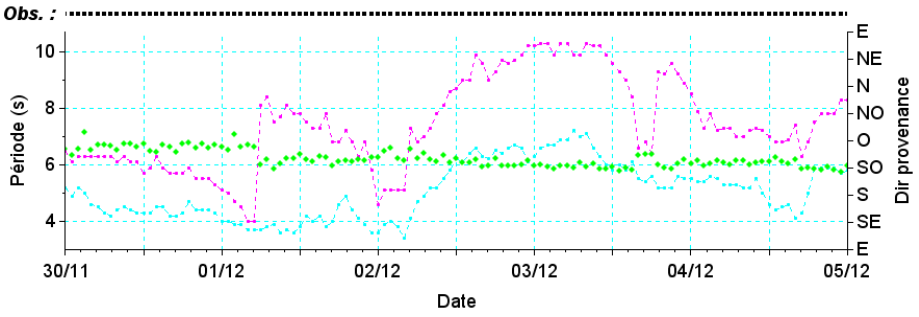
**Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$**

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




**Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$**

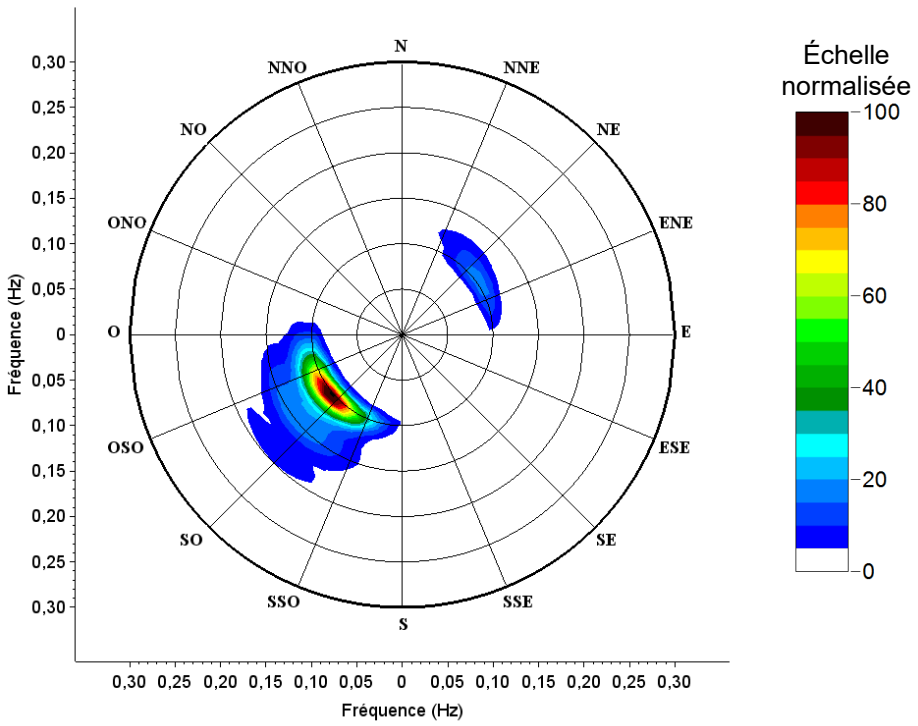
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




**Pic de tempête**

| Pic du | 02/12 20h00 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 3,44 |
| $H_{1/10}$ (m) | 4,23 |
| $H_{max}$ (m) | 5,21 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 8,6 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 8,1 |
| $T_{avd}$ (s) | 6,9 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 9,0 |
| $S_z$ | 1/15 |
| $H_{m0}$ (m) | 3,55 |
| $T_p$ (s) | 9,6 |
| $T_{02}$ (s) | 6,6 |
| $T_e$ (s) | 8,1 |
| $Dir_p$ (°) | 228 |
| $Etal_p$ (°) | 52 |

Spectre directionnel de variance



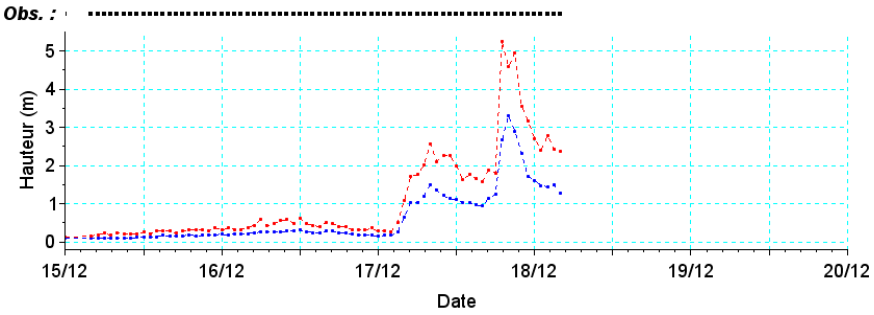
# CANDHIS : 01304 – Marseille

## Sélection des événements remarquables

Tempête du 17/12/04

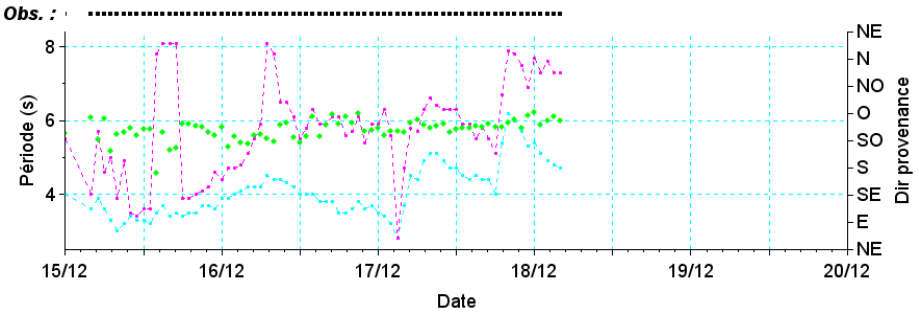
### Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




### Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$

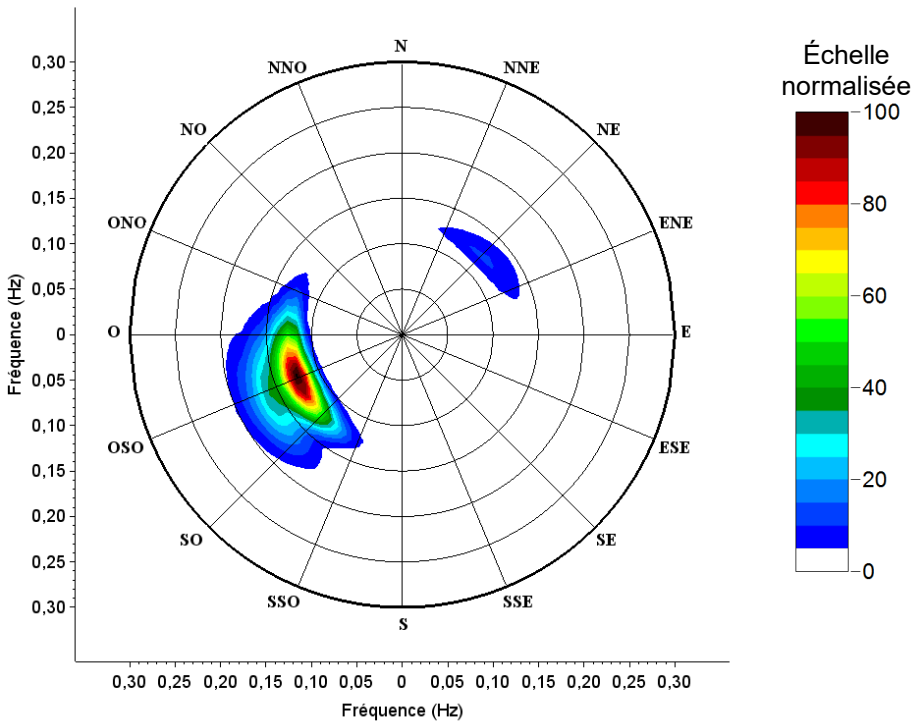
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




### Pic de tempête

| Pic du | 17/12 20h00 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 3,30 |
| $H_{1/10}$ (m) | 3,92 |
| $H_{max}$ (m) | 4,59 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 7,2 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 7,5 |
| $T_{avd}$ (s) | 6,3 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 8,4 |
| $S_z$ | 1/17 |
| $H_{m0}$ (m) | 3,49 |
| $T_p$ (s) | 7,9 |
| $T_{02}$ (s) | 6,2 |
| $T_e$ (s) | 7,1 |
| $Dir_p$ (°) | 255 |
| $Etal_p$ (°) | 45 |

### Spectre directionnel de variance



# CANDHIS : 01305 – Le Planier

## Informations générales

**Durée d'observation :** 9,60 ans
du 18/01/11 au 31/12/21

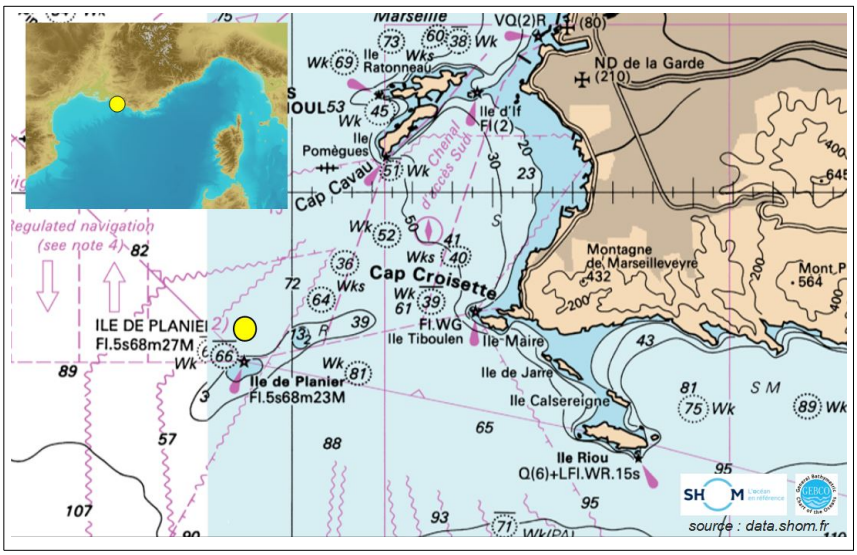
**Latitude :** 43°12,500'N

**Longitude :** 05°13,800'E

**Distance à la côte :** 4,6 milles

**Profondeur :** 70 mètres

**Marnage (VEM) :** -



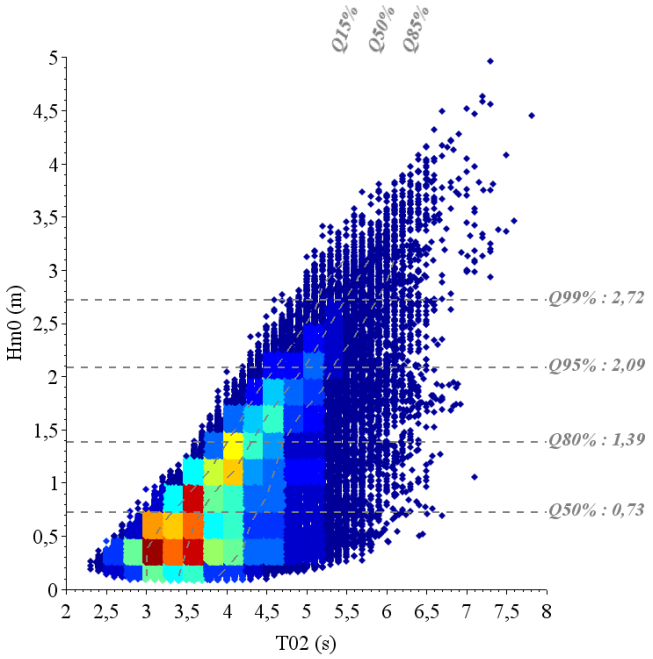

**Taux de disponibilité :**

| | janv. | fév. | mars | avril | mai | juin | juil. | août | sept. | oct. | nov. | déc. | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **2011** | 44% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 54% | 100% | 91% |
| **2012** | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 93% | 85% | 41% | 93% |
| **2013** | 95% | 100% | 97% | 100% | 98% | 87% | 100% | 100% | 100% | 98% | 98% | 100% | 98% |
| **2014** | 99% | 100% | 99% | 99% | 99% | 100% | 96% | 100% | 98% | 97% | 100% | 99% | 99% |
| **2015** | 100% | 100% | 99% | 100% | 99% | 85% | 96% | 94% | 94% | 95% | 100% | 11% | 89% |
| **2016** | | | | 29% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 69% |
| **2017** | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 71% | 60% | 94% |
| **2018** | 100% | 100% | 100% | 100% | 98% | | | | | | | 44% | 45% |
| **2019** | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 99% | 100% | 100% | 95% | 79% | 100% | 98% |
| **2020** | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| **2021** | 100% | 91% | 3% | 25% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 94% | 89% | 84% |
| **Total** | **85%** | **90%** | **82%** | **87%** | **99%** | **88%** | **90%** | **90%** | **90%** | **89%** | **80%** | **77%** | **87%** |

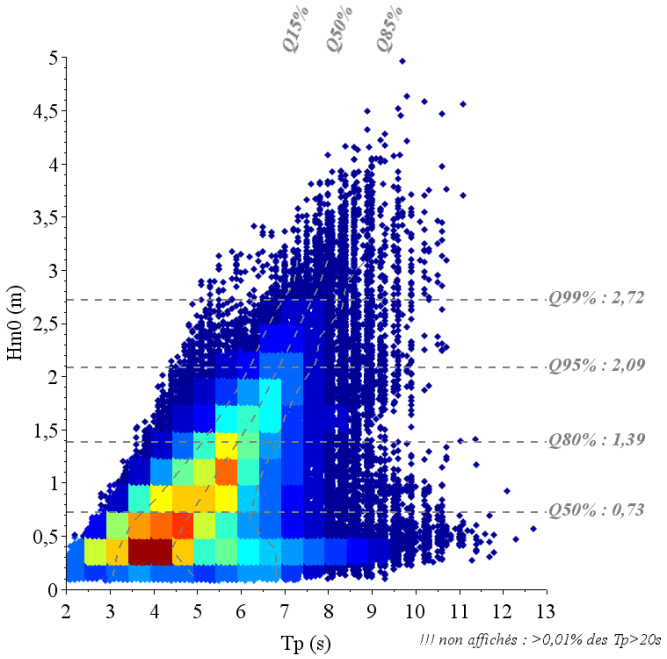
# CANDHIS : 01305 – Le Planier

**Climatologie moyenne : ANNUELLE (janvier à décembre)**

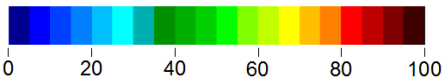
► $H_{m0}$ fonction de $T_{02}$



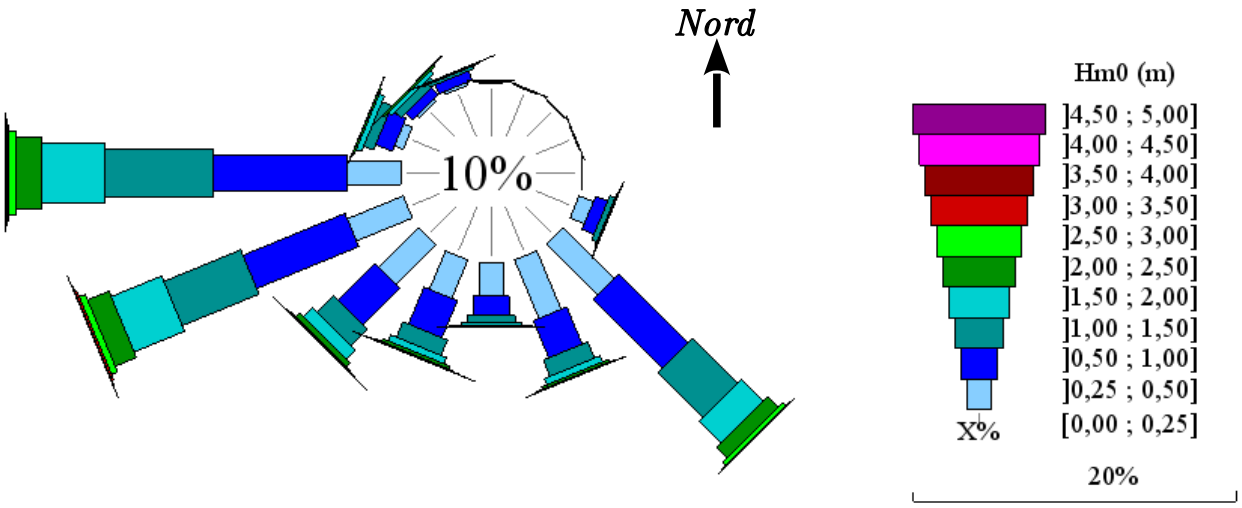

► $H_{m0}$ fonction de $T_p$




Échelle de couleurs normalisée :



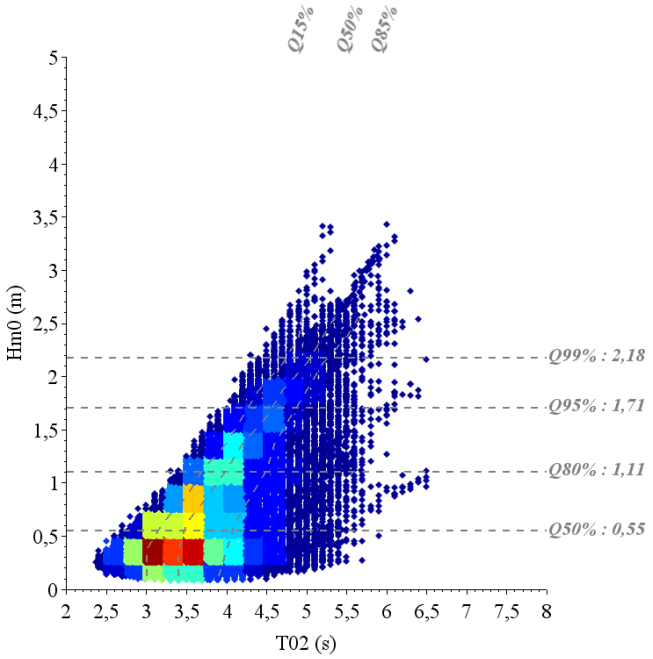

► $H_{m0}$ fonction de $Dir_p$ (rose des houles)



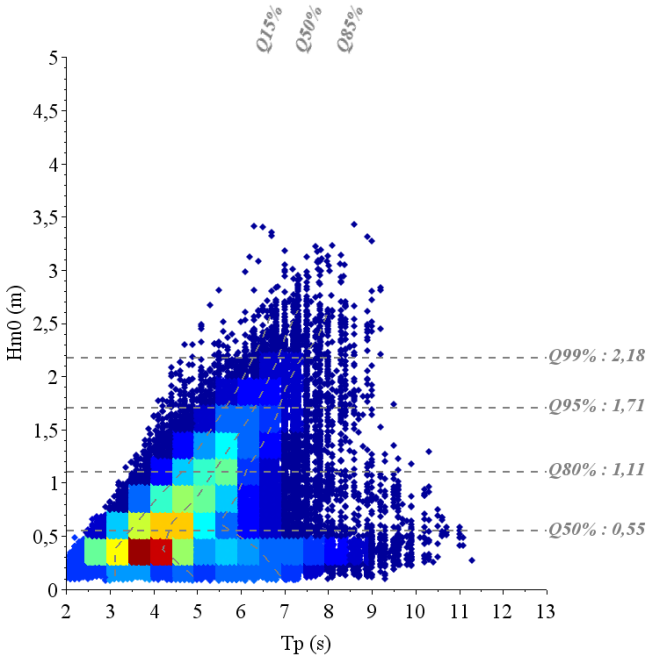
# CANDHIS : 01305 – Le Planier

**Climatologie moyenne : ESTIVALE (avril à septembre)**

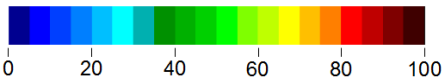
► $H_{m0}$ fonction de $T_{02}$



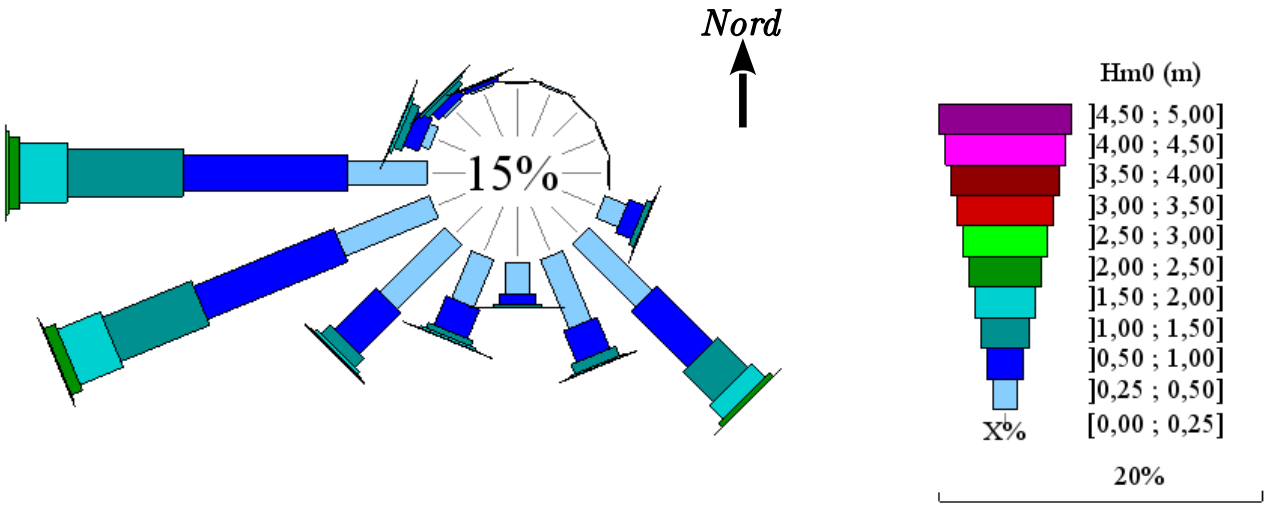

► $H_{m0}$ fonction de $T_p$




Échelle de couleurs normalisée :



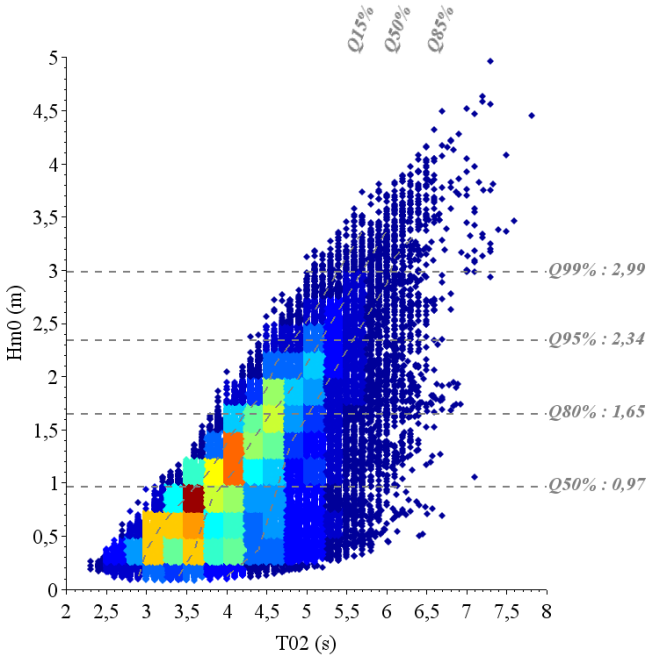

► $H_{m0}$ fonction de $Dir_p$ (rose des houles)



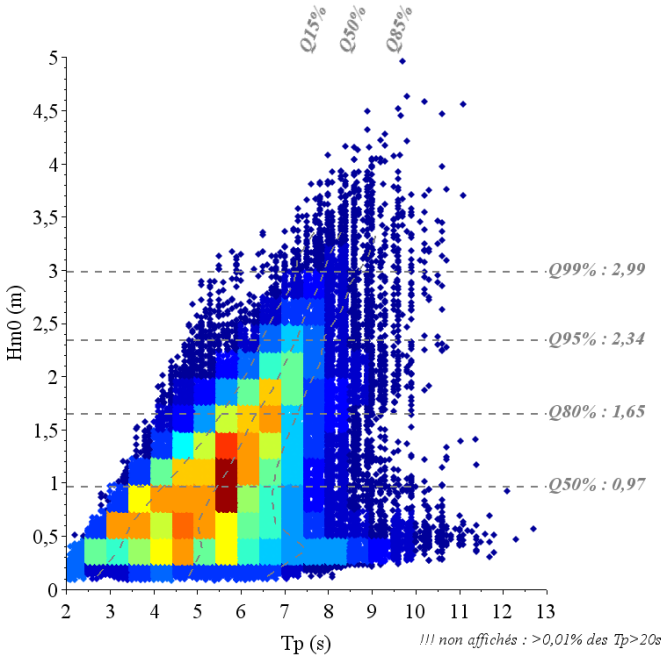
# CANDHIS : 01305 – Le Planier

**Climatologie moyenne : HIVERNALE**
**(janvier à mars et octobre à décembre)**

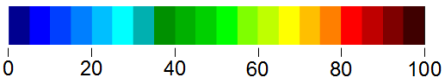
► $H_{m0}$ fonction de $T_{02}$



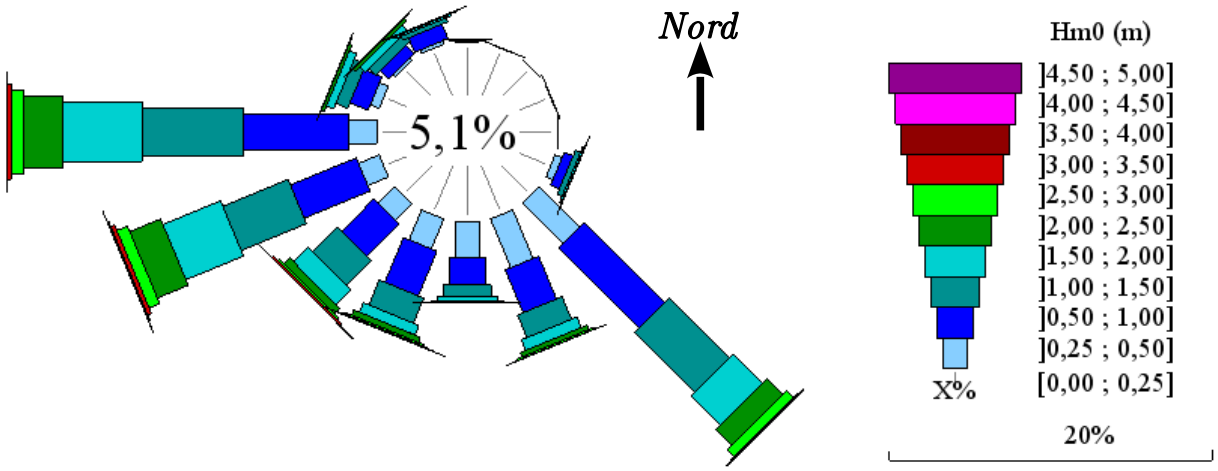

► $H_{m0}$ fonction de $T_p$




Échelle de couleurs normalisée :




► $H_{m0}$ fonction de $Dir_p$ (rose des houles)



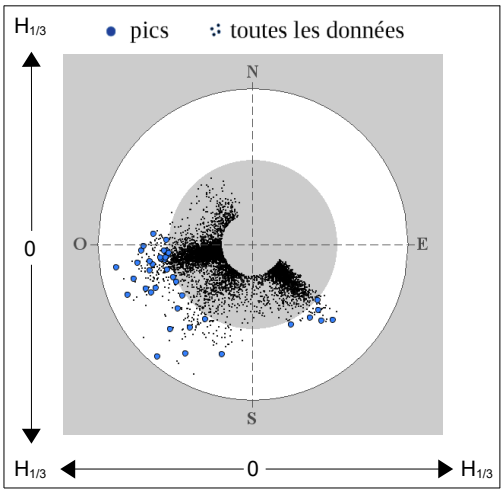
# CANDHIS : 01305 – Le Planier

## Analyse des valeurs extrêmes de $H_{1/3}$ : DIRECTION DE PROVENANCE 0° à 360°

### Sélection des pics de tempête

| | Seuil (u) | Nb évts/an | Cambrure $H_{1/3}/L_{avd}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | | | médiane | Int.Conf.70% |
| **GPD** | 3,10 m | 4,27 | 1/19 | 1/21 à 1/17 |
| **Loi Exp** | 3,40 m | 2,19 | 1/19 | 1/21 à 1/17 |

### $Dir_p$ aux pics de tempête




### Paramètres des lois d'ajustement

**GPD :** $Pr\{H_{1/3}>h|h>u\}=\left(1+\xi\frac{h-u}{\sigma}\right)^{-1/\xi}$

avec $\sigma$ = 0,439915 et $\xi$ = -0,164189

**Loi Exp. :** $Pr\{H_{1/3}>h|h>u\}=\exp[-\rho(h-u)]$

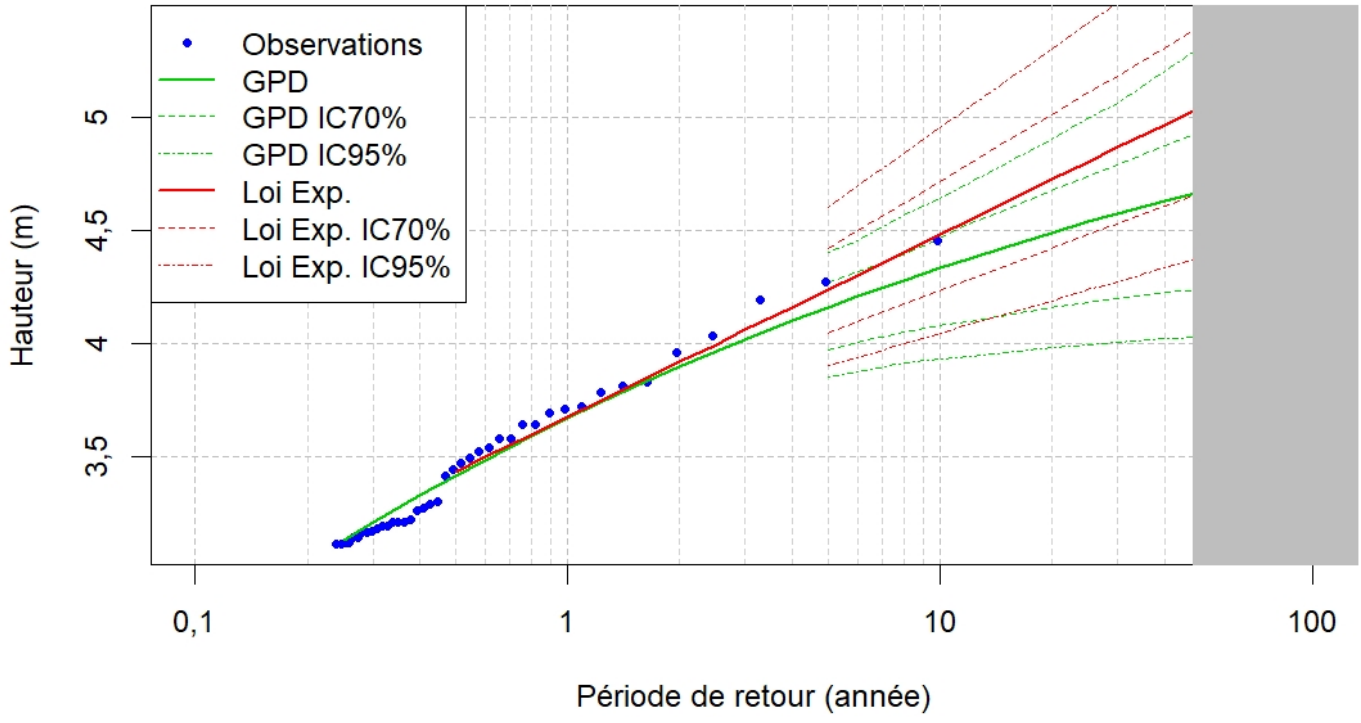
avec $\rho$ = 2,857143

### Niveaux de retour

| Période de retour | $H_{1/3}$ (mètres) | | Int. de Conf. 70% (mètres) | | $T_{avd}$ Int.Conf.70% (secondes) (i) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **GPD** | **Loi Exp.** | **GPD** | **Loi Exp.** | **GPD** | **Loi Exp.** |
| 5 ans | 4,16 | 4,24 | 3,97 à 4,27 | 4,05 à 4,44 | 6,64 à 7,42 | 6,70 à 7,49 |
| 10 ans | 4,33 | 4,48 | 4,08 à 4,47 | 4,23 à 4,75 | 6,78 à 7,57 | 6,89 à 7,70 |
| 20 ans | 4,49 | 4,72 | 4,16 à 4,67 | 4,42 à 5,05 | 6,90 à 7,71 | 7,08 à 7,90 |

(i) $T_{avd}=\sqrt{(2\pi L_{avd}/g).\tanh(2\pi Prof/L_{avd})}$ avec $L_{avd}=H_{1/3}/Cambrure$

### Ajustement statistique :



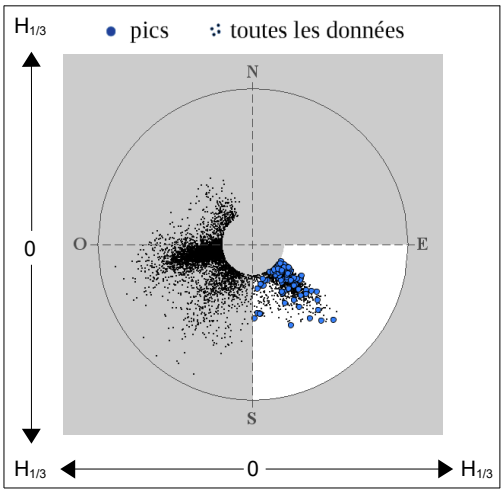
# CANDHIS : 01305 – Le Planier

## Analyse des valeurs extrêmes de $H_{1/3}$ : DIRECTION DE PROVENANCE 90° à 180°

### Sélection des pics de tempête

| | Seuil (u) | Nb évts/an | Cambrure $H_{1/3}/L_{avd}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | | | médiane | Int.Conf.70% |
| **GPD** | 2,10 m | 7,08 | 1/20 | 1/22 à 1/18 |
| **Loi Exp** | 1,95 m | 9,58 | 1/20 | 1/22 à 1/18 |

### $Dir_p$ aux pics de tempête




### Paramètres des lois d'ajustement

**GPD :** $Pr\{H_{1/3}>h|h>u\}=\left(1+\xi\frac{h-u}{\sigma}\right)^{-1/\xi}$

avec $\sigma$ = 0,495577 et $\xi$ = -0,213209

**Loi Exp. :** $Pr\{H_{1/3}>h|h>u\}=\exp[-\rho(h-u)]$

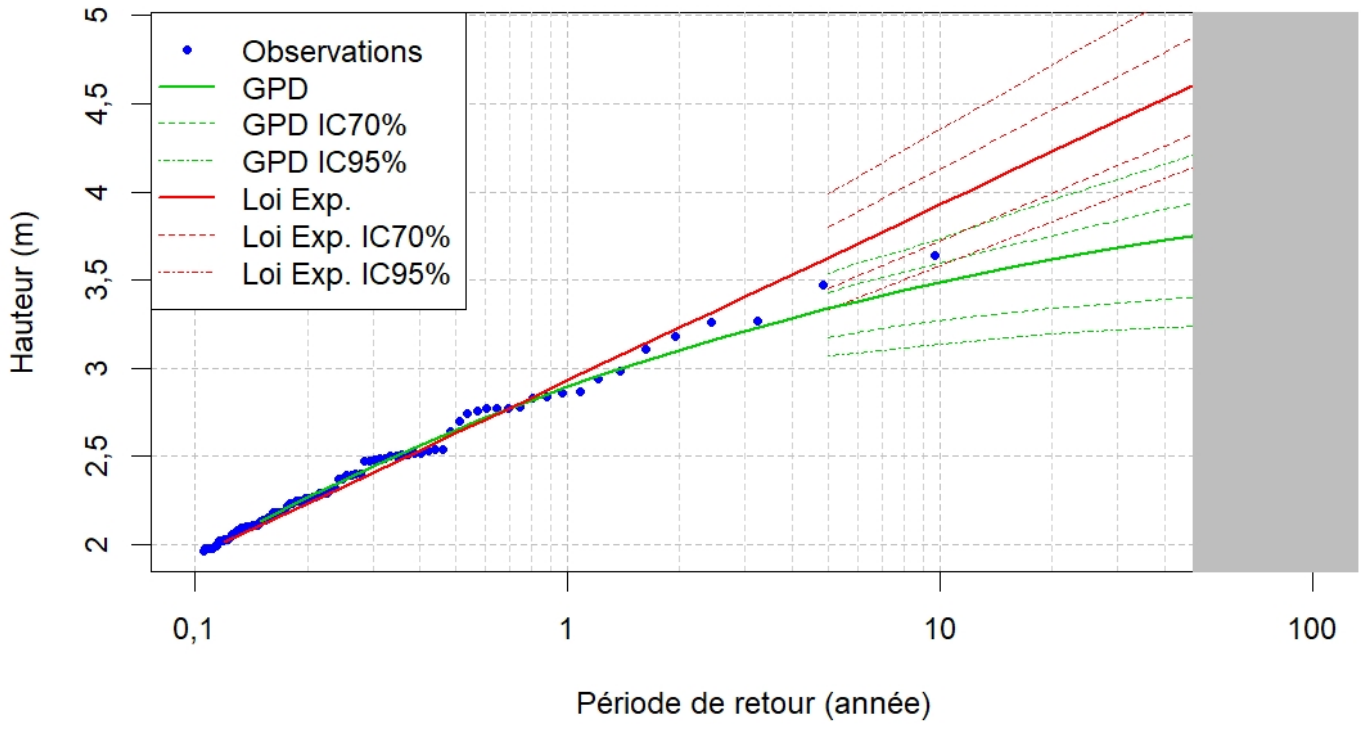
avec $\rho$ = 2,305764

### Niveaux de retour

| Période de retour | $H_{1/3}$ (mètres) | | Int. de Conf. 70% (mètres) | | $T_{avd}$ Int.Conf.70% (secondes) (i) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **GPD** | **Loi Exp.** | **GPD** | **Loi Exp.** | **GPD** | **Loi Exp.** |
| 5 ans | 3,34 | 3,63 | 3,17 à 3,43 | 3,44 à 3,80 | 6,18 à 6,85 | 6,44 à 7,15 |
| 10 ans | 3,49 | 3,93 | 3,26 à 3,60 | 3,71 à 4,13 | 6,32 à 7,01 | 6,71 à 7,44 |
| 20 ans | 3,62 | 4,23 | 3,34 à 3,75 | 3,98 à 4,47 | 6,43 à 7,13 | 6,96 à 7,72 |

(i) $T_{avd}=\sqrt{(2\pi L_{avd}/g).\tanh(2\pi Prof/L_{avd})}$ avec $L_{avd}=H_{1/3}/Cambrure$

### Ajustement statistique :



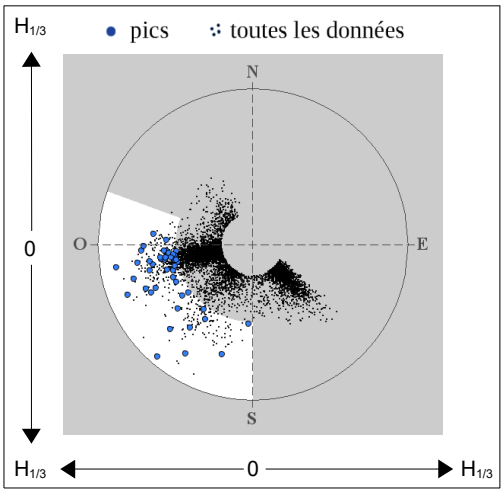
# CANDHIS : 01305 – Le Planier

## Analyse des valeurs extrêmes de $H_{1/3}$ : DIRECTION DE PROVENANCE 180° à 290°

### Sélection des pics de tempête

| | Seuil (u) | Nb évts/an | Cambrure $H_{1/3}/L_{avd}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | | | médiane | Int.Conf.70% |
| **GPD** | 2,95 m | 4,90 | 1/19 | 1/21 à 1/16 |
| **Loi Exp** | 3,05 m | 3,85 | 1/18 | 1/21 à 1/16 |

### $Dir_p$ aux pics de tempête




### Paramètres des lois d'ajustement

**GPD :** $Pr\{H_{1/3}>h|h>u\}=\left(1+\xi\frac{h-u}{\sigma}\right)^{-1/\xi}$

avec $\sigma$ = 0,525064 et $\xi$ = -0,219017

**Loi Exp. :** $Pr\{H_{1/3}>h|h>u\}=\exp[-\rho(h-u)]$

avec $\rho$ = 2,327044

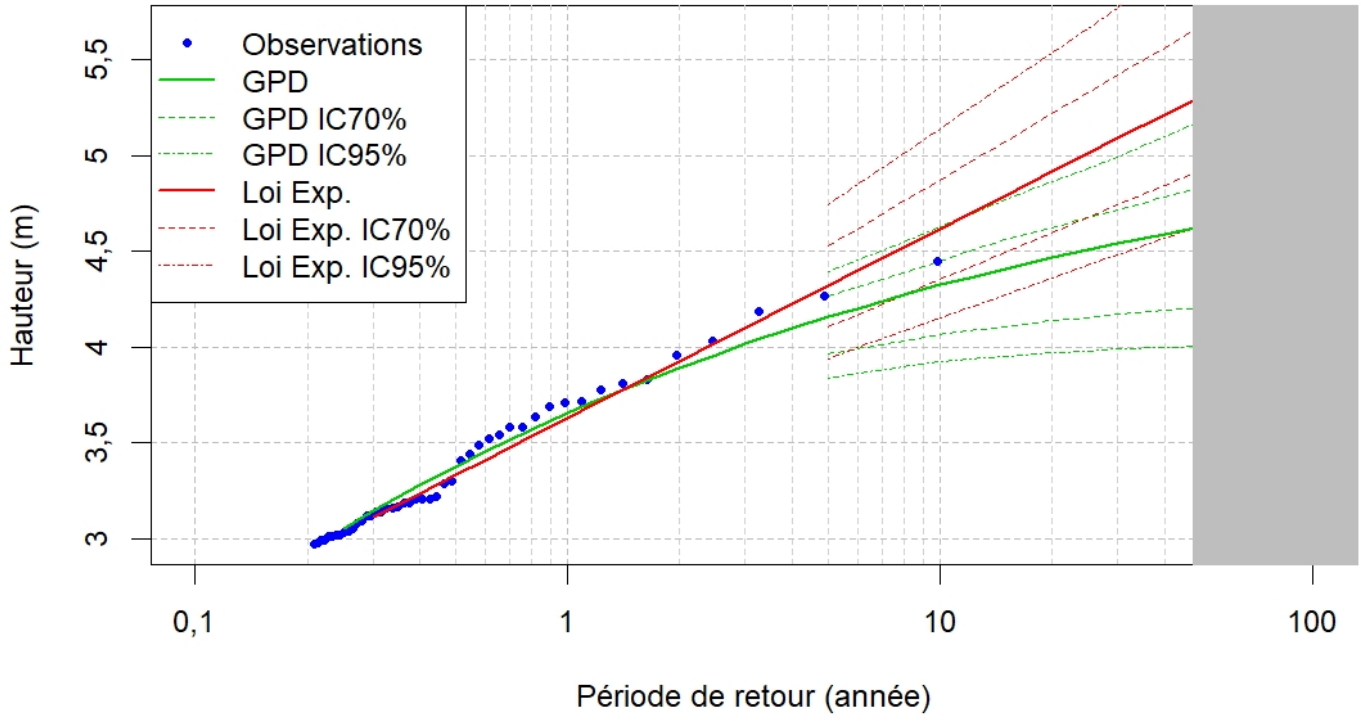
### Niveaux de retour

| Période de retour | $H_{1/3}$ (mètres) | | Int. de Conf. 70% (mètres) | |
|---|---|---|---|---|
| | **GPD** | **Loi Exp.** | **GPD** | **Loi Exp.** |
| 5 ans | 4,16 | 4,32 | 3,96 à 4,26 | 4,12 à 4,54 |
| 10 ans | 4,32 | 4,62 | 4,07 à 4,43 | 4,37 à 4,89 |
| 20 ans | 4,47 | 4,92 | 4,15 à 4,62 | 4,62 à 5,24 |

| $T_{avd}$ Int.Conf.70% (secondes) (i) | |
|---|---|
| **GPD** | **Loi Exp.** |
| 6,61 à 7,43 | 6,74 à 7,57 |
| 6,74 à 7,57 | 6,96 à 7,83 |
| 6,85 à 7,70 | 7,19 à 8,08 |

(i) $T_{avd}=\sqrt{(2\pi L_{avd}/g).\tanh(2\pi Prof/L_{avd})}$ avec $L_{avd}=H_{1/3}/Cambrure$

### Ajustement statistique :



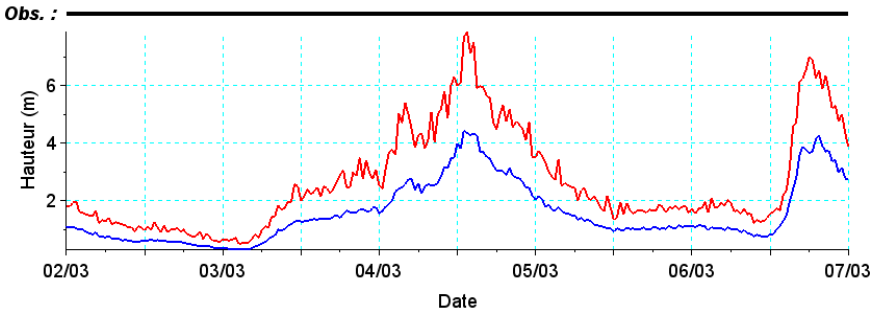
# CANDHIS : 01305 – Le Planier

## Sélection des événements remarquables

Tempête du 04/03/17

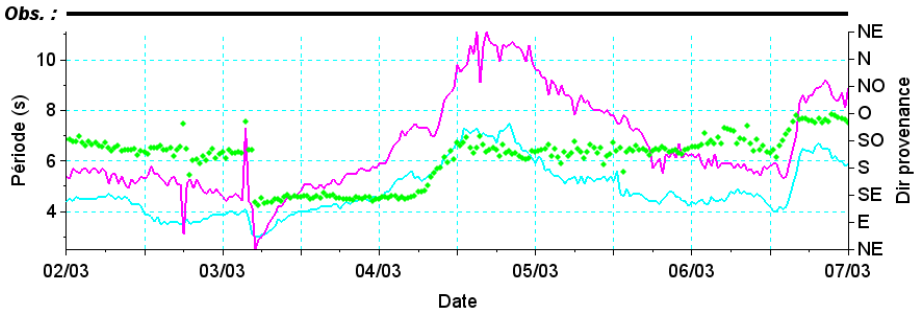
### Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




### Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$

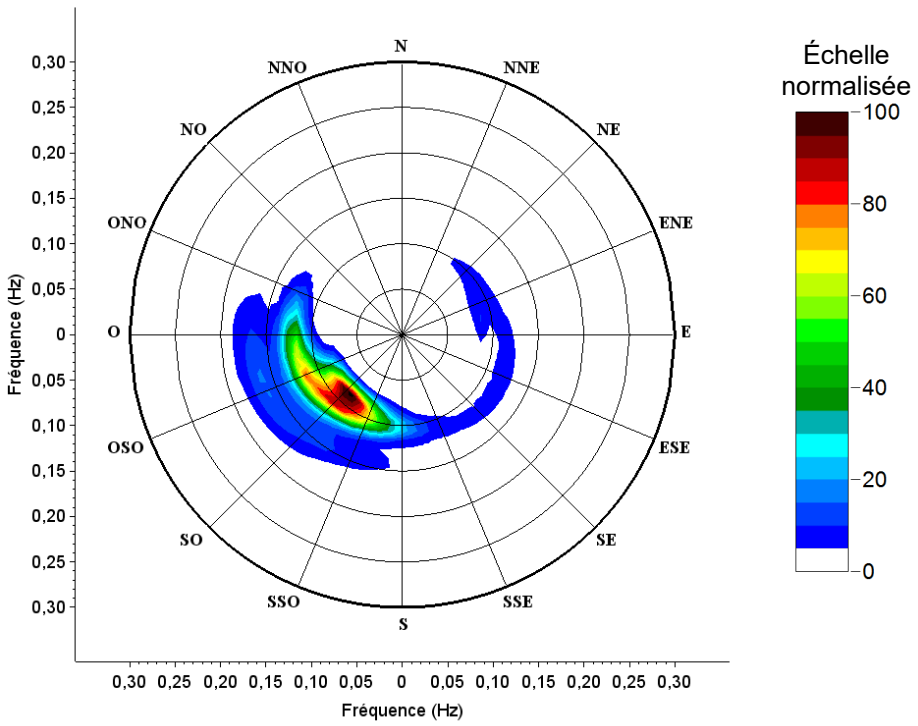
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




### Pic de tempête

| Pic du | 04/03 13h00 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 4,45 |
| $H_{1/10}$ (m) | 5,60 |
| $H_{max}$ (m) | 7,70 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 9,1 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 9,0 |
| $T_{avd}$ (s) | 7,5 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 8,1 |
| $S_z$ | 1/15 |
| $H_{m0}$ (m) | 4,96 |
| $T_p$ (s) | 9,6 |
| $T_{02}$ (s) | 7,3 |
| $T_e$ (s) | 8,8 |
| $Dir_p$ (°) | 221 |
| $Etal_p$ (°) | 47 |

### Spectre directionnel de variance



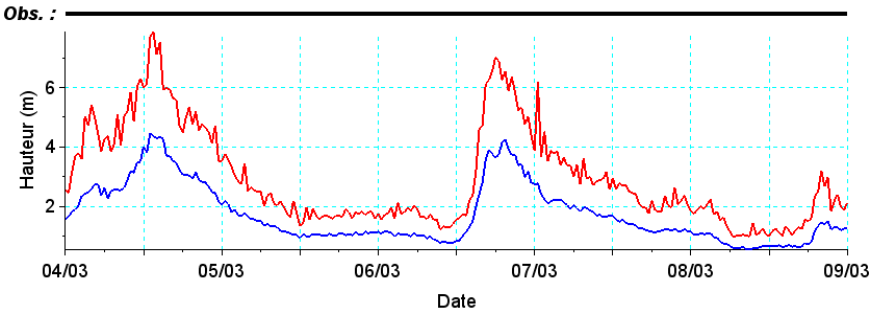
# CANDHIS : 01305 – Le Planier

## Sélection des événements remarquables

Tempête du 06/03/17

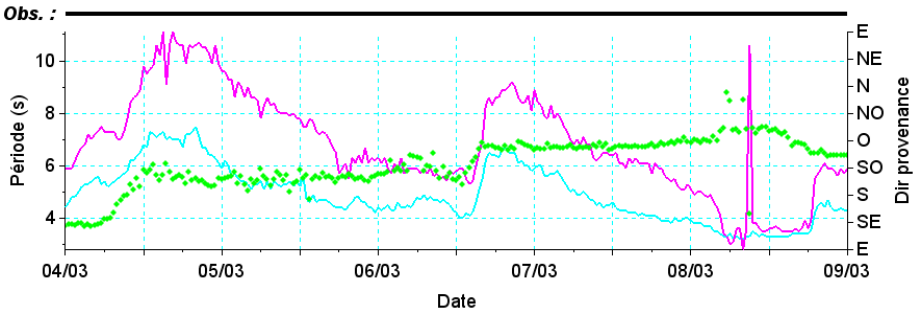
### Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




### Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$

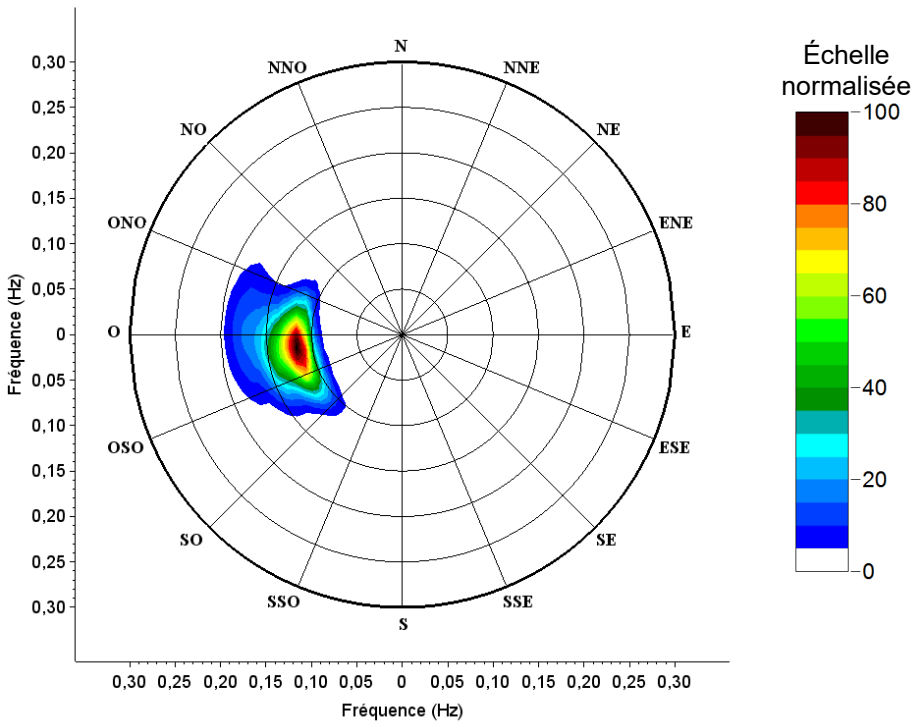
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




### Pic de tempête

| Pic du | 06/03 19h30 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 4,27 |
| $H_{1/10}$ (m) | 5,30 |
| $H_{max}$ (m) | 6,54 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 8,1 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 8,1 |
| $T_{avd}$ (s) | 6,7 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 9,6 |
| $S_z$ | 1/13 |
| $H_{m0}$ (m) | 4,49 |
| $T_p$ (s) | 8,9 |
| $T_{02}$ (s) | 6,7 |
| $T_e$ (s) | 7,7 |
| $Dir_p$ (°) | 261 |
| $Etal_p$ (°) | 29 |

### Spectre directionnel de variance



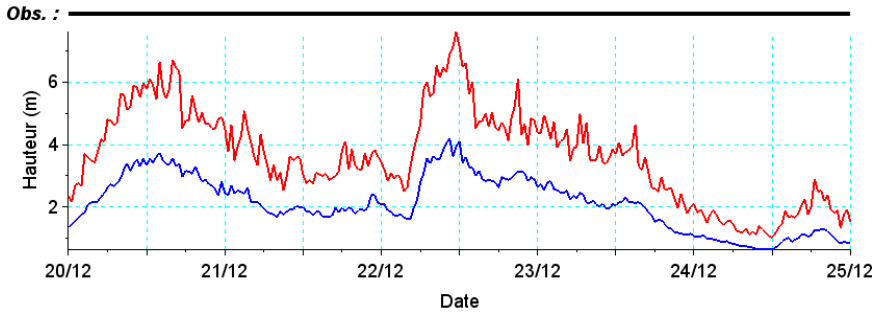
# CANDHIS : 01305 – Le Planier

## Sélection des événements remarquables

Tempête du 22/12/19

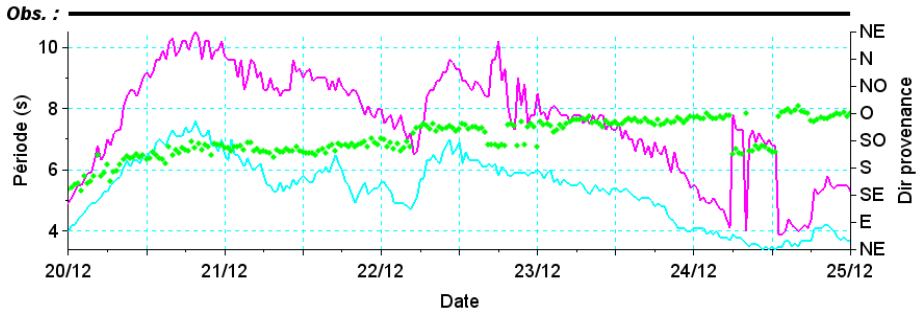
### Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




### Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$

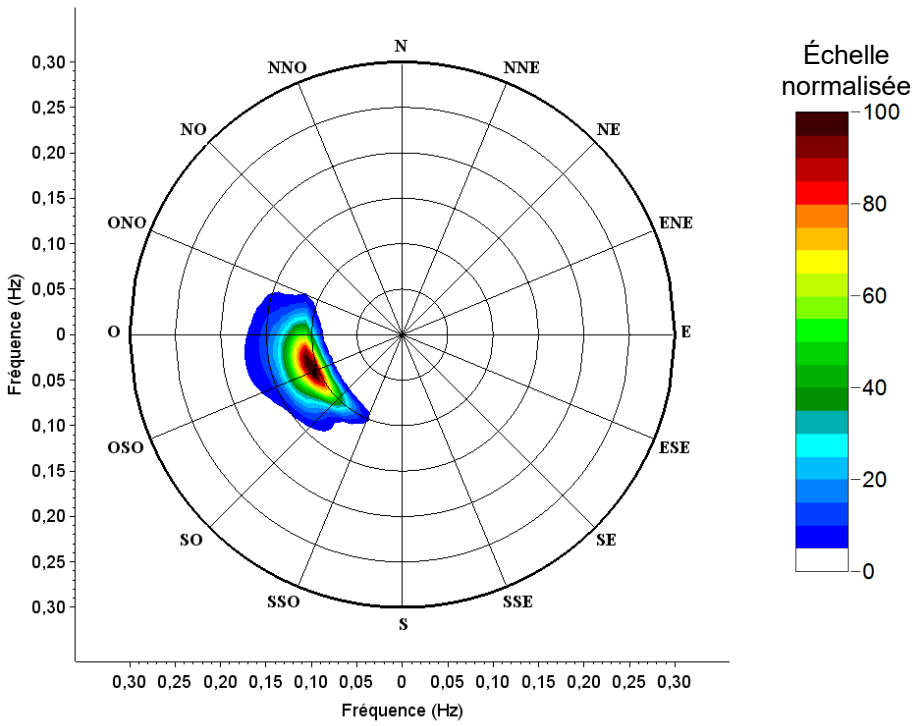
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




### Pic de tempête

| Pic du | 22/12 10h30 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 4,19 |
| $H_{1/10}$ (m) | 5,27 |
| $H_{max}$ (m) | 6,91 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 8,6 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 8,6 |
| $T_{avd}$ (s) | 7,4 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 8,4 |
| $S_z$ | 1/14 |
| $H_{m0}$ (m) | 4,52 |
| $T_p$ (s) | 9,6 |
| $T_{02}$ (s) | 7,0 |
| $T_e$ (s) | 8,3 |
| $Dir_p$ (°) | 248 |
| $Etal_p$ (°) | 34 |

### Spectre directionnel de variance



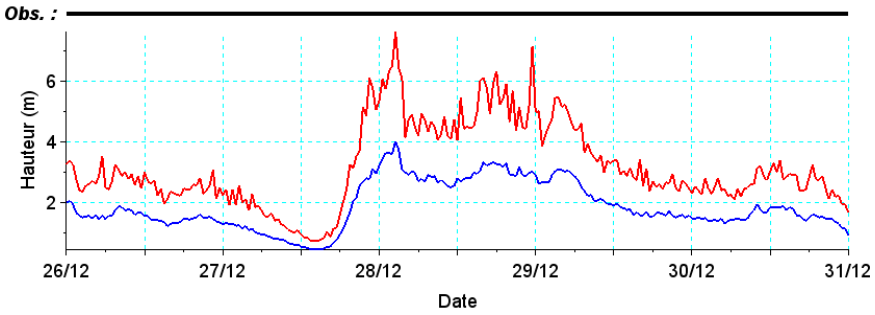
# CANDHIS : 01305 – Le Planier

## Sélection des événements remarquables

Tempête du 28/12/20

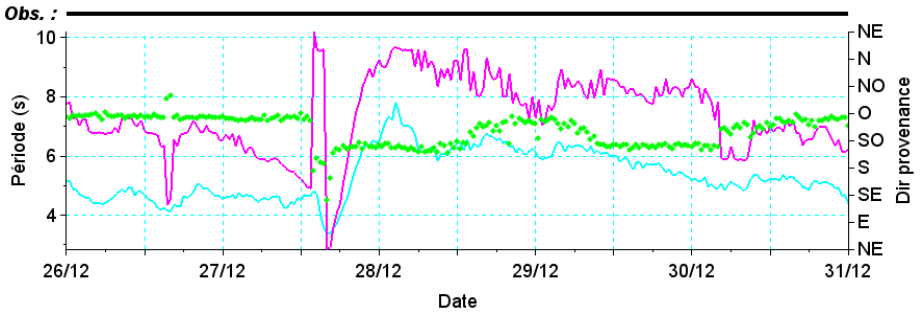
### Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




### Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$

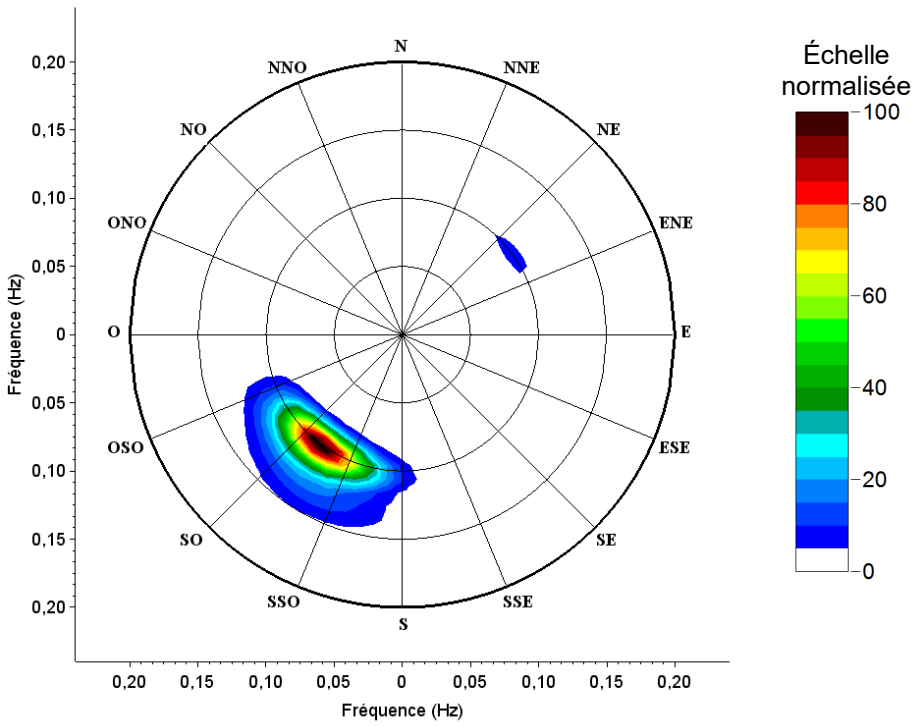
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




### Pic de tempête

| Pic du | 28/12 2h30 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 4,03 |
| $H_{1/10}$ (m) | 5,14 |
| $H_{max}$ (m) | 7,64 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 9,3 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 9,1 |
| $T_{avd}$ (s) | 7,6 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 8,9 |
| $S_z$ | 1/21 |
| $H_{m0}$ (m) | 4,45 |
| $T_p$ (s) | 9,6 |
| $T_{02}$ (s) | 7,8 |
| $T_e$ (s) | 9,0 |
| $Dir_p$ (°) | 212 |
| $Etal_p$ (°) | 37 |

### Spectre directionnel de variance



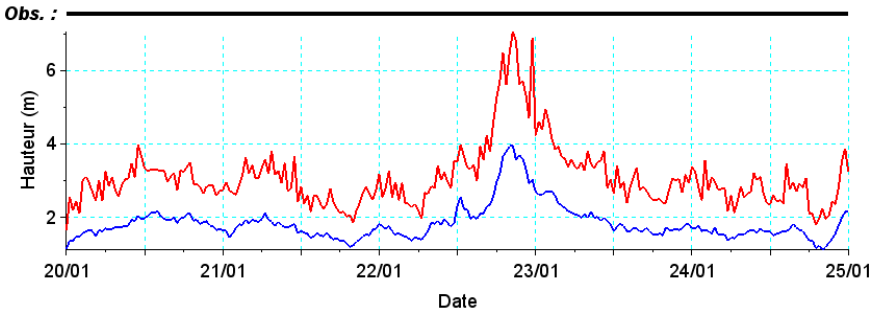
# CANDHIS : 01305 – Le Planier

## Sélection des événements remarquables

Tempête du 22/01/21

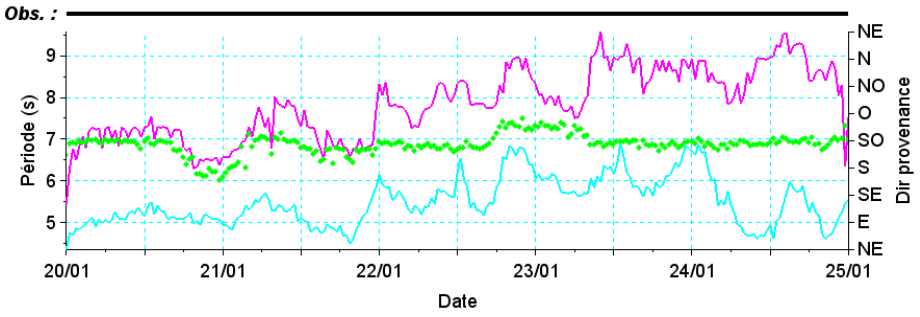
### Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




### Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$

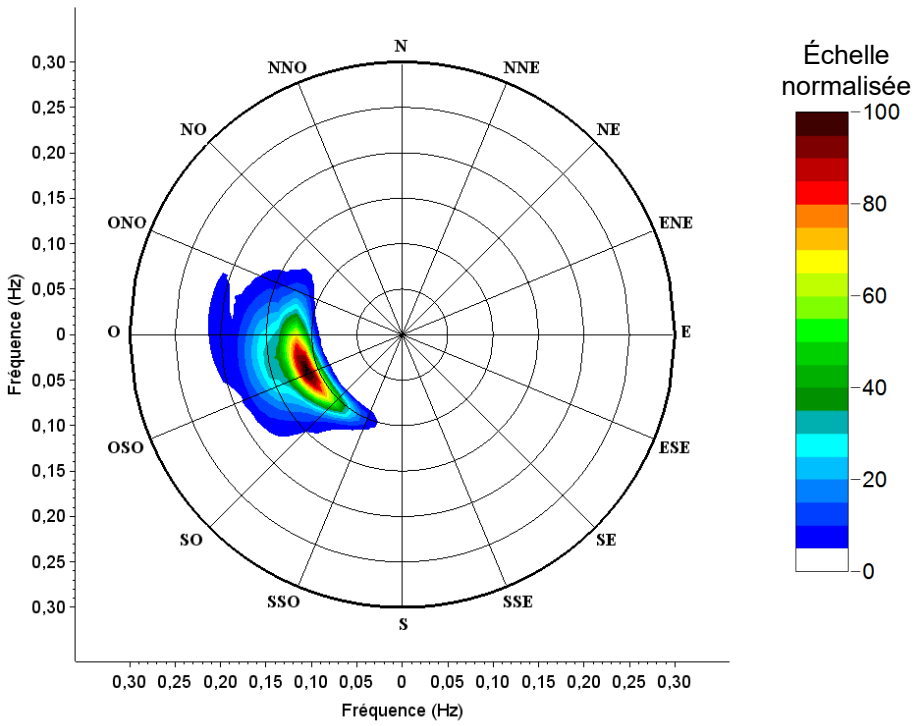
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




### Pic de tempête

| Pic du | 22/01 20h30 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 3,96 |
| $H_{1/10}$ (m) | 5,06 |
| $H_{max}$ (m) | 7,05 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 8,0 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 8,0 |
| $T_{avd}$ (s) | 7,0 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 7,8 |
| $S_z$ | 1/16 |
| $H_{m0}$ (m) | 4,15 |
| $T_p$ (s) | 8,9 |
| $T_{02}$ (s) | 6,8 |
| $T_e$ (s) | 7,7 |
| $Dir_p$ (°) | 254 |
| $Etal_p$ (°) | 38 |

### Spectre directionnel de variance



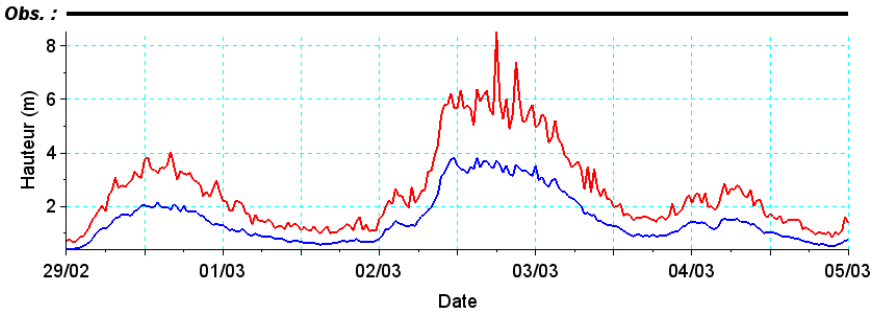
# CANDHIS : 01305 – Le Planier

## Sélection des événements remarquables

Tempête du 02/03/20

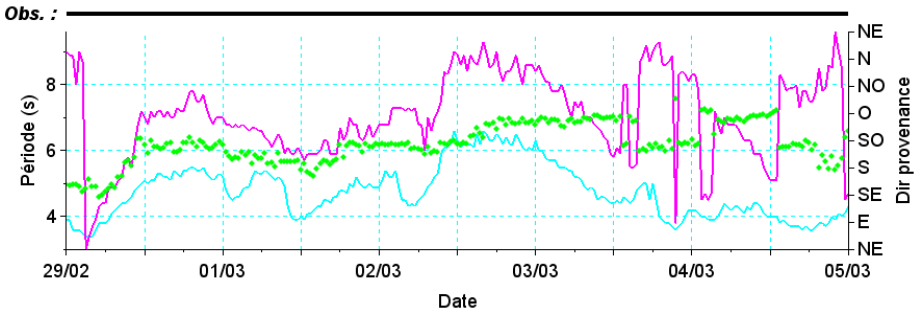
### Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




### Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$

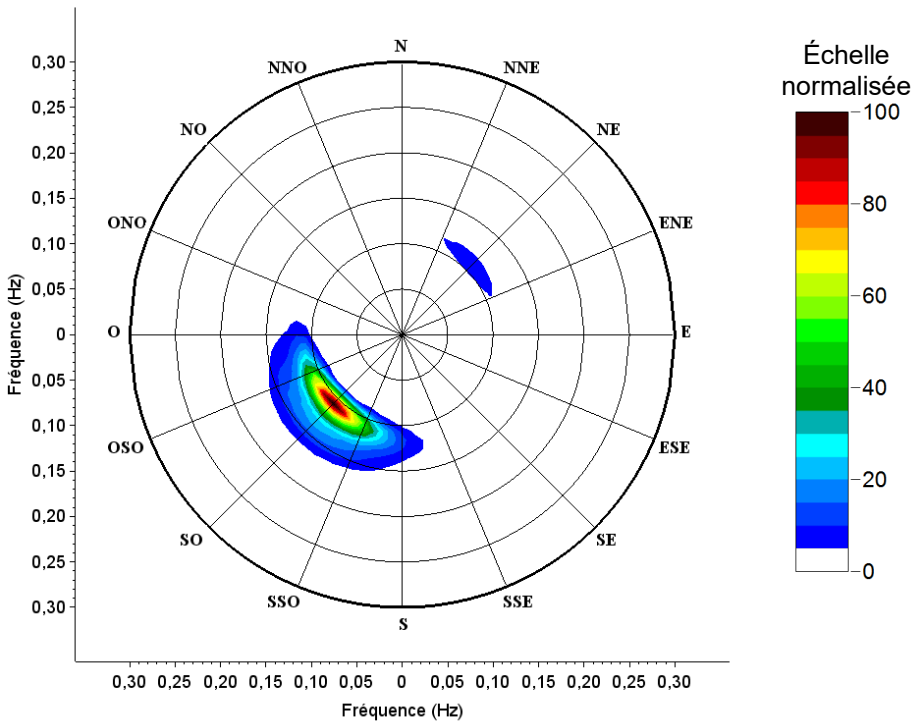
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




### Pic de tempête

| Pic du | 02/03 11h30 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 3,83 |
| $H_{1/10}$ (m) | 4,77 |
| $H_{max}$ (m) | 5,68 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 8,1 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 8,4 |
| $T_{avd}$ (s) | 6,5 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 8,1 |
| $S_z$ | 1/15 |
| $H_{m0}$ (m) | 4,05 |
| $T_p$ (s) | 9,0 |
| $T_{02}$ (s) | 6,6 |
| $T_e$ (s) | 7,9 |
| $Dir_p$ (°) | 225 |
| $Etal_p$ (°) | 44 |

### Spectre directionnel de variance



# CANDHIS : 08301-08302 – Porquerolles

## Informations générales

**Durée d'observation :** 15,51 ans
du 14/05/92 au 16/12/21

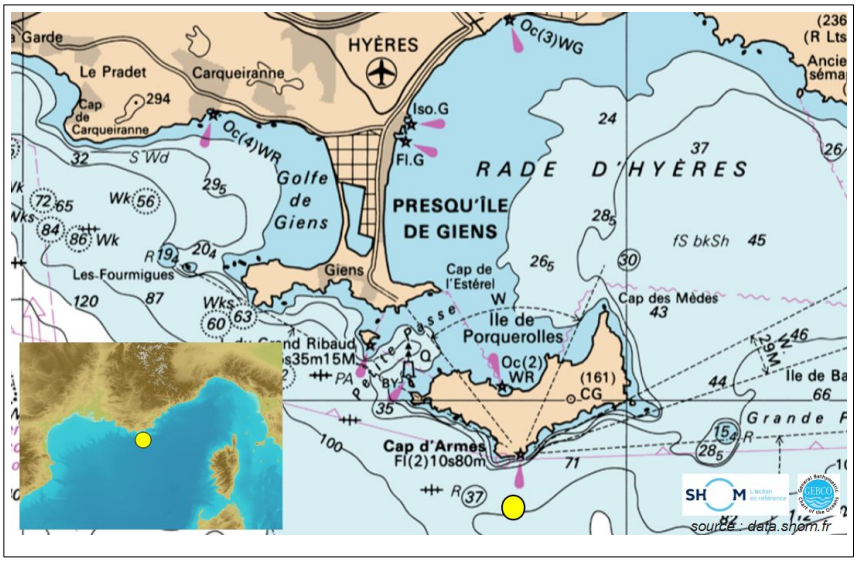
**Latitude :** 42°58,000'N

**Longitude :** 06°12,290'E

**Distance à la côte :** 1 mille

**Profondeur :** 90 mètres

**Marnage (VEM) :** -



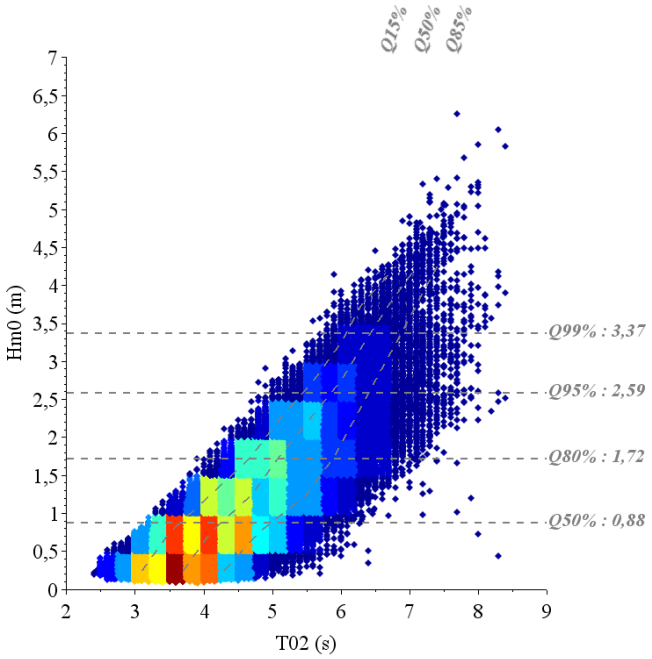

**Taux de disponibilité :**

| | janv. | fév. | mars | avril | mai | juin | juil. | août | sept. | oct. | nov. | déc. | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1992 | | | | | 56% | 60% | 81% | 94% | 85% | 63% | 98% | 98% | 53% |
| 1993 | 96% | 100% | 60% | 70% | 100% | 42% | 67% | 95% | 85% | 23% | 53% | | 66% |
| 1994 | | 53% | 28% | 21% | 59% | 54% | 64% | 98% | 94% | 99% | 100% | 100% | 64% |
| 1995 | 92% | 100% | 40% | 53% | 78% | 94% | 99% | 100% | 40% | | | | 58% |
| 1996 | | | | | | | | | | 73% | 95% | 96% | 22% |
| 1997 | 88% | 100% | 0% | | | | 98% | 96% | 62% | | | | 37% |
| 1998 | | | | | | | | | | 72% | 92% | 100% | 22% |
| 1999 | 100% | 98% | 100% | 98% | 85% | 100% | 100% | 94% | 95% | 99% | 99% | 100% | 97% |
| 2000 | 78% | 86% | 100% | 100% | 97% | 99% | 97% | 99% | 96% | 98% | 98% | 91% | 95% |
| 2001 | 99% | 96% | 98% | 100% | 100% | 95% | 99% | 98% | 96% | 99% | 100% | 95% | 98% |
| 2002 | 100% | 100% | 99% | 99% | 99% | 98% | | | | | 18% | 99% | 59% |
| 2003 | 96% | 96% | 100% | 99% | 99% | 98% | 99% | 100% | 99% | 94% | 8% | | 82% |
| 2004 | 34% | 53% | | | | | | | | | | | 7% |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 2009 | | | | | | | | | | 15% | 100% | 100% | 18% |
| 2010 | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 99% | 100% | 100% | 93% | 81% | 98% | 93% | 97% |
| 2011 | 100% | 100% | 72% | 100% | 100% | 76% | 100% | 99% | 88% | 95% | 55% | 67% | 88% |
| 2012 | 66% | 81% | 67% | 75% | 68% | 43% | | | | | | | 33% |
| 2013 | | | | | | | | | | | | 66% | 6% |
| 2014 | 98% | 97% | 99% | 98% | 98% | 97% | 95% | 97% | 97% | 97% | 98% | 98% | 97% |
| 2015 | 98% | 97% | 96% | 100% | 99% | 92% | 93% | 34% | | | | | 59% |
| 2016 | | | | | | | | | | | | | |
| 2017 | | | 50% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 79% |
| 2018 | 100% | 77% | 87% | 99% | 99% | 100% | 99% | 99% | 96% | 94% | 94% | 100% | 95% |
| 2019 | 100% | 100% | 100% | 48% | | | | | | 12% | 100% | 100% | 47% |
| 2020 | 100% | 100% | 100% | 100% | 14% | | 15% | 94% | 96% | 100% | 100% | 100% | 77% |
| 2021 | 100% | 100% | 98% | 99% | 99% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 88% | 50% | 94% |
| **Total** | **55%** | **58%** | **50%** | **52%** | **52%** | **48%** | **50%** | **53%** | **47%** | **47%** | **53%** | **55%** | **52%** |

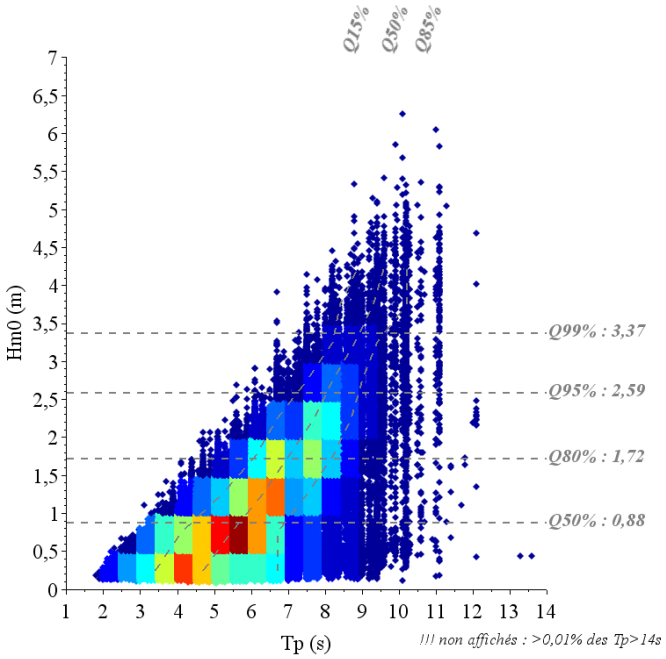
# CANDHIS : 08301-08302 – Porquerolles

**Climatologie moyenne : ANNUELLE (janvier à décembre)**

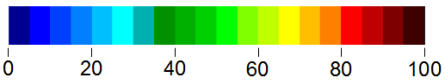
► $H_{m0}$ fonction de $T_{02}$



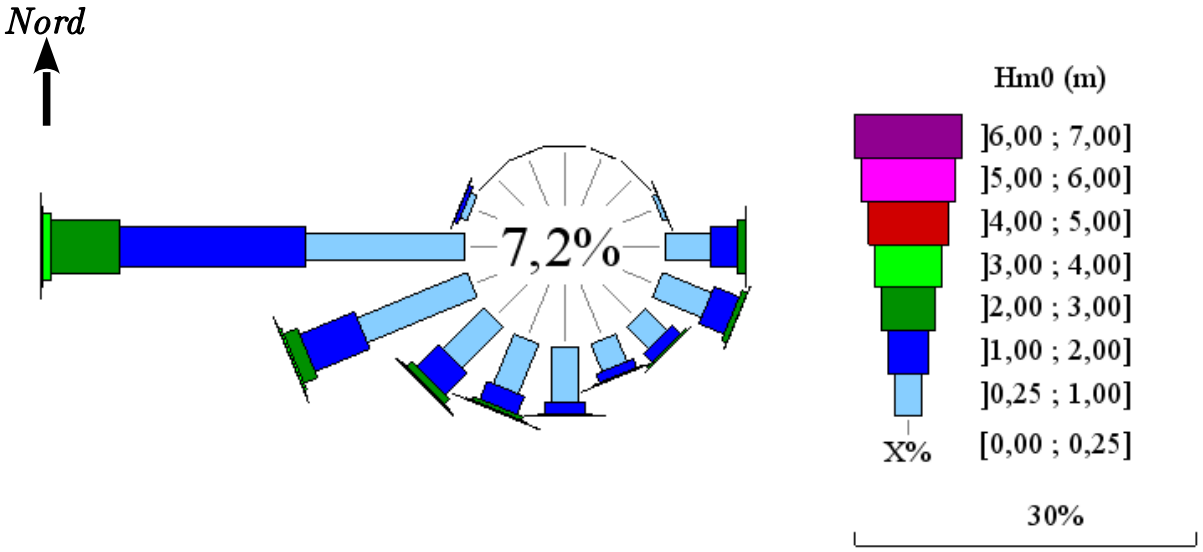

► $H_{m0}$ fonction de $T_p$




Échelle de couleurs normalisée :



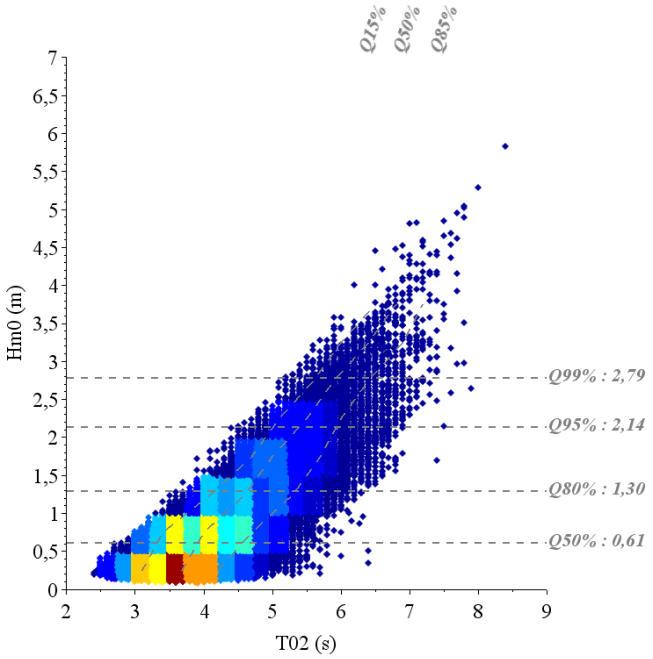

► $H_{m0}$ fonction de $Dir_p$ (rose des houles)



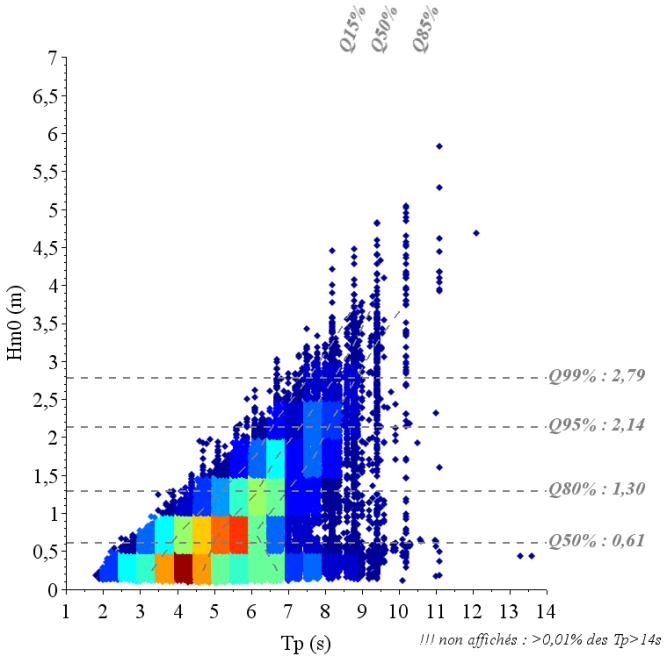
# CANDHIS : 08301-08302 – Porquerolles

**Climatologie moyenne : ESTIVALE (avril à septembre)**

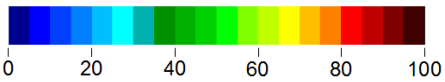
► $H_{m0}$ fonction de $T_{02}$



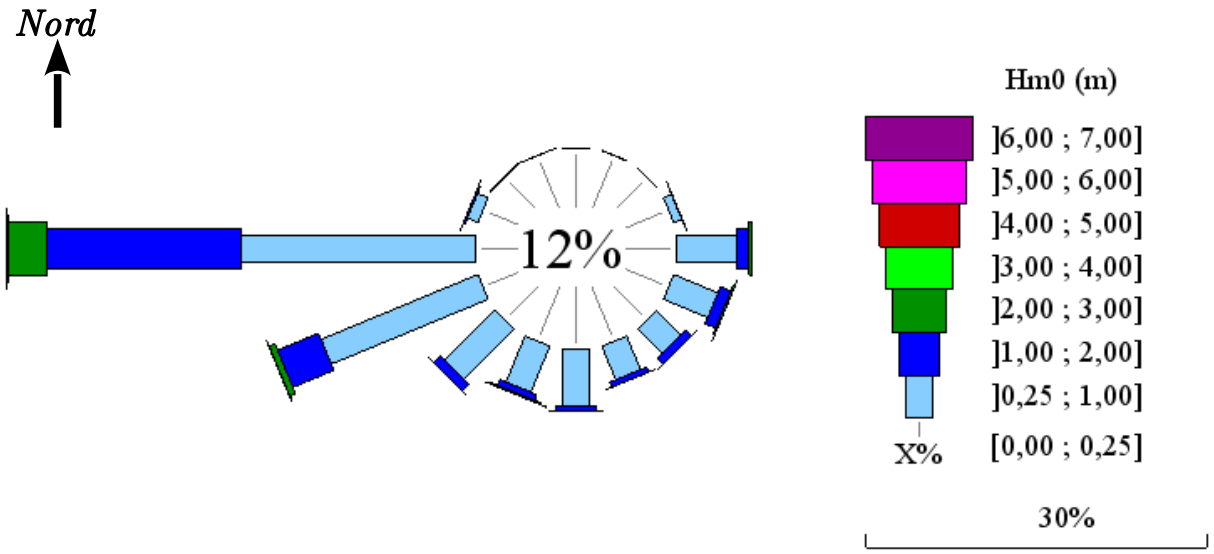

► $H_{m0}$ fonction de $T_p$




Échelle de couleurs normalisée :



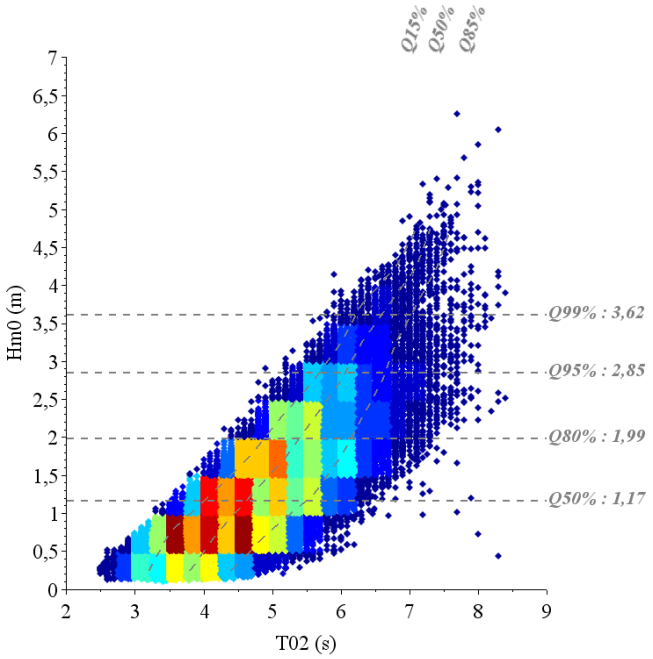

► $H_{m0}$ fonction de $Dir_p$ (rose des houles)



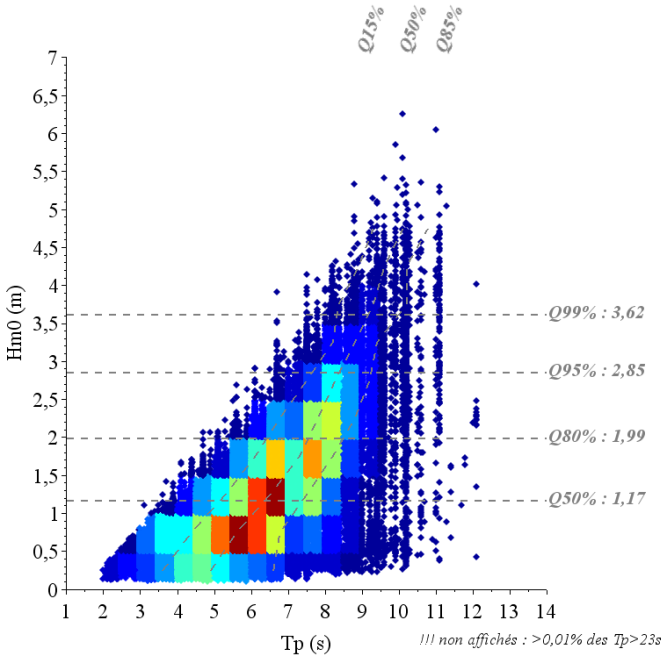
# CANDHIS : 08301-08302 – Porquerolles

**Climatologie moyenne : HIVERNALE**
**(janvier à mars et octobre à décembre)**

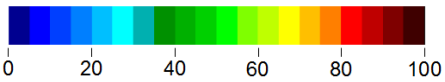
► $H_{m0}$ fonction de $T_{02}$



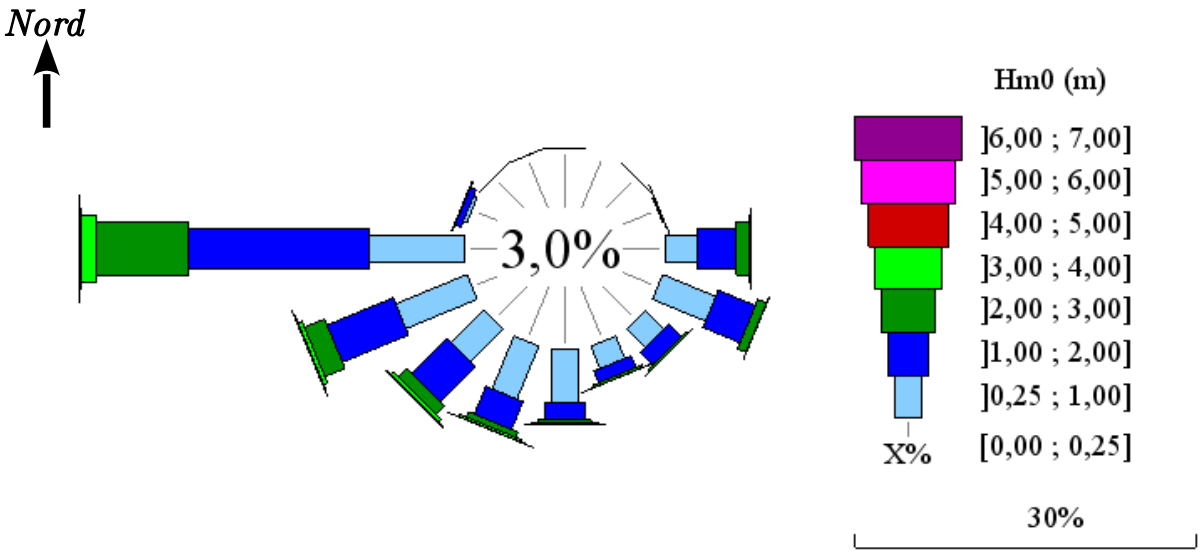

► $H_{m0}$ fonction de $T_p$




Échelle de couleurs normalisée :




► $H_{m0}$ fonction de $Dir_p$ (rose des houles)



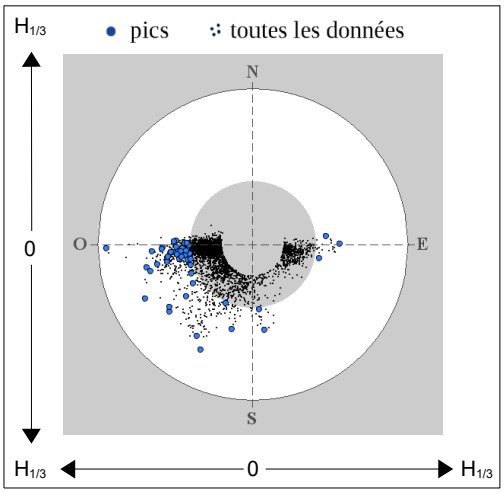
# CANDHIS : 08301-08302 – Porquerolles

## Analyse des valeurs extrêmes de $H_{1/3}$ : DIRECTION DE PROVENANCE 0° à 360°

### Sélection des pics de tempête

| | Seuil (u) | Nb évts/an | Cambrure $H_{1/3}/L_{avd}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | | | médiane | Int.Conf.70% |
| **GPD** | 3,25 m | 9,86 | 1/20 | 1/23 à 1/17 |
| **Loi Exp** | 3,30 m | 8,65 | 1/20 | 1/23 à 1/17 |

### $Dir_p$ aux pics de tempête




### Paramètres des lois d'ajustement

**GPD :** $Pr\{H_{1/3}>h|h>u\}=\left(1+\xi\frac{h-u}{\sigma}\right)^{-1/\xi}$

avec σ = 0,549944 et ξ = -0,054272

**Loi Exp. :** $Pr\{H_{1/3}>h|h>u\}=\exp[-\rho(h-u)]$

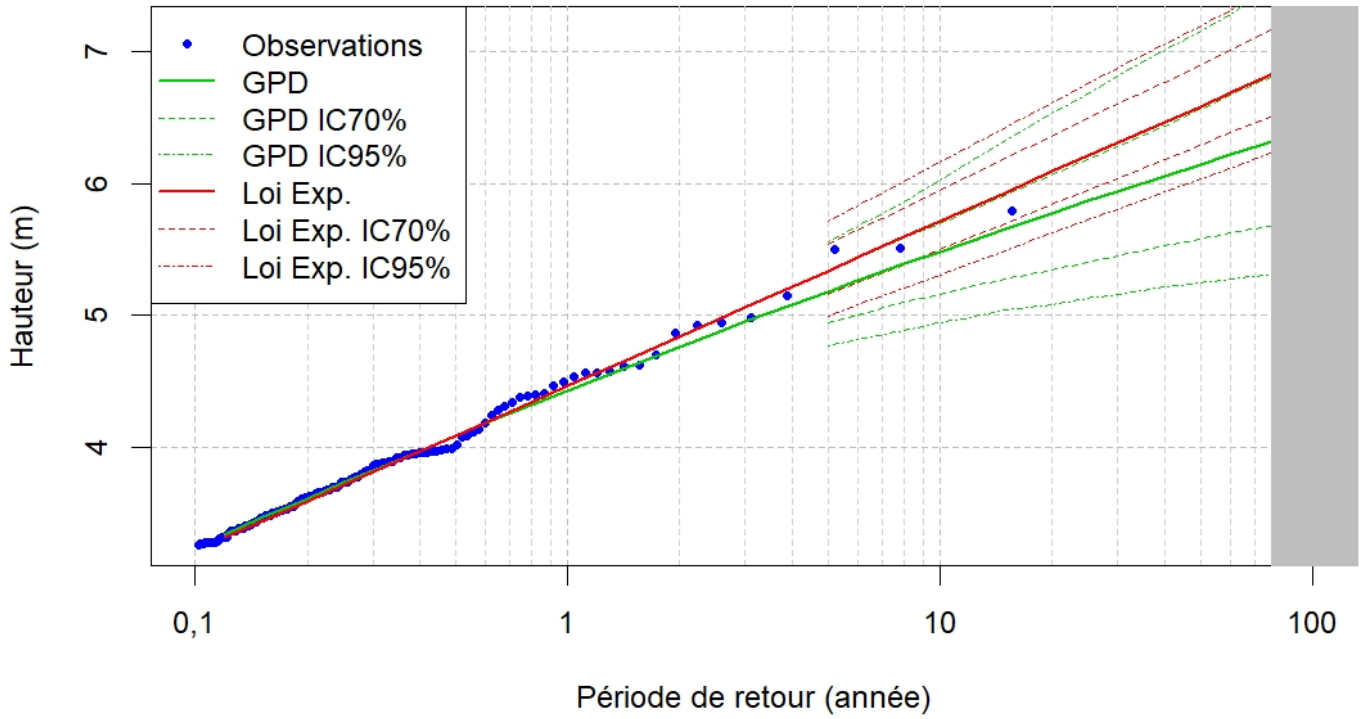
avec ρ = 1,847002

### Niveaux de retour

| Période de retour | $H_{1/3}$ (mètres) | | Int. de Conf. 70% (mètres) | | $T_{avd}$ Int.Conf.70% (secondes) (i) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **GPD** | **Loi Exp.** | **GPD** | **Loi Exp.** | **GPD** | **Loi Exp.** |
| 5 ans | 5,18 | 5,34 | 4,95 à 5,33 | 5,16 à 5,54 | 7,58 à 8,75 | 7,69 à 8,88 |
| 10 ans | 5,49 | 5,71 | 5,16 à 5,70 | 5,50 à 5,95 | 7,80 à 9,00 | 7,96 à 9,19 |
| 20 ans | 5,78 | 6,09 | 5,35 à 6,07 | 5,84 à 6,36 | 8,00 à 9,24 | 8,22 à 9,49 |
| 50 ans | 6,15 | 6,59 | 5,58 à 6,56 | 6,29 à 6,90 | 8,25 à 9,52 | 8,55 à 9,86 |

(i) $T_{avd}=\sqrt{(2\pi L_{avd}/g).\tanh(2\pi Prof/L_{avd})}$ avec $L_{avd}=H_{1/3}/Cambrure$

### Ajustement statistique :



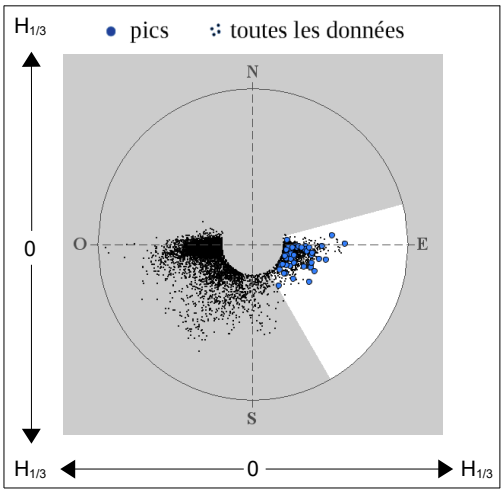
# CANDHIS : 08301-08302 – Porquerolles

## Analyse des valeurs extrêmes de $H_{1/3}$ : DIRECTION DE PROVENANCE 75° à 150°

### Sélection des pics de tempête

| | Seuil (u) | Nb évts/an | Cambrure $H_{1/3}/L_{avd}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | | | médiane | Int.Conf.70% |
| **GPD** | 2,25 m | 5,24 | 1/30 | 1/34 à 1/26 |
| **Loi Exp** | 1,95 m | 10,66 | 1/31 | 1/36 à 1/27 |

### $Dir_p$ aux pics de tempête




### Paramètres des lois d'ajustement

**GPD :** $Pr\{H_{1/3}>h|h>u\}=\left(1+\xi\frac{h-u}{\sigma}\right)^{-1/\xi}$

avec $\sigma$ = 0,682381 et $\xi$ = -0,313641

**Loi Exp. :** $Pr\{H_{1/3}>h|h>u\}=\exp[-\rho(h-u)]$

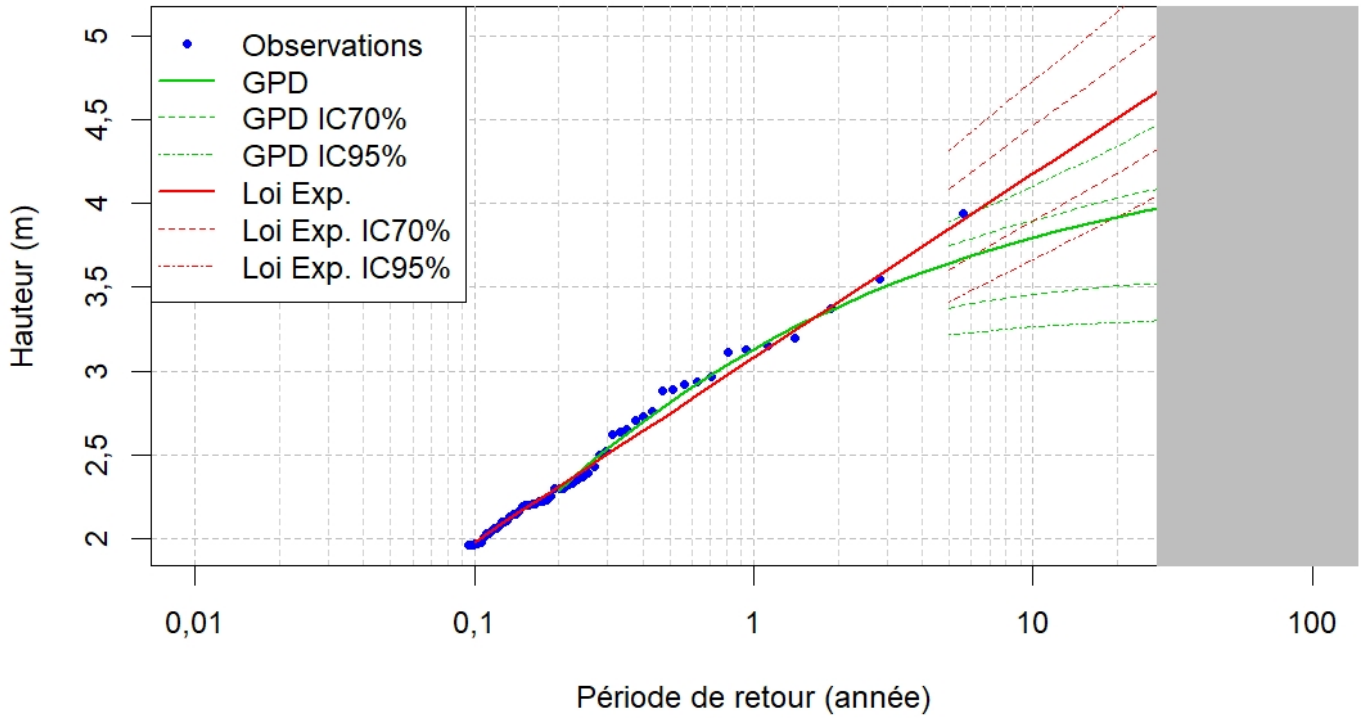
avec $\rho$ = 2,095915

### Niveaux de retour

| Période de retour | $H_{1/3}$ (mètres) | | Int. de Conf. 70% (mètres) | | $T_{avd}$ Int.Conf.70% (secondes) (i) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **GPD** | **Loi Exp.** | **GPD** | **Loi Exp.** | **GPD** | **Loi Exp.** |
| 5 ans | 3,64 | 3,85 | 3,38 à 3,75 | 3,60 à 4,09 | 7,86 à 8,90 | 8,08 à 9,15 |
| 10 ans | 3,80 | 4,18 | 3,46 à 3,89 | 3,89 à 4,46 | 8,02 à 9,09 | 8,42 à 9,53 |
| 20 ans | 3,92 | 4,51 | 3,51 à 4,03 | 4,18 à 4,83 | 8,15 à 9,24 | 8,74 à 9,91 |
| 50 ans | 4,05 | 4,95 | 3,54 à 4,18 | 4,56 à 5,33 | 8,27 à 9,38 | 9,16 à 10,38 |

(i) $T_{avd}=\sqrt{(2\pi L_{avd}/g).\tanh(2\pi Prof/L_{avd})}$ avec $L_{avd}=H_{1/3}/Cambrure$

### Ajustement statistique :



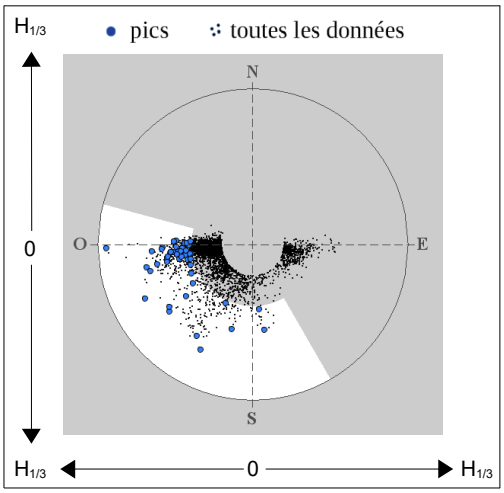
# CANDHIS : 08301-08302 – Porquerolles

## Analyse des valeurs extrêmes de $H_{1/3}$ : DIRECTION DE PROVENANCE 150° à 285°

### Sélection des pics de tempête

| | Seuil (u) | Nb évts/an | Cambrure $H_{1/3}/L_{avd}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | | | médiane | Int.Conf.70% |
| **GPD** | 3,20 m | 8,85 | 1/28 | 1/31 à 1/26 |
| **Loi Exp** | 3,25 m | 8,49 | 1/28 | 1/31 à 1/26 |

### $Dir_p$ aux pics de tempête




### Paramètres des lois d'ajustement

**GPD :** $Pr\{H_{1/3}>h|h>u\}=\left(1+\xi\frac{h-u}{\sigma}\right)^{-1/\xi}$

avec $\sigma$ = 0,705249 et $\xi$ = -0,145366

**Loi Exp. :** $Pr\{H_{1/3}>h|h>u\}=\exp[-\rho(h-u)]$

avec $\rho$ = 1,693694

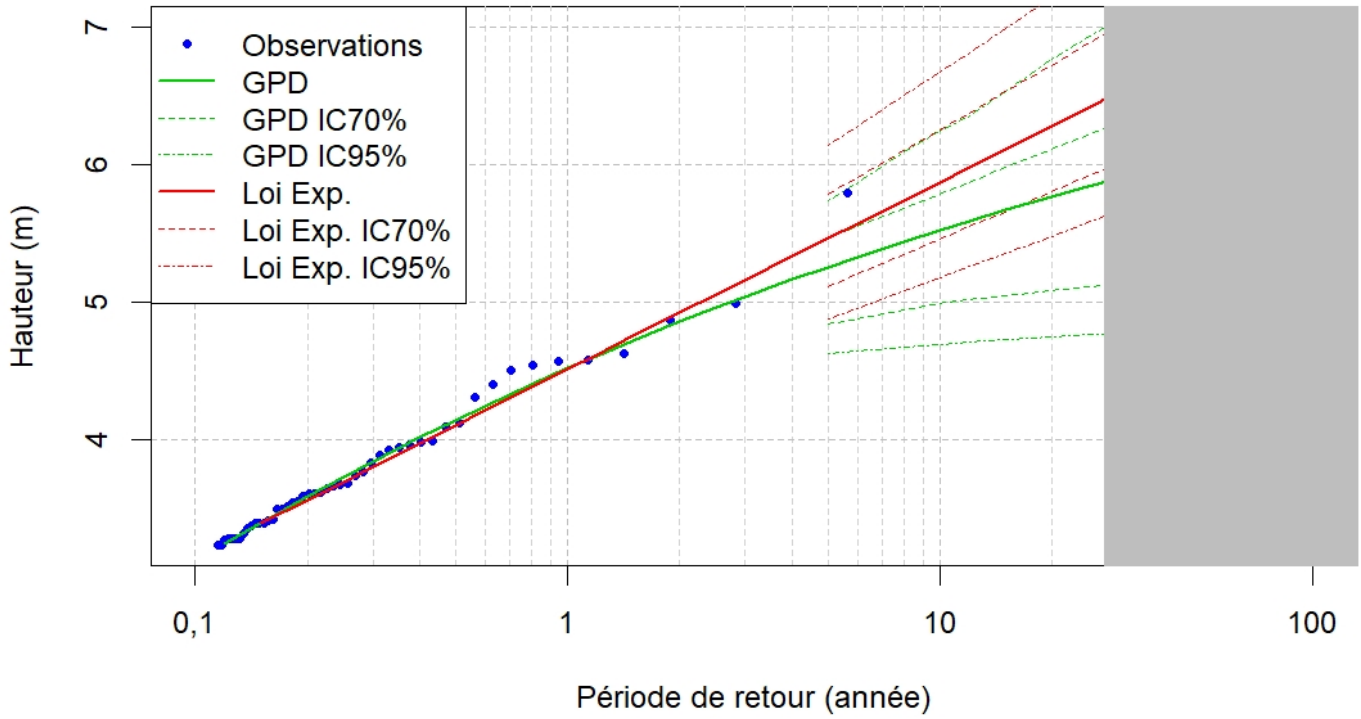
### Niveaux de retour

| Période de retour | $H_{1/3}$ (mètres) | | Int. de Conf. 70% (mètres) | |
|---|---|---|---|---|
| | **GPD** | **Loi Exp.** | **GPD** | **Loi Exp.** |
| 5 ans | 5,26 | 5,46 | 4,84 à 5,46 | 5,11 à 5,79 |
| 10 ans | 5,52 | 5,87 | 4,99 à 5,79 | 5,46 à 6,25 |
| 20 ans | 5,77 | 6,28 | 5,08 à 6,11 | 5,80 à 6,72 |
| 50 ans | 6,05 | 6,82 | 5,18 à 6,52 | 6,26 à 7,34 |

| $T_{avd}$ Int.Conf.70% (secondes) (i) | |
|---|---|
| **GPD** | **Loi Exp.** |
| 9,27 à 10,27 | 9,46 à 10,48 |
| 9,51 à 10,53 | 9,81 à 10,87 |
| 9,72 à 10,77 | 10,15 à 11,25 |
| 9,96 à 11,04 | 10,59 à 11,75 |

(i) $T_{avd}=\sqrt{(2\pi L_{avd}/g).\tanh(2\pi Prof/L_{avd})}$ avec $L_{avd}=H_{1/3}/Cambrure$

### Ajustement statistique :



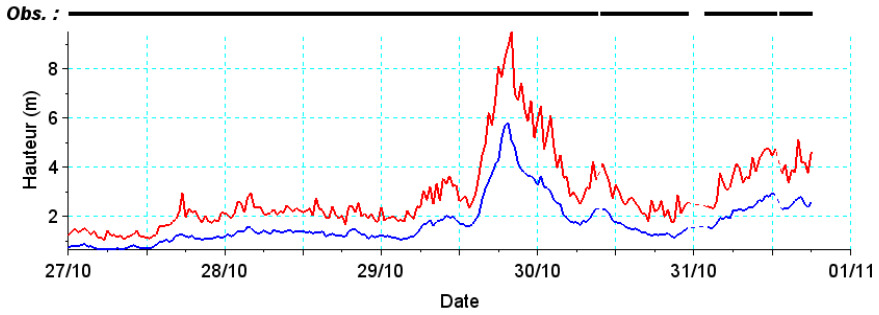
# CANDHIS : 08301-08302 – Porquerolles

## Sélection des événements remarquables

### Tempête du 29/10/18

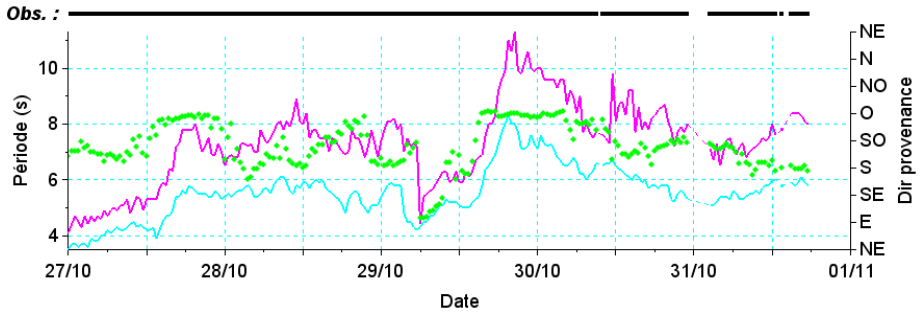
**Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$**

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




**Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$**

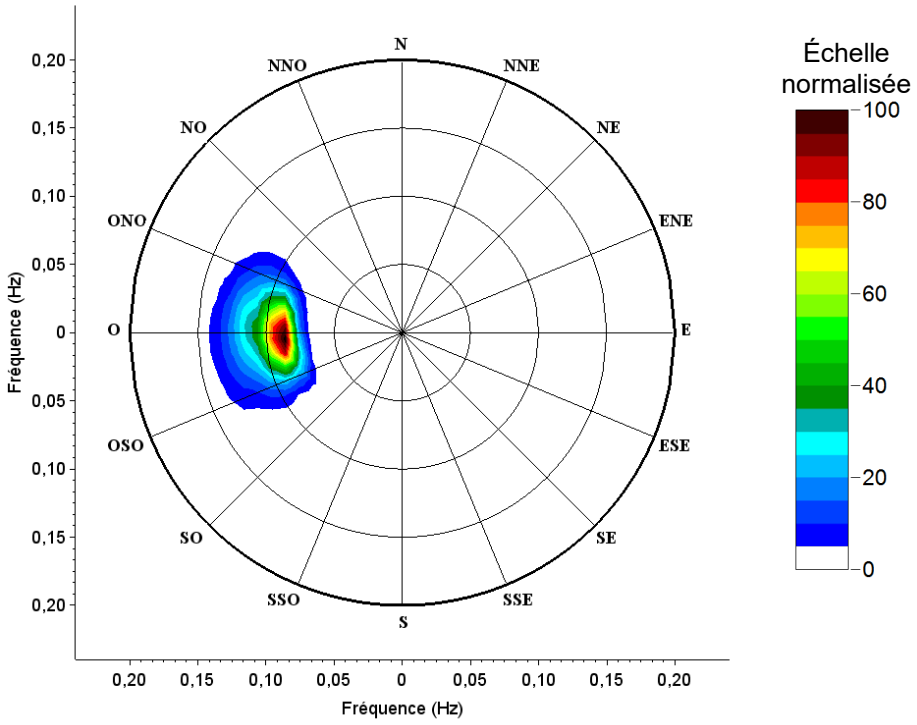
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




**Pic de tempête**

| Pic du | 29/10 19h30 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 5,79 |
| $H_{1/10}$ (m) | 7,37 |
| $H_{max}$ (m) | 8,94 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 9,9 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 9,9 |
| $T_{avd}$ (s) | 8,5 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 9,8 |
| $S_z$ | 1/17 |
| $H_{m0}$ (m) | 6,04 |
| $T_p$ (s) | 11,0 |
| $T_{02}$ (s) | 8,3 |
| $T_e$ (s) | 9,8 |
| $Dir_p$ (°) | 269 |
| $Etal_p$ (°) | 19 |

Spectre directionnel de variance



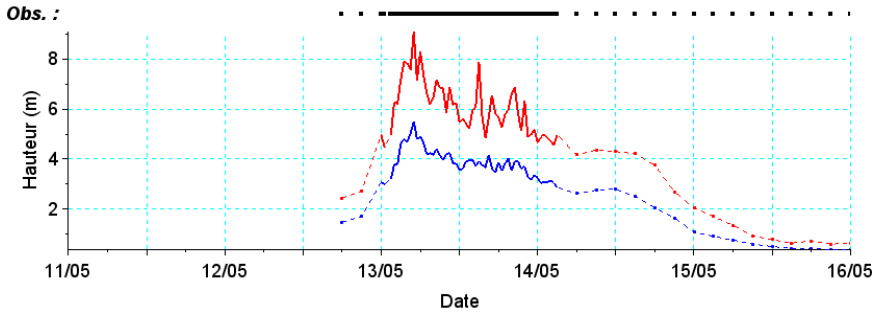
# CANDHIS : 08301-08302 – Porquerolles

## Sélection des événements remarquables

Tempête du 13/05/95

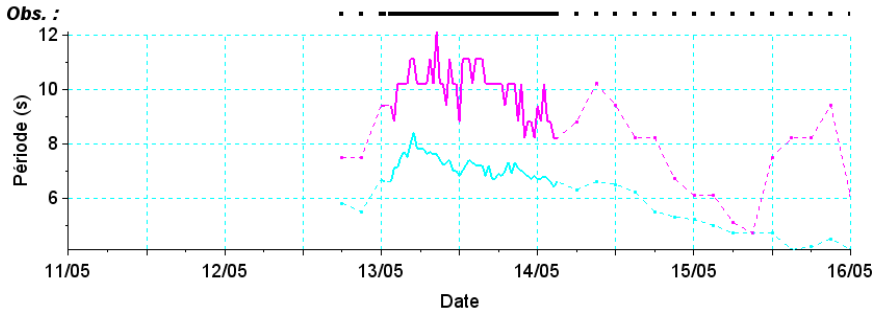
### Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




### Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$

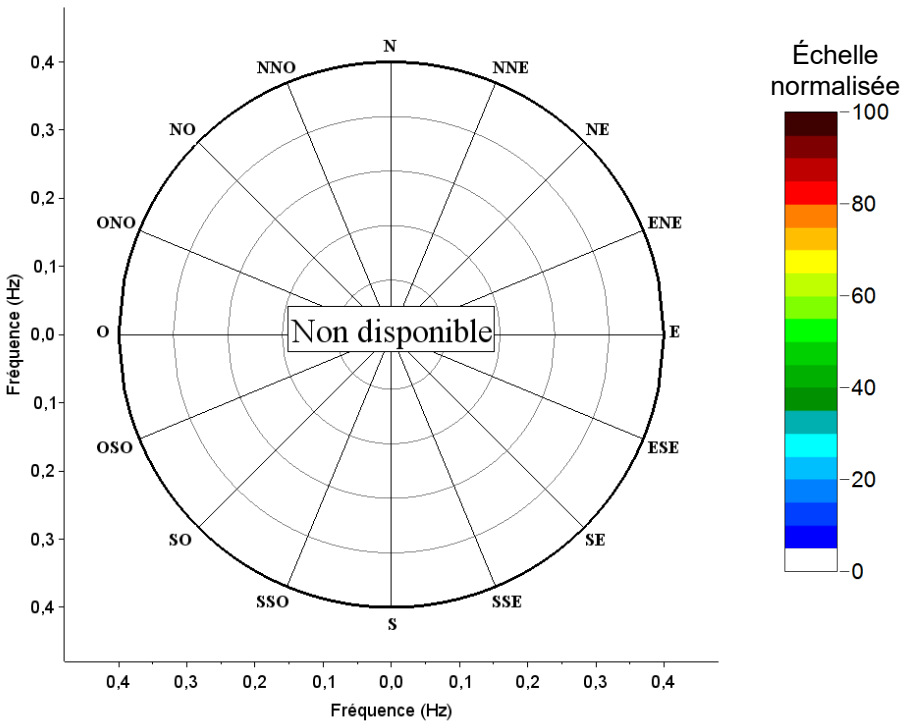
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




### Pic de tempête

| Pic du | 13/05 5h00 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 5,51 |
| $H_{1/10}$ (m) | 7,30 |
| $H_{max}$ (m) | 9,09 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 10,4 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 10,3 |
| $T_{avd}$ (s) | 8,1 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 10,6 |
| $S_z$ | 1/19 |
| $H_{m0}$ (m) | 5,83 |
| $T_p$ (s) | 11,1 |
| $T_{02}$ (s) | 8,4 |
| $T_e$ (s) | 9,8 |
| $Dir_p$ (°) | - |
| $Etal_p$ (°) | - |

### Spectre directionnel de variance



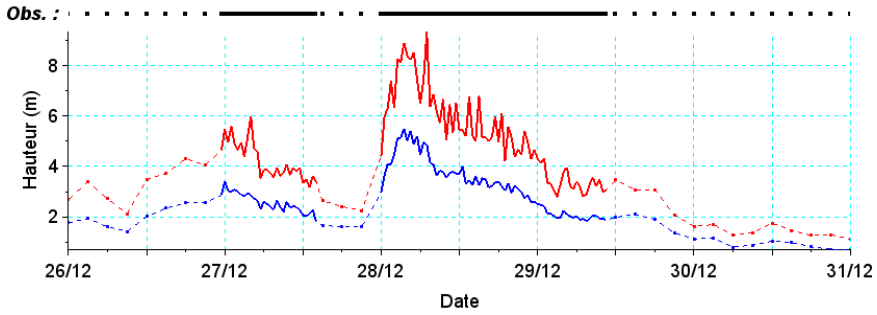
# CANDHIS : 08301-08302 – Porquerolles

## Sélection des événements remarquables

### Tempête du 28/12/99

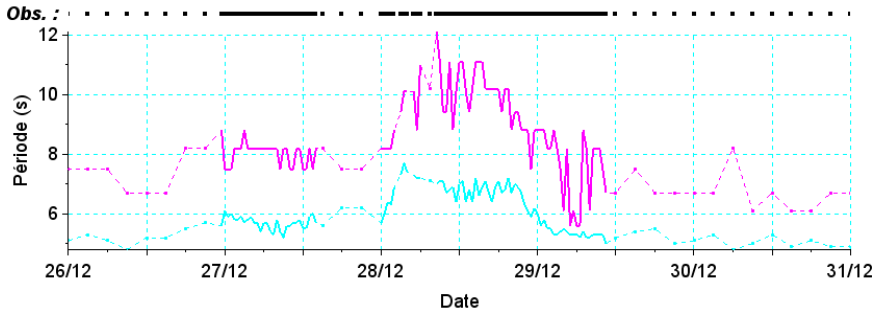
**Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$**

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




**Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$**

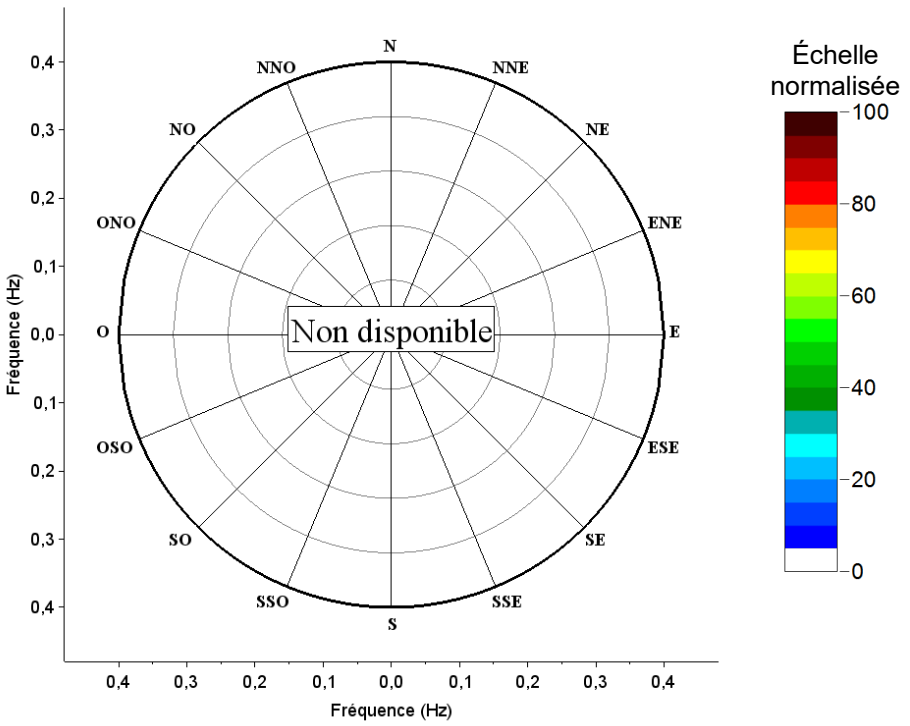
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




**Pic de tempête**

| Pic du | 28/12 3h30 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 5,50 |
| $H_{1/10}$ (m) | 7,09 |
| $H_{max}$ (m) | 8,91 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 9,0 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 9,4 |
| $T_{avd}$ (s) | 7,3 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 10,1 |
| $S_z$ | 1/14 |
| $H_{m0}$ (m) | 6,25 |
| $T_p$ (s) | 10,1 |
| $T_{02}$ (s) | 7,7 |
| $T_e$ (s) | 9,0 |
| $Dir_p$ (°) | - |
| $Etal_p$ (°) | - |

Spectre directionnel de variance



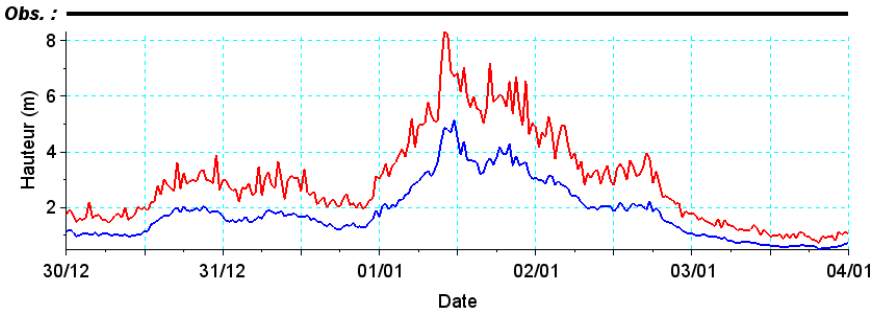
# CANDHIS : 08301-08302 – Porquerolles

## Sélection des événements remarquables

### Tempête du 01/01/10

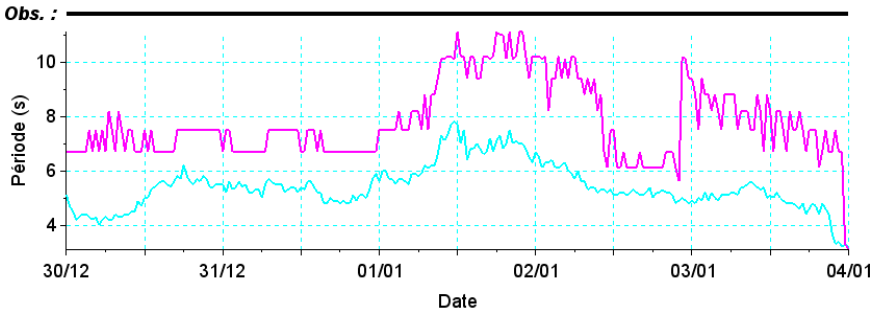
**Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$**

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




**Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$**

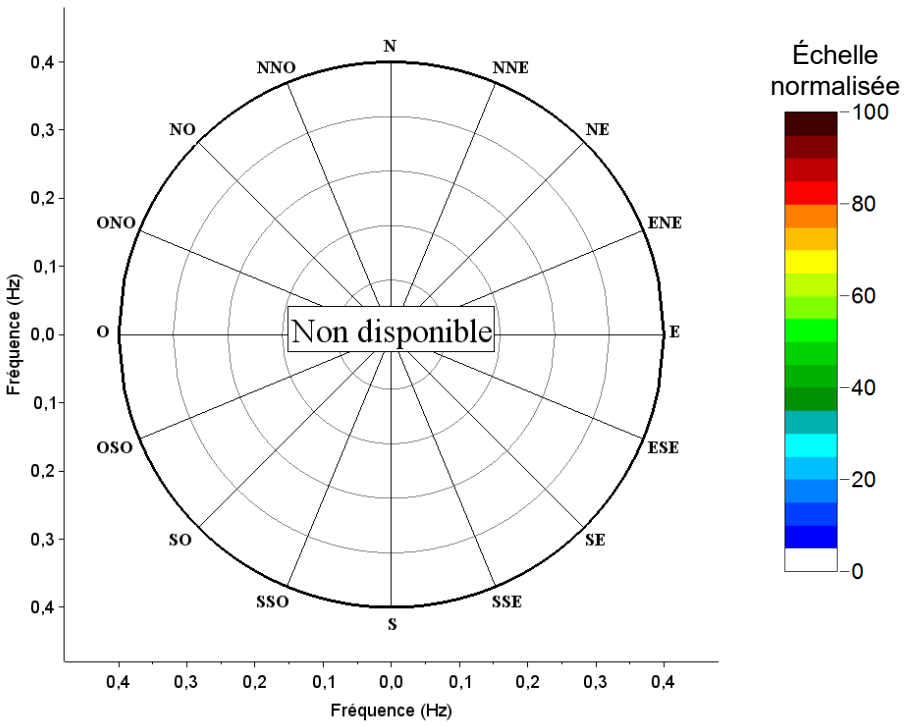
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




**Pic de tempête**

| Pic du | 01/01 11h30 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 5,15 |
| $H_{1/10}$ (m) | 6,15 |
| $H_{max}$ (m) | 6,73 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 9,4 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 9,1 |
| $T_{avd}$ (s) | 8,0 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 9,5 |
| $S_z$ | 1/17 |
| $H_{m0}$ (m) | 5,68 |
| $T_p$ (s) | 10,1 |
| $T_{02}$ (s) | 7,8 |
| $T_e$ (s) | 8,9 |
| $Dir_p$ (°) | - |
| $Etal_p$ (°) | - |

Spectre directionnel de variance



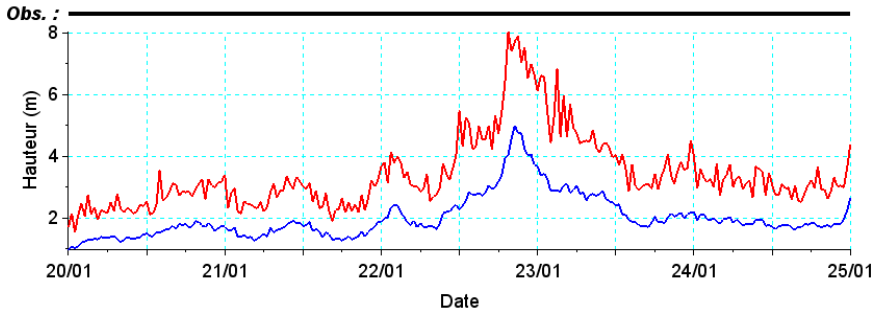
# CANDHIS : 08301-08302 – Porquerolles

## Sélection des événements remarquables

Tempête du 22/01/21

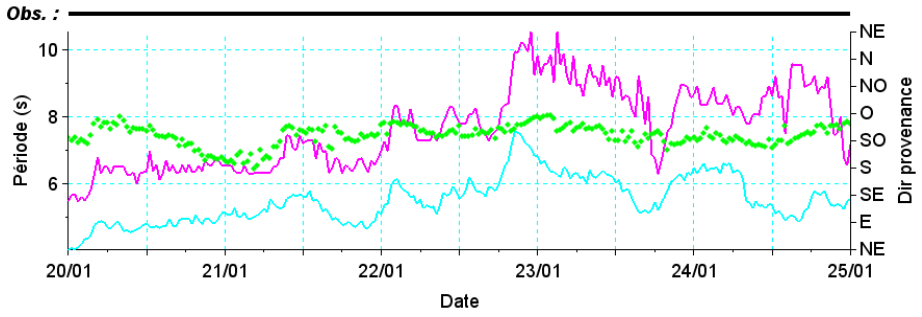
### Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




### Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$

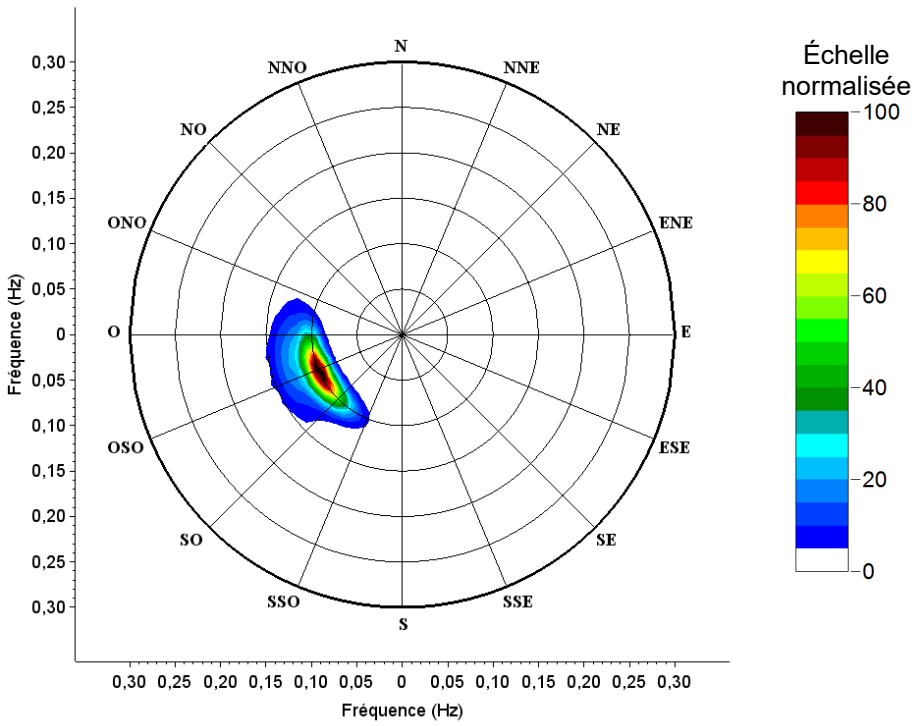
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




### Pic de tempête

| Pic du | 22/01 20h30 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 4,99 |
| $H_{1/10}$ (m) | 6,15 |
| $H_{max}$ (m) | 7,71 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 9,3 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 9,4 |
| $T_{avd}$ (s) | 8,0 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 10,0 |
| $S_z$ | 1/17 |
| $H_{m0}$ (m) | 5,28 |
| $T_p$ (s) | 10,0 |
| $T_{02}$ (s) | 7,6 |
| $T_e$ (s) | 8,9 |
| $Dir_p$ (°) | 244 |
| $Etal_p$ (°) | 24 |

### Spectre directionnel de variance



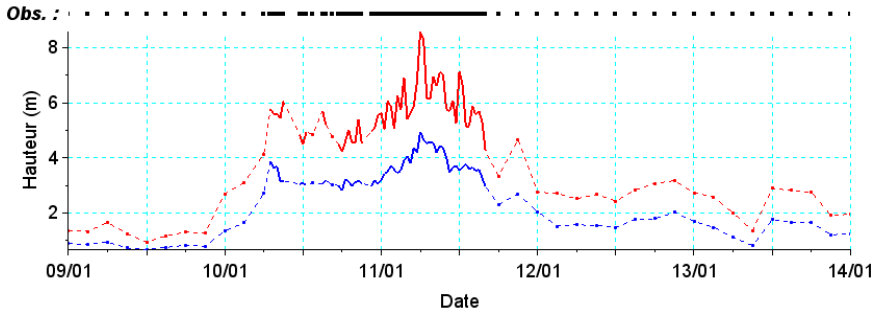
# CANDHIS : 08301-08302 – Porquerolles

## Sélection des événements remarquables

### Tempête du 11/01/95

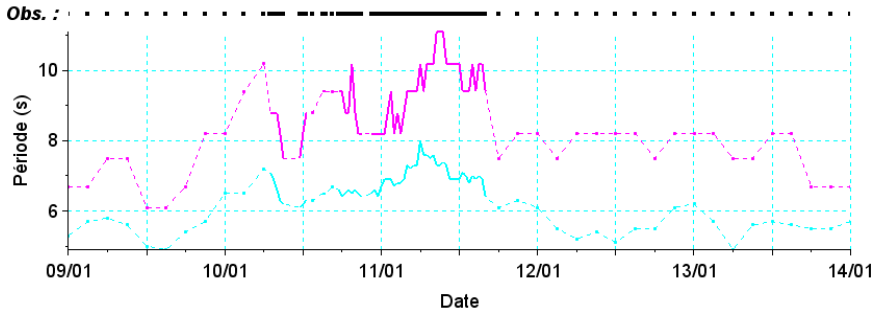
**Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$**

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




**Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$**

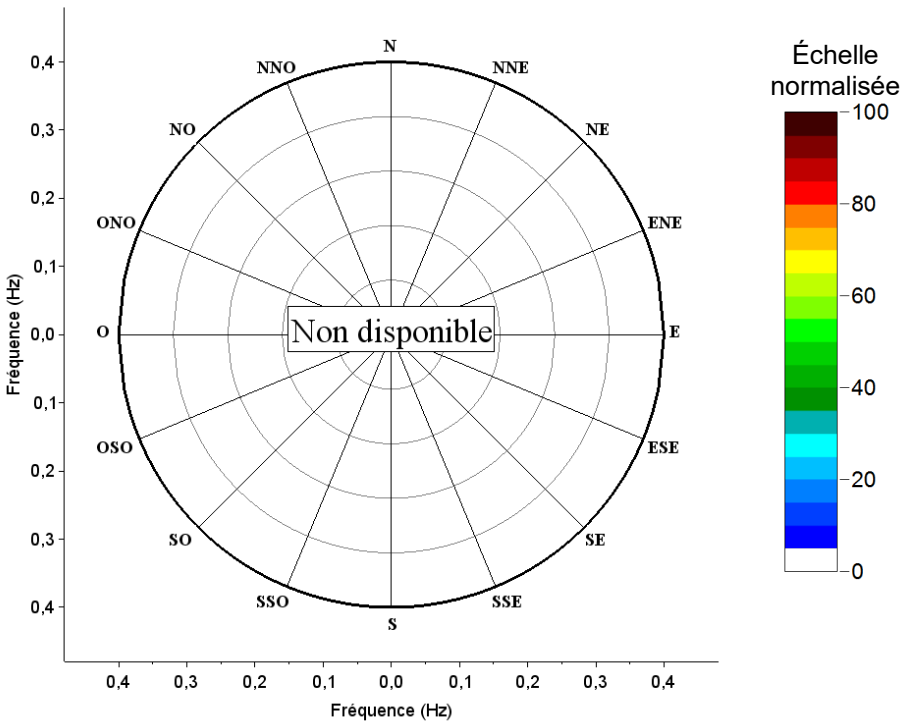
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




**Pic de tempête**

| Pic du | 11/01 6h00 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 4,95 |
| $H_{1/10}$ (m) | 6,15 |
| $H_{max}$ (m) | 8,57 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 9,4 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 9,4 |
| $T_{avd}$ (s) | 7,9 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 8,4 |
| $S_z$ | 1/17 |
| $H_{m0}$ (m) | 5,32 |
| $T_p$ (s) | 10,2 |
| $T_{02}$ (s) | 8,0 |
| $T_e$ (s) | 9,1 |
| $Dir_p$ (°) | - |
| $Etal_p$ (°) | - |

Spectre directionnel de variance



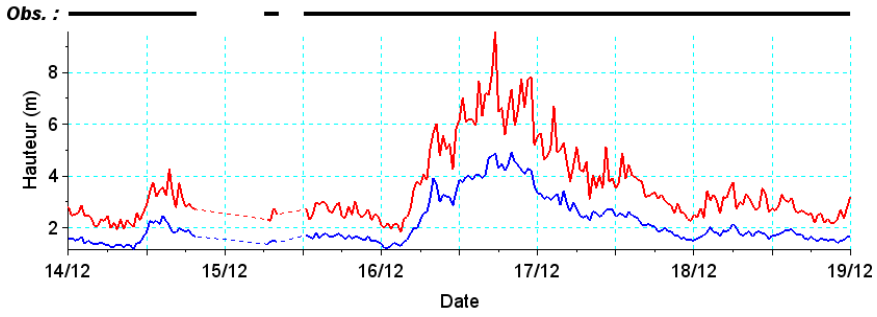
# CANDHIS : 08301-08302 – Porquerolles

## Sélection des événements remarquables

Tempête du 16/12/11

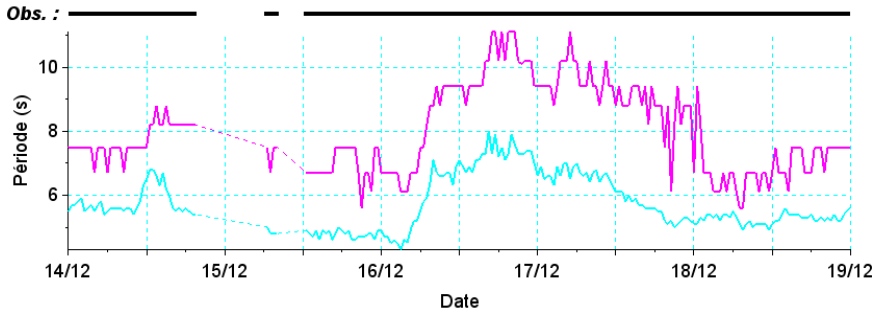
### Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




### Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$

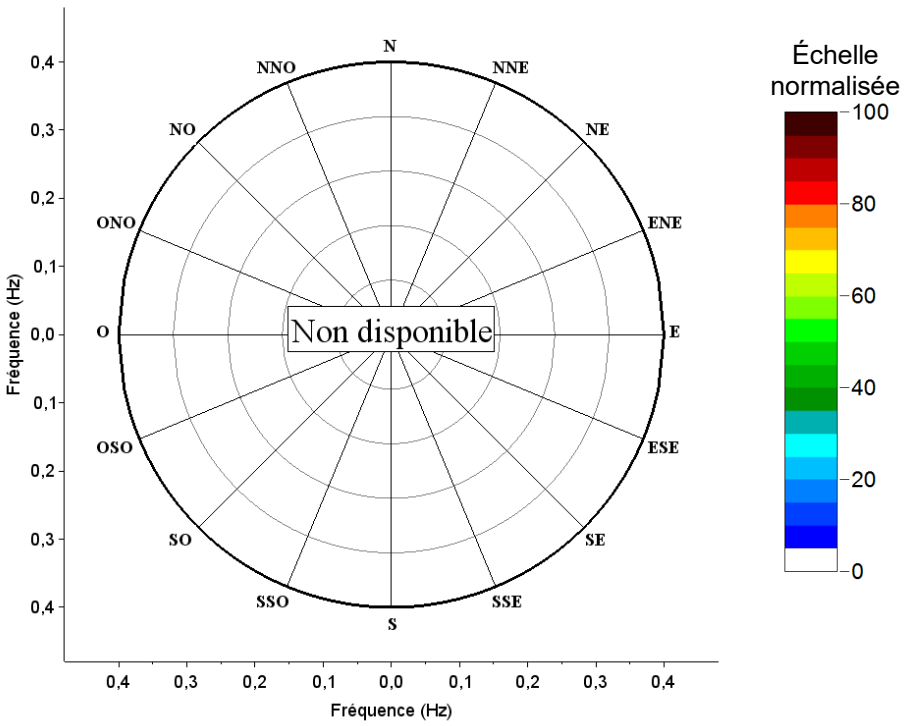
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




### Pic de tempête

| Pic du | 16/12 20h00 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 4,93 |
| $H_{1/10}$ (m) | 5,95 |
| $H_{max}$ (m) | 7,37 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 9,9 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 10,2 |
| $T_{avd}$ (s) | 7,7 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 9,6 |
| $S_z$ | 1/15 |
| $H_{m0}$ (m) | 5,23 |
| $T_p$ (s) | 11,1 |
| $T_{02}$ (s) | 7,9 |
| $T_e$ (s) | 9,5 |
| $Dir_p$ (°) | - |
| $Etal_p$ (°) | - |

### Spectre directionnel de variance



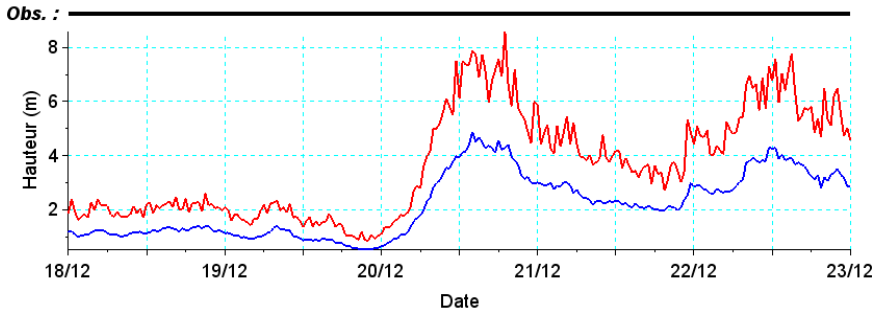
# CANDHIS : 08301-08302 – Porquerolles

## Sélection des événements remarquables

Tempête du 20/12/19

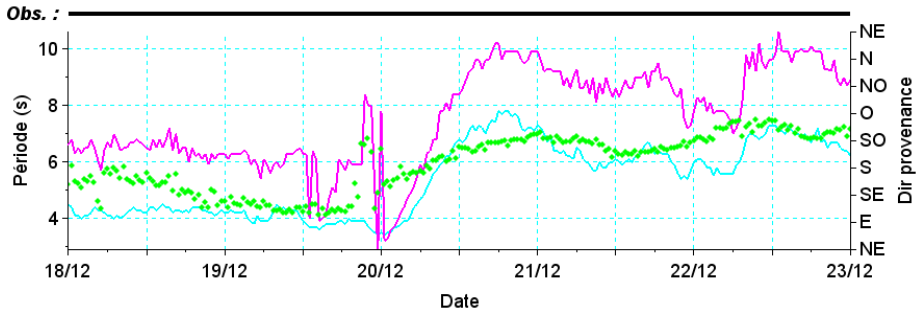
### Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




### Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$

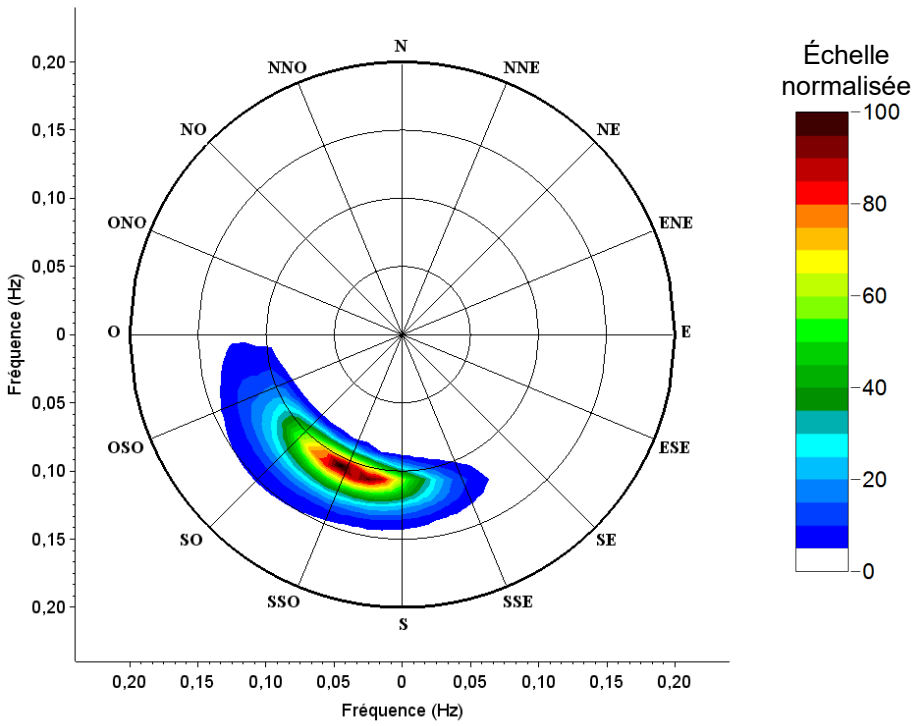
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




### Pic de tempête

| Pic du | 20/12 14h00 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 4,87 |
| $H_{1/10}$ (m) | 5,70 |
| $H_{max}$ (m) | 7,88 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 8,6 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 8,6 |
| $T_{avd}$ (s) | 7,5 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 8,5 |
| $S_z$ | 1/16 |
| $H_{m0}$ (m) | 5,15 |
| $T_p$ (s) | 9,3 |
| $T_{02}$ (s) | 7,3 |
| $T_e$ (s) | 8,4 |
| $Dir_p$ (°) | 207 |
| $Etal_p$ (°) | 33 |

### Spectre directionnel de variance



# CANDHIS : 98000 – Monaco

## Informations générales

**Durée d'observation :** 6,31 ans
du 29/10/14 au 14/09/21

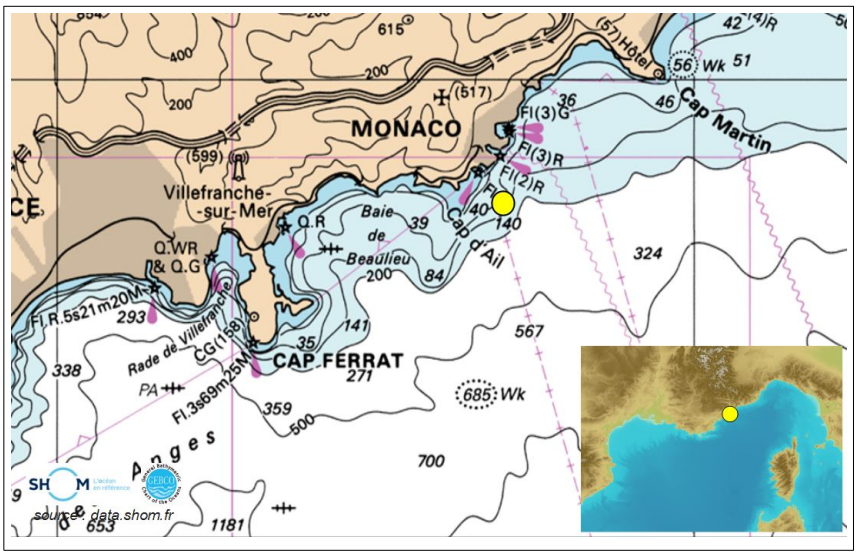
**Latitude :** 43°42,815'N

**Longitude :** 07°25,570'E

**Distance à la côte :** 0,8 mille

**Profondeur :** 92 mètres

**Marnage (VEM) :** -



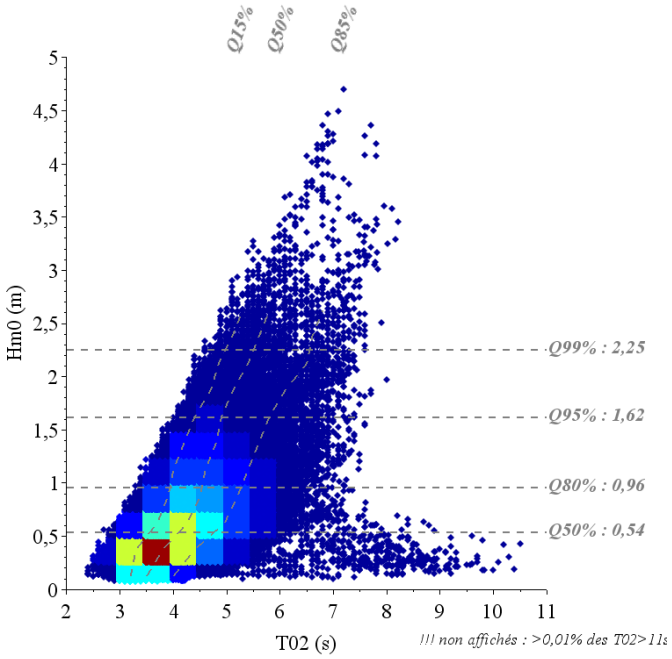

**Taux de disponibilité :**

| | janv. | fév. | mars | avril | mai | juin | juil. | août | sept. | oct. | nov. | déc. | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **2014** | | | | | | | | | | 8% | 100% | 100% | 17% |
| **2015** | 100% | 100% | 100% | 100% | 99% | 98% | 98% | 98% | 100% | 100% | 100% | 100% | 99% |
| **2016** | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 99% | 65% | 62% | 98% | 100% | 100% | 1% | 85% |
| **2017** | | | 37% | 100% | 97% | 72% | 99% | 98% | 99% | 100% | 100% | 100% | 75% |
| **2018** | 100% | 100% | 100% | 99% | 99% | 99% | 48% | 98% | 99% | 100% | 99% | 100% | 95% |
| **2019** | 99% | 99% | 100% | 100% | 100% | 98% | 97% | 98% | 19% | 100% | 100% | 100% | 92% |
| **2020** | 100% | 100% | 100% | 98% | 100% | 99% | 100% | 99% | 97% | 56% | 100% | 100% | 96% |
| **2021** | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 44% | | | | 70% |
| **Total** | **75%** | **75%** | **80%** | **87%** | **87%** | **83%** | **76%** | **82%** | **69%** | **70%** | **87%** | **75%** | **79%** |

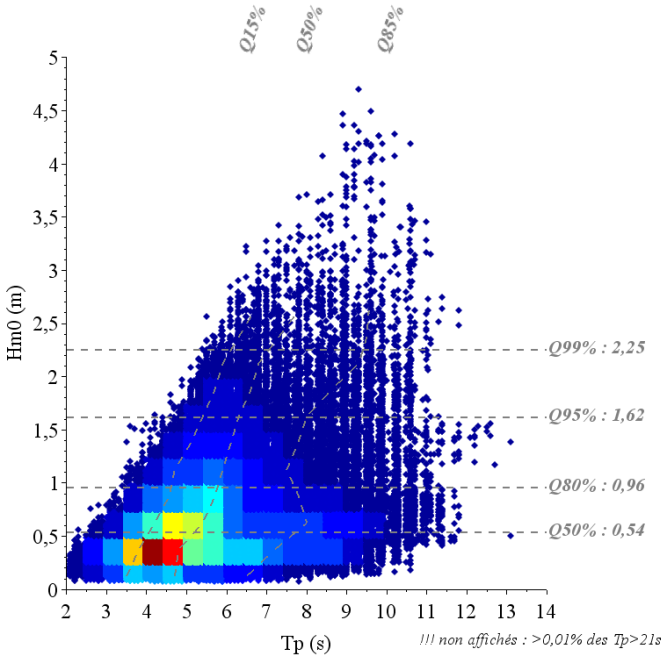
# CANDHIS : 98000 – Monaco

**Climatologie moyenne : ANNUELLE (janvier à décembre)**

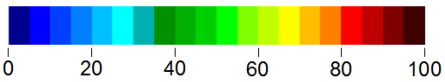
► $H_{m0}$ fonction de $T_{02}$



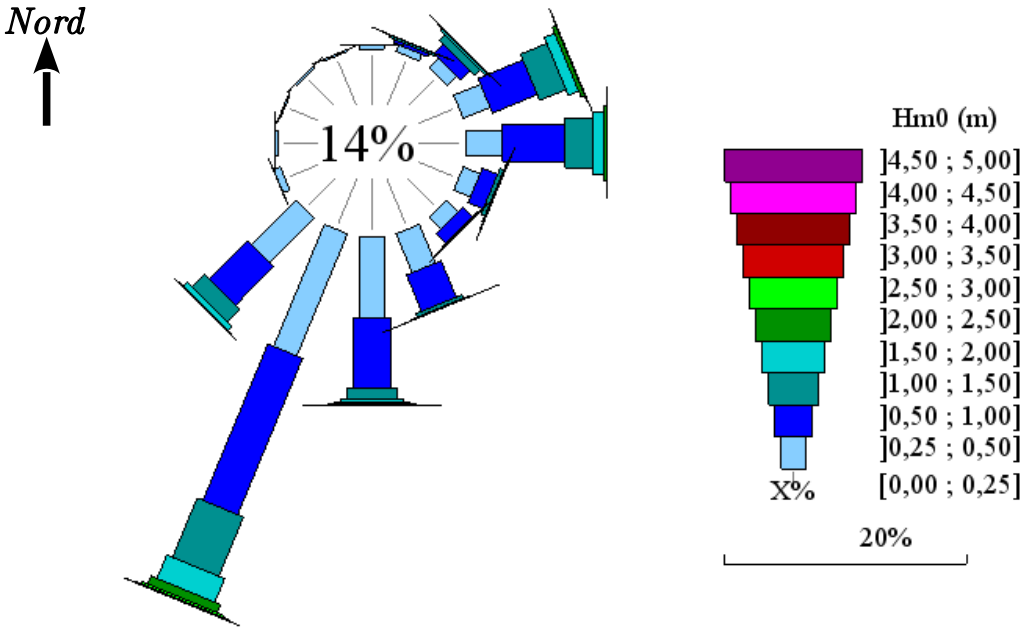

► $H_{m0}$ fonction de $T_p$




Échelle de couleurs normalisée :



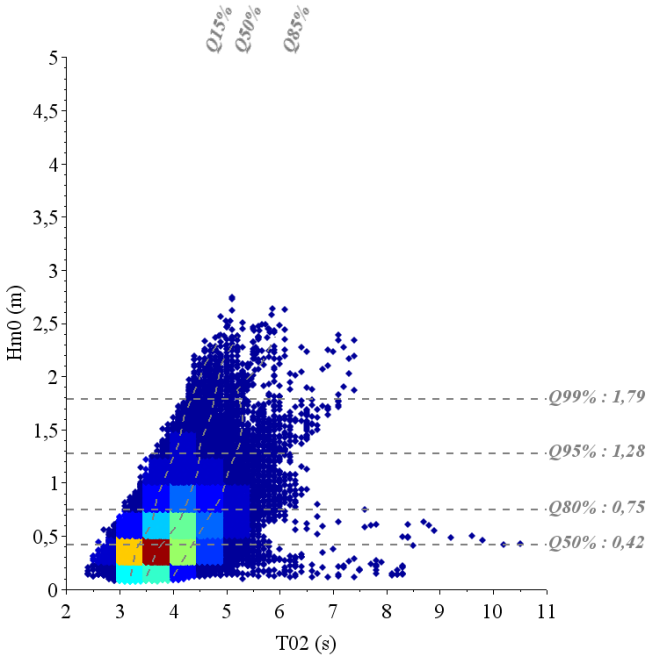

► $H_{m0}$ fonction de $Dir_p$ (rose des houles)



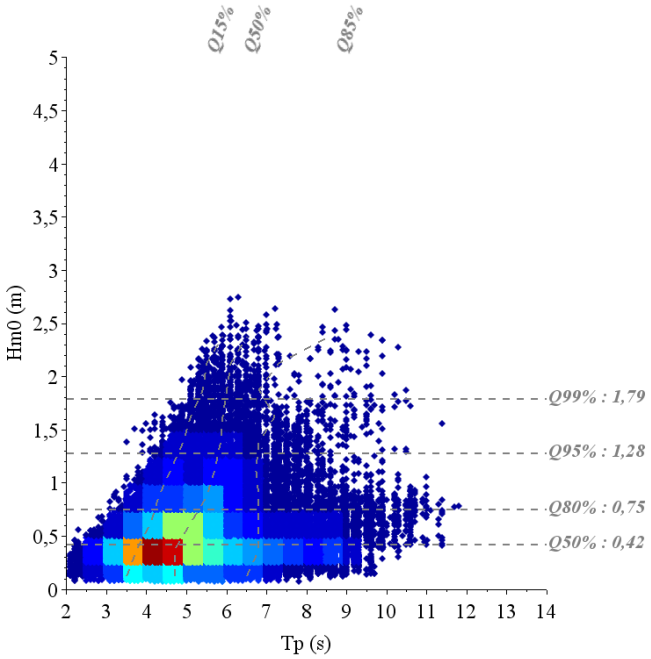
# CANDHIS : 98000 – Monaco

**Climatologie moyenne : ESTIVALE (avril à septembre)**

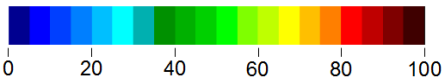
► $H_{m0}$ fonction de $T_{02}$



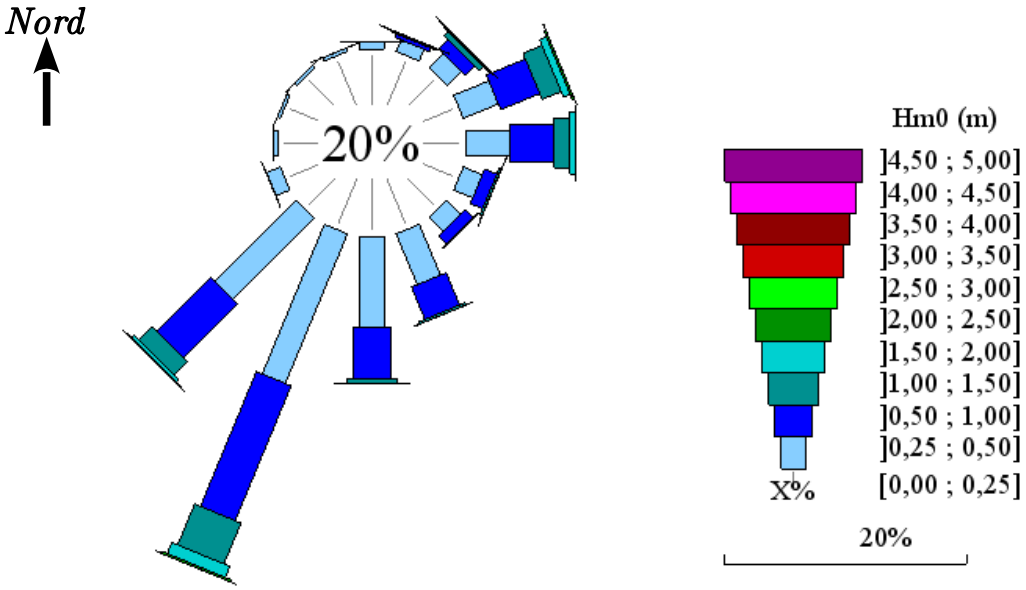

► $H_{m0}$ fonction de $T_p$




Échelle de couleurs normalisée :



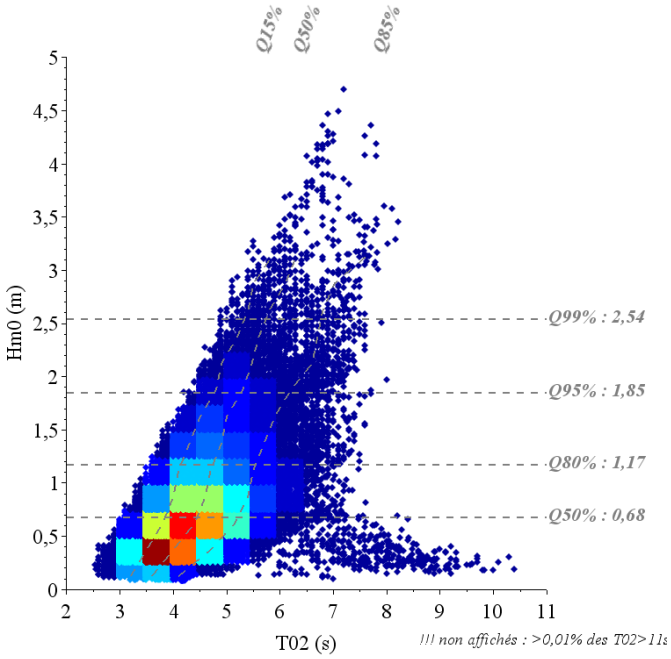

► $H_{m0}$ fonction de $Dir_p$ (rose des houles)



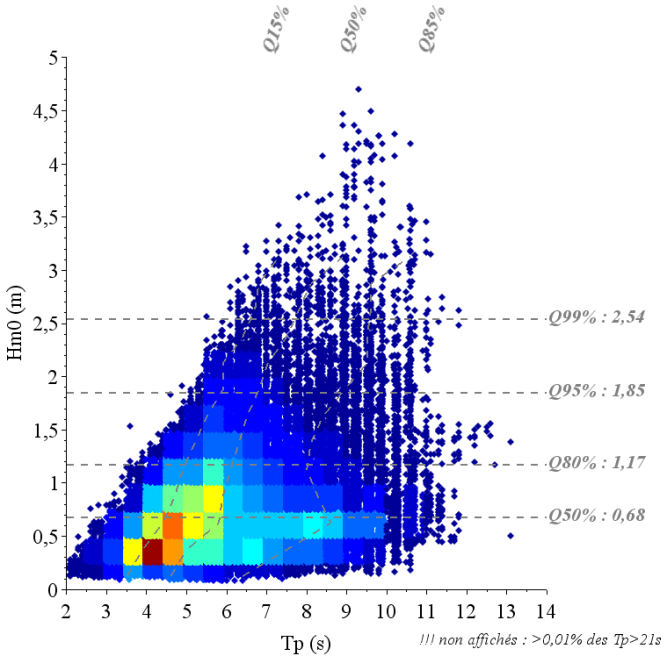
# CANDHIS : 98000 – Monaco

**Climatologie moyenne : HIVERNALE**
**(janvier à mars et octobre à décembre)**

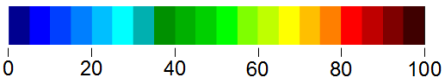
► $H_{m0}$ fonction de $T_{02}$



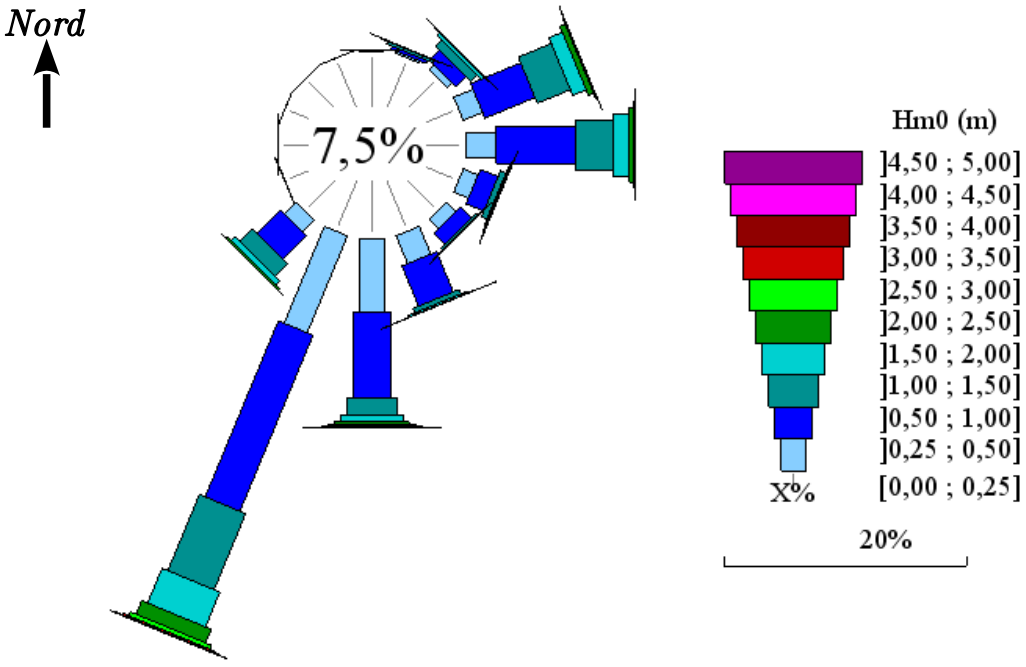

► $H_{m0}$ fonction de $T_p$




Échelle de couleurs normalisée :




► $H_{m0}$ fonction de $Dir_p$ (rose des houles)



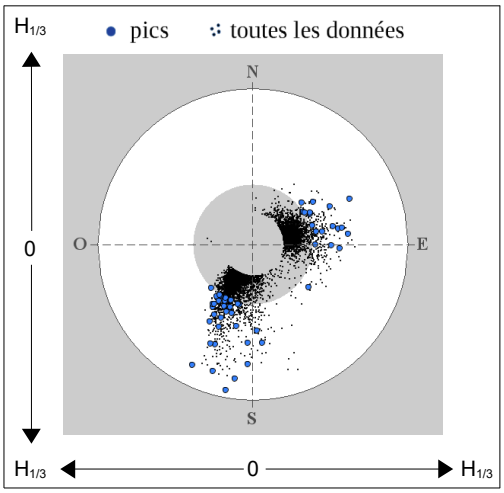
# CANDHIS : 98000 – Monaco

## Analyse des valeurs extrêmes de $H_{1/3}$ : DIRECTION DE PROVENANCE 0° à 360°

### Sélection des pics de tempête

| | Seuil (u) | Nb évts/an | Cambrure $H_{1/3}/L_{avd}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | | | médiane | Int.Conf.70% |
| **GPD** | 2,30 m | 6,66 | 1/20 | 1/26 à 1/17 |
| **Loi Exp** | 2,25 m | 7,93 | 1/20 | 1/26 à 1/17 |

### $Dir_p$ aux pics de tempête




### Paramètres des lois d'ajustement

**GPD :** $Pr\{H_{1/3}>h|h>u\}=\left(1+\xi\frac{h-u}{\sigma}\right)^{-1/\xi}$

avec σ = 0,723394 et ξ = -0,162742

**Loi Exp. :** $Pr\{H_{1/3}>h|h>u\}=\exp[-\rho(h-u)]$

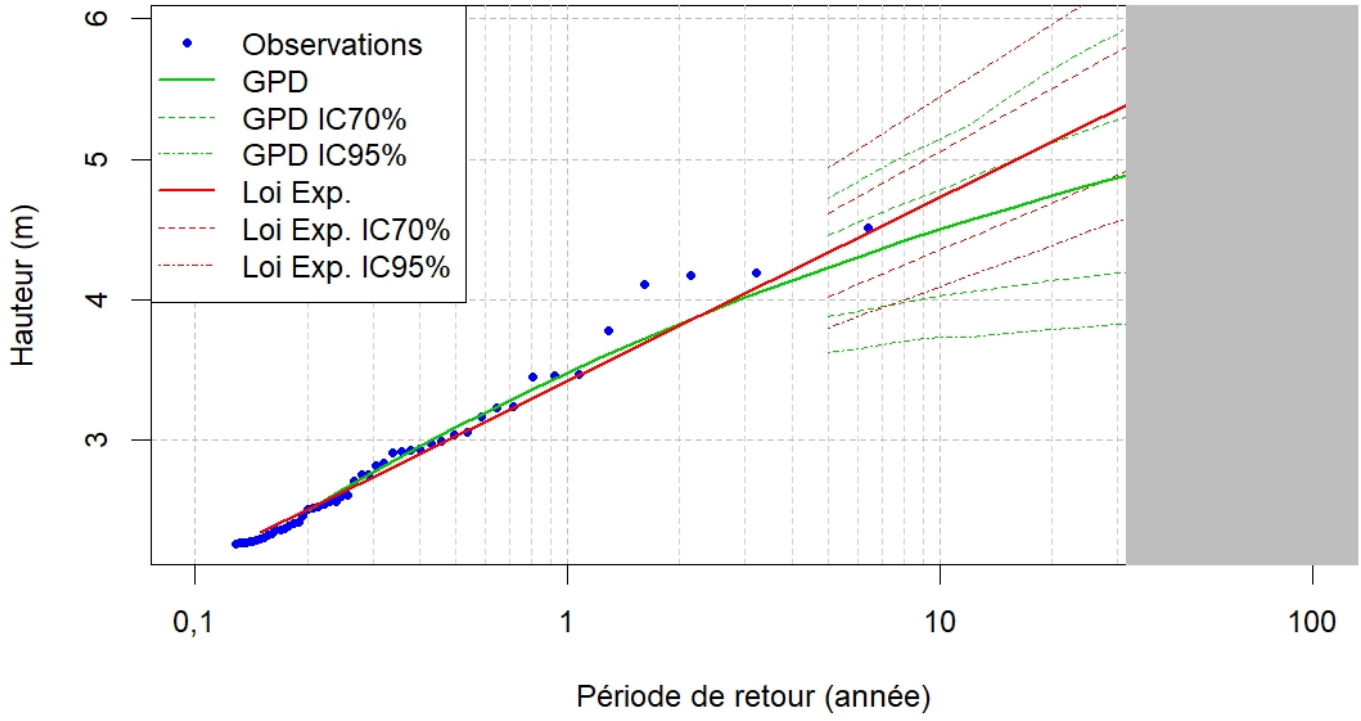
avec ρ = 1,763668

### Niveaux de retour

| Période de retour | $H_{1/3}$ (mètres) | | Int. de Conf. 70% (mètres) | | $T_{avd}$ Int.Conf.70% (secondes) (i) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **GPD** | **Loi Exp.** | **GPD** | **Loi Exp.** | **GPD** | **Loi Exp.** |
| 5 ans | 4,23 | 4,34 | 3,87 à 4,42 | 4,02 à 4,63 | 6,75 à 8,36 | 6,84 à 8,46 |
| 10 ans | 4,50 | 4,73 | 4,01 à 4,75 | 4,36 à 5,08 | 6,97 à 8,62 | 7,14 à 8,84 |
| 20 ans | 4,74 | 5,12 | 4,11 à 5,06 | 4,69 à 5,53 | 7,15 à 8,85 | 7,43 à 9,20 |

(i) $T_{avd}=\sqrt{(2\pi L_{avd}/g).\tanh(2\pi Prof/L_{avd})}$ avec $L_{avd}=H_{1/3}/Cambrure$

### Ajustement statistique :



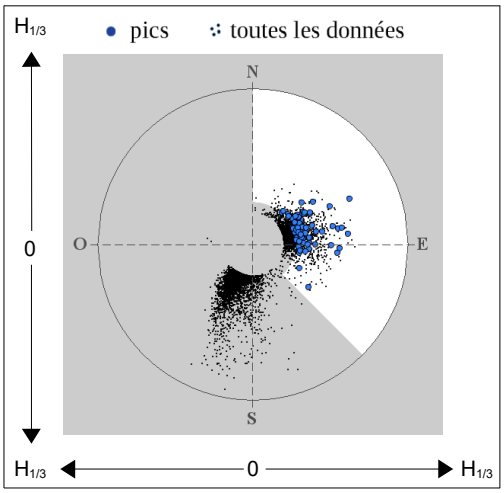
# CANDHIS : 98000 – Monaco

## Analyse des valeurs extrêmes de $H_{1/3}$ : DIRECTION DE PROVENANCE 0° à 135°

### Sélection des pics de tempête

| | Seuil (u) | Nb évts/an | Cambrure $H_{1/3}/L_{avd}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | | | médiane | Int.Conf.70% |
| **GPD** | 1,85 m | 10,94 | 1/19 | 1/23 à 1/17 |
| **Loi Exp** | 1,80 m | 12,05 | 1/20 | 1/23 à 1/17 |

### $Dir_p$ aux pics de tempête




### Paramètres des lois d'ajustement

**GPD :** $Pr\{H_{1/3}>h|h>u\}=\left(1+\xi\frac{h-u}{\sigma}\right)^{-1/\xi}$

avec $\sigma$ = 0,330830 et $\xi$ = 0,044411

**Loi Exp. :** $Pr\{H_{1/3}>h|h>u\}=\exp[-\rho(h-u)]$

avec $\rho$ = 2,784903

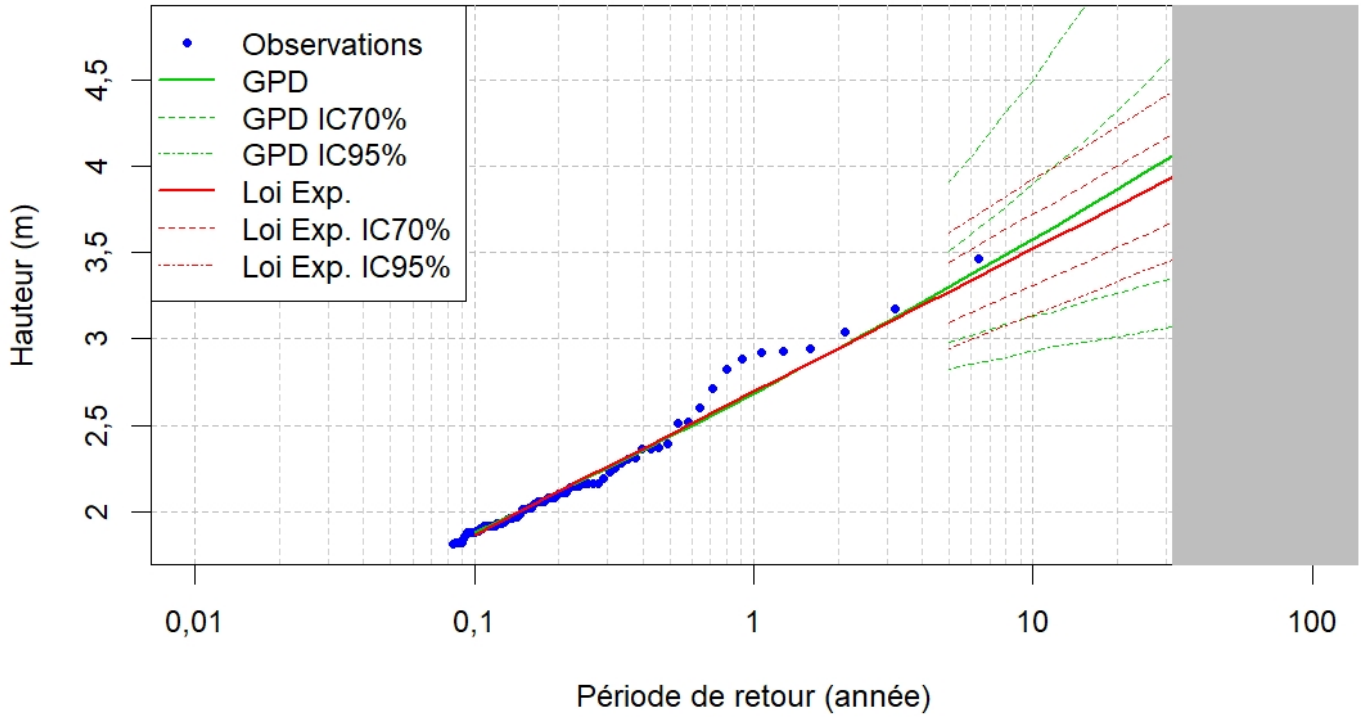
### Niveaux de retour

| Période de retour | $H_{1/3}$ (mètres) | | Int. de Conf. 70% (mètres) | |
|---|---|---|---|---|
| | **GPD** | **Loi Exp.** | **GPD** | **Loi Exp.** |
| 5 ans | 3,30 | 3,27 | 2,97 à 3,53 | 3,10 à 3,47 |
| 10 ans | 3,58 | 3,52 | 3,13 à 3,93 | 3,32 à 3,75 |
| 20 ans | 3,86 | 3,77 | 3,28 à 4,34 | 3,54 à 4,03 |

| $T_{avd}$ Int.Conf.70% (secondes) (i) | |
|---|---|
| **GPD** | **Loi Exp.** |
| 6,00 à 7,02 | 5,98 à 6,99 |
| 6,25 à 7,31 | 6,20 à 7,25 |
| 6,50 à 7,59 | 6,42 à 7,50 |

(i) $T_{avd}=\sqrt{(2\pi L_{avd}/g).\tanh(2\pi Prof/L_{avd})}$ avec $L_{avd}=H_{1/3}/Cambrure$

### Ajustement statistique :



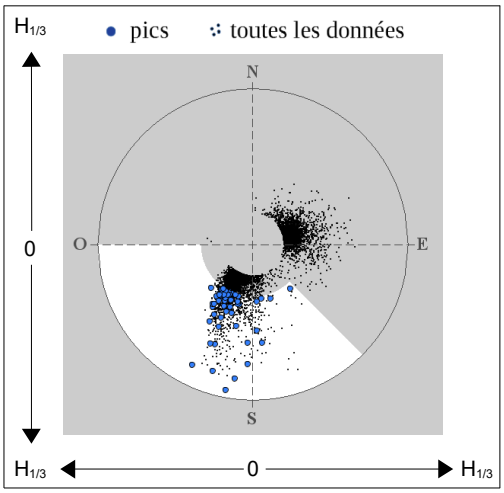
# CANDHIS : 98000 – Monaco

## Analyse des valeurs extrêmes de $H_{1/3}$ : DIRECTION DE PROVENANCE 135° à 270°

### Sélection des pics de tempête

| | Seuil (u) | Nb évts/an | Cambrure $H_{1/3}/L_{avd}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | | | médiane | Int.Conf.70% |
| **GPD** | 2,05 m | 9,04 | 1/22 | 1/29 à 1/19 |
| **Loi Exp** | 2,40 m | 3,81 | 1/22 | 1/28 à 1/19 |

### $Dir_p$ aux pics de tempête




### Paramètres des lois d'ajustement

**GPD :** $Pr\{H_{1/3}>h|h>u\}=\left(1+\xi\frac{h-u}{\sigma}\right)^{-1/\xi}$

avec $\sigma$ = 0,393168 et $\xi$ = 0,268388

**Loi Exp. :** $Pr\{H_{1/3}>h|h>u\}=\exp[-\rho(h-u)]$

avec $\rho$ = 1,415929

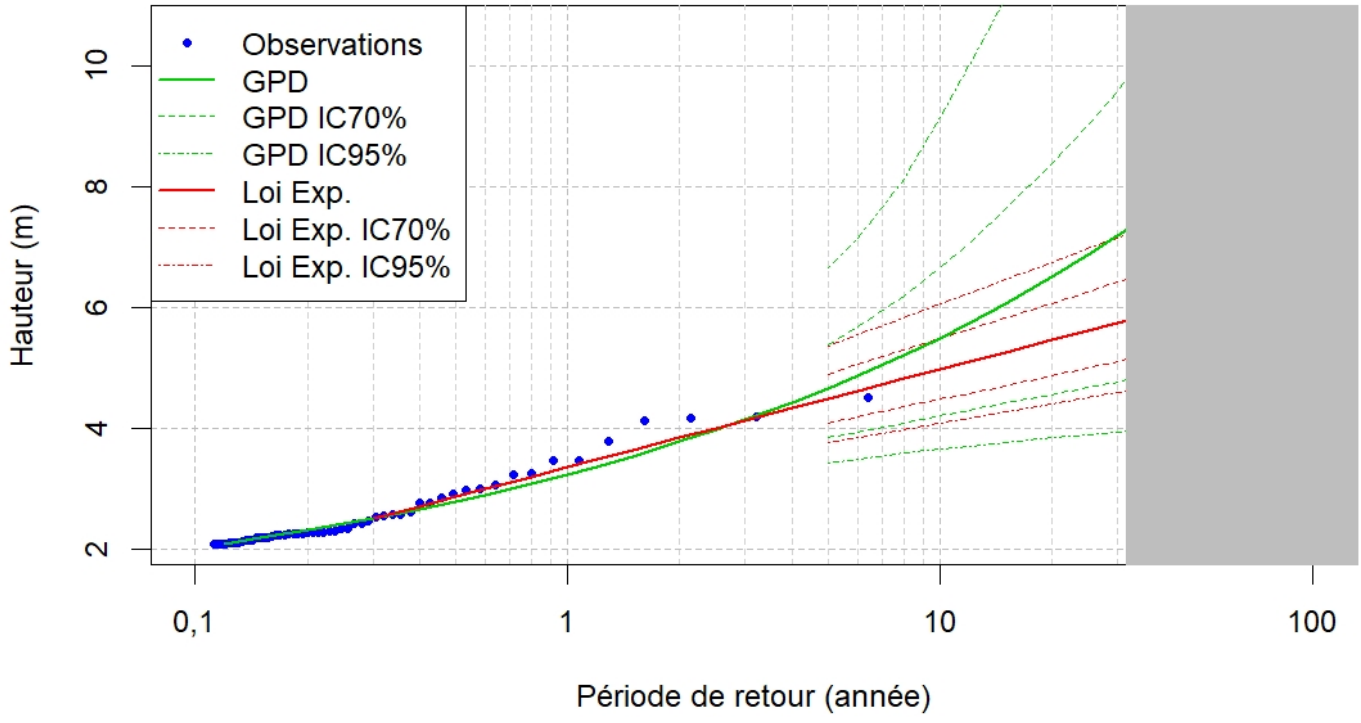
### Niveaux de retour

| Période de retour | $H_{1/3}$ (mètres) | | Int. de Conf. 70% (mètres) | |
|---|---|---|---|---|
| | **GPD** | **Loi Exp.** | **GPD** | **Loi Exp.** |
| 5 ans | 4,66 | 4,48 | 3,87 à 5,42 | 4,04 à 4,90 |
| 10 ans | 5,49 | 4,97 | 4,27 à 6,84 | 4,43 à 5,49 |
| 20 ans | 6,50 | 5,46 | 4,68 à 8,58 | 4,81 à 6,08 |

| $T_{avd}$ Int.Conf.70% (secondes) (i) | |
|---|---|
| **GPD** | **Loi Exp.** |
| 7,57 à 9,30 | 7,42 à 9,12 |
| 8,21 à 10,10 | 7,81 à 9,61 |
| 8,93 à 11,00 | 8,19 à 10,07 |

(i) $T_{avd}=\sqrt{(2\pi L_{avd}/g).\tanh(2\pi Prof/L_{avd})}$ avec $L_{avd}=H_{1/3}/Cambrure$

### Ajustement statistique :



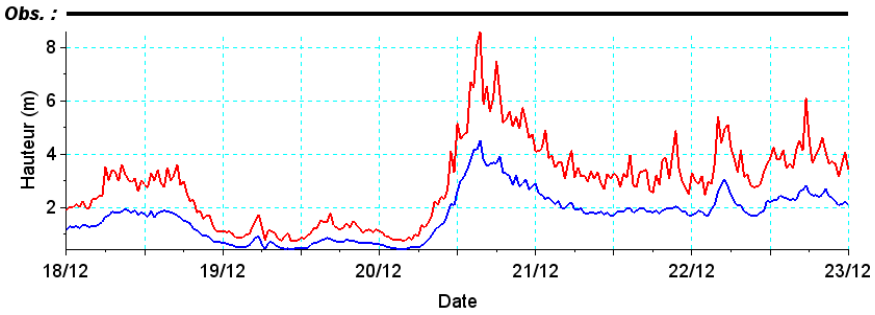
# CANDHIS : 98000 – Monaco

## Sélection des événements remarquables

### Tempête du 20/12/19

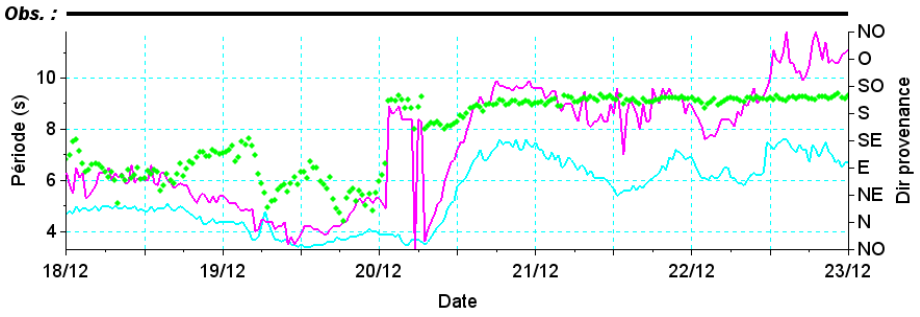
### Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




### Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$

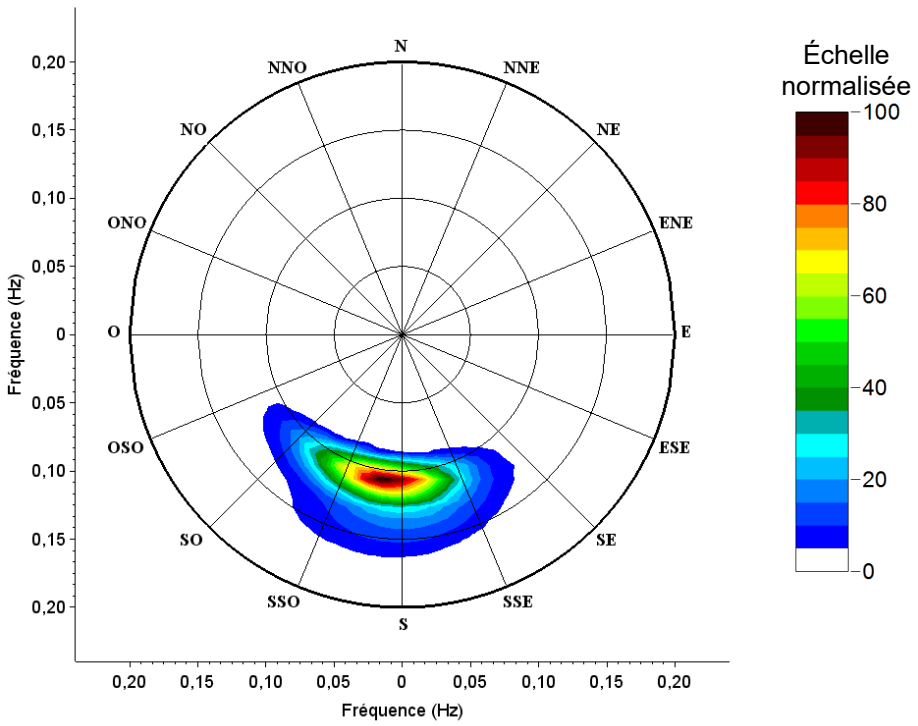
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




### Pic de tempête

| Pic du | 20/12 15h30 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 4,51 |
| $H_{1/10}$ (m) | 5,78 |
| $H_{max}$ (m) | 8,58 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 8,4 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 8,8 |
| $T_{avd}$ (s) | 7,2 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 8,4 |
| $S_z$ | 1/15 |
| $H_{m0}$ (m) | 4,70 |
| $T_p$ (s) | 9,3 |
| $T_{02}$ (s) | 7,2 |
| $T_e$ (s) | 8,3 |
| $Dir_p$ (°) | 191 |
| $Etal_p$ (°) | 29 |

### Spectre directionnel de variance



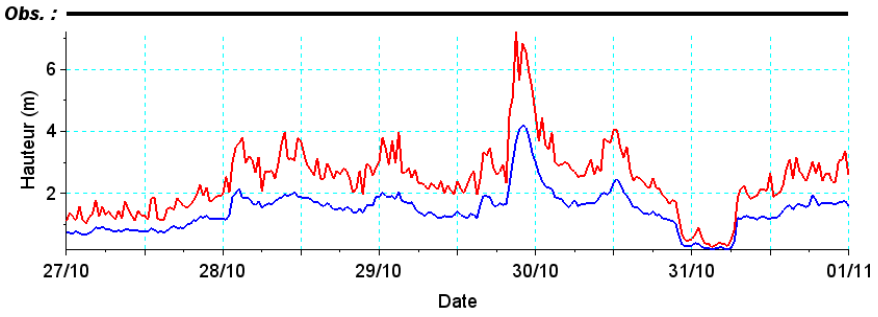
# CANDHIS : 98000 – Monaco

## Sélection des événements remarquables

### Tempête du 29/10/18

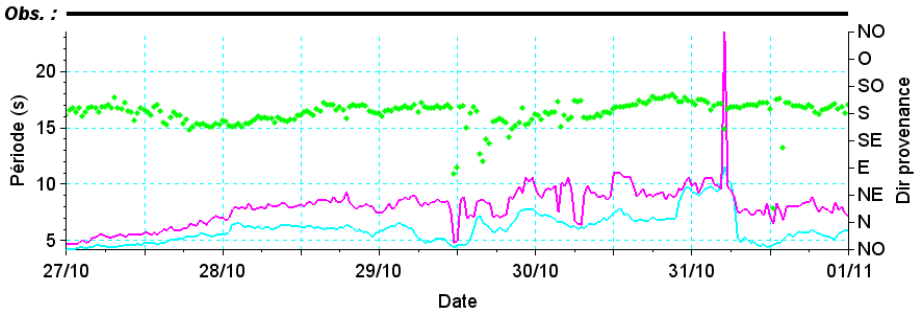
**Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$**

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




**Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$**

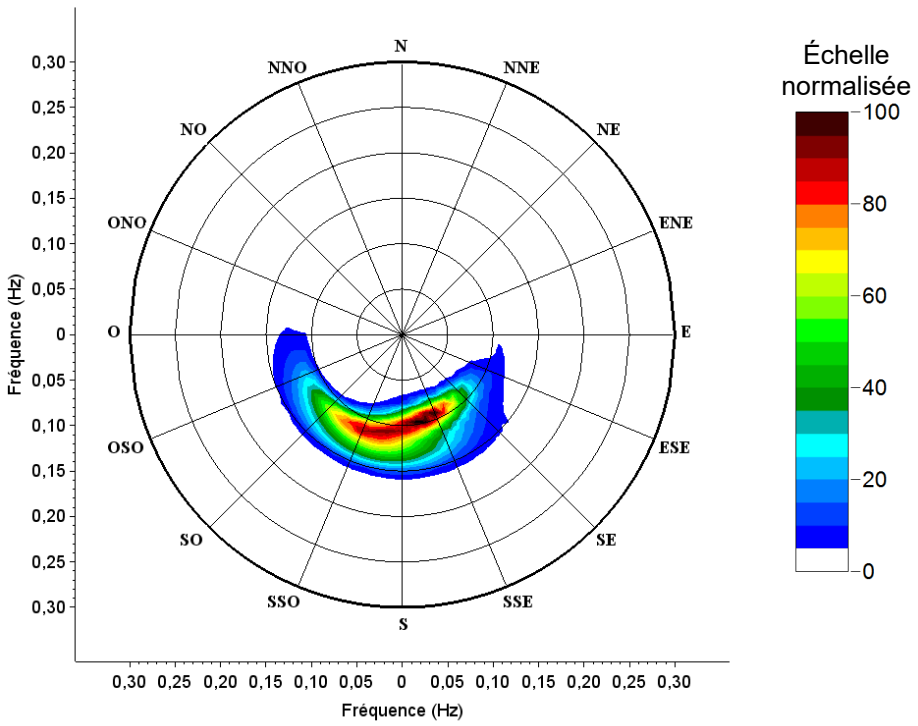
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




**Pic de tempête**

| Pic du | 29/10 22h00 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 4,19 |
| $H_{1/10}$ (m) | 5,18 |
| $H_{max}$ (m) | 6,83 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 9,0 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 8,8 |
| $T_{avd}$ (s) | 7,8 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 8,5 |
| $S_z$ | 1/21 |
| $H_{m0}$ (m) | 4,36 |
| $T_p$ (s) | 9,1 |
| $T_{02}$ (s) | 7,7 |
| $T_e$ (s) | 8,9 |
| $Dir_p$ (°) | 188 |
| $Etal_p$ (°) | 42 |

Spectre directionnel de variance



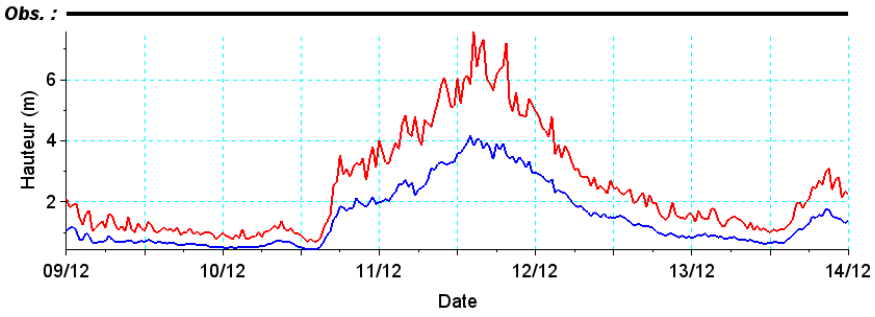
# CANDHIS : 98000 – Monaco

## Sélection des événements remarquables

Tempête du 11/12/17

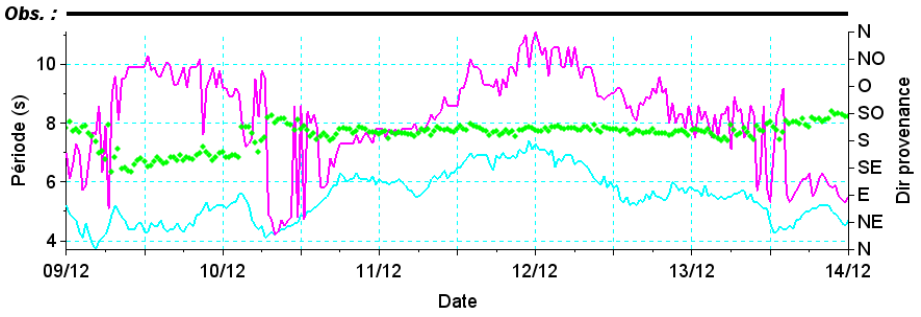
### Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




### Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$

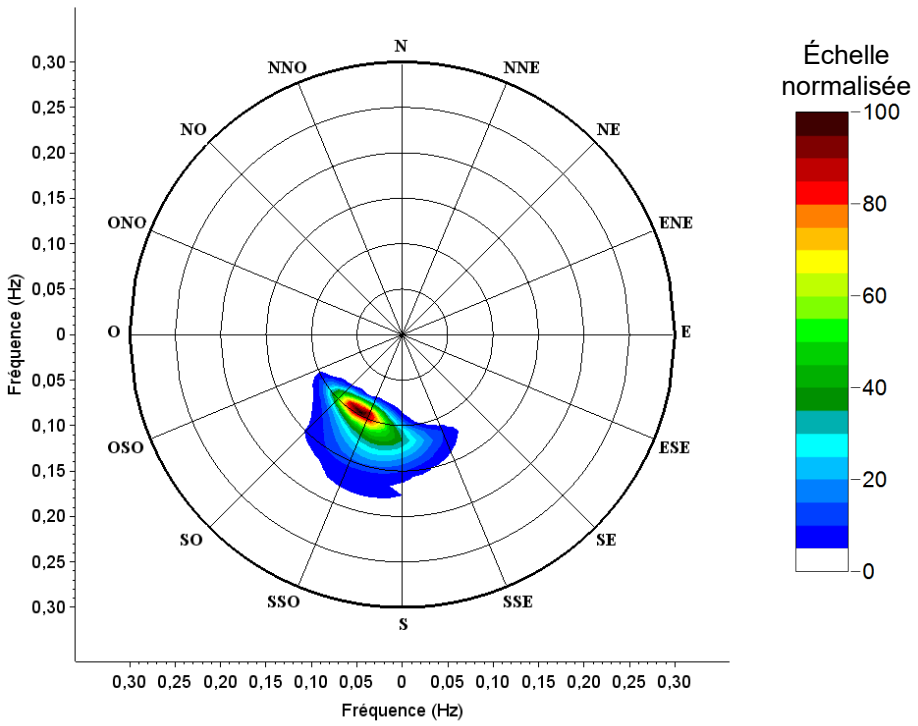
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




### Pic de tempête

| Pic du | 11/12 14h00 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 4,17 |
| $H_{1/10}$ (m) | 5,04 |
| $H_{max}$ (m) | 5,84 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 8,6 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 8,8 |
| $T_{avd}$ (s) | 7,6 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 9,1 |
| $S_z$ | 1/17 |
| $H_{m0}$ (m) | 4,28 |
| $T_p$ (s) | 10,2 |
| $T_{02}$ (s) | 7,0 |
| $T_e$ (s) | 8,5 |
| $Dir_p$ (°) | 207 |
| $Etal_p$ (°) | 25 |

### Spectre directionnel de variance



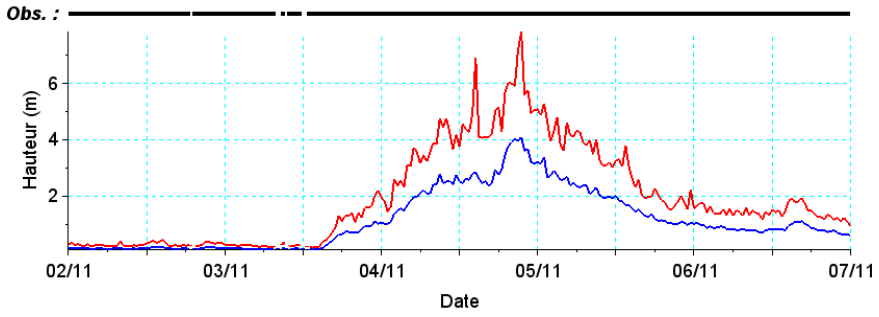
# CANDHIS : 98000 – Monaco

## Sélection des événements remarquables

Tempête du 04/11/14

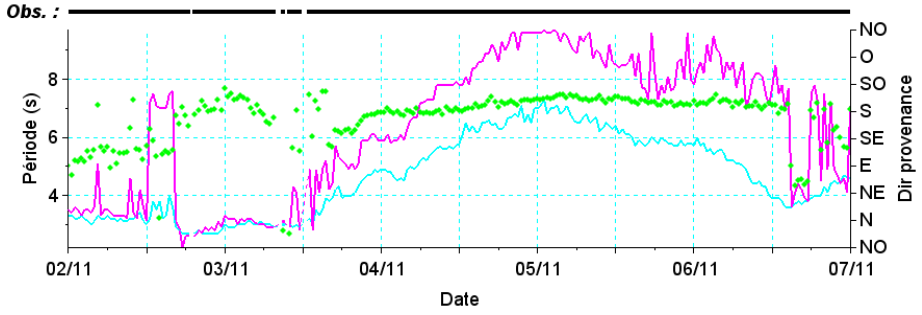
### Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




### Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$

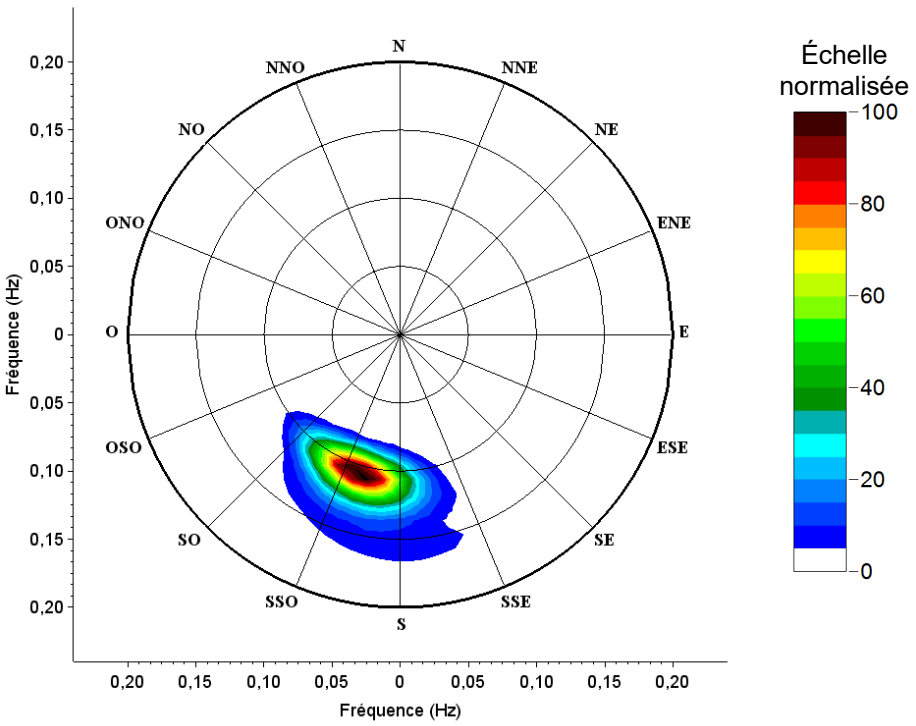
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




### Pic de tempête

| Pic du | 04/11 21h30 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 4,11 |
| $H_{1/10}$ (m) | 5,36 |
| $H_{max}$ (m) | 7,83 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 8,6 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 8,6 |
| $T_{avd}$ (s) | 6,7 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 8,1 |
| $S_z$ | 1/13 |
| $H_{m0}$ (m) | 4,49 |
| $T_p$ (s) | 9,6 |
| $T_{02}$ (s) | 7,1 |
| $T_e$ (s) | 8,4 |
| $Dir_p$ (°) | 198 |
| $Etal_p$ (°) | 27 |

### Spectre directionnel de variance



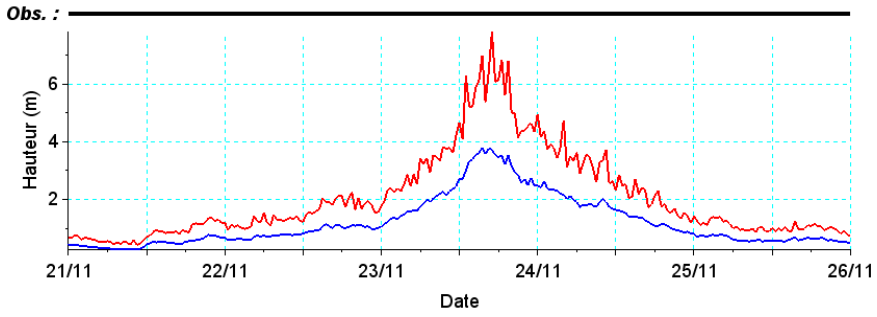
# CANDHIS : 98000 – Monaco

## Sélection des événements remarquables

Tempête du 23/11/19

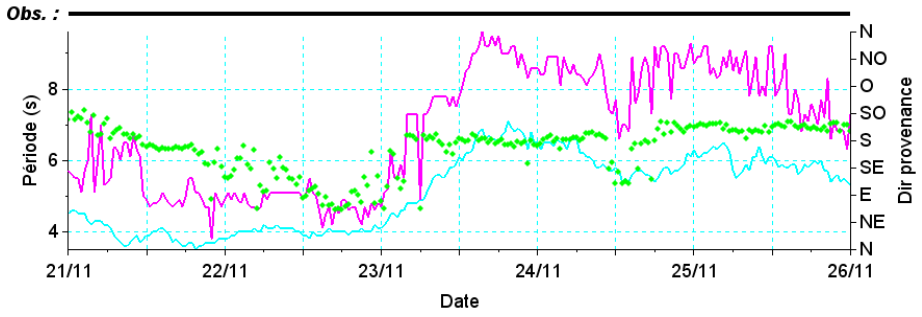
### Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




### Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$

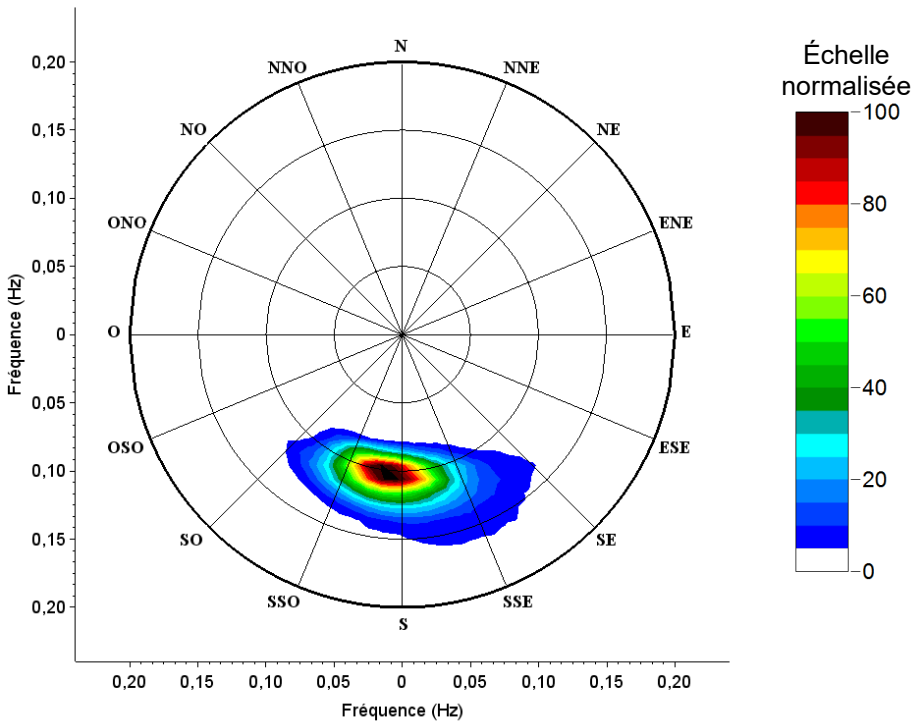
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




### Pic de tempête

| Pic du | 23/11 15h30 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 3,78 |
| $H_{1/10}$ (m) | 4,77 |
| $H_{max}$ (m) | 6,99 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 8,6 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 8,9 |
| $T_{avd}$ (s) | 6,9 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 7,7 |
| $S_z$ | 1/18 |
| $H_{m0}$ (m) | 4,01 |
| $T_p$ (s) | 9,6 |
| $T_{02}$ (s) | 6,9 |
| $T_e$ (s) | 8,1 |
| $Dir_p$ (°) | 183 |
| $Etal_p$ (°) | 31 |

### Spectre directionnel de variance



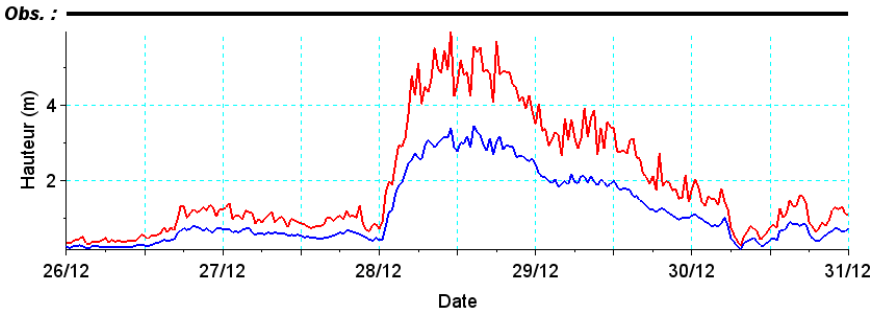
# CANDHIS : 98000 – Monaco

## Sélection des événements remarquables

Tempête du 28/12/20

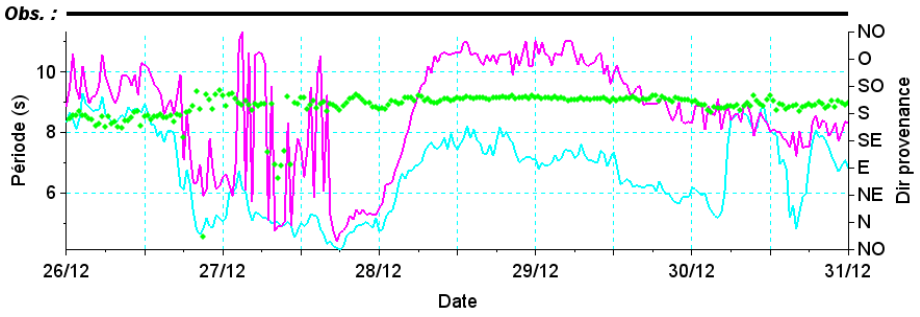
### Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




### Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$

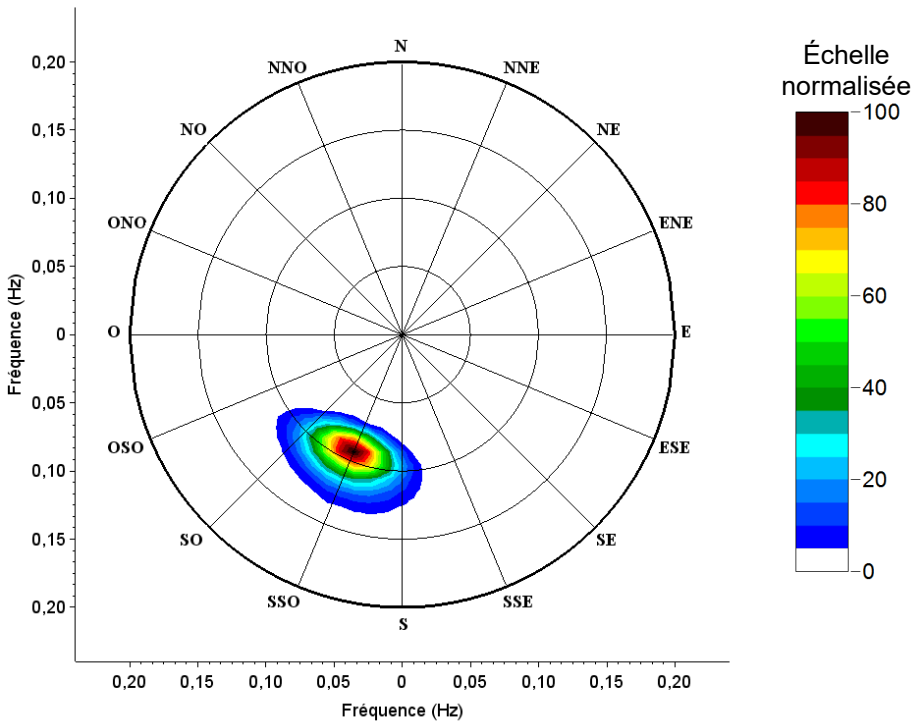
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




### Pic de tempête

| Pic du | 28/12 14h30 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 3,47 |
| $H_{1/10}$ (m) | 4,28 |
| $H_{max}$ (m) | 5,59 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 9,9 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 10,1 |
| $T_{avd}$ (s) | 8,5 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 9,1 |
| $S_z$ | 1/27 |
| $H_{m0}$ (m) | 3,58 |
| $T_p$ (s) | 10,6 |
| $T_{02}$ (s) | 8,1 |
| $T_e$ (s) | 9,6 |
| $Dir_p$ (°) | 204 |
| $Etal_p$ (°) | 24 |

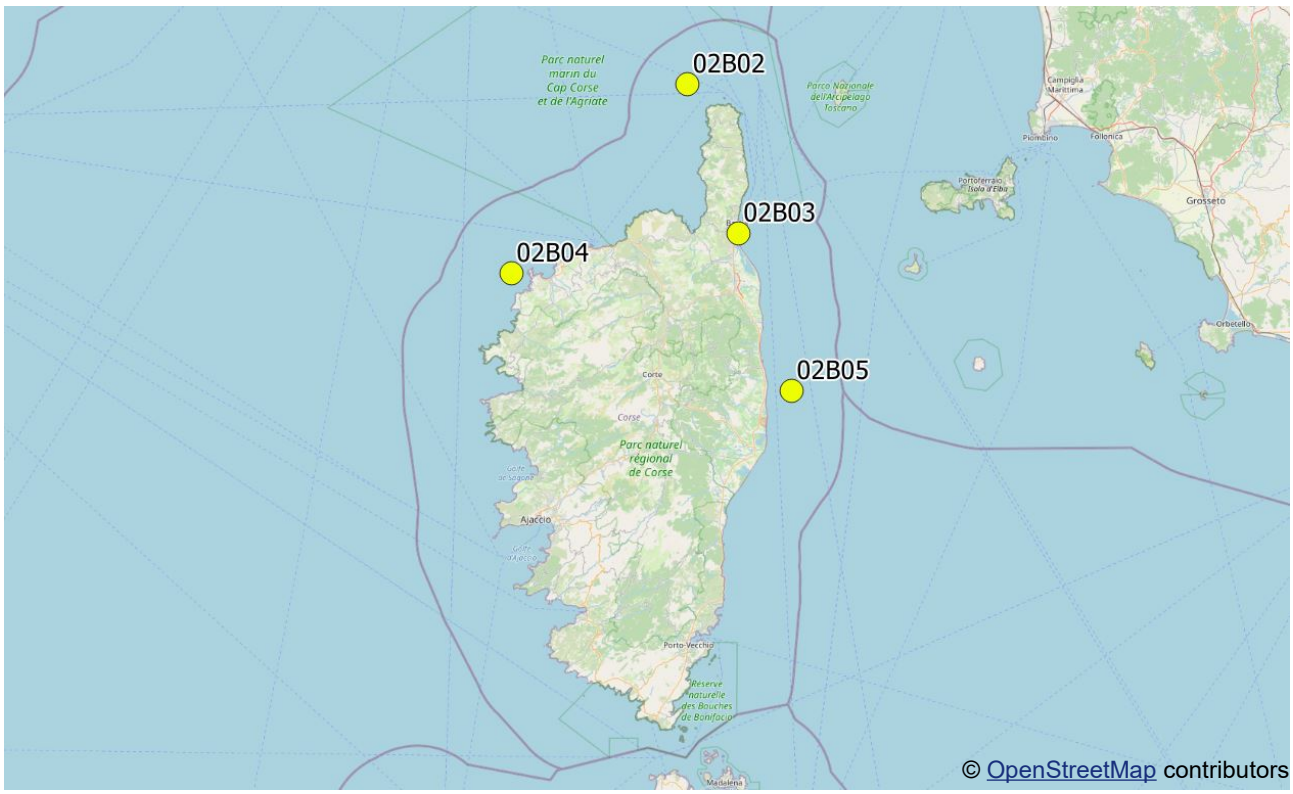
### Spectre directionnel de variance



| Corse |
|---|

| Campagne | Dépt. | Période de mesure | Durée effective | Page |
|---|---|---|---|---|
| **Corse** | | | | **165** |
| 02B02 – Cap Corse | 2B | du 16/03/1999 au 01/03/2011 | 5,49 ans | 166 |
| 02B03 – Bastia | 2B | du 13/09/2006 au 19/11/2008 | 1,33 an | 174 |
| 02B04 – La Revellata * | 2B | du 02/05/2013 au 31/12/2021 | 6,31 ans | 176 |
| 02B05 – Alistro * | 2B | du 15/10/2013 au 31/12/2021 | 5,06 ans | 189 |

* *Campagne de mesures toujours active.*



# CANDHIS : 02B02 – Cap Corse

## Informations générales

**Durée d'observation :** 5,49 ans
du 16/03/1999 au 01/03/2011

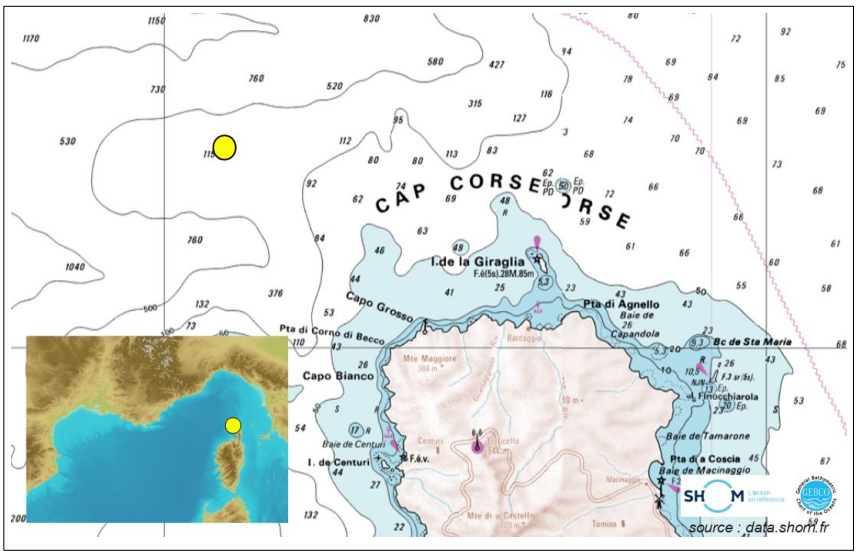
**Latitude :** 43°03,660'N

**Longitude :** 09°16,510'E

**Distance à la côte :** 4,80 miles

**Profondeur :** 140 mètres

**Marnage (VEM) :** -



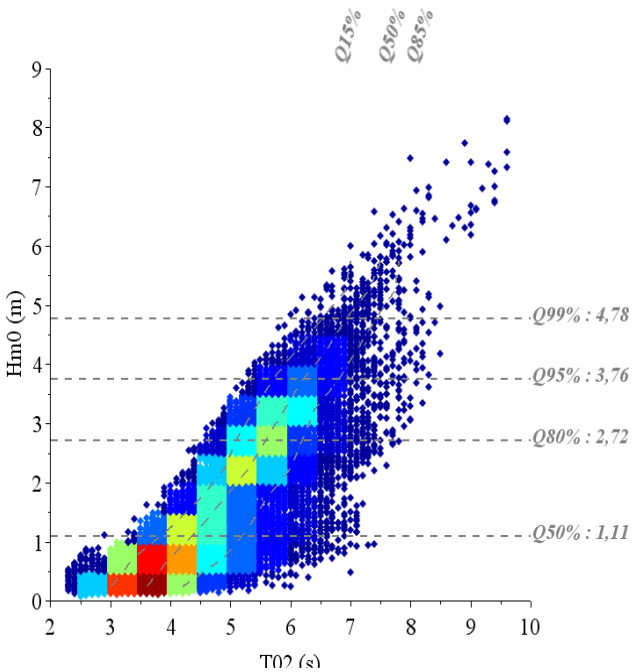

**Taux de disponibilité :**

| | janv. | fév. | mars | avril | mai | juin | juil. | août | sept. | oct. | nov. | déc. | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1999** | | | 26% | 98% | 98% | 98% | 97% | 50% | 98% | 83% | 100% | 96% | 70% |
| **2000** | 75% | 98% | 98% | 95% | 100% | 20% | 90% | 92% | 51% | | | | 60% |
| **2001** | | | | | | 0% | 94% | 88% | 35% | | | 75% | 24% |
| **2002** | 95% | 89% | 79% | 100% | 84% | 72% | 83% | | 27% | 25% | 15% | 22% | 58% |
| **2003** | 12% | | | | | | | | | | | | 1% |
| **2004** | | | | | | 41% | 99% | 100% | 100% | 99% | 100% | 96% | 53% |
| **2005** | 100% | 100% | 99% | 100% | 79% | 98% | 97% | 99% | 97% | 99% | 99% | 100% | 97% |
| **2006** | 100% | 71% | 100% | 100% | 100% | 91% | 52% | 82% | 97% | 99% | 100% | 100% | 91% |
| **2007** | 49% | | | | | | | | | | | | 4% |
| **2008** | 5% | 100% | 97% | 100% | 41% | | | | | | | | 28% |
| **2009** | | | | | | | | | | | | | |
| **2010** | | | | | | 5% | 100% | 95% | 76% | 99% | 96% | 86% | 46% |
| **2011** | 88% | 97% | 0% | | | | | | | | | | 15% |
| **Total** | **40%** | **43%** | **38%** | **46%** | **39%** | **33%** | **55%** | **47%** | **45%** | **39%** | **39%** | **44%** | **42%** |

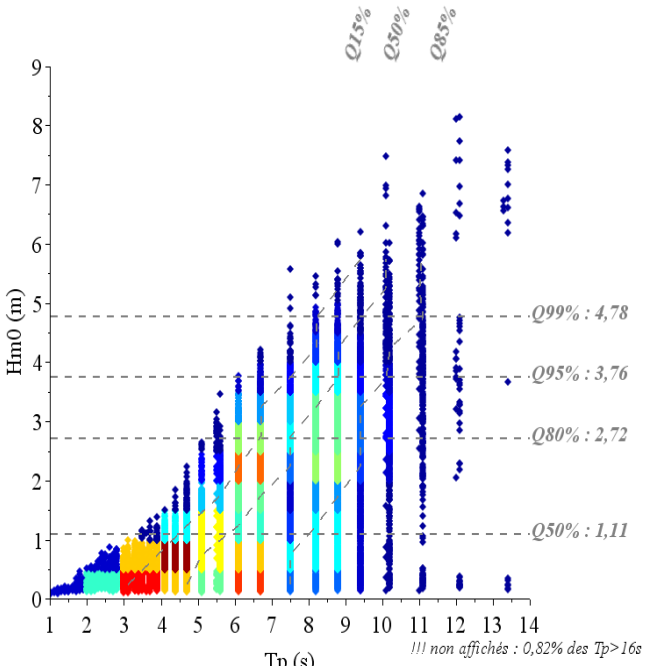
# CANDHIS : 02B02 – Cap Corse

| Climatologie moyenne : | ANNUELLE (janvier à décembre) |
|---|---|

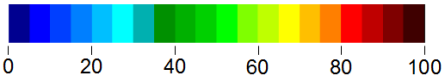
► $H_{m0}$ fonction de $T_{02}$




► $H_{m0}$ fonction de $T_p$



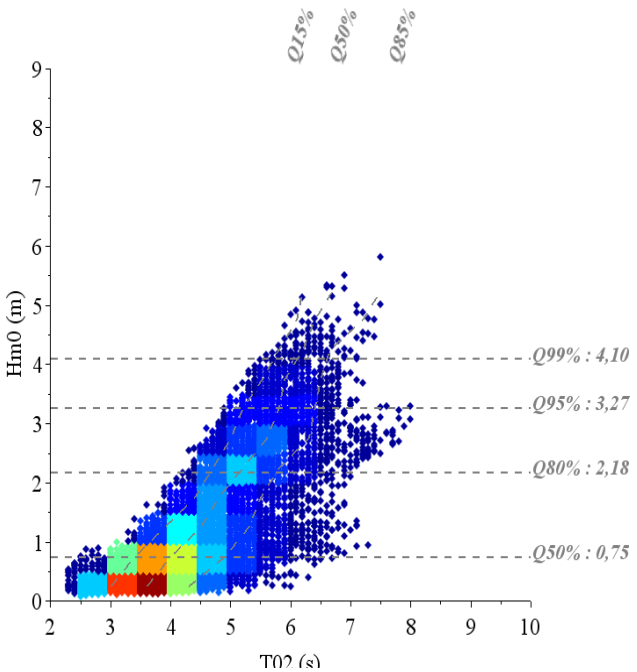

Échelle de couleurs normalisée :



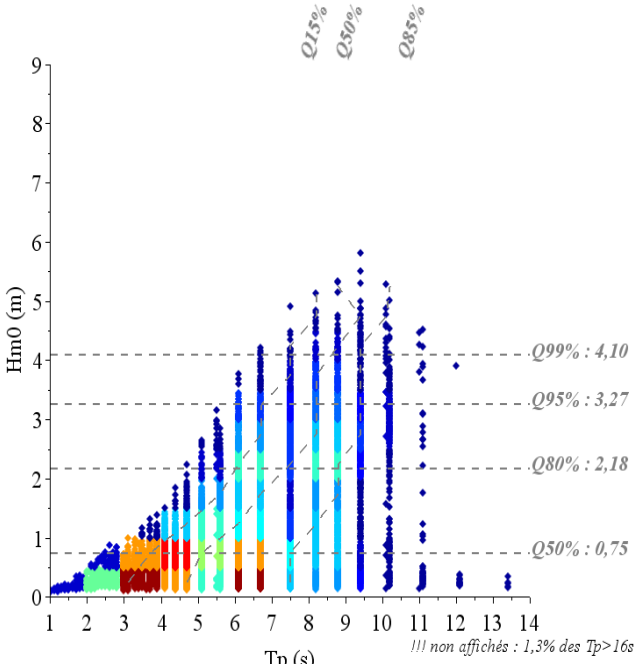
# CANDHIS : 02B02 – Cap Corse

| Climatologie moyenne : | ESTIVALE (avril à septembre) |
|---|---|

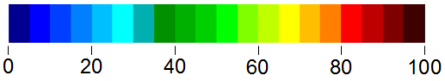
► $H_{m0}$ fonction de $T_{02}$




► $H_{m0}$ fonction de $T_p$



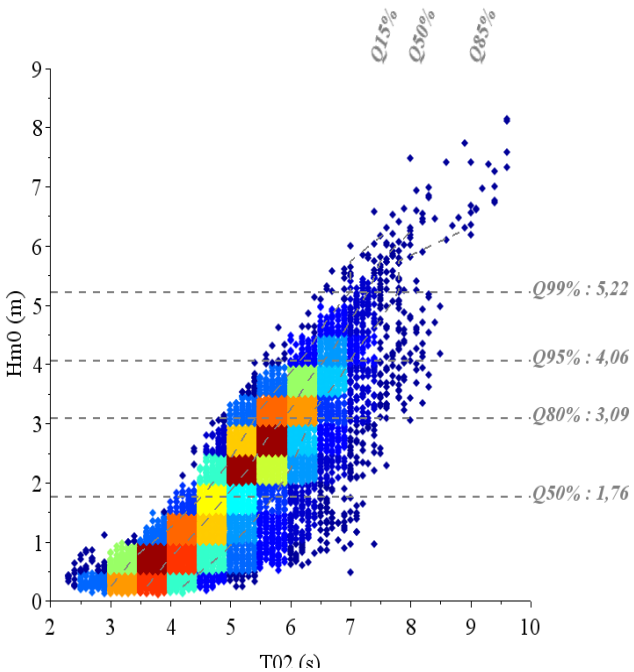

Échelle de couleurs normalisée :



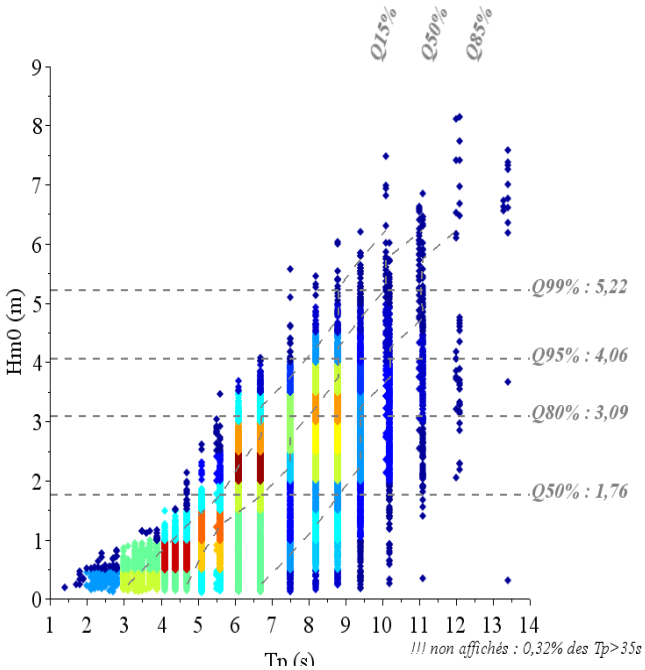
# CANDHIS : 02B02 – Cap Corse

**Climatologie moyenne : HIVERNALE**
**(janvier à mars et octobre à décembre)**

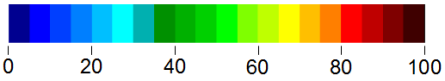
► $H_{m0}$ fonction de $T_{02}$




► $H_{m0}$ fonction de $T_p$




Échelle de couleurs normalisée :



# CANDHIS : 02B02 – Cap Corse

## Analyse des valeurs extrêmes de $H_{1/3}$ : DIRECTION DE PROVENANCE 0° à 360°

### Sélection des pics de tempête

| | Seuil (u) | Nb évts/an | Cambrure $H_{1/3}/L_{avd}$ | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | médiane | min. | max. |
| **GPD** | 4,70 m | 5,65 | 1/15 | 1/18 | 1/12 |
| **Loi Exp** | 4,70 m | 5,65 | 1/15 | 1/18 | 1/12 |

### Paramètres des lois d'ajustement

**GPD :** $Pr\{H_{1/3}>h|h>u\}=\left(1+\xi\frac{h-u}{\sigma}\right)^{-1/\xi}$

avec $\sigma$ = 0.899456 et $\xi$ = -0.064503

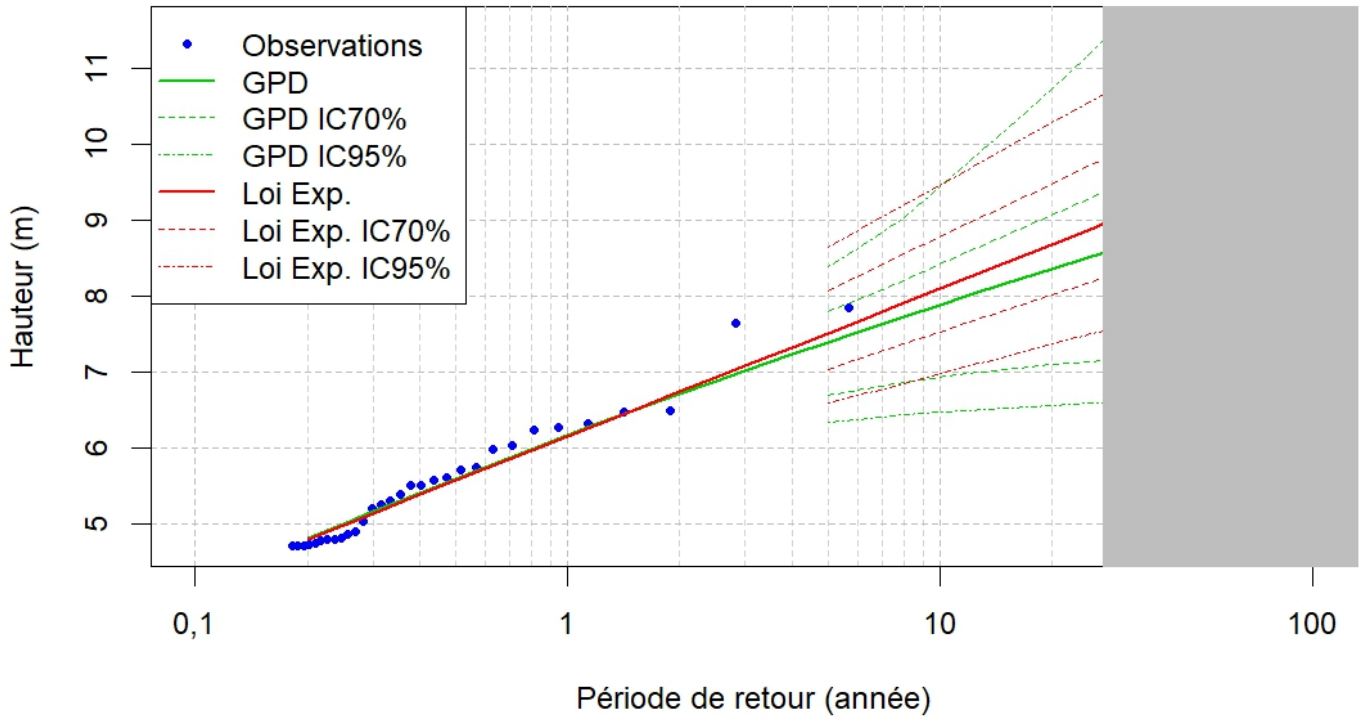
**Loi Exp. :** $Pr\{H_{1/3}>h|h>u\}=\exp[-\rho(h-u)]$

avec $\rho$ = 1.184562

### Niveaux de retour

| Période de retour | $H_{1/3}$ (mètres) | | Int. de Conf. 70% (mètres) | | $T_{avd}$ Int.Conf.70% (secondes) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **GPD** | **Loi Exp.** | **GPD** | **Loi Exp.** | **GPD** | **Loi Exp.** |
| 5 ans | 7,40 | 7,52 | 6,75 à 7,87 | 7,02 à 8,09 | 7,59 à 9,34 | 7,65 à 9,41 |
| 10 ans | 7,89 | 8,10 | 6,96 à 8,52 | 7,50 à 8,79 | 7,84 à 9,64 | 7,94 à 9,77 |
| 20 ans | 8,36 | 8,69 | 7,13 à 9,22 | 7,99 à 9,49 | 8,07 à 9,93 | 8,22 à 10,12 |

### Ajustement statistique :



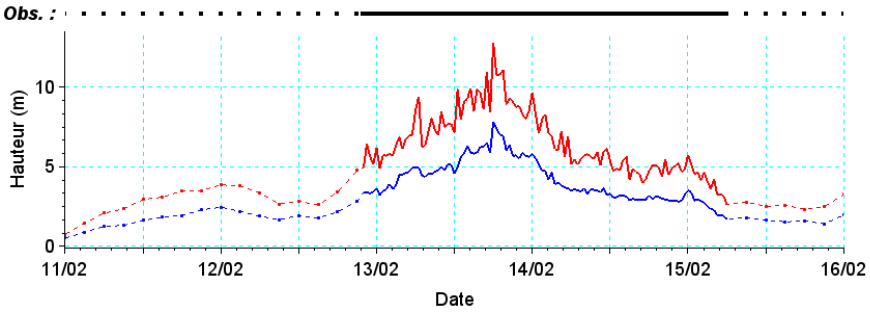
# CANDHIS : 02B02 – Cap Corse

## Sélection des événements remarquables

### Tempête du 13/02/05

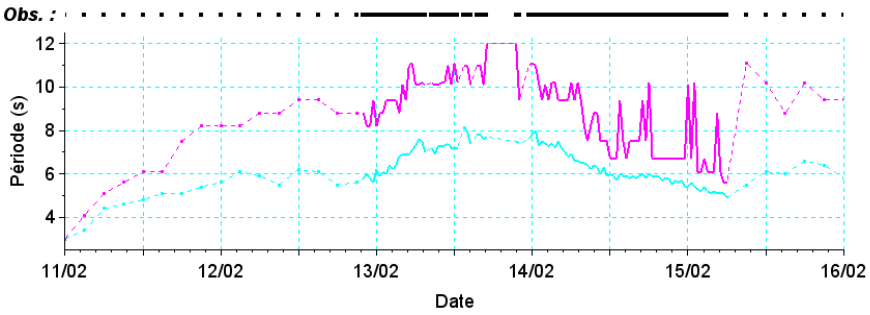
**Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$**

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




**Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$**

Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$

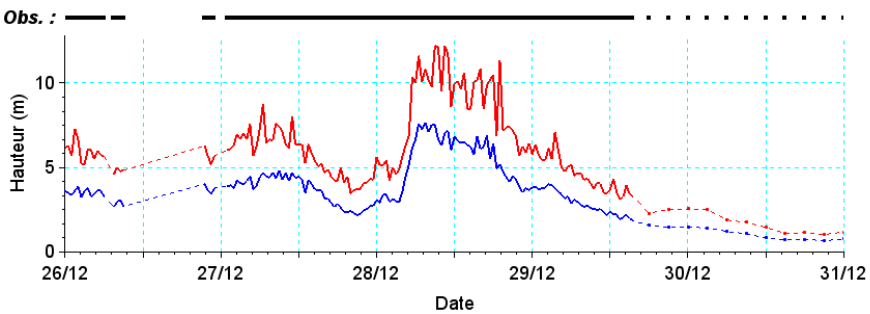



| Pic du | $H_{1/3}$ (m) | $H_{max}$ (m) | $T_{H1/3}$ (s) | $T_{Hmax}$ (s) | $H_{m0}$ (m) | $T_p$ (s) | $T_{02}$ (s) | $T_e$ (s) | $Dir_p$ (°) | $Etal_p$ (°) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 13/02 18h00 | 7,85 | 12,80 | 10,0 | 10,0 | - | - | - | - | - | - |

### Tempête du 28/12/99

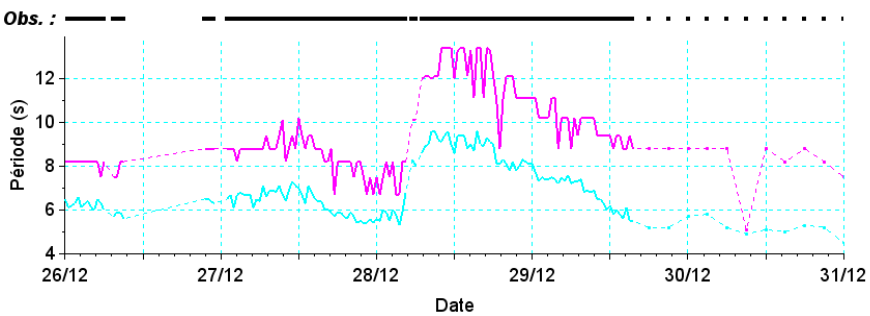
**Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$**

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




**Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$**

Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




| Pic du | $H_{1/3}$ (m) | $H_{max}$ (m) | $T_{H1/3}$ (s) | $T_{Hmax}$ (s) | $H_{m0}$ (m) | $T_p$ (s) | $T_{02}$ (s) | $T_e$ (s) | $Dir_p$ (°) | $Etal_p$ (°) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 28/12 7h30 | 7,65 | 10,82 | 10,6 | 11,6 | 7,74 | 12,1 | 8,9 | 10,3 | - | - |

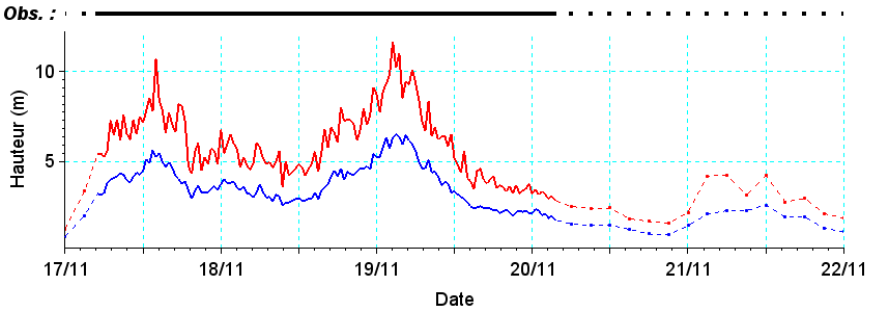
# CANDHIS : 02B02 – Cap Corse

## Sélection des événements remarquables

### Tempête du 19/11/99

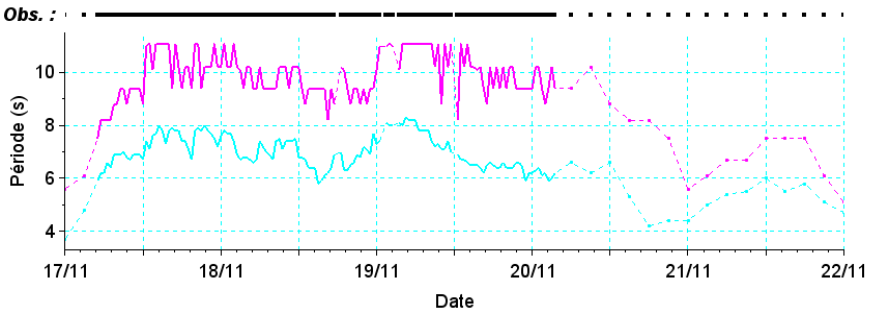
**Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$**

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




**Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$**

Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$

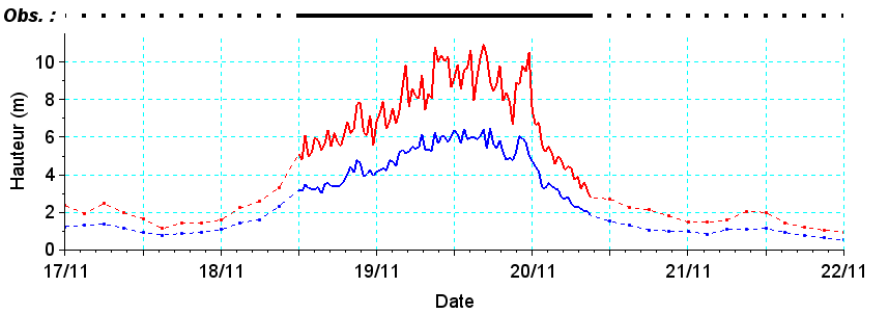



| Pic du | $H_{1/3}$ (m) | $H_{max}$ (m) | $T_{H1/3}$ (s) | $T_{Hmax}$ (s) | $H_{m0}$ (m) | $T_p$ (s) | $T_{02}$ (s) | $T_e$ (s) | $Dir_p$ (°) | $Etal_p$ (°) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 19/11 3h00 | 6,50 | 10,21 | 10,0 | 9,0 | - | - | - | - | - | - |

### Tempête du 19/11/04

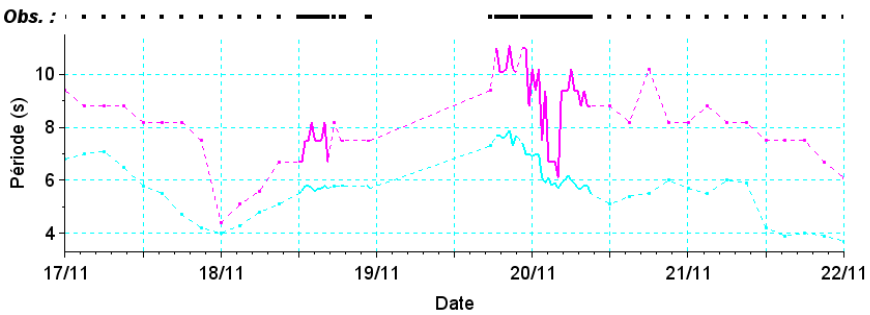
**Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$**

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




**Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$**

Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




| Pic du | $H_{1/3}$ (m) | $H_{max}$ (m) | $T_{H1/3}$ (s) | $T_{Hmax}$ (s) | $H_{m0}$ (m) | $T_p$ (s) | $T_{02}$ (s) | $T_e$ (s) | $Dir_p$ (°) | $Etal_p$ (°) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 19/11 17h30 | 6,48 | 8,97 | 9,4 | 8,3 | 5,84 | 9,4 | 7,3 | 8,8 | - | - |

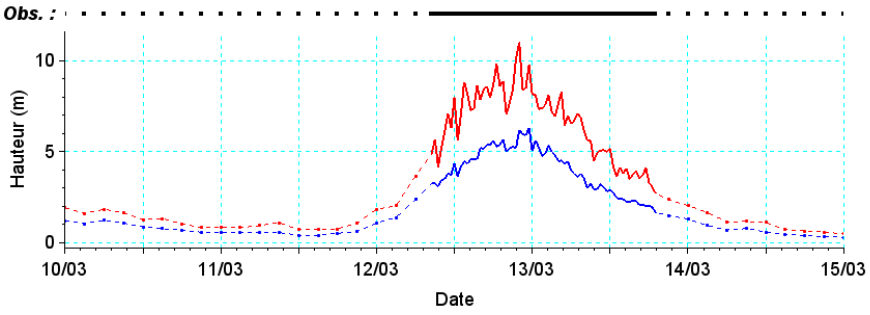
# CANDHIS : 02B02 – Cap Corse

## Sélection des événements remarquables

### Tempête du 12/03/05

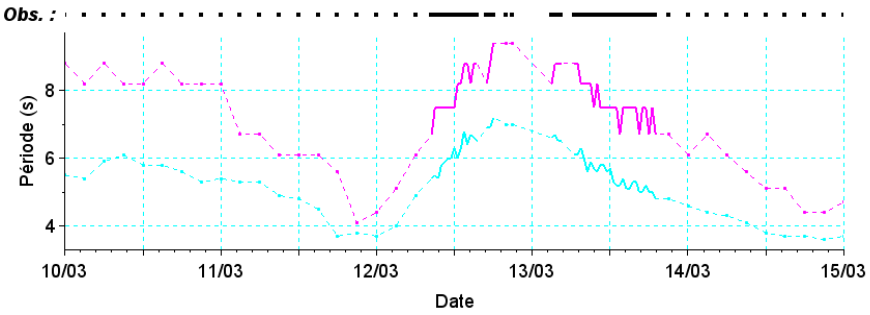
**Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$**

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




**Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$**

Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$

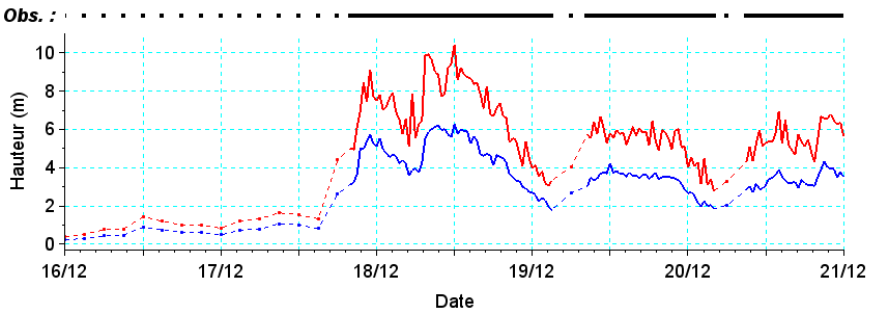



| Pic du | $H_{1/3}$ (m) | $H_{max}$ (m) | $T_{H1/3}$ (s) | $T_{Hmax}$ (s) | $H_{m0}$ (m) | $T_p$ (s) | $T_{02}$ (s) | $T_e$ (s) | $Dir_p$ (°) | $Etal_p$ (°) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12/03 23h30 | 6,33 | 9,77 | 8,4 | 9,2 | - | - | - | - | - | - |

### Tempête du 18/12/04

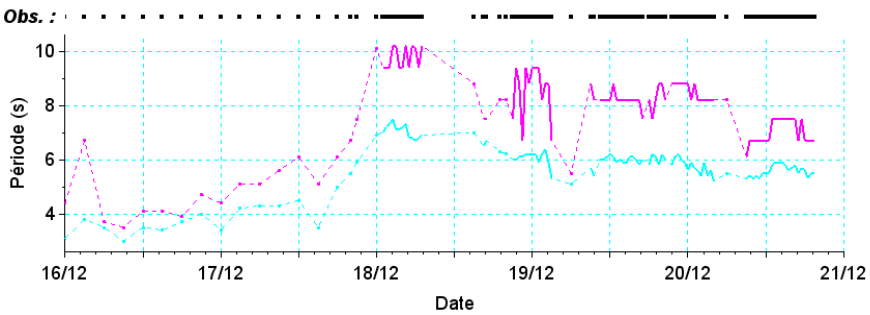
**Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$**

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




**Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$**

Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




| Pic du | $H_{1/3}$ (m) | $H_{max}$ (m) | $T_{H1/3}$ (s) | $T_{Hmax}$ (s) | $H_{m0}$ (m) | $T_p$ (s) | $T_{02}$ (s) | $T_e$ (s) | $Dir_p$ (°) | $Etal_p$ (°) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 18/12 12h00 | 6,28 | 10,42 | 8,5 | 8,0 | - | - | - | - | - | - |

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

Cerema
CLIMAT & TERRITOIRES DE DEMAIN

**CANDHIS**
Centre d'Archivage National
de Données de Houle In-Situ

# CANDHIS : 02B03 – Bastia

## Informations générales

**Durée d'observation :** 1,33 an
du 13/09/06 au 19/11/08

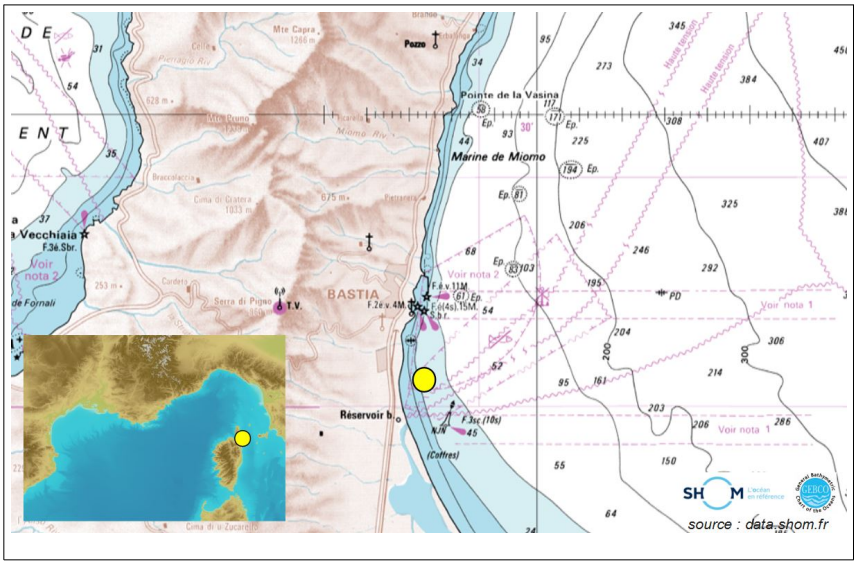
**Latitude :** 42°40,440'N

**Longitude :** 09°27,270'E

**Distance à la côte :** 0,35 mile

**Profondeur :** 17 mètres

**Marnage (VEM) :** -




**Taux de disponibilité :**

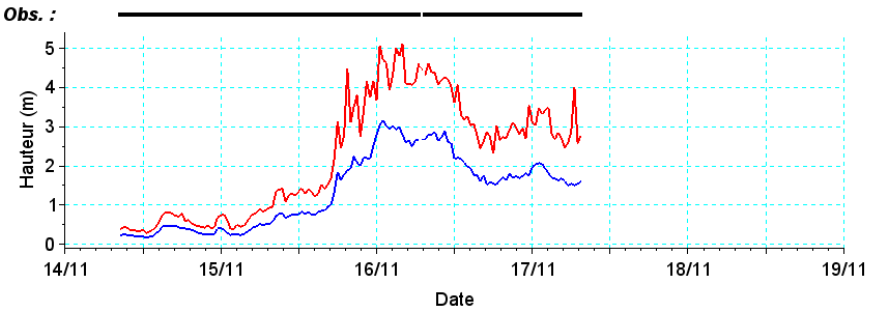
| | janv. | fév. | mars | avril | mai | juin | juil. | août | sept. | oct. | nov. | déc. | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **2006** | | | | | | | | | 43% | 89% | 98% | 80% | 26% |
| **2007** | 12% | 61% | 0% | | 30% | 72% | 17% | 85% | 34% | 70% | 87% | 45% | 43% |
| **2008** | 76% | 25% | 37% | 98% | 85% | 56% | 81% | 93% | 100% | 68% | 60% | | 65% |
| **Total** | **29%** | **28%** | **12%** | **33%** | **38%** | **43%** | **33%** | **59%** | **59%** | **76%** | **82%** | **41%** | **44%** |

## Sélection de l'événement remarquable

Tempête du 16/11/07

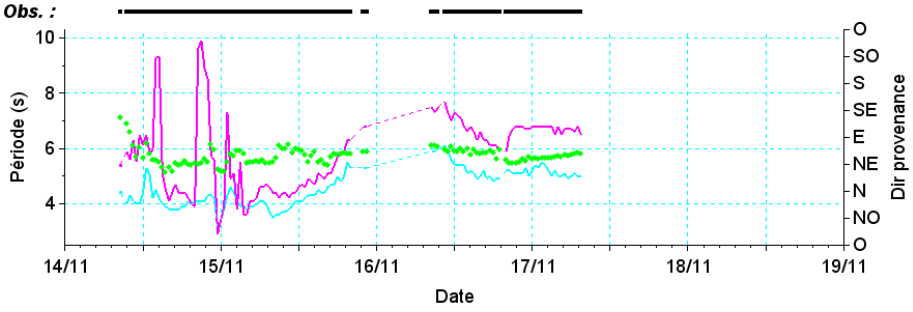
### Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




### Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$

Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$

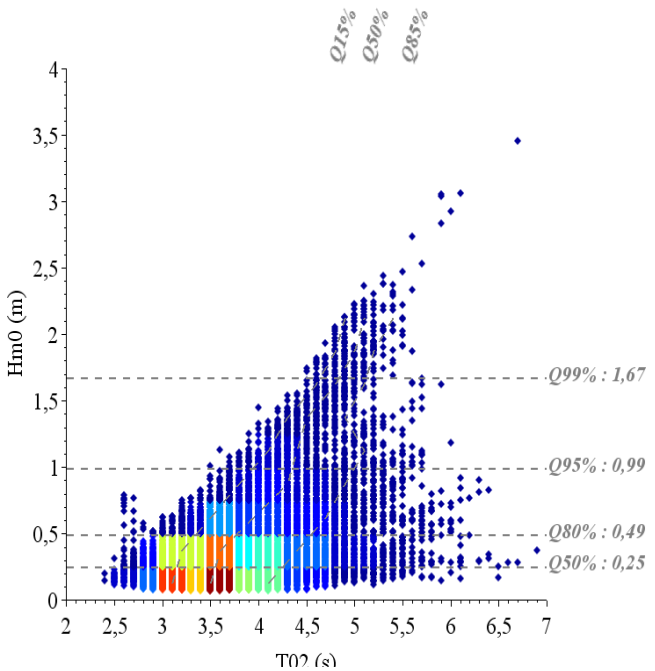



| Pic du | $H_{1/3}$ (m) | $H_{max}$ (m) | $T_{H1/3}$ (s) | $T_{Hmax}$ (s) | $H_{m0}$ (m) | $T_p$ (s) | $T_{02}$ (s) | $T_e$ (s) | $Dir_p$ (°) | $Etal_p$ (°) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 16/11 1h00 | 3,17 | 4,70 | 6,9 | 6,8 | - | - | - | - | - | - |

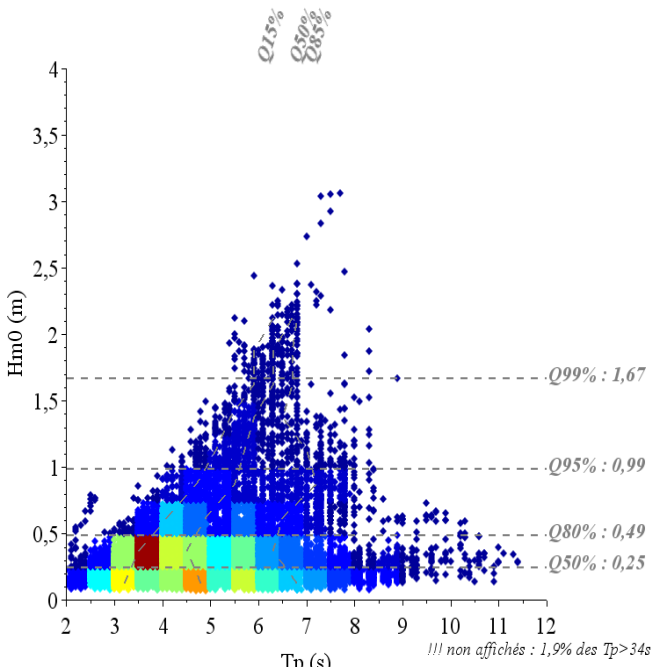
# CANDHIS : 02B03 – Bastia

**Climatologie moyenne : ANNUELLE (janvier à décembre)**

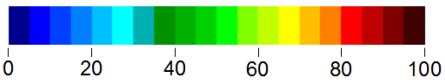
► $H_{m0}$ fonction de $T_{02}$



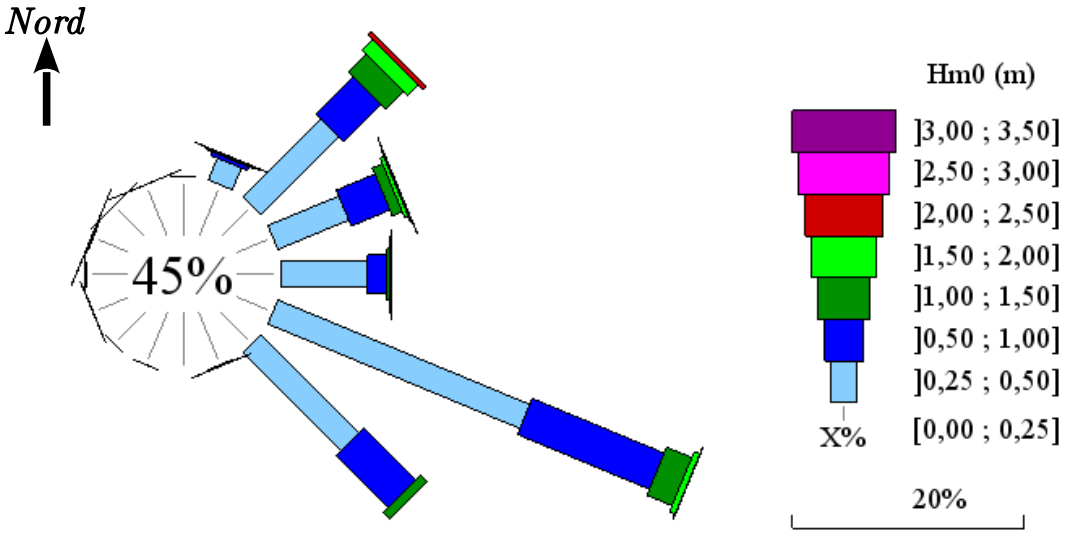

► $H_{m0}$ fonction de $T_p$




Échelle de couleurs normalisée :




► $H_{m0}$ fonction de $Dir_p$ (rose des houles)



# CANDHIS : 02B04 – La Revellata

## Informations générales

**Durée d'observation :** 6,31 ans
du 02/05/13 au 31/12/21

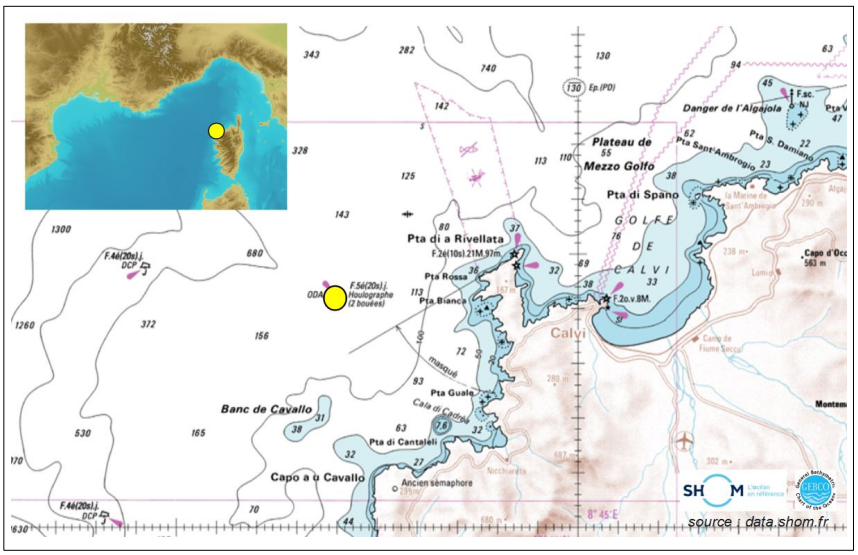
**Latitude :** 42°34,150'N

**Longitude :** 08°39,000'E

**Distance à la côte :** 2,5 milles

**Profondeur :** 130 mètres

**Marnage (VEM) :** -



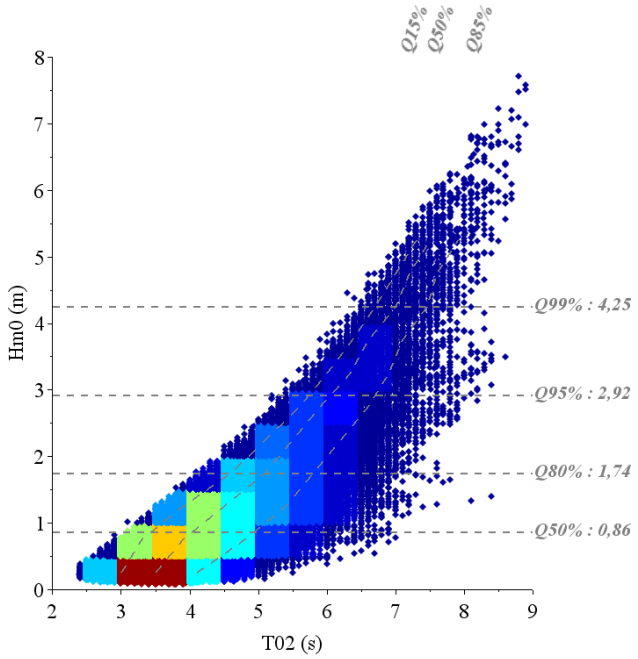

**Taux de disponibilité :**

| | janv. | fév. | mars | avril | mai | juin | juil. | août | sept. | oct. | nov. | déc. | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2013 | | | | | 96% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 66% |
| 2014 | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 32% | | | | | | | 44% |
| 2015 | | | | | | 75% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 56% |
| 2016 | 100% | 100% | 100% | 8% | | | | | 15% | 100% | 100% | 100% | 52% |
| 2017 | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| 2018 | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| 2019 | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 94% | 27% | 59% | 99% | 99% | 99% | 71% | 87% |
| 2020 | | 88% | 100% | 99% | 99% | 99% | 100% | 100% | 100% | 100% | 38% | 73% | 83% |
| 2021 | | | 95% | | | | 15% | 92% | 100% | 100% | | 100% | 42% |
| **Total** | **56%** | **65%** | **77%** | **56%** | **66%** | **67%** | **60%** | **72%** | **79%** | **89%** | **71%** | **83%** | **70%** |

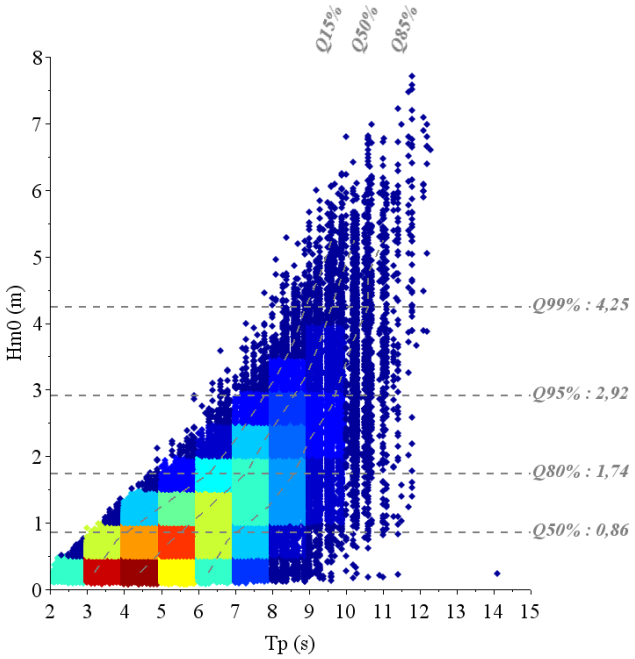
# CANDHIS : 02B04 – La Revellata

**Climatologie moyenne : ANNUELLE (janvier à décembre)**

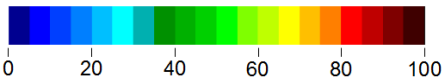
► $H_{m0}$ fonction de $T_{02}$



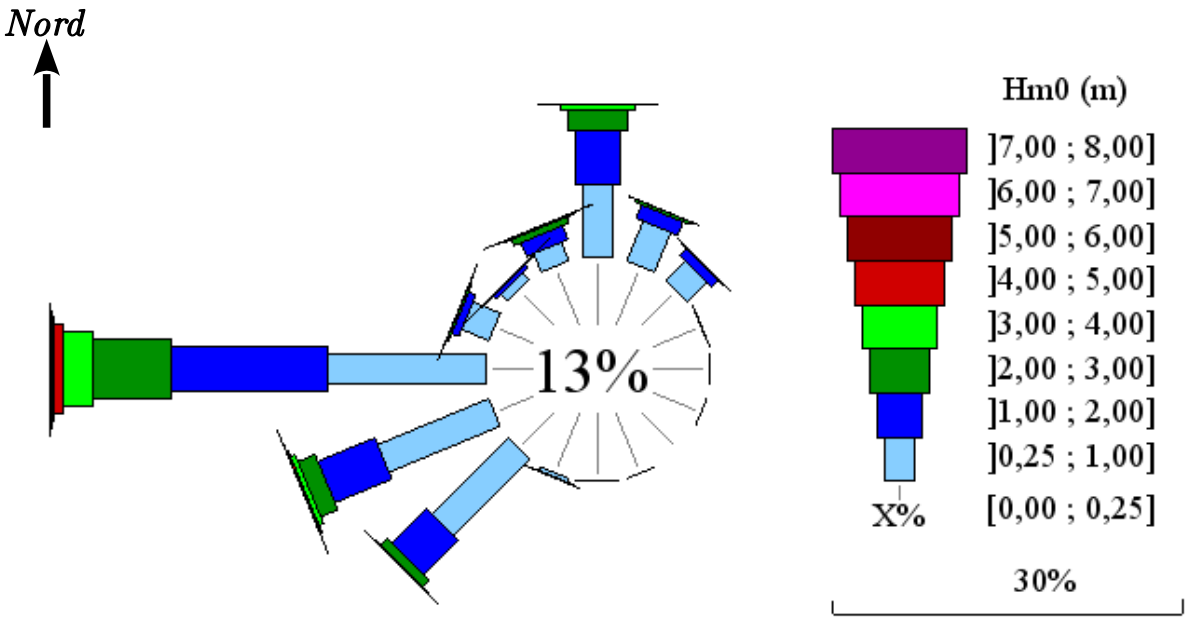

► $H_{m0}$ fonction de $T_p$




Échelle de couleurs normalisée :



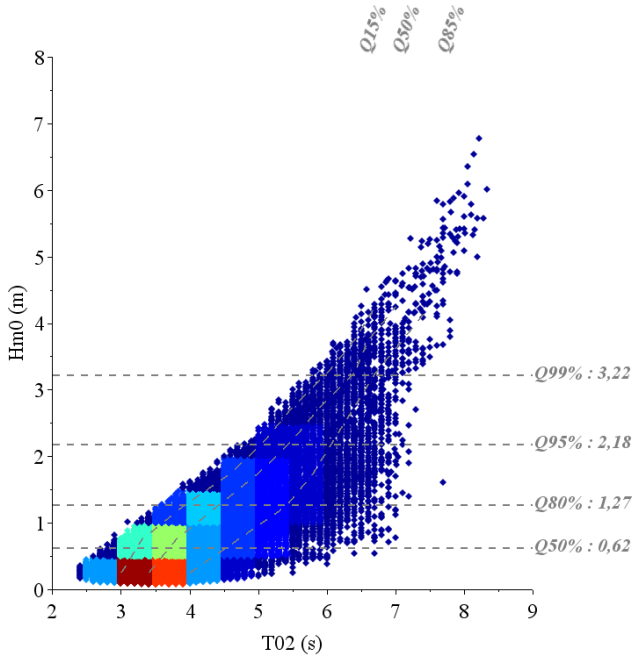

► $H_{m0}$ fonction de $Dir_p$ (rose des houles)



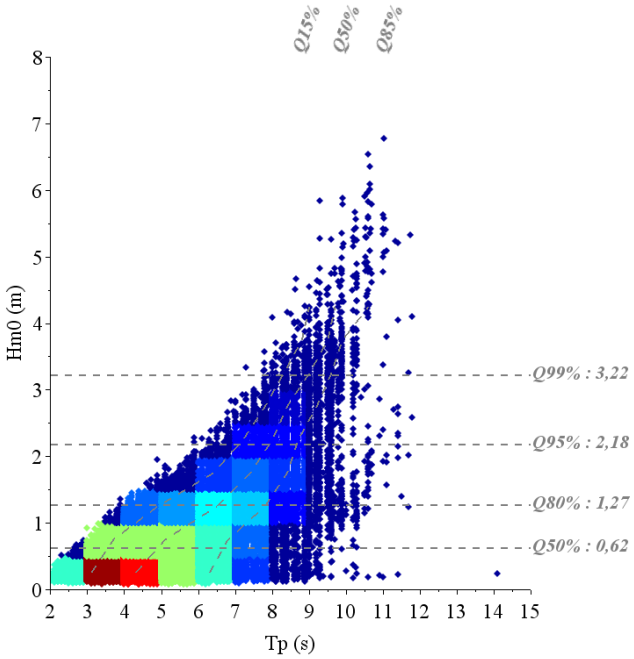
# CANDHIS : 02B04 – La Revellata

**Climatologie moyenne : ESTIVALE (avril à septembre)**

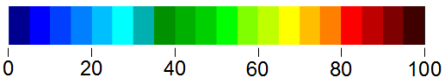
► $H_{m0}$ fonction de $T_{02}$



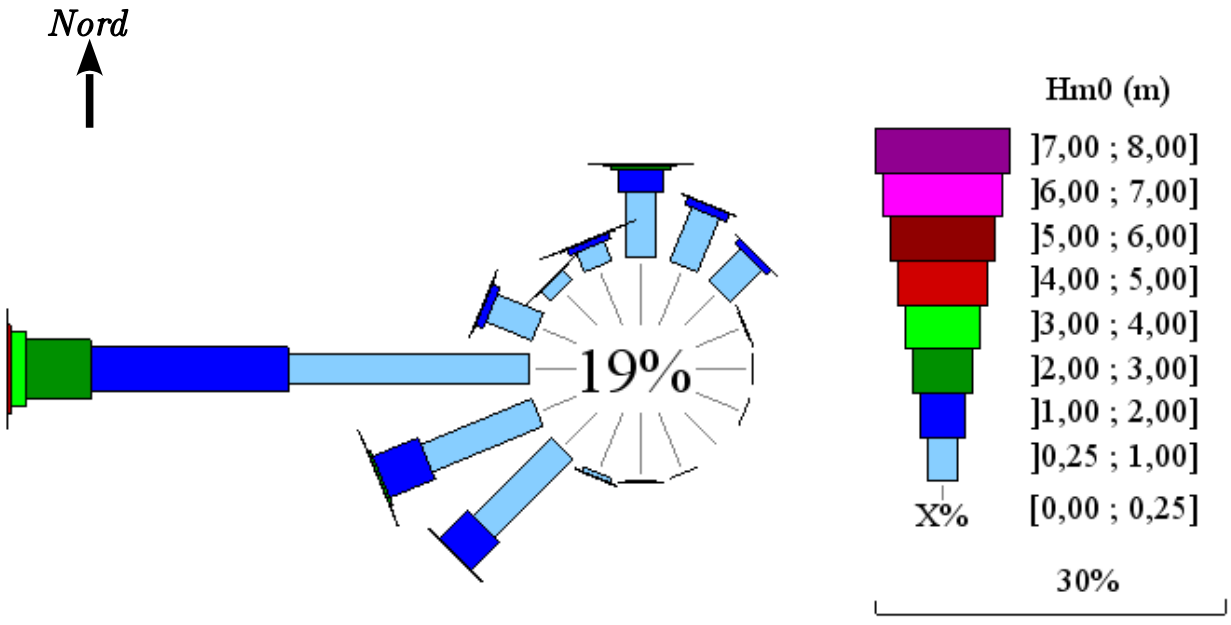

► $H_{m0}$ fonction de $T_p$




Échelle de couleurs normalisée :



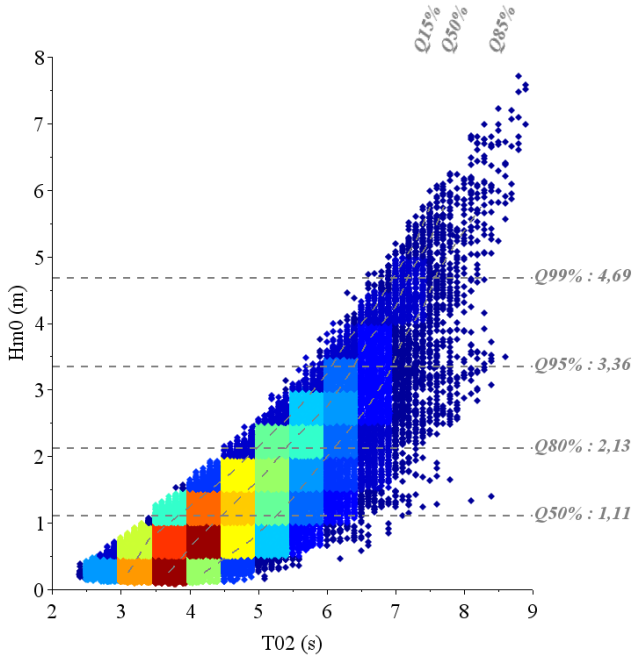

► $H_{m0}$ fonction de $Dir_p$ (rose des houles)



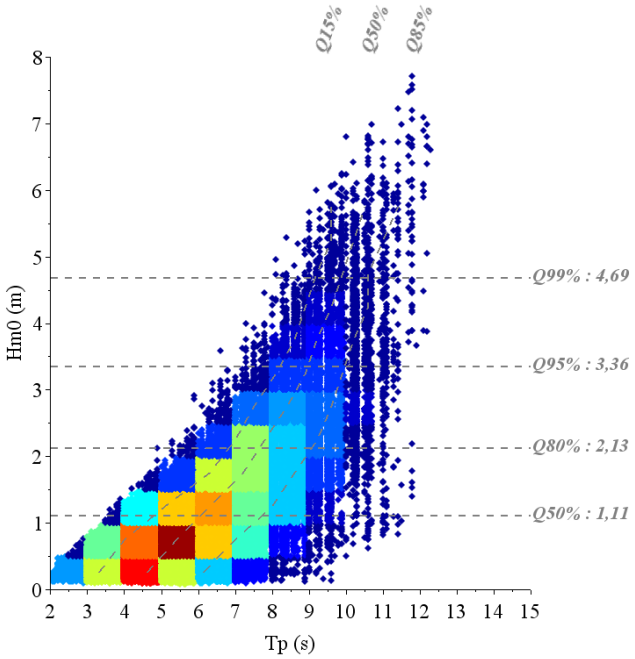
# CANDHIS : 02B04 – La Revellata

**Climatologie moyenne : HIVERNALE**
**(janvier à mars et octobre à décembre)**

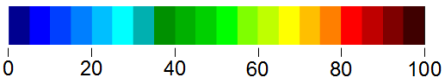
► $H_{m0}$ fonction de $T_{02}$



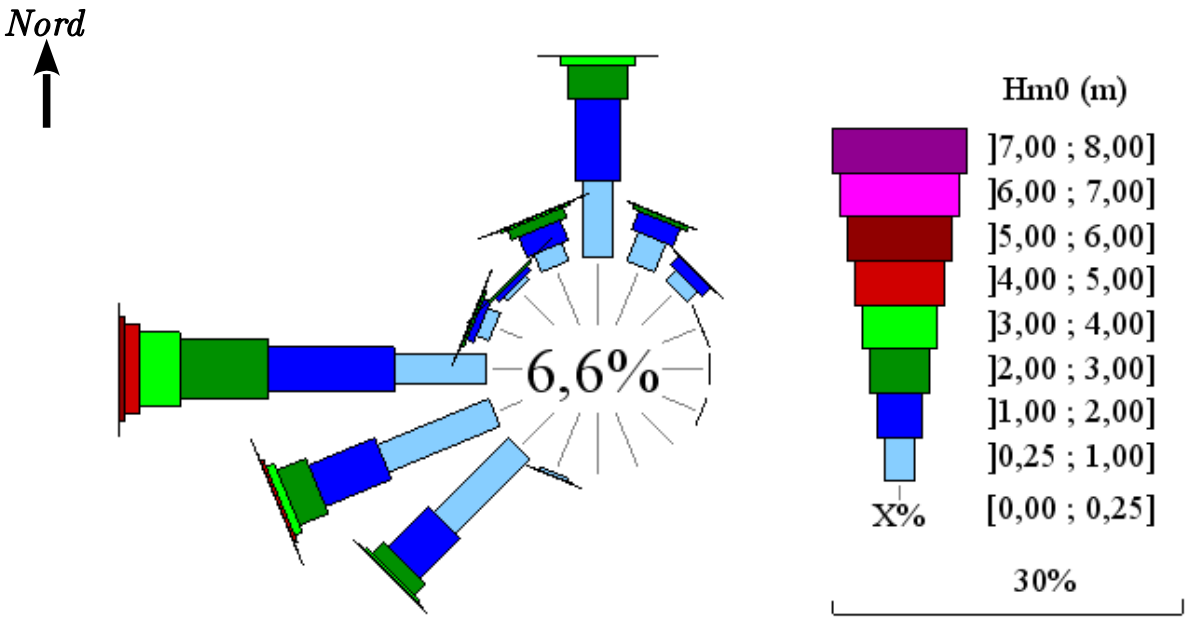

► $H_{m0}$ fonction de $T_p$




Échelle de couleurs normalisée :




► $H_{m0}$ fonction de $Dir_p$ (rose des houles)



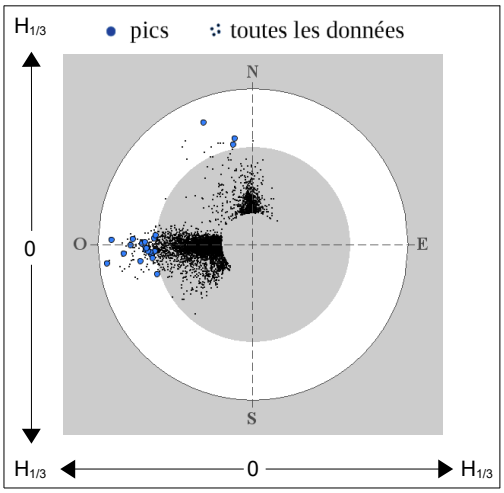
# CANDHIS : 02B04 – La Revellata

## Analyse des valeurs extrêmes de $H_{1/3}$ : DIRECTION DE PROVENANCE 0° à 360°

### Sélection des pics de tempête

| | Seuil (u) | Nb évts/an | Cambrure $H_{1/3}/L_{avd}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | | | médiane | Int.Conf.70% |
| **GPD** | 5,40 m | 3,48 | 1/17 | 1/19 à 1/16 |
| **Loi Exp** | 5,40 m | 3,48 | 1/17 | 1/19 à 1/16 |

### $Dir_p$ aux pics de tempête




### Paramètres des lois d'ajustement

**GPD :** $Pr\{H_{1/3}>h|h>u\}=\left(1+\xi\frac{h-u}{\sigma}\right)^{-1/\xi}$

avec σ = 0,691599 et ξ = -0,149834

**Loi Exp. :** $Pr\{H_{1/3}>h|h>u\}=\exp[-\rho(h-u)]$

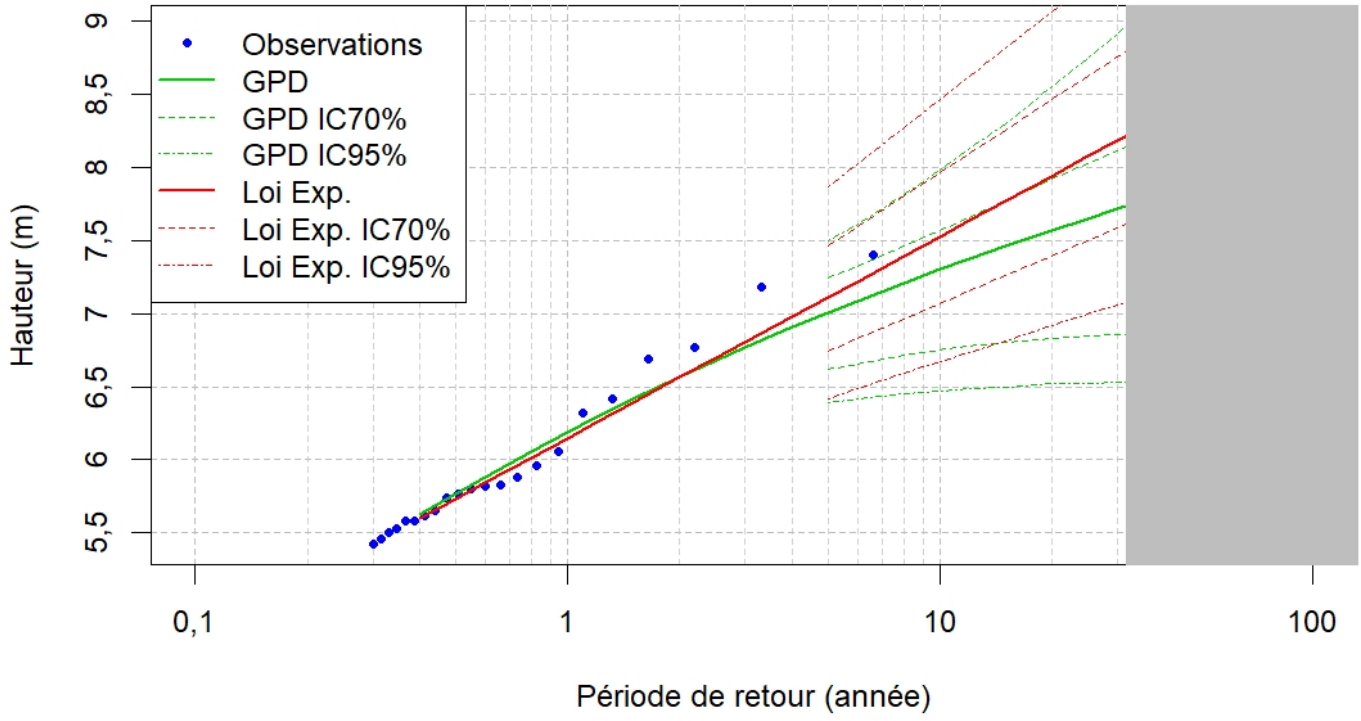
avec ρ = 1,669196

### Niveaux de retour

| Période de retour | $H_{1/3}$ (mètres) | | Int. de Conf. 70% (mètres) | | $T_{avd}$ Int.Conf.70% (secondes) (i) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **GPD** | **Loi Exp.** | **GPD** | **Loi Exp.** | **GPD** | **Loi Exp.** |
| 5 ans | 7,01 | 7,11 | 6,62 à 7,23 | 6,75 à 7,49 | 8,58 à 9,23 | 8,64 à 9,30 |
| 10 ans | 7,30 | 7,53 | 6,75 à 7,57 | 7,08 à 8,00 | 8,76 à 9,42 | 8,89 à 9,56 |
| 20 ans | 7,57 | 7,94 | 6,83 à 7,90 | 7,41 à 8,50 | 8,92 à 9,59 | 9,13 à 9,82 |

(i) $T_{avd}=\sqrt{(2\pi L_{avd}/g).\tanh(2\pi Prof/L_{avd})}$ avec $L_{avd}=H_{1/3}/Cambrure$

### Ajustement statistique :



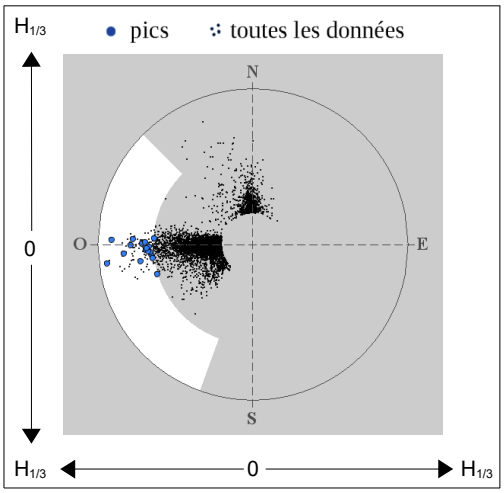
# CANDHIS : 02B04 – La Revellata

## Analyse des valeurs extrêmes de $H_{1/3}$ : DIRECTION DE PROVENANCE 200° à 315°

### Sélection des pics de tempête

| | Seuil (u) | Nb évts/an | Cambrure $H_{1/3}/L_{avd}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | | | médiane | Int.Conf.70% |
| **GPD** | 5,50 m | 2,69 | 1/17 | 1/19 à 1/16 |
| **Loi Exp** | 5,50 m | 2,69 | 1/17 | 1/19 à 1/16 |

### $Dir_p$ aux pics de tempête




### Paramètres des lois d'ajustement

**GPD :** $Pr\{H_{1/3}>h|h>u\}=\left(1+\xi\frac{h-u}{\sigma}\right)^{-1/\xi}$

avec σ = 0,611228 et ξ = -0,077726

**Loi Exp. :** $Pr\{H_{1/3}>h|h>u\}=\exp[-\rho(h-u)]$

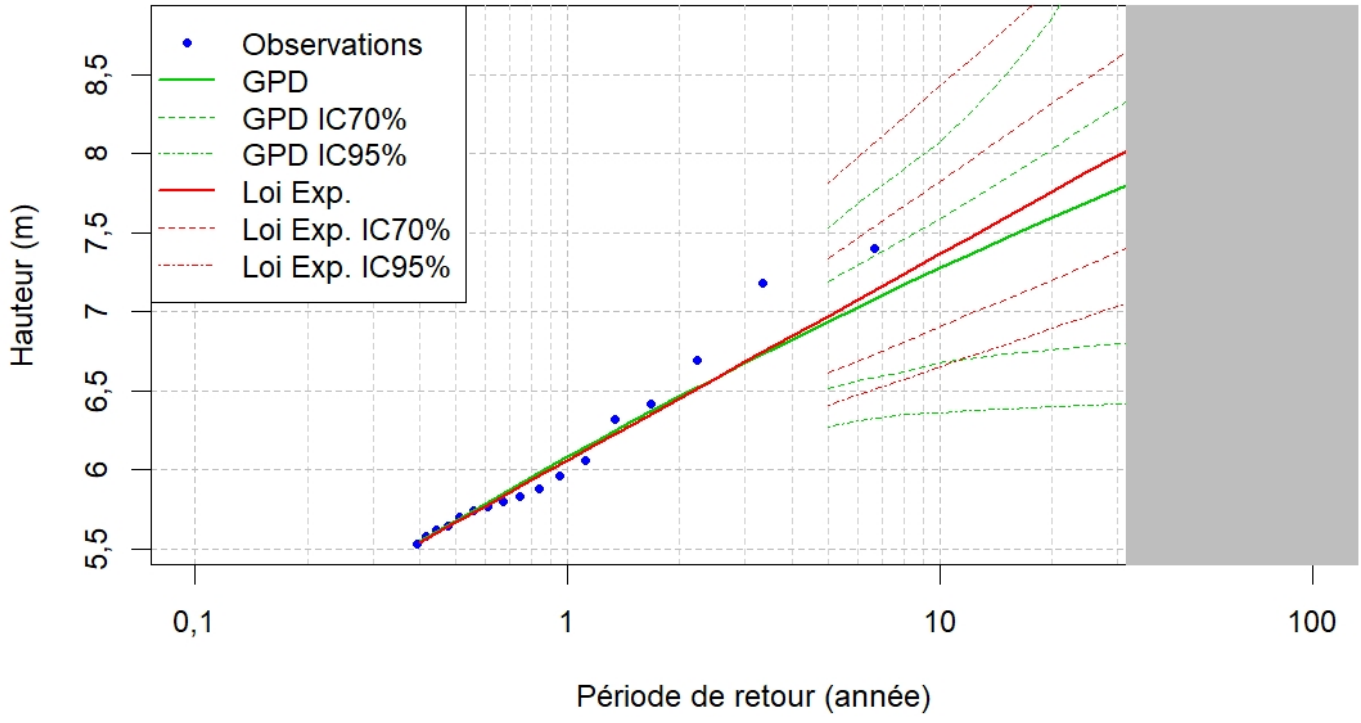
avec ρ = 1,765317

### Niveaux de retour

| Période de retour | $H_{1/3}$ (mètres) | | Int. de Conf. 70% (mètres) | | $T_{avd}$ Int.Conf.70% (secondes) (i) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **GPD** | **Loi Exp.** | **GPD** | **Loi Exp.** | **GPD** | **Loi Exp.** |
| 5 ans | 6,94 | 6,97 | 6,52 à 7,22 | 6,62 à 7,33 | 8,51 à 9,21 | 8,53 à 9,24 |
| 10 ans | 7,28 | 7,37 | 6,68 à 7,60 | 6,92 à 7,82 | 8,72 à 9,44 | 8,77 à 9,49 |
| 20 ans | 7,60 | 7,76 | 6,77 à 8,02 | 7,22 à 8,31 | 8,91 à 9,64 | 9,00 à 9,74 |

(i) $T_{avd}=\sqrt{(2\pi L_{avd}/g).\tanh(2\pi Prof/L_{avd})}$ avec $L_{avd}=H_{1/3}/Cambrure$

### Ajustement statistique :



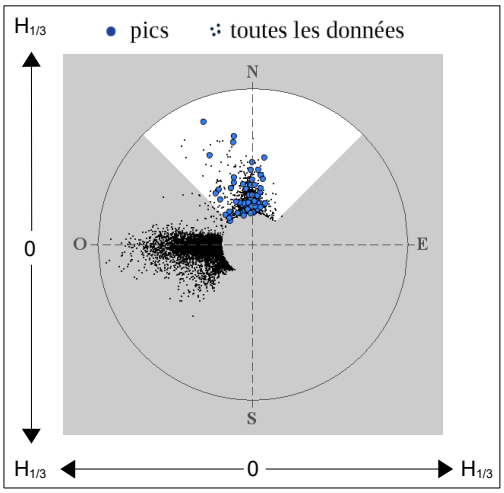
# CANDHIS : 02B04 – La Revellata

## Analyse des valeurs extrêmes de $H_{1/3}$ : DIRECTION DE PROVENANCE 315° à 45°

### Sélection des pics de tempête

| | Seuil (u) | Nb évts/an | Cambrure $H_{1/3}/L_{avd}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | | | médiane | Int.Conf.70% |
| **GPD** | 2,50 m | 10,45 | 1/20 | 1/22 à 1/18 |
| **Loi Exp** | 2,50 m | 10,45 | 1/20 | 1/22 à 1/18 |

### $Dir_p$ aux pics de tempête




### Paramètres des lois d'ajustement

**GPD :** $Pr\{H_{1/3}>h|h>u\}=\left(1+\xi\frac{h-u}{\sigma}\right)^{-1/\xi}$

avec σ = 0,863739 et ξ = -0,000382

**Loi Exp. :** $Pr\{H_{1/3}>h|h>u\}=\exp[-\rho(h-u)]$

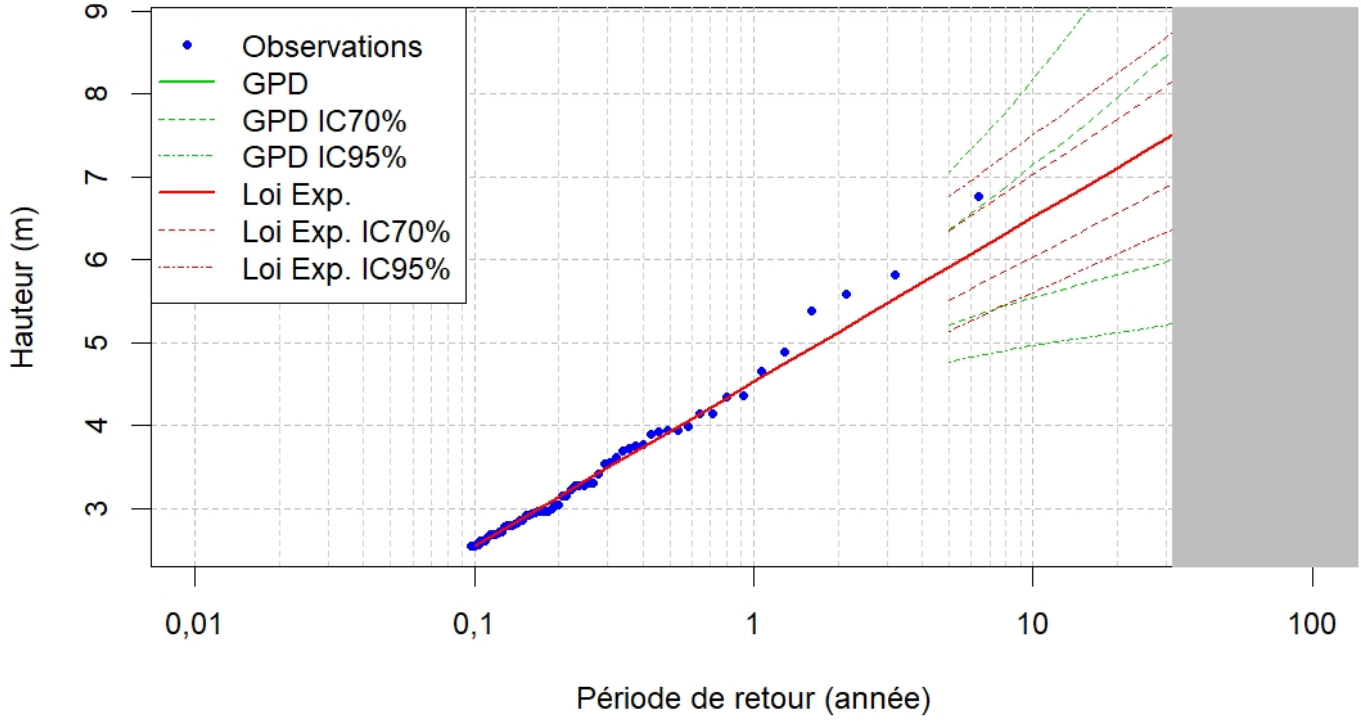
avec ρ = 1,158301

### Niveaux de retour

| Période de retour | $H_{1/3}$ (mètres) | | Int. de Conf. 70% (mètres) | | $T_{avd}$ Int.Conf.70% (secondes) (i) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **GPD** | **Loi Exp.** | **GPD** | **Loi Exp.** | **GPD** | **Loi Exp.** |
| 5 ans | 5,91 | 5,92 | 5,17 à 6,42 | 5,47 à 6,35 | 8,25 à 9,20 | 8,25 à 9,20 |
| 10 ans | 6,51 | 6,51 | 5,48 à 7,20 | 6,00 à 7,02 | 8,66 à 9,66 | 8,66 à 9,66 |
| 20 ans | 7,11 | 7,11 | 5,77 à 8,03 | 6,52 à 7,70 | 9,05 à 10,09 | 9,05 à 10,09 |

(i) $T_{avd}=\sqrt{(2\pi L_{avd}/g).\tanh(2\pi Prof/L_{avd})}$ avec $L_{avd}=H_{1/3}/Cambrure$

### Ajustement statistique :



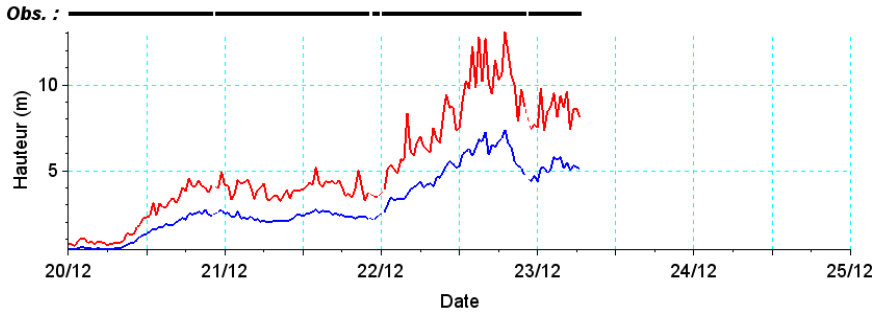
# CANDHIS : 02B04 – La Revellata

## Sélection des événements remarquables

### Tempête du 22/12/19

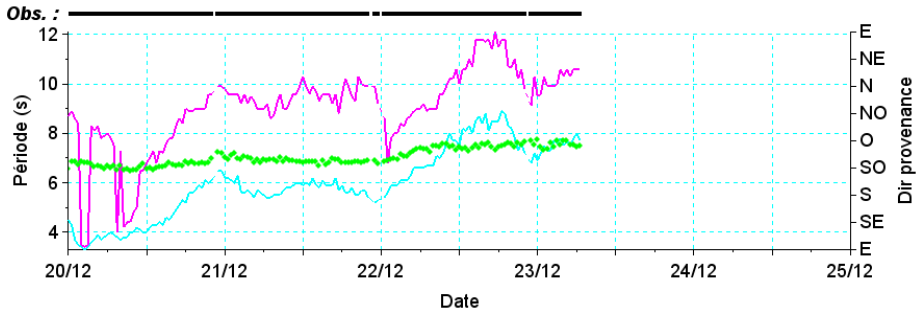
**Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$**

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




**Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$**

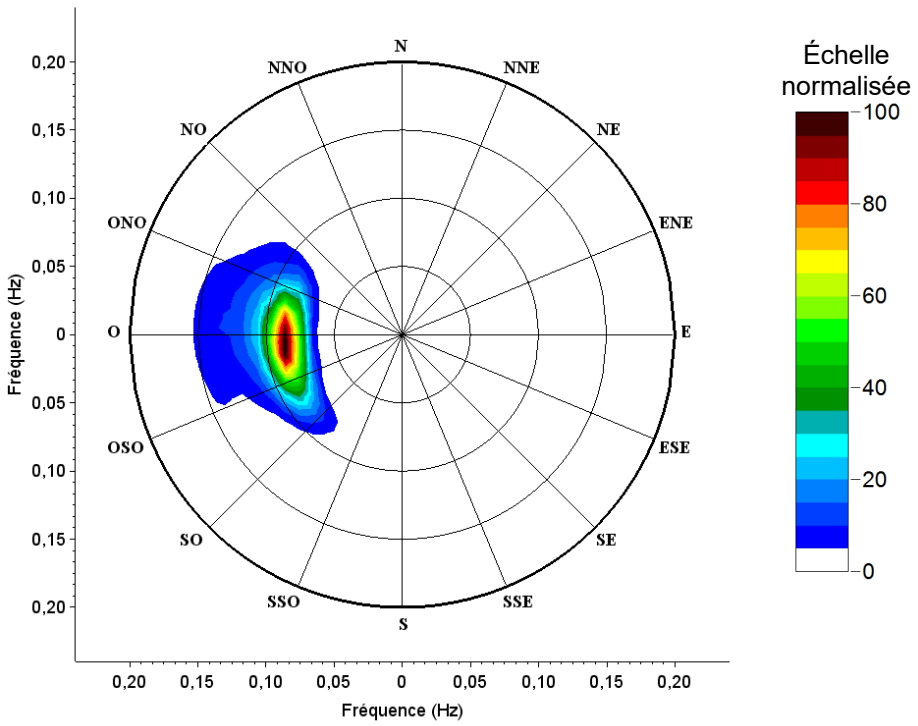
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




**Pic de tempête**

| Pic du | 22/12 19h00 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 7,40 |
| $H_{1/10}$ (m) | 9,47 |
| $H_{max}$ (m) | 13,09 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 10,7 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 11,0 |
| $T_{avd}$ (s) | 9,0 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 10,6 |
| $S_z$ | 1/15 |
| $H_{m0}$ (m) | 7,71 |
| $T_p$ (s) | 11,8 |
| $T_{02}$ (s) | 8,8 |
| $T_e$ (s) | 10,4 |
| $Dir_p$ (°) | 263 |
| $Etal_p$ (°) | 27 |

Spectre directionnel de variance



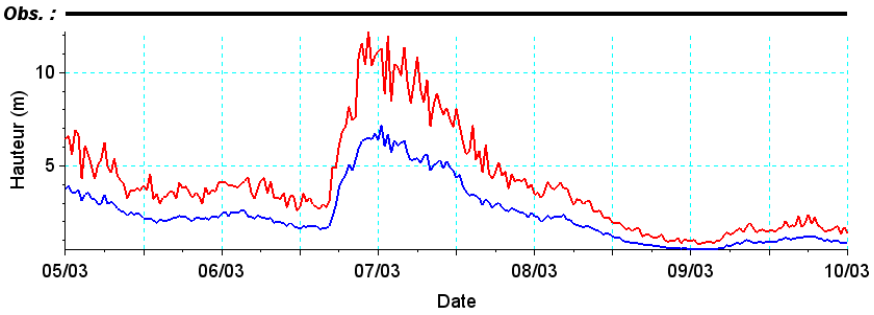
# CANDHIS : 02B04 – La Revellata

## Sélection des événements remarquables

### Tempête du 07/03/17

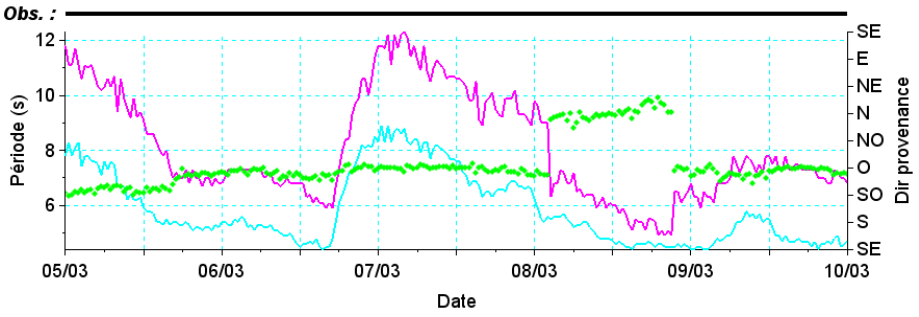
**Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$**

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




**Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$**

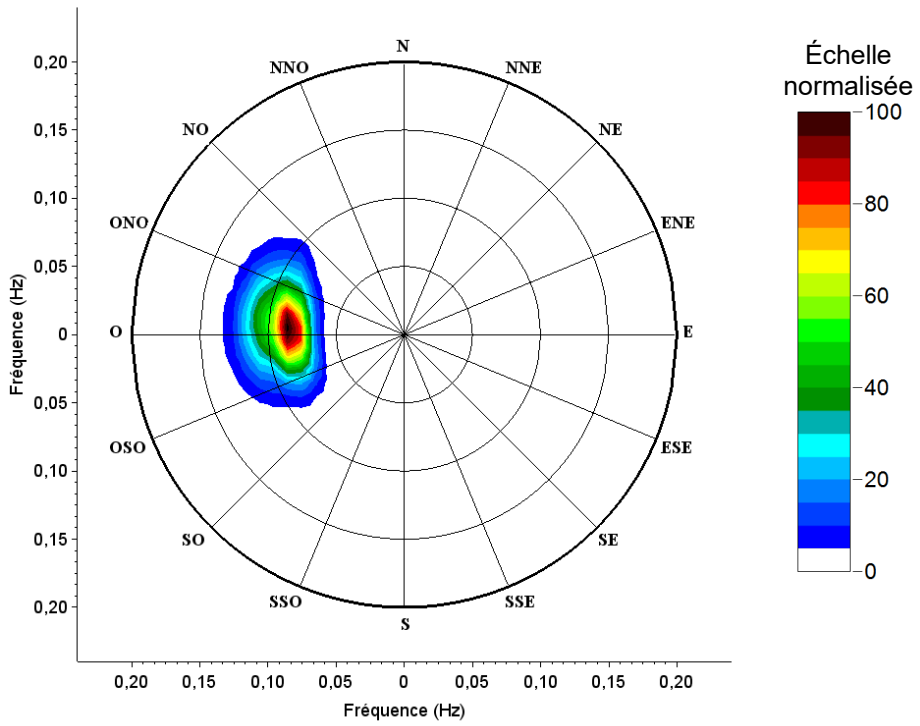
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




**Pic de tempête**

| Pic du | 07/03 0h30 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 7,18 |
| $H_{1/10}$ (m) | 9,02 |
| $H_{max}$ (m) | 11,33 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 11,1 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 10,9 |
| $T_{avd}$ (s) | 8,8 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 10,0 |
| $S_z$ | 1/16 |
| $H_{m0}$ (m) | 7,51 |
| $T_p$ (s) | 11,8 |
| $T_{02}$ (s) | 8,9 |
| $T_e$ (s) | 10,6 |
| $Dir_p$ (°) | 272 |
| $Etal_p$ (°) | 26 |

Spectre directionnel de variance



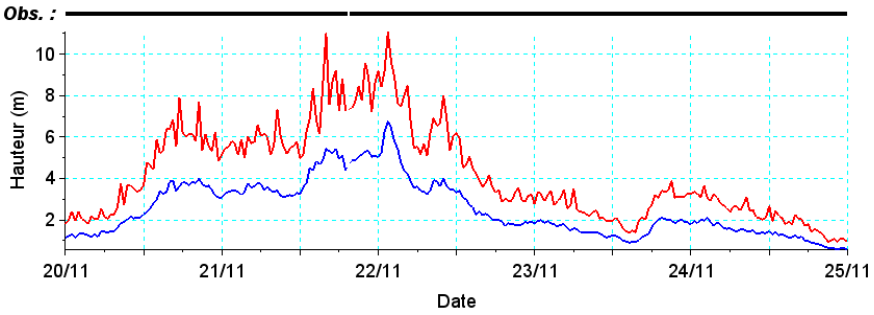
# CANDHIS : 02B04 – La Revellata

## Sélection des événements remarquables

### Tempête du 22/11/15

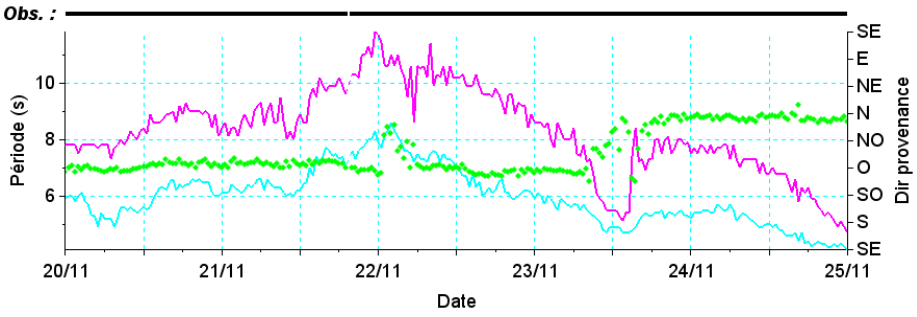
### Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




### Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$

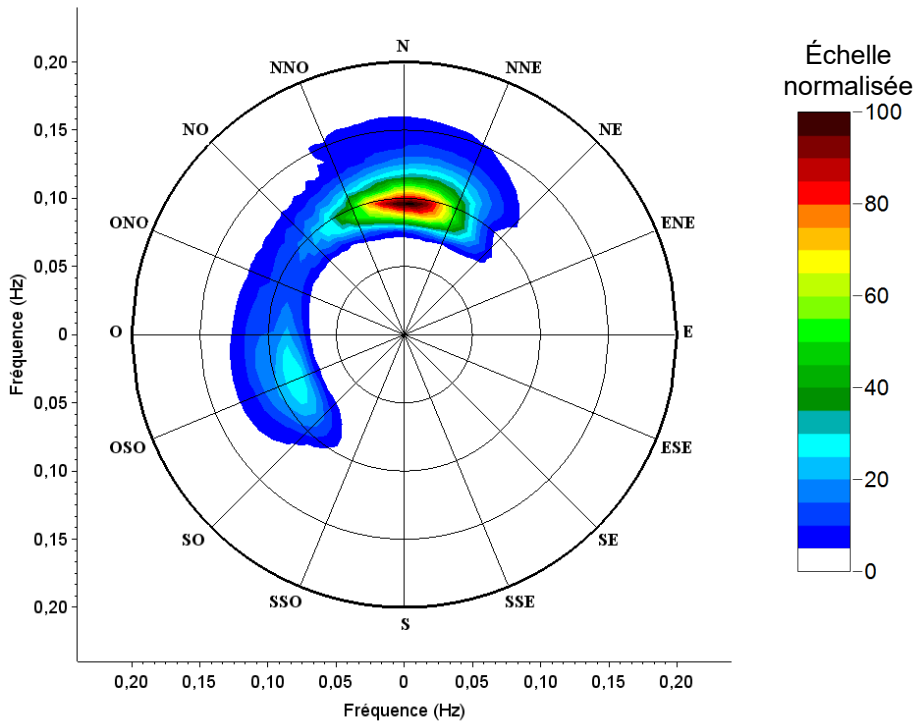
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




### Pic de tempête

| Pic du | 22/11 1h30 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 6,77 |
| $H_{1/10}$ (m) | 8,28 |
| $H_{max}$ (m) | 11,07 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 9,9 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 9,8 |
| $T_{avd}$ (s) | 8,6 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 9,0 |
| $S_z$ | 1/15 |
| $H_{m0}$ (m) | 6,77 |
| $T_p$ (s) | 10,6 |
| $T_{02}$ (s) | 8,3 |
| $T_e$ (s) | 9,6 |
| $Dir_p$ (°) | 338 |
| $Etal_p$ (°) | 46 |

### Spectre directionnel de variance



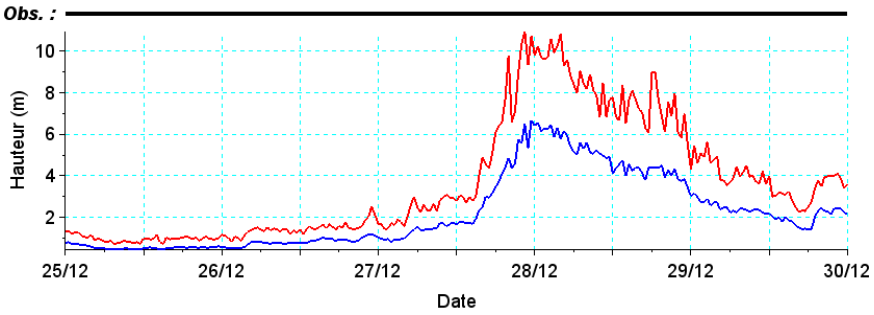
# CANDHIS : 02B04 – La Revellata

## Sélection des événements remarquables

Tempête du 27/12/17

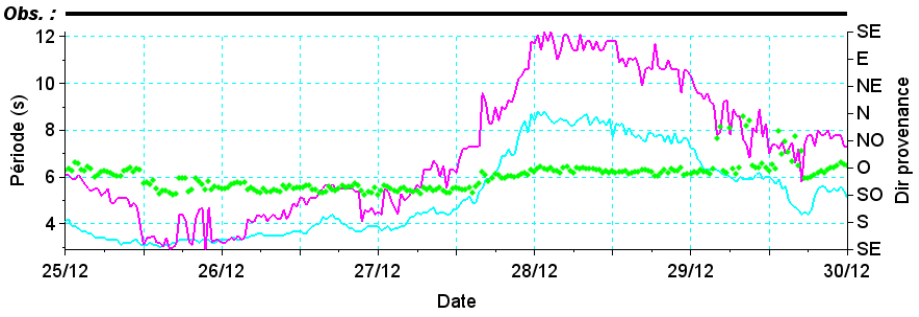
### Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




### Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$

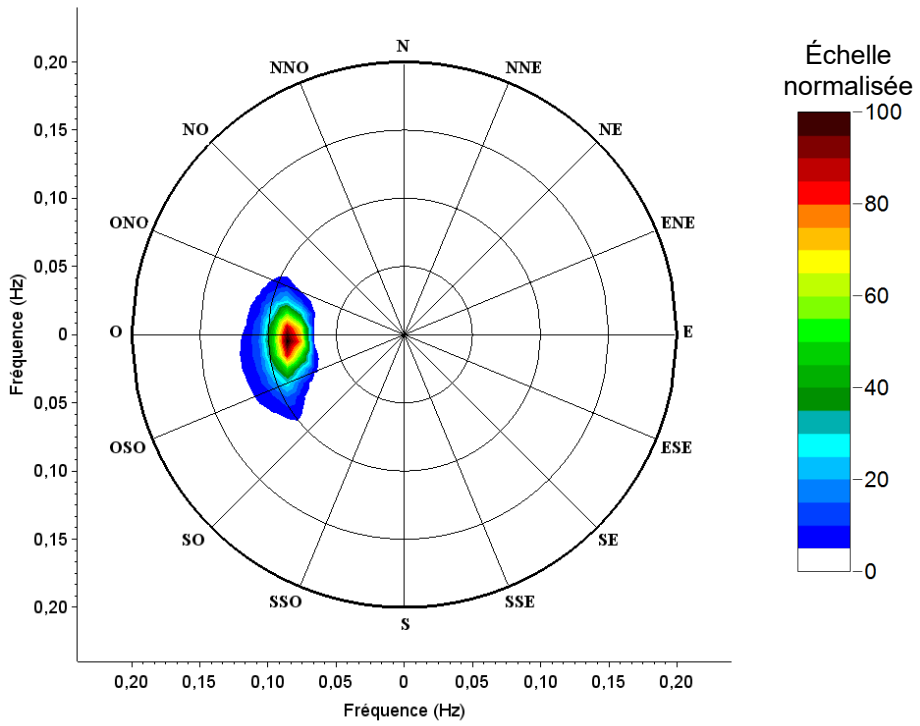
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




### Pic de tempête

| Pic du | 27/12 23h30 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 6,69 |
| $H_{1/10}$ (m) | 8,51 |
| $H_{max}$ (m) | 10,75 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 10,8 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 10,8 |
| $T_{avd}$ (s) | 9,1 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 11,1 |
| $S_z$ | 1/14 |
| $H_{m0}$ (m) | 7,07 |
| $T_p$ (s) | 11,8 |
| $T_{02}$ (s) | 8,6 |
| $T_e$ (s) | 10,4 |
| $Dir_p$ (°) | 266 |
| $Etal_p$ (°) | 22 |

### Spectre directionnel de variance



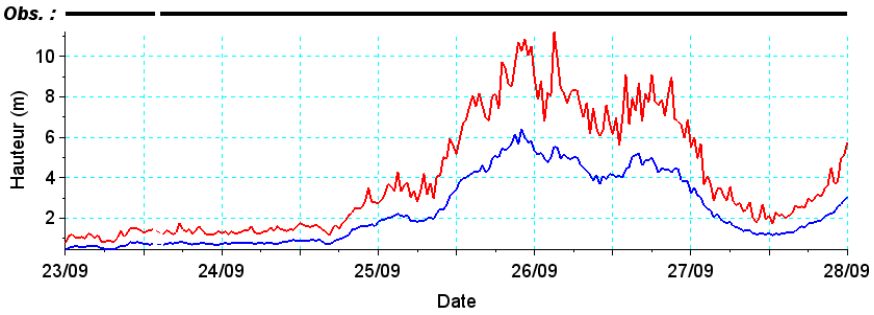
# CANDHIS : 02B04 – La Revellata

## Sélection des événements remarquables

### Tempête du 25/09/20

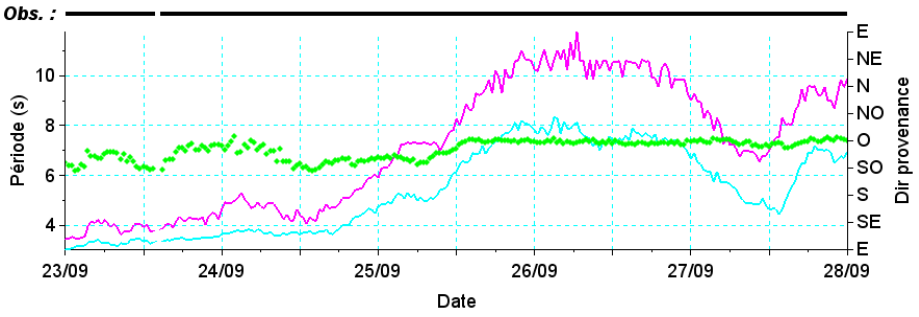
**Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$**

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




**Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$**

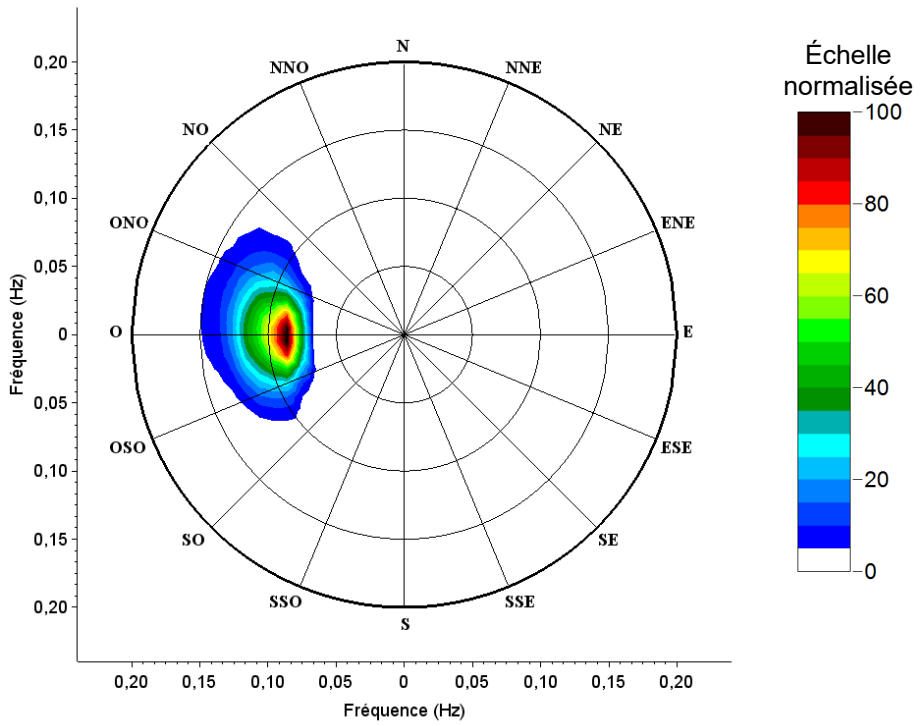
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




**Pic de tempête**

| Pic du | 25/09 22h00 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 6,42 |
| $H_{1/10}$ (m) | 8,00 |
| $H_{max}$ (m) | 10,26 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 9,8 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 9,6 |
| $T_{avd}$ (s) | 8,1 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 10,0 |
| $S_z$ | 1/14 |
| $H_{m0}$ (m) | 6,78 |
| $T_p$ (s) | 11,0 |
| $T_{02}$ (s) | 8,1 |
| $T_e$ (s) | 9,6 |
| $Dir_p$ (°) | 270 |
| $Etal_p$ (°) | 22 |

Spectre directionnel de variance



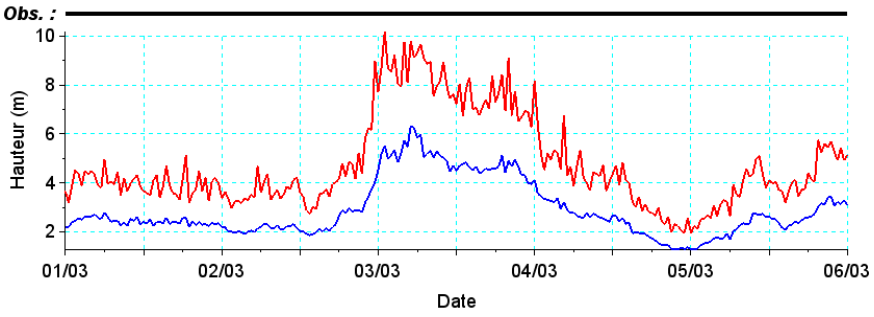
# CANDHIS : 02B04 – La Revellata

## Sélection des événements remarquables

### Tempête du 03/03/16

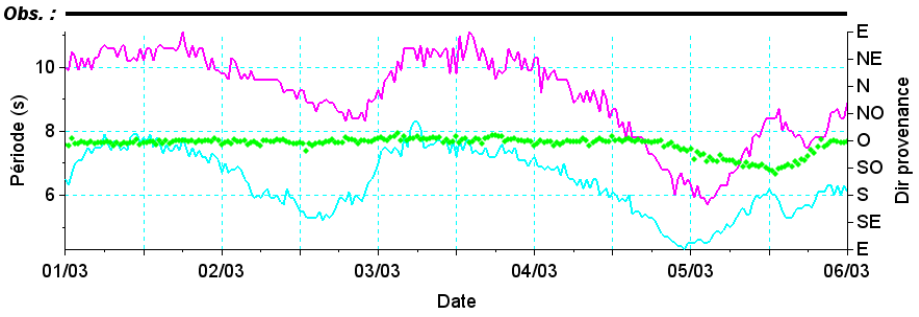
### Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




### Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$

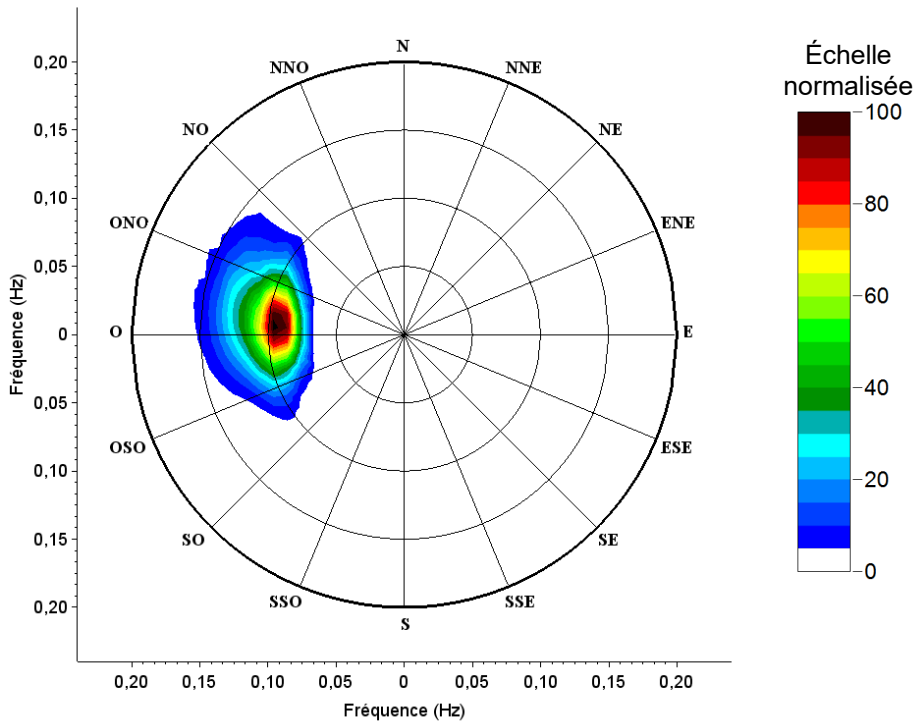
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




### Pic de tempête

| Pic du | 03/03 5h00 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 6,32 |
| $H_{1/10}$ (m) | 8,08 |
| $H_{max}$ (m) | 9,81 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 9,3 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 9,6 |
| $T_{avd}$ (s) | 8,3 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 9,6 |
| $S_z$ | 1/16 |
| $H_{m0}$ (m) | 6,79 |
| $T_p$ (s) | 10,6 |
| $T_{02}$ (s) | 8,1 |
| $T_e$ (s) | 9,4 |
| $Dir_p$ (°) | 273 |
| $Etal_p$ (°) | 25 |

### Spectre directionnel de variance



# CANDHIS : 02B05 – Alistro

## Informations générales

**Durée d'observation :** 5,06 ans
du 15/10/13 au 31/12/21

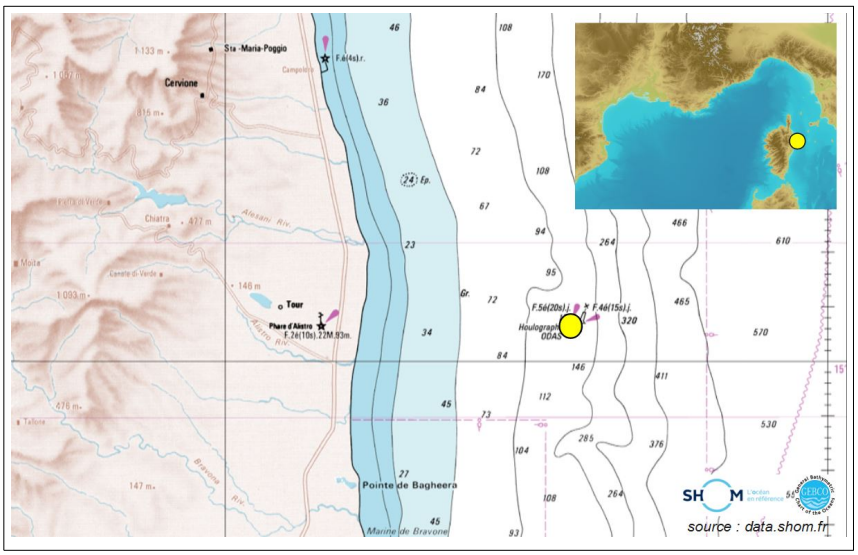
**Latitude :** 42°15,700'N

**Longitude :** 09°38,600'E

**Distance à la côte :** 3,9 milles

**Profondeur :** 120 mètres

**Marnage (VEM) :** -



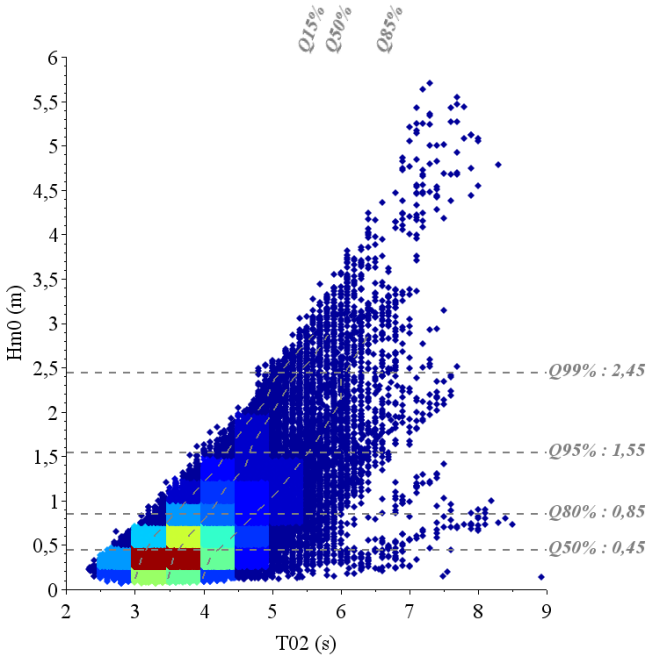

**Taux de disponibilité :**

| | janv. | fév. | mars | avril | mai | juin | juil. | août | sept. | oct. | nov. | déc. | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2013 | | | | | | | | | | 54% | 100% | 100% | 21% |
| 2014 | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| 2015 | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 29% | | | | | 61% |
| 2016 | | | | | | | | | | | | 54% | 4% |
| 2017 | 16% | | | | 89% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 67% |
| 2018 | 100% | 100% | 100% | 100% | 73% | | | | | 60% | 26% | 96% | 55% |
| 2019 | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 52% | | | | 71% |
| 2020 | | | | | | 100% | 100% | 100% | 86% | | | 47% | 36% |
| 2021 | 74% | 100% | 100% | 100% | 34% | 91% | 100% | 100% | 100% | 96% | 99% | 100% | 91% |
| **Total** | **54%** | **56%** | **56%** | **56%** | **55%** | **66%** | **67%** | **59%** | **49%** | **45%** | **47%** | **66%** | **56%** |

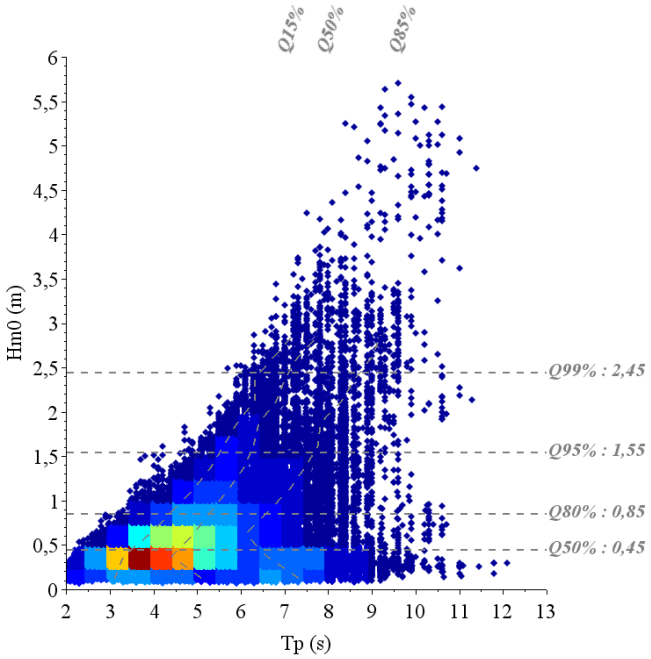
# CANDHIS : 02B05 – Alistro

**Climatologie moyenne : ANNUELLE (janvier à décembre)**

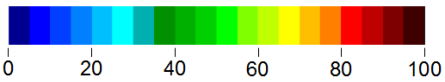
► $H_{m0}$ fonction de $T_{02}$



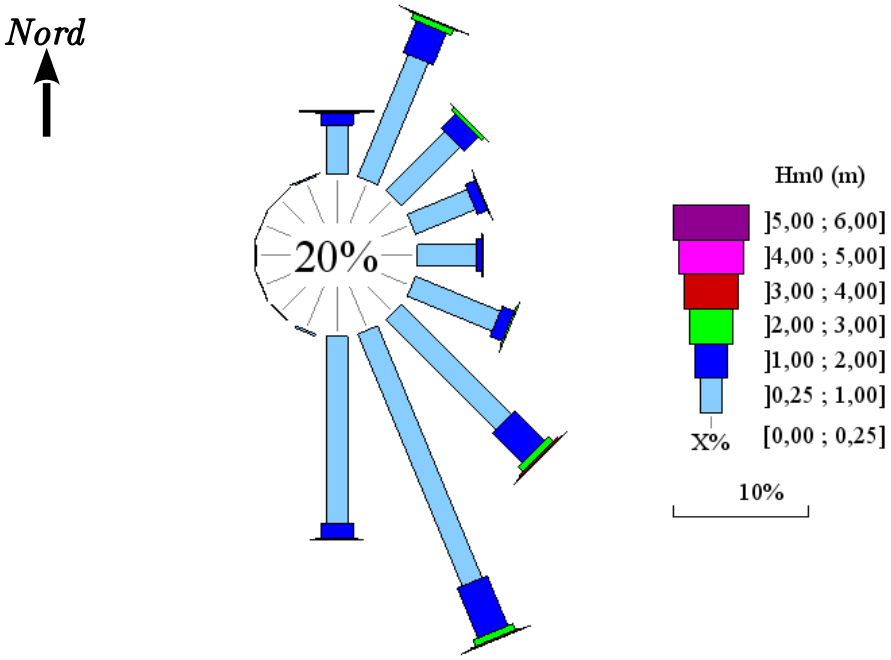

► $H_{m0}$ fonction de $T_p$




Échelle de couleurs normalisée :



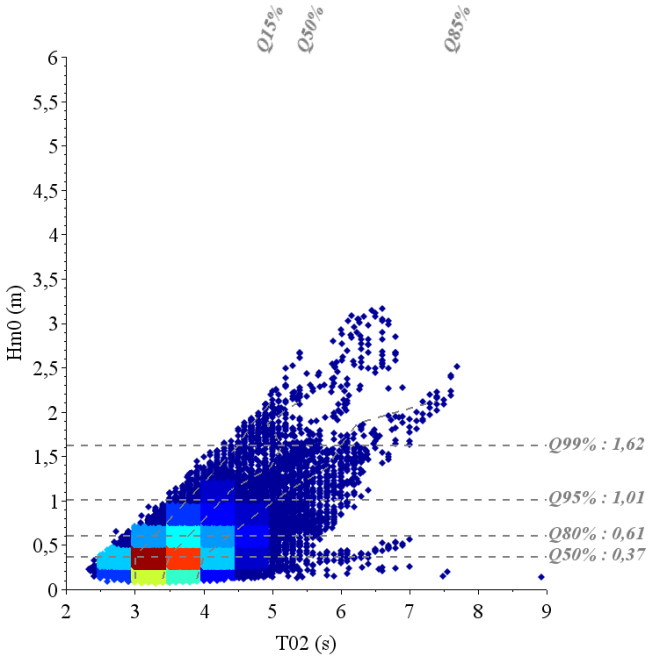

► $H_{m0}$ fonction de $Dir_p$ (rose des houles)



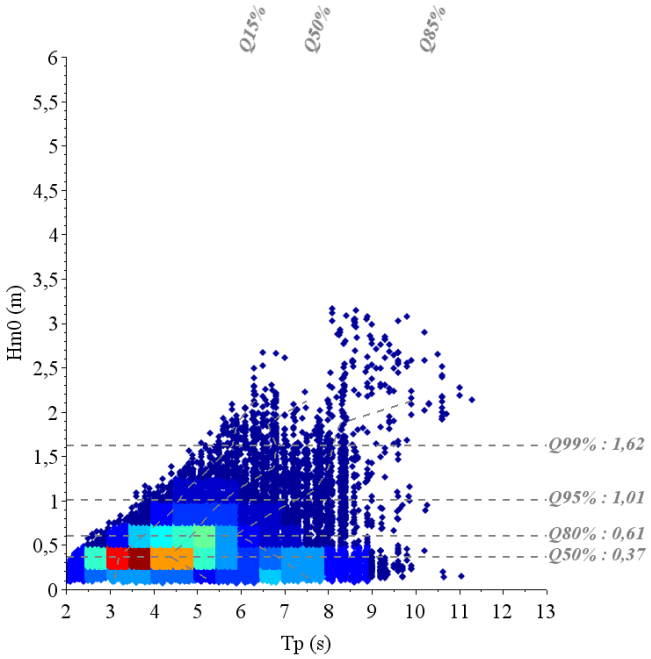
# CANDHIS : 02B05 – Alistro

**Climatologie moyenne : ESTIVALE (avril à septembre)**

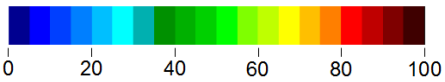
► $H_{m0}$ fonction de $T_{02}$



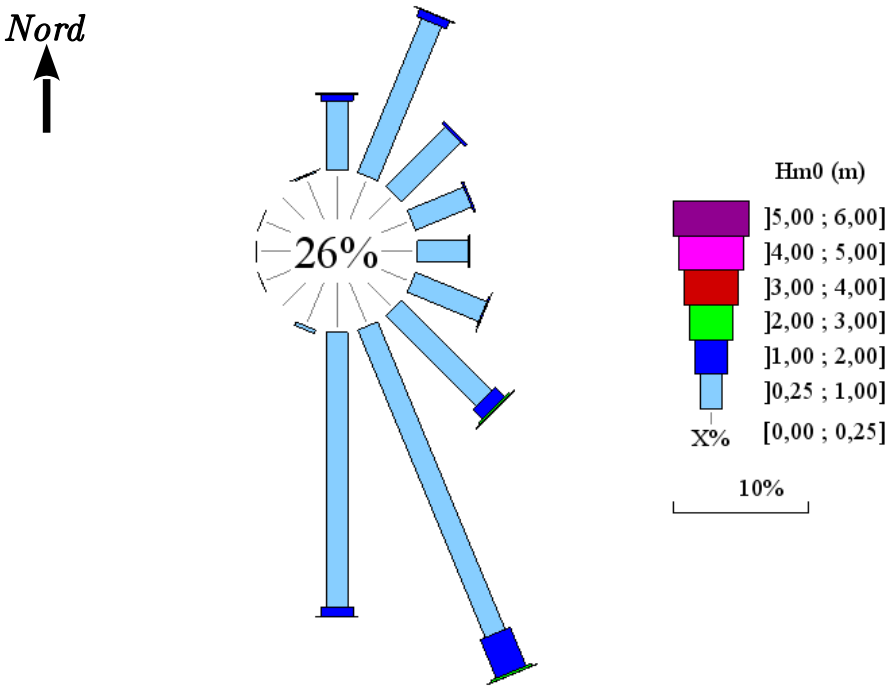

► $H_{m0}$ fonction de $T_p$




Échelle de couleurs normalisée :



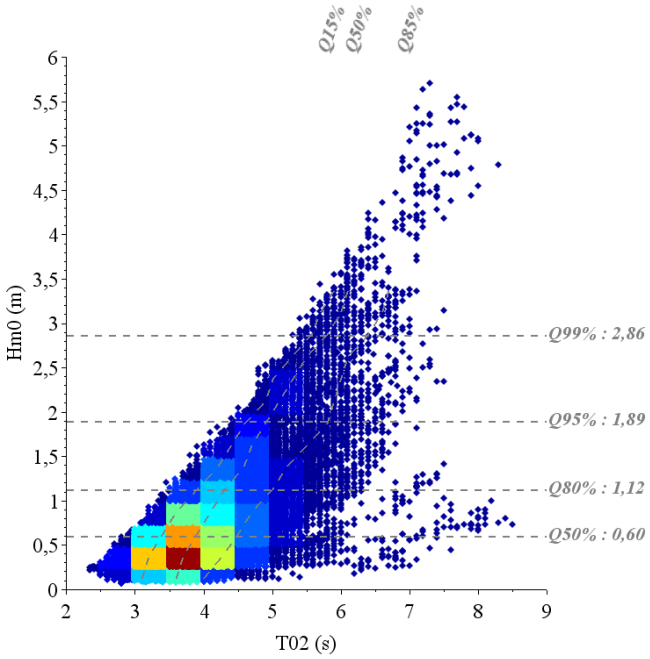

► $H_{m0}$ fonction de $Dir_p$ (rose des houles)



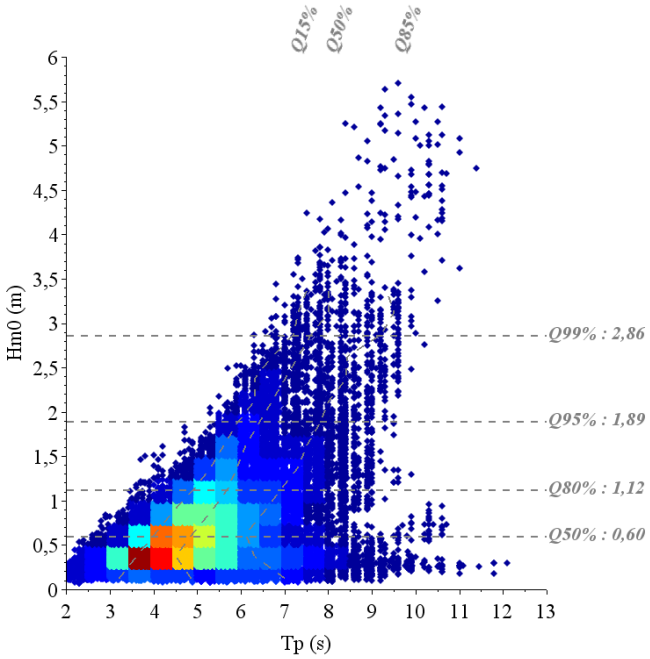
# CANDHIS : 02B05 – Alistro

**Climatologie moyenne : HIVERNALE**
**(janvier à mars et octobre à décembre)**

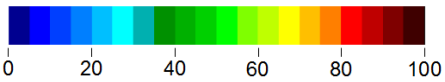
► $H_{m0}$ fonction de $T_{02}$



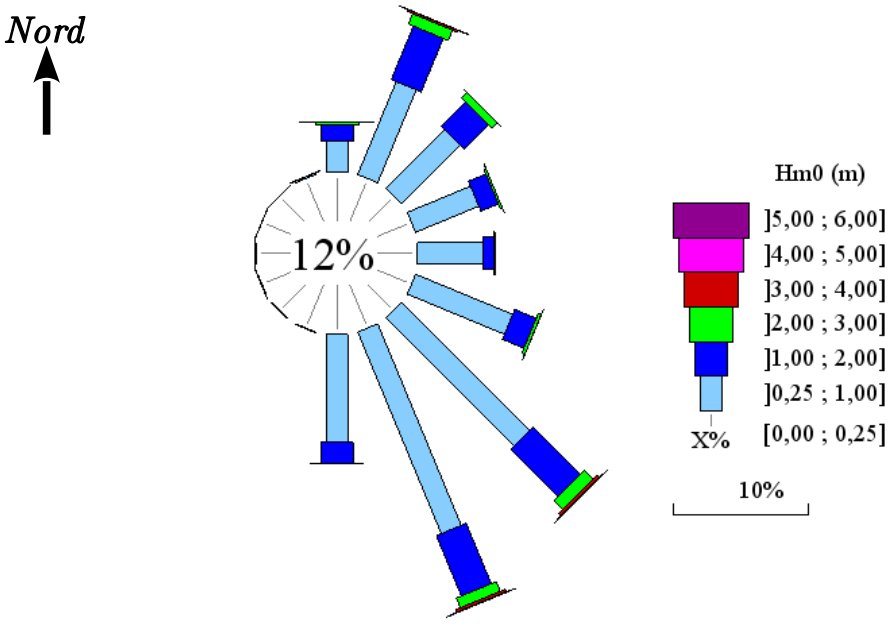

► $H_{m0}$ fonction de $T_p$




Échelle de couleurs normalisée :




► $H_{m0}$ fonction de $Dir_p$ (rose des houles)



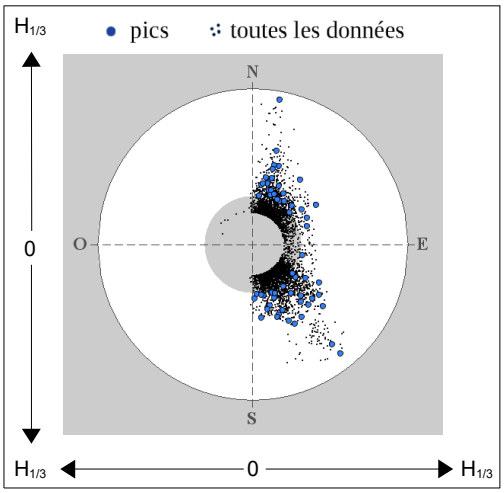
# CANDHIS : 02B05 – Alistro

## Analyse des valeurs extrêmes de $H_{1/3}$ : DIRECTION DE PROVENANCE 0° à 360°

### Sélection des pics de tempête

| | Seuil (u) | Nb évts/an | Cambrure $H_{1/3}/L_{avd}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | | | médiane | Int.Conf.70% |
| **GPD** | 2,05 m | 12,65 | 1/19 | 1/22 à 1/17 |
| **Loi Exp** | 2,05 m | 12,65 | 1/19 | 1/22 à 1/17 |

### $Dir_p$ aux pics de tempête




### Paramètres des lois d'ajustement

**GPD :** $Pr\{H_{1/3}>h|h>u\}=\left(1+\xi\frac{h-u}{\sigma}\right)^{-1/\xi}$

avec $\sigma$ = 0,692907 et $\xi$ = -0,000812

**Loi Exp. :** $Pr\{H_{1/3}>h|h>u\}=\exp[-\rho(h-u)]$

avec $\rho$ = 1,444369

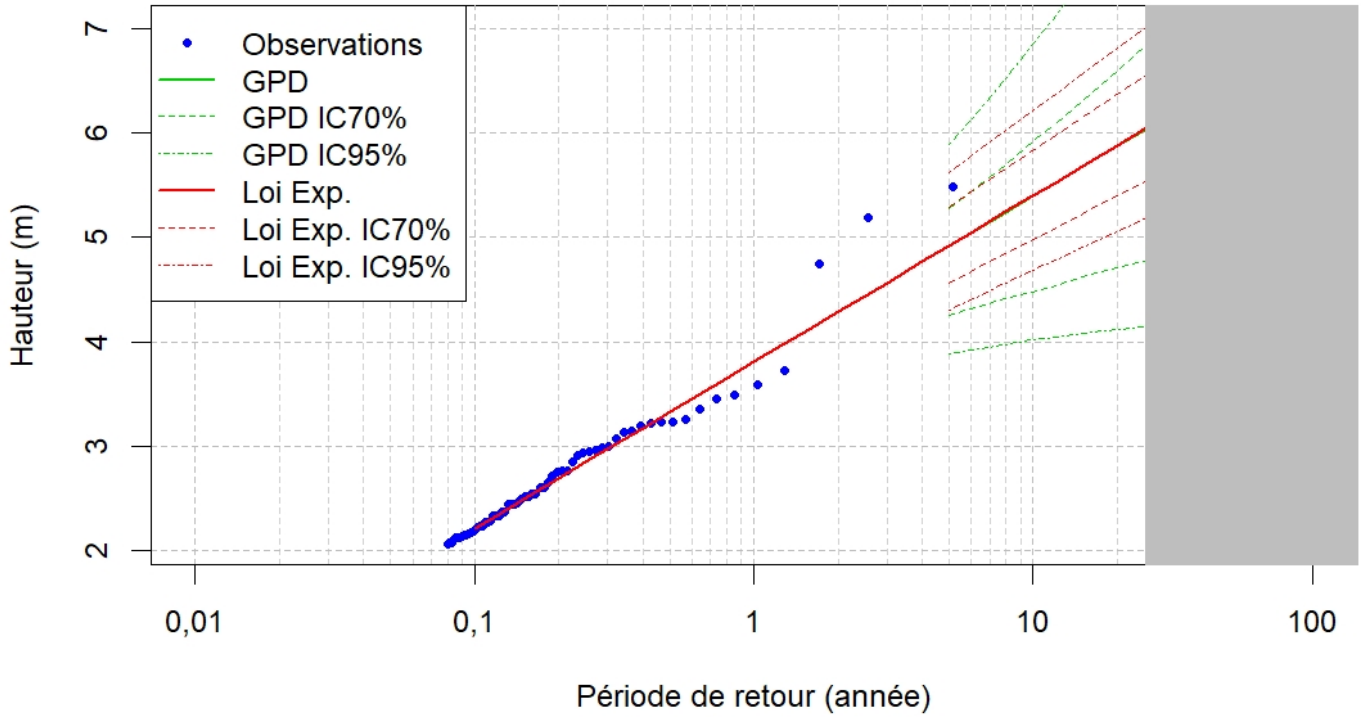
### Niveaux de retour

| Période de retour | $H_{1/3}$ (mètres) | | Int. de Conf. 70% (mètres) | |
|---|---|---|---|---|
| | **GPD** | **Loi Exp.** | **GPD** | **Loi Exp.** |
| 5 ans | 4,92 | 4,92 | 4,24 à 5,44 | 4,56 à 5,31 |
| 10 ans | 5,40 | 5,40 | 4,46 à 6,15 | 4,98 à 5,85 |
| 20 ans | 5,88 | 5,88 | 4,68 à 6,91 | 5,40 à 6,39 |

| $T_{avd}$ Int.Conf.70% (secondes) (i) | |
|---|---|
| **GPD** | **Loi Exp.** |
| 7,42 à 8,33 | 7,43 à 8,33 |
| 7,78 à 8,73 | 7,78 à 8,73 |
| 8,11 à 9,10 | 8,12 à 9,11 |

(i) $T_{avd}=\sqrt{(2\pi L_{avd}/g).\tanh(2\pi Prof/L_{avd})}$ avec $L_{avd}=H_{1/3}/Cambrure$

### Ajustement statistique :



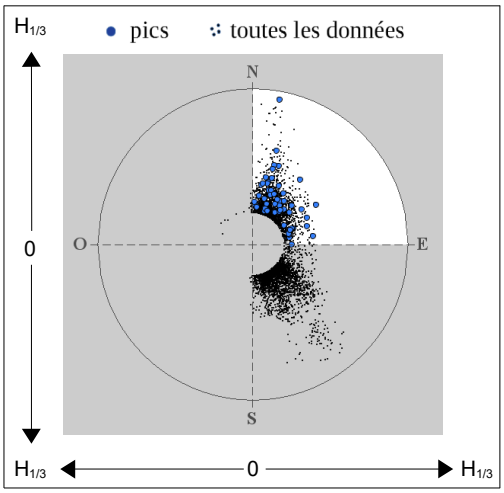
# CANDHIS : 02B05 – Alistro

## Analyse des valeurs extrêmes de $H_{1/3}$ : DIRECTION DE PROVENANCE 0° à 90°

### Sélection des pics de tempête

| | Seuil (u) | Nb évts/an | Cambrure $H_{1/3}/L_{avd}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | | | médiane | Int.Conf.70% |
| **GPD** | 1,60 m | 10,87 | 1/19 | 1/21 à 1/18 |
| **Loi Exp** | 1,60 m | 10,87 | 1/19 | 1/21 à 1/18 |

### $Dir_p$ aux pics de tempête




### Paramètres des lois d'ajustement

**GPD :** $Pr\{H_{1/3}>h|h>u\}=\left(1+\xi\frac{h-u}{\sigma}\right)^{-1/\xi}$

avec σ = 0,658309 et ξ = -0,002408

**Loi Exp. :** $Pr\{H_{1/3}>h|h>u\}=\exp[-\rho(h-u)]$

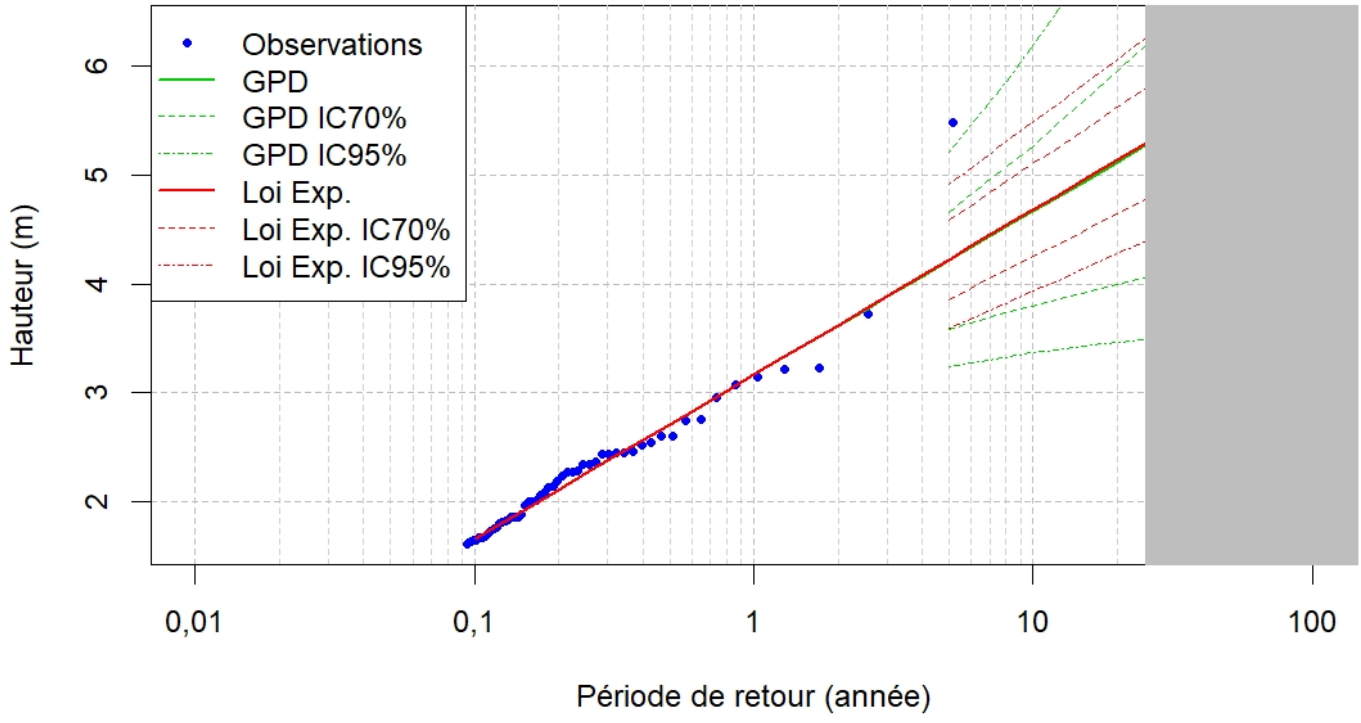
avec ρ = 1,522702

### Niveaux de retour

| Période de retour | $H_{1/3}$ (mètres) | | Int. de Conf. 70% (mètres) | | $T_{avd}$ Int.Conf.70% (secondes) (i) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **GPD** | **Loi Exp.** | **GPD** | **Loi Exp.** | **GPD** | **Loi Exp.** |
| 5 ans | 4,22 | 4,22 | 3,60 à 4,65 | 3,86 à 4,60 | 6,91 à 7,61 | 6,92 à 7,62 |
| 10 ans | 4,67 | 4,68 | 3,81 à 5,31 | 4,25 à 5,12 | 7,27 à 8,01 | 7,28 à 8,02 |
| 20 ans | 5,12 | 5,13 | 4,01 à 6,01 | 4,64 à 5,64 | 7,61 à 8,38 | 7,62 à 8,40 |

(i) $T_{avd}=\sqrt{(2\pi L_{avd}/g).\tanh(2\pi Prof/L_{avd})}$ avec $L_{avd}=H_{1/3}/Cambrure$

### Ajustement statistique :



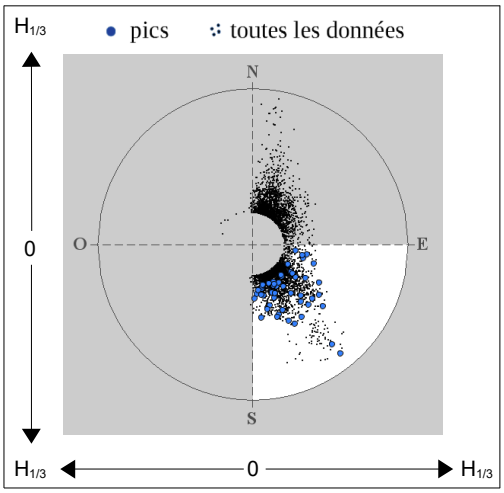
# CANDHIS : 02B05 – Alistro

## Analyse des valeurs extrêmes de $H_{1/3}$ : DIRECTION DE PROVENANCE 90° à 180°

### Sélection des pics de tempête

| | Seuil (u) | Nb évts/an | Cambrure $H_{1/3}/L_{avd}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | | | médiane | Int.Conf.70% |
| **GPD** | 1,75 m | 10,67 | 1/21 | 1/26 à 1/18 |
| **Loi Exp** | 1,75 m | 10,67 | 1/21 | 1/26 à 1/18 |

### $Dir_p$ aux pics de tempête




### Paramètres des lois d'ajustement

**GPD :** $Pr\{H_{1/3}>h|h>u\}=\left(1+\xi\frac{h-u}{\sigma}\right)^{-1/\xi}$

avec $\sigma$ = 0,772418 et $\xi$ = -0,042657

**Loi Exp. :** $Pr\{H_{1/3}>h|h>u\}=\exp[-\rho(h-u)]$

avec $\rho$ = 1,350000

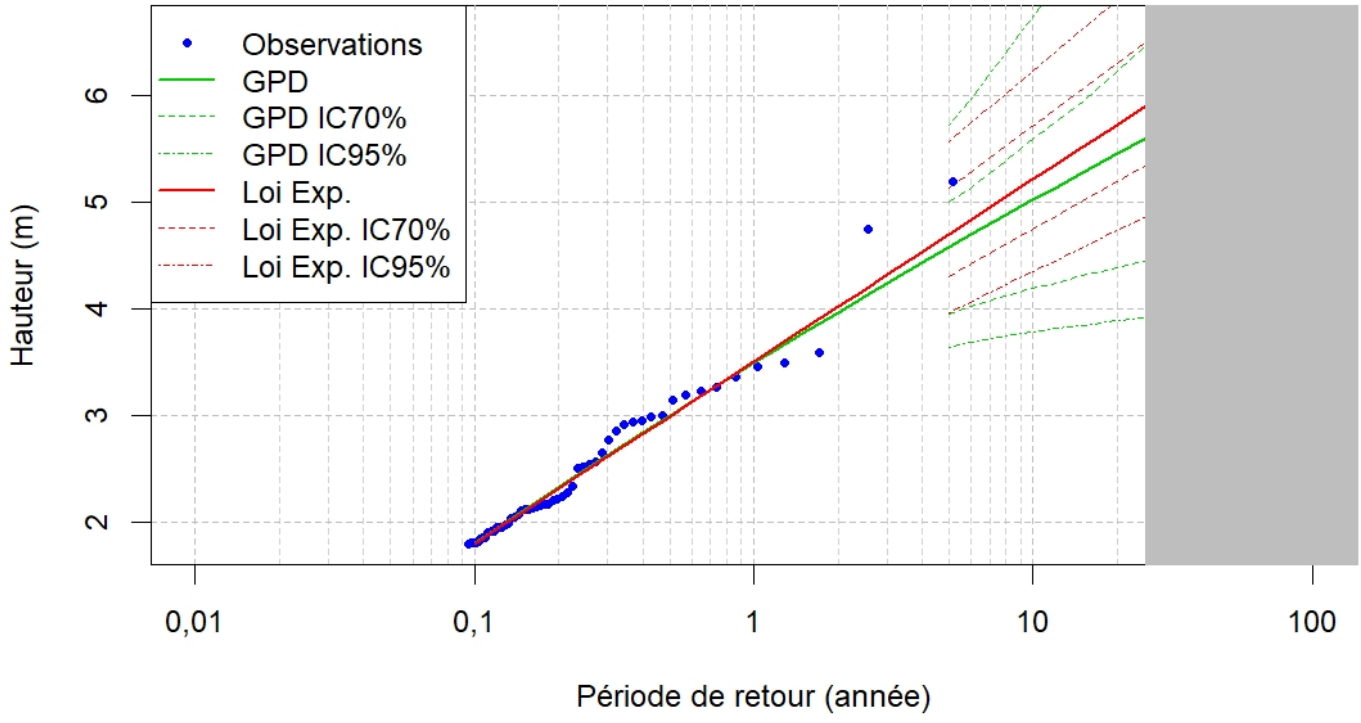
### Niveaux de retour

| Période de retour | $H_{1/3}$ (mètres) | | Int. de Conf. 70% (mètres) | |
|---|---|---|---|---|
| | **GPD** | **Loi Exp.** | **GPD** | **Loi Exp.** |
| 5 ans | 4,58 | 4,70 | 3,97 à 4,99 | 4,25 à 5,08 |
| 10 ans | 5,02 | 5,21 | 4,20 à 5,58 | 4,69 à 5,66 |
| 20 ans | 5,45 | 5,72 | 4,39 à 6,24 | 5,12 à 6,24 |

| $T_{avd}$ Int.Conf.70% (secondes) (i) | |
|---|---|
| **GPD** | **Loi Exp.** |
| 7,33 à 8,79 | 7,42 à 8,90 |
| 7,68 à 9,20 | 7,82 à 9,38 |
| 8,00 à 9,59 | 8,20 à 9,83 |

(i) $T_{avd}=\sqrt{(2\pi L_{avd}/g).\tanh(2\pi Prof/L_{avd})}$ avec $L_{avd}=H_{1/3}/Cambrure$

### Ajustement statistique :



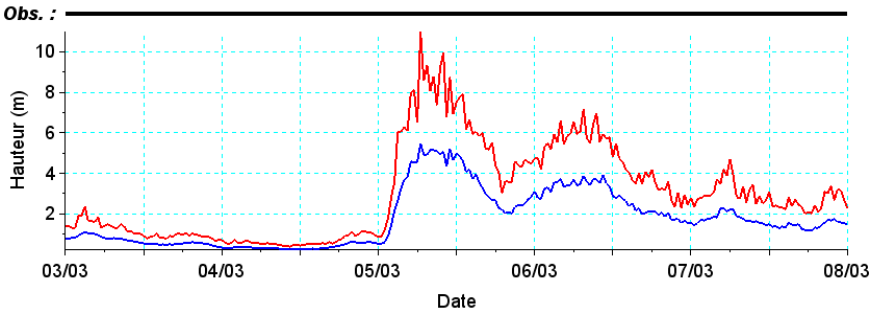
# CANDHIS : 02B05 – Alistro

## Sélection des événements remarquables

Tempête du 05/03/15

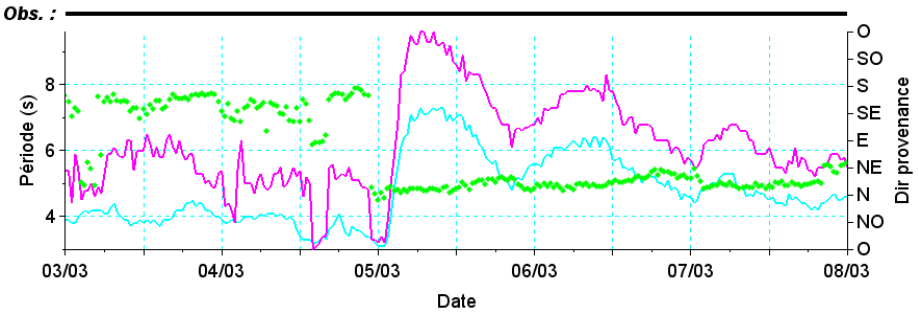
### Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




### Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$

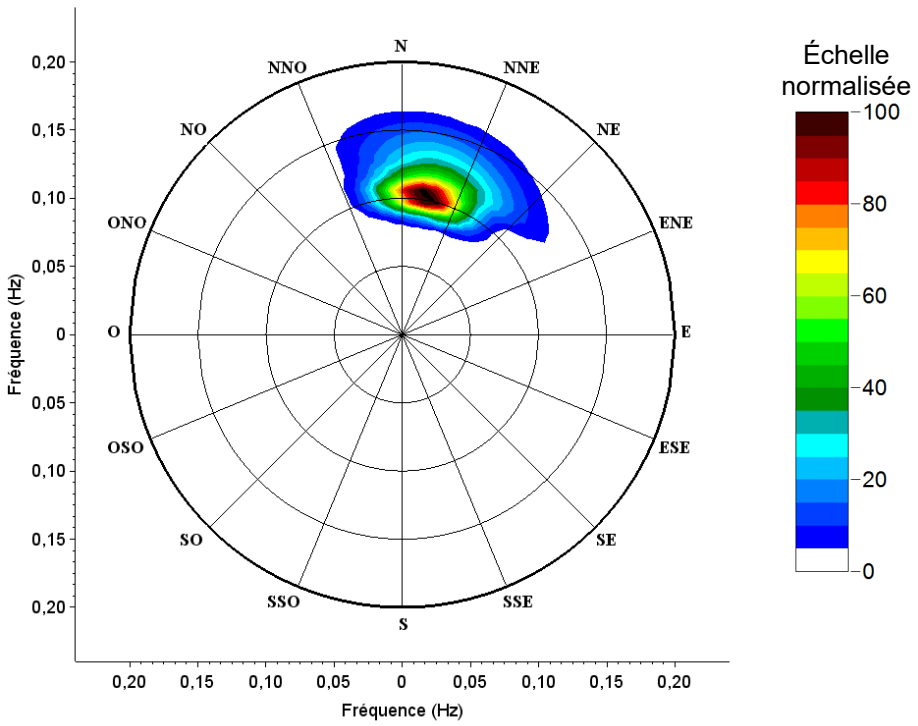
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




### Pic de tempête

| Pic du | 05/03 6h30 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 5,48 |
| $H_{1/10}$ (m) | 6,91 |
| $H_{max}$ (m) | 10,98 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 8,6 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 8,5 |
| $T_{avd}$ (s) | 7,5 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 8,5 |
| $S_z$ | 1/15 |
| $H_{m0}$ (m) | 5,71 |
| $T_p$ (s) | 9,6 |
| $T_{02}$ (s) | 7,3 |
| $T_e$ (s) | 8,4 |
| $Dir_p$ (°) | 10 |
| $Etal_p$ (°) | 17 |

### Spectre directionnel de variance



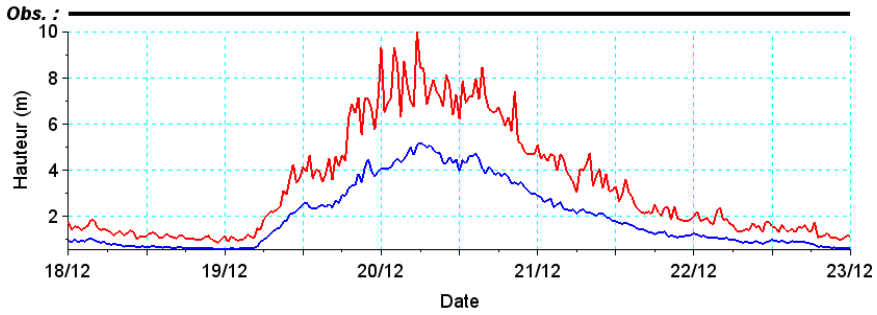
# CANDHIS : 02B05 – Alistro

## Sélection des événements remarquables

Tempête du 20/12/16

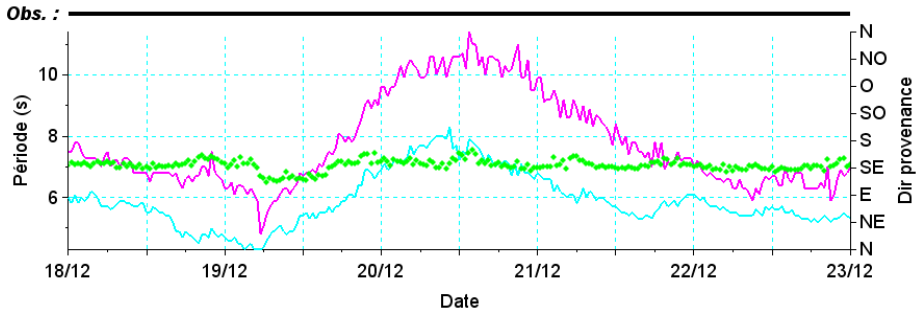
### Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




### Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$

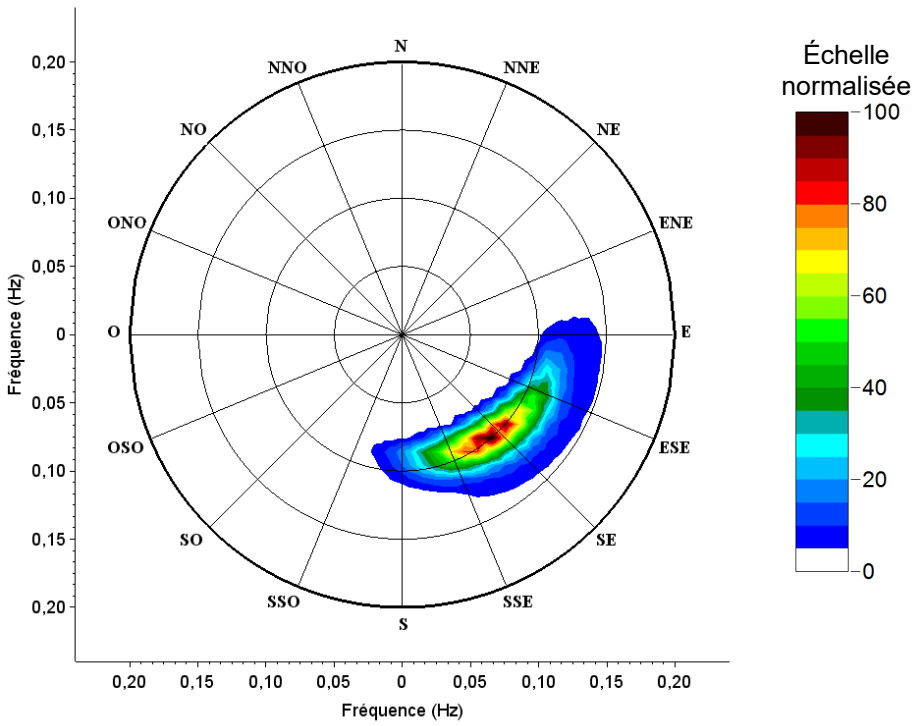
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




### Pic de tempête

| Pic du | 20/12 6h00 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 5,19 |
| $H_{1/10}$ (m) | 6,53 |
| $H_{max}$ (m) | 8,44 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 9,5 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 9,4 |
| $T_{avd}$ (s) | 7,8 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 9,1 |
| $S_z$ | 1/15 |
| $H_{m0}$ (m) | 5,55 |
| $T_p$ (s) | 9,9 |
| $T_{02}$ (s) | 7,7 |
| $T_e$ (s) | 9,1 |
| $Dir_p$ (°) | 141 |
| $Etal_p$ (°) | 26 |

### Spectre directionnel de variance



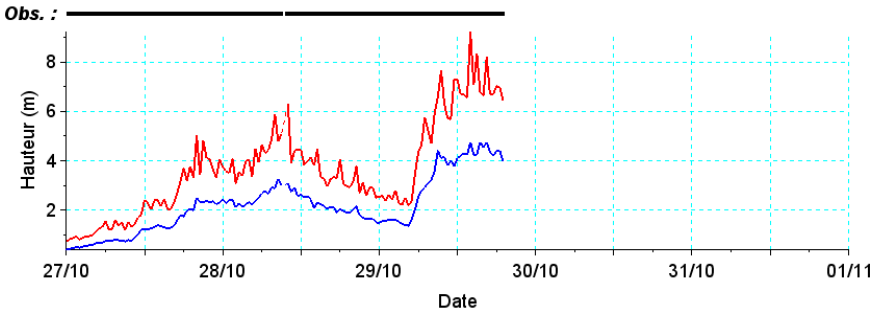
# CANDHIS : 02B05 – Alistro

## Sélection des événements remarquables

Tempête du 29/10/18

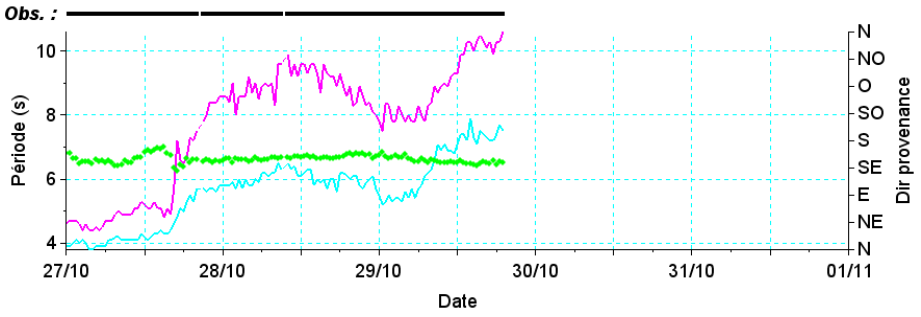
### Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




### Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$

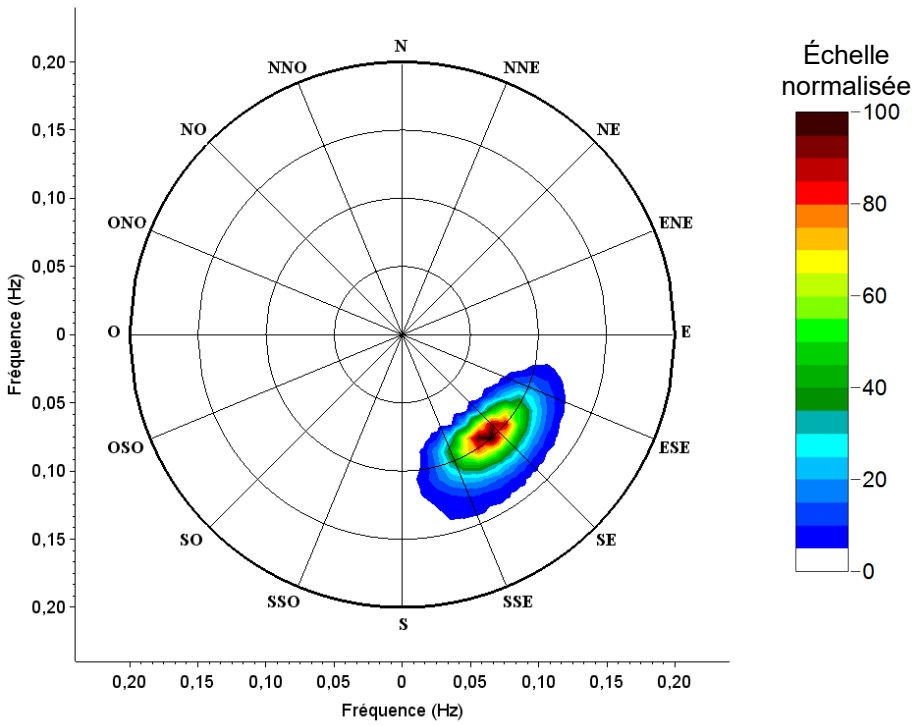
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




### Pic de tempête

| Pic du | 29/10 14h00 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 4,75 |
| $H_{1/10}$ (m) | 5,84 |
| $H_{max}$ (m) | 9,22 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 9,6 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 9,6 |
| $T_{avd}$ (s) | 8,0 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 8,9 |
| $S_z$ | 1/18 |
| $H_{m0}$ (m) | 5,12 |
| $T_p$ (s) | 10,3 |
| $T_{02}$ (s) | 7,9 |
| $T_e$ (s) | 9,3 |
| $Dir_p$ (°) | 142 |
| $Etal_p$ (°) | 19 |

### Spectre directionnel de variance



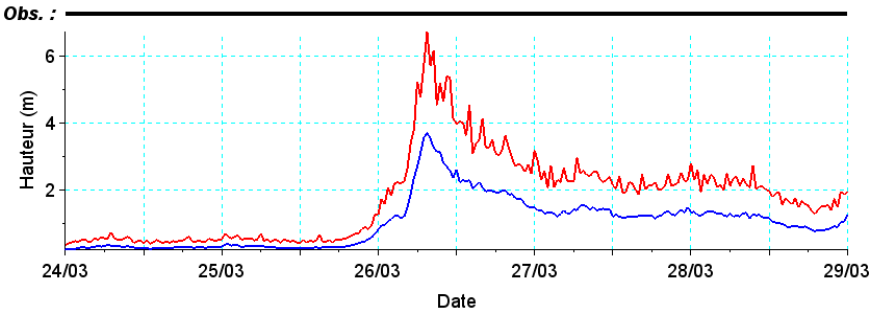
# CANDHIS : 02B05 – Alistro

## Sélection des événements remarquables

Tempête du 26/03/19

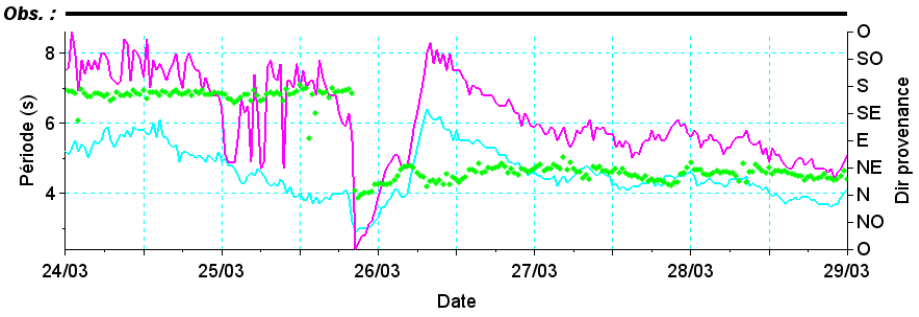
### Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




### Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$

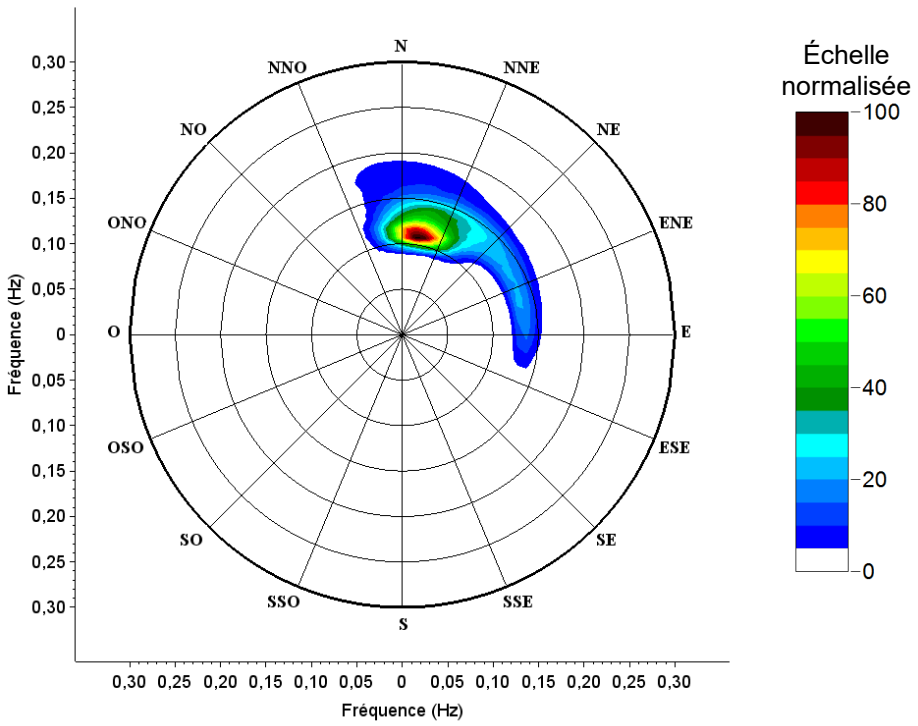
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




### Pic de tempête

| Pic du | 26/03 7h30 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 3,72 |
| $H_{1/10}$ (m) | 4,54 |
| $H_{max}$ (m) | 6,72 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 7,4 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 7,7 |
| $T_{avd}$ (s) | 6,3 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 8,1 |
| $S_z$ | 1/16 |
| $H_{m0}$ (m) | 4,06 |
| $T_p$ (s) | 8,0 |
| $T_{02}$ (s) | 6,4 |
| $T_e$ (s) | 7,4 |
| $Dir_p$ (°) | 14 |
| $Etal_p$ (°) | 22 |

### Spectre directionnel de variance



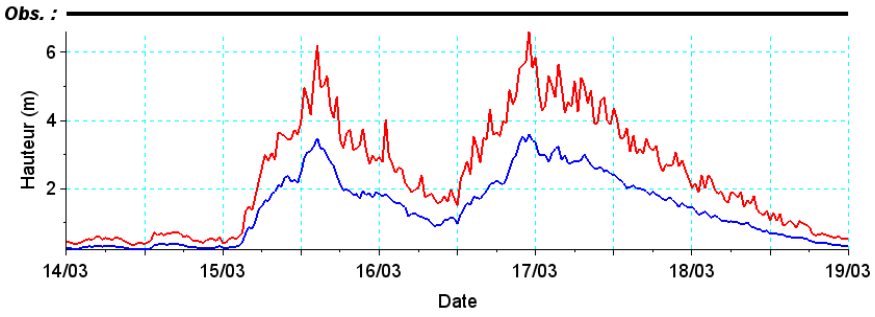
# CANDHIS : 02B05 – Alistro

## Sélection des événements remarquables

### Tempête du 16/03/15

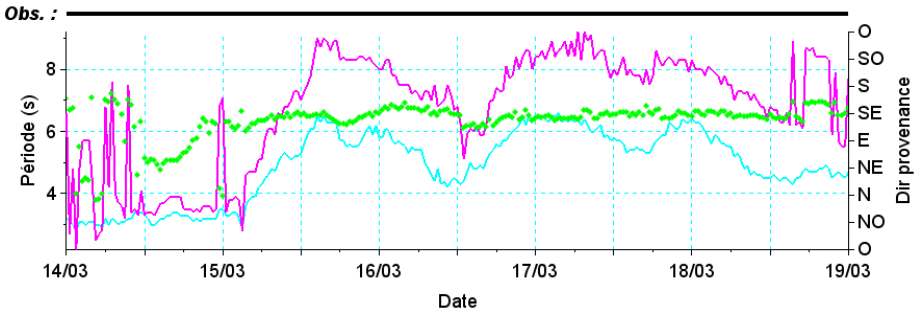
**Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$**

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




**Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$**

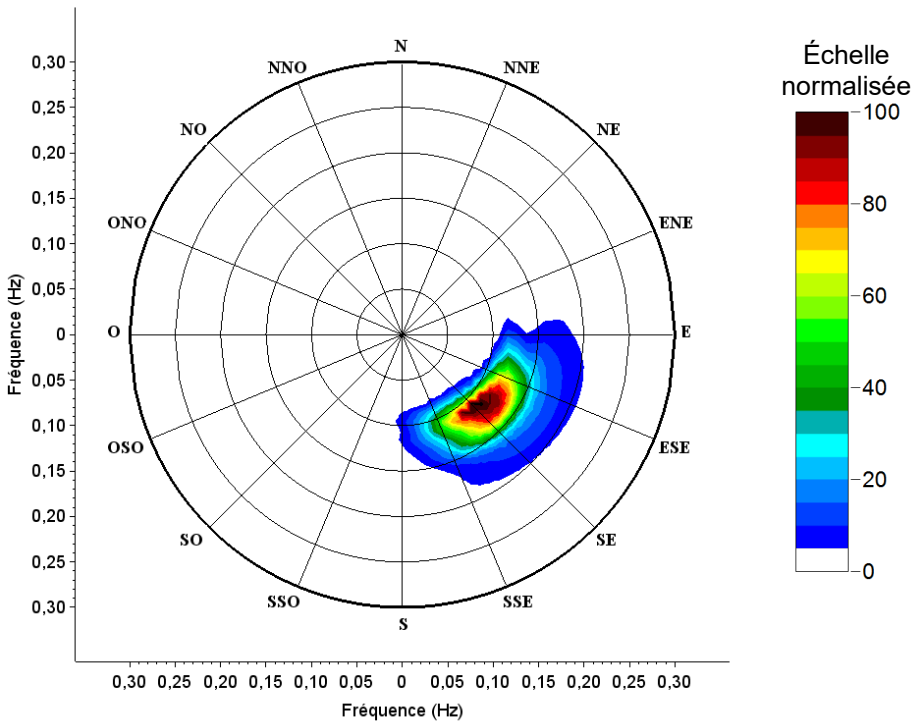
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




**Pic de tempête**

| Pic du | 16/03 23h00 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 3,59 |
| $H_{1/10}$ (m) | 4,57 |
| $H_{max}$ (m) | 6,60 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 7,7 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 8,0 |
| $T_{avd}$ (s) | 6,5 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 7,3 |
| $S_z$ | 1/16 |
| $H_{m0}$ (m) | 3,89 |
| $T_p$ (s) | 8,6 |
| $T_{02}$ (s) | 6,5 |
| $T_e$ (s) | 7,6 |
| $Dir_p$ (°) | 132 |
| $Etal_p$ (°) | 24 |

Spectre directionnel de variance



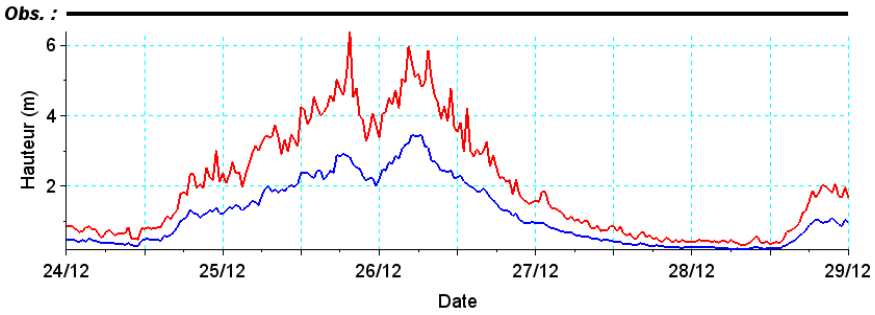
# CANDHIS : 02B05 – Alistro

## Sélection des événements remarquables

### Tempête du 26/12/13

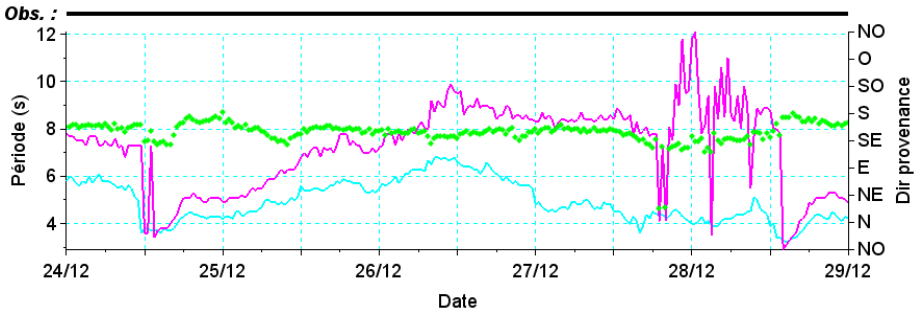
**Évolution de $H_{max}$, $H_{1/3}$**

Légende :
$H_{max}$
$H_{1/3}$




**Évolution de $T_p$, $T_{02}$, $Dir_p$**

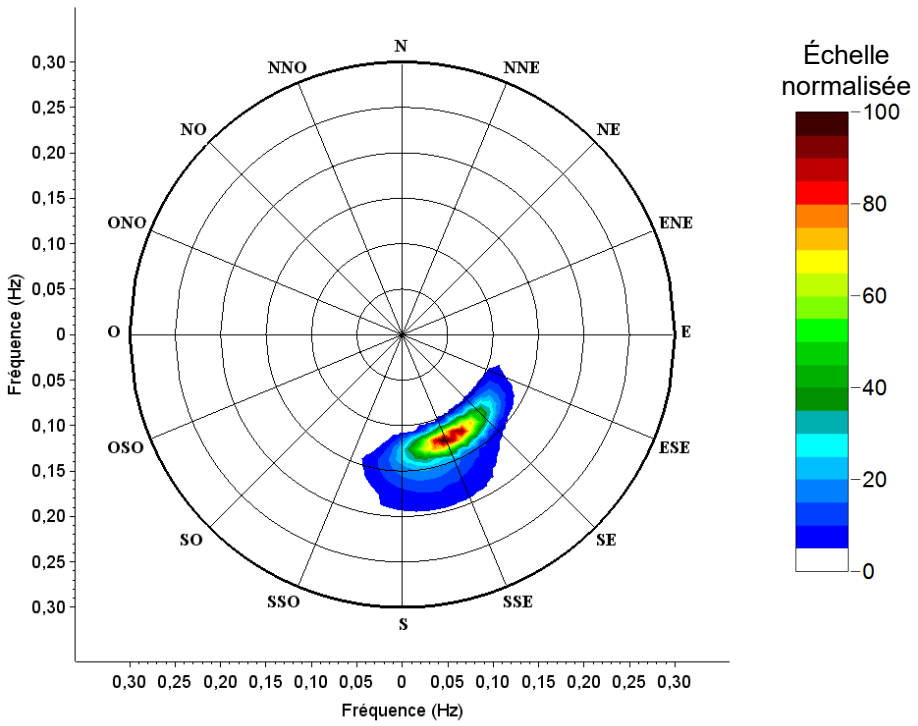
Légende :
$T_p$
$T_{02}$
$Dir_p$




**Pic de tempête**

| Pic du | 26/12 5h00 |
|---|---|
| $H_{1/3}$ (m) | 3,46 |
| $H_{1/10}$ (m) | 4,38 |
| $H_{max}$ (m) | 5,53 |
| $T_{H1/3}$ (s) | 7,4 |
| $T_{H1/10}$ (s) | 7,3 |
| $T_{avd}$ (s) | 6,3 |
| $T_{Hmax}$ (s) | 7,1 |
| $S_z$ | 1/14 |
| $H_{m0}$ (m) | 3,66 |
| $T_p$ (s) | 7,9 |
| $T_{02}$ (s) | 6,3 |
| $T_e$ (s) | 7,2 |
| $Dir_p$ (°) | 152 |
| $Etal_p$ (°) | 21 |

Spectre directionnel de variance



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE
*Liberté*
*Égalité*
*Fraternité*

Cerema

CLIMAT & TERRITOIRES DE DEMAIN

Siège social : Cité des mobilités - 25, avenue François Mitterrand - CS 92 803 - F-69674 Bron Cedex -

Tél : +33 (0)4 72 14 30 30 – **www.cerema.fr**