

Établissement des données de houle à l'entrée des baies du territoire de la Communauté de Communes du Golfe de Saint-Tropez



Ce rapport a été préparé conformément au système qualité de DHI certifié ISO 9001 par Bureau Veritas

ISO 9001
Management System Certification

BUREAU VERITAS
Certification Denmark A/S



Établissement des données de houle à l'entrée des baies du territoire de la Communauté de Communes du Golfe de Saint-Tropez

Préparé pour Communauté de Communes du Golfe de Saint-Tropez
Représenté par M. MORISSE, président de la Communauté de Communes du Golfe de Saint-Tropez



*Golfe de St-Tropez
Image aérienne (Google Earth)*

Chef de projet	Fabrice Gouaud
Numéro de projet	21803338
Date de validation	15/07/2019
Révision	Finale 1.0
Catégorie	Restreint



SOMMAIRE

1	Introduction	1
2	Données disponibles	2
2.1	Mesures de houle.....	2
3	Modélisation de la propagation des vagues.....	4
3.1	Le modèle de houles spectrale MIKE 21 SW	4
3.2	Le modèle des houles de Méditerranée (MWM).....	5
3.2.1	Emprise, bathymétrie et maillage.....	5
3.2.2	Validation	6
3.3	Le modèle de houle du golfe de Saint-Tropez.....	14
3.3.1	Emprise, bathymétrie et maillage.....	14
3.3.2	Conditions de forçage	17
3.3.3	Paramétrisation du modèle	18
3.3.4	Sorties du modèle	19
3.3.5	Calibration et tests de sensibilité	20
3.3.6	Validation	23
4	Résultats de modélisation	51
4.1	Climat opérationnel	52
4.1.1	Séries temporelles	52
4.1.2	Roses des houles.....	57
4.1.3	Distributions statistiques	62
4.2	Analyse de houles extrêmes.....	71
4.2.1	Méthode d'estimation des valeurs extrêmes par extrapolation	71
4.2.2	Loi d'ajustement retenue.....	71
4.2.3	Détermination des hauteurs de vagues extrêmes	72
4.2.4	Roses des houles de tempêtes.....	82
4.2.5	Houles extrêmes par secteurs directionnels	87

A	Tableaux d'occurrences associés aux diagrammes de distribution H_s/MWD, H_s/T_p et T_p/MWD	1
A.1	Tableaux des occurrences de distribution H_s/MWD ; H_s/T_p et T_p/MWD pour le point Nartelle.....	1
A.2	Tableaux des occurrences de distribution H_s/MWD ; H_s/T_p et T_p/MWD pour le point Large Maures Orientales	4
A.3	Tableaux des occurrences de distribution H_s/MWD ; H_s/T_p et T_p/MWD pour le point Entrée golfe Saint-Tropez.....	7
A.4	Tableaux des occurrences de distribution H_s/MWD ; H_s/T_p et T_p/MWD pour le point Pampelonne.....	10
A.5	Tableaux des occurrences de distribution H_s/MWD ; H_s/T_p et T_p/MWD pour le point Large Pampelonne	13
A.6	Tableaux des occurrences de distribution H_s/MWD ; H_s/T_p et T_p/MWD pour le point Gigaro	16
A.7	Tableaux des occurrences de distribution H_s/MWD ; H_s/T_p et T_p/MWD pour le point Rayol-Canadel	19
A.8	Tableaux des occurrences de distribution H_s/MWD ; H_s/T_p et T_p/MWD pour le point Large Maures Occidentales.....	22
A.9	Tableaux des occurrences de distribution H_s/MWD ; H_s/T_p et T_p/MWD pour le point Large Iles d'Hyères	25
B	Méthodologie d'analyse de valeurs extrêmes	1
B.1	Général	1
B.2	Lois de distribution	1

FIGURES

Figure 1.1 :	Localisation des points d'étude.....	1
Figure 2.1 :	Position des houlographes CANDHIS et Météo-France exploités dans le cadre de cette étude.	3
Figure 3.1 :	Maillage du modèle MWM au large des côtes françaises.	5
Figure 3.2 :	Maillage du modèle MWM entre les îles du Levant et Nice.	5
Figure 3.3 :	Sous-domaines du modèle MWM pour comparaison avec données satellitaires.	6

Figure 3.4 : Comparaison dans le sous-domaine LEO : diagrammes de dispersion entre données mesurées à partir du satellite ENVISAT et données modélisées avec MWM. Gauche : données synchrones dans le temps (0h) et dans l'espace (0 deg). Droite : données moyennées sur 3h et moyennées dans un cercle de 0,1 deg.	7
Figure 3.5 : Comparaison dans le sous-domaine LEO : diagrammes de dispersion entre données mesurées à partir du satellite JASON et données modélisées avec MWM. Gauche : données synchrones dans le temps (0h) et dans l'espace (0 deg). Droite : données moyennées sur 3h et moyennées dans un cercle de 0,1 deg.	7
Figure 3.6 : Localisation des stations de mesure des houles (en bleu), des points d'extraction des spectres de houles pour forcer le modèle local (en jaune), du point d'extraction du spectre de houles pour comparaison avec la station Porquerolles (en rouge).	8
Figure 3.7 : Séries temporelles des hauteurs significatives de vagues du modèle MWM (gris) et de la bouée CANDHIS (bleu) à Porquerolles sur la période janvier 1992 – décembre 2012.	9
Figure 3.8 : Diagrammes de dispersion entre données mesurées à partir de la bouée CANDHIS et données modélisées avec MWM. Gauche : données entre 2005 et 2009 ; droite : données entre 1992 et 2012 en excluant la période 2005-2009.	9
Figure 3.9 : Séries temporelles des hauteurs significatives de vagues du modèle MWM (gris) et de la bouée Météo-France au large de Nice (bleu) sur la période janvier 1999 – décembre 2012.	10
Figure 3.10 : Diagramme de dispersion entre données mesurées à partir de la bouée Météo-France et données modélisées avec MWM.	10
Figure 3.11 : Diagrammes de dispersion des hauteurs significatives mesurées et modélisées à Porquerolles, par secteur directionnel. En haut à gauche : 180°N – 210°N ; en haut à droite : 210°N – 240°N ; en bas à gauche : 240°N – 270°N ; en bas à droite : 270°N – 300°N.	12
Figure 3.12 : Rose des houles modélisées à Porquerolles de 1992 à 2012.	12
Figure 3.13 : Diagrammes de dispersion initial (à gauche) et corrigé (à droite) au point Porquerolles, pour l'ensemble des séries temporelles de houles.	13
Figure 3.14 : Diagrammes de dispersion initial (à gauche) et corrigé (à droite) au point Porquerolles, pour les houles de provenance 240°N – 270°N.	13
Figure 3.15 : Données utilisées pour décrire la bathymétrie du modèle local.	14
Figure 3.16 : Maillage de calcul du modèle local (haut) et détail du maillage dans la zone du projet (bas).	15
Figure 3.17 : Bathymétrie interpolée sur le maillage du modèle local (haut) et détail sur le Golfe de Saint-Tropez (bas).	16
Figure 3.18 : Localisation des points d'extraction des données du modèle MWM (image : Google Earth).	17
Figure 3.19 : Diagramme de dispersion des hauteurs significatives de houle modélisées au point Porquerolles. En haut : maillage intermédiaire vs. mesures CANDHIS ; au milieu : maillage fin vs. mesures CANDHIS ; en bas : maillage grossier vs. mesures CANDHIS.	21
Figure 3.20 : Diagramme de dispersion des hauteurs significatives de houle modélisées au point Porquerolles. En haut : test 0.04m vs. mesures CANDHIS ; en bas : test 0.01m vs. mesures CANDHIS.	22
Figure 3.21 : Séries temporelles des hauteurs significatives de vagues du modèle local (noir) et de la bouée CANDHIS à Porquerolles (bleu) sur la période janvier 1992 – janvier 2019.	23
Figure 3.22 : Diagramme de dispersion entre données mesurées à partir de la bouée CANDHIS et données modélisées avec le modèle local (période 2005-2009 exclue).	23
Figure 3.23 : Diagrammes de dispersion entre données mesurées à partir de la bouée CANDHIS et données modélisées avec le modèle local. Gauche : données entre 1994 et 2018 pour le secteur 240-270° ; droite : données entre 1994 et 2018 pour le secteur 270-300°.	24
Figure 3.24 : Diagrammes de dispersion entre données mesurées à partir de la bouée CANDHIS et données modélisées avec le modèle local : données entre 1994 et 2018 en excluant le secteur 240-300°.	24
Figure 3.25 : Identification des 8 principaux événements de tempête, corrélation des H _s maximums atteints pour ces événements à (+/- 36h) dans le modèle et les mesures.	26

Figure 3.26 : Séries temporelles des hauteurs significatives mesurées par la bouée CANDHIS à Porquerolles (bleue) et modélisées par le modèle local (noir) avec identification des 6 pics de tempête.	26
Figure 3.27 : Champs de houles des hauteurs significatives pour la tempête Martin entre le 27/12/1999 et le 31/12/1999.	27
Figure 3.28 : Séries temporelles des hauteurs significatives mesurées par la bouée CANDHIS à Porquerolles (bleu) et modélisée par le modèle local (noir) pour la tempête Martin entre le 27/12/1999 et le 31/12/1999.	28
Figure 3.29 : Diagramme de dispersion des hauteurs significatives entre les données mesurées par la bouée CANDHIS à Porquerolles et modélisée par le modèle local pour la tempête Martin entre le 27/12/1999 et le 31/12/1999.	28
Figure 3.30 : Séries temporelles des périodes pic mesurées par la bouée CANDHIS à Porquerolles (bleu) et modélisée par le modèle local (noir) pour la tempête Martin entre le 27/12/1999 et le 31/12/1999.	29
Figure 3.31 : Diagramme de dispersion des périodes pic entre les données mesurées par la bouée CANDHIS à Porquerolles et modélisée par le modèle local pour la tempête Martin entre le 27/12/1999 et le 31/12/1999.	29
Figure 3.32 : Série temporelle des directions de provenance moyennes modélisées par le modèle local pour la tempête Martin entre le 27/12/1999 et le 31/12/1999.	30
Figure 3.33 : Champs de houles des hauteurs significatives pour la tempête Rebekka entre le 04/11/2000 et le 08/11/2000.	31
Figure 3.34 : Séries temporelles des hauteurs significatives mesurées par la bouée CANDHIS à Porquerolles (bleu) et modélisée par le modèle local (noir) pour la tempête Rebekka entre le 04/11/2000 et le 08/11/2000.	32
Figure 3.35 : Diagramme de dispersion des hauteurs significatives entre les données mesurées par la bouée CANDHIS à Porquerolles et modélisée par le modèle local pour la tempête Rebekka entre le 04/11/2000 et le 08/11/2000.	32
Figure 3.36 : Séries temporelles des périodes pic mesurées par la bouée CANDHIS à Porquerolles (bleu) et modélisée par le modèle local (noir) pour la tempête Rebekka entre le 04/11/2000 et le 08/11/2000.	33
Figure 3.37 : Diagramme de dispersion des périodes pic entre les données mesurées par la bouée CANDHIS à Porquerolles et modélisée par le modèle local pour la tempête Rebekka entre le 04/11/2000 et le 08/11/2000.	33
Figure 3.38 : Série temporelle des périodes pic modélisées par le modèle local pour la tempête Rebekka entre le 04/11/2000 et le 08/11/2000.	34
Figure 3.39 : Champ de houle des hauteurs significatives pour la tempête entre le 02/05/2010 et le 06/05/2010.	35
Figure 3.40 : Séries temporelles des hauteurs significatives mesurées par la bouée CANDHIS à Porquerolles (bleu) et modélisée par le modèle local (noir) pour la tempête entre le 02/05/2010 et le 06/05/2010.	36
Figure 3.41 : Diagramme de dispersion des hauteurs significatives entre les données mesurées par la bouée CANDHIS à Porquerolles et modélisée par le modèle local pour la tempête entre le 02/05/2010 et le 06/05/2010.	36
Figure 3.42 : Séries temporelles des périodes pic mesurées par la bouée CANDHIS à Porquerolles (bleu) et modélisée par le modèle local (noir) pour la tempête entre le 02/05/2010 et le 06/05/2010.	37
Figure 3.43 : Diagramme de dispersion des périodes pic entre les données mesurées par la bouée CANDHIS à Porquerolles et modélisée par le modèle local pour la tempête entre le 02/05/2010 et le 06/05/2010.	37
Figure 3.44 : Série temporelle des périodes pic modélisées par le modèle local pour la tempête entre le 02/05/2010 et le 06/05/2010.	38
Figure 3.45 : Champ de houle des hauteurs significatives pour la tempête Joachim entre le 14/12/2011 et le 18/12/2011.	39
Figure 3.46 : Séries temporelles des hauteurs significatives mesurées par la bouée CANDHIS à Porquerolles (bleu) et modélisée par le modèle local (noir) pour la tempête Joachim entre le 14/12/2011 et le 18/12/2011.	40

Figure 3.47 : Diagramme de dispersion des hauteurs significatives entre les données mesurées par la bouée CANDHIS à Porquerolles et modélisée par le modèle local pour la tempête Joachim entre le 14/12/2011 et le 18/12/2011.....	40
Figure 3.48 : Séries temporelles des périodes pic mesurées par la bouée CANDHIS à Porquerolles (bleu) et modélisée par le modèle local (noir) pour la tempête Joachim entre le 14/12/2011 et le 18/12/2011.	41
Figure 3.49 : Diagramme de dispersion des périodes pic entre les données mesurées par la bouée CANDHIS à Porquerolles et modélisée par le modèle local pour la tempête Joachim entre le 14/12/2011 et le 18/12/2011.	41
Figure 3.50 : Série temporelle des périodes pic modélisées par le modèle local pour la tempête Joachim entre le 14/12/2011 et le 18/12/2011.....	42
Figure 3.51 : Champ de houle des hauteurs significatives pour la tempête Andréa entre le 03/01/2012 et le 07/01/2012.	43
Figure 3.52 : Séries temporelles des hauteurs significatives mesurées par la bouée CANDHIS à Porquerolles (bleu) et modélisée par le modèle local (noir) pour la tempête Andréa entre le 03/01/2012 et le 07/01/2012.	44
Figure 3.53 : Diagramme de dispersion des hauteurs significatives entre les données mesurées par la bouée CANDHIS à Porquerolles et modélisée par le modèle local pour la tempête Andréa entre le 03/01/2012 et le 07/01/2012.	44
Figure 3.54 : Séries temporelles des périodes pic mesurées par la bouée CANDHIS à Porquerolles (bleu) et modélisée par le modèle local (noir) pour la tempête Andréa entre le 03/01/2012 et le 07/01/2012.	45
Figure 3.55 : Diagramme de dispersion des périodes pic entre les données mesurées par la bouée CANDHIS à Porquerolles et modélisée par le modèle local pour la tempête Andréa entre le 03/01/2012 et le 07/01/2012.	45
Figure 3.56 : Série temporelle des périodes pic modélisées par le modèle local pour la tempête Andréa entre le 03/01/2012 et le 07/01/2012.	46
Figure 3.57 : Champ de houle des hauteurs significatives pour la tempête Ana entre le 09/12/2017 et le 13/12/2017.	47
Figure 3.58 : Séries temporelles des hauteurs significatives mesurées par la bouée CANDHIS à Porquerolles (bleu) et modélisée par le modèle local (noir) pour la tempête Ana entre le 09/12/2017 et le 13/12/2017.	48
Figure 3.59 : Diagramme de dispersion des hauteurs significatives entre les données mesurées par la bouée CANDHIS à Porquerolles et modélisée par le modèle local pour la tempête Ana entre le 09/12/2017 et le 13/12/2017.	48
Figure 3.60 : Séries temporelles des périodes pic mesurées par la bouée CANDHIS à Porquerolles (bleu) et modélisée par le modèle local (noir) pour la tempête Ana entre le 09/12/2017 et le 13/12/2017.	49
Figure 3.61 : Diagramme de dispersion des périodes pic entre les données mesurées par la bouée CANDHIS à Porquerolles et modélisée par le modèle local pour la tempête Ana entre le 09/12/2017 et le 13/12/2017.	49
Figure 3.62 : Séries temporelles de la direction moyenne de provenance des vagues mesurées par la bouée CANDHIS à Porquerolles (bleu) et modélisée par le modèle local (noir) pour la tempête Ana entre le 09/12/2017 et le 13/12/2017.....	50
Figure 3.63 : Diagramme de dispersion de la direction moyenne de provenance des vagues entre les données mesurées par la bouée CANDHIS à Porquerolles et modélisée par le modèle local pour la tempête Ana entre le 09/12/2017 et le 13/12/2017.	50
Figure 4.1 : Localisation des points d'étude.	51
Figure 4.2 : Série temporelle de la hauteur significative (haut) et de la période pic (bas) au point d'extraction Nartelle (voir pour la localisation du point).	52
Figure 4.3 : Série temporelle de la hauteur significative (haut) et de la période pic (bas) au point d'extraction Large Maures Orientales (voir pour la localisation du point).....	53
Figure 4.4 : Série temporelle de la hauteur significative (haut) et de la période pic (bas) au point d'extraction Entrée Golfe Saint Tropez (voir pour la localisation du point).....	53
Figure 4.5 : Série temporelle de la hauteur significative (haut) et de la période pic (bas) au point d'extraction Pampelonne (voir pour la localisation du point).	54

Figure 4.6 : Série temporelle de la hauteur significative (haut) et de la période pic (bas) au point d'extraction Large Pampelonne (voir pour la localisation du point).	54
Figure 4.7 : Série temporelle de la hauteur significative (haut) et de la période pic (bas) au point d'extraction Gigaro (voir pour la localisation du point).	55
Figure 4.8 : Série temporelle de la hauteur significative (haut) et de la période pic (bas) au point d'extraction Rayol-Canadel (voir pour la localisation du point).	55
Figure 4.9 : Série temporelle de la hauteur significative (haut) et de la période pic (bas) au point d'extraction Large Maures Occidentales (voir pour la localisation du point).	56
Figure 4.10 : Série temporelle de la hauteur significative (haut) et de la période pic (bas) au point d'extraction Large Iles d'Hyères (voir pour la localisation du point).	56
Figure 4.11 : Rose des houles au point Nartelle sur la période 1994-2016 (résolution : 22.5°).	57
Figure 4.12 : Rose des houles au point Large Maures Orientales sur la période 1994-2016 (résolution : 22.5°).	57
Figure 4.13 : Rose des houles au point Entrée golfe Saint-Tropez sur la période 1994-2016 (résolution : 22.5°).	58
Figure 4.14 : Rose des houles au point Pampelonne sur la période 1994-2016 (résolution : 22.5°).	58
Figure 4.15 : Rose des houles au point Large Pampelonne sur la période 1994-2016 (résolution : 22.5°).	59
Figure 4.16 : Rose des houles au point Gigaro sur la période 1994-2016 (résolution : 22.5°).	59
Figure 4.17 : Rose des houles au point Rayol-Canadel sur la période 1994-2016 (résolution : 22.5°).	60
Figure 4.18 : Rose des houles au point Large Maures Occidentales sur la période 1994-2016 (résolution : 22.5°).	60
Figure 4.19 : Rose des houles aux point Large Iles d'Hyères sur la période 1994-2016 (résolution : 22.5°).	61
Figure 4.20 : Diagrammes de distribution H_s /MWD (haut) ; H_s/T_p (milieu) et T_p /MWD (bas) au point Nartelle sur la période 1994-2018.	62
Figure 4.21 : Diagrammes de distribution H_s /MWD (haut) ; H_s/T_p (milieu) et T_p /MWD (bas) au point Large Maures Orientales sur la période 1994-2018.	63
Figure 4.22 : Diagrammes de distribution H_s /MWD (haut) ; H_s/T_p (milieu) et T_p /MWD (bas) au point Entrée Golfe Saint Tropez sur la période 1994-2018.	64
Figure 4.23 : Diagrammes de distribution H_s /MWD (haut) ; H_s/T_p (milieu) et T_p /MWD (bas) au point Pampelonne sur la période 1994-2018.	65
Figure 4.24 : Diagrammes de distribution H_s /MWD (haut) ; H_s/T_p (milieu) et T_p /MWD (bas) au point Large Pampelonne sur la période 1994-2018.	66
Figure 4.25 : Diagrammes de distribution H_s /MWD (haut) ; H_s/T_p (milieu) et T_p /MWD (bas) au point Gigaro sur la période 1994-2018.	67
Figure 4.26 : Diagrammes de distribution H_s /MWD (haut) ; H_s/T_p (milieu) et T_p /MWD (bas) au point Rayol Canadel sur la période 1994-2018.	68
Figure 4.27 : Diagrammes de distribution H_s /MWD (haut) ; H_s/T_p (milieu) et T_p /MWD (bas) au point Large Maures Occidentales sur la période 1994-2018.	69
Figure 4.28 : Diagrammes de distribution H_s /MWD (haut) ; H_s/T_p (milieu) et T_p /MWD (bas) au point Large Iles d'Hyères sur la période 1994-2018.	70
Figure 4.29 : Hauteurs significatives de houles extrêmes avec intervalles de confiance à 2.5 et 97.5% pour la loi 2-p Weibull , AAP $\lambda = 3$ (haut) ; valeurs des H_s extrêmes aux bornes inférieures et supérieures de l'intervalle de confiance (milieu) ; et séries temporelles des pics de tempêtes sélectionnées (bas) au point Nartelle.	73
Figure 4.30 : Hauteurs significatives de houles extrêmes avec intervalles de confiance à 2.5 et 97.5% pour la loi 2-p Weibull , AAP $\lambda = 3$ (haut) ; valeurs des H_s extrêmes aux bornes inférieures et supérieures de l'intervalle de confiance (milieu) ; et séries temporelles des pics de tempêtes sélectionnées (bas) au point Large Maures Orientales.	74
Figure 4.31 : Hauteurs significatives de houles extrêmes avec intervalles de confiance à 2.5 et 97.5% et séries temporelles des pics de tempêtes sélectionnées (bas) au point Entrée Golfe Saint Tropez.	75
Figure 4.32 : Hauteurs significatives de houles extrêmes avec intervalles de confiance à 2.5 et 97.5% pour la loi 2-p Weibull , AAP $\lambda = 3$ (haut) ; valeurs des H_s extrêmes aux bornes inférieures et supérieures de l'intervalle de confiance (milieu) ; et séries temporelles des pics de tempêtes sélectionnées (bas) au point Pampelonne.	76

Figure 4.33 : Hauteurs significatives de houles extrêmes avec intervalles de confiance à 2.5 et 97.5% pour la loi 2-p Weibull , AAP $\lambda = 3$ (haut) ; valeurs des Hs extrêmes aux bornes inférieures et supérieures de l'intervalle de confiance (milieu) ; et séries temporelles des pics de tempêtes sélectionnées (bas) au point Large Pampelonne.	77
Figure 4.34 : Hauteurs significatives de houles extrêmes avec intervalles de confiance à 2.5 et 97.5% pour la loi 2-p Weibull , AAP $\lambda = 3$ (haut) ; valeurs des Hs extrêmes aux bornes inférieures et supérieures de l'intervalle de confiance (milieu) ; et séries temporelles des pics de tempêtes sélectionnées (bas) au point Gigaro.	78
Figure 4.35 : Hauteurs significatives de houles extrêmes avec intervalles de confiance à 2.5 et 97.5% pour la loi 2-p Weibull , AAP $\lambda = 3$ (haut) ; valeurs des Hs extrêmes aux bornes inférieures et supérieures de l'intervalle de confiance (milieu) ; et séries temporelles des pics de tempêtes sélectionnées (bas) au point Rayol-Canadel.	79
Figure 4.36 : Hauteurs significatives de houles extrêmes avec intervalles de confiance à 2.5 et 97.5% pour la loi 2-p Weibull , AAP $\lambda = 3$ (haut) ; valeurs des Hs extrêmes aux bornes inférieures et supérieures de l'intervalle de confiance (milieu) ; et séries temporelles des pics de tempêtes sélectionnées (bas) au point Large Maures Occidentales.	80
Figure 4.37 : Hauteurs significatives de houles extrêmes avec intervalles de confiance à 2.5 et 97.5% (haut) et séries temporelles des pics de tempêtes sélectionnées (bas) au point Large Iles d'Hyères.	81
Figure 4.38 : Rose des houles de tempête au point Nartelle.	82
Figure 4.39 : Rose des houles de tempête au point Large Maures Orientales.	83
Figure 4.40 : Rose des houles de tempête au point Entrée Golfe Saint-Tropez.	83
Figure 4.41 : Rose des houles de tempête au point Pampelonne.	84
Figure 4.42 : Rose des houles de tempête au point Large Pampelonne.	84
Figure 4.43 : Rose des houles de tempête au point Gigaro.	85
Figure 4.44 : Rose des houles de tempête au point Rayol-Canadel.	85
Figure 4.45 : Rose des houles de tempête au point Large Maures Occidentales.	86
Figure 4.46 : Rose des houles de tempête au point Large Iles d'Hyères.	86
Figure 4.47 : Estimations des hauteurs significatives pour le point Nartelle (2p Weibull, LS, $\lambda=3$).	87
Figure 4.48 : Distribution directionnelle des hauteurs significatives extrêmes basée sur une distribution de Weibull à deux paramètres, ML, AAP 3 événements/an au point Nartelle.	88
Figure 4.49 : Estimations des hauteurs significatives pour le point Large Maures Orientales (2p Weibull, LS, $\lambda=3$).	89
Figure 4.50 : Distribution directionnelle des hauteurs significatives extrêmes basée sur une distribution de Weibull à deux paramètres, ML, AAP 3 événements/an au point Large Maures Orientales.	90
Figure 4.51 : Estimations des hauteurs significatives pour le point Entrée Golfe de Saint-Tropez (2p Weibull, LS, $\lambda=3$).	91
Figure 4.52 : Distribution directionnelle des hauteurs significatives extrêmes basée sur une distribution de Weibull à deux paramètres, ML, AAP 3 événements/an au point Entrée Golfe de Saint-Tropez.	92
Figure 4.53 : Estimations des hauteurs significatives pour le point Pampelonne (2p Weibull, LS, $\lambda=3$).	93
Figure 4.54 : Distribution directionnelle des hauteurs significatives extrêmes basée sur une distribution de Weibull à deux paramètres, ML, AAP 3 événements/an au point Pampelonne.	94
Figure 4.55 : Estimations des hauteurs significatives pour le point Large Pampelonne (2p Weibull, LS, $\lambda=3$).	95
Figure 4.56 : Distribution directionnelle des hauteurs significatives extrêmes basée sur une distribution de Weibull à deux paramètres, ML, AAP 3 événements/an au point Large Pampelonne.	96
Figure 4.57 : Estimations des hauteurs significatives pour le point Gigaro (2p Weibull, LS, $\lambda=3$).	97
Figure 4.58 : Distribution directionnelle des hauteurs significatives extrêmes basée sur une distribution de Weibull à deux paramètres, ML, AAP 3 événements/an au point Gigaro.	98
Figure 4.59 : Estimations des hauteurs significatives pour le point Rayol-Canadel (2p Weibull, LS, $\lambda=3$).	99
Figure 4.60 : Distribution directionnelle des hauteurs significatives extrêmes basée sur une distribution de Weibull à deux paramètres, ML, AAP 3 événements/an au point Rayol-Canadel.	100
Figure 4.61 : Estimations des hauteurs significatives pour le point Large Maures Occidentales (2p Weibull, LS, $\lambda=3$).	101

Figure 4.62 : Distribution directionnelle des hauteurs significatives extrêmes basée sur une distribution de Weibull à deux paramètres, ML, AAP 3 évènements/an au point Large Maures Occidentales.	102
Figure 4.63 : Estimations des hauteurs significatives pour le point Large Iles d'Hyères (2p Weibull, LS, $\lambda=3$).	103
Figure 4.64 : Distribution directionnelle des hauteurs significatives extrêmes basée sur une distribution de Weibull à deux paramètres, ML, AAP 3 évènements/an au point Large d'Iles d'Hyères.	104

TABLEAUX

Tableau 2.1 : Caractéristiques des campagnes CANDHIS exploitées pour la présente étude.	2
Tableau 2.2 : Caractéristiques des campagnes Météo-France exploitées pour la présente étude.	2
Tableau 3.1 : Coordonnées des points d'extraction des données du modèle MWM.	17
Tableau 3.2 : Paramètres principaux du modèle de propagation des houles local.	19
Tableau 3.3 : Paramètres de vagues sortis du modèle.	19
Tableau 3.4 : Tests de sensibilité à la résolution du maillage effectués.	20
Tableau 3.5 : Tests de sensibilité au frottement sur le fond effectués.	22
Tableau 3.6 : Descriptif des 6 tempêtes retenues lors de la validation.	25
Tableau 4.1 : Coordonnées géographiques des points d'étude (projection : RFG 1993-Lambert 93).	51

ANNEXES

A	Tableaux d'occurrences associés aux diagrammes de distribution H_s/MWD, H_s/T_p et T_p/MWD	1
B	Méthodologie d'analyse de valeurs extrêmes	1

1 Introduction

Dans le cadre du projet européen GRAMAS (Interreg Marittimo), la Communauté de Communes du Golfe de Saint-Tropez a souhaité se doter d'une base de données détaillée des houles à l'entrée des baies de son territoire.

En effet, les sources de données utilisées par le passé par les divers bureaux d'étude ayant été amenés à travailler sur les questions sédimentaires sur le littoral des baies de Saint-Tropez sont jugées incomplètes et hétérogènes.

C'est dans ce contexte que DHI a été mandaté par la Communauté de Communes du Golfe de Saint-Tropez afin d'établir une base de données historique des états de mer sur 25 ans (1994 – 2018) au pas horaire au large des côtes du Golfe de Saint-Tropez. Plusieurs points d'intérêt ont par ailleurs fait l'objet d'analyses statistiques. La localisation de ces 9 points est indiquée en Figure 1.1.

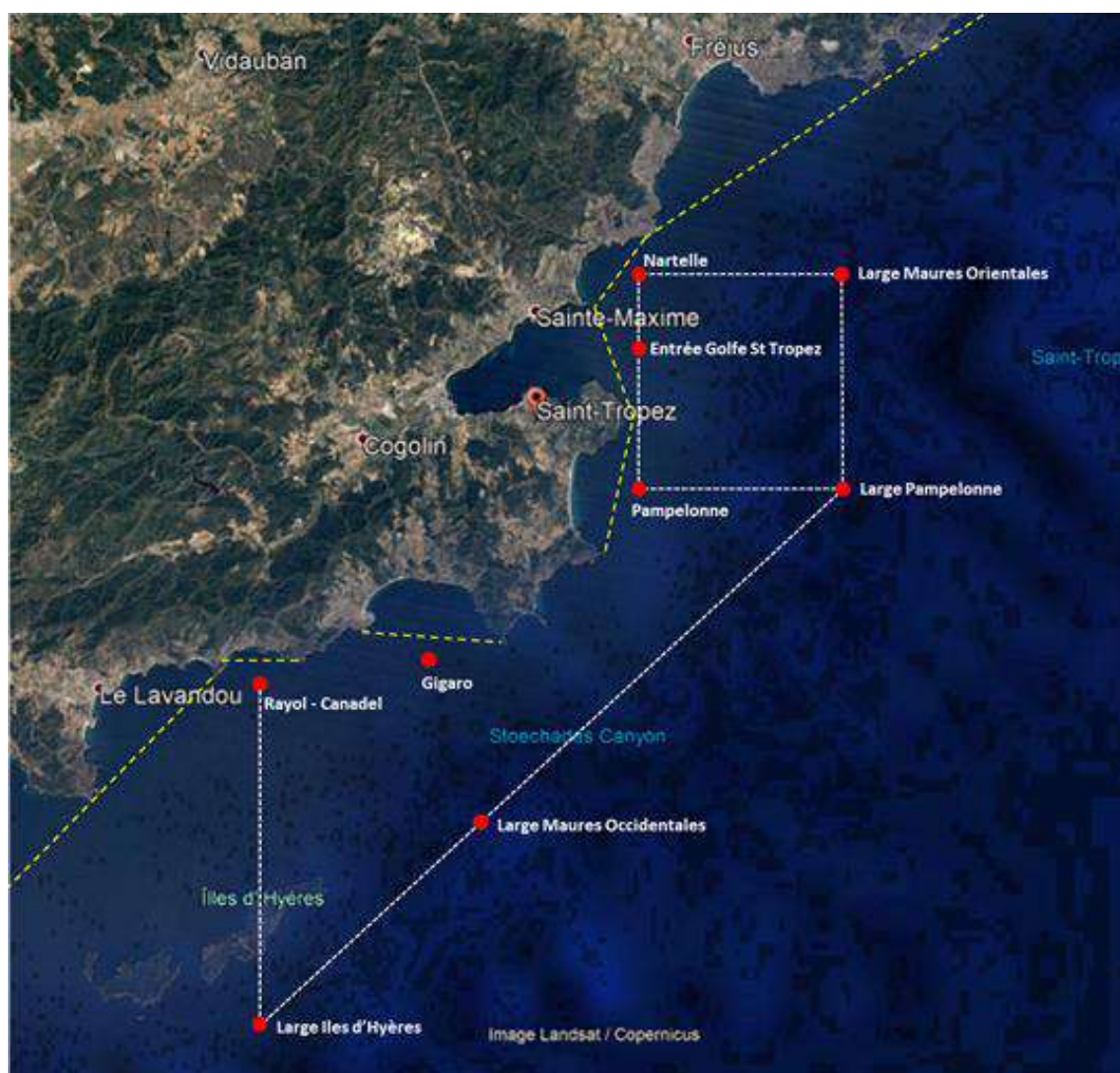


Figure 1.1 : Localisation des points d'étude.

Le présent rapport décrit les modèles numériques mis en œuvre et présente les analyses statistiques et extrêmes aux 9 points étudiés.

2 Données disponibles

2.1 Mesures de houle

Le calage des modèles numériques de houle a exploité des données :

- de la base de données nationale de mesures de houle in situ CANDHIS du CEREMA¹ ;
- de la base de données des observations en mer de Météo-France².

Les données CANDHIS exploitées sont celles de la station Porquerolles, qui se décline en deux campagnes : la première de 1992 à 2012 (bouée non-directionnelle), la seconde de 2013 à 2019 (bouée directionnelle). Les caractéristiques des stations sont données dans le Tableau 2.1.

Tableau 2.1 : Caractéristiques des campagnes CANDHIS exploitées pour la présente étude.

Code campagne	Nom campagne	Longitude [deg]	Latitude [deg]	Profondeur [m]	Période de mesures	Direction
08301	Porquerolles	6.20	42.97	90	14/05/1992 – 20/06/2012	Non
08302	Porquerolles	6.20	42.97	90	09/12/2013 – 21/04/2019	Oui

Les données Météo-France exploitées sont celles de la station Côte d'Azur, dont les caractéristiques sont données dans le Tableau 2.2.

Tableau 2.2 : Caractéristiques des campagnes Météo-France exploitées pour la présente étude.

Numéro de station	Nom de station	Longitude [deg]	Latitude [deg]	Profondeur [m]	Période de mesures	Direction
61001	Côte d'Azur	7.84	43.39	2300	01/1996 – 05/2019	Non

Les bouées Porquerolles et Côte d'Azur sont localisées sur la Figure 2.1.

¹ <http://candhis.cetmef.developpement-durable.gouv.fr/>

² <https://donneespubliques.meteofrance.fr/>

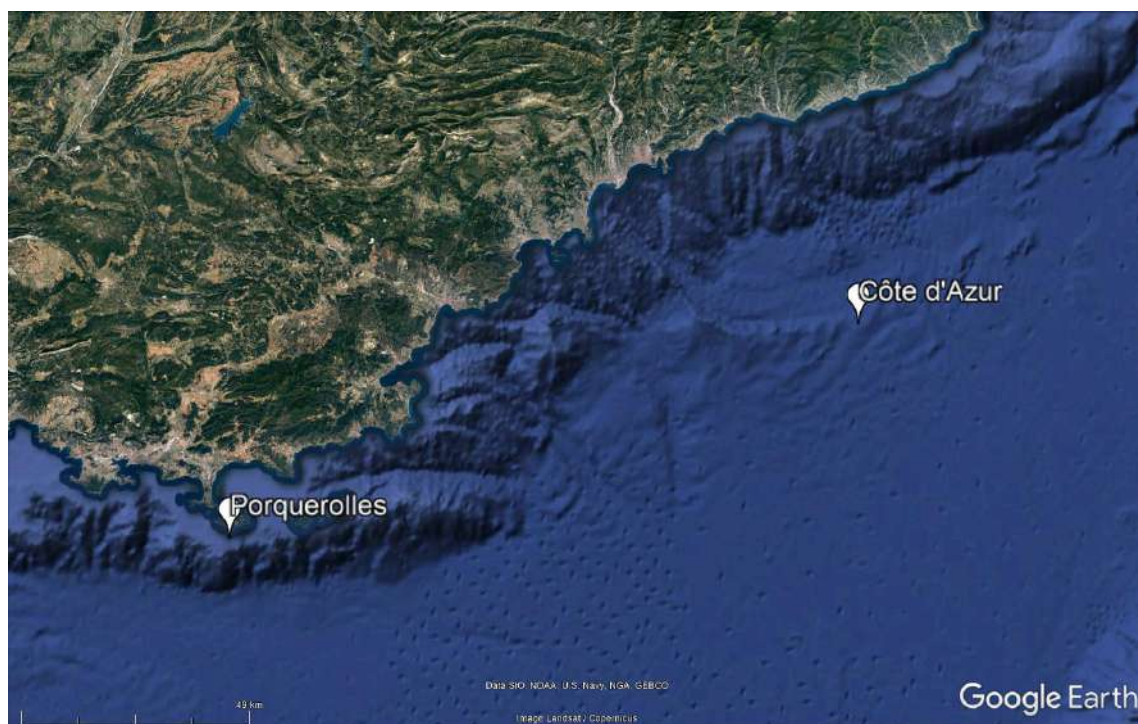


Figure 2.1 : Position des houlographes CANDHIS et Météo-France exploités dans le cadre de cette étude.

3 Modélisation de la propagation des vagues

Les données de vagues à l'entrée des baies du golfe de Saint-Tropez ont été établies à partir de modélisation numérique avec le modèle MIKE 21 Spectral Wave (SW) de DHI (Section 3.1). Dans cette étude, un modèle local haute résolution des baies du golfe de Saint-Tropez a été construit (Section 3.3). Ce modèle local est forcé par des données de houles au large et de vent extraites d'un modèle hindcast régional de DHI (Section 3.2), le *Mediterranean Wave Model* (MWM).

3.1 Le modèle de houles spectrale MIKE 21 SW

MIKE 21 Spectral Waves FM (MIKE 21 SW) est un modèle développé et entièrement géré par DHI. De même que les autres modules à maillage flexible de la suite MIKE de DHI, ce modèle de houle est basé sur une méthode de volumes finis centrée sur chaque cellule et utilise un maillage non-structuré dans l'espace géographique. Cette approche, développée par DHI il y a plus de dix ans et donc pleinement aboutie, accorde un degré maximum de flexibilité et permet d'optimiser la résolution du modèle aux différentes parties du domaine modélisé.

MIKE 21 SW fait partie de la troisième génération de modèles vent-vague spectraux, la pointe de la technologie de DHI. Ce modèle permet de simuler la croissance, la décroissance et la transformation des vagues et des houles générées par le vent dans les zones côtières et offshore. Sa technique unique de maillage flexible non-structuré fait de MIKE 21 SW un outil particulièrement adapté à la modélisation simultanée de la houle, c'est-à-dire sur un seul domaine modélisé, à l'échelle régionale et locale. Une résolution spatiale moins précise est utilisée pour la partie régionale du maillage tandis qu'une haute résolution est appliquée pour les eaux moins profondes des zones côtières, pour les zones à proximité des ouvrages, etc.

MIKE 21 SW prend en charge les phénomènes physiques suivants :

- génération de vague sous l'action du vent ;
- interaction vague-vague non linéaire (interactions quadruplet et triplet) ;
- dissipation par moutonnement ;
- dissipation par frottement sur le fond ;
- dissipation par déferlement des vagues induites par la profondeur ;
- réfraction et shoaling dus aux variations de profondeur et aux courants ;
- interaction vagues-courant ;
- effet de la variabilité temporelle de la profondeur d'eau et des courants ;
- effet de la couverture de glace sur le champ de vagues ;
- diffraction de la houle ;
- réflexion des ondes ;
- influence des ouvrages (tels que les jetées, les fondations des éoliennes, les convertisseurs d'énergie éolienne (WEC), les convertisseurs d'énergie des marées (TEC)).

Les principales caractéristiques de calcul de MIKE 21 sont :

- modélisation des effets basée sur des formulations de troisième génération ;
- formulation spectrale complète et formulation paramétrée découplée directionnellement ;
- modes instationnaire et quasi-stationnaire ;
- degré optimal de flexibilité pour décrire la bathymétrie et conditions d'écoulement avec maillage non structuré adaptable à la profondeur et adapté aux frontières ;
- couplage avec un modèle d'écoulement hydrodynamique pour la modélisation de l'interaction entre vagues et courants et de la variabilité temporelle de la profondeur d'eau ;
- inondations et sécheresses liées à la variabilité temporelle de la profondeur ;
- module d'interaction entre la houle et les ouvrages ;
- parallélisation à l'aide des techniques OpenMP et MPI.

Cette étude est basée sur la version 2019 de MIKE 21 SW.

3.2 Le modèle des houles de Méditerranée (MWM)

DHI dispose d'une base de données des houles et vents en mer Méditerranée, nommée *Mediterranean Wind Wave Model (MWM)*. Ce modèle de reconstitution des houles spectrales est basé sur le logiciel MIKE 21 SW. Les spectres de houles établis par le modèle sont disponibles en chaque point d'une grille de $0.1^\circ \times 0.1^\circ$ de résolution.

3.2.1 Emprise, bathymétrie et maillage

La base de données MWM couvre 40 ans (janvier 1979 – décembre 2018) au pas horaire avec une résolution jusqu'à $0,03^\circ$ à l'approche des côtes.

Le maillage du modèle MWM au large des côtes françaises est présenté sur la Figure 3.1. Un détail au large du golfe de Saint-Tropez est illustré sur la Figure 3.2.

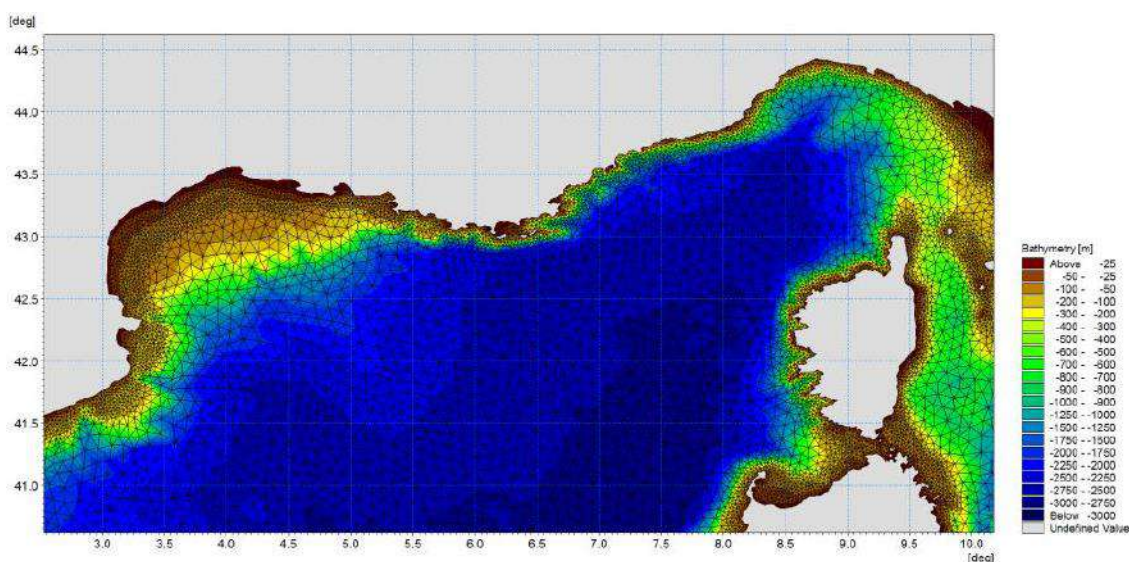


Figure 3.1 : Maillage du modèle MWM au large des côtes françaises.

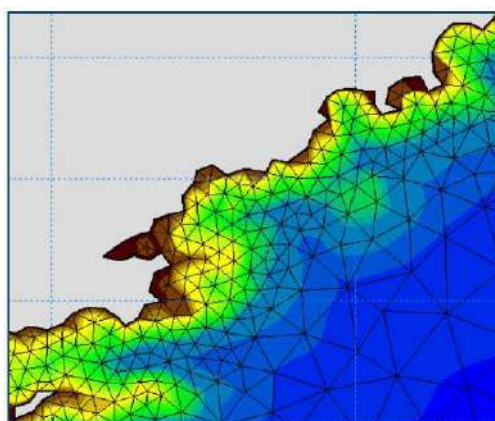


Figure 3.2 : Maillage du modèle MWM entre les îles du Levant et Nice.

3.2.2 Validation

Le modèle MWM a fait l'objet d'efforts extensifs en termes de calage et validation à partir de données satellitales. Ils sont décrits en Section 3.2.2.1.

Le modèle MWM a par ailleurs fait l'objet d'une validation spécifique à la bouée Météo-France au large de Nice dans le cadre de la présente étude. Les résultats de cette analyse sont présentés en Section 3.2.2.2.

3.2.2.1 Validation par rapport aux mesures satellitales

L'effort de validation satellitale du modèle MWM a été mené dans de nombreux sous-domaines de la mer Méditerranée (voir Figure 3.3).

La bonne qualité de reproduction des états de mer dans le sous-domaine LEO incluant Saint-Tropez et ses baies est illustrée sur la Figure 3.4 et la Figure 3.5 sous la forme de comparaison entre données satellitales et données MWM.

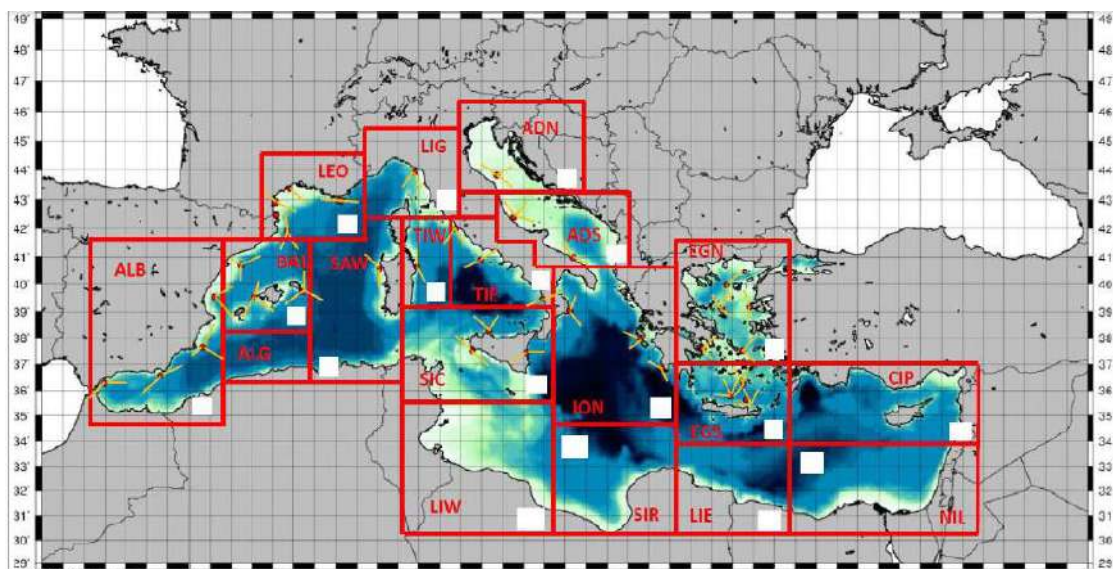


Figure 3.3 : Sous-domaines du modèle MWM pour comparaison avec données satellitales.

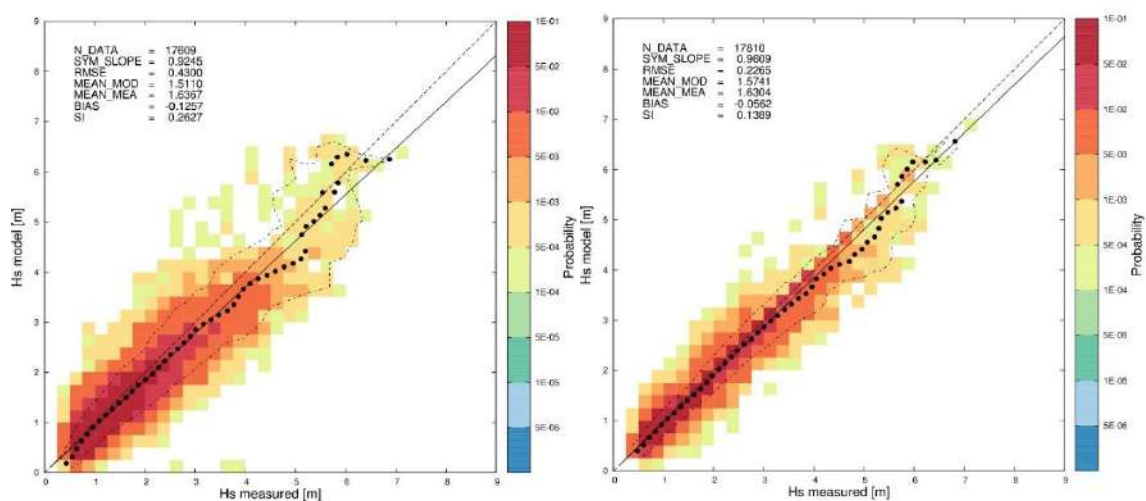


Figure 3.4 : Comparaison dans le sous-domaine LEO : diagrammes de dispersion entre données mesurées à partir du satellite ENVISAT et données modélisées avec MWM. Gauche : données synchrones dans le temps (0h) et dans l'espace (0 deg). Droite : données moyennées sur 3h et moyennées dans un cercle de 0,1 deg.

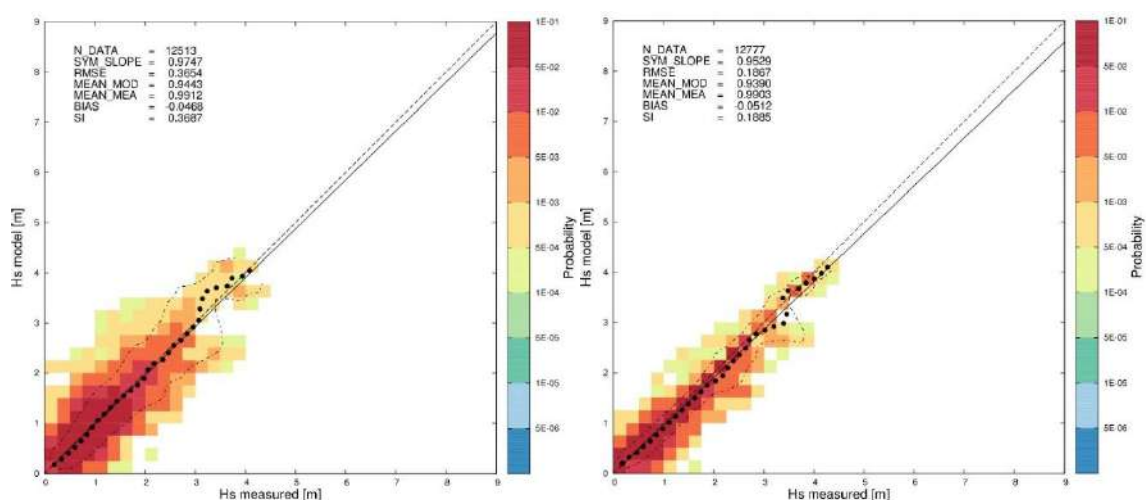


Figure 3.5 : Comparaison dans le sous-domaine LEO : diagrammes de dispersion entre données mesurées à partir du satellite JASON et données modélisées avec MWM. Gauche : données synchrones dans le temps (0h) et dans l'espace (0 deg). Droite : données moyennées sur 3h et moyennées dans un cercle de 0,1 deg.

3.2.2.2 Validation par rapport aux mesures aux bouées

Les données extraites du modèle MWM ont été confrontées aux données mesurées à la bouée CANDHIS située au sud de Porquerolles ainsi qu'à la bouée Météo-France localisée au large de Nice (voir Section 2.1).

La Figure 3.6 illustre la position des stations de mesures par rapport aux positions des points d'extraction des spectres de houles du modèle MWM pour forcer le modèle local.

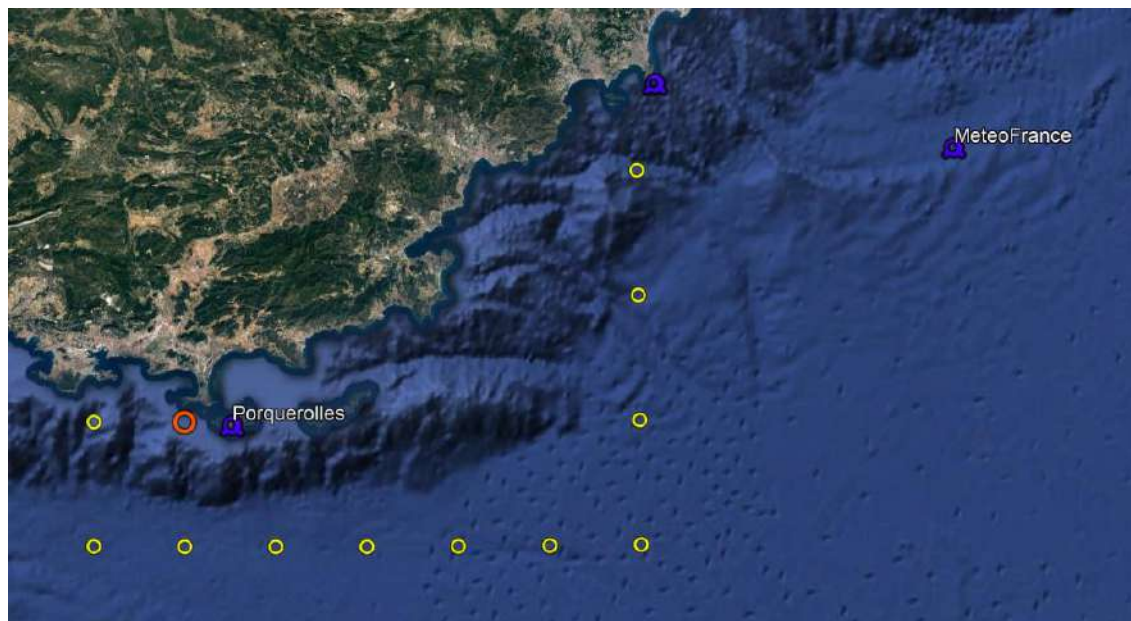


Figure 3.6 : Localisation des stations de mesure des houles (en bleu), des points d'extraction des spectres de houles pour forcer le modèle local (en jaune), du point d'extraction du spectre de houles pour comparaison avec la station Porquerolles (en rouge).

Mise en évidence d'anomalies dans les mesures à Porquerolles entre 2005 et 2009

La Figure 3.7 présente les séries temporelles des hauteurs significatives mesurées et modélisées à Porquerolles de 1992 à 2012. Il apparaît que sur la période 2005 – 2009, les hauteurs significatives mesurées sont significativement supérieures à celles modélisées. Cela est confirmé par les diagrammes de dispersion en Figure 3.8, qui montrent une très mauvaise corrélation modèle/mesure sur la période 2005 – 2009, et au contraire une très bonne corrélation sur la période 1992 – 2012 excluant 2005 – 2009. Cet écart important entre modèle et mesures sur la période 2005 – 2009 n'est pas observé en comparant les données mesurées et modélisées à la bouée Météo-France au large de Nice (Figure 3.9 et Figure 3.10).

Les données mesurées à Porquerolles de 2005 à 2009 sont donc à exclure des analyses modèle/mesure par la suite.

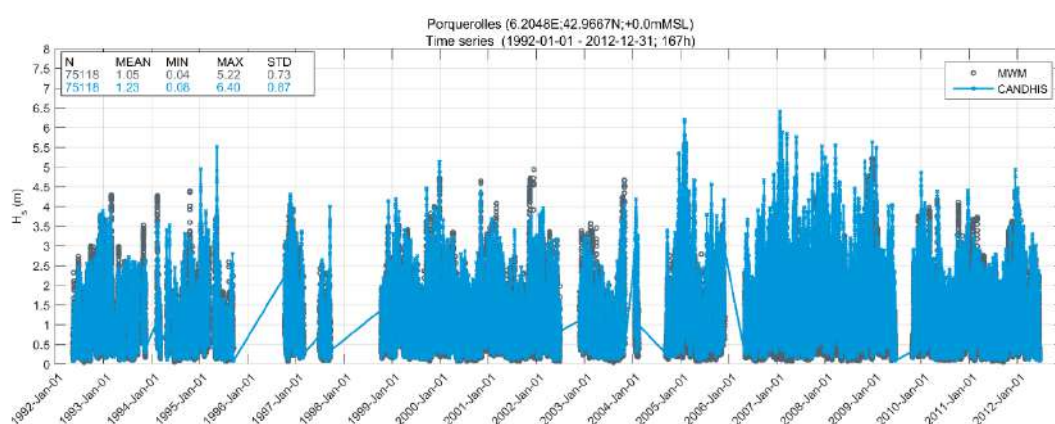


Figure 3.7 : Séries temporelles des hauteurs significatives de vagues du modèle MWM (gris) et de la bouée CANDHIS (bleu) à Porquerolles sur la période janvier 1992 – décembre 2012.

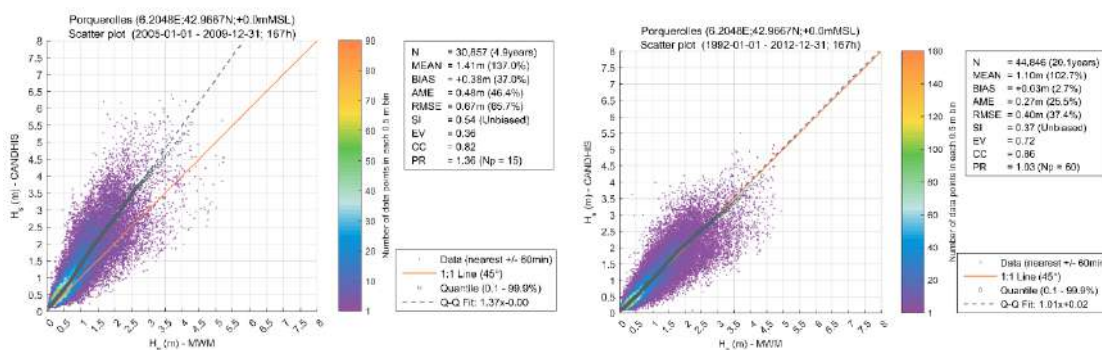


Figure 3.8 : Diagrammes de dispersion entre données mesurées à partir de la bouée CANDHIS et données modélisées avec MWM. Gauche : données entre 2005 et 2009 ; droite : données entre 1992 et 2012 en excluant la période 2005-2009.

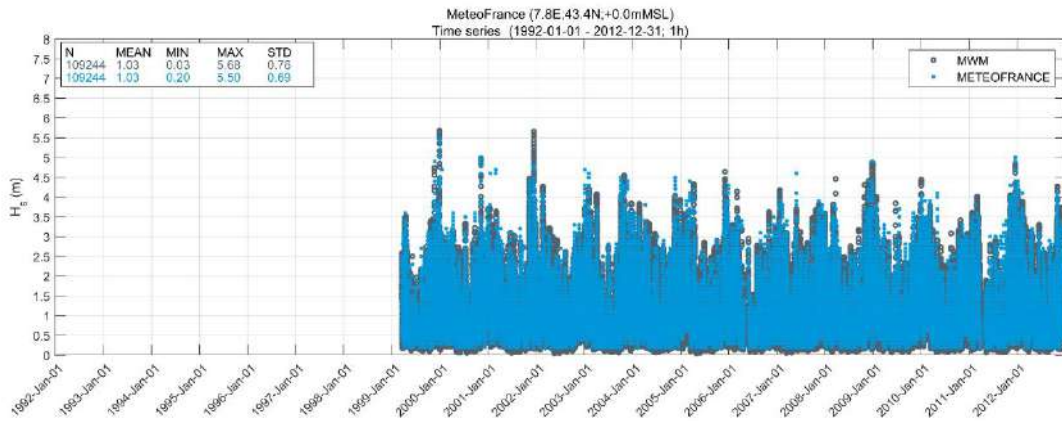


Figure 3.9 : Séries temporelles des hauteurs significatives de vagues du modèle MWM (gris) et de la bouée Météo-France au large de Nice (bleu) sur la période janvier 1999 – décembre 2012.

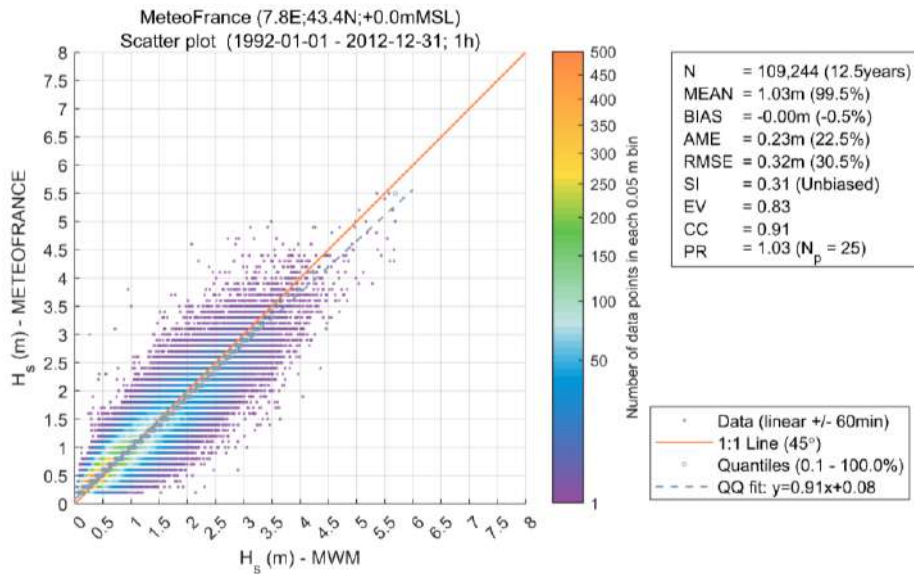


Figure 3.10 : Diagramme de dispersion entre données mesurées à partir de la bouée Météo-France et données modélisées avec MWM.

Correction des directions du modèle MWM

Les données mesurées et modélisées ont été comparées par secteur directionnel.

Cette analyse a mis en évidence que la qualité de la reproduction des hauteurs significatives par le modèle MWM est inégale selon les secteurs directionnels (Figure 3.11) : les hauteurs significatives des houles de directions comprises entre 180°N et 240°N sont très bien reproduites par le modèle, en revanche le modèle MWM sous-estime significativement les hauteurs significatives des houles de directions comprises entre 240° et 300° N, c'est-à-dire les houles d'ouest (la rose des houles en Figure 3.15 illustre ces secteurs directionnels).

Sur la base de cette analyse, il a été décidé d'appliquer un facteur correctif aux hauteurs significatives des houles d'ouest (240°N – 300°N) extraites du modèle MWW.

La Figure 3.13 et la Figure 3.14 illustrent l'effet de cette correction sur les diagrammes de dispersion modèle/mesures à Porquerolles.

Après cette correction, le modèle MWM est jugé satisfaisant pour servir de condition de forçage au modèle des baies du golfe de Saint-Tropez.

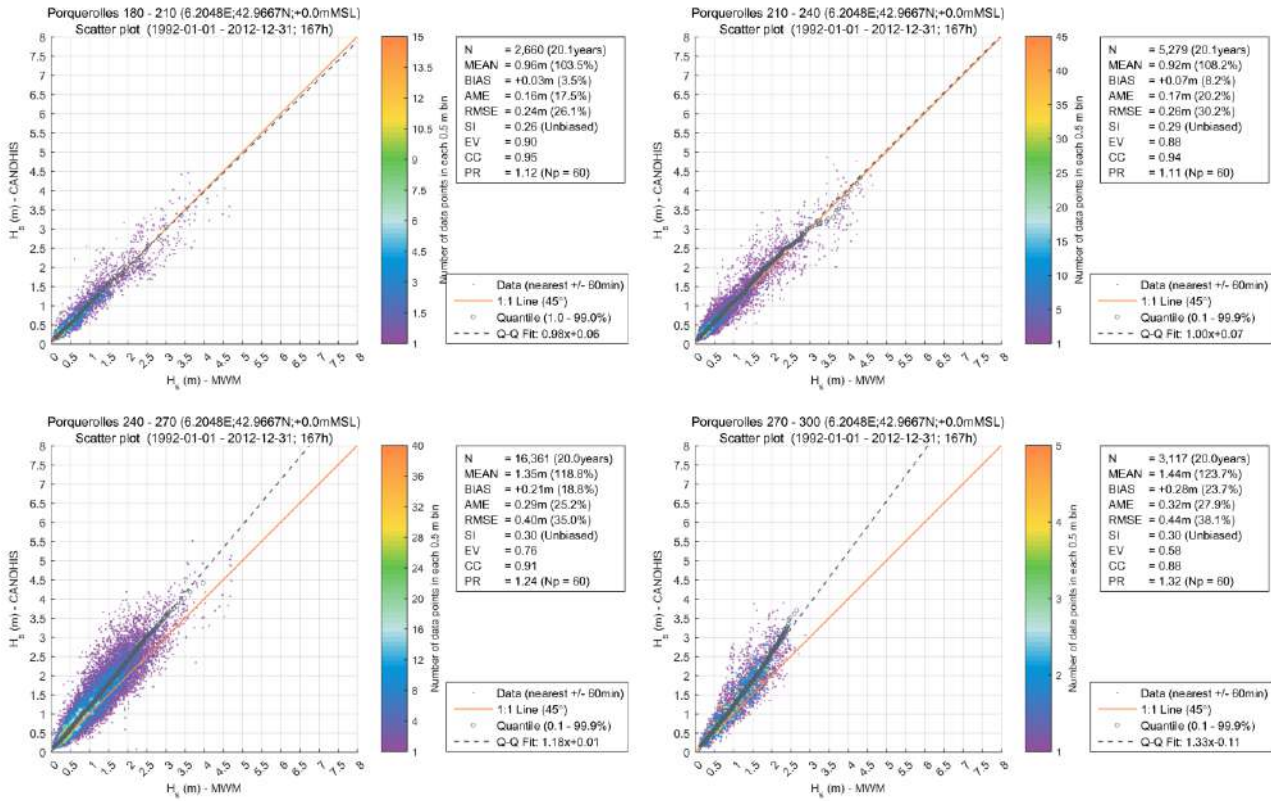


Figure 3.11 : Diagrammes de dispersion des hauteurs significatives mesurées et modélisées à Porquerolles, par secteur directionnel. En haut à gauche : 180°N – 210°N ; en haut à droite : 210°N – 240°N ; en bas à gauche : 240°N – 270°N ; en bas à droite : 270°N – 300°N.

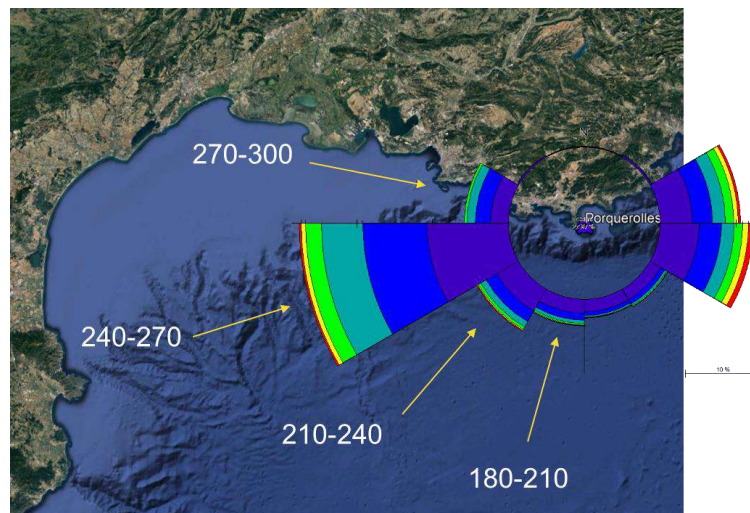


Figure 3.12 : Rose des houles modélisées à Porquerolles de 1992 à 2012.

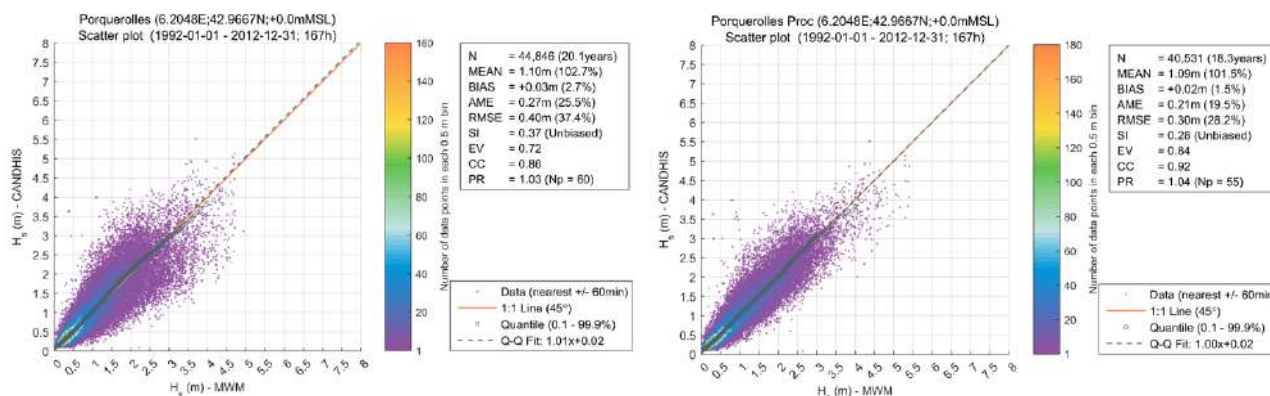


Figure 3.13 : Diagrammes de dispersion initial (à gauche) et corrigé (à droite) au point Porquerolles, pour l'ensemble des séries temporelles de houles.

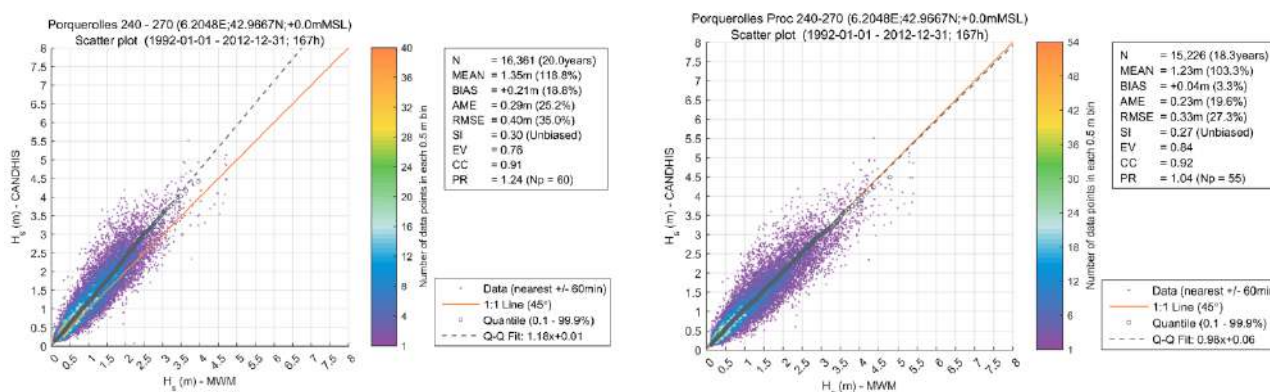


Figure 3.14 : Diagrammes de dispersion initial (à gauche) et corrigé (à droite) au point Porquerolles, pour les houles de provenance 240°N – 270°N.

3.3 Le modèle de houle du golfe de Saint-Tropez

3.3.1 Emprise, bathymétrie et maillage

Un modèle de propagation des houles local et détaillé a été établi dans le cadre de cette étude afin de bien représenter la propagation des houles depuis le large vers le littoral ainsi que la variabilité spatiale des conditions de houle le long du golfe de Saint-Tropez.

Emprise

Le modèle s'étend sur environ 80 km le long du littoral (depuis le cap Sicié, au sud-ouest de Toulon jusqu'au nord jusqu'à la pointe du Cap Roux), et entre 15 et 60 km vers le large.

Bathymétrie

Les données topo-bathymétriques disponibles et exploitées pour décrire la bathymétrie du modèle sont les suivantes :

- Au large : les données extraites de la base de données bathymétriques digitalisées MIKE CMAP ;
- A la côte : les données LITTO3D du SHOM le long du littoral, basées sur une compilation de levés réalisés en 2012 et 2013.

La couverture spatiale des données utilisées est présentée en Figure 3.15.

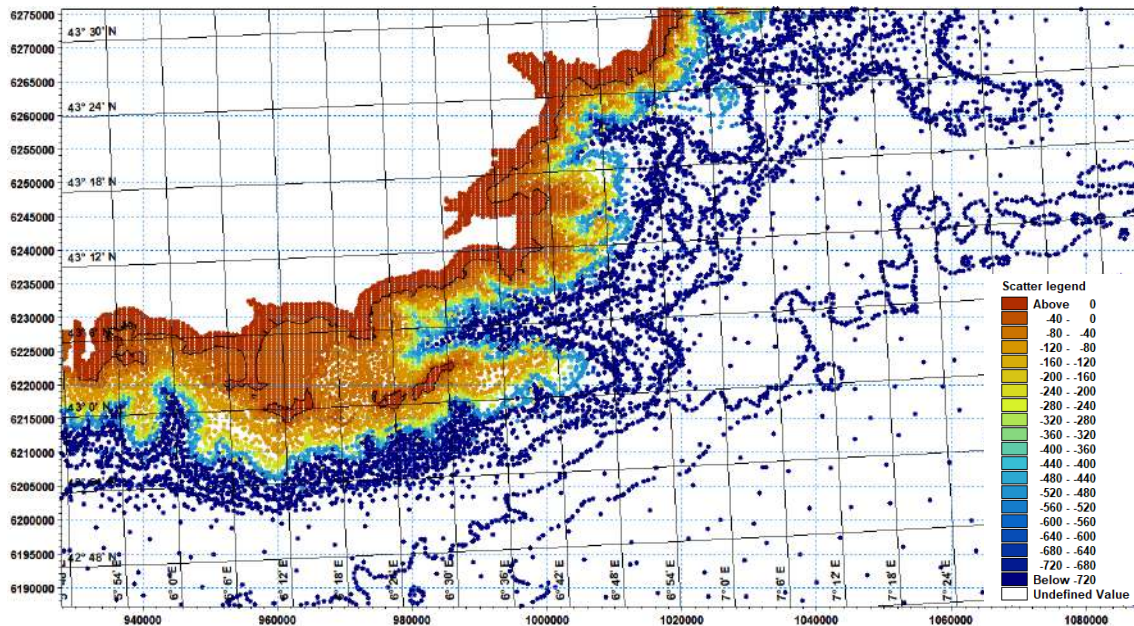


Figure 3.15 : Données utilisées pour décrire la bathymétrie du modèle local.

Maillage

La résolution du maillage du modèle local augmente à l'approche des baies autour du Golfe. La longueur caractéristique des éléments est de l'ordre de 500 m au niveau des frontières du modèle et jusqu'à 40 m à l'entrée du Golfe de Saint-Tropez.

La résolution finale du modèle est la résolution optimale déterminée à partir de tests de sensibilité sur l'impact de la résolution du maillage sur les résultats et sur les temps de calcul.

Le maillage du modèle local est présenté en Figure 3.16. La bathymétrie interpolée sur le maillage est présentée en Figure 3.17.

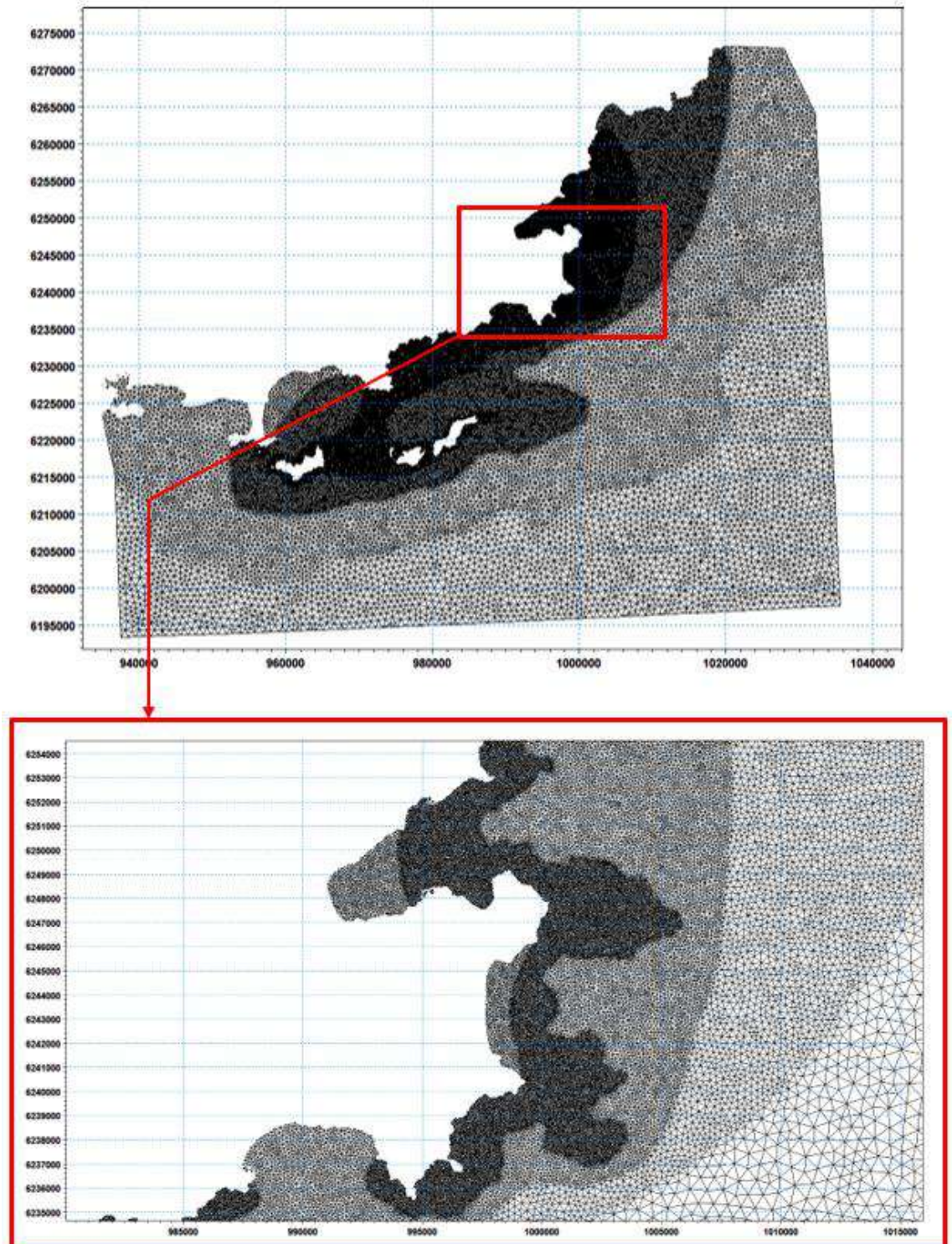


Figure 3.16 : Maillage de calcul du modèle local (haut) et détail du maillage dans la zone du projet (bas).

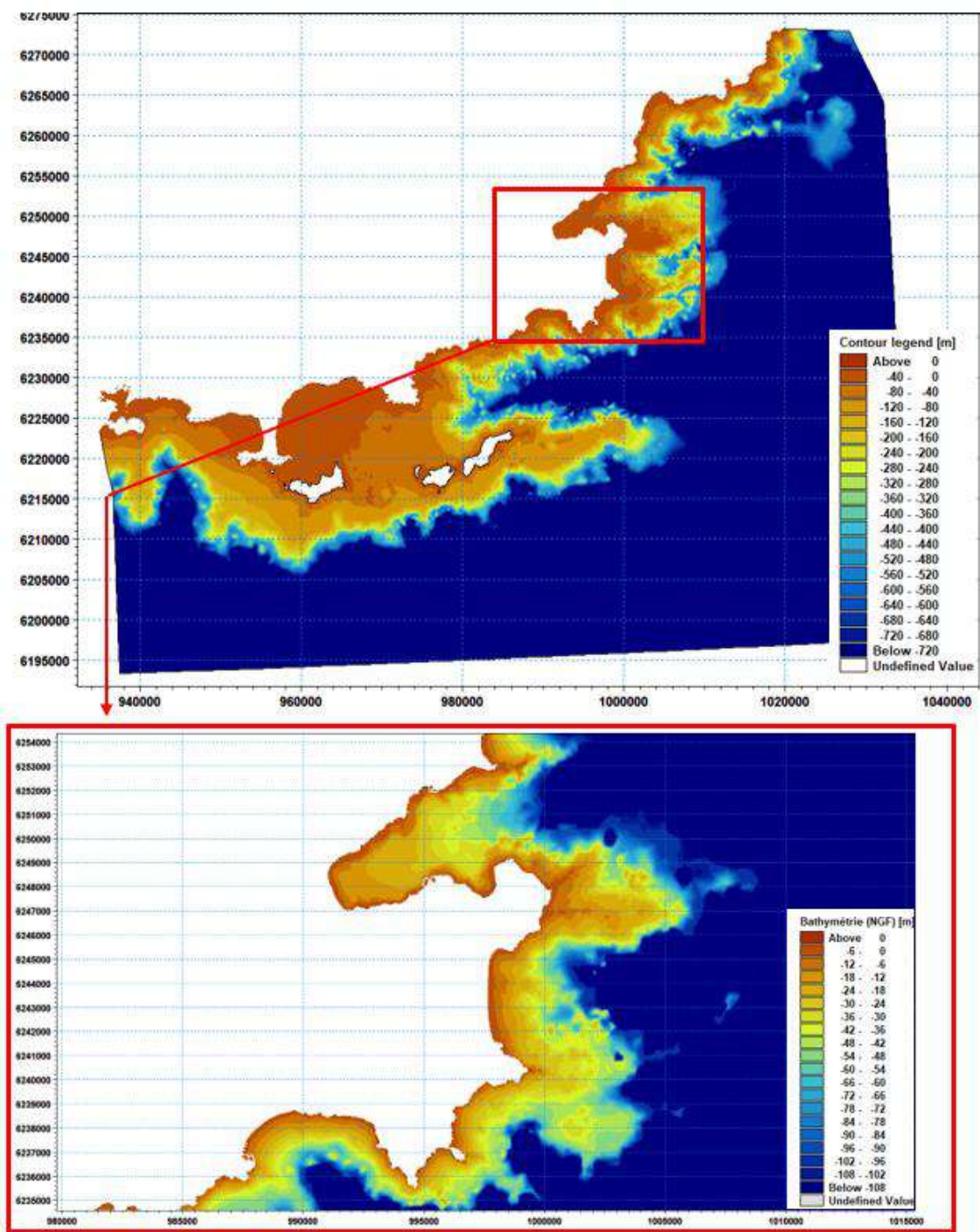


Figure 3.17 : Bathymétrie interpolée sur le maillage du modèle local (haut) et détail sur le Golfe de Saint-Tropez (bas).

3.3.2 Conditions de forçage

Le modèle de houles local est forcé par des données de vent et de houles spectrales provenant de la base de données DHI des houles et vents en mer Méditerranée MWM décrite en Section 3.2.

Houles

Les données de vagues exploitées pour forcer le modèle local ont été extraites du modèle MWM sous la forme de spectres de houles en 11 points situés le long de la frontière au large du modèle local avec une résolution de $0.2^\circ \times 0.2^\circ$. Les coordonnées de ces points sont données dans le Tableau 3.1 et leur position est illustrée sur la Figure 3.18. Le modèle local est forcé aux frontières par interpolation spatiale des données de houles entre ces points.

Tableau 3.1 : Coordonnées des points d'extraction des données du modèle MWM.

Point	Longitude (°)	Latitude (°)
P1	5.9	43.0
P2	5.9	42.8
P3	6.1	42.8
P4	6.3	42.8
P5	6.5	42.8
P6	6.7	42.8
P7	6.9	42.8
P8	7.1	42.8
P9	7.1	43.0
P10	7.1	43.2
P11	7.1	43.4

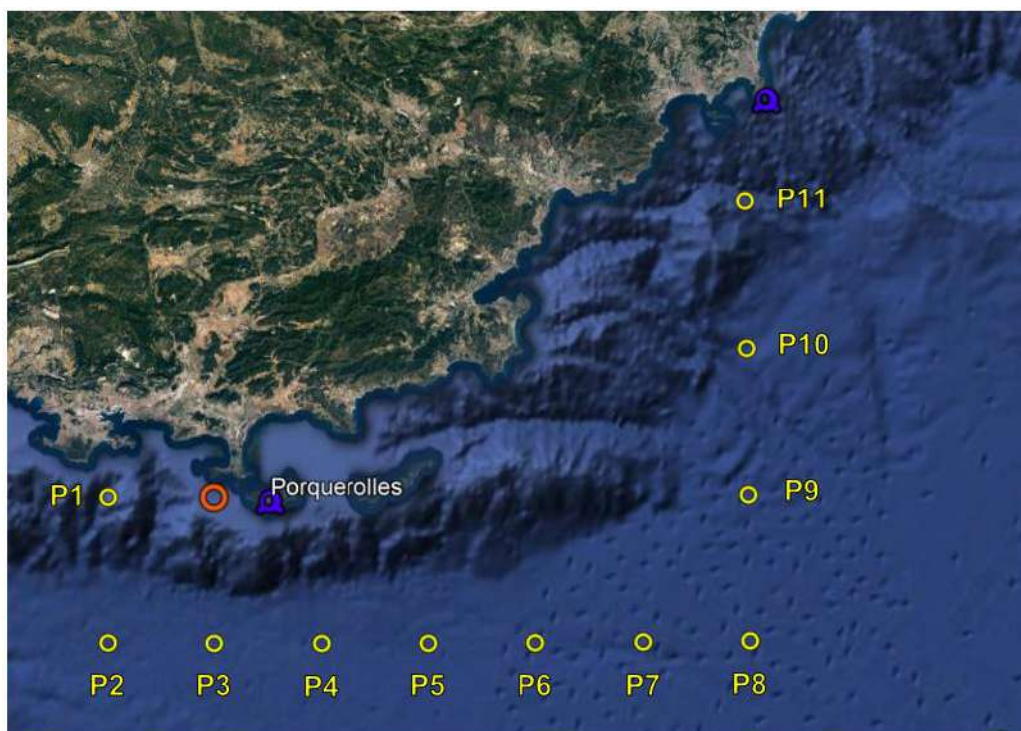


Figure 3.18 : Localisation des points d'extraction des données du modèle MWM (image : Google Earth).

Vent

Le modèle local est forcé par des champs de vent extraits du modèle MWM.

Niveaux d'eau

Bien que les marées soient faibles en Méditerranée, les variations temporelles de niveaux d'eau dues à la marée sont incluses dans le modèle. Les niveaux d'eau sont extraits du modèle global de marée de DHI (MIKE 21 Global Tide model). Ce modèle possède une résolution spatiale de $0.125^\circ \times 0.125^\circ$. Il inclut les 10 principales composantes harmoniques de la marée (semi-diurnes : M2, S2, K2, N2 ; diurne : S1, K1, O1, P1, Q1 ; eau peu profonde : M4). Les composantes harmoniques ont été déterminées à partir des 21 dernières années de mesures altimétriques acquises par les satellites TOPEX/Poseidon, Jason-1 et Jason-2. Après évaluation des niveaux d'eau le long du littoral d'étude, montrant peu de variabilité, il a été décidé d'appliquer les niveaux d'eau extraits au large de Toulon uniformément dans le domaine modélisé.

3.3.3 Paramétrisation du modèle

Le modèle local de houles a été configuré à partir de la formulation découplée directionnelle et en mode quasi-stationnaire.

- La formulation découplée directionnelle repose sur une paramétrisation de l'équation de conservation de l'action d'onde. La paramétrisation est faite dans le domaine fréquentiel en introduisant les moments d'ordre zéro et un du spectre d'action d'onde comme des variables dépendantes (Holthuijsen, 1989).
- En mode quasi-stationnaire, les grandeurs se sont plus indépendantes du temps et une solution en régime permanent est calculée à chaque pas de temps. Le mode quasi-stationnaire permet d'accélérer les calculs en résolvant les équations par itérations limitées par un seuil de convergence. La procédure d'itération est stoppée lorsque 200 itérations sont atteintes, ou lorsque la norme quadratique du résidu de la méthode de Newton-Raphson est inférieure à 0.00005 et la variation de la hauteur significative est inférieure à 1 cm sur tout le domaine de calcul.

La calibration du modèle local a reposé sur des tests de sensibilité des résultats de modélisation à différents paramètres (résolution du maillage, paramètres de convergence numérique, contrainte de cisaillement au fond).

Le Tableau 3.2 rassemble les principaux paramètres retenus pour le modèle de propagation des houles local.

Tableau 3.2 : Paramètres principaux du modèle de propagation des houles local.

Paramètre	Configuration
Résolution du maillage	De 40 m à 500 m
Période de simulation	Du 01/01/1994 au 31/12/2018 (25 ans)
Equations basiques	Formulation découplée directionnelle, formulation quasi-stationnaire
Discretisation du spectre en direction	36 directions (résolution de 10°)
Niveau d'eau	Uniformité spatiale basée sur les mesures de niveau d'eau au large de Toulon par le Global Tide Model de DHI
Forçage du vent	MWM, modèle d'interaction SPM84 (Shore Protection Manual, 1984)
Conditions aux limites	MWM
Déferlement de vagues	Inclus. $\alpha = 1$, $\gamma = 0.8$ (Battjes and Janssen, 1978)
Frottement sur le fond	Rugosité de Nikuradse, $k_N = 0.04$ m

3.3.4 Sorties du modèle

Les sorties du modèle de houle spectral consistent en les paramètres de houles listés dans le Tableau 3.3.

Tableau 3.3 : Paramètres de vagues sortis du modèle.

Abréviation	Unité	Description
H_s	m	Hauteur significative
H_{max}	m	Hauteur de houle maximale
T_p	s	Période pic
T_{01}	s	Période moyenne
PWD	°N (vient de)	Direction pic
MWD	°N (vient de)	Direction moyenne
DSD	Degré	Étalement directionnel standard

3.3.5 Calibration et tests de sensibilité

Les résultats des principaux tests de sensibilité effectués dans le cadre de la calibration du modèle sont présentés ici. Les simulations de calage ont été réalisées sur une période de 3 semaines en décembre 2011.

Résolution du maillage

Des tests de sensibilité à la résolution du maillage ont été menés pour confirmer que le maillage des simulations de production permet d'obtenir des résultats aussi précis que possible pour des temps de calcul raisonnables.

Trois maillages testés sont décrits dans le Tableau 3.4.

Tableau 3.4 : Tests de sensibilité à la résolution du maillage effectués.

Simulation	Description	Nombre d'éléments
1	Zones des hauts fonds autour du golfe de Saint-Tropez et des Iles d'Hyères avec des mailles de 50-70 m	146 000
2	Zones des hauts fonds autour du golfe de Saint-Tropez et des Iles d'Hyères avec des mailles de 30-50 m	127 000
3	Zones des hauts fonds autour du golfe de Saint-Tropez et des Iles d'Hyères avec des mailles de 70-80 m	230 000

La Figure 3.19 présente les diagrammes de corrélation entre les hauteurs significatives de houles modélisées avec les différents maillages à la bouée Porquerolles de CANDHIS. Cette figure montre un impact négligeable de la résolution du maillage sur les hauteurs significatives de houles modélisées.

Le maillage correspondant au maillage 3 présentant le meilleur compromis entre les temps de calcul et la qualité des résultats, il a été retenu pour la suite.

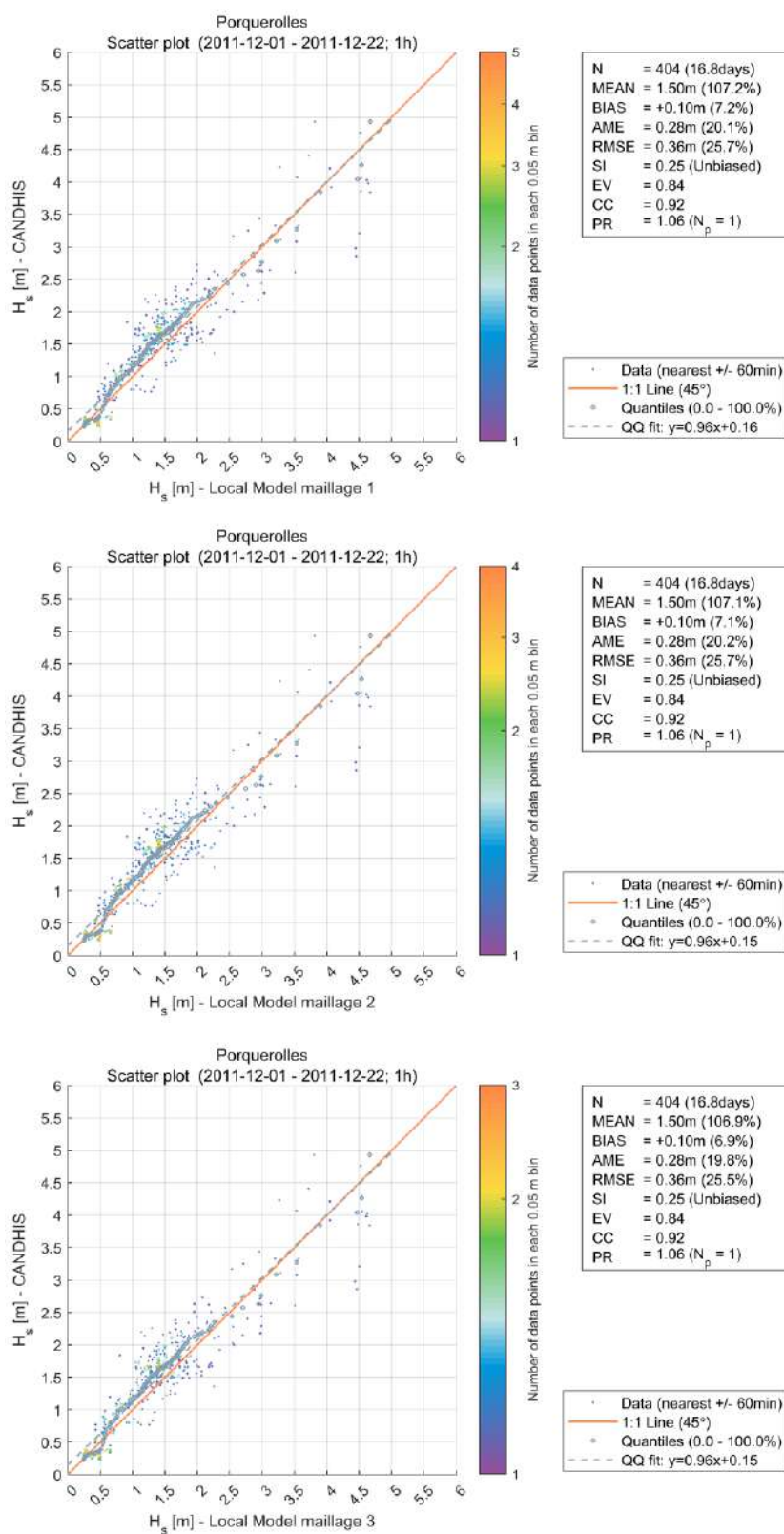


Figure 3.19 : Diagramme de dispersion des hauteurs significatives de houle modélisées au point Porquerolles. En haut : maillage intermédiaire vs. mesures CANDHIS ; au milieu : maillage fin vs. mesures CANDHIS ; en bas : maillage grossier vs. mesures CANDHIS.

Frottement sur le fond

Différentes valeurs de coefficient du frottement sur le fond ont été testées. Elles sont données dans le Tableau 3.5.

La Figure 3.20 présente les diagrammes de corrélation entre les hauteurs significatives de houles modélisées en changeant la valeur du coefficient de frottement sur le fond au même point que précédemment. Ces tests ont montré un impact négligeable de la rugosité au fond sur les hauteurs significatives de houles modélisées aux points de mesures et d'intérêt.

Tableau 3.5 : Tests de sensibilité au frottement sur le fond effectués.

Simulation	Description
0.04m	Frottement sur le fond $k_N = 0.04$ m
0.01m	Frottement sur le fond $k_N = 0.01$ m

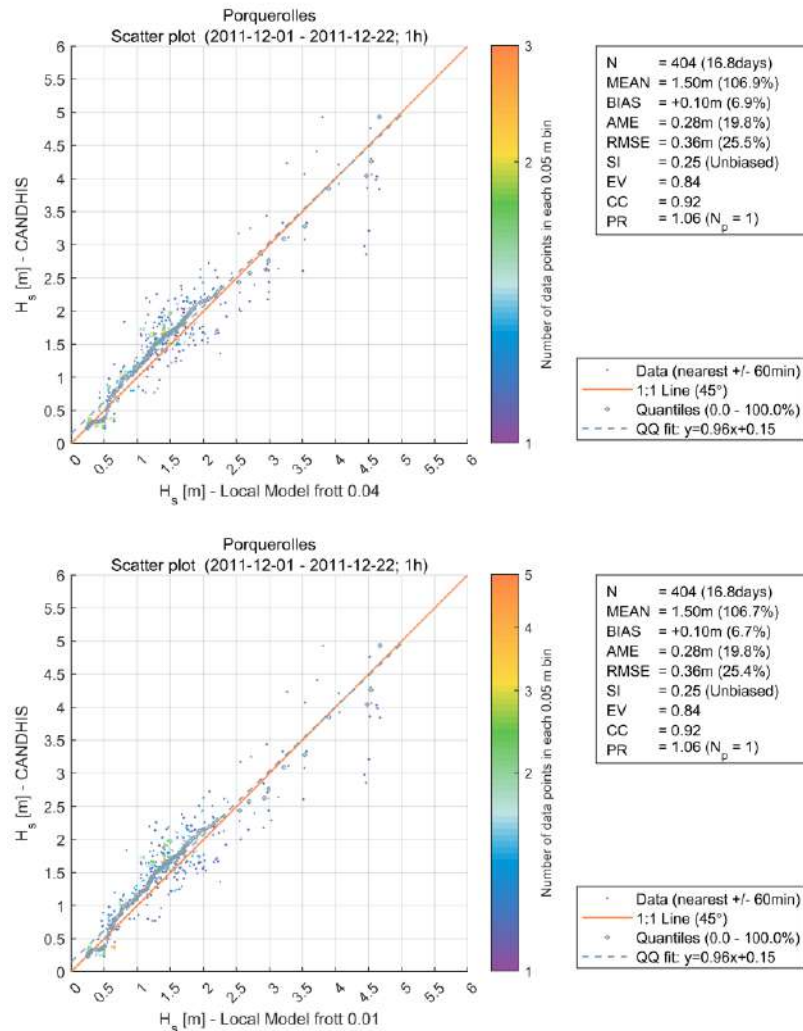


Figure 3.20 : Diagramme de dispersion des hauteurs significatives de houle modélisées au point Porquerolles. En haut : test 0.04m vs. mesures CANDHIS ; en bas : test 0.01m vs. mesures CANDHIS.

3.3.6 Validation

3.3.6.1 Validation long-terme

Une validation long-terme du modèle de houles du golfe de Saint-Tropez a été réalisée sur l'ensemble de la période de données disponibles à la bouée CANDHIS de Porquerolles. Pour rappel, les années 2005 – 2009 ont été exclues de cette comparaison (voir Section 3.2.2.2).

Les résultats de cette validation sont présentés ci-dessous, sous la forme de séries temporelles (Figure 3.21) et d'un diagramme de dispersion (Figure 3.22). Ce dernier témoigne d'une bonne reproduction générale des états de mer. On note cependant sur cette analyse une tendance du modèle à la sous-estimation des principaux pics de tempête (voir Section 3.3.6.2).

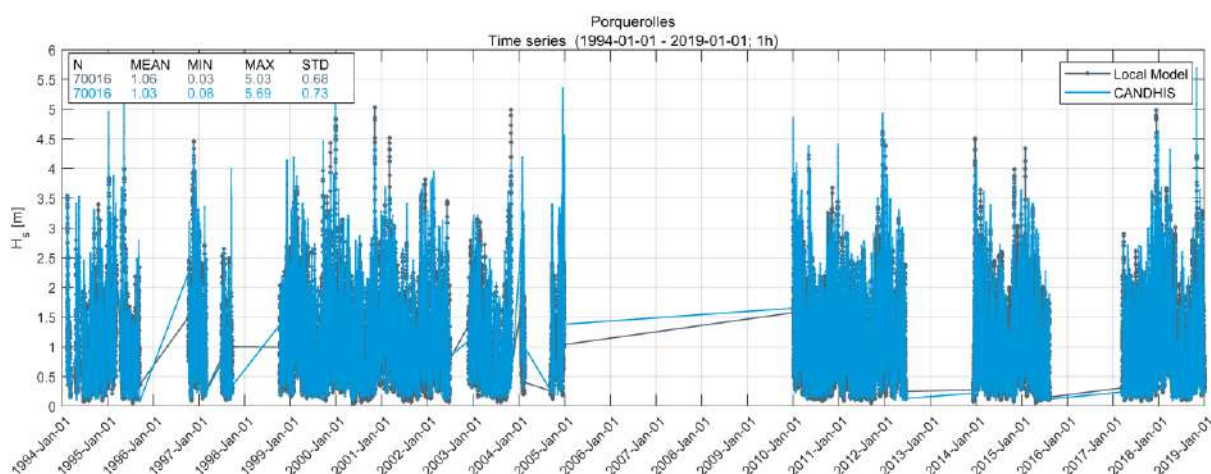


Figure 3.21 : Séries temporelles des hauteurs significatives de vagues du modèle local (noir) et de la bouée CANDHIS à Porquerolles (bleu) sur la période janvier 1992 – janvier 2019.

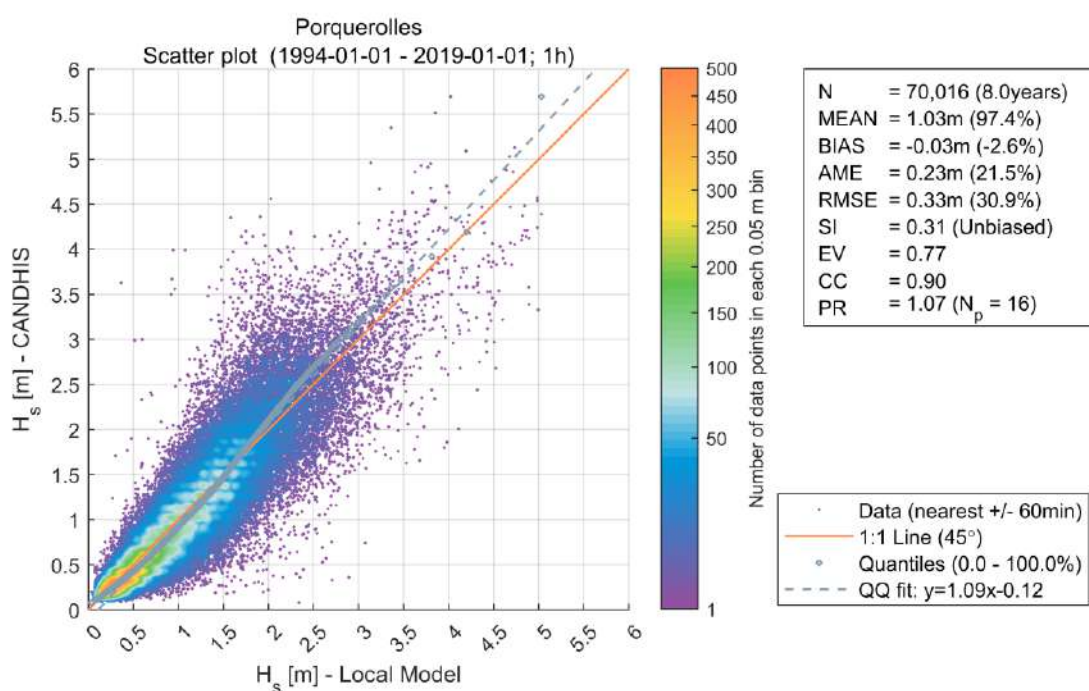


Figure 3.22 : Diagramme de dispersion entre données mesurées à partir de la bouée CANDHIS et données modélisées avec le modèle local (période 2005-2009 exclue).

Comme dans le cas du modèle MWM, une étude plus approfondie par secteurs directionnels a permis de mettre en avant que le modèle sous-estime principalement les houles venant du secteur ouest à nord-ouest (secteurs 240-270° et 270-300°)

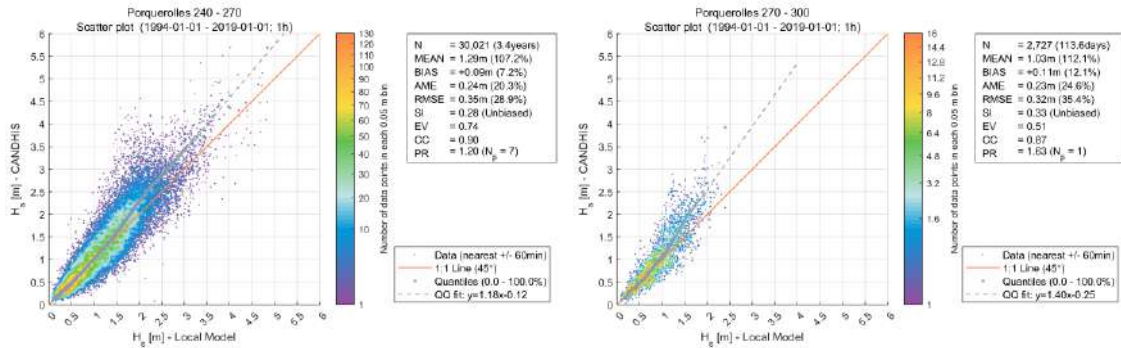


Figure 3.23 : Diagrammes de dispersion entre données mesurées à partir de la bouée CANDHIS et données modélisées avec le modèle local. Gauche : données entre 1994 et 2018 pour le secteur 240-270°; droite : données entre 1994 et 2018 pour le secteur 270-300°.

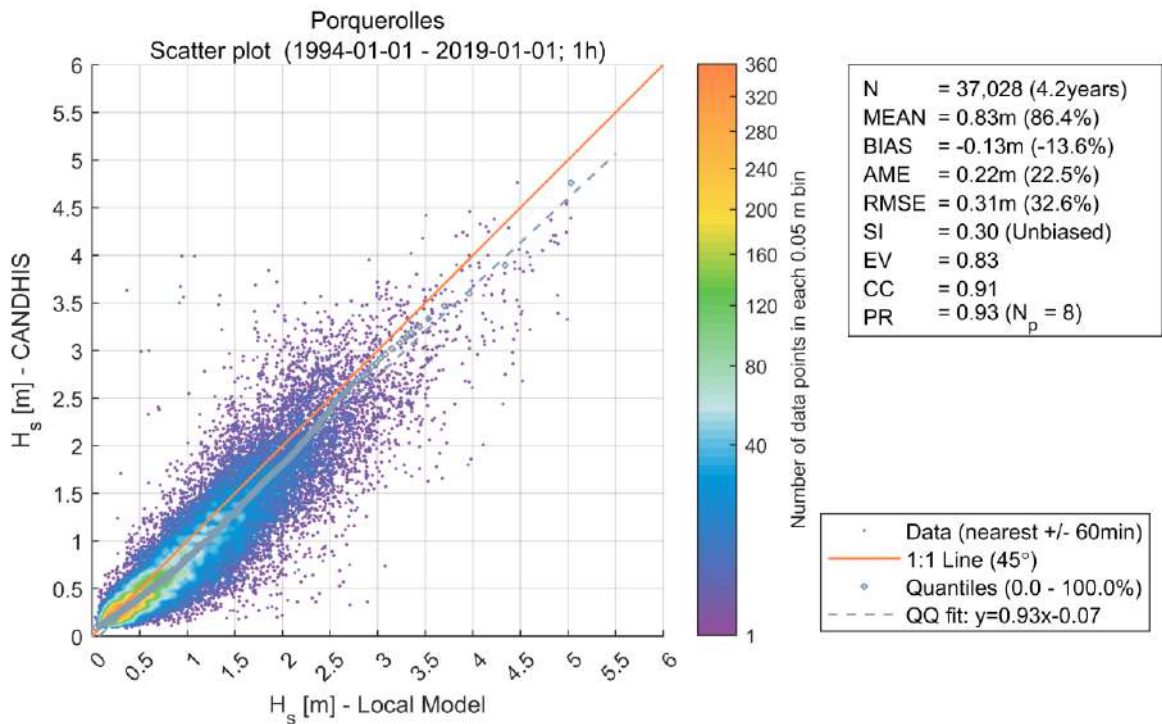


Figure 3.24 : Diagrammes de dispersion entre données mesurées à partir de la bouée CANDHIS et données modélisées avec le modèle local : données entre 1994 et 2018 en excluant le secteur 240-300°.

3.3.6.2 Validation sur des événements de tempêtes

Six événements de tempêtes majeurs ont été identifiés à Porquerolles depuis 1994, sur les périodes où des mesures sont disponibles à la bouées CANDHIS, et en dehors des années 2005 – 2009.

Les principaux pics de tempête ont été identifiés individuellement en recherchant dans chaque jeu de données un nombre moyen annuel de 2 tempêtes avec une durée minimale entre chaque événement de 36 heures. Les pics de tempête identifiés sont illustrés sur la Figure 3.25. Le Peak Ratio (PR) correspond à la moyenne des pics mesurés divisée par la moyenne des pics modélisés. Ainsi avec un PR de 1.08 le modèle tend à sous-estimer légèrement les pics de tempête. Etant donné que les tempêtes proviennent en majeure partie des directions ONO-O-OSO et que le modèle sous-estime les événements provenant de ces directions, cette tendance reste en accord avec les résultats obtenus par le modèle local jusqu'à maintenant.

La Figure 3.25 présente également les pics conjoints, qui correspondent aux événements où un pic a été mesuré et modélisé dans un intervalle de +/- 36 heures. À noter que cette valeur de 36 heures est choisie arbitrairement comme étant représentative de la durée d'une tempête ; en général les pics observés et modélisés pour un même événements ont lieu dans un intervalle de 1 à 2 heures.

Parmi les pics conjoints identifiés, 6 événements de tempêtes ont été retenus. Ils sont identifiés par les cercles rouges sur la Figure 3.25 et la Figure 3.26, et sont listés dans le Tableau 3.6.

Les Figure 3.28 à Figure 3.63 présentent les champs de vagues, les séries temporelles ainsi que les diagrammes de dispersion pour les hauteurs significatives et les périodes pics sur une période de 4 jours autour des événements de tempête. En raison de l'absence de données directionnelles à la bouée CANDHIS avant l'année 2013, les comparaisons en termes de directions ne sont présentées que pour le dernier événement de tempête retenu (ayant eu lieu en décembre 2017).

Ces figures montrent que malgré la tendance générale du modèle à la sous-estimation des pics de tempête vue en Section 3.3.6.1, ces événements sont très correctement reproduits par le modèle, que ce soit en termes de hauteur significative, de période pic ou de direction (lorsque cette donnée est disponible dans les mesures. Un décalage temporel du pic de tempête de l'ordre de quelques heures est observé pour certains événements.

Tableau 3.6 : Descriptif des 6 tempêtes retenues lors de la validation.

Date	Tempête
28/12/1999	Martin
06/11/2000	Rebekka
04/05/2010	-
16/12/2011	Joachim
05/01/2012	Andréa
11/12/2017	Ana

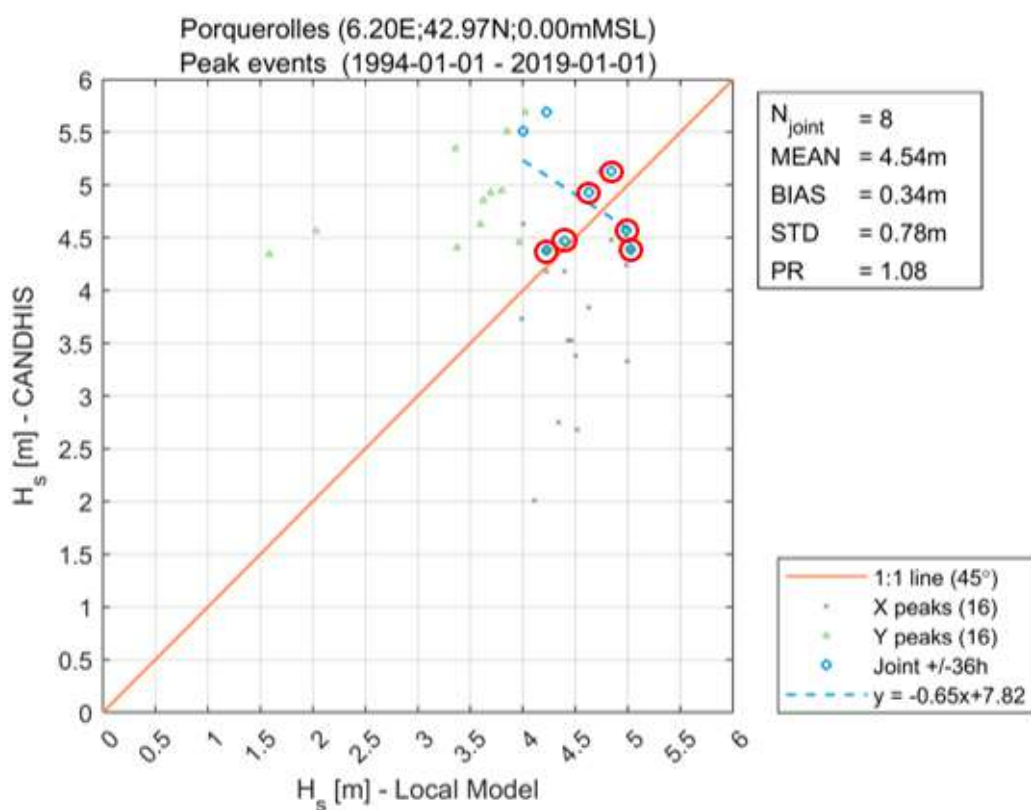


Figure 3.25 : Identification des 8 principaux événements de tempête, corrélation des H_s maximums atteints pour ces événements à (+/- 36h) dans le modèle et les mesures.

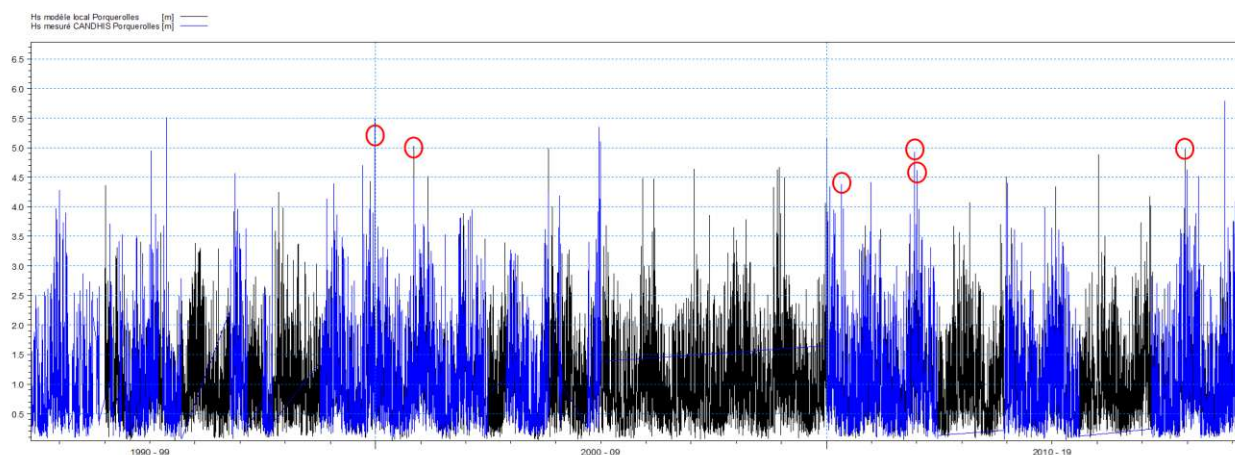


Figure 3.26 : Séries temporelles des hauteurs significatives mesurées par la bouée CANDHIS à Porquerolles (bleue) et modélisées par le modèle local (noir) avec identification des 6 pics de tempête.

Tempête Martin

Champs de houles

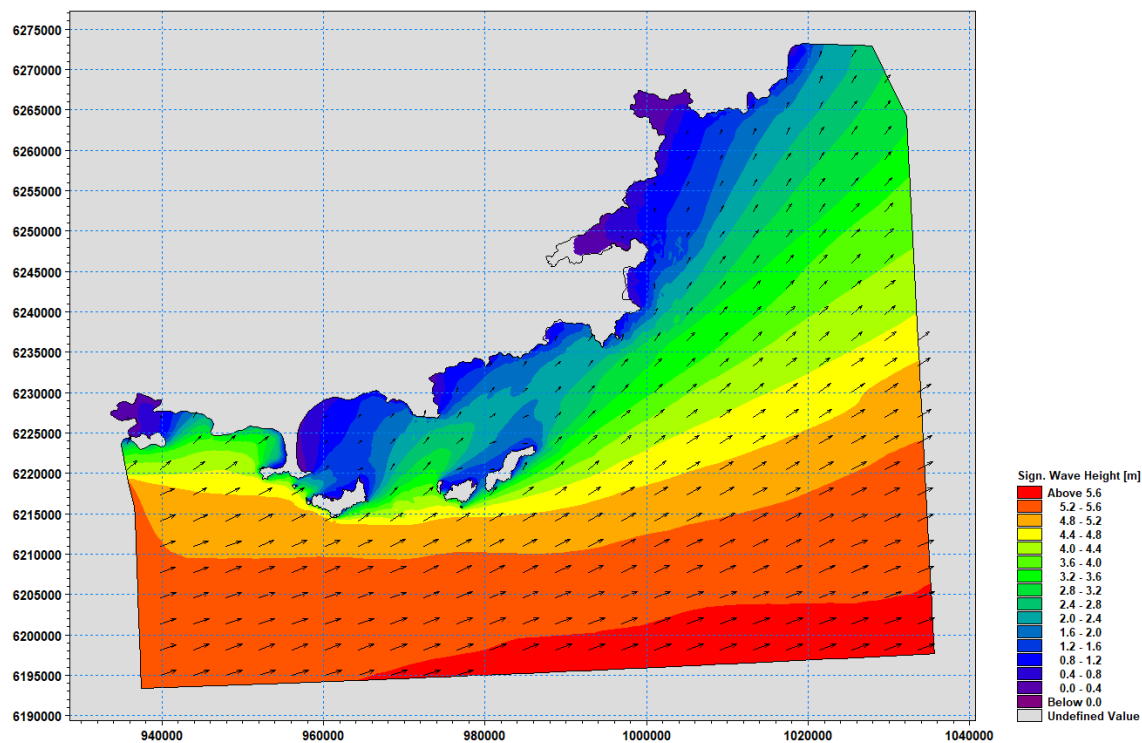


Figure 3.27 : Champs de houles des hauteurs significatives pour la tempête Martin entre le 27/12/1999 et le 31/12/1999.

Hauteurs significatives

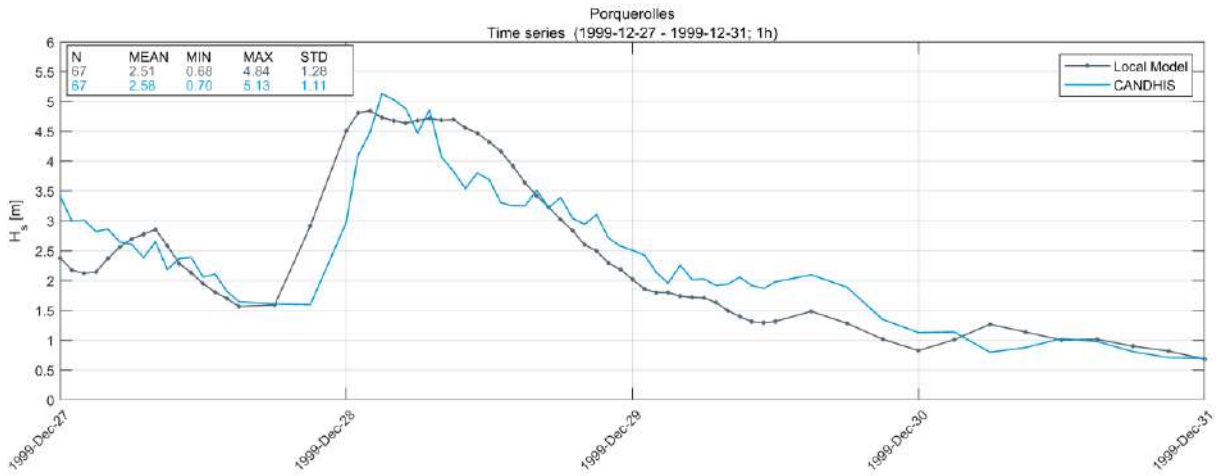


Figure 3.28 : Séries temporelles des hauteurs significatives mesurées par la bouée CANDHIS à Porquerolles (bleu) et modélisée par le modèle local (noir) pour la tempête Martin entre le 27/12/1999 et le 31/12/1999.

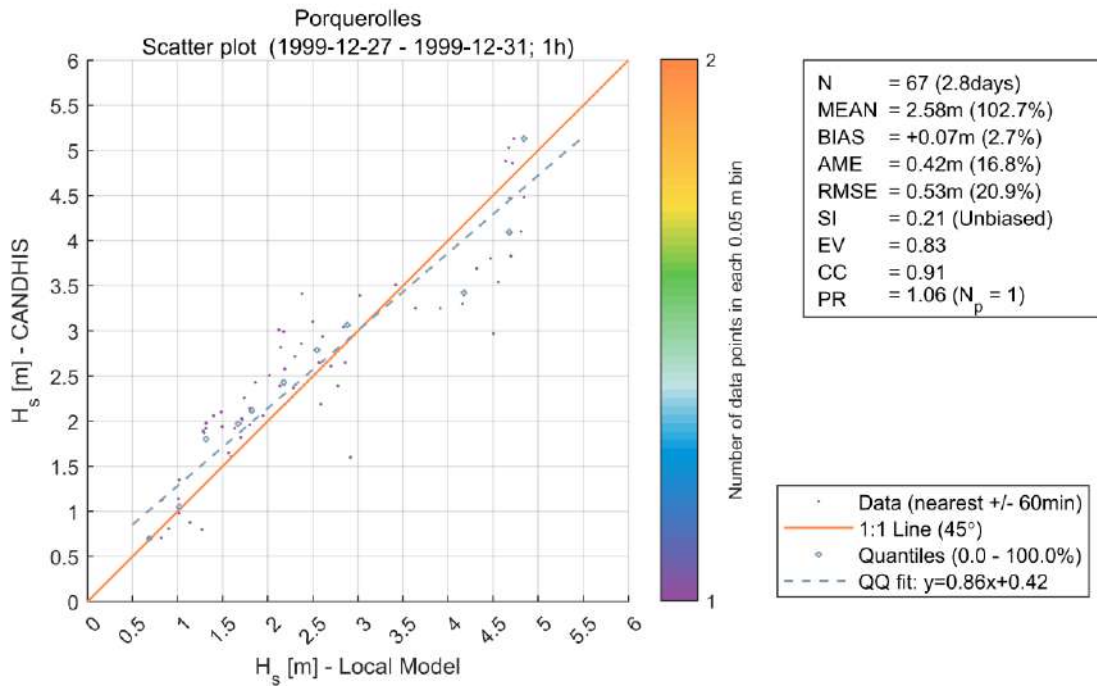


Figure 3.29 : Diagramme de dispersion des hauteurs significatives entre les données mesurées par la bouée CANDHIS à Porquerolles et modélisée par le modèle local pour la tempête Martin entre le 27/12/1999 et le 31/12/1999.

Périodes pic

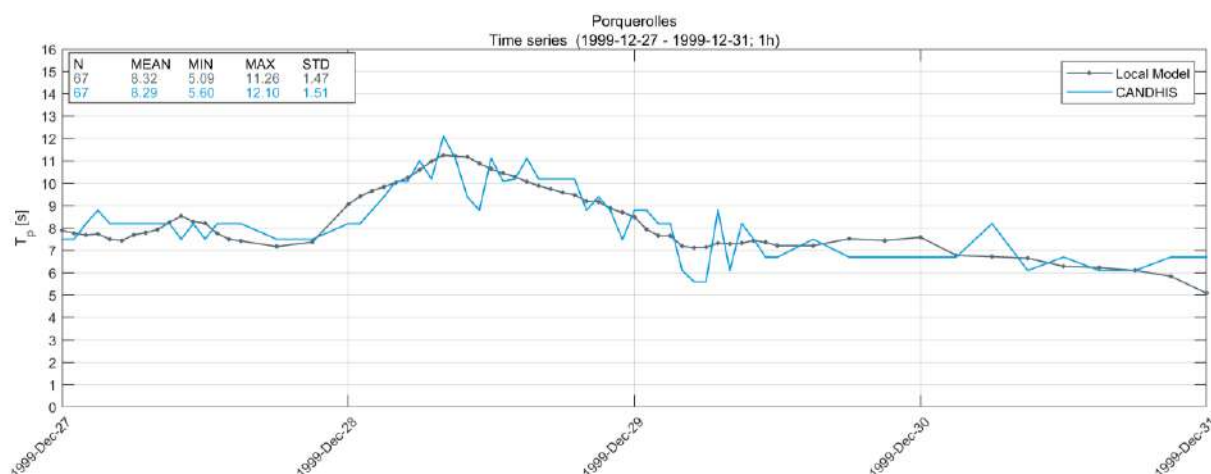


Figure 3.30 : Séries temporelles des périodes pic mesurées par la bouée CANDHIS à Porquerolles (bleu) et modélisée par le modèle local (noir) pour la tempête Martin entre le 27/12/1999 et le 31/12/1999.

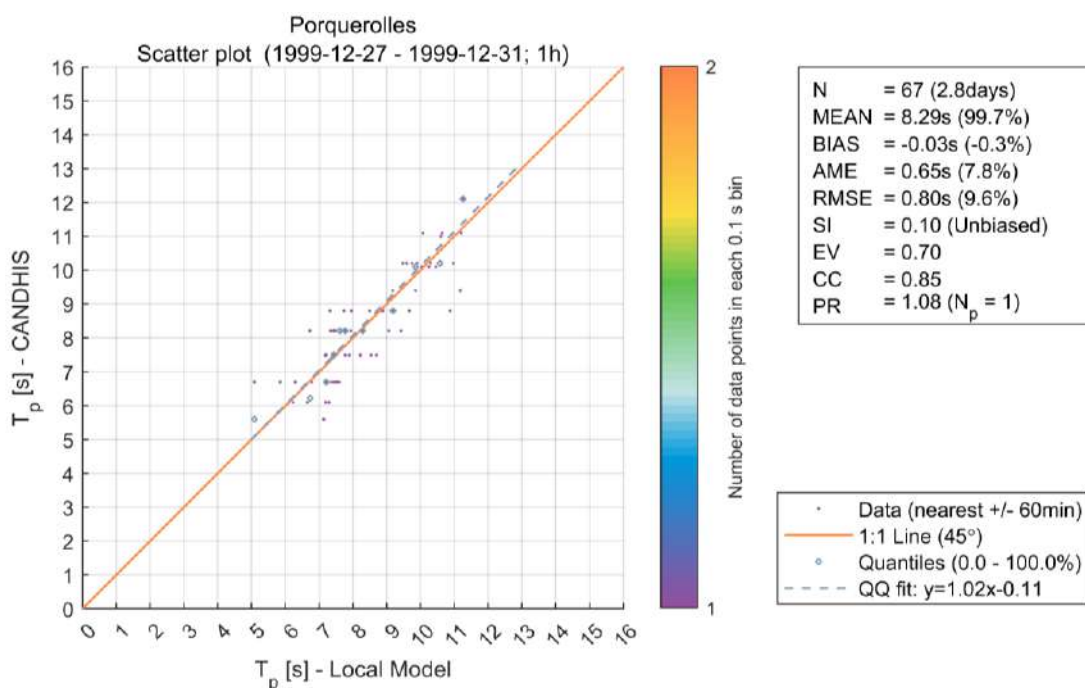


Figure 3.31 : Diagramme de dispersion des périodes pic entre les données mesurées par la bouée CANDHIS à Porquerolles et modélisée par le modèle local pour la tempête Martin entre le 27/12/1999 et le 31/12/1999.

Directions moyennes

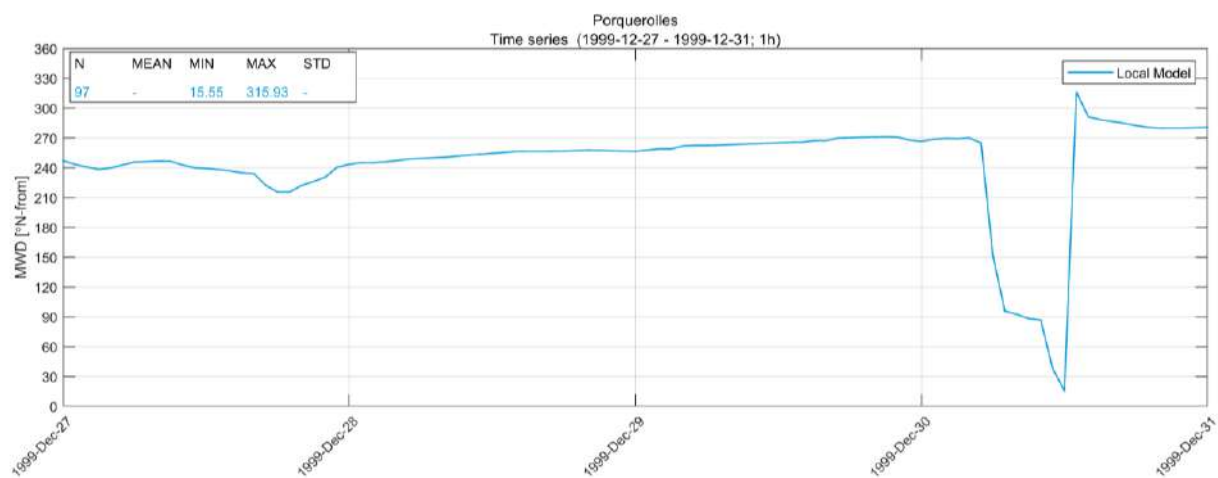


Figure 3.32 : Série temporelle des directions de provenance moyennes modélisées par le modèle local pour la tempête Martin entre le 27/12/1999 et le 31/12/1999.

Tempête Rebekka

Champs de houles

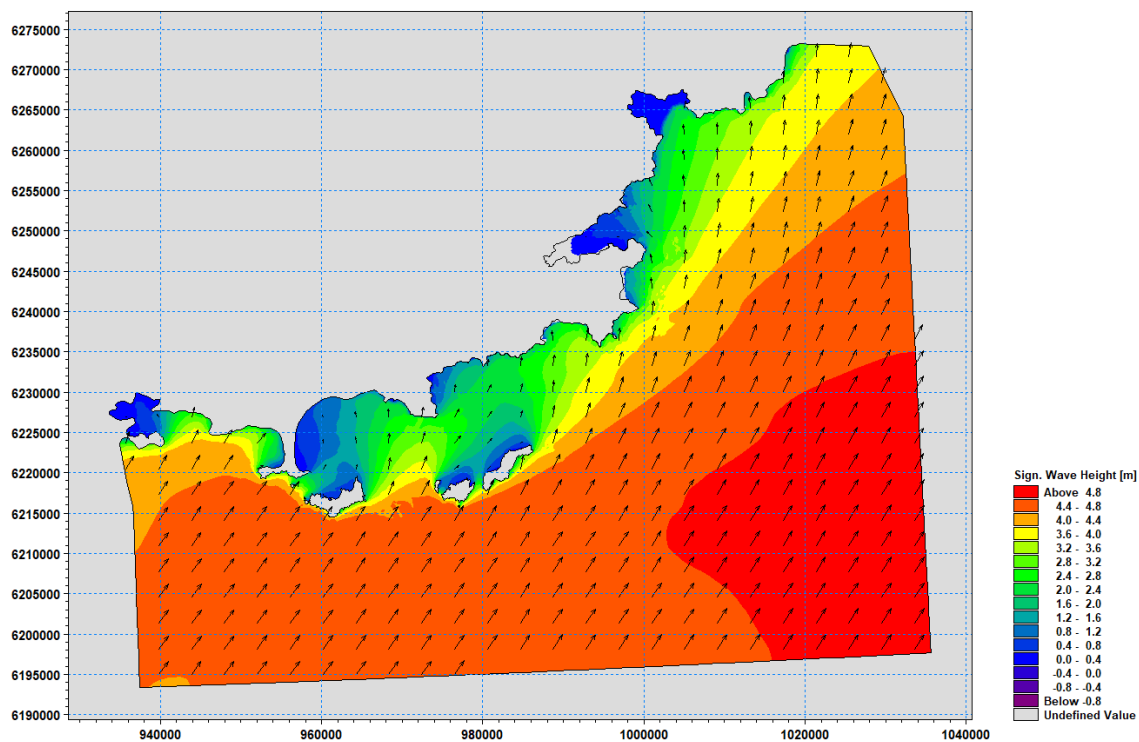


Figure 3.33 : Champs de houles des hauteurs significatives pour la tempête Rebekka entre le 04/11/2000 et le 08/11/2000.

Hauteurs significatives

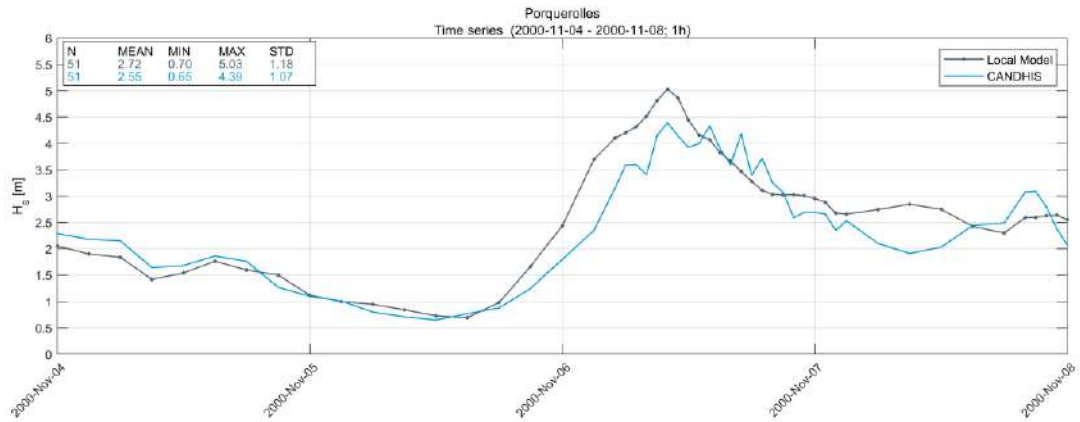


Figure 3.34 : Séries temporelles des hauteurs significatives mesurées par la bouée CANDHIS à Porquerolles (bleu) et modélisée par le modèle local (noir) pour la tempête Rebekka entre le 04/11/2000 et le 08/11/2000.

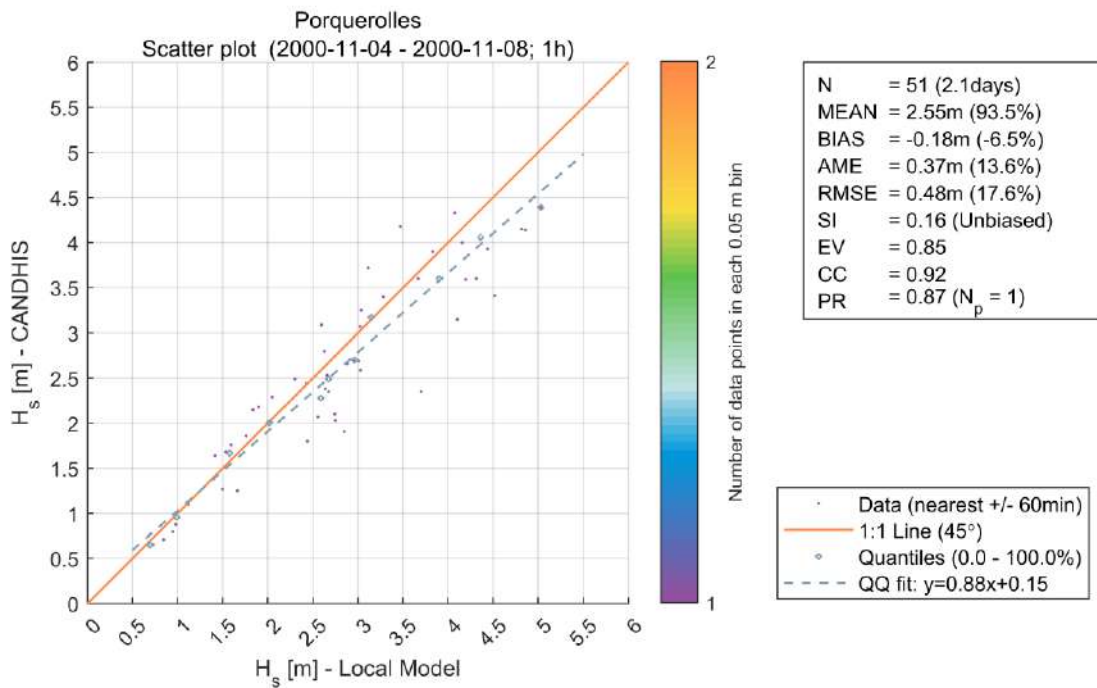


Figure 3.35 : Diagramme de dispersion des hauteurs significatives entre les données mesurées par la bouée CANDHIS à Porquerolles et modélisée par le modèle local pour la tempête Rebekka entre le 04/11/2000 et le 08/11/2000.

Périodes pic

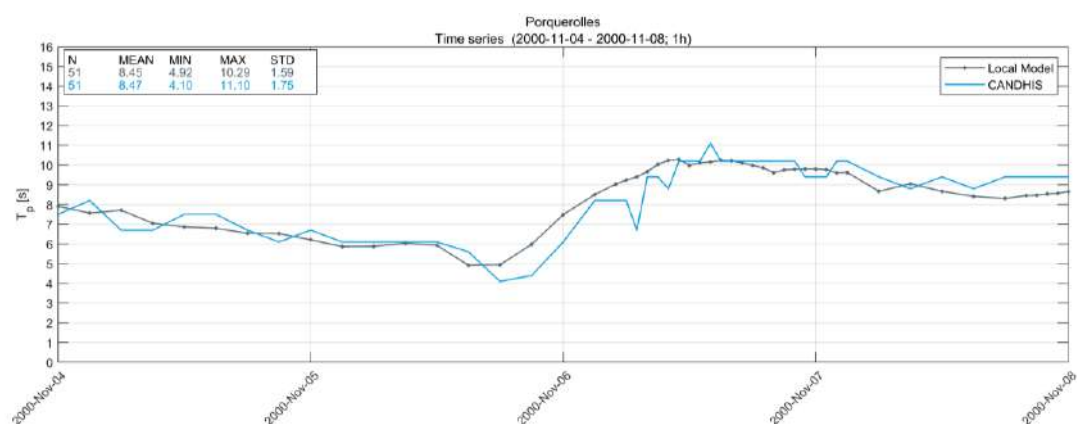


Figure 3.36 : Séries temporelles des périodes pic mesurées par la bouée CANDHIS à Porquerolles (bleu) et modélisée par le modèle local (noir) pour la tempête Rebekka entre le 04/11/2000 et le 08/11/2000.

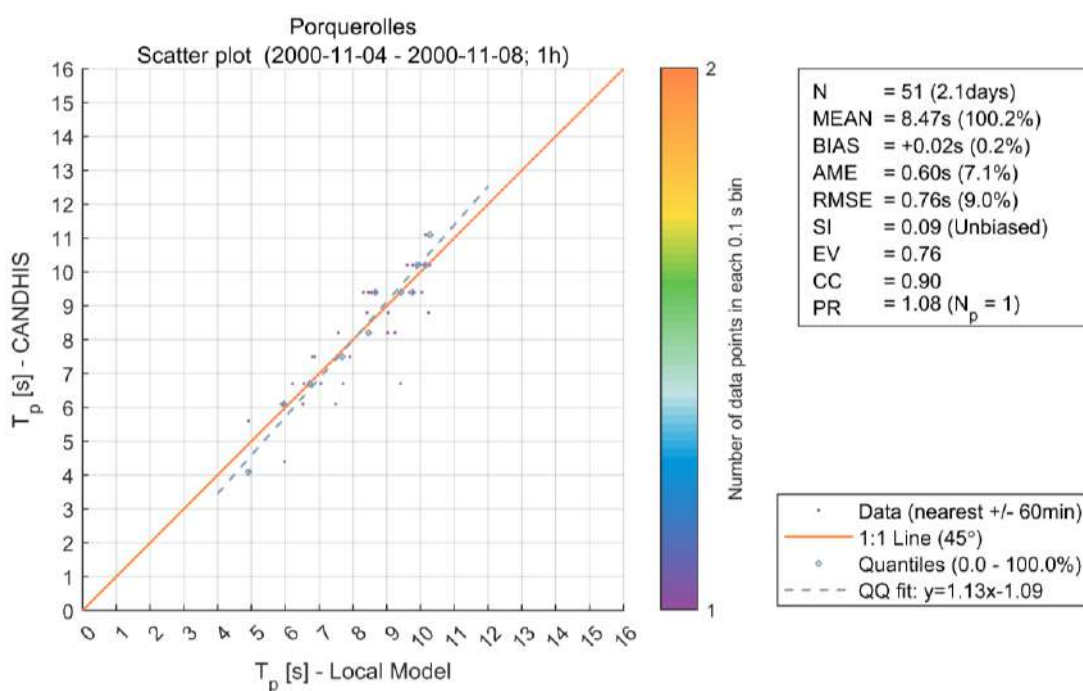


Figure 3.37 : Diagramme de dispersion des périodes pic entre les données mesurées par la bouée CANDHIS à Porquerolles et modélisée par le modèle local pour la tempête Rebekka entre le 04/11/2000 et le 08/11/2000.

Directions moyennes

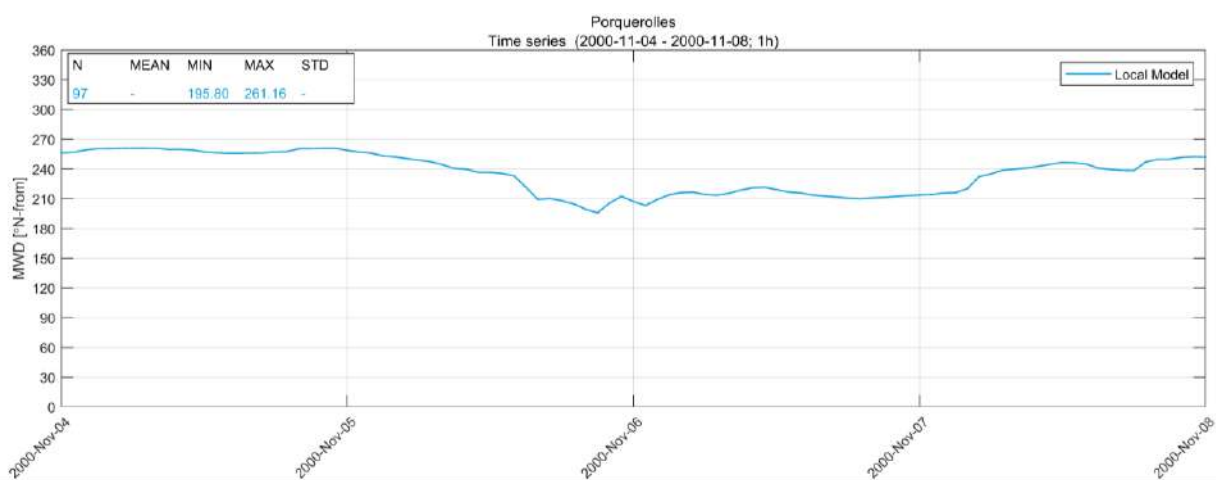


Figure 3.38 : Série temporelle des périodes pic modélisées par le modèle local pour la tempête Rebekka entre le 04/11/2000 et le 08/11/2000.

Tempête du 4 mai 2010

Champs de houles

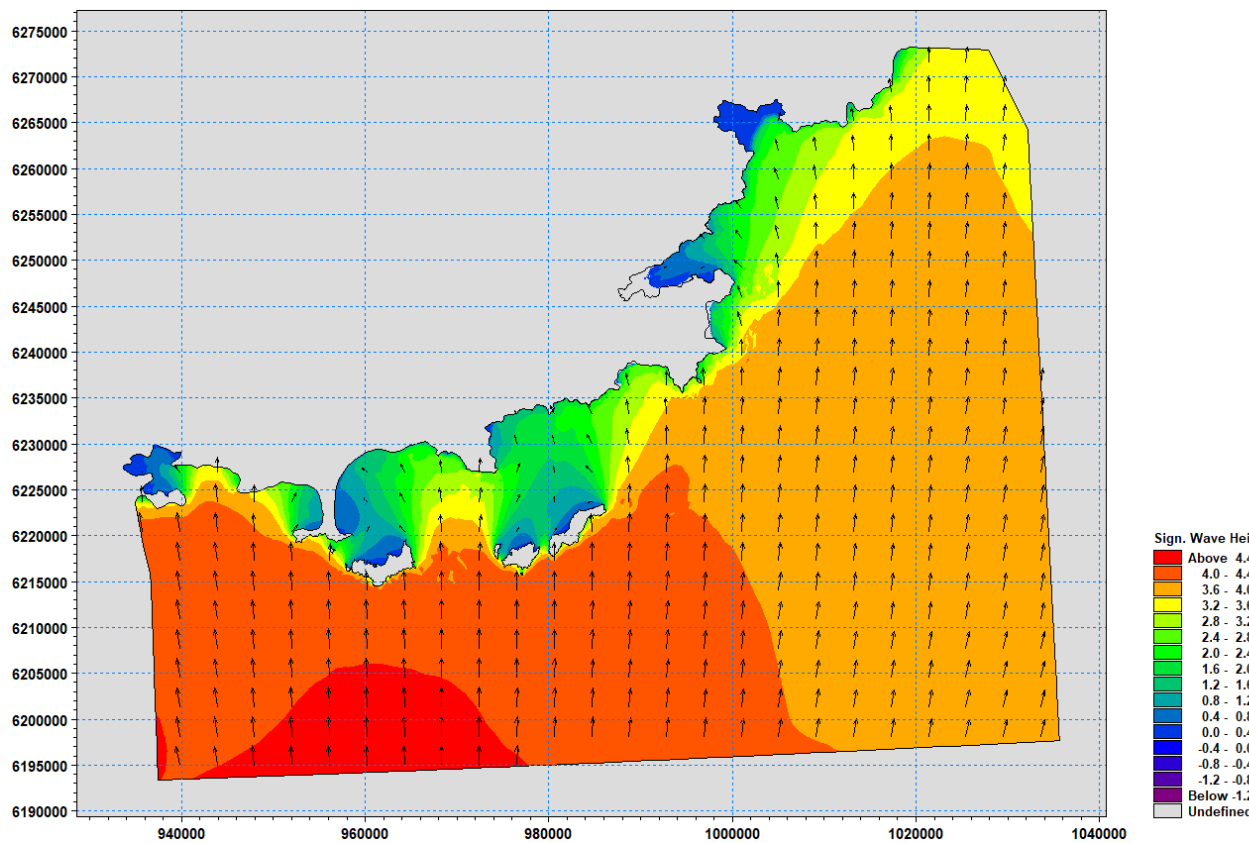


Figure 3.39 : Champ de houle des hauteurs significatives pour la tempête entre le 02/05/2010 et le 06/05/2010.

Hauteurs significatives

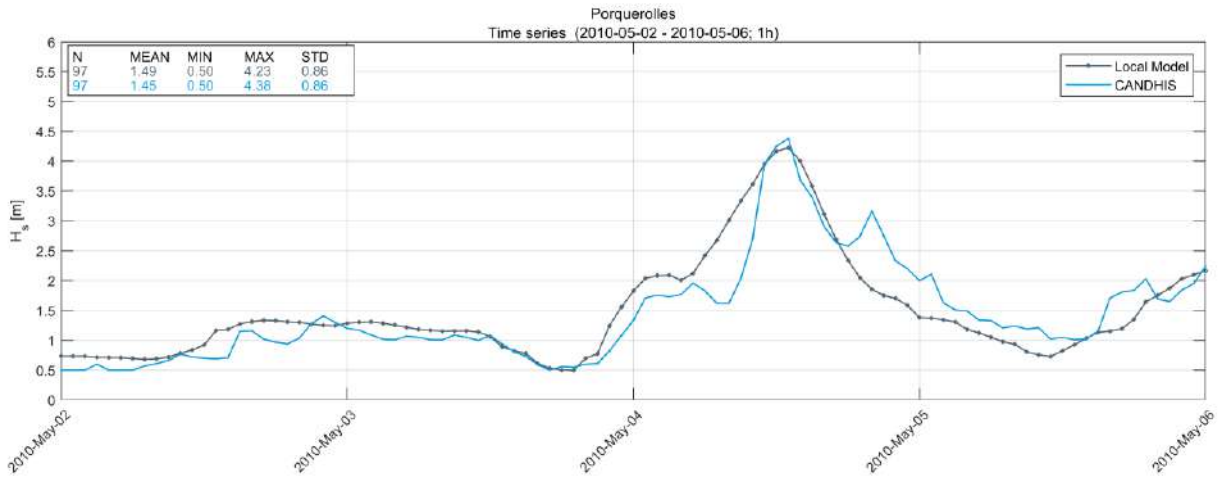


Figure 3.40 : Séries temporelles des hauteurs significatives mesurées par la bouée CANDHIS à Porquerolles (bleu) et modélisée par le modèle local (noir) pour la tempête entre le 02/05/2010 et le 06/05/2010.

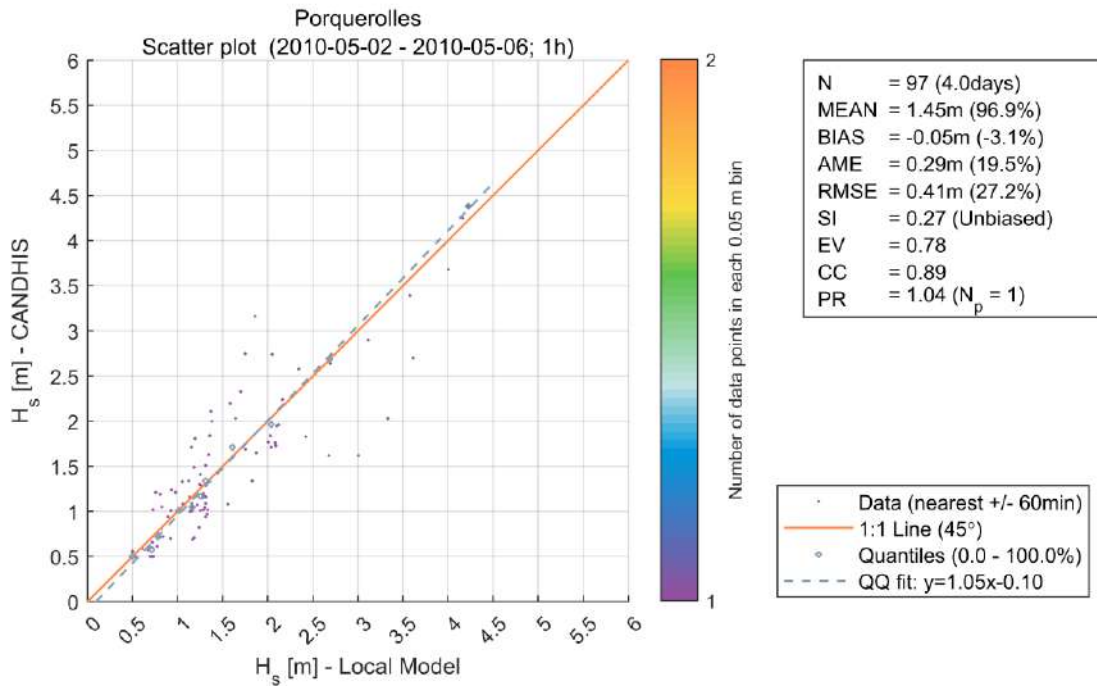


Figure 3.41 : Diagramme de dispersion des hauteurs significatives entre les données mesurées par la bouée CANDHIS à Porquerolles et modélisée par le modèle local pour la tempête entre le 02/05/2010 et le 06/05/2010.

Périodes pic

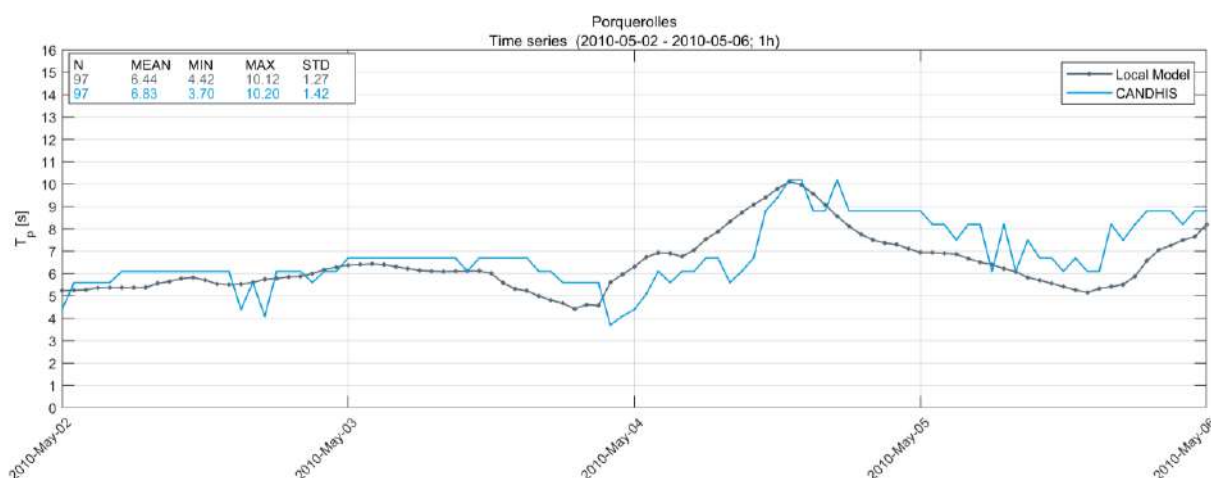


Figure 3.42 : Séries temporelles des périodes pic mesurées par la bouée CANDHIS à Porquerolles (bleu) et modélisée par le modèle local (noir) pour la tempête entre le 02/05/2010 et le 06/05/2010.

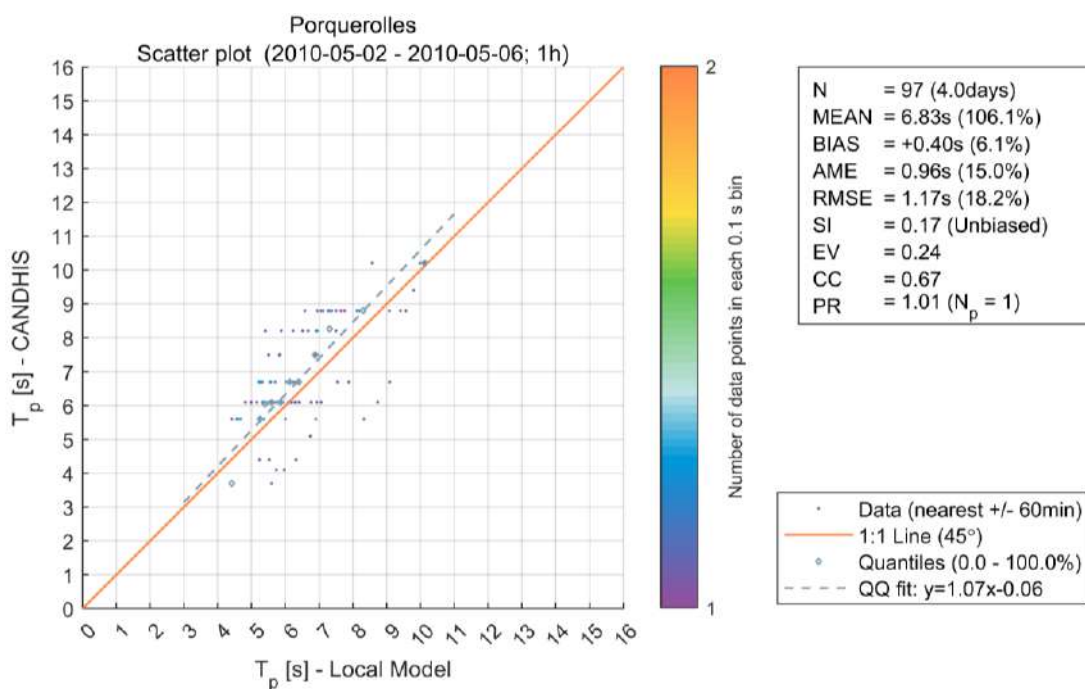


Figure 3.43 : Diagramme de dispersion des périodes pic entre les données mesurées par la bouée CANDHIS à Porquerolles et modélisée par le modèle local pour la tempête entre le 02/05/2010 et le 06/05/2010.

Directions moyennes

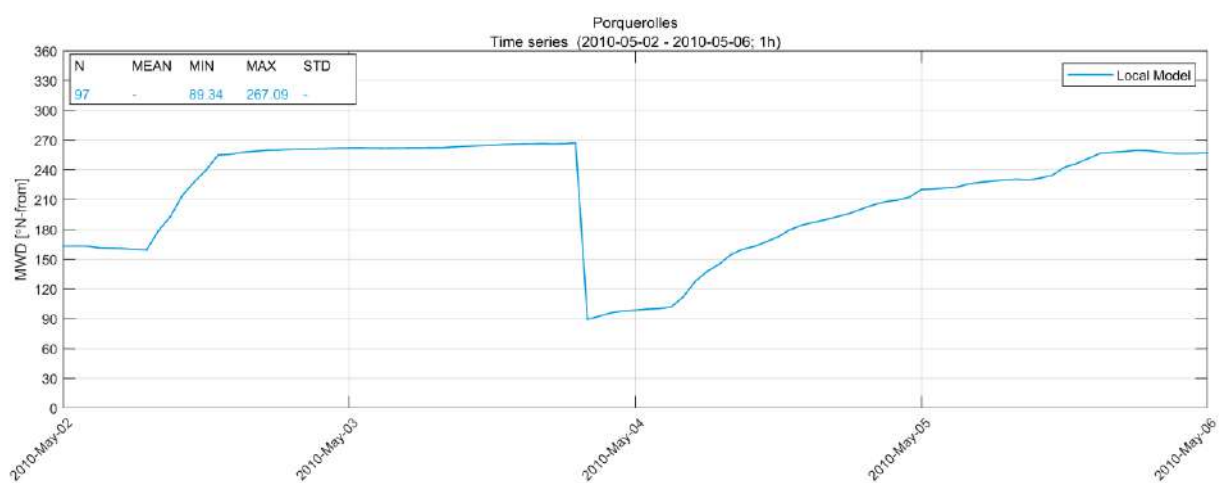


Figure 3.44 : Série temporelle des périodes pic modélisées par le modèle local pour la tempête entre le 02/05/2010 et le 06/05/2010.

Tempête Joachim

Champs de houles

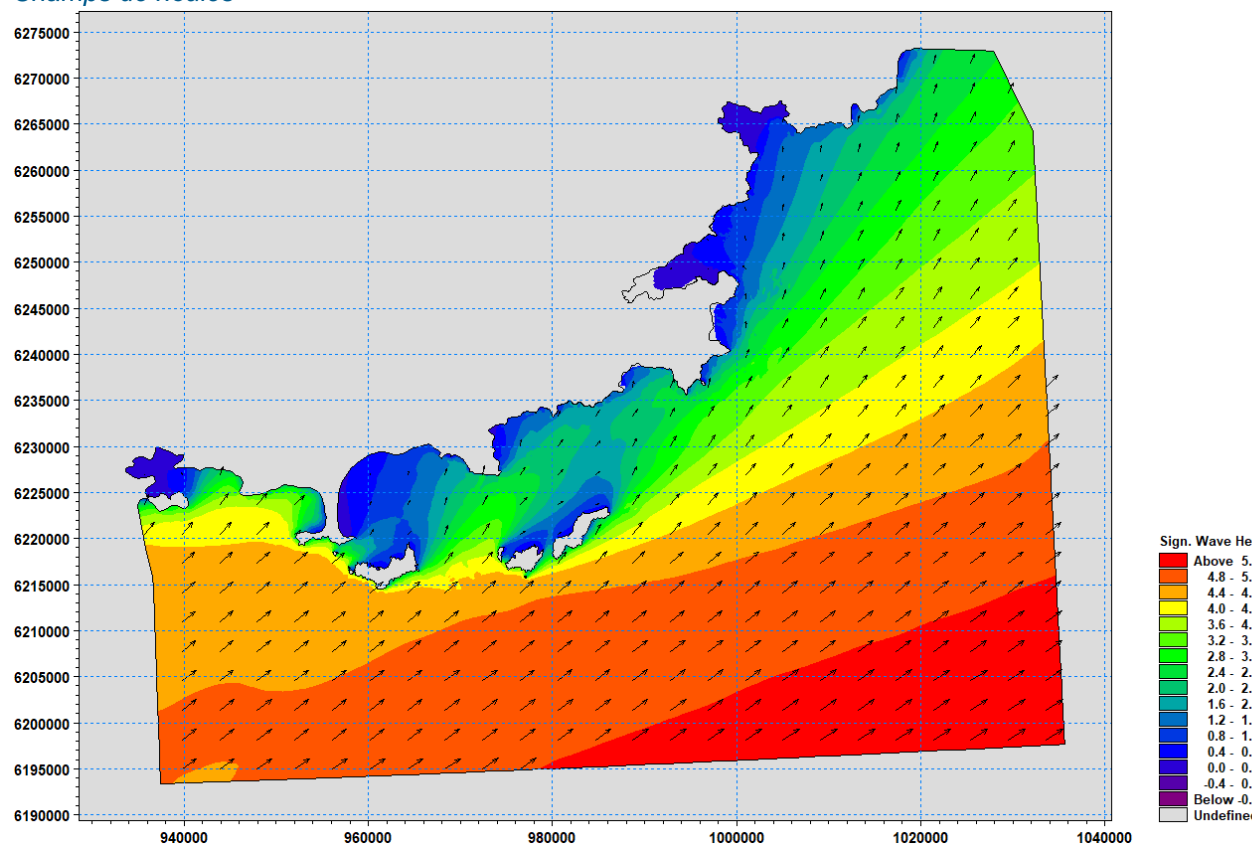


Figure 3.45 : Champ de houle des hauteurs significatives pour la tempête Joachim entre le 14/12/2011 et le 18/12/2011.

Hauteurs significatives

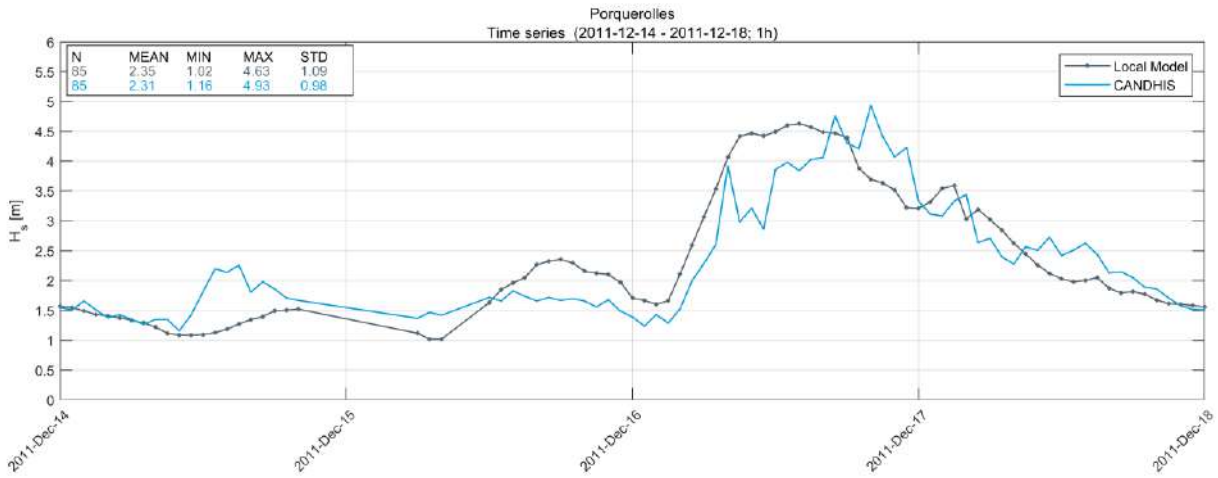


Figure 3.46 : Séries temporelles des hauteurs significatives mesurées par la bouée CANDHIS à Porquerolles (bleu) et modélisée par le modèle local (noir) pour la tempête Joachim entre le 14/12/2011 et le 18/12/2011.

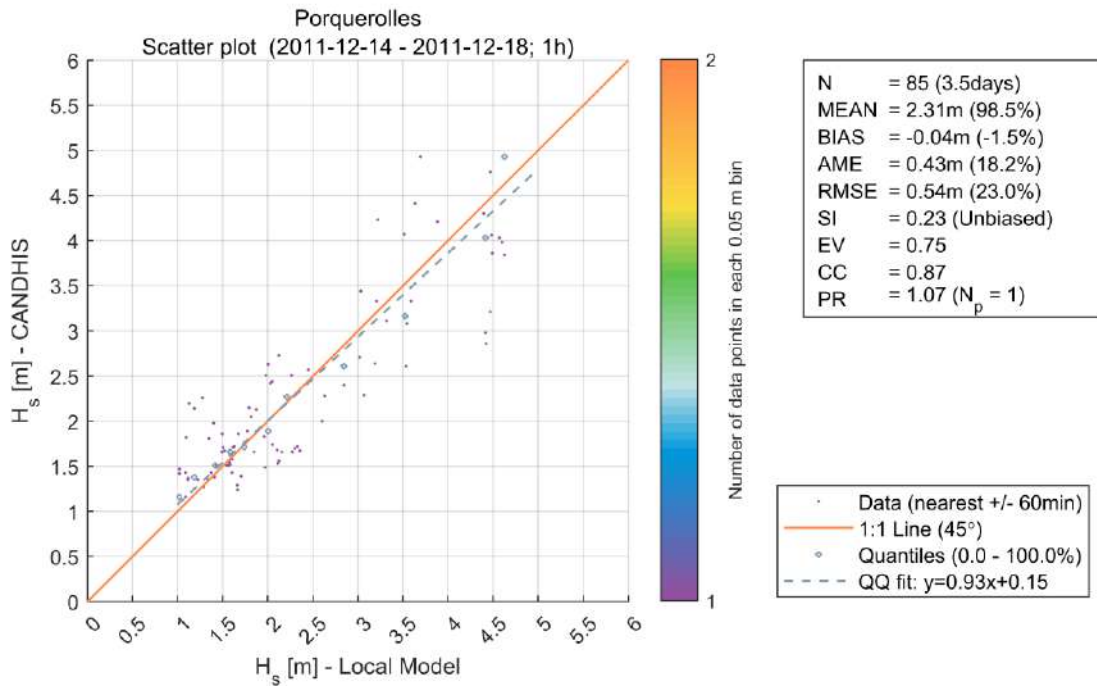


Figure 3.47 : Diagramme de dispersion des hauteurs significatives entre les données mesurées par la bouée CANDHIS à Porquerolles et modélisée par le modèle local pour la tempête Joachim entre le 14/12/2011 et le 18/12/2011.

Périodes pic

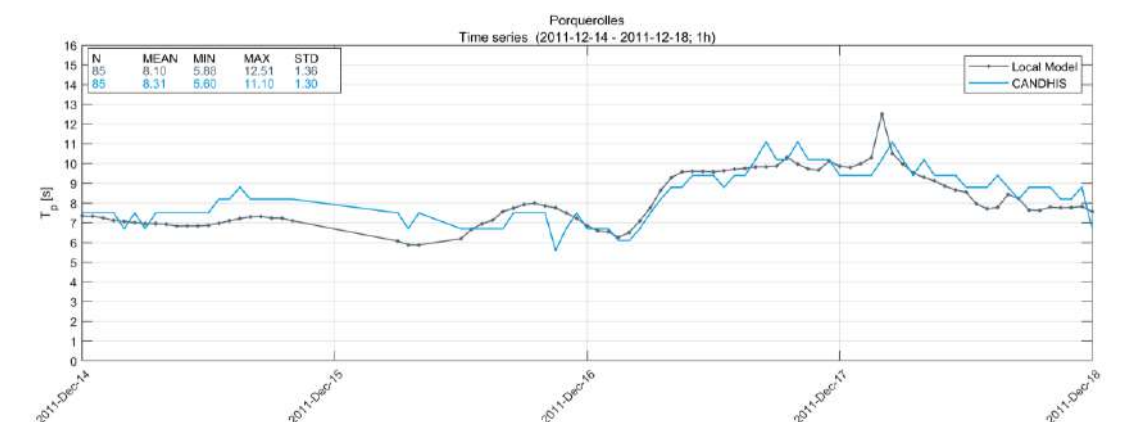


Figure 3.48 : Séries temporelles des périodes pic mesurées par la bouée CANDHIS à Porquerolles (bleu) et modélisée par le modèle local (noir) pour la tempête Joachim entre le 14/12/2011 et le 18/12/2011.

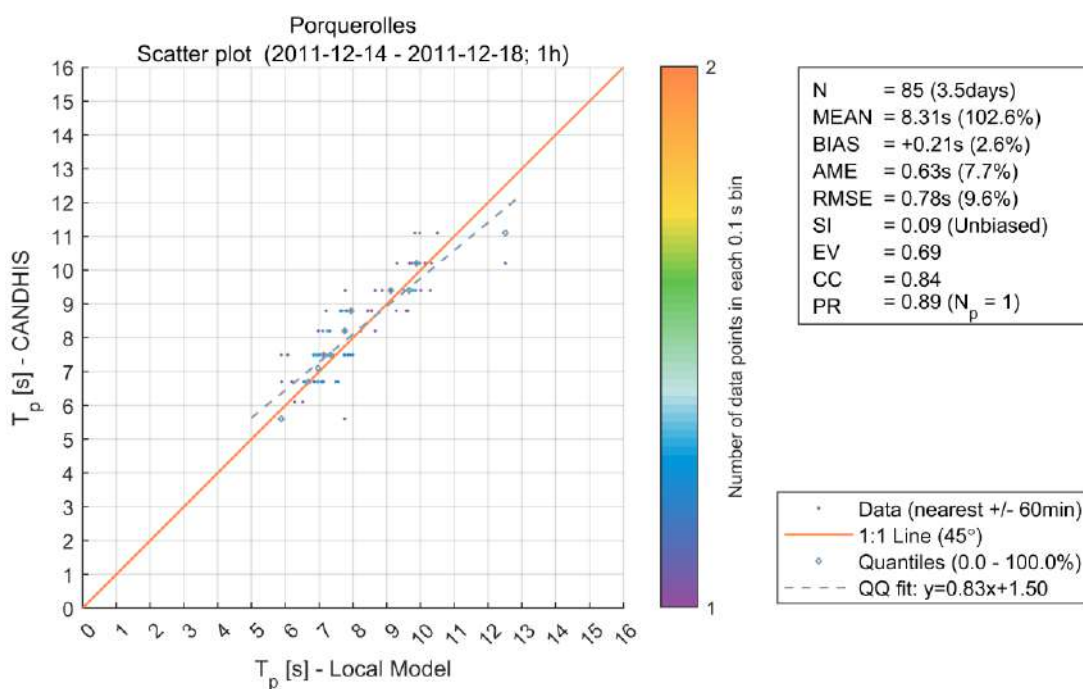


Figure 3.49 : Diagramme de dispersion des périodes pic entre les données mesurées par la bouée CANDHIS à Porquerolles et modélisée par le modèle local pour la tempête Joachim entre le 14/12/2011 et le 18/12/2011.

Directions moyennes

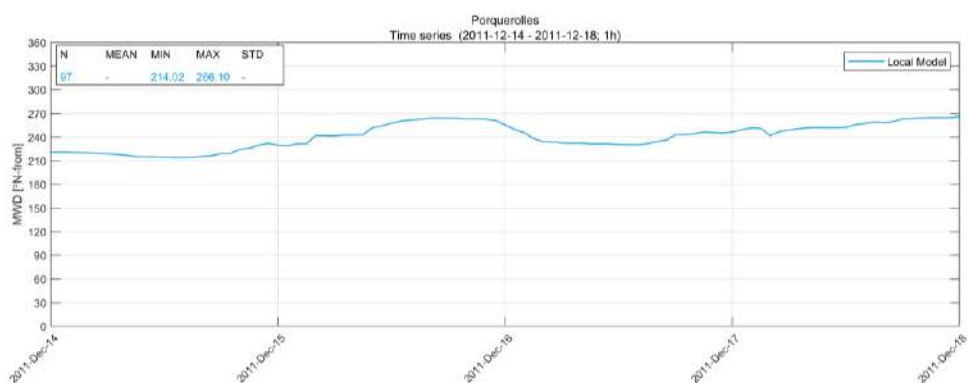


Figure 3.50 : Série temporelle des périodes pic modélisées par le modèle local pour la tempête Joachim entre le 14/12/2011 et le 18/12/2011.

Tempête Andréa

Champs de houles

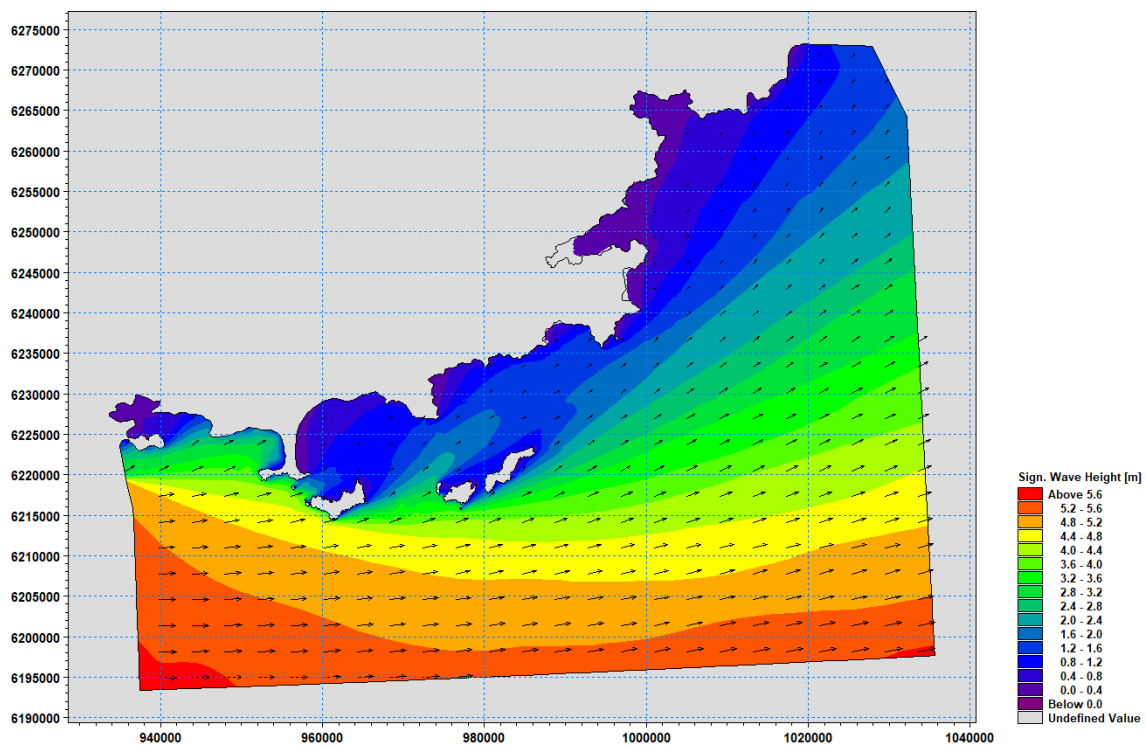


Figure 3.51 : Champ de houle des hauteurs significatives pour la tempête Andréa entre le 03/01/2012 et le 07/01/2012.

Hauteurs significatives

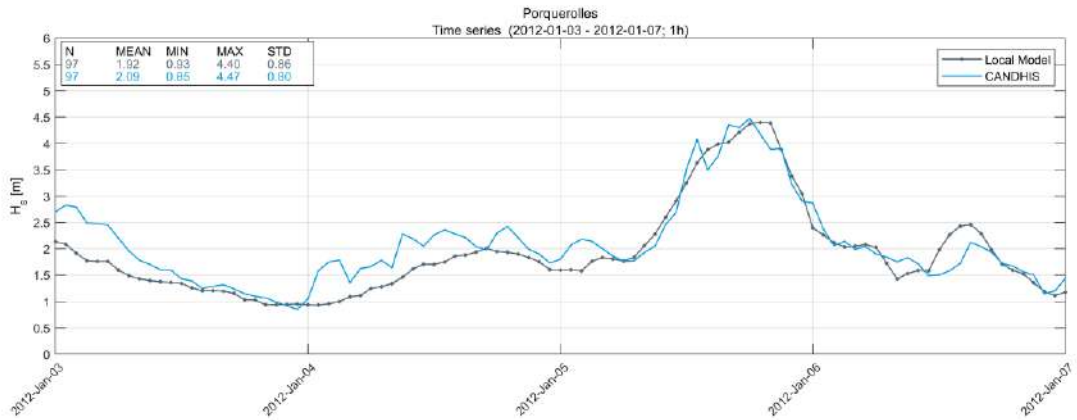


Figure 3.52 : Séries temporelles des hauteurs significatives mesurées par la bouée CANDHIS à Porquerolles (bleu) et modélisée par le modèle local (noir) pour la tempête Andréa entre le 03/01/2012 et le 07/01/2012.

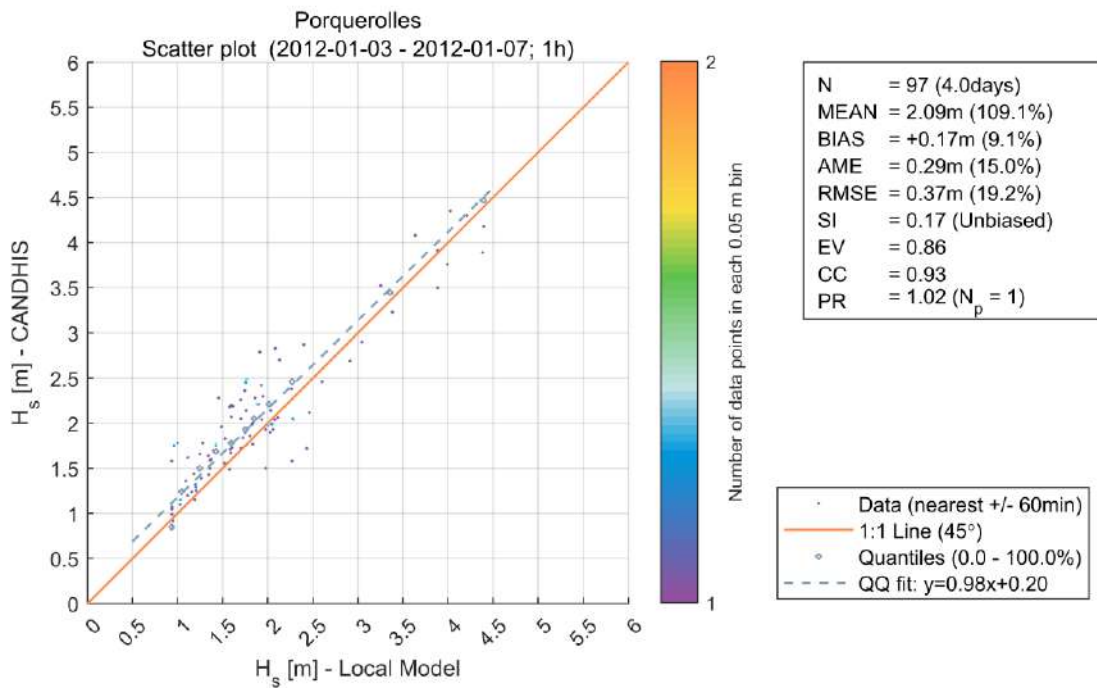


Figure 3.53 : Diagramme de dispersion des hauteurs significatives entre les données mesurées par la bouée CANDHIS à Porquerolles et modélisée par le modèle local pour la tempête Andréa entre le 03/01/2012 et le 07/01/2012.

Périodes pic

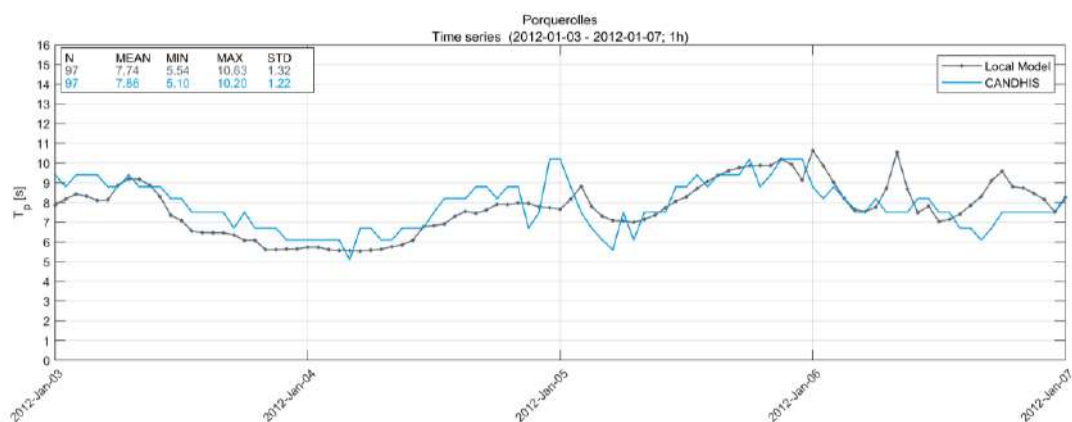


Figure 3.54 : Séries temporelles des périodes pic mesurées par la bouée CANDHIS à Porquerolles (bleu) et modélisée par le modèle local (noir) pour la tempête Andréa entre le 03/01/2012 et le 07/01/2012.

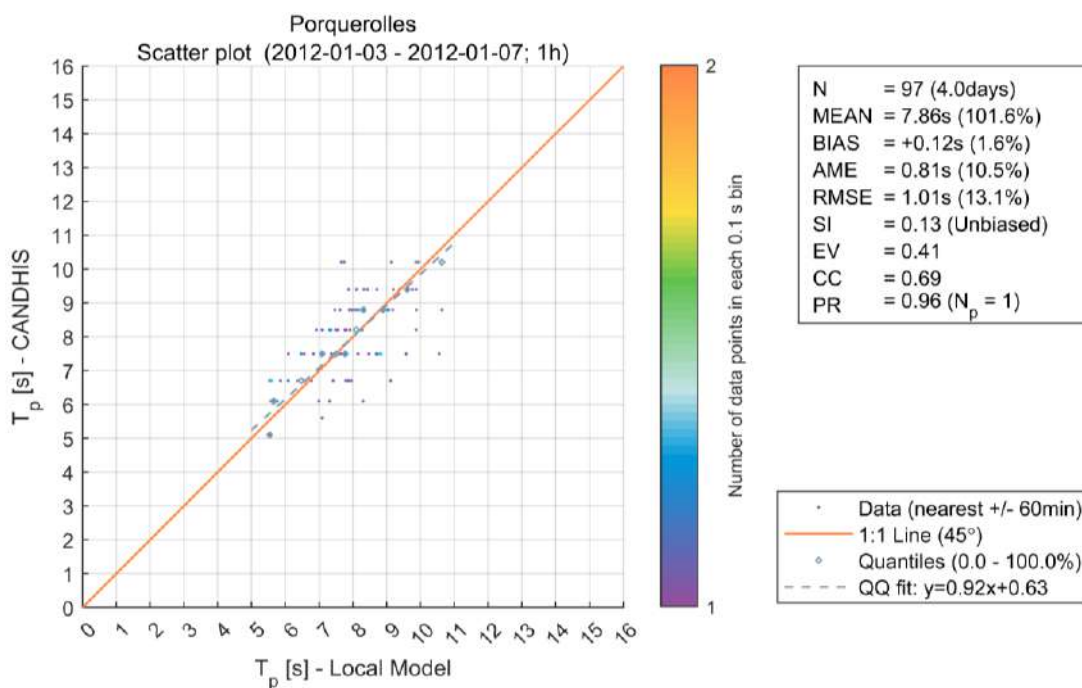


Figure 3.55 : Diagramme de dispersion des périodes pic entre les données mesurées par la bouée CANDHIS à Porquerolles et modélisée par le modèle local pour la tempête Andréa entre le 03/01/2012 et le 07/01/2012.

Directions moyennes

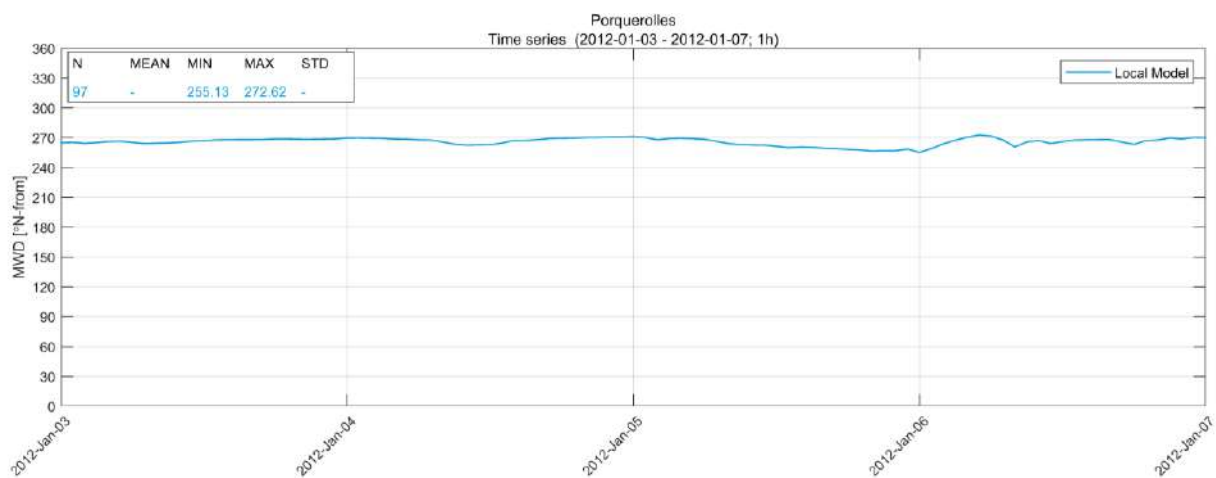


Figure 3.56 : Série temporelle des périodes pic modélisées par le modèle local pour la tempête Andréa entre le 03/01/2012 et le 07/01/2012.

Tempête Ana

Champs de houles

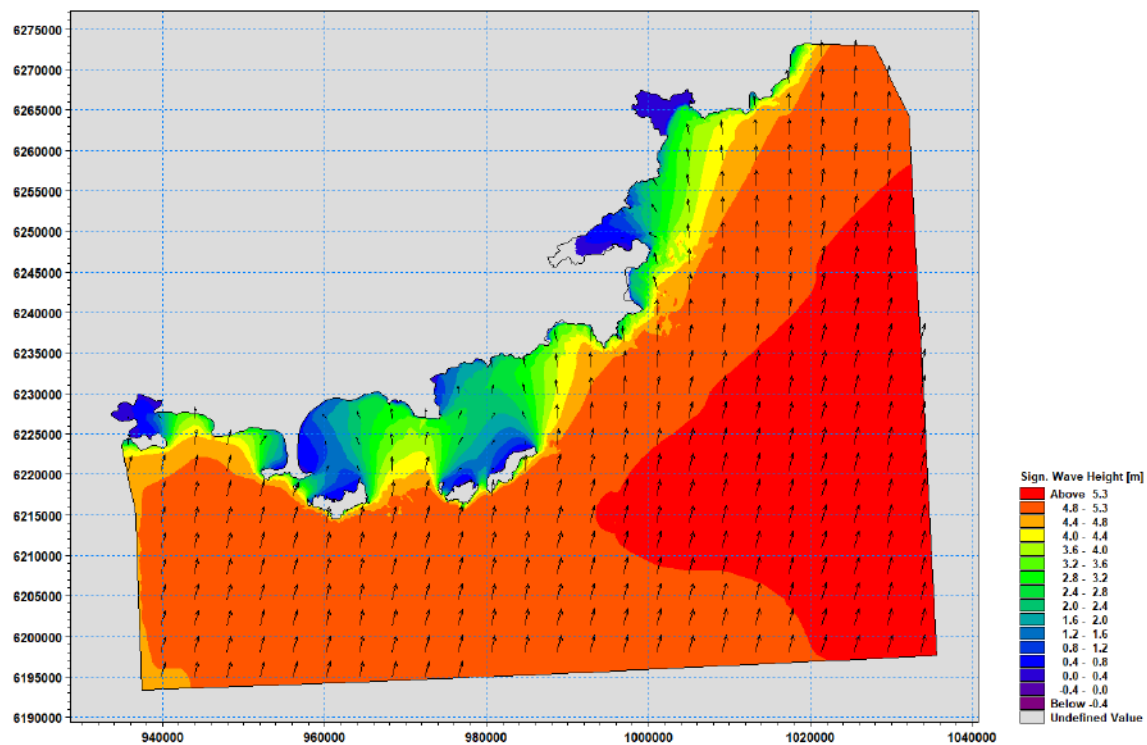


Figure 3.57 : Champ de houle des hauteurs significatives pour la tempête Ana entre le 09/12/2017 et le 13/12/2017.

Hauteurs significatives

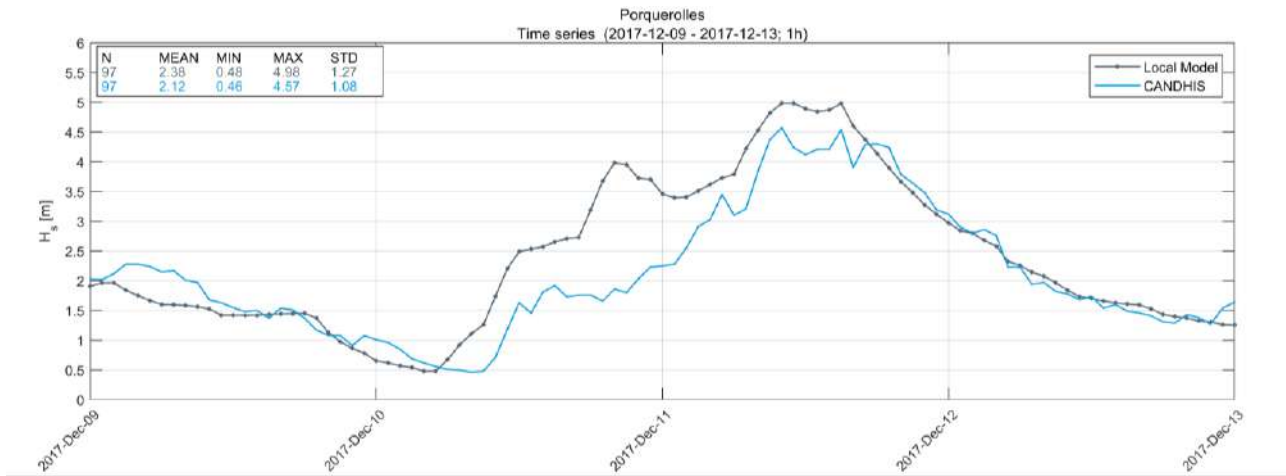


Figure 3.58 : Séries temporelles des hauteurs significatives mesurées par la bouée CANDHIS à Porquerolles (bleu) et modélisée par le modèle local (noir) pour la tempête Ana entre le 09/12/2017 et le 13/12/2017.

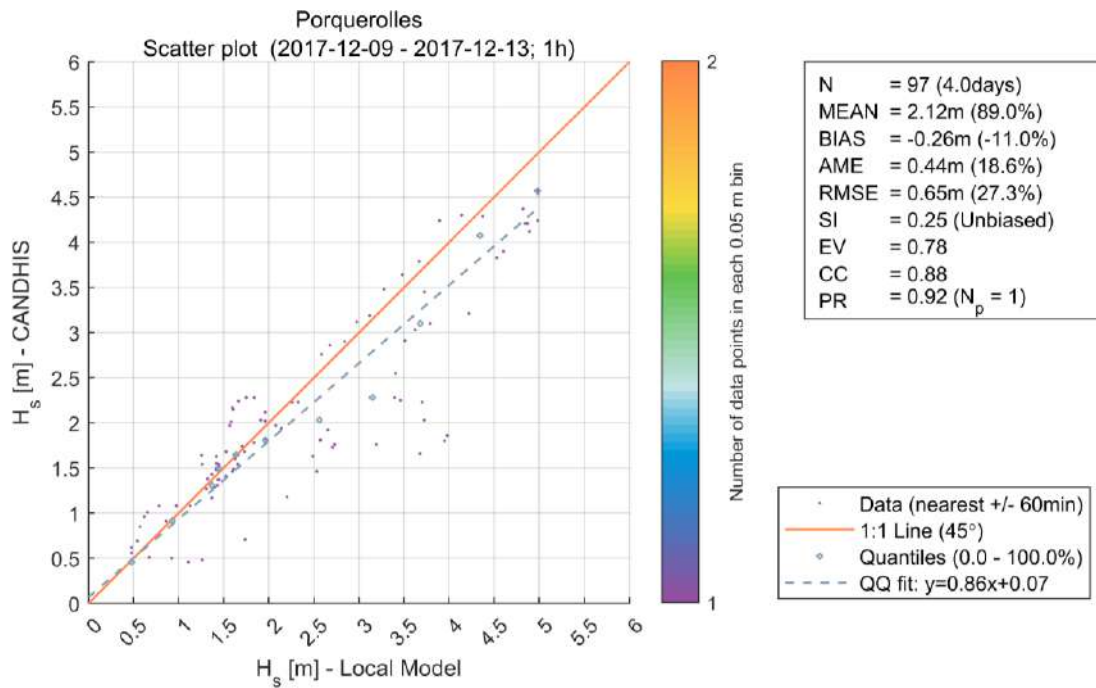


Figure 3.59 : Diagramme de dispersion des hauteurs significatives entre les données mesurées par la bouée CANDHIS à Porquerolles et modélisée par le modèle local pour la tempête Ana entre le 09/12/2017 et le 13/12/2017.

Périodes pic

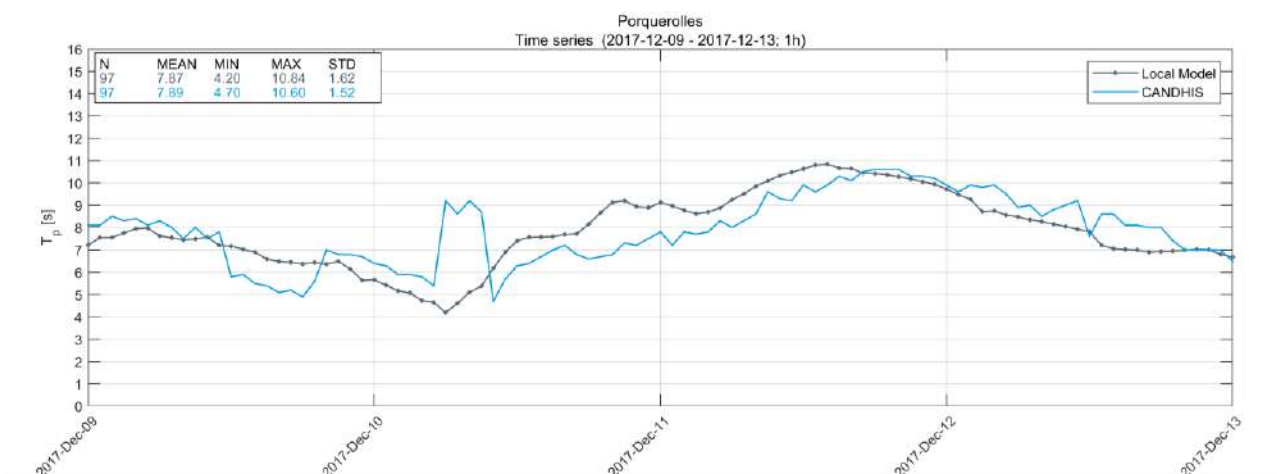


Figure 3.60 : Séries temporelles des périodes pic mesurées par la bouée CANDHIS à Porquerolles (bleu) et modélisée par le modèle local (noir) pour la tempête Ana entre le 09/12/2017 et le 13/12/2017.

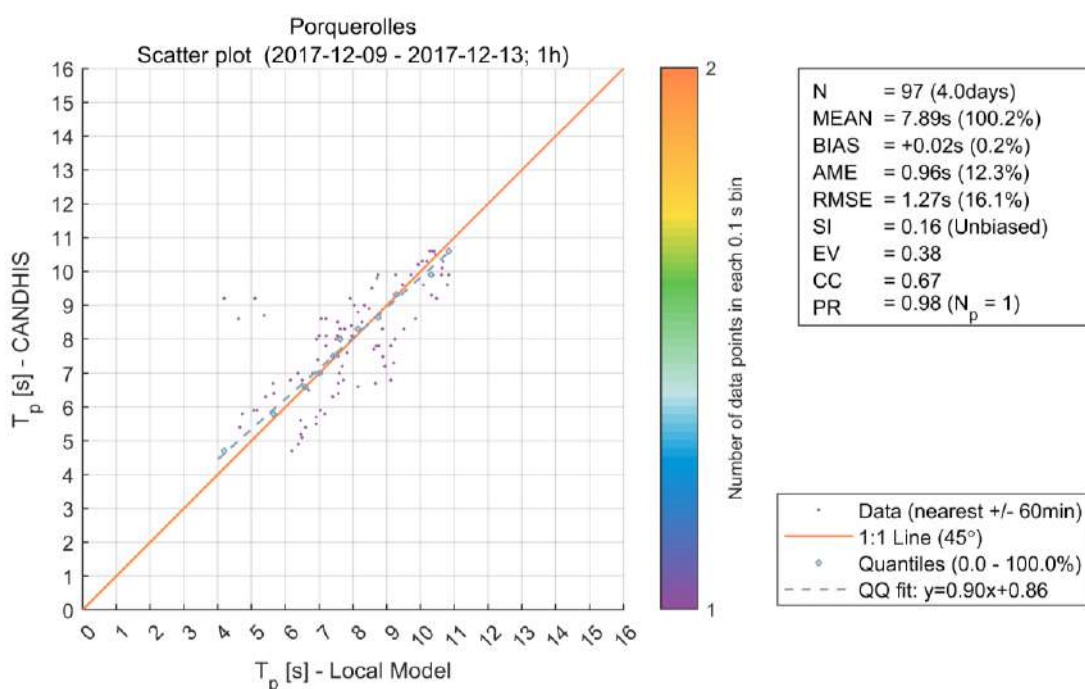


Figure 3.61 : Diagramme de dispersion des périodes pic entre les données mesurées par la bouée CANDHIS à Porquerolles et modélisée par le modèle local pour la tempête Ana entre le 09/12/2017 et le 13/12/2017.

Directions moyennes

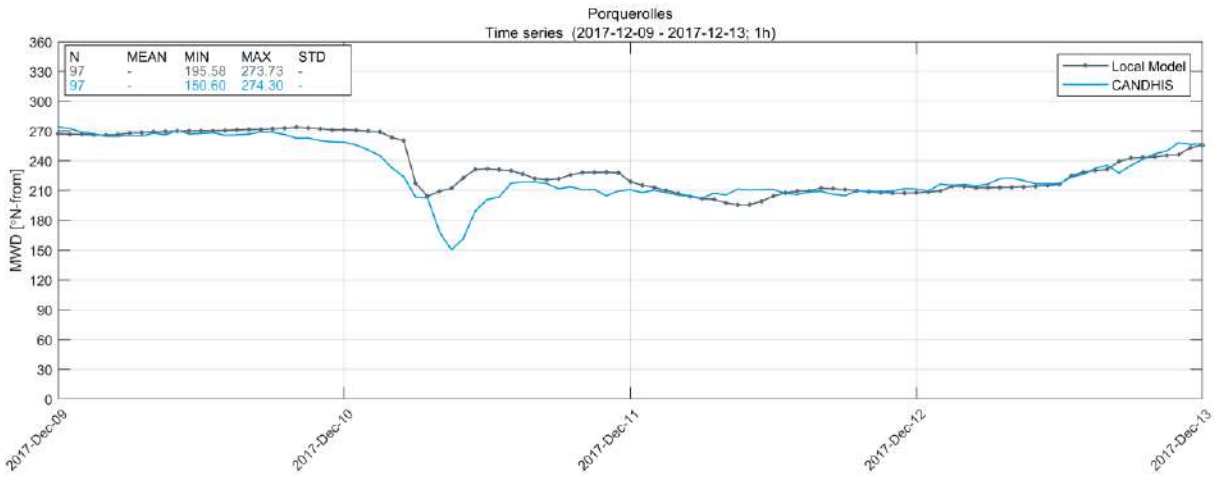


Figure 3.62 : Séries temporelles de la direction moyenne de provenance des vagues mesurées par la bouée CANDHIS à Porquerolles (bleu) et modélisée par le modèle local (noir) pour la tempête Ana entre le 09/12/2017 et le 13/12/2017.

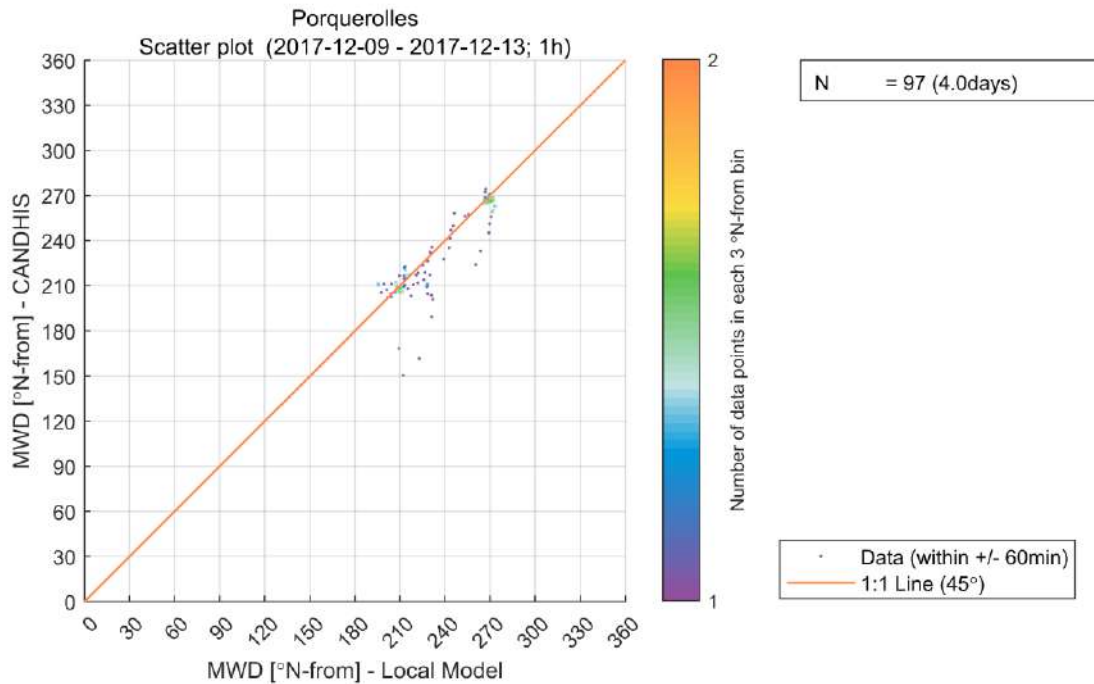


Figure 3.63 : Diagramme de dispersion de la direction moyenne de provenance des vagues entre les données mesurées par la bouée CANDHIS à Porquerolles et modélisée par le modèle local pour la tempête Ana entre le 09/12/2017 et le 13/12/2017.

4 Résultats de modélisation

Le modèle du golfe de Saint-Tropez a été mis en œuvre sur 25 ans, de façon à simuler les conditions de vagues de 1994 à 2018. L'atlas des états de mer ainsi obtenu a servi de base pour des analyses du climat opérationnel (Section 4.1) et des analyses extrêmes (Section 4.2).

Les caractéristiques des vagues modélisées à l'aide du modèle local ont été extraites aux 9 points d'étude listés dans le Tableau 4.1 et localisés sur la Figure 4.1.

Tableau 4.1 : Coordonnées géographiques des points d'étude (projection : RFG 1993-Lambert 93).

Point	Longitude	Latitude	Profondeur (m CM)
Nartelle	1000623.653	6254708.273	-150
Large Maures Orientales	1011222.343	6255382.735	-800
Entrée Golfe Saint-Tropez	1000720.004	6250854.203	-200
Pampelonne	1001009.060	6243965.054	-70
Large Pampelonne	1011607.750	6244784.044	-500
Gigaro	990603.072	6234618.936	-90
Rayol Canadel	982027.768	6232547.374	-90
Large Maures Occidentales	993686.328	6226573.566	-970
Large Iles Hyères	983087.637	6215878.524	-170

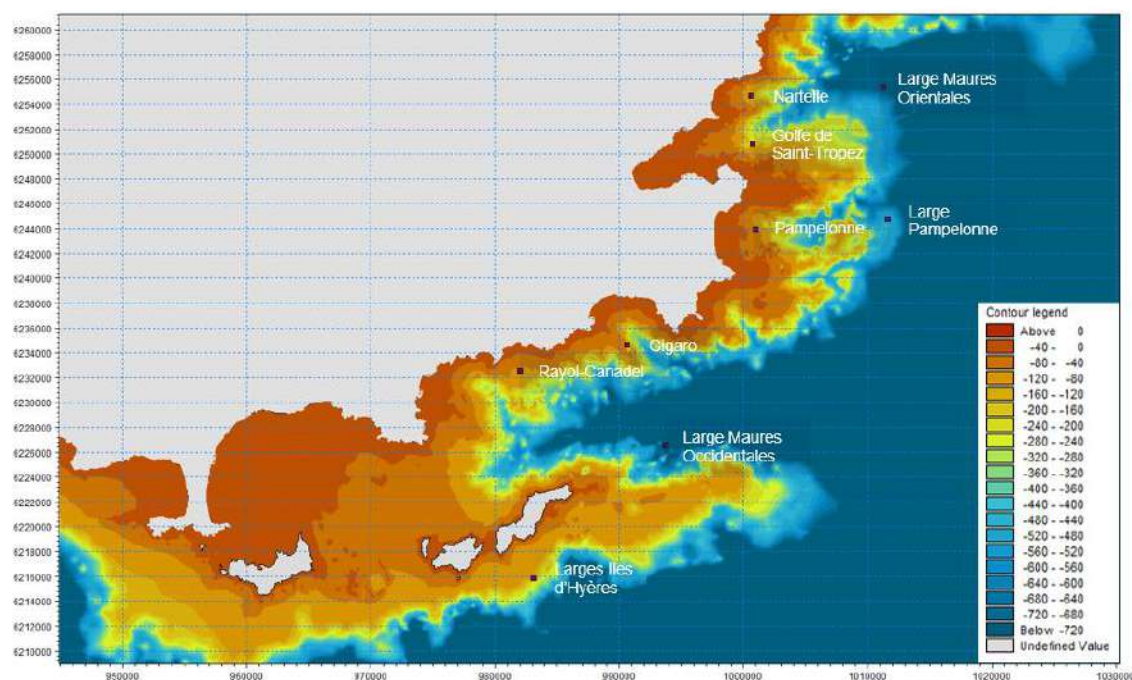


Figure 4.1 : Localisation des points d'étude.

4.1 Climat opérationnel

Les séries temporelles de la hauteur significative et de la période pic des vagues couvrant la période 1994-2018 aux 9 points d'étude sont données en Section 4.1.1.

Les roses de houles extraites aux 9 points d'extraction sur la période 1994-2018 sont données en Section 4.1.2. Du fait de la géographie des côtes, la direction de provenance prédominante (en termes de fréquence et d'énergie) des houles est l'est en chacun des points étudiés. Cette direction est largement prédominante aux points Nartelle, Large Maures Orientales, Entrée Golfe St Tropez et Pampelonne (plus de 30 à 40% des occurrences). Aux points Large Pampelonne et Large Maures Occidentales, l'est et l'est-nord-est représentent environ 40% des houles. A Gigaro et Rayol-Canadel les houles d'est et est-sud-est sont majoritaires, avec une composante minoritaire du sud-ouest. Au point Large Îles d'Hyères les houles sont réparties entre la direction ouest-sud-ouest et l'est/est-nord-est, les houles les plus énergétiques provenant du secteur est.

Les diagrammes de distribution H_s/MWD , H_s/T_p et T_p/MWD extraits aux 9 points sur la période 1994-2018 sont donnés en Section 4.1.3.

4.1.1 Séries temporelles

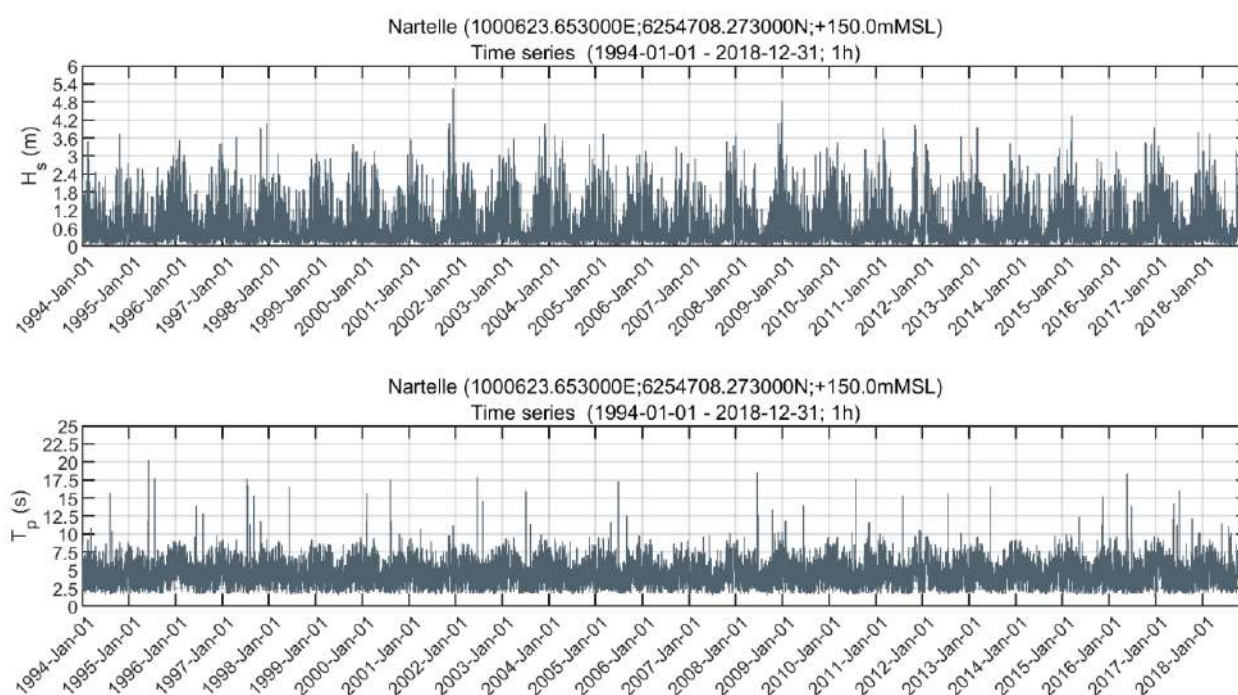


Figure 4.2 : Série temporelle de la hauteur significative (haut) et de la période pic (bas) au point d'extraction Nartelle (voir pour la localisation du point).

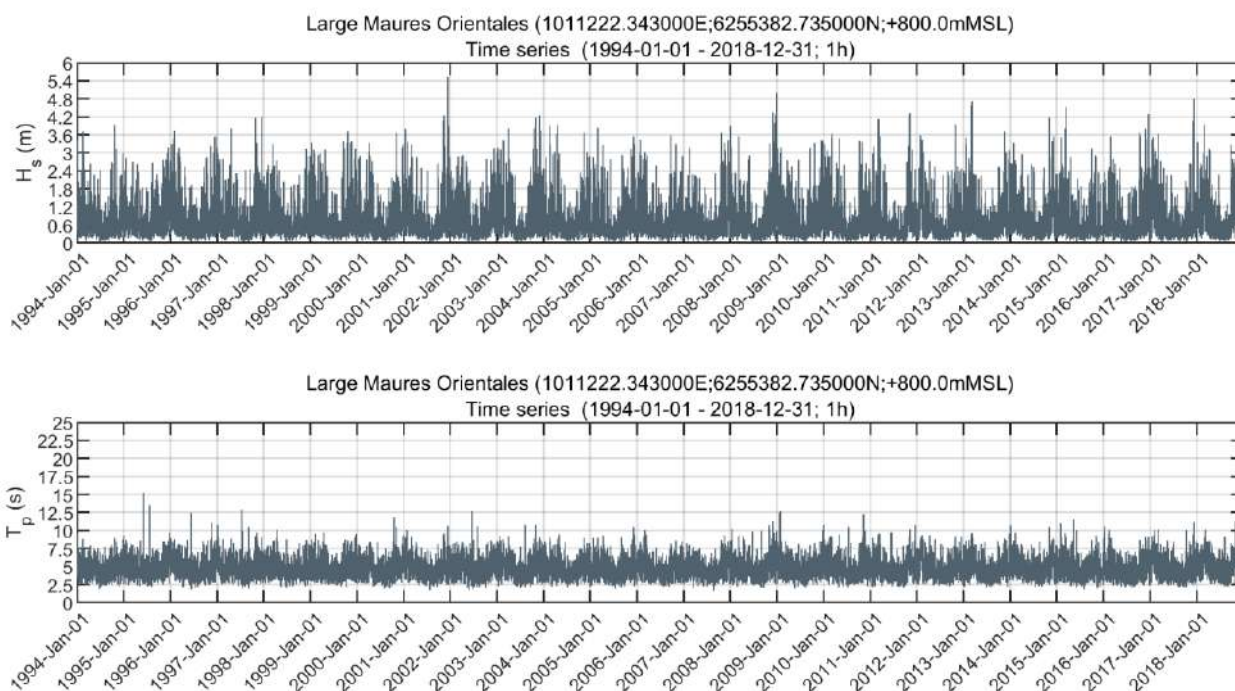


Figure 4.3 : Série temporelle de la hauteur significative (haut) et de la période pic (bas) au point d'extraction Large Maures Orientales (voir pour la localisation du point).

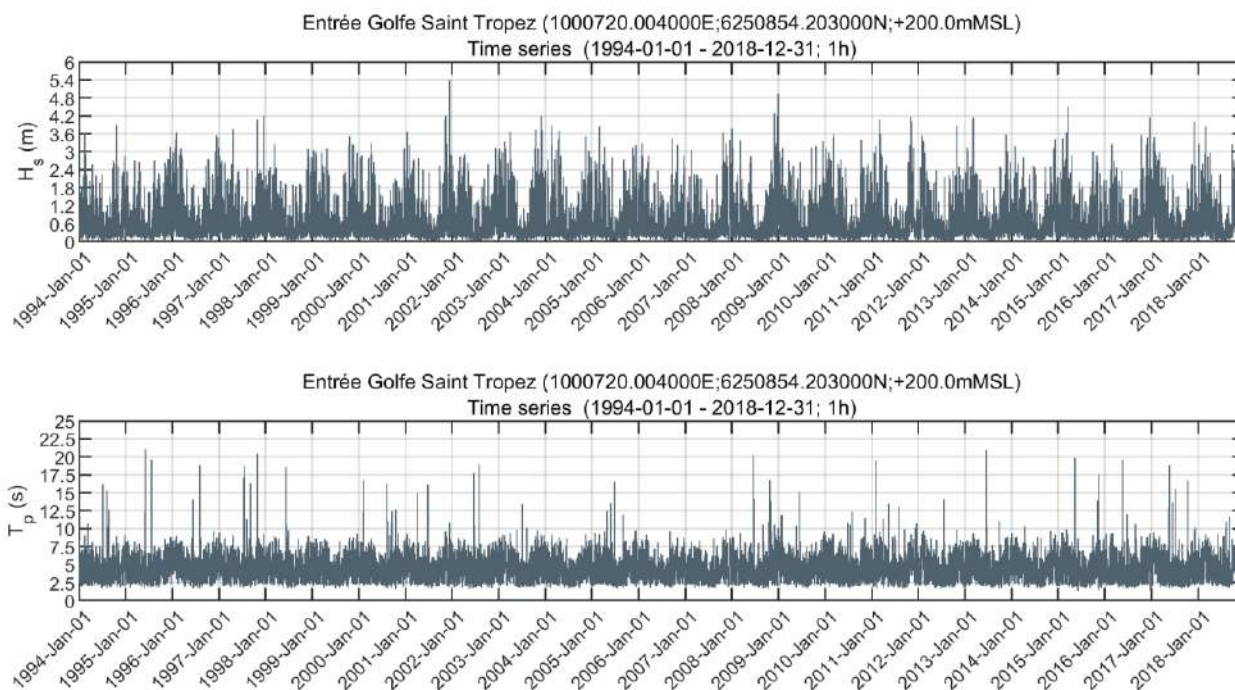


Figure 4.4 : Série temporelle de la hauteur significative (haut) et de la période pic (bas) au point d'extraction Entrée Golfe Saint Tropez (voir pour la localisation du point).

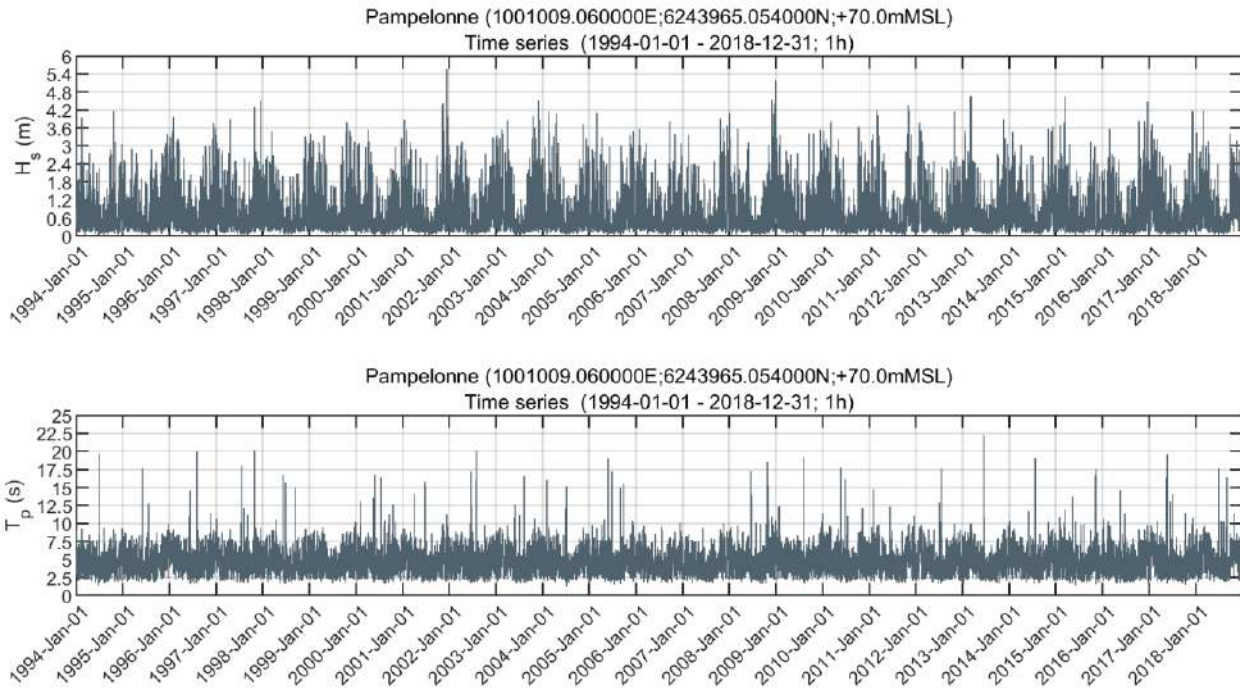


Figure 4.5 : Série temporelle de la hauteur significative (haut) et de la période pic (bas) au point d'extraction Pampelonne (voir pour la localisation du point).

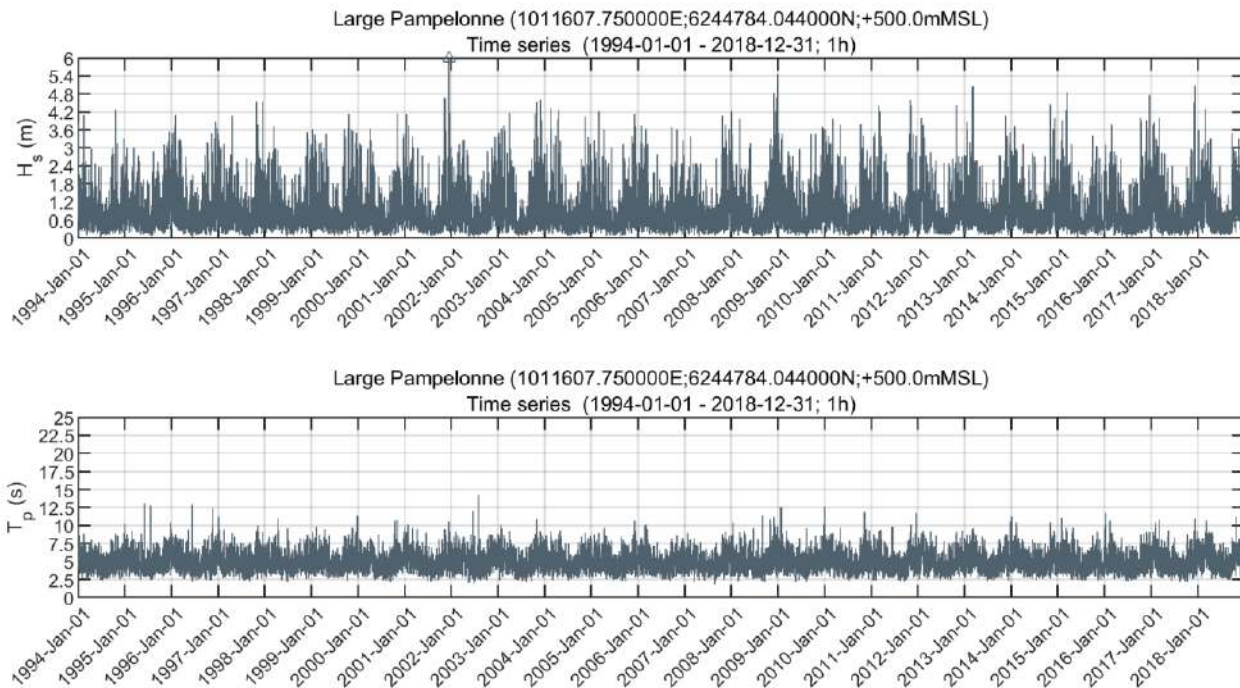


Figure 4.6 : Série temporelle de la hauteur significative (haut) et de la période pic (bas) au point d'extraction Large Pampelonne (voir pour la localisation du point).

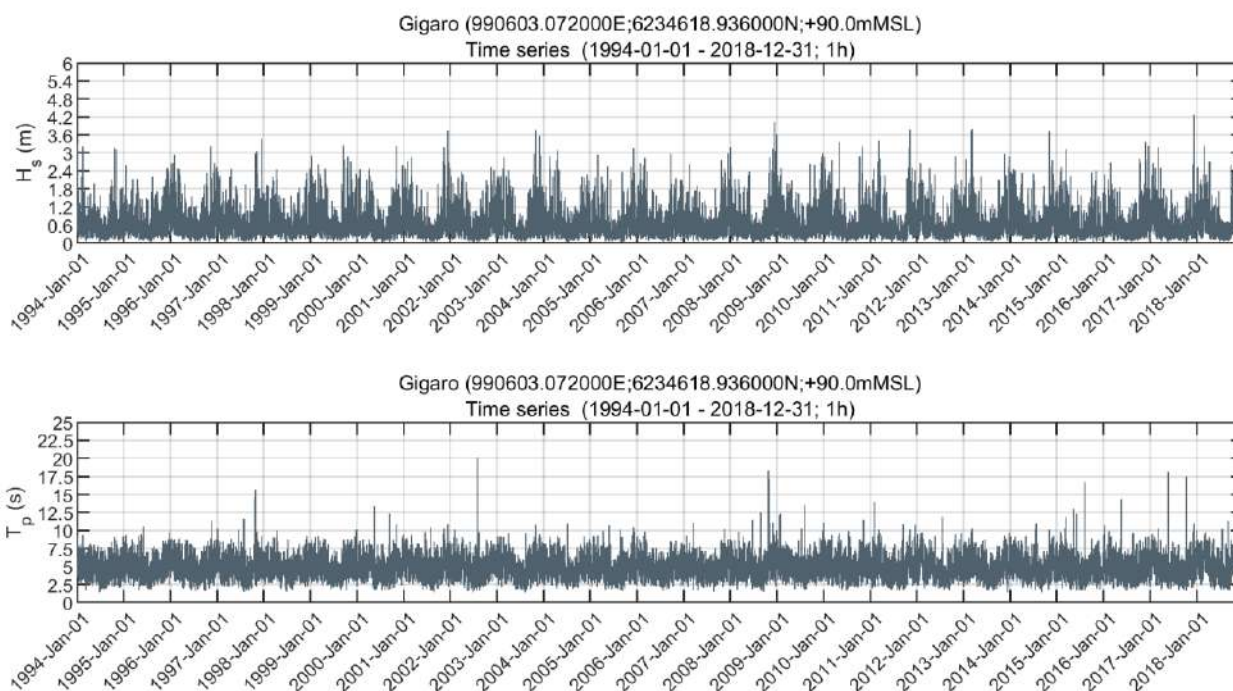


Figure 4.7 : Série temporelle de la hauteur significative (haut) et de la période pic (bas) au point d'extraction Gigaro (voir pour la localisation du point).

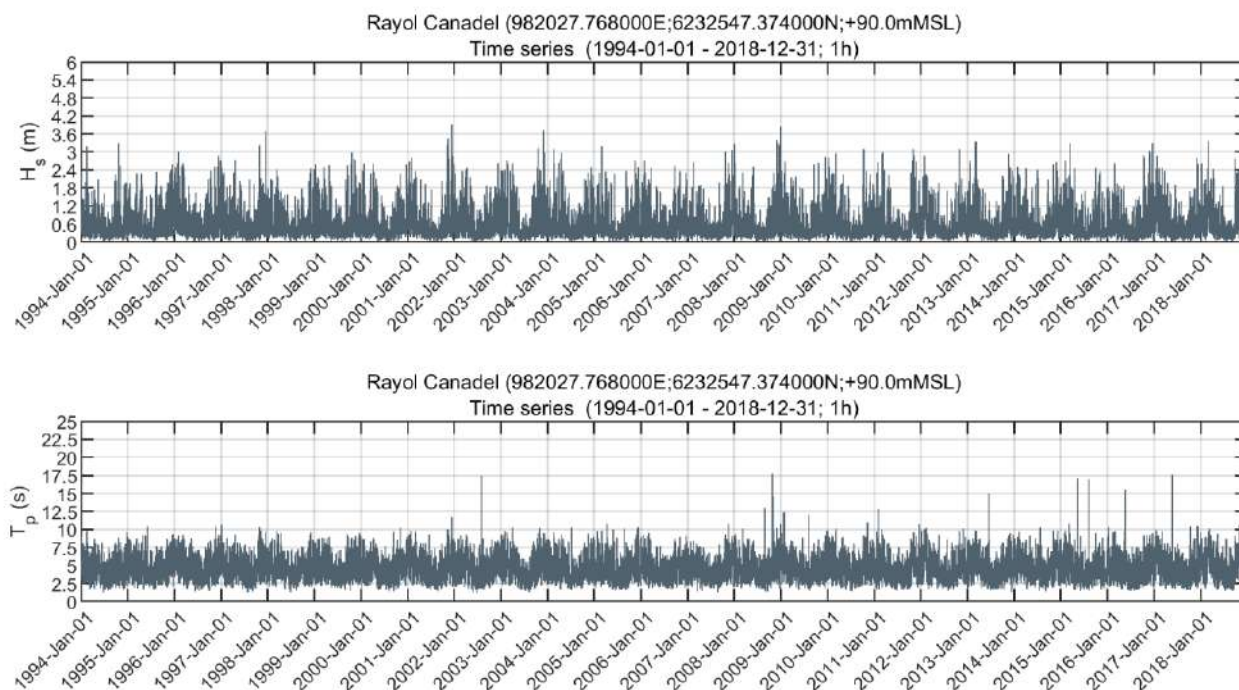


Figure 4.8 : Série temporelle de la hauteur significative (haut) et de la période pic (bas) au point d'extraction Rayol-Canadel (voir pour la localisation du point).

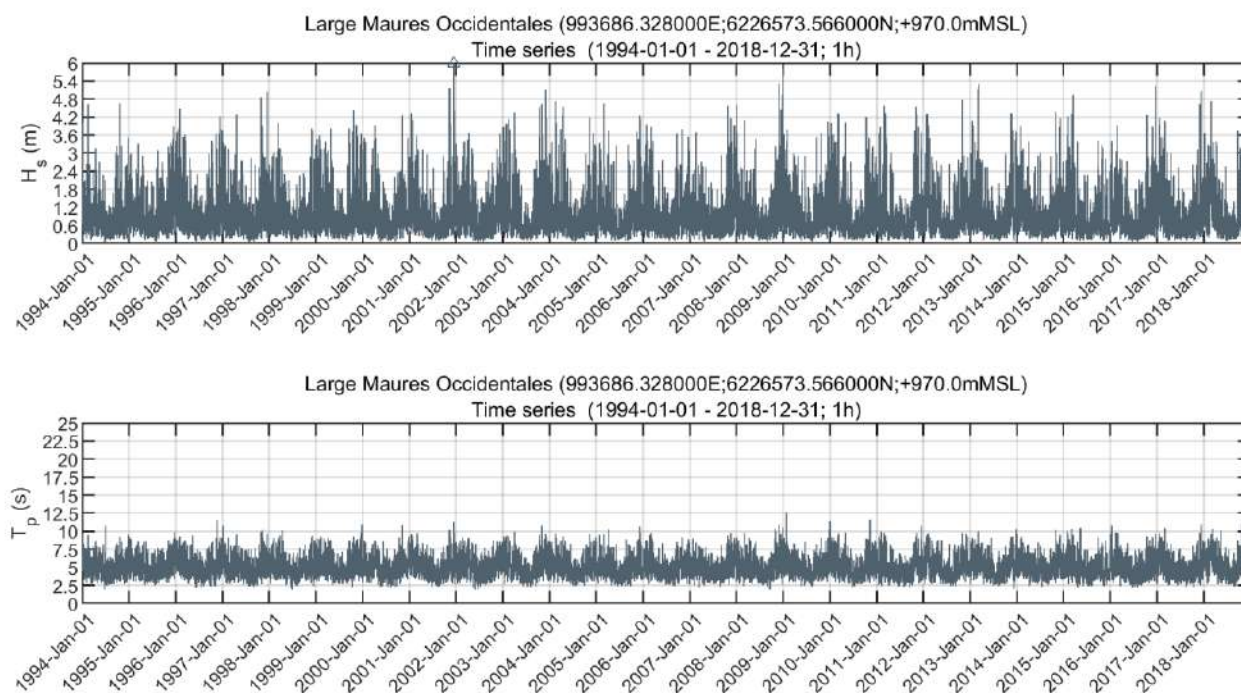


Figure 4.9 : Série temporelle de la hauteur significative (haut) et de la période pic (bas) au point d'extraction Large Maures Occidentales (voir pour la localisation du point).

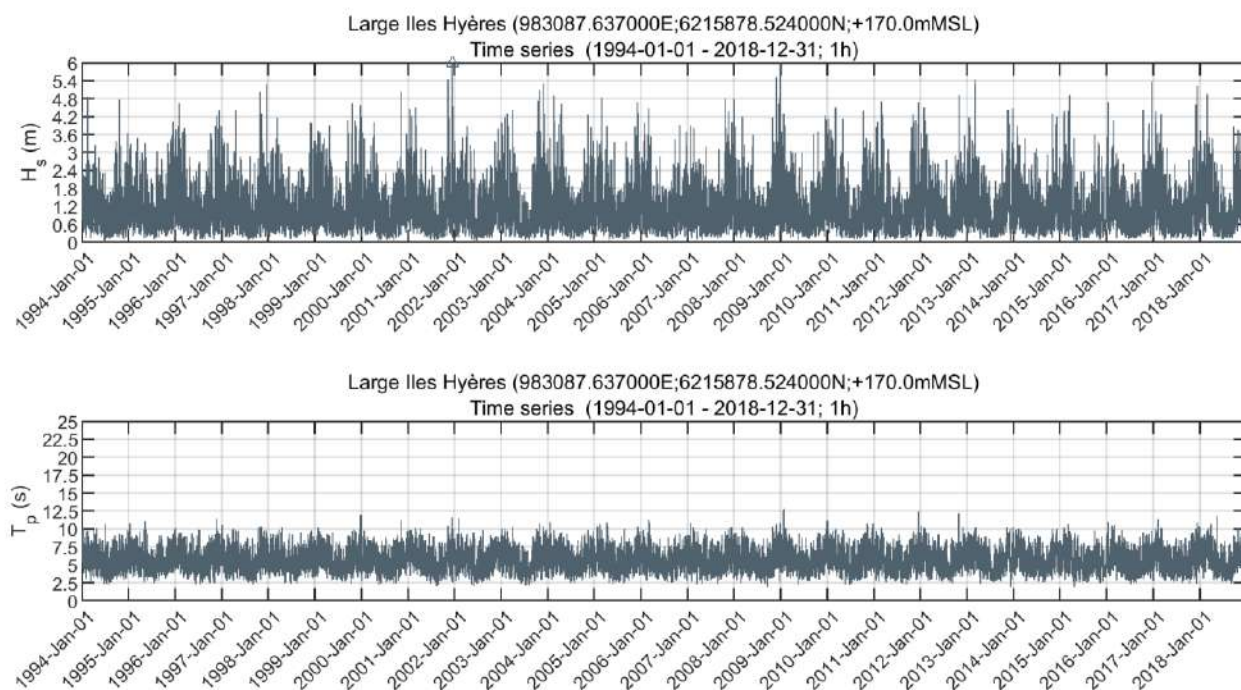


Figure 4.10 : Série temporelle de la hauteur significative (haut) et de la période pic (bas) au point d'extraction Large Iles d'Hyères (voir pour la localisation du point).

4.1.2 Roses des houles

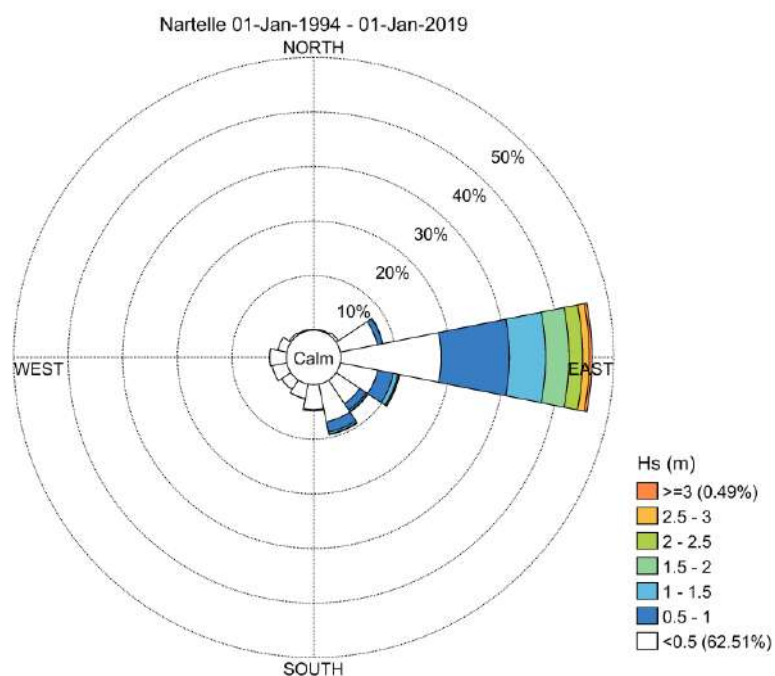


Figure 4.11 : Rose des houles au point Nartelle sur la période 1994-2018 (résolution : 22.5°).

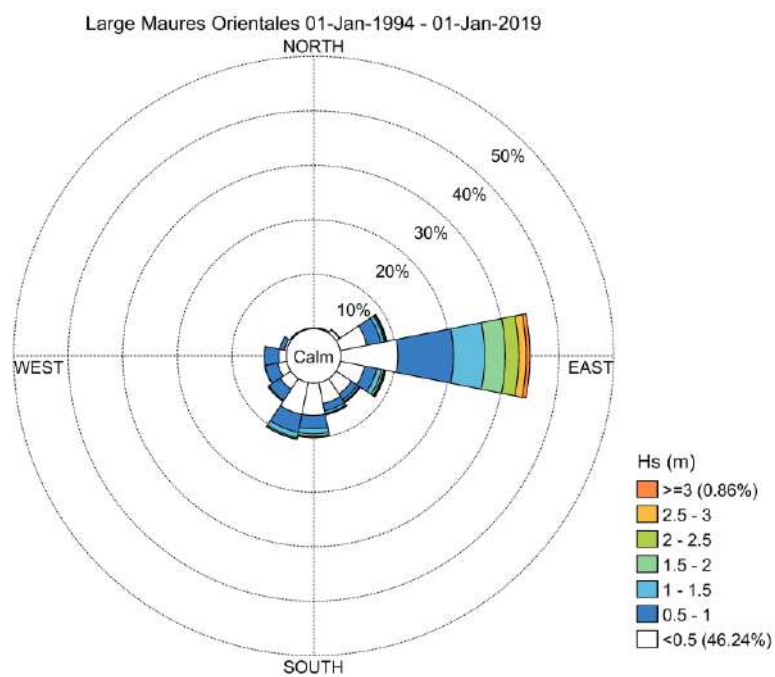


Figure 4.12 : Rose des houles au point Large Maures Orientales sur la période 1994-2018 (résolution : 22.5°).

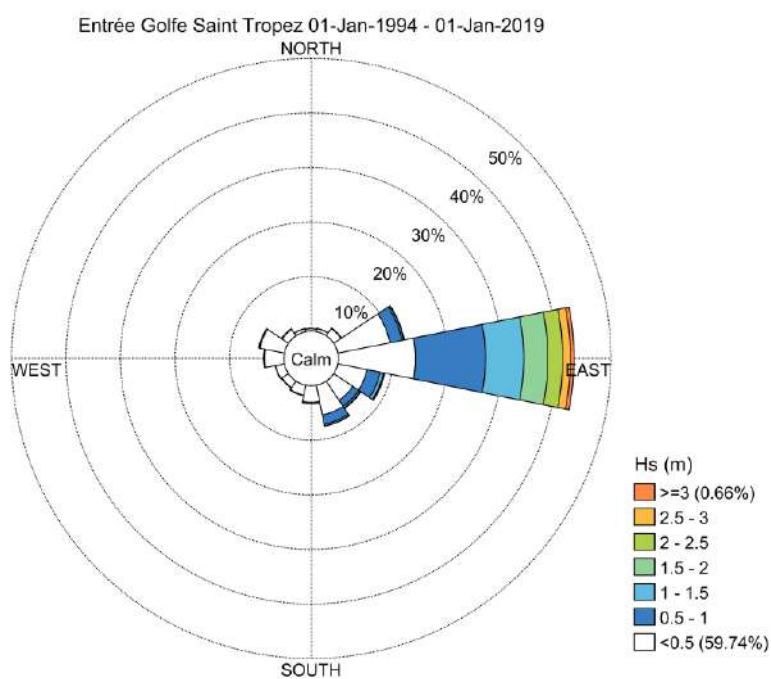


Figure 4.13 : Rose des houles au point Entrée golfe Saint-Tropez sur la période 1994-2018 (résolution : 22.5°).

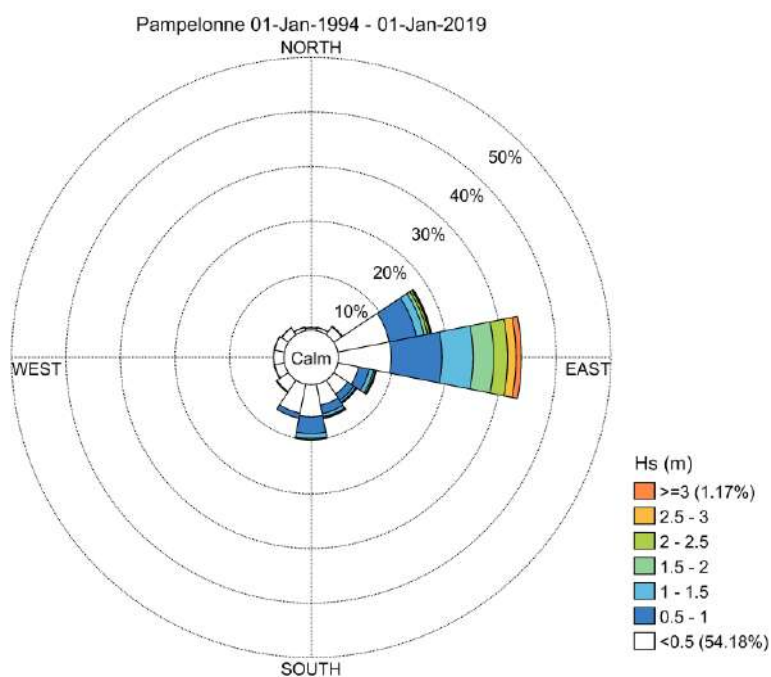


Figure 4.14 : Rose des houles au point Pampelonne sur la période 1994-2018 (résolution : 22.5°).

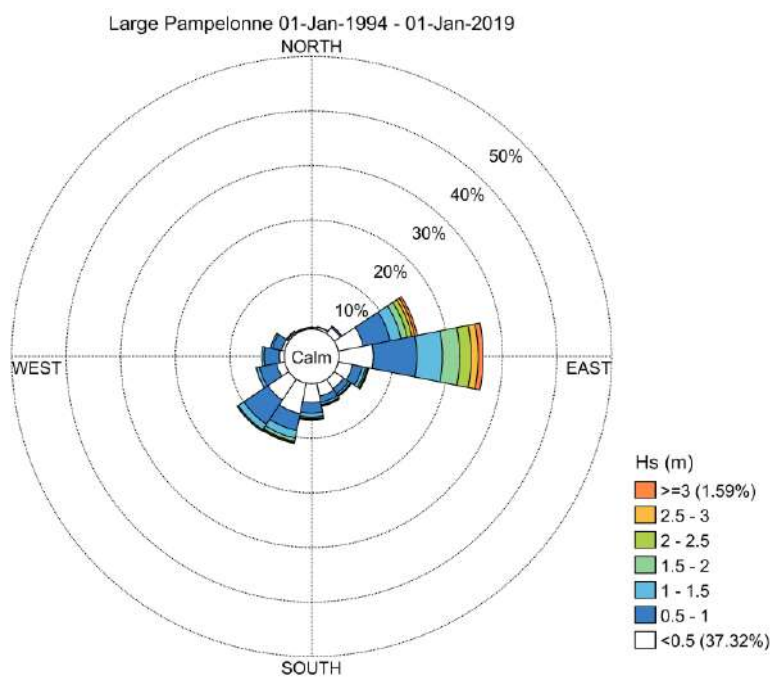


Figure 4.15 : Rose des houles au point Large Pampelonne sur la période 1994-2018 (résolution : 22.5°).

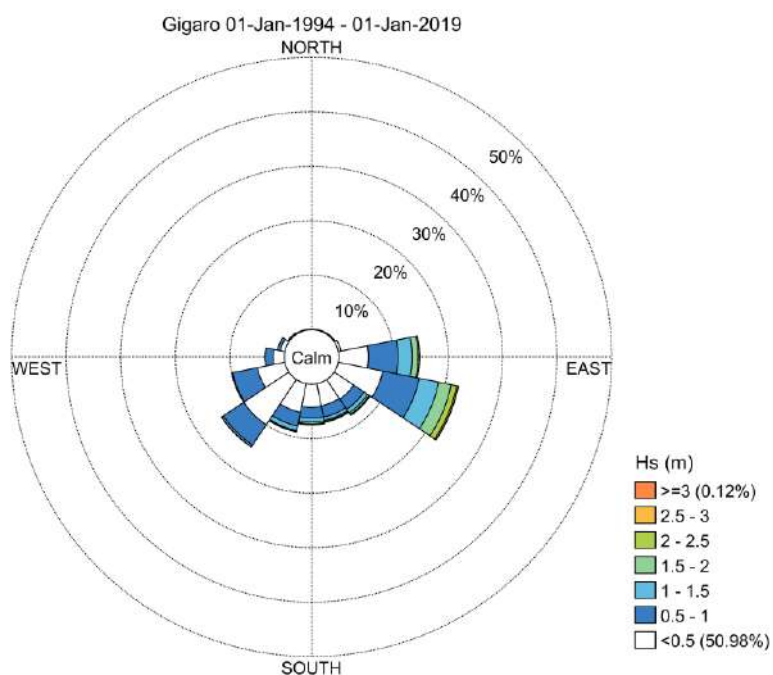


Figure 4.16 : Rose des houles au point Gigaro sur la période 1994-2018 (résolution : 22.5°).

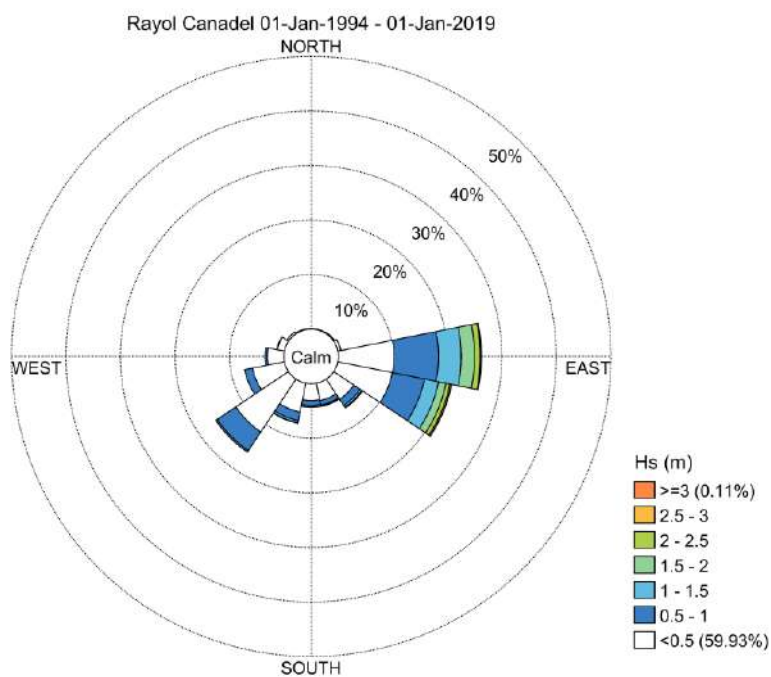


Figure 4.17 : Rose des houles au point Rayol-Canadel sur la période 1994-2018 (résolution : 22.5°).

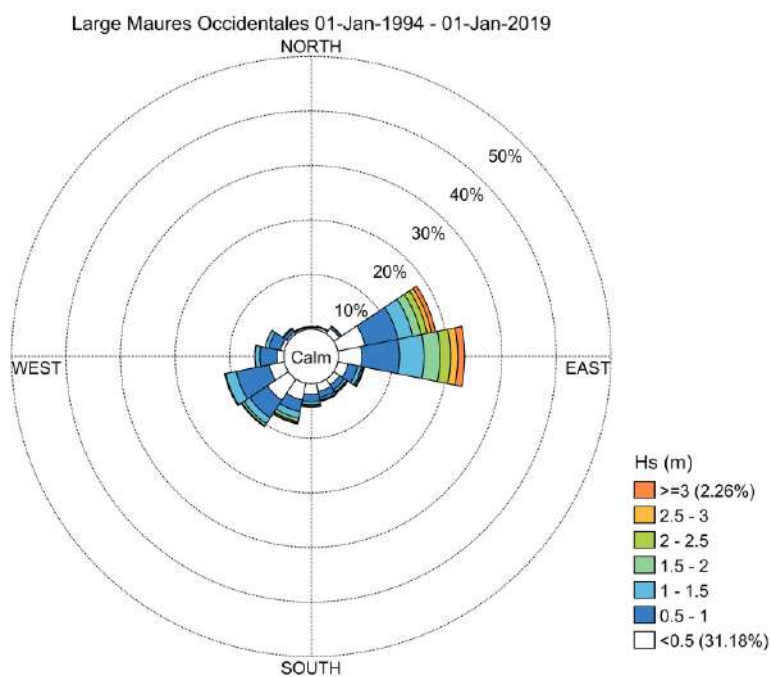


Figure 4.18 : Rose des houles au point Large Maures Occidentales sur la période 1994-2018 (résolution : 22.5°).

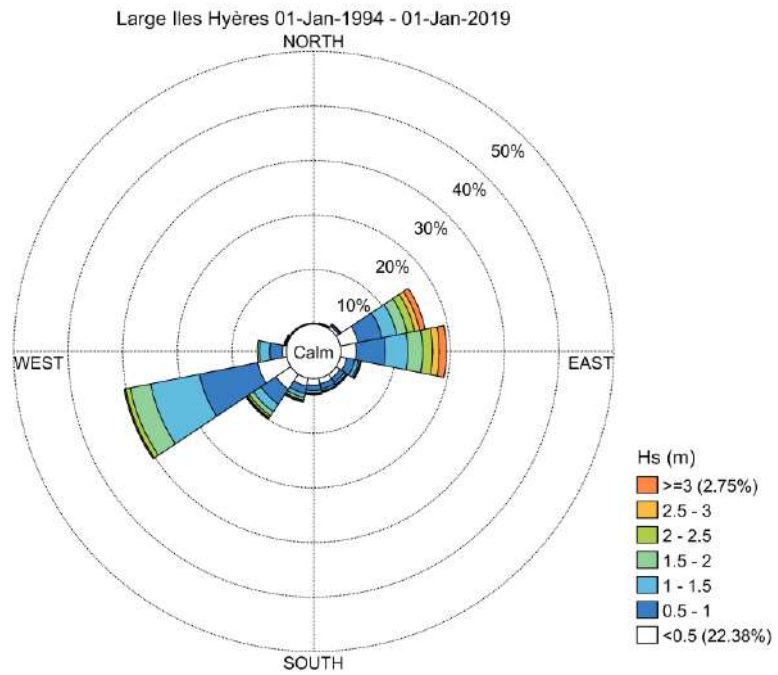


Figure 4.19 : Rose des houles aux point Large Iles d'Hyères sur la période 1994-2018 (résolution : 22.5°).

4.1.3 Distributions statistiques

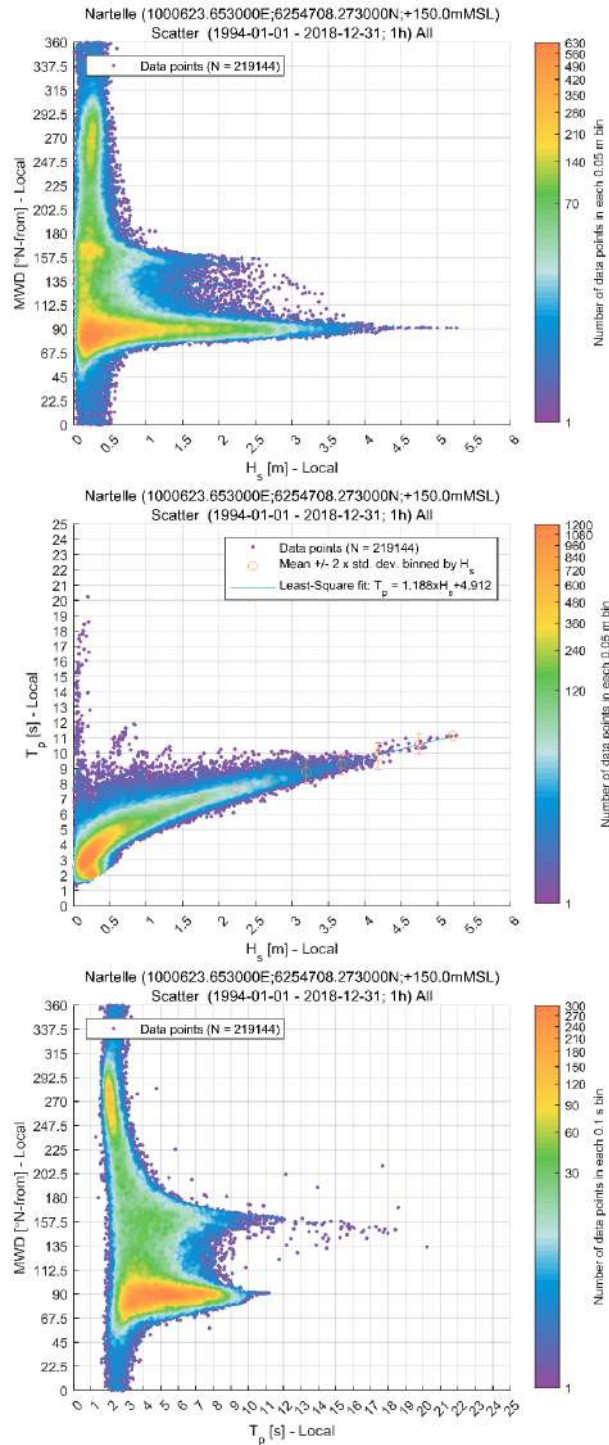


Figure 4.20 : Diagrammes de distribution H_s /MWD (haut) ; H_s/T_p (milieu) et T_p /MWD (bas) au point Nartelle sur la période 1994-2018.

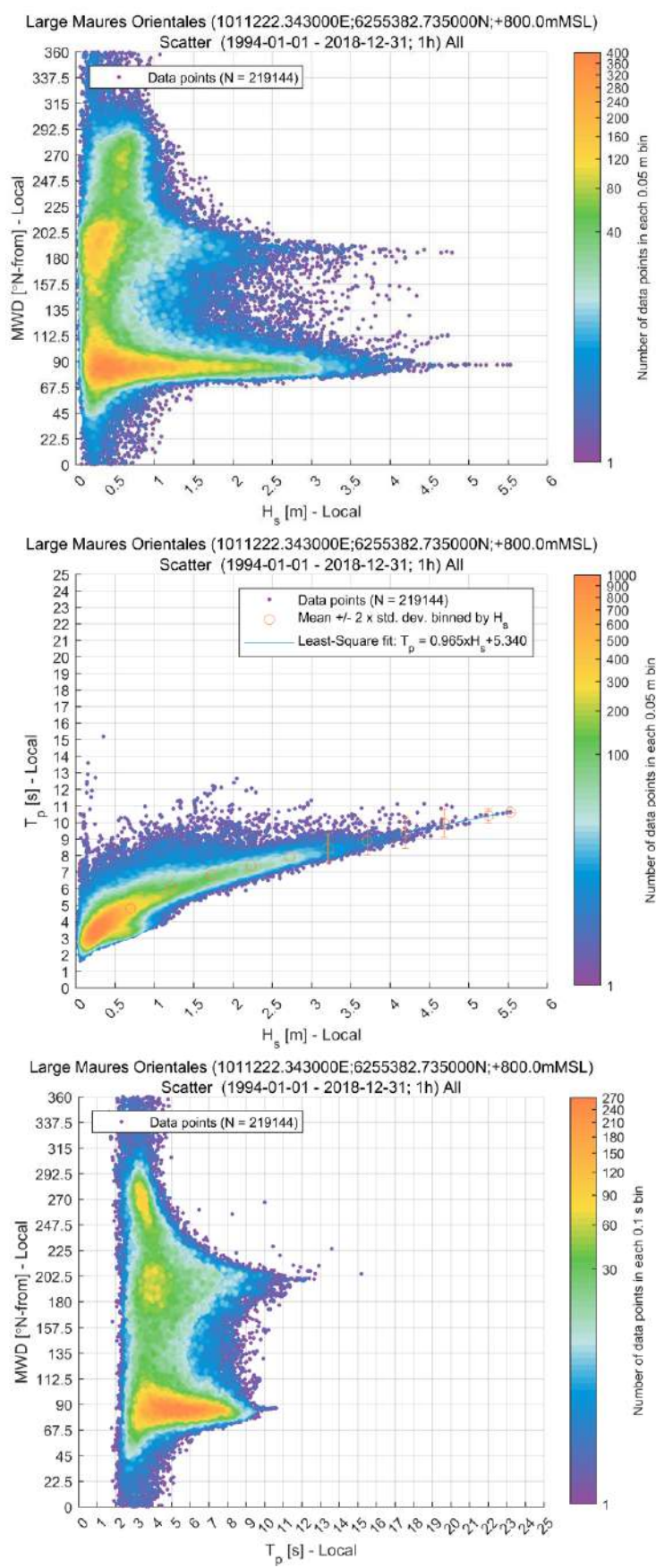


Figure 4.21 : Diagrammes de distribution H_s/MWD (haut) ; H_s/T_p (milieu) et T_p/MWD (bas) au point Large Maures Orientales sur la période 1994-2018.

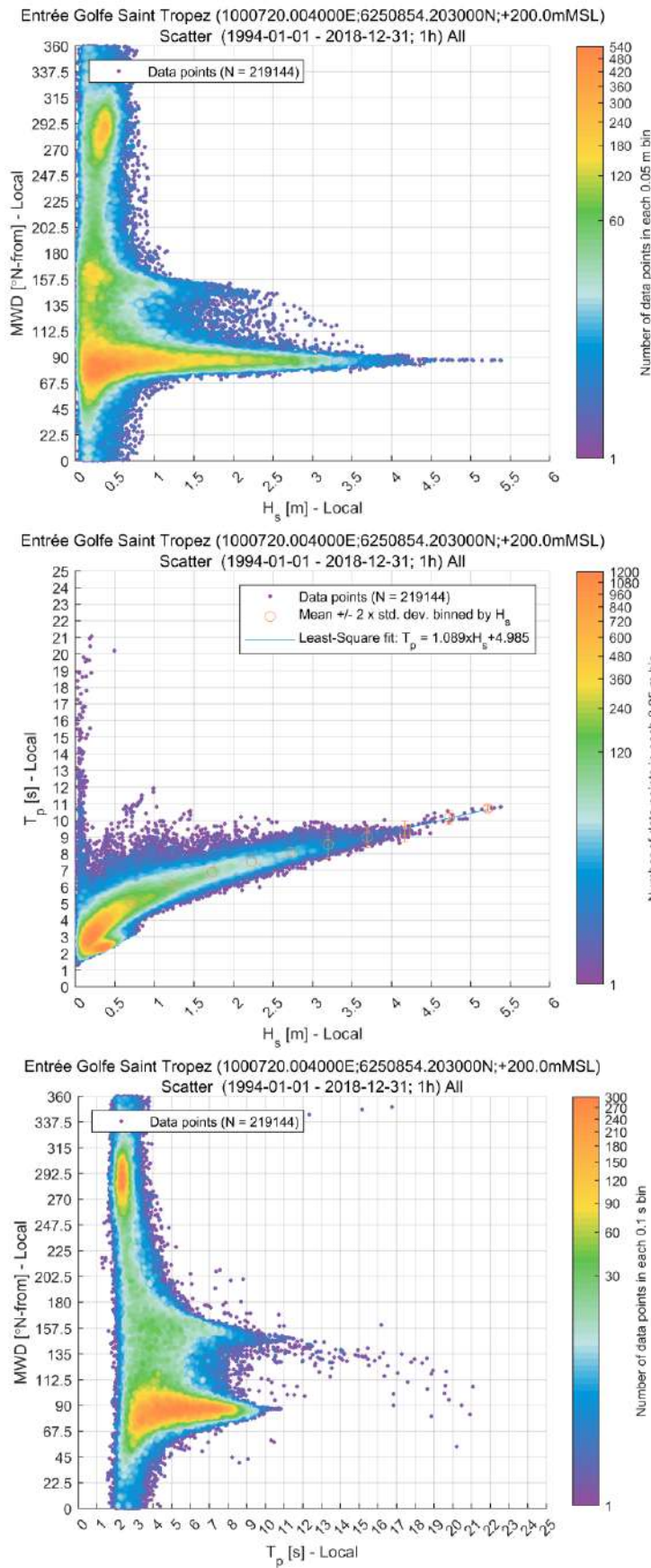


Figure 4.22 : Diagrammes de distribution H_s/MWD (haut) ; H_s/T_p (milieu) et T_p/MWD (bas) au point Entrée Golfe Saint Tropez sur la période 1994-2018.

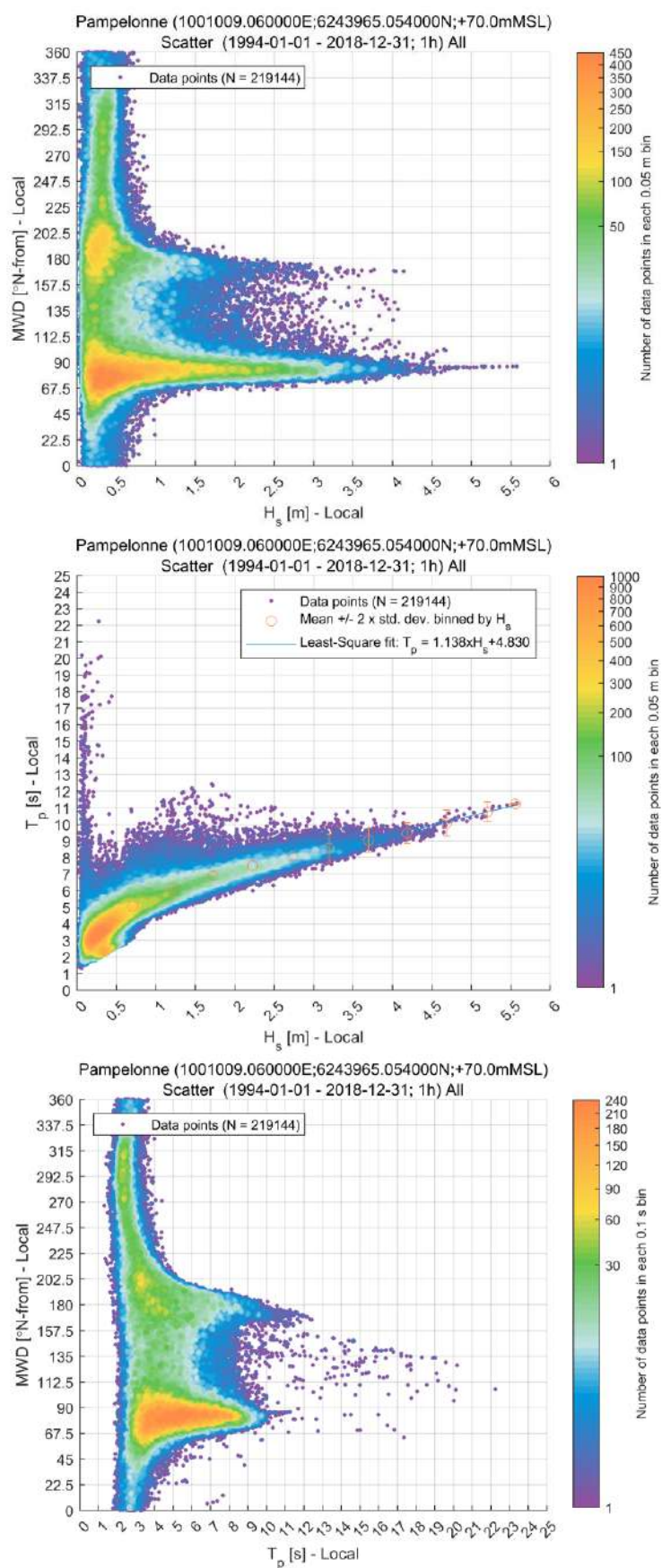


Figure 4.23 : Diagrammes de distribution H_s /MWD (haut) ; H_s / T_p (milieu) et T_p /MWD (bas) au point Pampelonne sur la période 1994-2018.

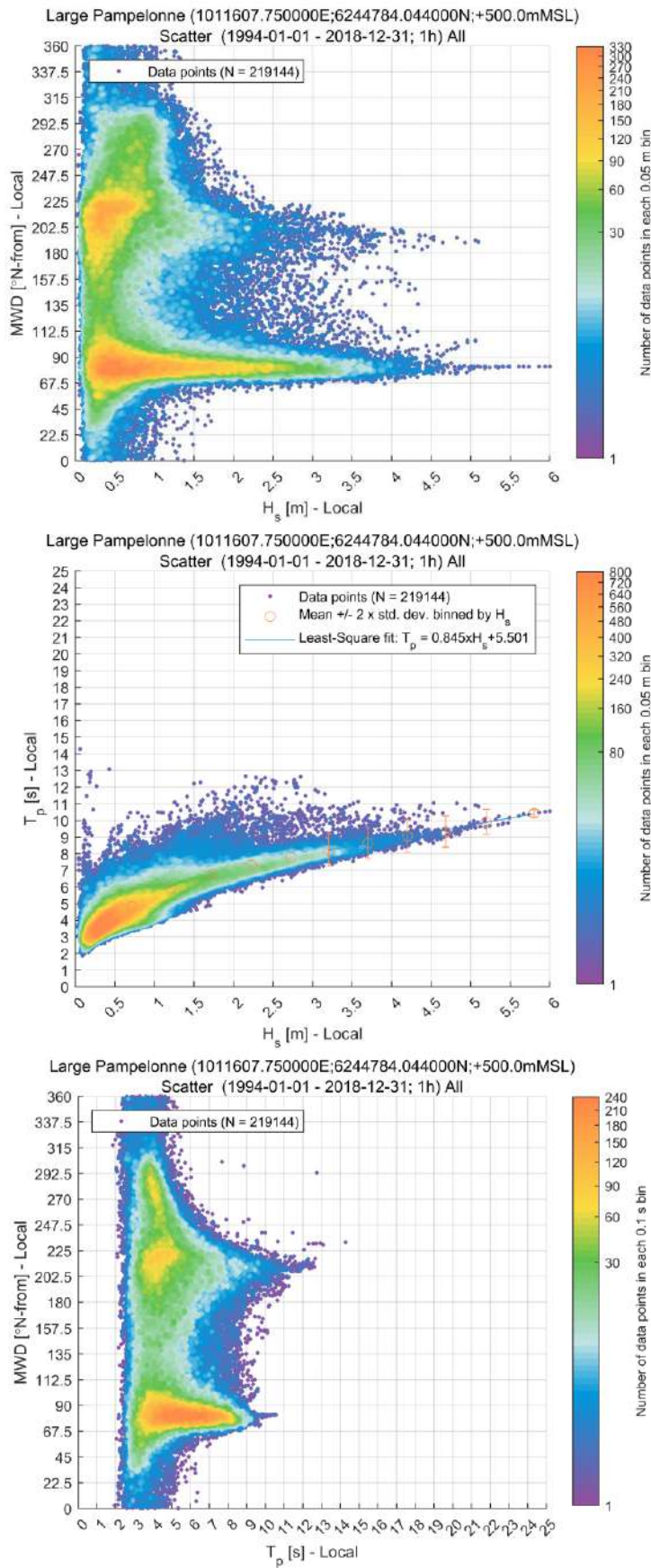


Figure 4.24 : Diagrammes de distribution H_s /MWD (haut) ; H_s/T_p (milieu) et T_p /MWD (bas) au point Large Pampelonne sur la période 1994-2018.

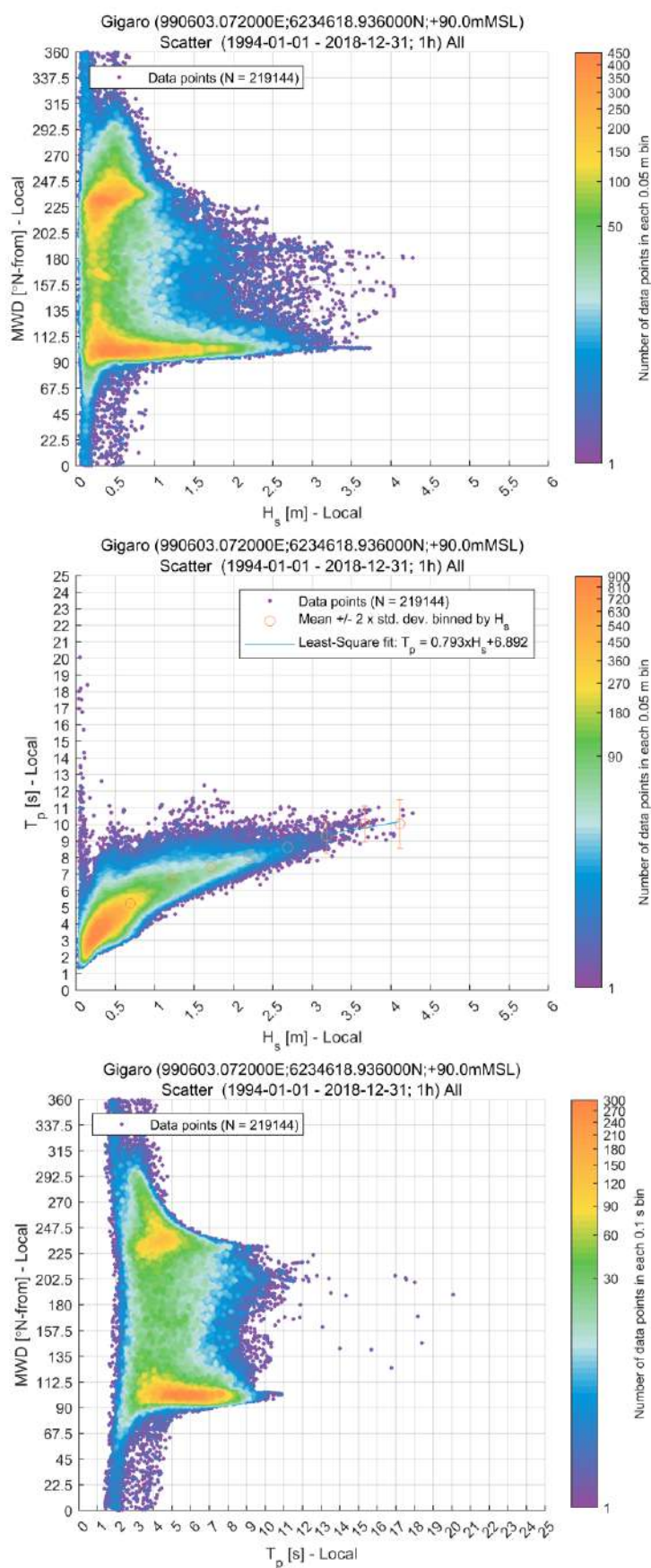


Figure 4.25 : Diagrammes de distribution H_s /MWD (haut) ; H_s / T_p (milieu) et T_p /MWD (bas) au point Gigaro sur la période 1994-2018.

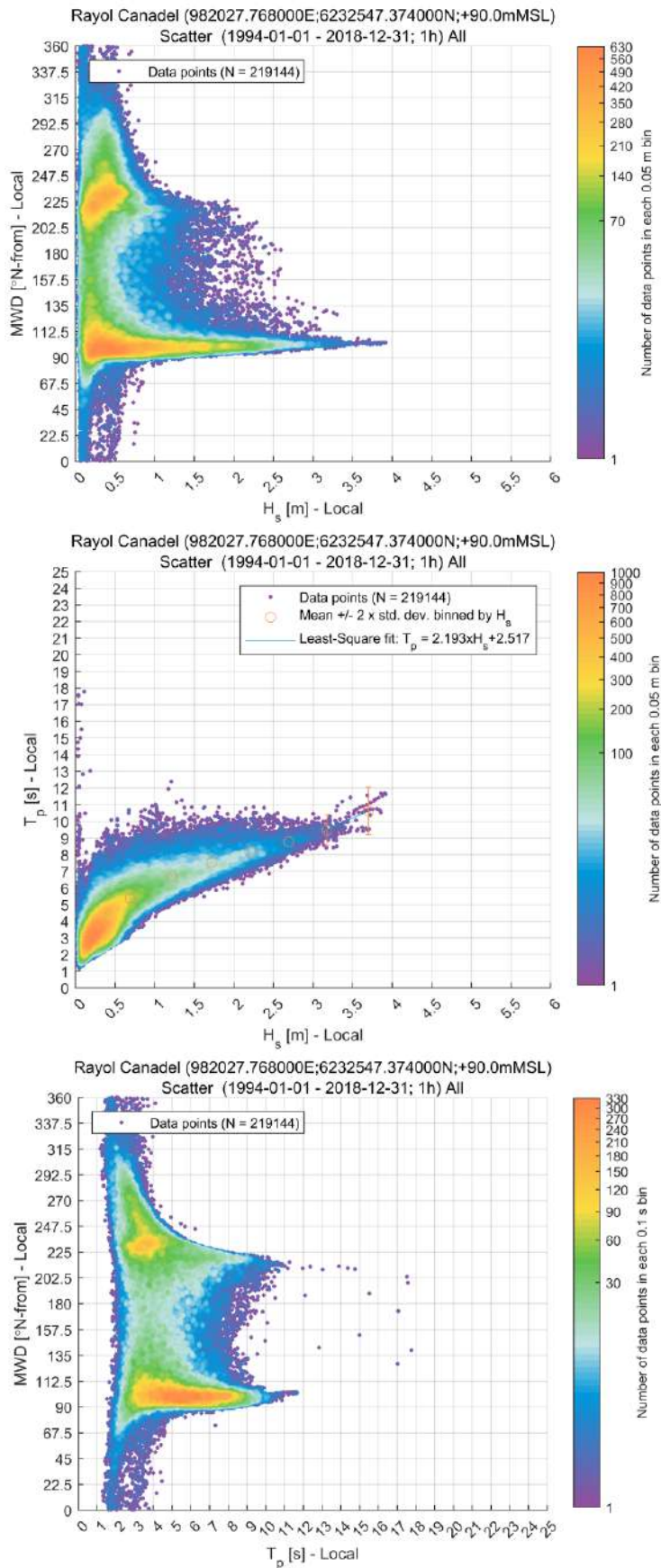


Figure 4.26 : Diagrammes de distribution H_s /MWD (haut) ; H_s/T_p (milieu) et T_p /MWD (bas) au point Rayol Canadel sur la période 1994-2018.

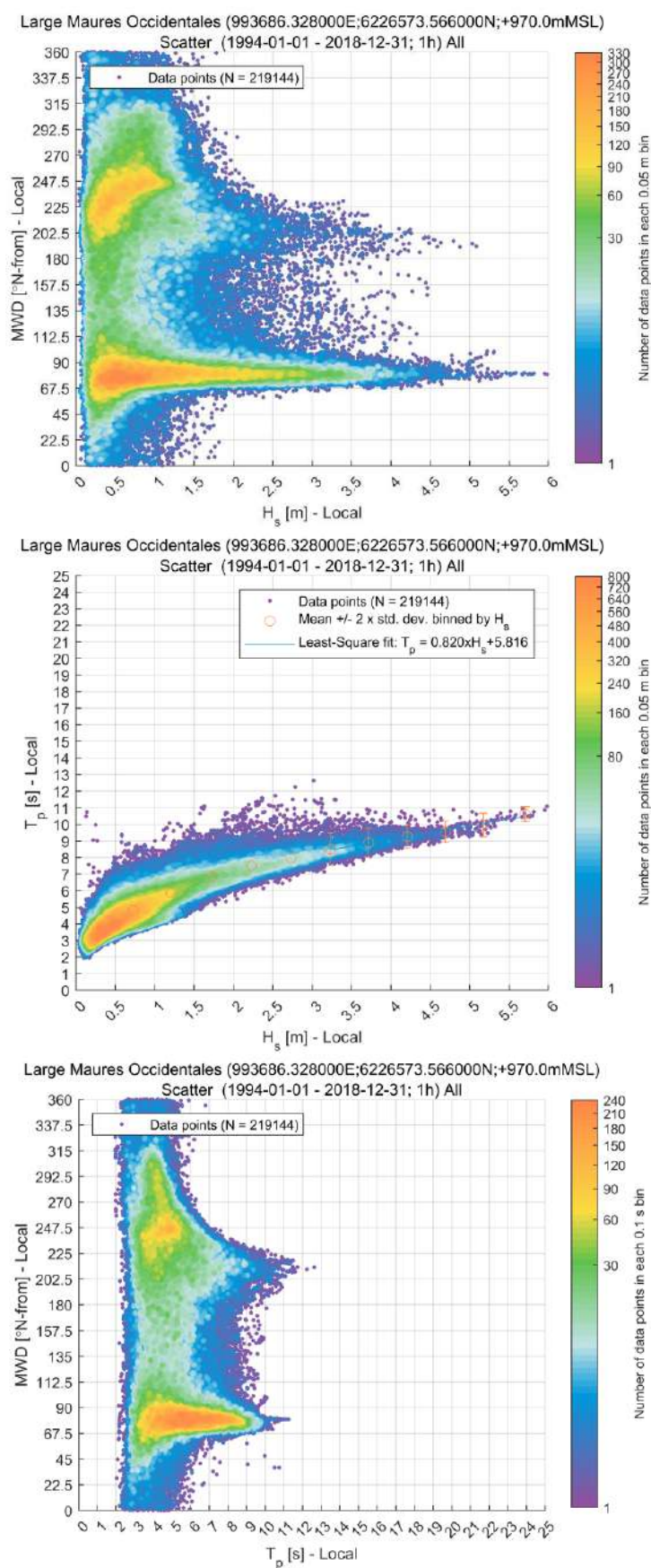


Figure 4.27 : Diagrammes de distribution H_s/MWD (haut) ; H_s/T_p (milieu) et T_p/MWD (bas) au point Large Maures Occidentales sur la période 1994-2018.

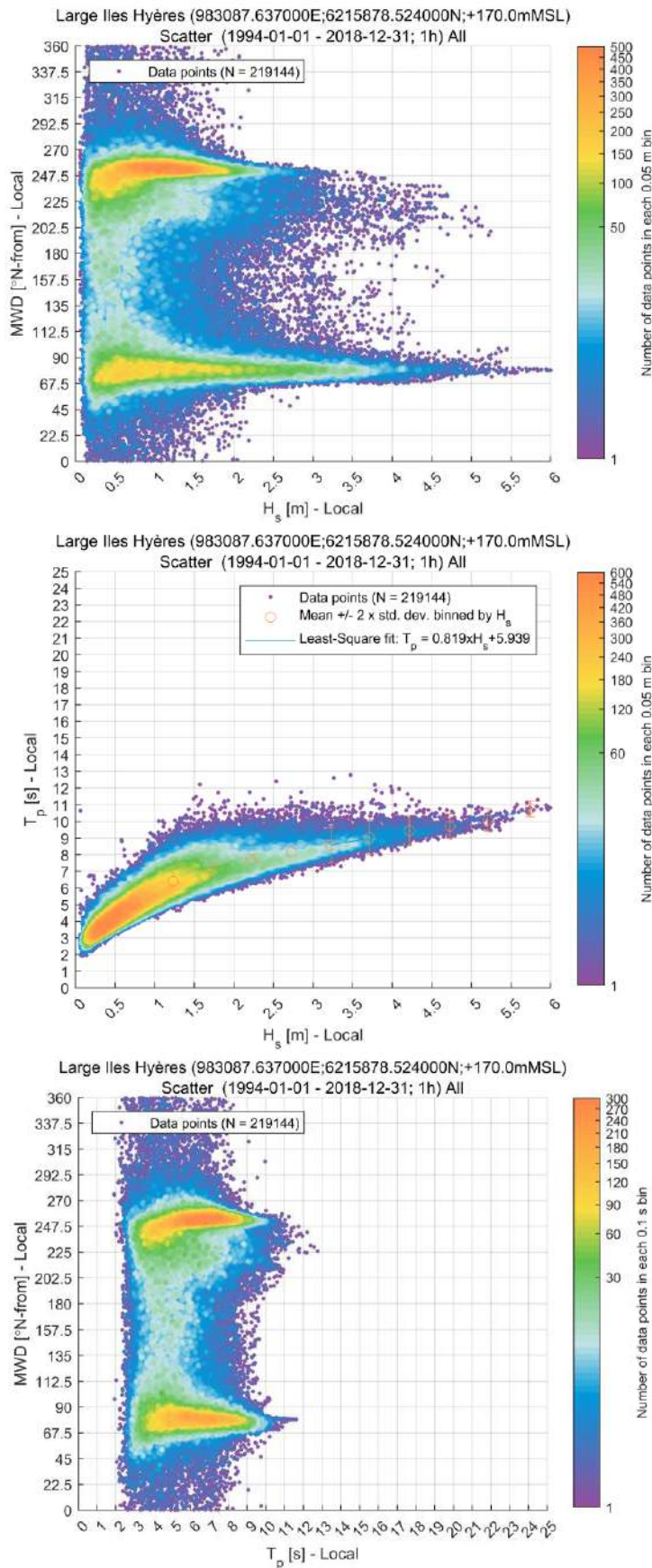


Figure 4.28 : Diagrammes de distribution H_s/MWD (haut) ; H_s/T_p (milieu) et T_p/MWD (bas) au point Large Iles d'Hyères sur la période 1994-2018.

4.2 Analyse de houles extrêmes

La reconstitution de données sur le climat pendant la période 01/01/1994 – 01/01/2019 (25 ans) a permis de réaliser une analyse des valeurs extrêmes des conditions de vagues en 9 points autour du Golfe de Saint-Tropez. L'analyse des valeurs extrêmes en ces points a permis d'y définir les caractéristiques des vagues de périodes de retour 1, 5, 10, 30, 50 et 100 ans.

4.2.1 Méthode d'estimation des valeurs extrêmes par extrapolation

L'estimation des valeurs extrêmes est typiquement faite par l'ajustement d'une loi de distribution aux valeurs extrêmes des données, identifiée selon :

- La méthode à seuil (Peak Over Threshold, POT) par laquelle ont été sélectionnés des pics de tempête indépendants supérieurs à un seuil. La valeur de ce seuil dépend de la climatologie locale en chaque point ;
- La considération d'un nombre moyen annuel d'événements (Average Annual Peak, AAP), qui peut varier de 1 à 4 en général. Cette méthode permet de considérer les événements extrêmes indépendamment d'un seuil prédéfini, et ainsi de généraliser la méthode d'analyse pour tout point.

Les données sélectionnées ont fait l'objet d'un ajustement à une loi de distribution analytique, généralement de type :

- Exponentielle ;
- Weibull ;
- Gumbel ;
- Distribution Généralisée de Pareto.

Le choix in fine de la loi d'ajustement la plus pertinente dépend de la qualité d'ajustement définie par des indicateurs statistiques (test de stationnarité, test de Khi2, forme de la courbe d'ajustement, ...) et par un contrôle visuel de l'ajustement. Au cas où un ajustement à une loi de distribution analytique pourrait être obtenu avec plusieurs lois complémentaires, une préférence pour un seuil commun aux lois d'ajustement choisies est recommandée.

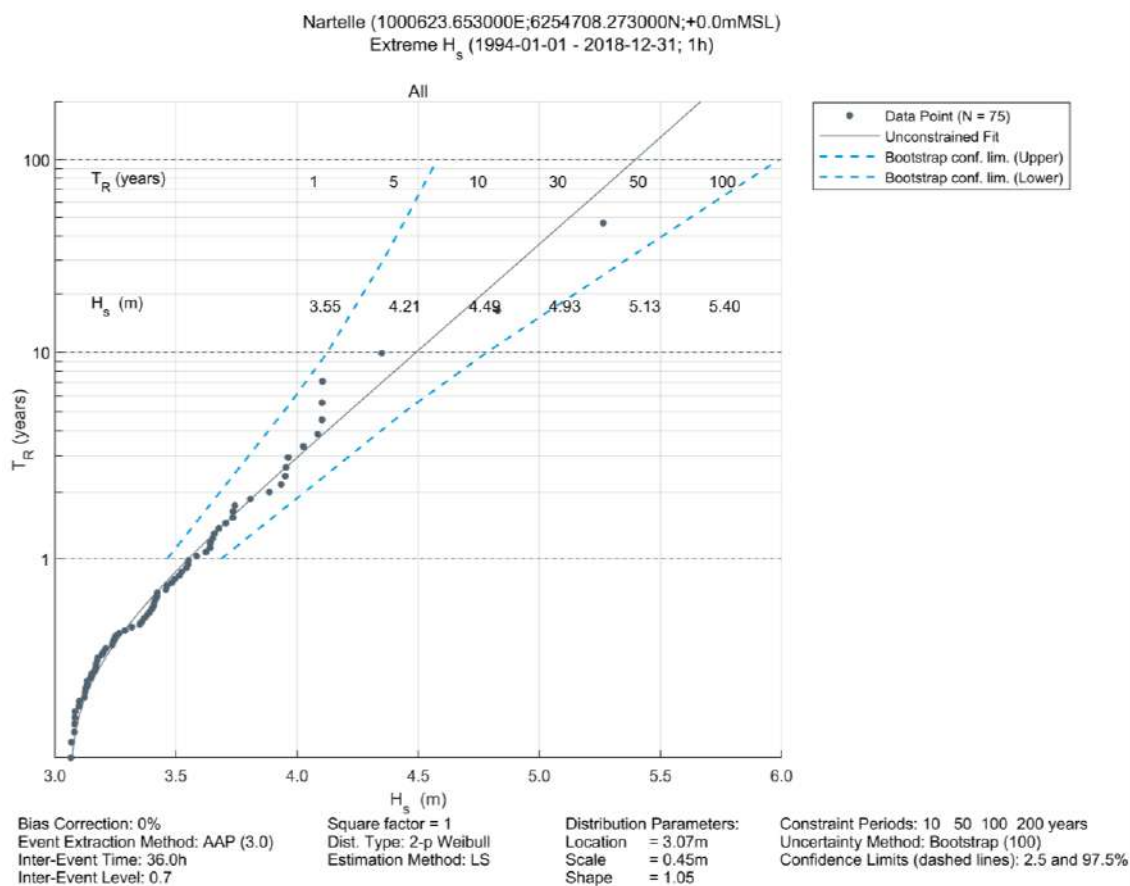
4.2.2 Loi d'ajustement retenue

Différentes lois d'ajustement ont été évaluées sur la base du climat de houles aux 9 points d'étude. Plusieurs de ces lois ont présenté un ajustement relativement satisfaisant (distribution de Weibull à deux paramètres et Weibull à 2 paramètres tronqué, avec des critères de 3 et 4 événements par an). Les hauteurs de vagues extrêmes obtenues à partir de ces lois et critères présentaient une très bonne cohérence entre elles.

Le choix de la loi d'ajustement finalement retenue s'est porté sur la loi de **Weibull à deux paramètres, avec un critère de 3 événements par an en moyenne (AAP $\lambda=3$) basée sur une méthode d'estimation des moindres carrés (Least Square, LS)**. Elle présente un bon ajustement sur les données de vagues extrêmes historiques, en plus d'hauteurs significatives extrêmes légèrement plus conservatives (de l'ordre de +5 cm pour un événement centennal) par rapport aux autres lois.

4.2.3 Détermination des hauteurs de vagues extrêmes

Les représentations graphiques de l'application de la loi d'ajustement retenue pour les 9 points d'étude sont présentées de la Figure 4.29 à la Figure 4.37. Ces graphiques montrent l'intervalle de confiance autour de la loi d'ajustement. Ces figures comportent également les séries temporelles associées montrant les pics de tempêtes sélectionnés.



H_s (m)	T_R (years)					
	1	5	10	30	50	100
All Lower bnd	3.47	3.95	4.12	4.36	4.45	4.58
All Central Est.	3.55	4.21	4.49	4.93	5.13	5.40
All Upper bnd	3.69	4.45	4.78	5.36	5.62	5.99

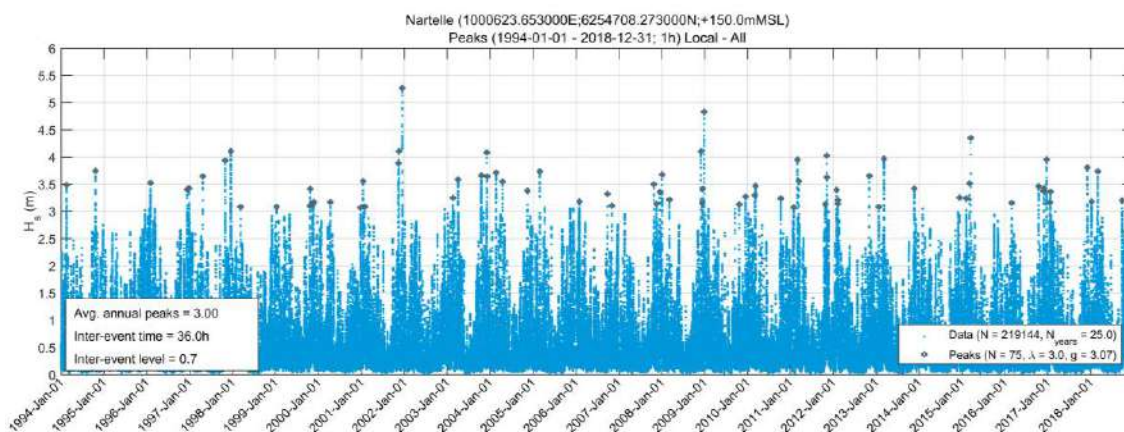
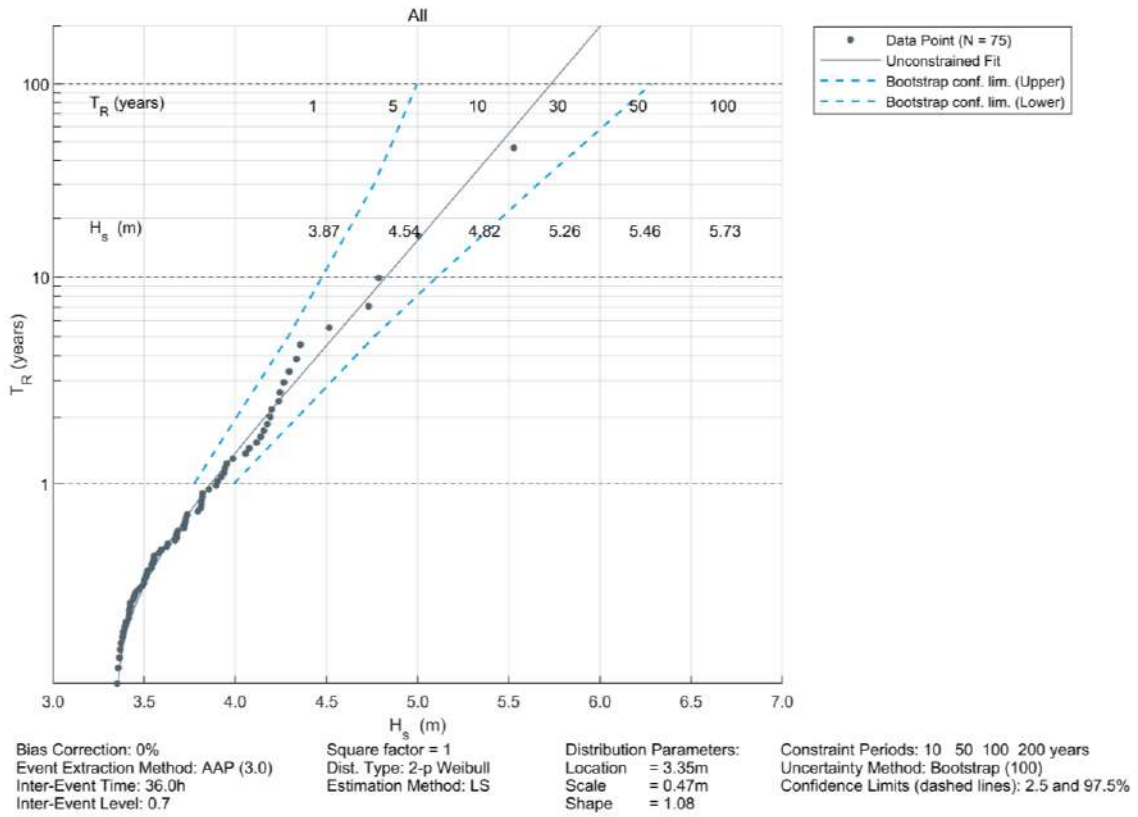


Figure 4.29 : Hauteurs significatives de houles extrêmes avec intervalles de confiance à 2.5 et 97.5% pour la loi 2-p Weibull , AAP $\lambda=3$ (haut) ; valeurs des H_s extrêmes aux bornes inférieures et supérieures de l'intervalle de confiance (milieu) ; et séries temporelles des pics de tempêtes sélectionnées (bas) au point Nartelle.

Large Maures Orientales (1011222.343000E;6255382.735000N;+0.0mMSL)
 Extreme H_s (1994-01-01 - 2018-12-31; 1h)



		T_R (years)					
		1	5	10	30	50	100
H_s (m)	All Lower bnd	3.77	4.29	4.47	4.76	4.86	5.00
	All Central Est.	3.87	4.54	4.82	5.26	5.46	5.73
	All Upper bnd	3.99	4.76	5.11	5.66	5.92	6.28

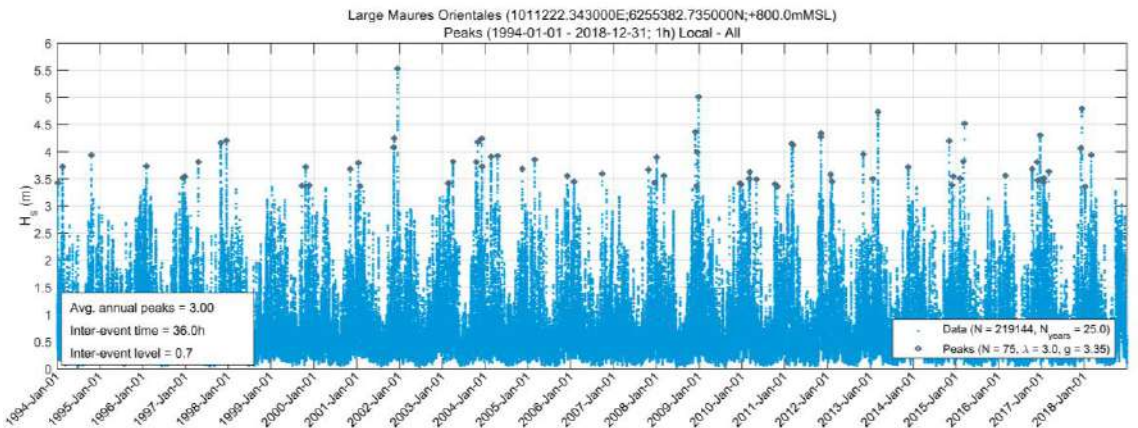
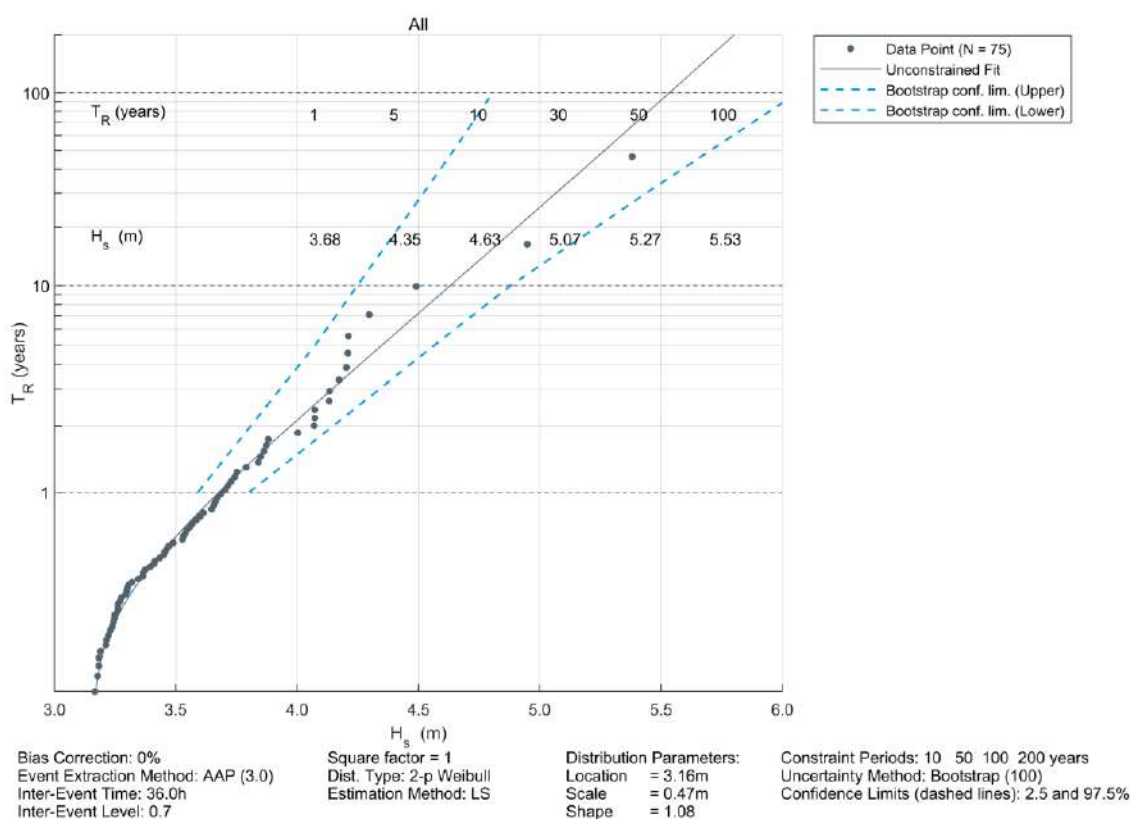


Figure 4.30 : Hauteurs significatives de houles extrêmes avec intervalles de confiance à 2.5 et 97.5% pour la loi 2-p Weibull , AAP $\lambda=3$ (haut) ; valeurs des H_s extrêmes aux bornes inférieures et supérieures de l'intervalle de confiance (milieu) ; et séries temporelles des pics de tempêtes sélectionnées (bas) au point Large Maures Orientales.

Entrée Golfe Saint Tropez (1000720.004000E;6250854.203000N;+0.0mMSL)
 Extreme H_s (1994-01-01 - 2018-12-31; 1h)



		T_R (years)					
		1	5	10	30	50	100
H_s (m)	All Lower bnd	3.59	4.08	4.25	4.52	4.64	4.81
	All Central Est.	3.68	4.35	4.63	5.07	5.27	5.53
	All Upper bnd	3.80	4.57	4.88	5.44	5.70	6.06

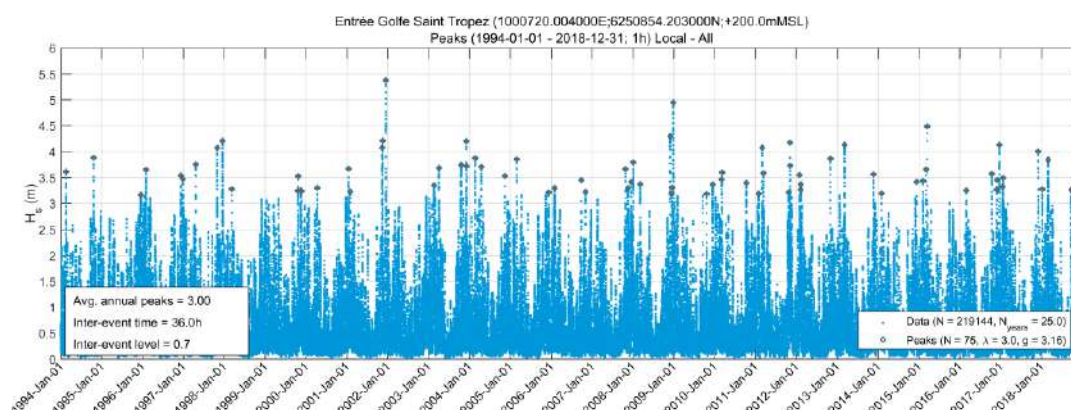
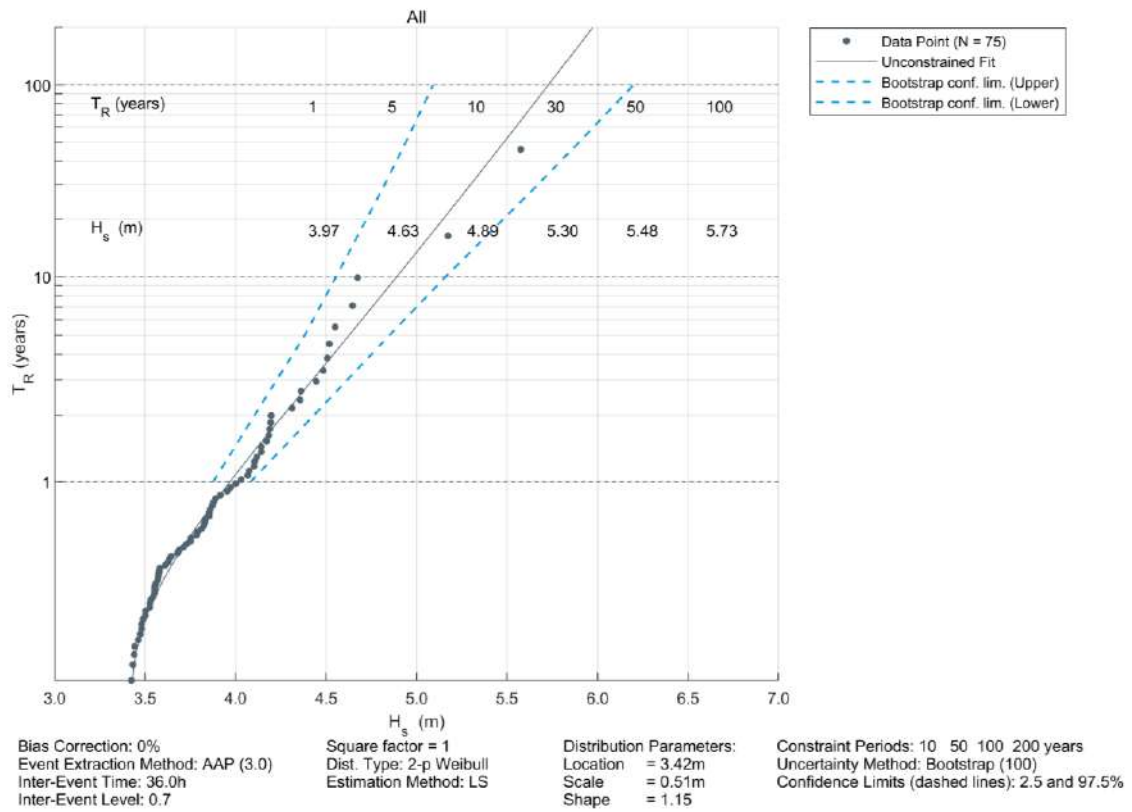


Figure 4.31 : Hauteurs significatives de houles extrêmes avec intervalles de confiance à 2.5 et 97.5% et séries temporelles des pics de tempêtes sélectionnées (bas) au point Entrée Golfe Saint Tropez.

Pampelonne (1001009.060000E;6243965.054000N;+0.0mMSL)
Extreme H_s (1994-01-01 - 2018-12-31; 1h)



H_s (m)	T_R (years)					
	1	5	10	30	50	100
All Lower bnd	3.88	4.38	4.56	4.82	4.94	5.09
All Central Est.	3.97	4.63	4.89	5.30	5.48	5.73
All Upper bnd	4.08	4.85	5.16	5.67	5.90	6.20

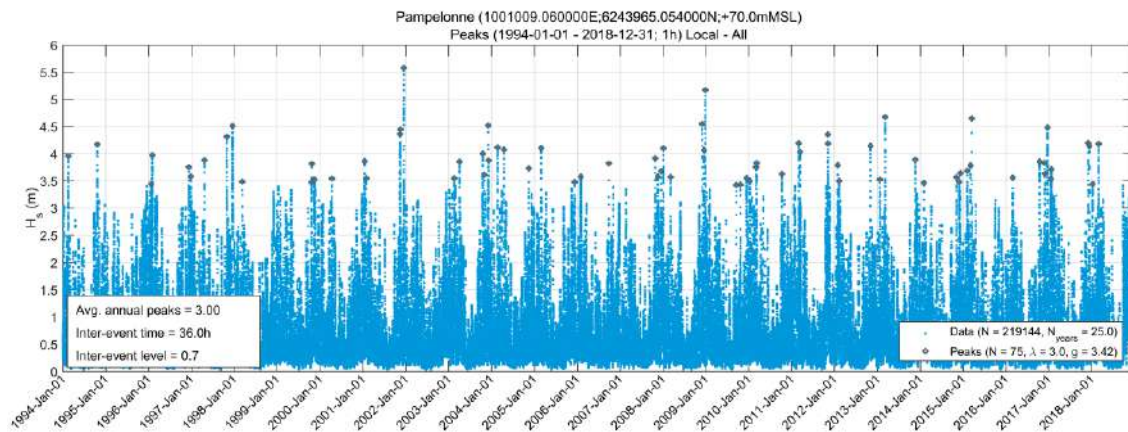
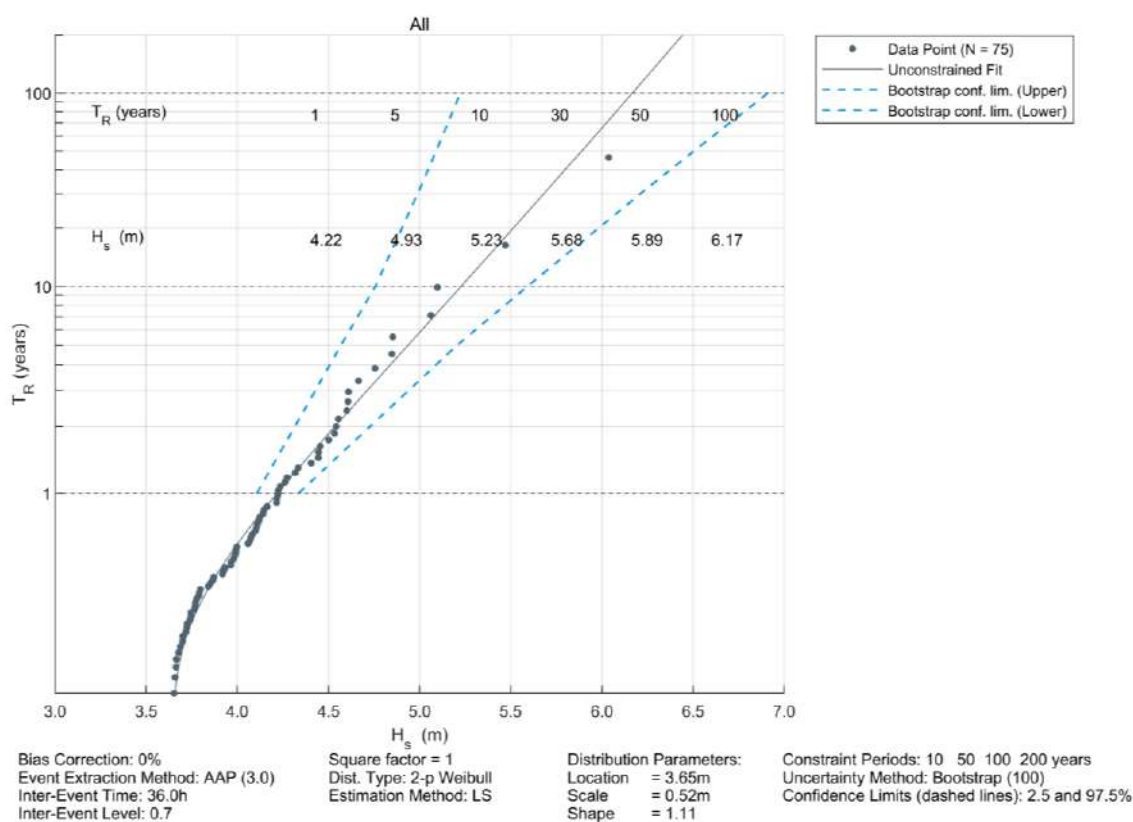


Figure 4.32 : Hauteurs significatives de houles extrêmes avec intervalles de confiance à 2.5 et 97.5% pour la loi 2-p Weibull , AAP $\lambda=3$ (haut) ; valeurs des H_s extrêmes aux bornes inférieures et supérieures de l'intervalle de confiance (milieu) ; et séries temporelles des pics de tempêtes sélectionnées (bas) au point Pampelonne.

Large Pampelonne (1011607.750000E;6244784.044000N;+0.0mMSL)
Extreme H_s (1994-01-01 - 2018-12-31; 1h)



H_s (m)	T_R (years)					
	1	5	10	30	50	100
All Lower bnd	4.11	4.57	4.76	4.99	5.09	5.22
All Central Est.	4.22	4.93	5.23	5.68	5.89	6.17
All Upper bnd	4.34	5.20	5.59	6.21	6.51	6.91

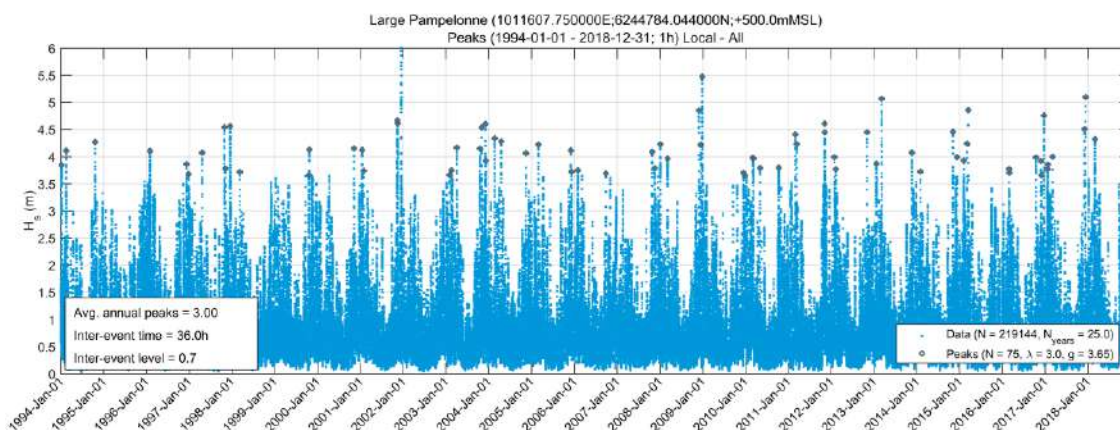
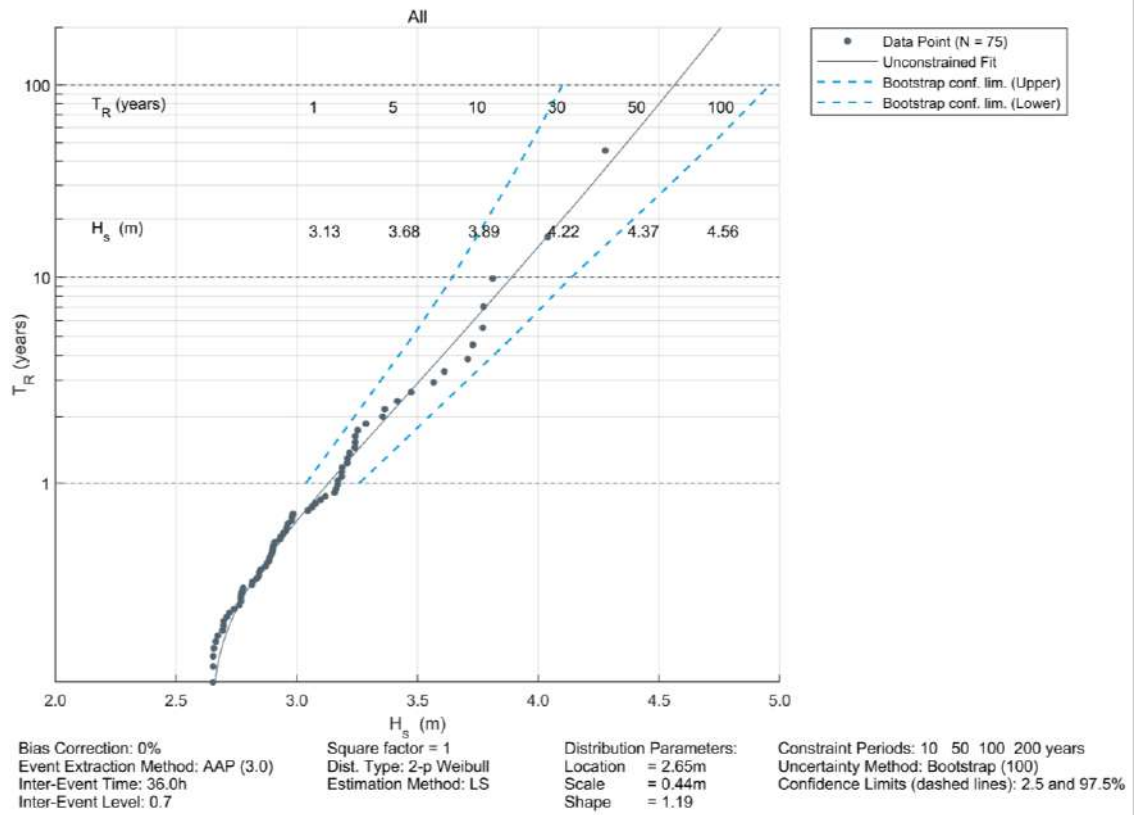


Figure 4.33 : Hauteurs significatives de houles extrêmes avec intervalles de confiance à 2.5 et 97.5% pour la loi 2-p Weibull , AAP $\lambda = 3$ (haut) ; valeurs des H_s extrêmes aux bornes inférieures et supérieures de l'intervalle de confiance (milieu) ; et séries temporelles des pics de tempêtes sélectionnées (bas) au point Large Pampelonne.

Gigaro (990603.072000E;6234618.936000N;+0.0mMSL)
 Extreme H_s (1994-01-01 - 2018-12-31; 1h)



H_s (m)	T_R (years)					
	1	5	10	30	50	100
All Lower bnd	3.04	3.48	3.65	3.87	3.97	4.10
All Central Est.	3.13	3.68	3.89	4.22	4.37	4.56
All Upper bnd	3.26	3.90	4.14	4.54	4.73	4.96

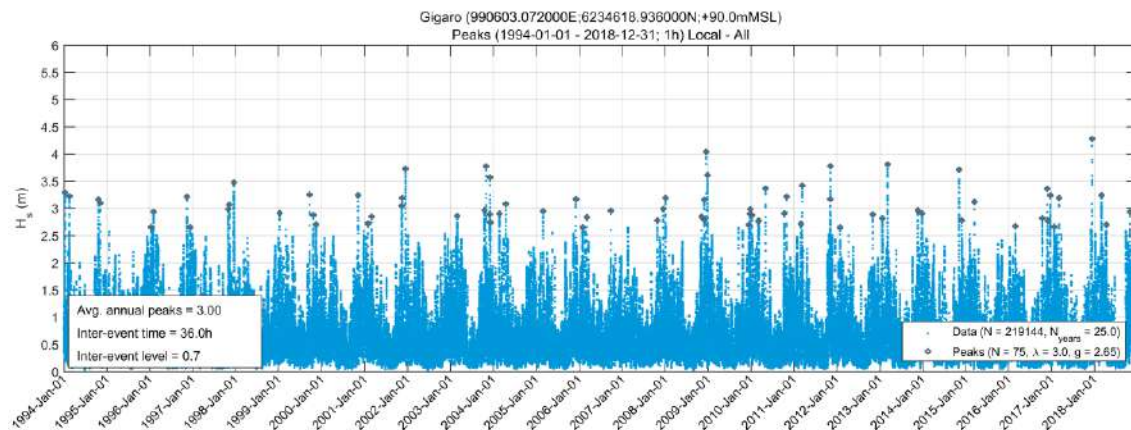
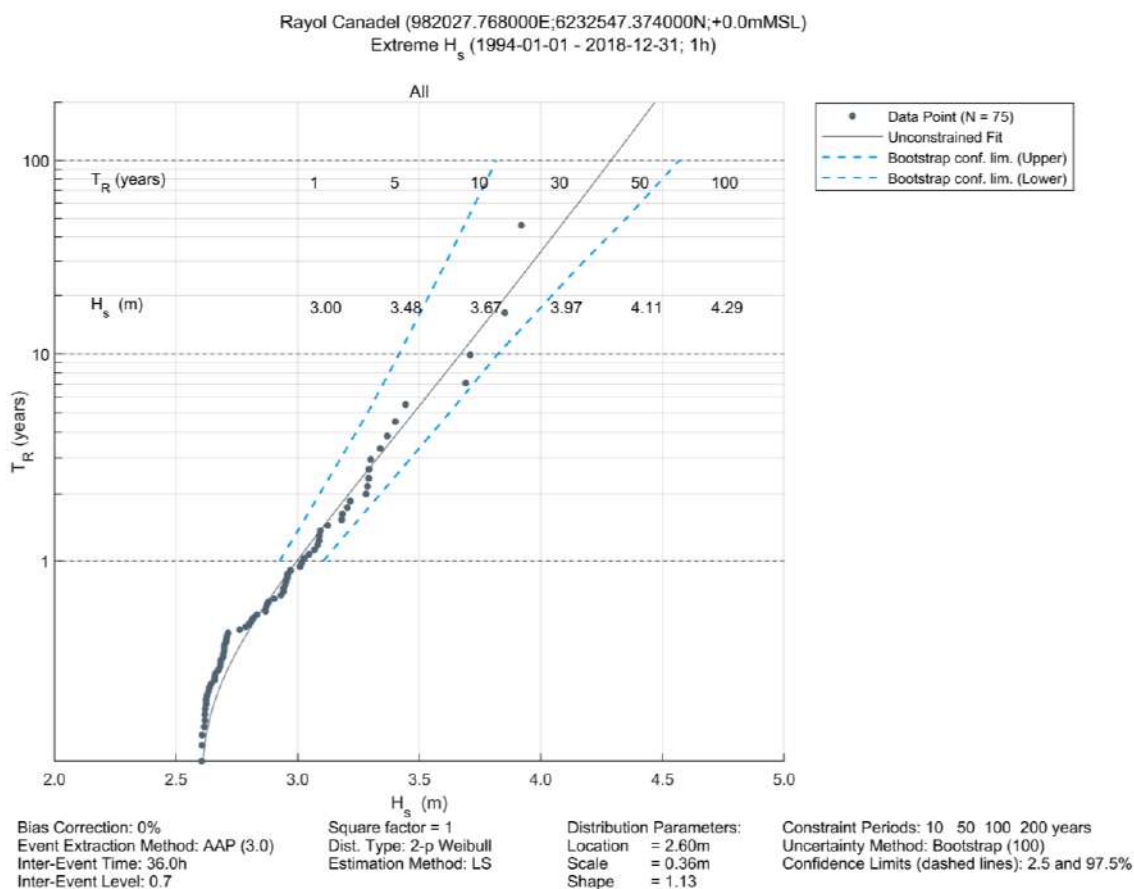


Figure 4.34 : Hauteurs significatives de houles extrêmes avec intervalles de confiance à 2.5 et 97.5% pour la loi 2-p Weibull , AAP $\lambda = 3$ (haut) ; valeurs des H_s extrêmes aux bornes inférieures et supérieures de l'intervalle de confiance (milieu) ; et séries temporelles des pics de tempêtes sélectionnées (bas) au point Gigaro.



T_R (years)

H_s (m)	1	5	10	30	50	100
All Lower bnd	2.93	3.29	3.42	3.61	3.70	3.82
All Central Est.	3.00	3.48	3.67	3.97	4.11	4.29
All Upper bnd	3.11	3.62	3.82	4.18	4.35	4.57

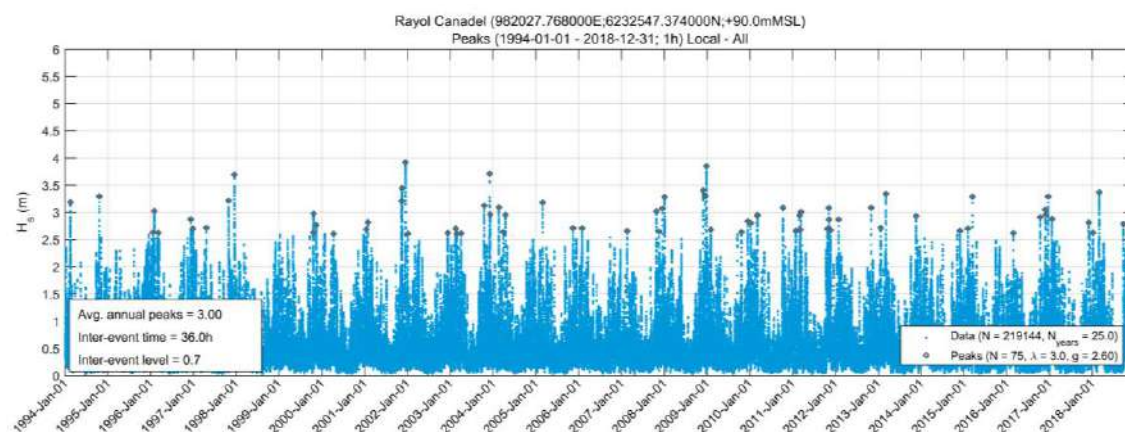
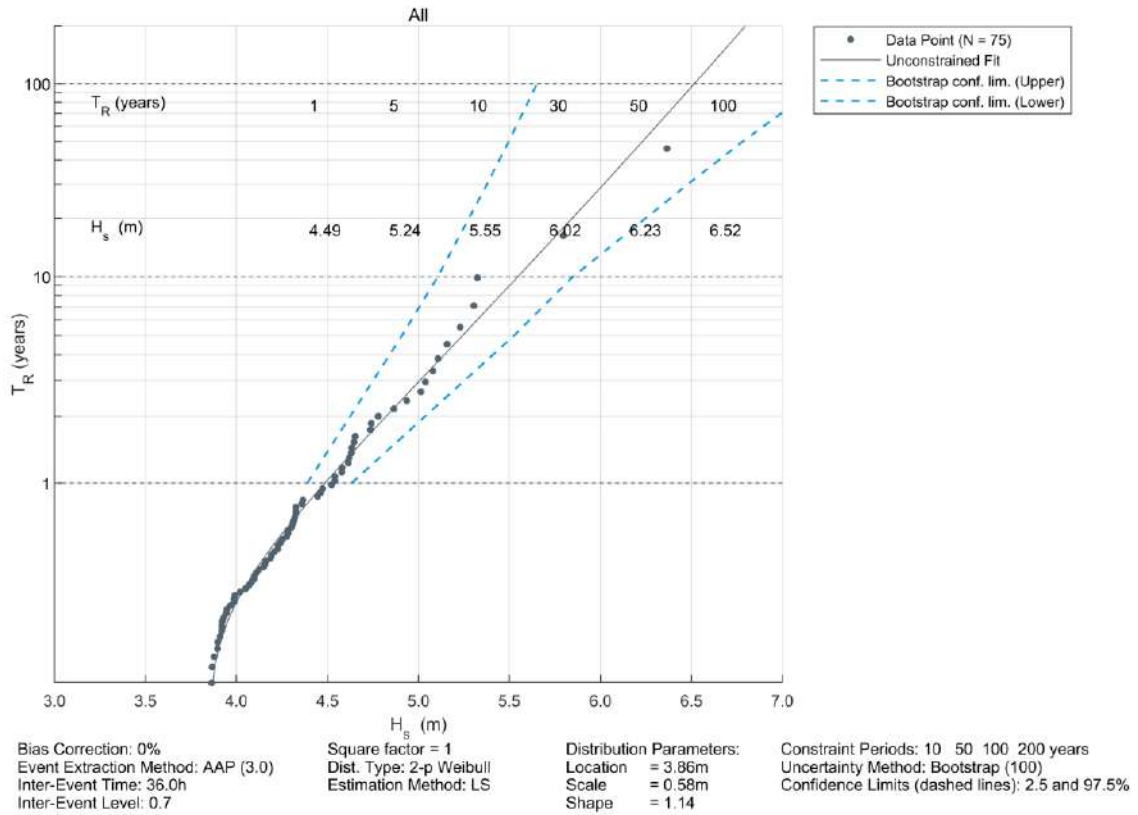


Figure 4.35 : Hauteurs significatives de houles extrêmes avec intervalles de confiance à 2.5 et 97.5% pour la loi 2-p Weibull , AAP $\lambda=3$ (haut) ; valeurs des H_s extrêmes aux bornes inférieures et supérieures de l'intervalle de confiance (milieu) ; et séries temporelles des pics de tempêtes sélectionnées (bas) au point Rayol-Canadel.

Large Maures Occidentales (993686.328000E;6226573.566000N;+0.0mMSL)
 Extreme H_s (1994-01-01 - 2018-12-31; 1h)



H_s (m)	T_R (years)					
	1	5	10	30	50	100
All Lower bnd	4.39	4.91	5.11	5.38	5.50	5.65
All Central Est.	4.49	5.24	5.55	6.02	6.23	6.52
All Upper bnd	4.63	5.53	5.85	6.48	6.78	7.22

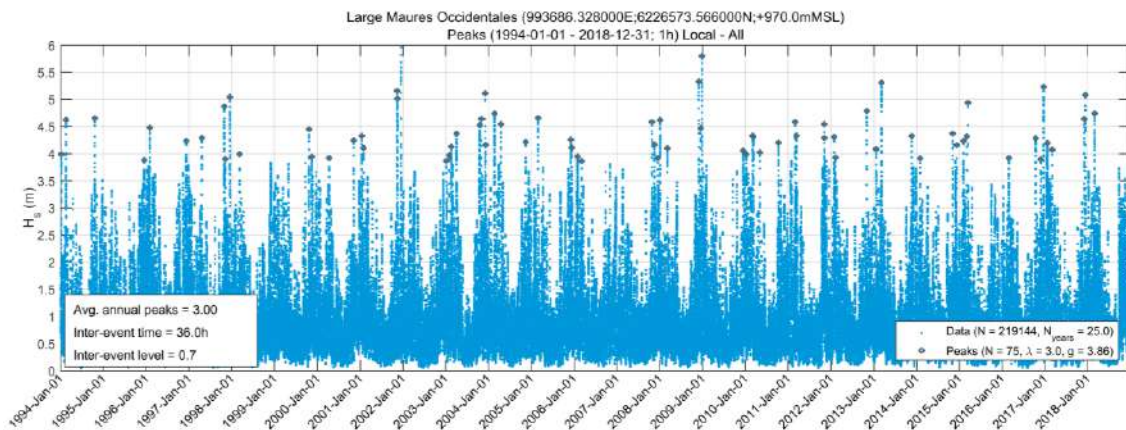
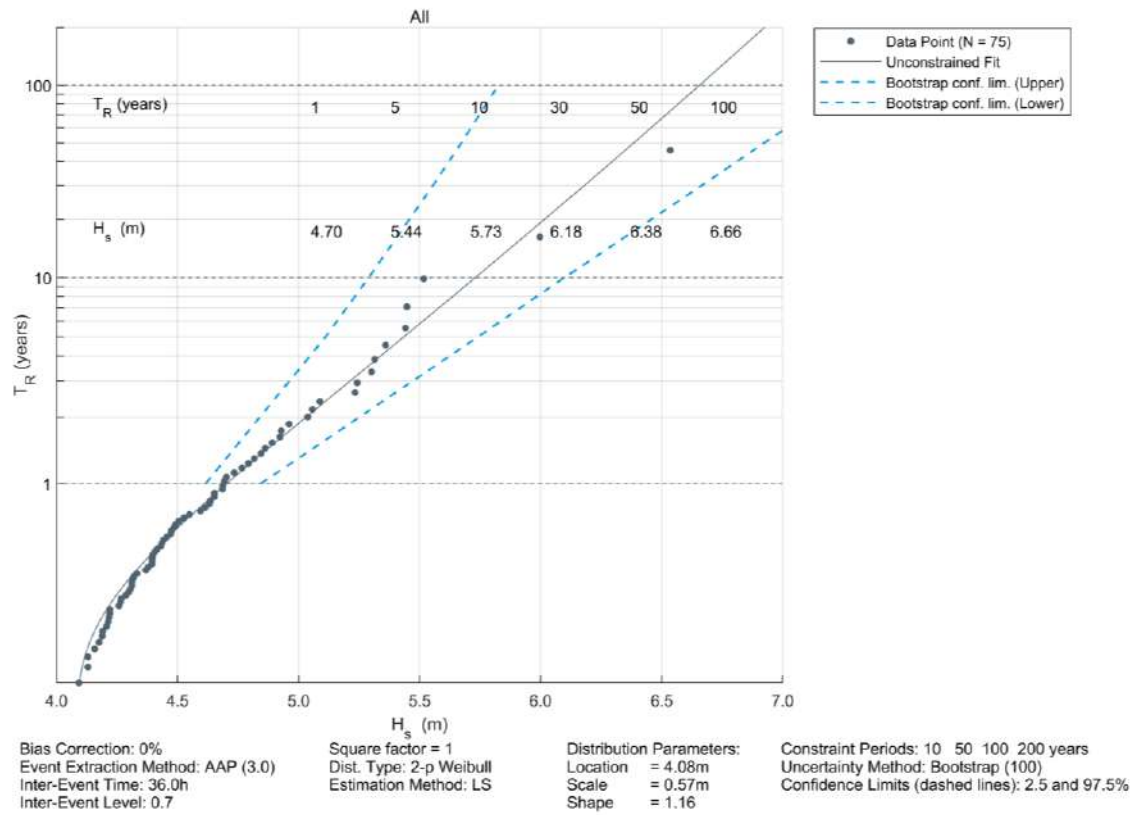


Figure 4.36 : Hauteurs significatives de houles extrêmes avec intervalles de confiance à 2.5 et 97.5% pour la loi 2-p Weibull , AAP $\lambda=3$ (haut) ; valeurs des H_s extrêmes aux bornes inférieures et supérieures de l'intervalle de confiance (milieu) ; et séries temporelles des pics de tempêtes sélectionnées (bas) au point Large Maures Occidentales.

Large Iles Hyères (983087.637000E;6215878.524000N;+0.0mMSL)
 Extreme H_s (1994-01-01 - 2018-12-31; 1h)



H_s (m)	T_R (years)					
	1	5	10	30	50	100
All Lower bnd	4.62	5.11	5.29	5.56	5.67	5.83
All Central Est.	4.70	5.44	5.73	6.18	6.38	6.66
All Upper bnd	4.84	5.74	6.10	6.67	6.92	7.28

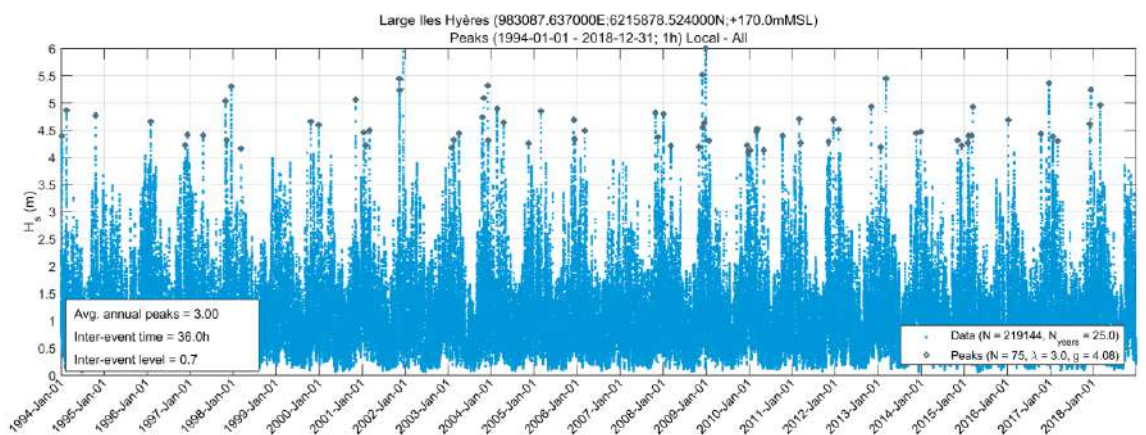


Figure 4.37 : Hauteurs significatives de houles extrêmes avec intervalles de confiance à 2.5 et 97.5% (haut) et séries temporelles des pics de tempêtes sélectionnées (bas) au point Large Iles d'Hyères.

4.2.4 Roses des houles de tempêtes

Les roses des houles pour 75 tempêtes sélectionnées sur la période 1994-2018 sont présentées ci-dessous :

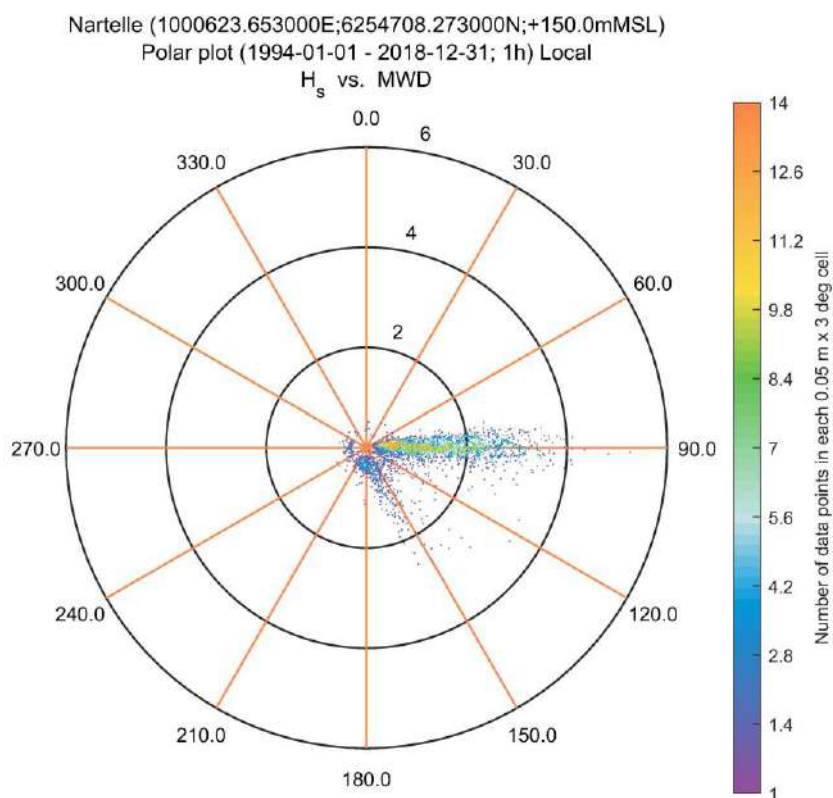


Figure 4.38 : Rose des houles de tempête au point Nartelle.

Large Maures Orientales (1011222.343000E;6255382.735000N;+800.0mMSL)
 Polar plot (1994-01-01 - 2018-12-31; 1h) Local
 H_s vs. MWD

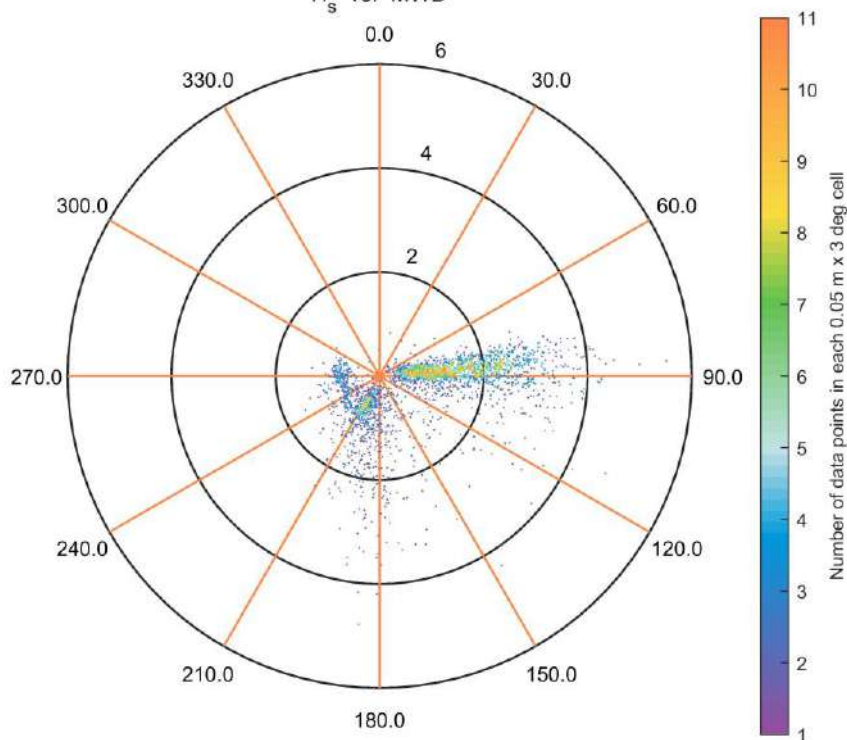


Figure 4.39 : Rose des houles de tempête au point Large Maures Orientales.

Entrée Golfe Saint Tropez (1000720.004000E;6250854.203000N;+200.0mMSL)
 Polar plot (1994-01-01 - 2018-12-31; 1h) Local
 H_s vs. MWD

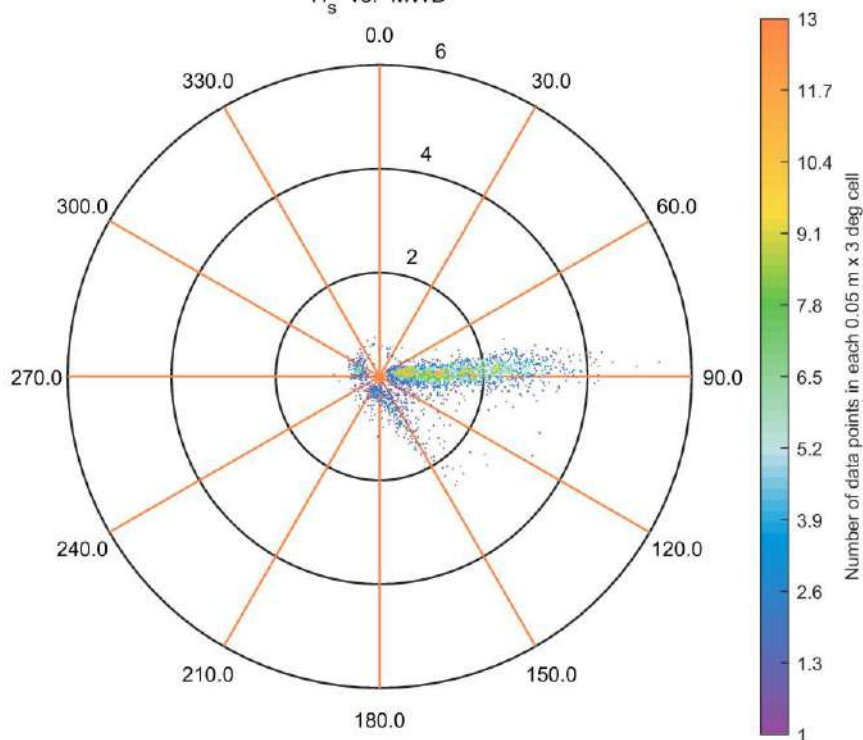


Figure 4.40 : Rose des houles de tempête au point Entrée Golfe Saint-Tropez.

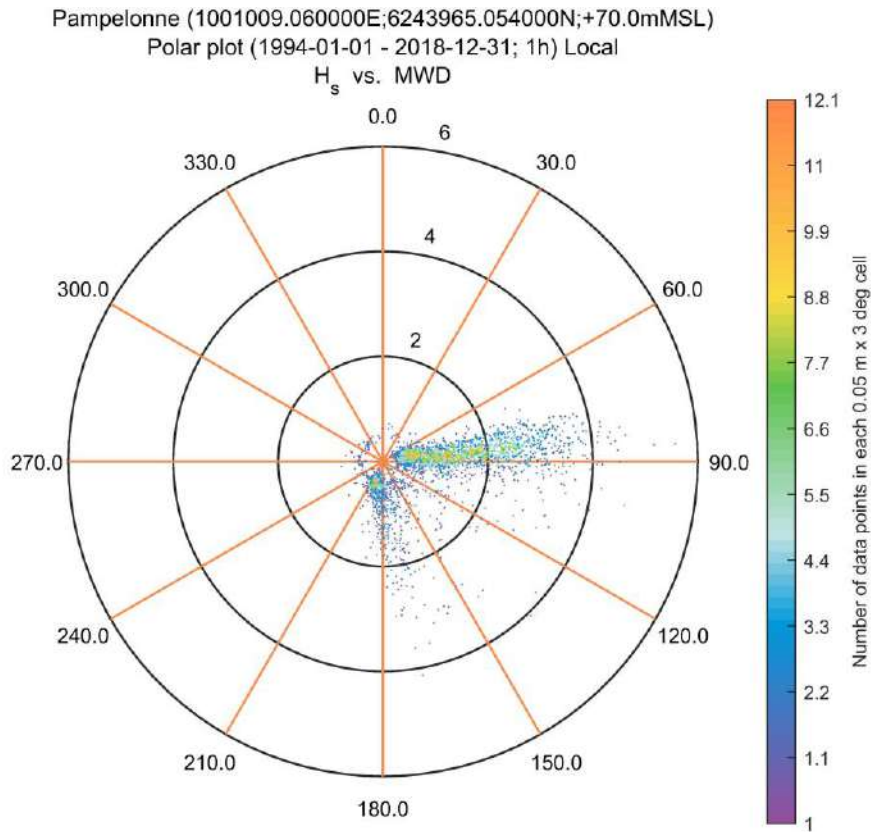


Figure 4.41 : Rose des houles de tempête au point Pampelonne.

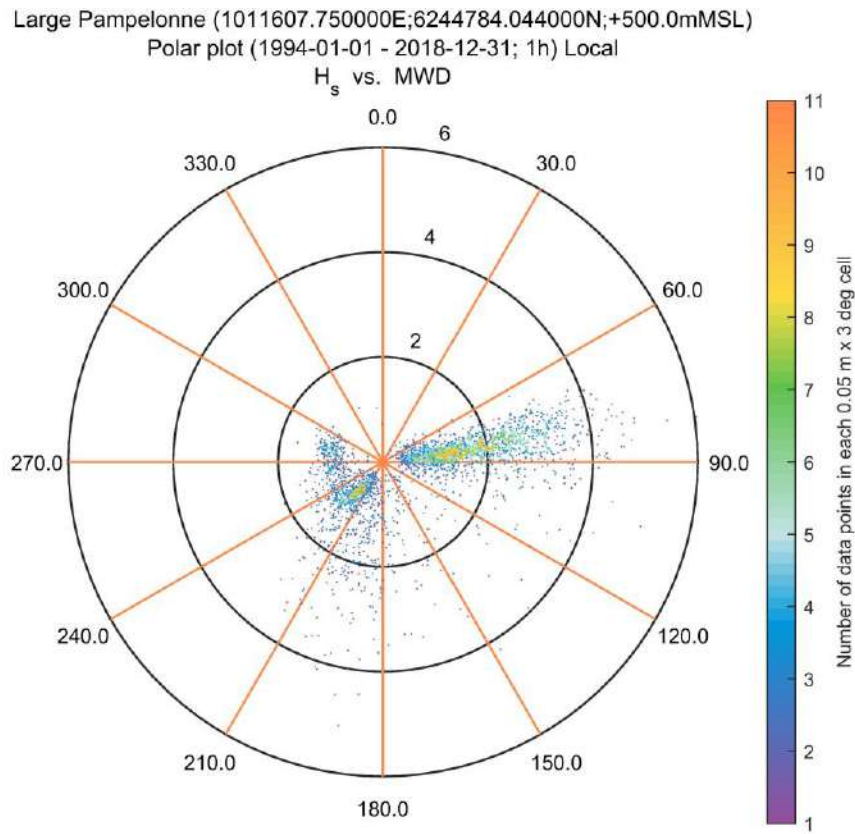


Figure 4.42 : Rose des houles de tempête au point Large Pampelonne.

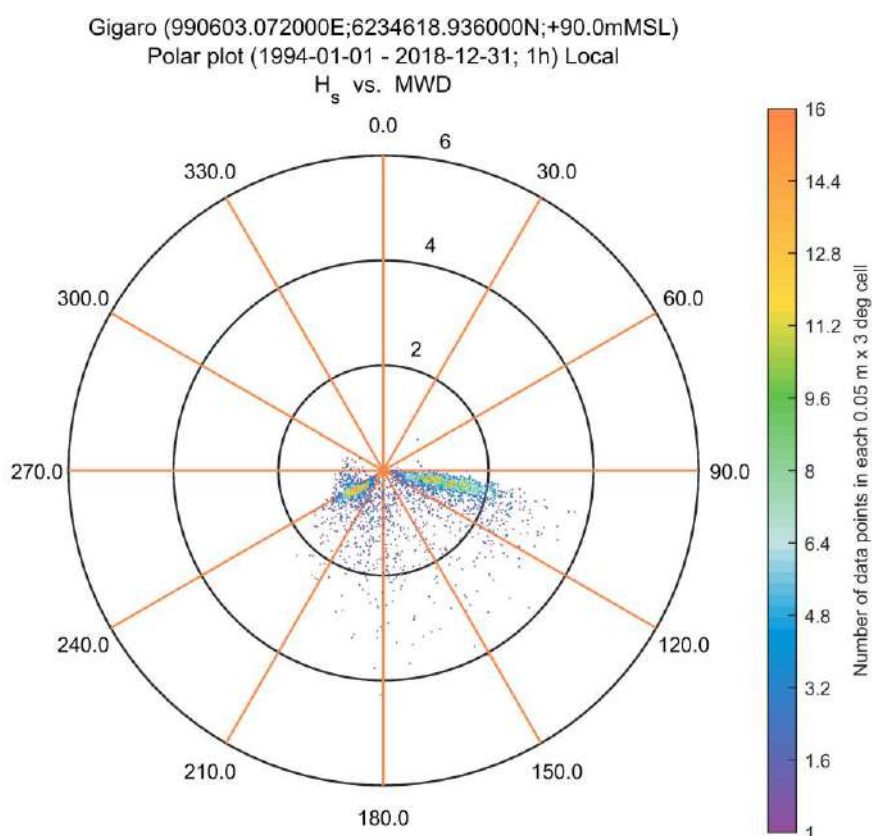


Figure 4.43 : Rose des houles de tempête au point Gigaro.

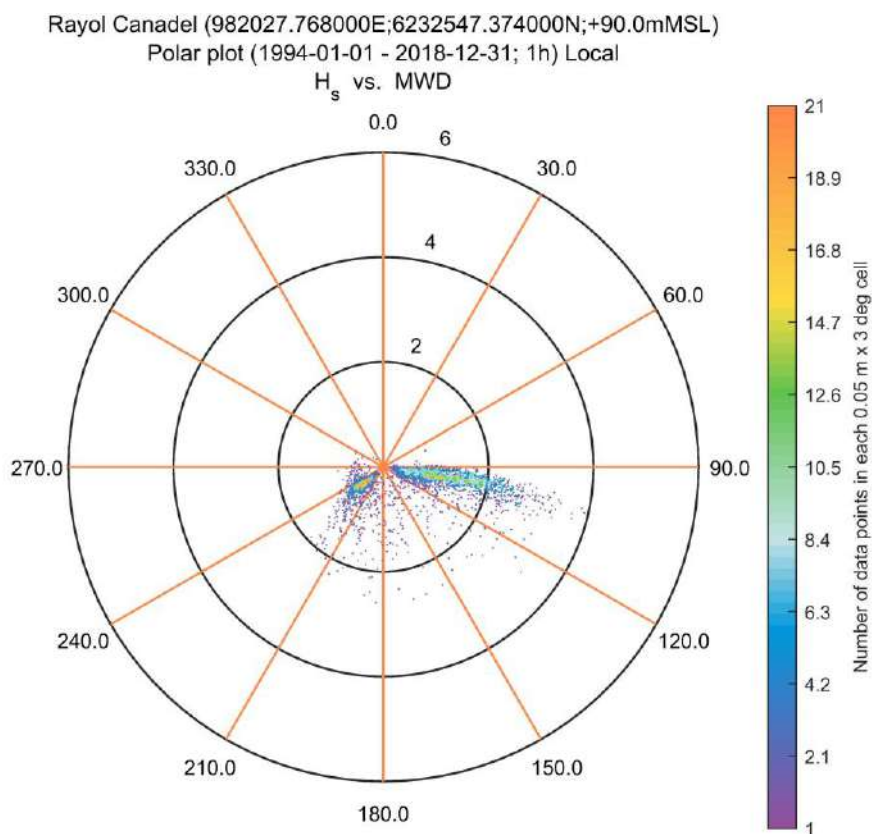


Figure 4.44 : Rose des houles de tempête au point Rayol-Canadel.

arge Maures Occidentales (993686.328000E;6226573.566000N;+970.0mMSL)
 Polar plot (1994-01-01 - 2018-12-31; 1h) Local
 H_s vs. MWD

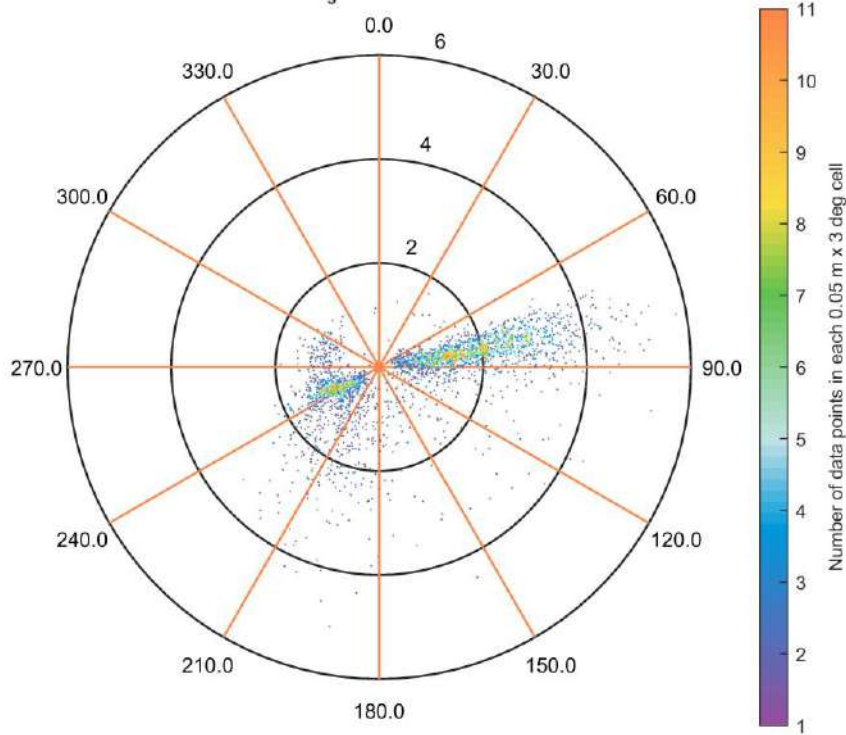


Figure 4.45 : Rose des houles de tempête au point Large Maures Occidentales.

Large Iles Hyères (983087.637000E;6215878.524000N;+170.0mMSL)
 Polar plot (1994-01-01 - 2018-12-31; 1h) Local
 H_s vs. MWD

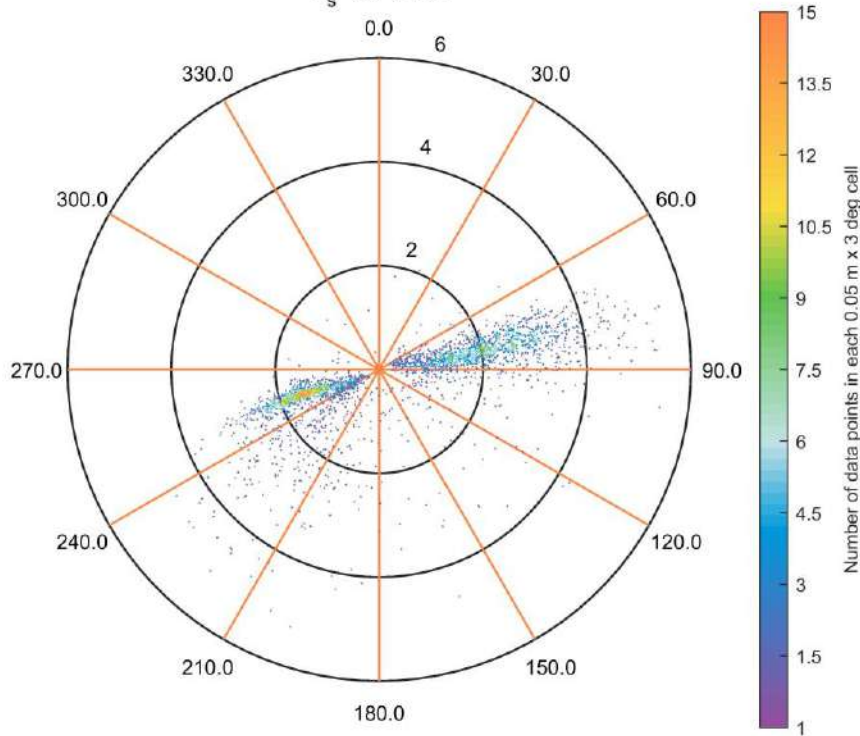


Figure 4.46 : Rose des houles de tempête au point Large Iles d'Hyères.

4.2.5 Houles extrêmes par secteurs directionnels

Les hauteurs de houles extrêmes par secteur directionnel sont données ci-dessous de la Figure 4.47 à la Figure 4.64.

	T_R (years)					
	1	5	10	30	50	100
0 Central Est.	0.40	0.50	0.54	0.60	0.63	0.66
30 Central Est.	0.44	0.53	0.56	0.61	0.63	0.65
60 Central Est.	0.81	1.06	1.17	1.34	1.42	1.53
90 Central Est.	3.55	4.21	4.49	4.93	5.13	5.40
120 Central Est.	2.26	2.96	3.23	3.66	3.84	4.10
150 Central Est.	1.84	2.43	2.67	3.03	3.19	3.41
180 Central Est.	0.76	0.99	1.09	1.25	1.33	1.43
210 Central Est.	0.53	0.65	0.71	0.80	0.84	0.90
240 Central Est.	0.48	0.58	0.62	0.69	0.72	0.76
270 Central Est.	0.45	0.53	0.56	0.61	0.63	0.66
300 Central Est.	0.42	0.48	0.50	0.54	0.55	0.58
330 Central Est.	0.40	0.47	0.50	0.54	0.56	0.58
All Central Est.	3.55	4.21	4.49	4.93	5.13	5.40

Figure 4.47 : Estimations des hauteurs significatives pour le point Nartelle (2p Weibull, LS, $\lambda=3$).

Nartelle (1000623.653000E;6254708.273000N;+150.0mMSL)
 Extreme H_s (1994-01-01 - 2018-12-31; 1h)Local Directional

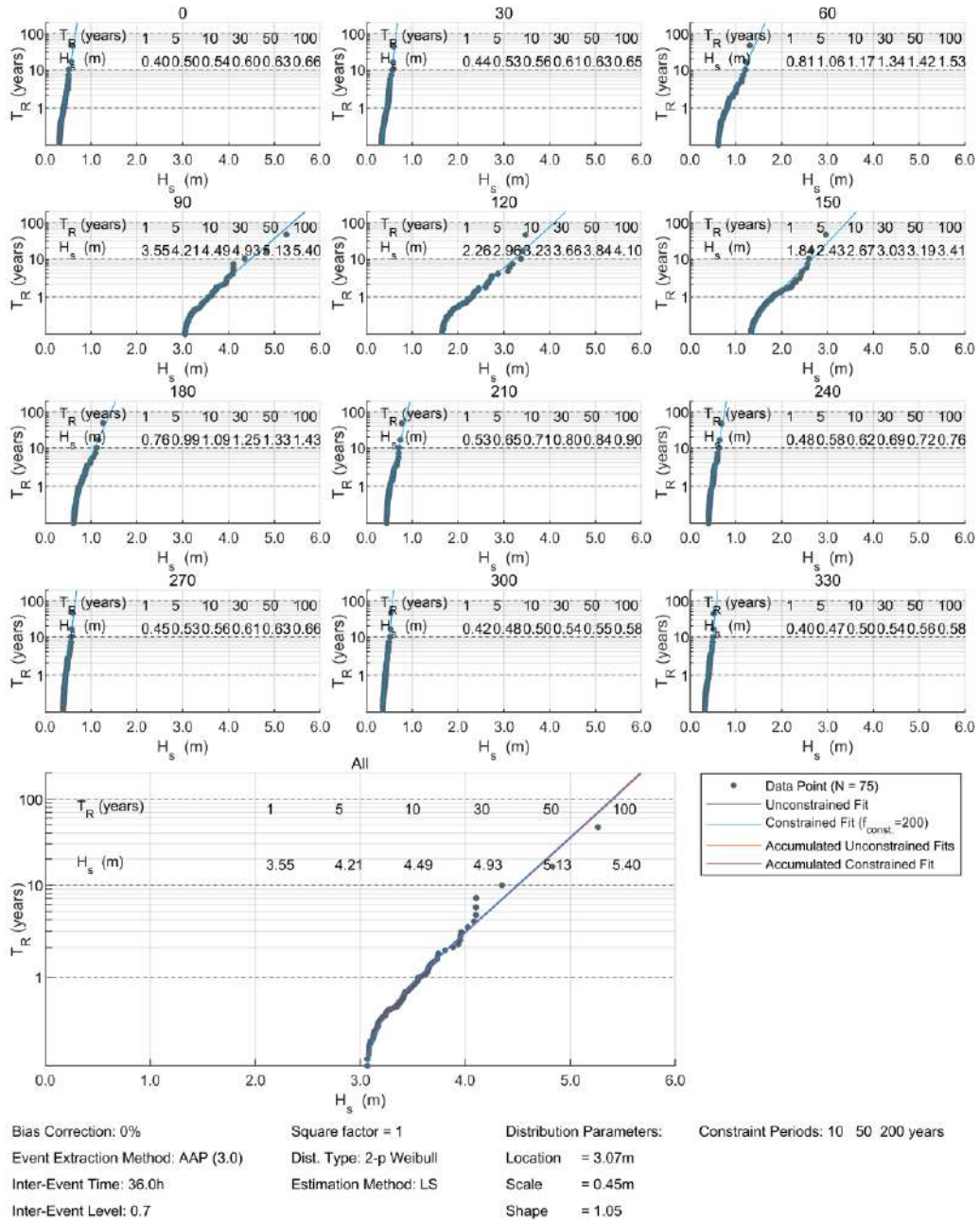


Figure 4.48 : Distribution directionnelle des hauteurs significatives extrêmes basée sur une distribution de Weibull à deux paramètres, ML, AAP 3 événements/an au point Nartelle.

H_s (m)	T_R (years)					
	1	5	10	30	50	100
0 Central Est.	0.66	0.90	1.00	1.14	1.21	1.29
30 Central Est.	0.76	0.97	1.04	1.15	1.20	1.26
60 Central Est.	1.76	2.45	2.73	3.16	3.36	3.62
90 Central Est.	3.77	4.39	4.64	5.03	5.21	5.45
120 Central Est.	2.92	3.69	4.00	4.47	4.68	4.97
150 Central Est.	2.52	3.37	3.71	4.25	4.49	4.82
180 Central Est.	2.75	3.65	4.01	4.56	4.81	5.14
210 Central Est.	1.90	2.36	2.55	2.82	2.94	3.11
240 Central Est.	1.20	1.48	1.60	1.80	1.88	2.01
270 Central Est.	1.06	1.23	1.30	1.41	1.46	1.53
300 Central Est.	0.88	1.01	1.07	1.15	1.19	1.24
330 Central Est.	0.73	0.90	0.96	1.04	1.08	1.13
All Central Est.	3.87	4.54	4.82	5.26	5.46	5.73

Figure 4.49 : Estimations des hauteurs significatives pour le point Large Maures Orientales (2p Weibull, LS, $\lambda=3$).

Large Maures Orientales (1011222.343000E;6255382.735000N;+800.0mMSL)
 Extreme H_s (1994-01-01 - 2018-12-31; 1h)Local Directional

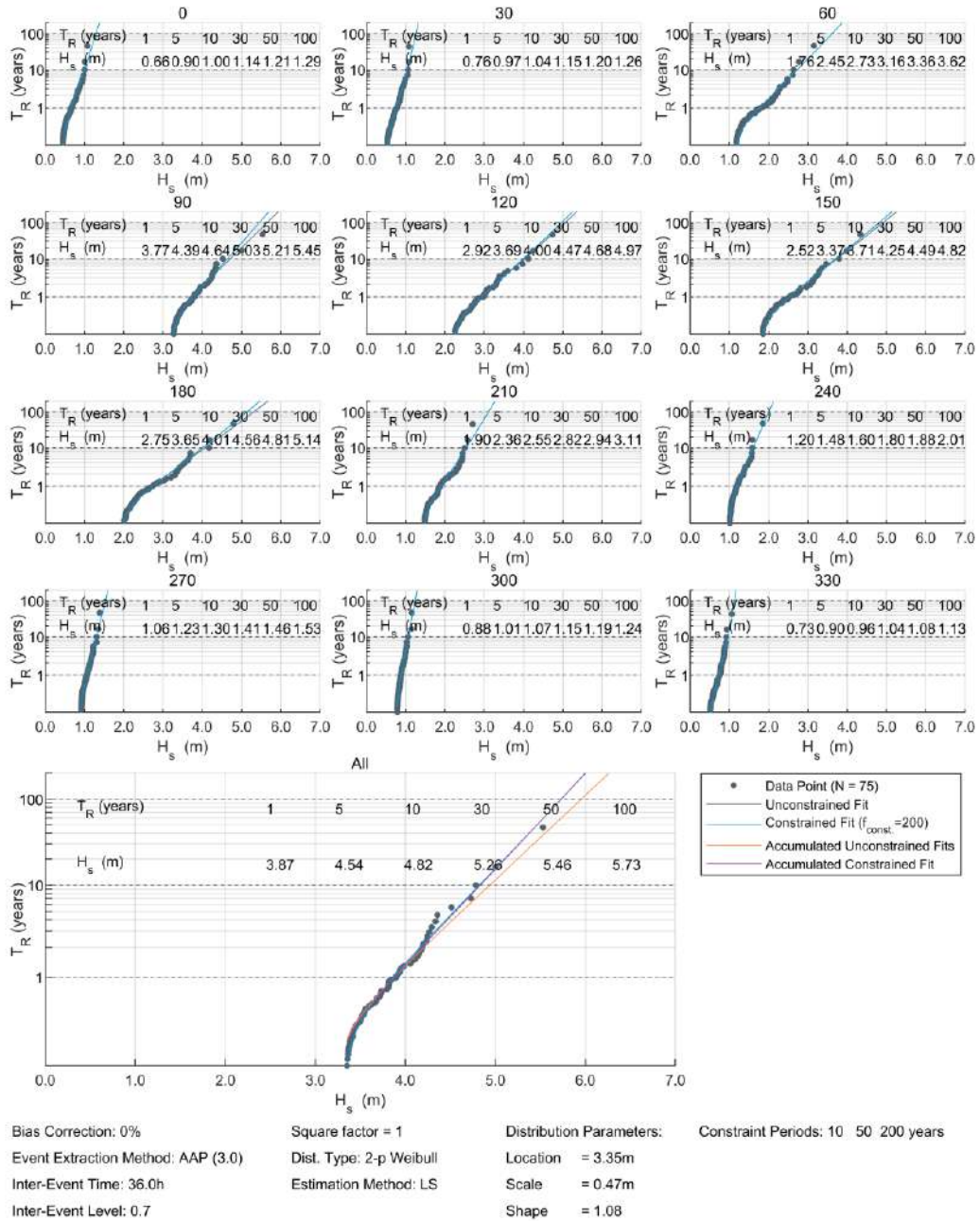


Figure 4.50 : Distribution directionnelle des hauteurs significatives extrêmes basée sur une distribution de Weibull à deux paramètres, ML, AAP 3 événements/an au point Large Maures Orientales.

	T_R (years)					
	1	5	10	30	50	100
0 Central Est.	0.61	0.72	0.76	0.82	0.85	0.89
30 Central Est.	0.63	0.77	0.82	0.90	0.93	0.98
60 Central Est.	1.18	1.80	2.10	2.62	2.88	3.23
90 Central Est.	3.68	4.35	4.63	5.07	5.27	5.53
120 Central Est.	2.04	2.69	2.96	3.37	3.56	3.81
150 Central Est.	1.73	2.27	2.49	2.82	2.97	3.16
180 Central Est.	0.80	0.98	1.06	1.18	1.23	1.30
210 Central Est.	0.66	0.80	0.86	0.95	0.98	1.04
240 Central Est.	0.62	0.78	0.84	0.95	1.00	1.07
270 Central Est.	0.63	0.76	0.82	0.91	0.95	1.01
300 Central Est.	0.64	0.73	0.77	0.82	0.85	0.88
330 Central Est.	0.61	0.69	0.73	0.77	0.79	0.81
All Central Est.	3.68	4.35	4.63	5.07	5.27	5.53

Figure 4.51 : Estimations des hauteurs significatives pour le point Entrée Golfe de Saint-Tropez (2p Weibull, LS, $\lambda=3$).

Entrée Golfe Saint Tropez (1000720.004000E;6250854.203000N;+200.0mMSL)
 Extreme H_s (1994-01-01 - 2018-12-31; 1h)Local Directional

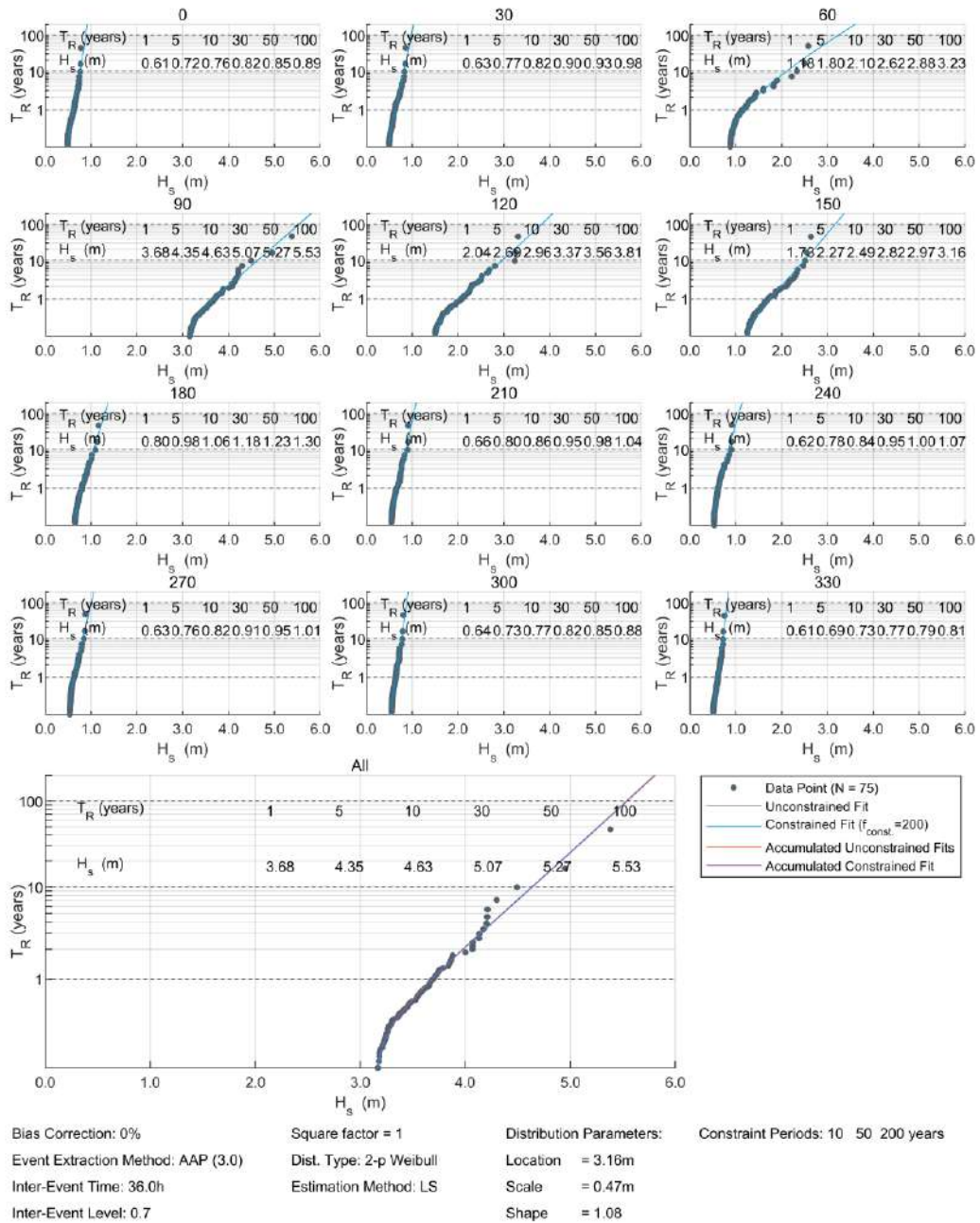


Figure 4.52 : Distribution directionnelle des hauteurs significatives extrêmes basée sur une distribution de Weibull à deux paramètres, ML, AAP 3 événements/an au point Entrée Golfe de Saint-Tropez.

H_s (m)	T_R (years)					
	1	5	10	30	50	100
0 Central Est.	0.58	0.69	0.74	0.80	0.83	0.87
30 Central Est.	0.64	0.79	0.85	0.94	0.98	1.04
60 Central Est.	2.59	3.22	3.45	3.80	3.95	4.15
90 Central Est.	3.95	4.58	4.83	5.21	5.38	5.61
120 Central Est.	2.70	3.45	3.76	4.23	4.45	4.73
150 Central Est.	2.41	3.23	3.58	4.11	4.36	4.68
180 Central Est.	2.21	3.03	3.38	3.94	4.20	4.56
210 Central Est.	0.82	1.05	1.16	1.33	1.41	1.52
240 Central Est.	0.65	0.79	0.85	0.94	0.98	1.04
270 Central Est.	0.61	0.74	0.79	0.88	0.92	0.97
300 Central Est.	0.58	0.67	0.71	0.76	0.79	0.82
330 Central Est.	0.57	0.65	0.69	0.74	0.77	0.80
All Central Est.	3.97	4.63	4.89	5.30	5.48	5.73

Figure 4.53 : Estimations des hauteurs significatives pour le point Pampelonne (2p Weibull, LS, $\lambda=3$).

Pampelonne (1001009.060000E;6243965.054000N;+70.0mMSL)
 Extreme H_s (1994-01-01 - 2018-12-31; 1h)Local Directional

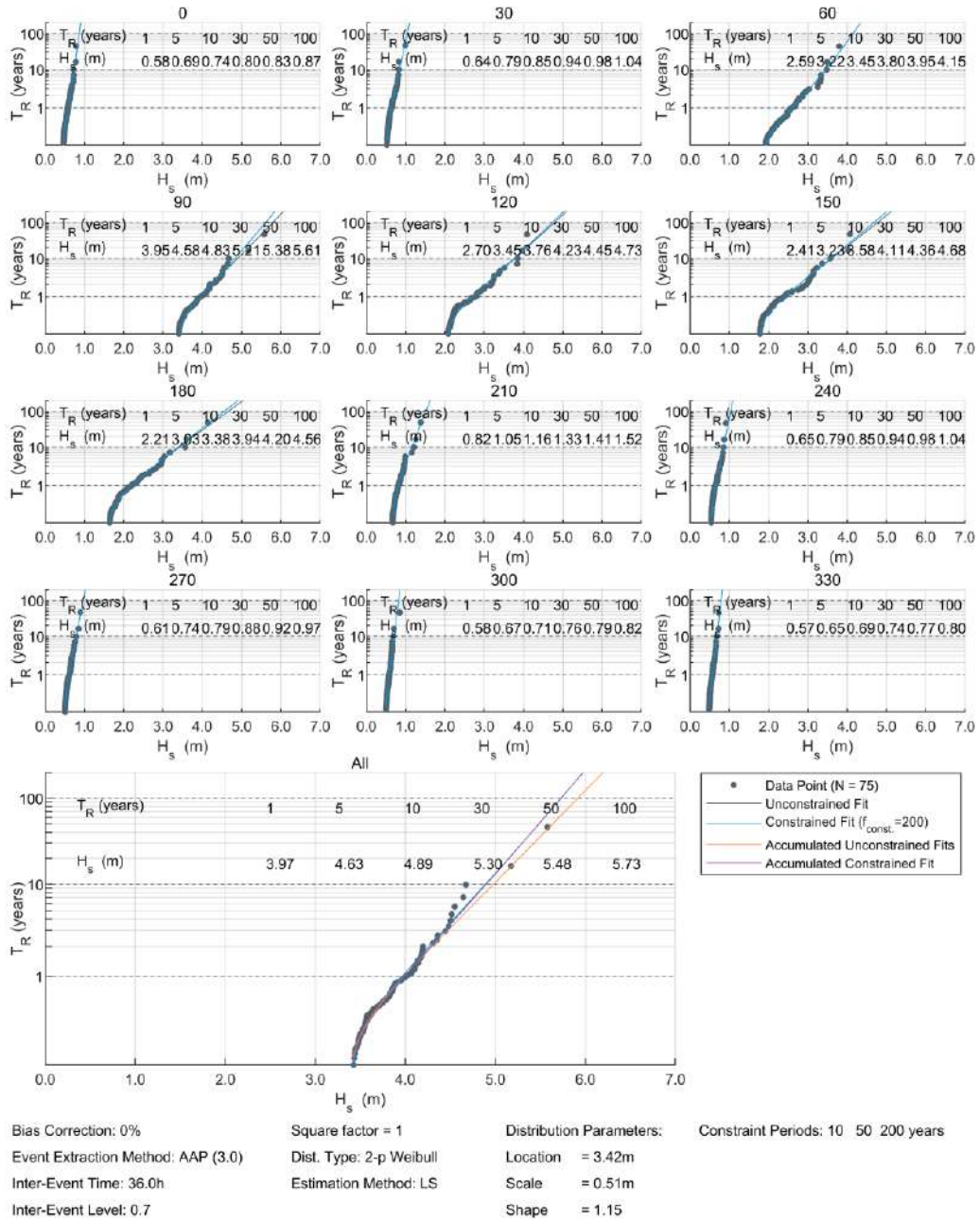


Figure 4.54 : Distribution directionnelle des hauteurs significatives extrêmes basée sur une distribution de Weibull à deux paramètres, ML, AAP 3 événements/an au point Pampelonne.

	T_R (years)					
	1	5	10	30	50	100
0 Central Est.	0.91	1.19	1.30	1.47	1.55	1.65
30 Central Est.	0.96	1.26	1.39	1.58	1.67	1.80
60 Central Est.	3.44	4.02	4.23	4.54	4.68	4.86
90 Central Est.	4.11	4.81	5.08	5.50	5.69	5.94
120 Central Est.	2.89	3.67	3.98	4.45	4.67	4.95
150 Central Est.	2.60	3.44	3.77	4.29	4.52	4.84
180 Central Est.	2.90	3.86	4.25	4.85	5.12	5.49
210 Central Est.	2.77	3.69	4.05	4.60	4.85	5.18
240 Central Est.	1.69	2.02	2.15	2.35	2.44	2.56
270 Central Est.	1.43	1.69	1.79	1.94	2.01	2.11
300 Central Est.	1.25	1.43	1.52	1.64	1.71	1.79
330 Central Est.	0.98	1.18	1.25	1.36	1.40	1.46
All Central Est.	4.22	4.93	5.23	5.68	5.89	6.17

Figure 4.55 : Estimations des hauteurs significatives pour le point Large Pampelonne (2p Weibull, LS, $\lambda=3$).

Large Pampelonne (1011607.750000E;6244784.044000N;+500.0mMSL)
 Extreme H_s (1994-01-01 - 2018-12-31; 1h)Local Directional

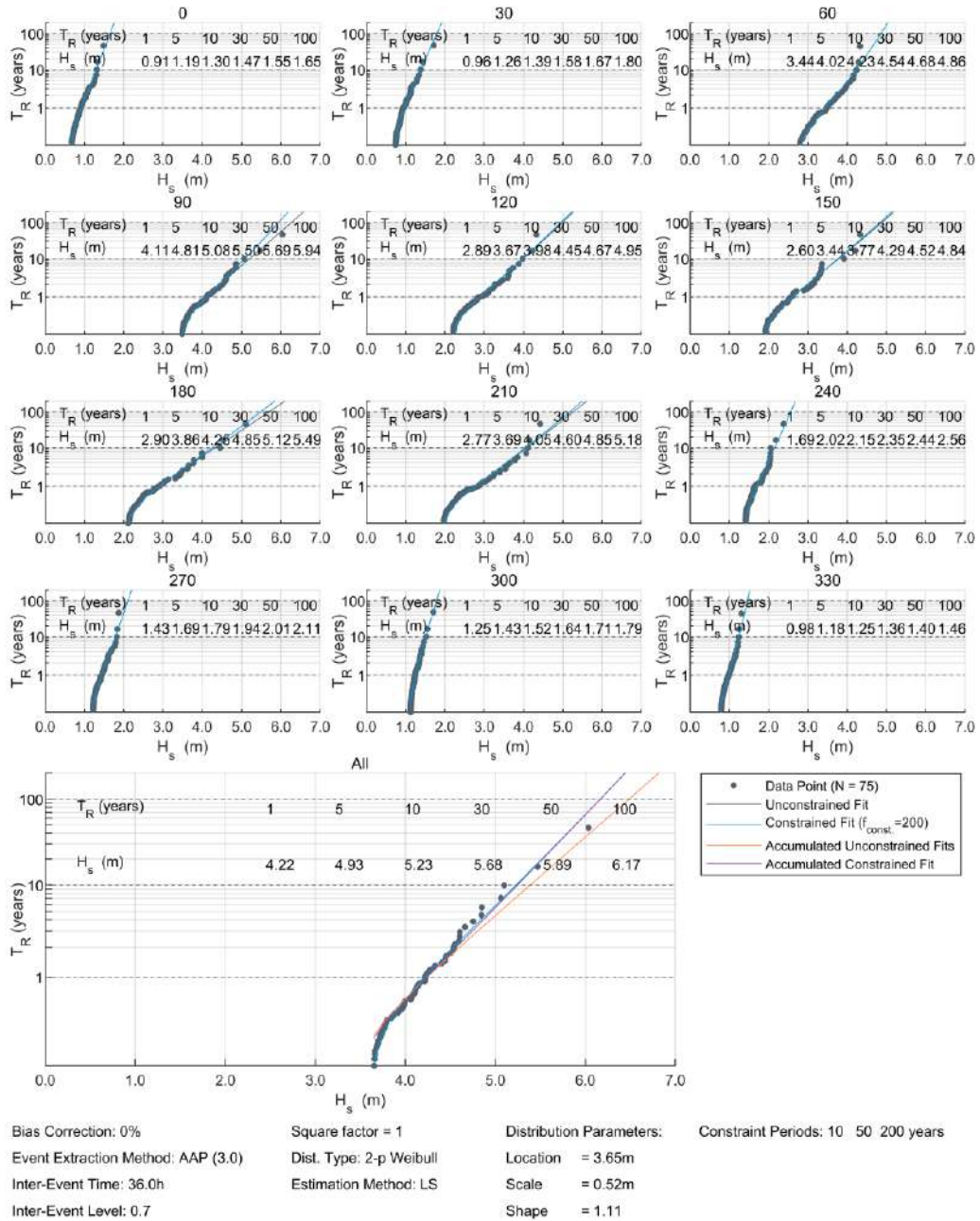


Figure 4.56 : Distribution directionnelle des hauteurs significatives extrêmes basée sur une distribution de Weibull à deux paramètres, ML, AAP 3 événements/an au point Large Pampelonne.

H_s (m)	T_R (years)					
	1	5	10	30	50	100
0 Central Est.	0.41	0.65	0.74	0.88	0.94	1.02
30 Central Est.	0.45	0.67	0.75	0.86	0.91	0.98
60 Central Est.	0.54	0.74	0.81	0.91	0.96	1.02
90 Central Est.	2.62	3.13	3.34	3.66	3.80	4.00
120 Central Est.	2.87	3.36	3.56	3.87	4.01	4.19
150 Central Est.	2.60	3.25	3.49	3.85	4.01	4.21
180 Central Est.	2.49	3.17	3.43	3.83	4.00	4.23
210 Central Est.	1.92	2.42	2.62	2.92	3.06	3.24
240 Central Est.	1.29	1.65	1.81	2.08	2.20	2.38
270 Central Est.	0.89	1.05	1.12	1.24	1.30	1.37
300 Central Est.	0.72	0.80	0.84	0.89	0.91	0.94
330 Central Est.	0.48	0.64	0.69	0.76	0.79	0.83
All Central Est.	3.13	3.68	3.89	4.22	4.37	4.56

Figure 4.57 : Estimations des hauteurs significatives pour le point Gigaro (2p Weibull, LS, $\lambda=3$).

Gigaro (990603.072000E;6234618.936000N;+90.0mMSL)
 Extreme H_s (1994-01-01 - 2018-12-31; 1h)Local Directional

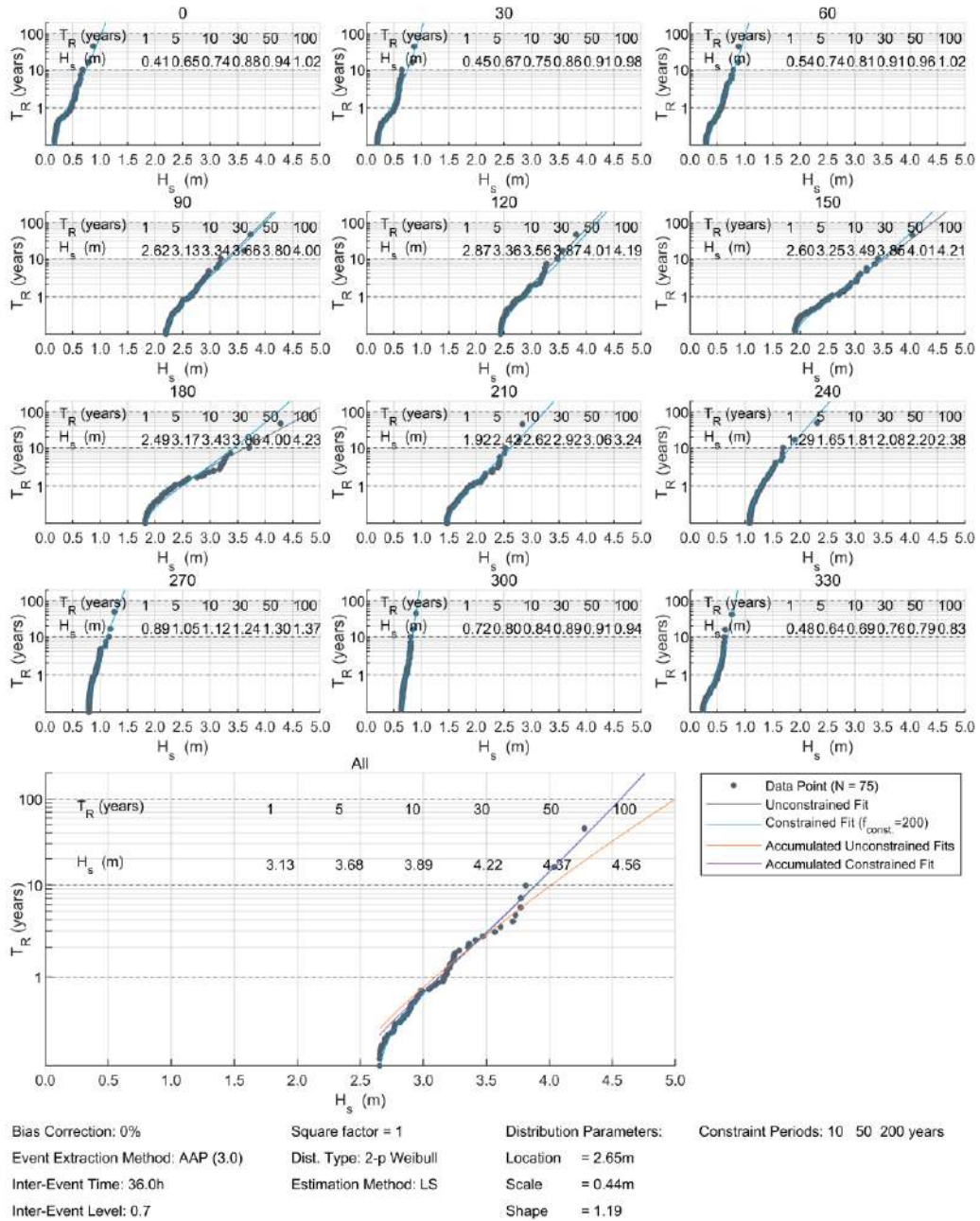


Figure 4.58 : Distribution directionnelle des hauteurs significatives extrêmes basée sur une distribution de Weibull à deux paramètres, ML, AAP 3 événements/an au point Gigaro.

H_s (m)	T_R (years)					
	1	5	10	30	50	100
0 Central Est.	0.40	0.56	0.62	0.69	0.72	0.77
30 Central Est.	0.41	0.60	0.67	0.77	0.81	0.87
60 Central Est.	0.54	0.67	0.71	0.78	0.81	0.84
90 Central Est.	2.92	3.41	3.61	3.91	4.05	4.24
120 Central Est.	2.64	3.10	3.29	3.57	3.69	3.86
150 Central Est.	1.77	2.35	2.58	2.93	3.08	3.29
180 Central Est.	1.63	2.18	2.41	2.77	2.93	3.15
210 Central Est.	1.65	2.06	2.22	2.45	2.56	2.69
240 Central Est.	1.05	1.34	1.47	1.67	1.77	1.90
270 Central Est.	0.70	0.82	0.87	0.96	1.00	1.05
300 Central Est.	0.56	0.65	0.69	0.74	0.77	0.80
330 Central Est.	0.45	0.56	0.60	0.65	0.68	0.71
All Central Est.	3.00	3.48	3.67	3.97	4.11	4.29

Figure 4.59 : Estimations des hauteurs significatives pour le point Rayol-Canadel (2p Weibull, LS, $\lambda=3$).

Rayol Canadel (982027.768000E;6232547.374000N;+90.0mMSL)
 Extreme H_s (1994-01-01 - 2018-12-31; 1h)Local Directional

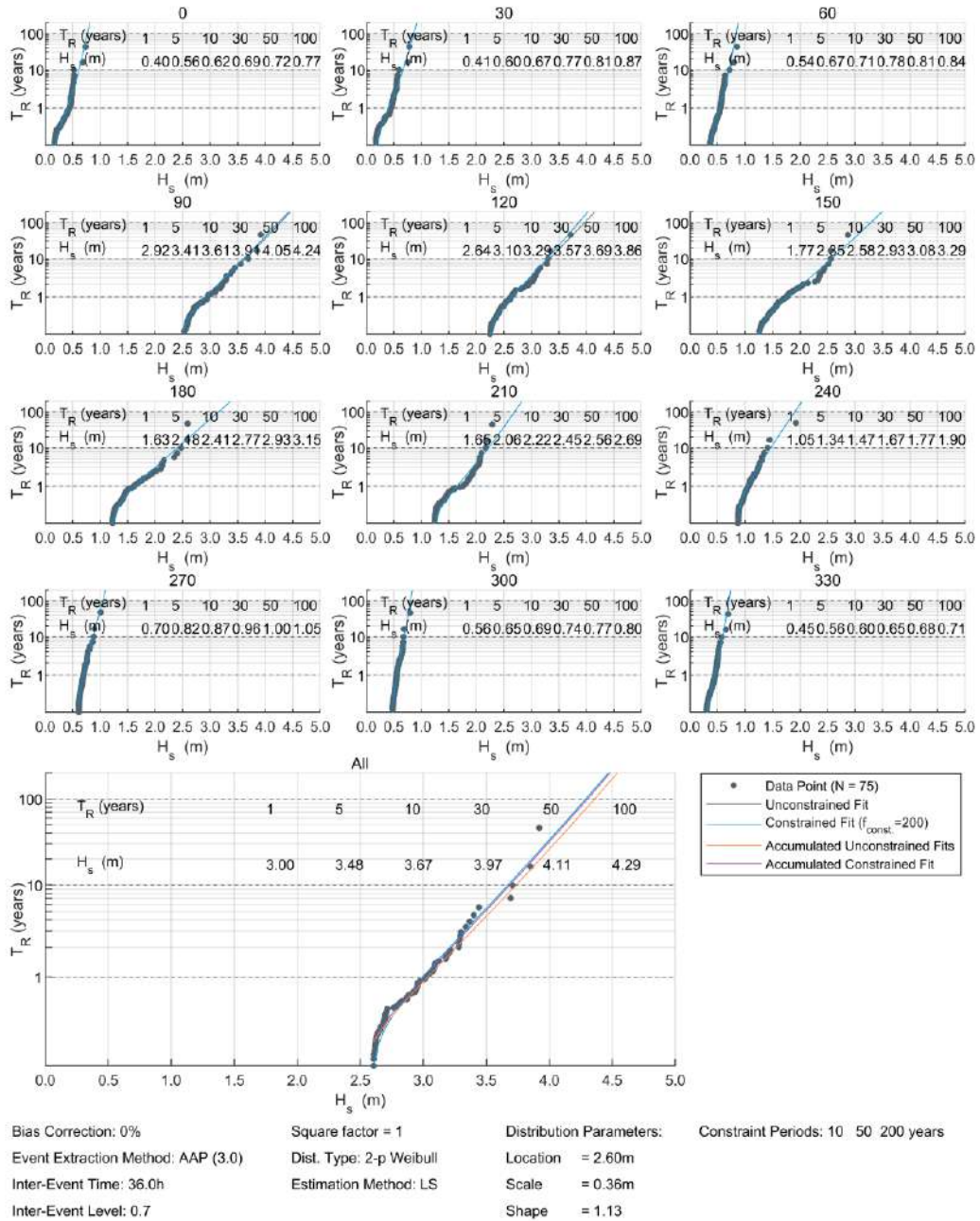


Figure 4.60 : Distribution directionnelle des hauteurs significatives extrêmes basée sur une distribution de Weibull à deux paramètres, ML, AAP 3 événements/an au point Rayol-Canadel.

H_s (m)	T_R (years)					
	1	5	10	30	50	100
0 Central Est.	1.16	1.46	1.58	1.76	1.84	1.95
30 Central Est.	1.22	1.54	1.66	1.86	1.95	2.07
60 Central Est.	3.74	4.38	4.62	4.98	5.13	5.34
90 Central Est.	4.41	5.17	5.46	5.90	6.10	6.37
120 Central Est.	2.98	3.74	4.04	4.49	4.69	4.96
150 Central Est.	2.66	3.49	3.81	4.30	4.52	4.81
180 Central Est.	2.89	3.89	4.30	4.93	5.22	5.61
210 Central Est.	2.98	3.93	4.31	4.90	5.16	5.52
240 Central Est.	2.08	2.64	2.89	3.29	3.48	3.73
270 Central Est.	1.56	1.81	1.92	2.08	2.15	2.25
300 Central Est.	1.40	1.64	1.74	1.89	1.97	2.07
330 Central Est.	1.18	1.41	1.51	1.66	1.73	1.82
All Central Est.	4.49	5.24	5.55	6.02	6.23	6.52

Figure 4.61 : Estimations des hauteurs significatives pour le point Large Maures Occidentales (2p Weibull, LS, $\lambda=3$).

Large Maures Occidentales (993686.328000E;6226573.566000N;+970.0mMSL)
 Extreme H_s (1994-01-01 - 2018-12-31; 1h)Local Directional

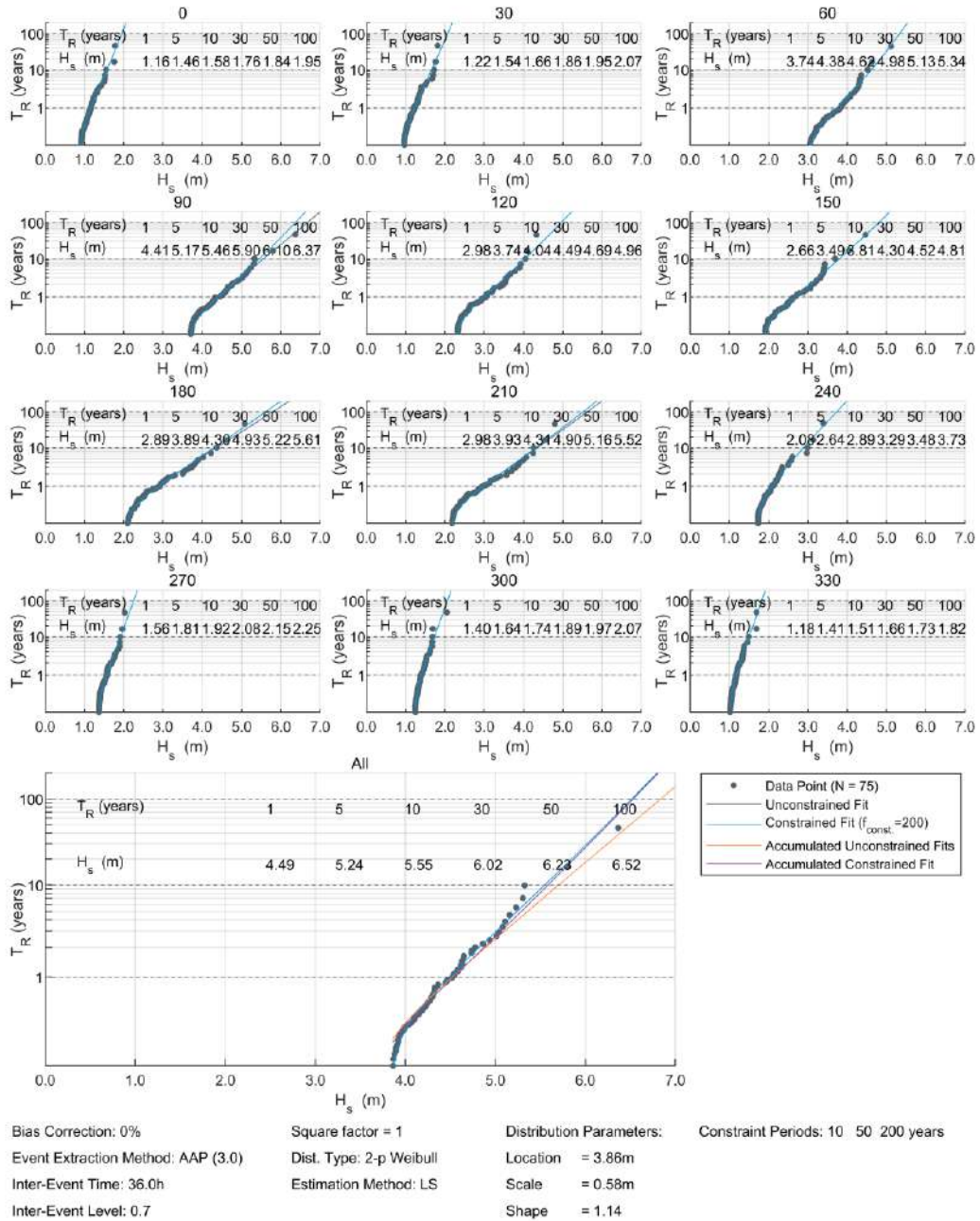


Figure 4.62 : Distribution directionnelle des hauteurs significatives extrêmes basée sur une distribution de Weibull à deux paramètres, ML, AAP 3 événements/an au point Large Maures Occidentales.

H_s (m)	T_R (years)					
	1	5	10	30	50	100
0 Central Est.	1.42	1.82	1.98	2.21	2.31	2.44
30 Central Est.	1.61	1.97	2.11	2.33	2.42	2.55
60 Central Est.	3.90	4.60	4.87	5.27	5.45	5.68
90 Central Est.	4.54	5.29	5.58	6.01	6.20	6.46
120 Central Est.	2.96	3.68	3.97	4.42	4.63	4.90
150 Central Est.	2.66	3.55	3.92	4.48	4.74	5.09
180 Central Est.	2.79	3.72	4.10	4.68	4.94	5.29
210 Central Est.	3.35	4.35	4.75	5.35	5.62	5.98
240 Central Est.	3.37	4.12	4.43	4.91	5.13	5.43
270 Central Est.	2.10	2.41	2.55	2.76	2.86	3.00
300 Central Est.	1.51	1.83	1.96	2.14	2.23	2.34
330 Central Est.	1.36	1.72	1.86	2.07	2.17	2.29
All Central Est.	4.70	5.44	5.73	6.18	6.38	6.66

Figure 4.63 : Estimations des hauteurs significatives pour le point Large Iles d'Hyères (2p Weibull, LS, $\lambda=3$).

Large Iles Hyères (983087.637000E;6215878.524000N;+170.0mMSL)
 Extreme H_s (1994-01-01 - 2018-12-31; 1h)Local Directional

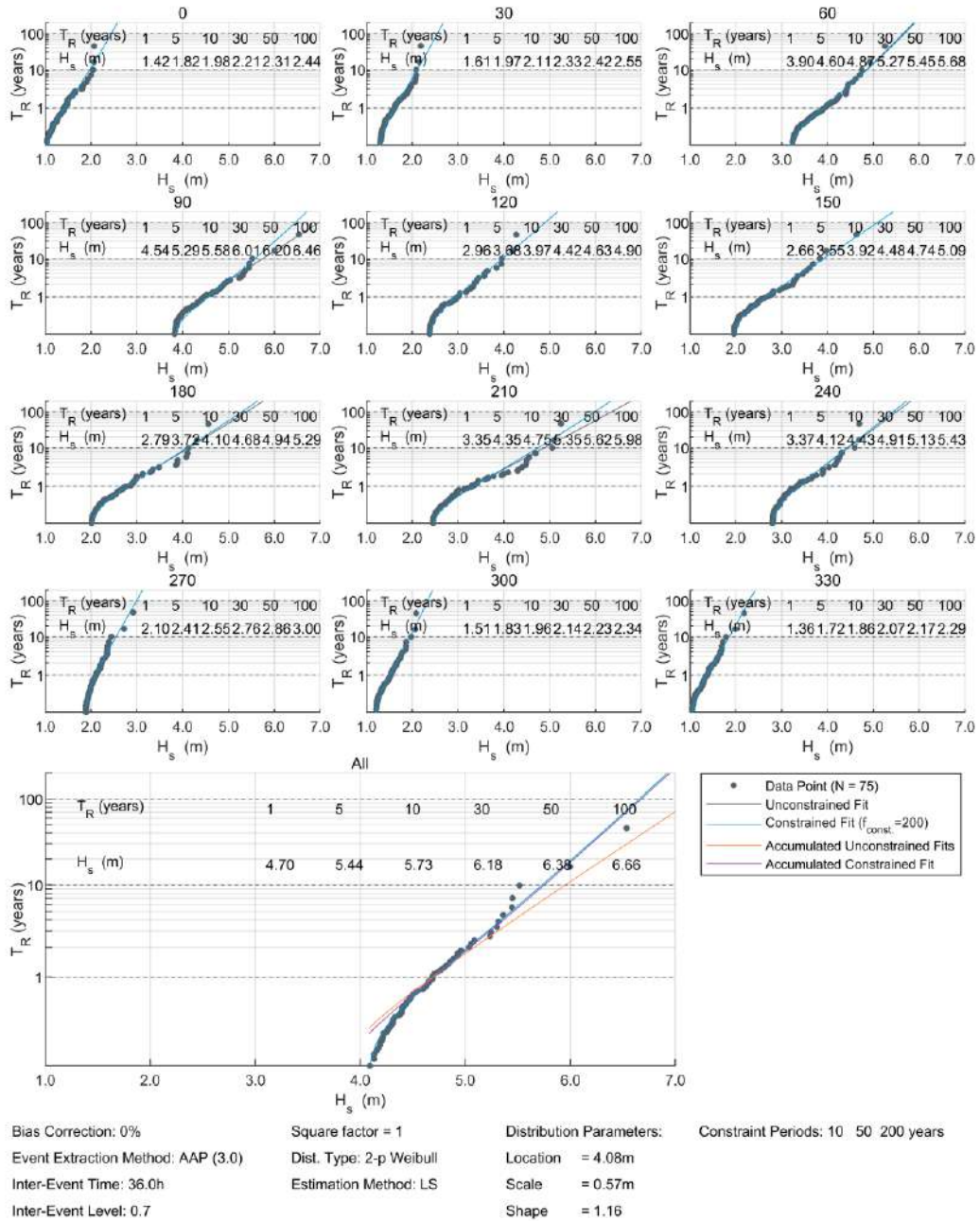


Figure 4.64 : Distribution directionnelle des hauteurs significatives extrêmes basée sur une distribution de Weibull à deux paramètres, ML, AAP 3 événements/an au point Large d'Iles d'Hyères.

ANNEXES



ANNEXE A – Tableaux d’occurrences associées aux diagrammes de distribution H_s/MWD , H_s/T_p et T_p/MWD





A Tableaux d'occurrences associés aux diagrammes de distribution H_s/MWD, H_s/T_p et T_p/MWD

A.1 Tableaux des occurrences de distribution H_s/MWD ; H_s/T_p et T_p/MWD pour le point Nartelle

Frequency of Occurrence [%] (1994-01-01 - 2018-12-31; 1h) All

H_s [m] - Local

MWD [°N-from] - Local	Frequency of Occurrence [%] (1994-01-01 - 2018-12-31; 1h) All												Total	Accum
	[0-0.5[	[0.5-1[	[1-1.5[	[1.5-2[	[2-2.5[	[2.5-3[	[3-3.5[	[3.5-4[	[4-4.5[	[4.5-5[	[5-5.5[	[5.5-6[
[326.25-348.75[	0.197	0.001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.198	100.000
[303.75-326.25[	0.392	0.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.392	99.802
[281.25-303.75[	1.663	0.004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.666	99.410
[258.75-281.25[	3.053	0.007	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.060	97.743
[236.25-258.75[	2.720	0.012	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.732	94.683
[213.75-236.25[	2.059	0.028	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.088	91.951
[191.25-213.75[	2.690	0.044	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.734	89.864
[168.75-191.25[	4.538	0.243	0.001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.782	87.130
[146.25-168.75[	7.011	1.941	0.383	0.093	0.032	0.001	-	-	-	-	-	-	9.462	82.348
[123.75-146.25[	5.189	1.395	0.331	0.074	0.035	0.010	0.003	-	-	-	-	-	7.037	72.886
[101.25-123.75[	6.942	2.916	0.835	0.238	0.079	0.024	0.008	0.001	-	-	-	-	11.043	65.848
[78.75-101.25[	18.365	12.529	6.643	4.278	2.531	1.241	0.355	0.099	0.018	0.005	0.002	-	46.067	54.805
[56.25-78.75[	6.855	0.950	0.069	0.007	0.003	-	-	-	-	-	-	-	7.884	8.738
[33.75-56.25[	0.481	0.014	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.495	0.854
[11.25-33.75[	0.202	0.003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.205	0.359
[-11.25-11.25[	0.152	0.002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.154	0.154
Total	62.511	20.090	8.261	4.690	2.680	1.277	0.365	0.100	0.018	0.005	0.002	-	100.000	-
Accum	62.511	82.600	90.862	95.552	98.232	99.509	99.875	99.975	99.993	99.998	100.000	100.000	-	-

Frequency of Occurrence [%] (1994-01-01 - 2018-12-31; 1h) All

H_s [m] - Local

T _p [s] - Local	H _s [m] - Local												Total	Accum	
	[0-0.5[	[0.5-1[	[1-1.5[	[1.5-2[	[2-2.5[	[2.5-3[	[3-3.5[	[3.5-4[	[4-4.5[	[4.5-5[	[5-5.5[	[5.5-6[
[24-25[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100.000
[23-24[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100.000
[22-23[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100.000
[21-22[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100.000
[20-21[	0.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.000	100.000
[19-20[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100.000
[18-19[	0.001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.001	100.000
[17-18[	0.003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.003	99.999
[16-17[	0.002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.002	99.996
[15-16[	0.005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.005	99.994
[14-15[	0.004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.004	99.989
[13-14[	0.005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.005	99.985
[12-13[	0.004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.004	99.979
[11-12[	0.011	0.007	-	-	-	-	-	-	-	0.000	0.002	-	-	0.020	99.975
[10-11[	0.012	0.012	0.002	0.000	0.002	0.003	-	0.001	0.006	0.005	-	-	-	0.044	99.955
[9-10[	0.021	0.014	0.011	0.016	0.020	0.078	0.094	0.077	0.011	-	-	-	-	0.343	99.911
[8-9[	0.053	0.071	0.061	0.162	0.551	0.860	0.266	0.022	-	-	-	-	-	2.047	99.569
[7-8[	0.130	0.333	0.699	2.088	1.984	0.335	0.005	-	-	-	-	-	-	5.573	97.522
[6-7[	0.527	2.277	4.532	2.383	0.124	0.001	-	-	-	-	-	-	-	9.844	91.949
[5-6[	2.789	9.892	2.926	0.041	0.000	-	-	-	-	-	-	-	-	15.649	82.105
[4-5[	13.464	7.083	0.030	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.577	66.456
[3-4[	24.247	0.386	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24.632	46.879
[2-3[	19.335	0.016	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19.351	21.247
[1-2[	1.896	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.896	1.896
[0-1[-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	62.511	20.090	8.261	4.690	2.680	1.277	0.365	0.100	0.018	0.005	0.002	-	-	100.000	-
Accum	62.511	82.600	90.862	95.552	98.232	99.509	99.875	99.975	99.993	99.998	100.000	100.000	-	-	-

Tableaux d'occurrences associés aux diagrammes de distribution Hs/MWD, Hs/Tp et Tp/MWD



Frequency of Occurrence [%] (1994-01-01 - 2018-12-31; 1h) All

MWD [°N-from] - Local	T _p [s] - Local																				Total	Accum						
	[0-1[	[1-2[	[2-3[	[3-4[	[4-5[	[5-6[	[6-7[	[7-8[	[8-9[	[9-10[	[10-11[	[11-12[	[12-13[	[13-14[	[14-15[	[15-16[	[16-17[	[17-18[	[18-19[	[19-20[			[20-21[	[21-22[	[22-23[	[23-24[	[24-25[
[326.25-348.75[	-	0.021	0.175	0.002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.198	100.000
[303.75-326.25[	-	0.098	0.291	0.004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.392	99.802
[281.25-303.75[	-	0.857	1.008	0.000	0.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.866	99.410
[258.75-281.25[	-	0.732	2.321	0.007	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.060	97.743
[236.25-258.75[	-	0.228	2.469	0.035	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.732	94.683
[213.75-236.25[	-	0.085	1.735	0.288	0.001	0.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.088	91.951
[191.25-213.75[	-	0.026	1.567	1.050	0.089	0.001	0.000	-	-	-	-	-	0.000	-	-	-	-	-	0.000	-	-	-	-	-	-	-	2.734	89.864
[168.75-191.25[	-	0.003	1.164	1.819	1.145	0.448	0.176	0.026	0.001	-	0.001	-	-	0.000	-	-	-	-	-	0.000	-	-	-	-	-	-	4.782	87.130
[146.25-168.75[	-	0.003	1.091	2.272	2.336	1.879	1.043	0.507	0.210	0.083	0.025	0.017	0.002	0.005	0.001	0.004	0.002	0.002	0.000	-	-	-	-	-	-	-	9.462	82.348
[123.75-146.25[	-	0.003	0.926	2.334	1.959	1.217	0.418	0.144	0.026	0.003	0.002	0.000	0.001	0.000	0.002	0.001	0.000	-	-	0.000	-	-	-	-	-	-	7.037	72.886
[101.25-123.75[	-	0.007	1.202	3.746	3.248	1.918	0.680	0.215	0.027	0.001	-	0.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.043	65.848
[78.75-101.25[	-	0.007	2.583	9.855	10.295	9.426	7.219	4.612	1.776	0.276	0.016	0.002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	46.067	54.805
[56.25-78.75[	-	0.010	2.127	3.099	1.501	0.764	0.307	0.069	0.007	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.884	8.738
[33.75-56.25[	-	0.015	0.380	0.007	0.003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.495	0.854
[11.25-33.75[	-	0.011	0.172	0.021	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.205	0.359
[-11.25-11.25[	-	0.010	0.139	0.005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.154	0.154
Total	-	1.896	19.351	24.632	20.577	15.649	9.844	5.573	2.047	0.343	0.044	0.020	0.004	0.005	0.004	0.005	0.002	0.003	0.001	-	0.000	-	-	-	-	100.000	-	
Accum	-	1.896	21.247	45.879	66.456	82.105	91.949	97.522	99.569	99.911	99.955	99.975	99.979	99.985	99.989	99.994	99.996	99.999	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	-	-	-

A.2 Tableaux des occurrences de distribution Hs/MWD ; Hs/Tp et Tp/MWD pour le point Large Maures Orientales

Frequency of Occurrence [%] (1994-01-01 - 2018-12-31; 1h) All
H_s [m] - Local

MWD [°N-from] - Local	Frequency of Occurrence [%] (1994-01-01 - 2018-12-31; 1h) All												Total	Accum
	[0-0.5[	[0.5-1[	[1-1.5[	[1.5-2[	[2-2.5[	[2.5-3[	[3-3.5[	[3.5-4[	[4-4.5[	[4.5-5[	[5-5.5[	[5.5-6[
[326.25-348.75[	0.112	0.044	0.001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.157	100.000
[303.75-326.25[	0.145	0.096	0.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.241	99.843
[281.25-303.75[	0.441	0.868	0.012	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.321	99.602
[258.75-281.25[	1.378	2.618	0.051	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.047	98.281
[236.25-258.75[	1.707	2.379	0.080	0.003	-	-	-	-	-	-	-	-	4.168	94.233
[213.75-236.25[	2.365	2.476	0.206	0.020	-	-	-	-	-	-	-	-	5.067	90.065
[191.25-213.75[	5.954	3.330	0.974	0.271	0.059	0.012	0.001	-	-	-	-	-	10.602	84.998
[168.75-191.25[	5.902	2.453	0.951	0.429	0.156	0.067	0.040	0.010	0.004	0.001	-	-	10.012	74.396
[146.25-168.75[	3.907	1.381	0.490	0.158	0.059	0.024	0.010	0.006	0.001	-	-	-	6.035	64.384
[123.75-146.25[	3.383	1.255	0.434	0.136	0.063	0.038	0.010	0.002	0.000	-	-	-	5.321	58.349
[101.25-123.75[	4.525	2.246	0.888	0.411	0.231	0.104	0.046	0.009	0.007	0.002	-	-	8.469	53.028
[78.75-101.25[	10.443	10.165	5.743	3.783	2.484	1.368	0.497	0.147	0.031	0.008	0.003	0.000	34.673	44.559
[56.25-78.75[	4.943	2.565	0.659	0.246	0.159	0.064	0.020	0.005	-	-	-	-	8.660	9.886
[33.75-56.25[	0.719	0.110	0.006	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.835	1.226
[11.25-33.75[	0.209	0.041	0.001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.250	0.391
[-11.25-11.25[	0.109	0.031	0.001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.141	0.141
Total	46.240	32.058	10.496	5.467	3.211	1.676	0.623	0.178	0.044	0.012	0.003	0.000	100.000	-
Accum	46.240	78.298	88.795	94.252	97.463	99.139	99.762	99.941	99.984	99.996	100.000	100.000	-	-



Frequency of Occurrence [%] (1994-01-01 - 2018-12-31; 1h) All

H_s [m] - Local

T _p [s] - Local	H _s [m] - Local												Total	Accum
	[0-0.5[	[0.5-1[	[1-1.5[	[1.5-2[	[2-2.5[	[2.5-3[	[3-3.5[	[3.5-4[	[4-4.5[	[4.5-5[	[5-5.5[	[5.5-6[
[24-25[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100.000
[23-24[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100.000
[22-23[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100.000
[21-22[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100.000
[20-21[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100.000
[19-20[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100.000
[18-19[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100.000
[17-18[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100.000
[16-17[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100.000
[15-16[	0.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.000	100.000
[14-15[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100.000
[13-14[	0.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.000	100.000
[12-13[	0.002	-	-	0.003	0.001	-	-	-	-	-	-	-	0.006	99.999
[11-12[	0.001	-	0.002	0.008	0.001	0.001	-	-	0.001	0.000	-	-	0.015	99.993
[10-11[	0.003	0.005	0.007	0.016	0.010	0.006	0.005	0.006	0.004	0.003	0.003	0.000	0.068	99.978
[9-10[	0.007	0.016	0.052	0.052	0.045	0.029	0.057	0.049	0.033	0.008	0.000	-	0.348	99.910
[8-9[	0.034	0.092	0.233	0.223	0.226	0.599	0.488	0.123	0.006	-	-	-	2.024	99.561
[7-8[	0.108	0.349	0.790	1.302	2.390	1.037	0.073	-	-	-	-	-	6.049	97.537
[6-7[	0.381	2.027	4.305	3.699	0.538	0.004	-	-	-	-	-	-	10.955	91.488
[5-6[	2.325	10.125	4.871	0.154	0.000	-	-	-	-	-	-	-	17.476	80.533
[4-5[	12.926	13.256	0.224	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26.406	63.057
[3-4[	24.437	6.154	0.011	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30.603	36.651
[2-3[	5.996	0.034	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.029	6.048
[1-2[	0.019	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.019	0.019
[0-1[-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	46.240	32.058	10.496	5.457	3.211	1.676	0.623	0.178	0.044	0.012	0.003	0.000	100.000	-
Accum	46.240	78.298	88.795	94.252	97.463	99.139	99.762	99.941	99.984	99.996	100.000	100.000	-	-

Frequency of Occurrence [%] (1994-01-01 - 2018-12-31; 1h) All

MWD [°N-from] - Local	T _p [s] - Local																								Total	Accum	
	[0-1[	[1-2[	[2-3[	[3-4[	[4-5[	[5-6[	[6-7[	[7-8[	[8-9[	[9-10[	[10-11[	[11-12[	[12-13[	[13-14[	[14-15[	[15-16[	[16-17[	[17-18[	[18-19[	[19-20[	[20-21[	[21-22[	[22-23[	[23-24[			[24-25[
[326.25-348.75[	-	0.003	0.005	0.080	0.009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.157	100.000
[303.75-326.25[	-	0.003	0.081	0.141	0.017	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.241	99.843
[281.25-303.75[	-	0.005	0.281	1.014	0.021	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.321	99.802
[258.75-281.25[	-	0.003	0.548	3.298	0.198	0.002	0.000	-	-	-	0.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.047	98.281
[236.25-258.75[	-	0.000	0.288	2.522	1.289	0.087	0.002	-	0.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.168	94.233
[213.75-236.25[	-	-	0.279	1.796	1.945	0.790	0.256	0.035	0.004	-	0.001	-	-	0.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.087	90.085
[191.25-213.75[	-	-	0.398	2.794	3.087	1.782	1.152	0.796	0.428	0.151	0.042	0.014	0.008	-	0.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.802	84.998
[168.75-191.25[	-	-	0.483	2.784	2.984	1.859	1.085	0.512	0.217	0.070	0.017	0.001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.012	74.396
[146.25-168.75[	-	0.000	0.354	1.901	1.895	1.218	0.453	0.152	0.053	0.007	0.002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.035	64.384
[123.75-146.25[	-	-	0.398	1.918	1.803	0.897	0.333	0.150	0.047	0.005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.321	58.349
[101.25-123.75[	-	-	0.514	2.783	2.491	1.538	0.715	0.342	0.098	0.011	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.499	53.028
[78.75-101.25[	-	-	0.887	6.045	8.729	7.959	6.184	3.713	1.088	0.102	0.005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34.873	44.559
[56.25-78.75[	-	0.001	0.920	3.080	2.080	1.336	0.794	0.340	0.109	0.002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.660	9.886
[33.75-56.25[	-	0.002	0.307	0.341	0.088	0.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.835	1.228
[11.25-33.75[	-	0.001	0.125	0.101	0.022	0.001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.250	0.391
[-11.25-11.25[	-	0.000	0.083	0.088	0.010	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.141	0.141
Total	-	0.019	6.029	30.603	26.406	17.476	10.955	6.040	2.024	0.348	0.088	0.015	0.006	0.000	-	0.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100.000	-
Accum	-	0.019	6.048	36.651	63.057	80.533	91.488	97.537	99.561	99.910	99.978	99.993	99.999	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	-	-



A.3 Tableaux des occurrences de distribution Hs/MWD ; Hs/Tp et Tp/MWD pour le point Entrée golfe Saint-Tropez

Frequency of Occurrence [%] (1994-01-01 - 2018-12-31; 1h) All
H_s [m] - Local

MWD [°N-from] - Local	Frequency of Occurrence [%] (1994-01-01 - 2018-12-31; 1h) All												Total	Accum
	[0-0.5[	[0.5-1[	[1-1.5[	[1.5-2[	[2-2.5[	[2.5-3[	[3-3.5[	[3.5-4[	[4-4.5[	[4.5-5[	[5-5.5[	[5.5-6[
[326.25-348.75[	0.531	0.060	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.591	100.000
[303.75-326.25[	1.397	0.144	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.541	99.409
[281.25-303.75[	4.595	0.225	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.819	97.869
[258.75-281.25[	3.576	0.139	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.714	93.049
[236.25-258.75[	1.652	0.081	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.733	89.335
[213.75-236.25[	1.431	0.109	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.540	87.602
[191.25-213.75[	1.849	0.113	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.962	86.062
[168.75-191.25[	3.037	0.238	0.005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.280	84.099
[146.25-168.75[	5.560	1.718	0.301	0.054	0.008	-	-	-	-	-	-	-	7.641	80.819
[123.75-146.25[	4.208	1.306	0.340	0.092	0.042	0.005	-	-	-	-	-	-	5.994	73.179
[101.25-123.75[	5.462	2.401	0.611	0.170	0.053	0.016	0.005	-	-	-	-	-	8.719	67.185
[78.75-101.25[	14.124	12.867	7.023	4.443	2.714	1.426	0.476	0.136	0.033	0.007	0.003	-	43.251	58.466
[56.25-78.75[	9.697	2.247	0.322	0.083	0.036	0.006	0.002	-	-	-	-	-	12.393	15.215
[33.75-56.25[	1.610	0.114	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.724	2.822
[11.25-33.75[	0.562	0.049	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.611	1.098
[-11.25-11.25[	0.449	0.037	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.486	0.486
Total	59.741	21.846	8.603	4.842	2.853	1.463	0.484	0.136	0.033	0.007	0.003	-	100.000	-
Accum	59.741	81.586	90.189	95.031	97.884	99.337	99.821	99.957	99.990	99.997	100.000	100.000	-	-

Frequency of Occurrence [%] (1994-01-01 - 2018-12-31; 1h) All

H_s [m] - Local

T_p [s] - Local	Frequency of Occurrence [%] (1994-01-01 - 2018-12-31; 1h) All												Total	Accum	
	[0-0.5[	[0.5-1[	[1-1.5[	[1.5-2[	[2-2.5[	[2.5-3[	[3-3.5[	[3.5-4[	[4-4.5[	[4.5-5[	[5-5.5[	[5.5-6[
[24-25[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100.000
[23-24[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100.000
[22-23[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100.000
[21-22[	0.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.000	100.000
[20-21[	0.001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.001	100.000
[19-20[	0.002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.002	99.998
[18-19[	0.003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.003	99.996
[17-18[	0.002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.002	99.994
[16-17[	0.004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.004	99.991
[15-16[	0.004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.004	99.988
[14-15[	0.006	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.006	99.984
[13-14[	0.005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.005	99.978
[12-13[	0.013	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.013	99.973
[11-12[	0.010	0.005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.015	99.960
[10-11[	0.019	0.011	0.004	-	0.001	-	-	0.000	0.001	0.005	0.003	-	-	0.045	99.945
[9-10[	0.025	0.011	0.010	0.014	0.017	0.052	0.070	0.061	0.029	0.001	-	-	-	0.290	99.900
[8-9[	0.058	0.054	0.066	0.117	0.382	0.748	0.388	0.075	0.003	-	-	-	-	1.891	99.609
[7-8[	0.125	0.281	0.594	1.774	2.143	0.650	0.026	-	-	-	-	-	-	5.593	97.718
[6-7[	0.374	1.996	4.261	2.806	0.308	0.003	-	-	-	-	-	-	-	9.748	92.125
[5-6[	2.102	9.446	3.570	0.131	0.001	-	-	-	-	-	-	-	-	16.251	82.377
[4-5[	11.146	8.529	0.097	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19.771	67.127
[3-4[	23.190	1.185	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24.375	47.356
[2-3[	22.153	0.328	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.480	22.981
[1-2[	0.501	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.501	0.501
[0-1[-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	59.741	21.845	8.603	4.842	2.853	1.453	0.484	0.136	0.033	0.007	0.003	-	-	100.000	-
Accum	59.741	81.586	90.189	95.031	97.884	99.337	99.821	99.957	99.990	99.997	100.000	100.000	-	-	-

Tableaux d'occurrences associés aux diagrammes de distribution Hs/MWD, Hs/Tp et Tp/MWD



Frequency of Occurrence [%] (1994-01-01 - 2018-12-31; 1h) All

		T _p [s] - Local																				Total	Accum					
		[0-1[	[1-2[	[2-3[	[3-4[	[4-5[	[5-6[	[6-7[	[7-8[	[8-9[	[9-10[	[10-11[	[11-12[	[12-13[	[13-14[	[14-15[	[15-16[	[16-17[	[17-18[	[18-19[	[19-20[	[20-21[	[21-22[	[22-23[	[23-24[	[24-25[
MWD [°N-from] - Local	[320.25-340.75[	-	0.033	0.487	0.070	-	-	-	-	-	-	-	-	0.000	-	-	0.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.591	100.000
	[303.75-320.25[	-	0.061	1.410	0.070	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.541	99.409
	[281.25-303.75[	-	0.122	4.685	0.112	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.819	97.869
	[258.75-281.25[	-	0.135	3.389	0.188	0.003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.714	93.049
	[236.25-258.75[	-	0.046	1.383	0.297	0.007	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.733	89.335
	[213.75-236.25[	-	0.016	1.057	0.435	0.031	0.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.540	87.602
	[191.25-213.75[	-	0.010	1.008	0.823	0.118	0.003	0.000	0.001	0.001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.982	86.082
	[168.75-191.25[	-	0.006	0.856	1.454	0.758	0.194	0.006	0.002	0.001	0.000	0.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.280	84.099
	[146.25-168.75[	-	0.004	0.841	1.885	1.915	1.424	0.885	0.377	0.160	0.038	0.016	0.005	-	-	-	-	0.000	-	-	-	-	-	-	-	-	7.841	80.819
	[123.75-146.25[	-	0.004	0.718	1.883	1.617	1.051	0.398	0.180	0.065	0.025	0.010	0.009	0.012	0.004	0.006	0.003	0.001	0.001	0.001	-	-	-	-	-	-	5.994	73.179
	[101.25-123.75[	-	0.003	0.900	2.956	2.636	1.466	0.514	0.153	0.020	0.004	0.001	0.000	0.000	0.001	-	-	0.000	0.001	0.001	0.001	-	0.000	-	-	-	8.719	67.185
	[78.75-101.25[	-	0.005	1.698	7.899	9.690	9.773	7.350	4.680	1.621	0.220	0.011	0.001	0.000	-	-	-	0.001	-	0.000	0.001	0.001	-	-	-	-	43.251	58.466
	[56.25-78.75[	-	0.007	2.178	5.424	2.621	1.335	0.594	0.198	0.032	0.002	0.001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12.393	15.215
	[33.75-56.25[	-	0.013	1.098	0.539	0.068	0.004	0.000	-	0.001	0.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.000	-	-	-	1.724	2.822
	[11.25-33.75[	-	0.017	0.425	0.161	0.008	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.000	-	-	-	-	-	-	-	0.611	1.098
	[-11.25-11.25[	-	0.018	0.388	0.079	0.001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.000	-	-	-	-	-	-	-	0.486	0.486
Total	-	0.501	22.480	24.375	19.771	15.251	9.748	5.593	1.891	0.290	0.045	0.015	0.013	0.005	0.006	0.004	0.004	0.002	0.003	0.002	0.001	0.000	-	-	-	100.000	-	
Accum	-	0.501	22.981	47.356	67.127	82.377	92.125	97.718	99.609	99.900	99.945	99.960	99.973	99.978	99.984	99.988	99.991	99.994	99.996	99.998	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	-	-	

A.4 Tableaux des occurrences de distribution Hs/MWD ; Hs/Tp et Tp/MWD pour le point Pampelonne

Frequency of Occurrence [%] (1994-01-01 - 2018-12-31; 1h) All

H_s [m] - Local

MWD [^o N-from] - Local	Frequency of Occurrence [%] (1994-01-01 - 2018-12-31; 1h) All												Total	Accum
	[0-0.5[	[0.5-1[	[1-1.5[	[1.5-2[	[2-2.5[	[2.5-3[	[3-3.5[	[3.5-4[	[4-4.5[	[4.5-5[	[5-5.5[	[5.5-6[
[326.25-348.75[	0.600	0.082	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.662	100.000
[303.75-326.25[	1.489	0.076	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.565	99.338
[281.25-303.75[	1.844	0.077	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.921	97.773
[258.75-281.25[	1.827	0.075	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.902	95.852
[236.25-258.75[	1.814	0.102	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.916	93.950
[213.75-236.25[	2.526	0.208	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.734	92.034
[191.25-213.75[	5.416	0.918	0.018	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.352	89.300
[168.75-191.25[	5.864	3.080	0.846	0.235	0.062	0.025	0.004	0.002	0.001	-	-	-	10.118	82.948
[146.25-168.75[	3.901	1.591	0.597	0.226	0.075	0.033	0.012	0.003	-	-	-	-	6.438	72.830
[123.75-146.25[	3.074	1.354	0.455	0.146	0.063	0.026	0.006	0.004	0.001	-	-	-	5.130	66.392
[101.25-123.75[	3.860	1.992	0.805	0.292	0.135	0.067	0.024	0.007	0.001	0.000	-	-	7.184	61.261
[78.75-101.25[	9.678	9.308	5.730	3.768	2.576	1.548	0.690	0.219	0.070	0.015	0.005	0.001	33.608	54.077
[56.25-78.75[	9.580	5.074	1.447	0.658	0.423	0.213	0.082	0.019	0.001	-	-	-	17.478	20.468
[33.75-56.25[	1.744	0.155	0.001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.900	2.991
[11.25-33.75[	0.556	0.055	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.611	1.091
[-11.25-11.25[	0.429	0.050	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.479	0.479
Total	54.182	24.178	9.900	5.324	3.335	1.913	0.818	0.254	0.075	0.015	0.005	0.001	100.000	-
Accum	54.182	78.360	88.260	93.584	96.919	98.832	99.650	99.904	99.979	99.994	99.999	100.000	-	-



Frequency of Occurrence [%] (1994-01-01 - 2018-12-31; 1h) All

H_s [m] - Local

T _p [s] - Local	H _s [m] - Local												Total	Accum	
	[0-0.5[	[0.5-1[	[1-1.5[	[1.5-2[	[2-2.5[	[2.5-3[	[3-3.5[	[3.5-4[	[4-4.5[	[4.5-5[	[5-5.5[	[5.5-6[
[24-25[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100.000
[23-24[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100.000
[22-23[	0.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.000	100.000
[21-22[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100.000
[20-21[	0.001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.001	100.000
[19-20[	0.002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.002	99.998
[18-19[	0.002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.002	99.996
[17-18[	0.005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.005	99.994
[16-17[	0.006	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.006	99.988
[15-16[	0.007	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.007	99.982
[14-15[	0.012	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.012	99.975
[13-14[	0.007	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.007	99.963
[12-13[	0.006	-	0.001	0.001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.008	99.955
[11-12[	0.014	-	0.012	0.006	0.001	0.000	-	-	-	-	0.001	0.001	-	0.037	99.947
[10-11[	0.014	0.003	0.013	0.012	0.006	0.005	0.005	0.003	0.002	0.009	0.003	-	-	0.074	99.911
[9-10[	0.024	0.025	0.045	0.045	0.031	0.066	0.108	0.120	0.069	0.006	-	-	-	0.539	99.837
[8-9[	0.044	0.109	0.178	0.153	0.436	0.956	0.669	0.131	0.004	-	-	-	-	2.680	99.297
[7-8[	0.111	0.395	0.748	1.727	2.434	0.878	0.037	-	-	-	-	-	-	6.329	96.618
[6-7[	0.353	2.185	4.312	3.191	0.428	0.008	-	-	-	-	-	-	-	10.477	90.289
[5-6[	1.931	9.862	4.447	0.190	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16.430	79.812
[4-5[	11.681	10.014	0.144	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21.839	63.383
[3-4[	24.495	1.394	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25.889	41.543
[2-3[	15.054	0.190	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.244	15.654
[1-2[	0.410	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.410	0.410
[0-1[-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	54.182	24.178	9.900	5.324	3.335	1.913	0.818	0.254	0.075	0.015	0.005	0.001	-	100.000	-
Accum	54.182	78.360	88.260	93.584	96.919	98.832	99.650	99.904	99.979	99.994	99.999	100.000	-	-	-

Frequency of Occurrence [%] (1994-01-01 - 2018-12-31; 1h) All

MWD [°N-from] - Local	T _p [s] - Local																								Total	Accum	
	[0-1[	[1-2[	[2-3[	[3-4[	[4-5[	[5-6[	[6-7[	[7-8[	[8-9[	[9-10[	[10-11[	[11-12[	[12-13[	[13-14[	[14-15[	[15-16[	[16-17[	[17-18[	[18-19[	[19-20[	[20-21[	[21-22[	[22-23[	[23-24[			[24-25[
[326.25-348.75[	-	0.014	0.008	0.042	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.662	100.000
[303.75-326.25[	-	0.049	1.474	0.042	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.565	99.338
[281.25-303.75[	-	0.121	1.740	0.059	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.921	97.773
[258.75-281.25[	-	0.084	1.702	0.115	0.001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.902	95.852
[236.25-258.75[	-	0.046	1.546	0.322	0.005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.916	93.950
[213.75-236.25[	-	0.034	1.284	1.387	0.049	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.734	92.034
[191.25-213.75[	-	0.029	1.311	2.999	1.437	0.477	0.095	0.003	0.001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.352	89.300
[168.75-191.25[	-	0.007	0.875	2.514	2.410	1.789	1.270	0.753	0.339	0.136	0.031	0.012	0.001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.118	82.948
[146.25-168.75[	-	0.003	0.580	1.706	1.726	1.315	0.667	0.289	0.106	0.030	0.019	0.010	0.002	0.002	0.003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.438	72.830
[123.75-146.25[	-	0.000	0.401	1.544	1.537	0.979	0.391	0.167	0.059	0.015	0.007	0.005	0.003	0.003	0.006	0.004	0.004	0.004	0.001	0.001	0.000	-	-	-	-	5.130	66.392
[101.25-123.75[	-	0.000	0.572	2.205	2.043	1.398	0.583	0.263	0.090	0.012	0.000	0.004	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.000	-	0.000	-	-	7.184	61.261
[78.75-101.25[	-	0.000	0.807	5.822	7.825	7.537	5.727	3.954	1.652	0.292	0.015	0.005	0.001	-	0.001	0.000	-	0.000	-	-	0.000	-	-	-	-	33.808	54.077
[56.25-78.75[	-	0.001	1.013	5.732	4.838	2.936	1.740	0.898	0.431	0.084	0.002	0.000	0.000	-	0.000	0.000	0.001	0.000	-	-	-	-	-	-	-	17.478	20.468
[33.75-56.25[	-	0.002	0.630	1.091	0.166	0.016	0.004	0.000	0.001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.000	2.991
[11.25-33.75[	-	0.005	0.380	0.212	0.011	0.003	-	0.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.611	1.091
[-11.25-11.25[	-	0.012	0.366	0.099	0.001	-	0.000	0.001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.479	0.479
Total	-	0.410	15.244	25.889	21.839	16.430	10.477	6.329	2.660	0.539	0.074	0.037	0.008	0.007	0.012	0.007	0.006	0.005	0.002	0.002	0.001	-	0.000	-	-	100.000	-
Accum	-	0.410	15.654	41.543	63.383	79.812	90.289	96.618	99.297	99.837	99.911	99.947	99.955	99.963	99.975	99.982	99.988	99.994	99.996	99.998	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	-	-

A.5 Tableaux des occurrences de distribution Hs/MWD ; Hs/Tp et Tp/MWD pour le point Large Pampelonne

Frequency of Occurrence [%] (1994-01-01 - 2018-12-31; 1h) All
H_s [m] - Local

	[0-0.5[	[0.5-1[	[1-1.5[	[1.5-2[	[2-2.5[	[2.5-3[	[3-3.5[	[3.5-4[	[4-4.5[	[4.5-5[	[5-5.5[	[5.5-6[	Total	Accum
[326.25-348.75[	0.203	0.092	0.013	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.308	100.000
[303.75-326.25[	0.273	0.274	0.048	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.595	99.692
[281.25-303.75[	0.557	1.745	0.346	0.006	-	-	-	-	-	-	-	-	2.654	99.096
[258.75-281.25[	0.910	2.802	0.470	0.017	-	-	-	-	-	-	-	-	4.199	96.443
[236.25-258.75[	1.543	3.188	0.595	0.039	0.004	-	-	-	-	-	-	-	5.368	92.244
[213.75-236.25[	4.639	5.294	1.227	0.224	0.040	0.011	0.001	-	-	-	-	-	11.436	86.876
[191.25-213.75[	5.666	3.173	1.416	0.610	0.226	0.083	0.044	0.016	0.006	0.001	-	-	11.242	75.440
[168.75-191.25[	3.453	1.896	0.722	0.308	0.151	0.053	0.026	0.013	0.004	0.001	0.001	-	6.629	64.198
[146.25-168.75[	2.407	1.164	0.464	0.152	0.076	0.028	0.011	0.005	0.003	-	-	-	4.310	57.570
[123.75-146.25[	2.073	1.124	0.399	0.125	0.060	0.035	0.017	0.004	0.000	-	-	-	3.837	53.260
[101.25-123.75[	2.673	1.785	0.658	0.300	0.158	0.058	0.029	0.011	0.003	0.001	0.001	-	5.677	49.423
[78.75-101.25[	6.289	7.973	4.718	3.151	2.116	1.285	0.601	0.223	0.063	0.021	0.008	0.003	26.452	43.746
[56.25-78.75[	4.623	4.998	2.051	1.159	0.883	0.543	0.321	0.104	0.036	0.005	-	-	14.723	17.294
[33.75-56.25[	1.342	0.325	0.025	0.003	-	-	-	-	-	-	-	-	1.695	2.570
[11.25-33.75[	0.428	0.099	0.012	0.000	-	-	-	-	-	-	-	-	0.539	0.876
[-11.25-11.25[	0.238	0.090	0.008	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.336	0.336
Total	37.316	36.023	13.171	6.092	3.714	2.097	1.051	0.376	0.116	0.030	0.010	0.003	100.000	-
Accum	37.316	73.339	86.510	92.603	96.317	98.414	99.465	99.841	99.957	99.987	99.997	100.000	-	-

Frequency of Occurrence [%] (1994-01-01 - 2018-12-31; 1h) All

H_s [m] - Local

T _p [s] - Local	H _s [m] - Local												Total	Accum
	[0-0.5[	[0.5-1[	[1-1.5[	[1.5-2[	[2-2.5[	[2.5-3[	[3-3.5[	[3.5-4[	[4-4.5[	[4.5-5[	[5-5.5[	[5.5-6[
[24-25[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100.000
[23-24[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100.000
[22-23[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100.000
[21-22[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100.000
[20-21[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100.000
[19-20[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100.000
[18-19[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100.000
[17-18[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100.000
[16-17[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100.000
[15-16[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100.000
[14-15[	0.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.000	100.000
[13-14[	0.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.000	99.999
[12-13[	0.003	-	-	0.001	0.005	0.005	-	-	-	-	-	-	0.013	99.999
[11-12[	0.000	-	0.001	0.009	0.011	0.002	0.001	0.001	-	0.001	-	-	0.027	99.985
[10-11[	0.001	0.002	0.008	0.028	0.026	0.020	0.018	0.005	0.009	0.001	0.003	0.003	0.124	99.958
[9-10[	0.006	0.012	0.057	0.114	0.059	0.034	0.037	0.052	0.043	0.023	0.007	-	0.445	99.834
[8-9[	0.013	0.073	0.237	0.313	0.214	0.421	0.659	0.308	0.063	0.005	-	-	2.307	99.389
[7-8[	0.089	0.329	0.934	1.097	2.243	1.585	0.334	0.010	-	-	-	-	6.621	97.082
[6-7[	0.357	1.965	4.189	4.060	1.153	0.031	-	-	-	-	-	-	11.754	90.462
[5-6[	2.097	10.515	6.476	0.468	0.004	-	-	-	-	-	-	-	19.560	78.707
[4-5[	11.387	18.456	1.248	0.003	-	-	-	-	-	-	-	-	31.095	59.147
[3-4[	20.120	4.669	0.022	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24.811	28.052
[2-3[	3.240	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.240	3.242
[1-2[	0.001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.001	0.001
[0-1[-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	37.316	36.023	13.171	6.092	3.714	2.097	1.051	0.376	0.116	0.030	0.010	0.003	100.000	-
Accum	37.316	73.339	86.510	92.603	96.317	98.414	99.465	99.841	99.957	99.987	99.997	100.000	-	-

Tableaux d'occurrences associés aux diagrammes de distribution Hs/MWD, Hs/Tp et Tp/MWD



Frequency of Occurrence [%] (1994-01-01 - 2018-12-31; 1h) All

		T _p [s] - Local																				Total	Accum					
		[0-1[	[1-2[	[2-3[	[3-4[	[4-5[	[5-6[	[6-7[	[7-8[	[8-9[	[9-10[	[10-11[	[11-12[	[12-13[	[13-14[	[14-15[	[15-16[	[16-17[	[17-18[	[18-19[	[19-20[	[20-21[	[21-22[	[22-23[	[23-24[	[24-25[
MWD [°N-from] - Local	[320.25-340.75[	-	-	0.078	0.102	0.000	0.002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.308	100.000
	[303.75-320.25[	-	0.001	0.124	0.330	0.135	0.005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.595	99.692
	[281.25-303.75[	-	-	0.125	1.602	0.845	0.019	0.001	0.000	0.000	-	-	-	0.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.654	99.097
	[258.75-281.25[	-	-	0.120	1.583	2.324	0.175	0.007	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.199	96.443
	[236.25-258.75[	-	-	0.178	1.282	2.591	1.127	0.170	0.016	0.002	0.001	0.000	0.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.368	92.245
	[213.75-236.25[	-	-	0.185	2.398	4.175	2.557	1.254	0.533	0.218	0.083	0.021	0.005	0.007	0.000	0.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.430	86.877
	[191.25-213.75[	-	-	0.244	2.047	3.240	2.012	1.254	0.940	0.456	0.220	0.088	0.022	0.005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.242	75.441
	[168.75-191.25[	-	-	0.246	1.694	2.074	1.431	0.702	0.310	0.138	0.024	0.008	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.829	64.199
	[146.25-168.75[	-	-	0.161	1.185	1.416	0.990	0.376	0.120	0.054	0.007	0.001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.310	57.570
	[123.75-146.25[	-	-	0.154	1.240	1.280	0.734	0.258	0.125	0.042	0.003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.837	53.280
	[101.25-123.75[	-	-	0.198	1.685	1.897	1.148	0.491	0.204	0.047	0.007	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.877	49.423
	[78.75-101.25[	-	-	0.384	3.895	6.004	6.474	4.986	3.034	0.737	0.054	0.005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26.452	43.746
	[56.25-78.75[	-	-	0.418	3.382	3.741	2.825	2.289	1.432	0.610	0.046	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14.723	17.294
	[33.75-56.25[	-	-	0.350	1.048	0.230	0.044	0.005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.895	2.570
	[11.25-33.75[	-	-	0.159	0.283	0.083	0.014	0.001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.539	0.876
	[-11.25-11.25[	-	0.000	0.101	0.154	0.078	0.003	0.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.336	0.336
Total	-	0.001	3.240	24.811	31.095	19.560	11.754	6.621	2.307	0.445	0.125	0.027	0.013	0.000	0.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100.000	-	
Accum	-	0.001	3.242	28.052	59.147	78.707	90.462	97.082	99.389	99.834	99.959	99.986	99.999	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	-	-	

A.6 Tableaux des occurrences de distribution H_s/MWD ; H_s/Tp et Tp/MWD pour le point Gigaro

Frequency of Occurrence [%] (1994-01-01 - 2018-12-31; 1h) All
H_s [m] - Local

	[0-0.5[	[0.5-1[	[1-1.5[	[1.5-2[	[2-2.5[	[2.5-3[	[3-3.5[	[3.5-4[	[4-4.5[	[4.5-5[	[5-5.5[	[5.5-6[	Total	Accum
[326.25-348.75[	0.122	0.013	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.135	100.000
[303.75-326.25[	0.221	0.058	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.279	99.865
[281.25-303.75[	0.824	0.538	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.362	99.586
[258.75-281.25[	2.042	1.516	0.005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.564	98.224
[236.25-258.75[	5.144	4.632	0.129	0.002	-	-	-	-	-	-	-	-	9.907	94.661
[213.75-236.25[	9.981	4.489	0.374	0.042	0.009	-	-	-	-	-	-	-	14.894	84.754
[191.25-213.75[	5.359	2.577	0.847	0.203	0.042	0.012	0.001	-	-	-	-	-	9.041	69.860
[168.75-191.25[	4.242	1.940	0.790	0.331	0.095	0.038	0.026	0.005	0.001	-	-	-	7.470	60.819
[146.25-168.75[	4.142	2.105	0.619	0.234	0.076	0.047	0.010	0.005	0.001	-	-	-	7.238	53.349
[123.75-146.25[	4.294	2.278	0.797	0.354	0.125	0.054	0.012	0.004	-	-	-	-	7.917	46.111
[101.25-123.75[	8.256	6.843	3.638	2.330	1.040	0.273	0.050	0.006	-	-	-	-	22.436	38.194
[78.75-101.25[	5.440	5.352	2.614	1.064	0.273	0.023	0.002	-	-	-	-	-	14.768	15.758
[56.25-78.75[	0.485	0.028	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.523	0.990
[33.75-56.25[	0.174	0.015	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.189	0.467
[11.25-33.75[	0.125	0.018	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.143	0.278
[-11.25-11.25[	0.123	0.011	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.135	0.135
Total	50.985	32.414	9.812	4.559	1.659	0.447	0.101	0.020	0.003	-	-	-	100.000	-
Accum	50.985	83.399	93.211	97.770	99.429	99.876	99.977	99.997	100.000	100.000	100.000	100.000	-	-



Frequency of Occurrence [%] (1994-01-01 - 2018-12-31; 1h) All

H_s [m] - Local

	[0-0.5[	[0.5-1[	[1-1.5[	[1.5-2[	[2-2.5[	[2.5-3[	[3-3.5[	[3.5-4[	[4-4.5[	[4.5-5[	[5-5.5[	[5.5-6[	Total	Accum
[24-25[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100.000
[23-24[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100.000
[22-23[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100.000
[21-22[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100.000
[20-21[	0.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.000	100.000
[19-20[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100.000
[18-19[	0.001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.001	100.000
[17-18[	0.001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.001	99.998
[16-17[	0.001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.001	99.997
[15-16[	0.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.000	99.996
[14-15[	0.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.000	99.996
[13-14[	0.002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.002	99.995
[12-13[	0.002	-	-	0.001	-	-	-	-	-	-	-	-	0.003	99.994
[11-12[	0.006	-	0.006	0.005	-	0.001	-	0.000	-	-	-	-	0.020	99.990
[10-11[	0.008	0.003	0.013	0.011	0.009	0.007	0.012	0.010	0.001	-	-	-	0.076	99.971
[9-10[	0.020	0.029	0.071	0.115	0.077	0.077	0.058	0.008	0.001	-	-	-	0.456	99.895
[8-9[	0.078	0.153	0.532	0.634	0.709	0.322	0.030	0.001	-	-	-	-	2.459	99.439
[7-8[	0.366	1.044	2.166	2.621	0.840	0.041	0.000	-	-	-	-	-	7.078	96.981
[6-7[	1.203	5.124	5.000	1.155	0.024	-	-	-	-	-	-	-	12.507	89.903
[5-6[	4.663	12.453	1.989	0.017	-	-	-	-	-	-	-	-	19.121	77.396
[4-5[	15.049	10.578	0.036	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25.663	58.275
[3-4[	21.495	2.972	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24.467	32.612
[2-3[	7.623	0.058	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.682	8.145
[1-2[	0.463	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.463	0.463
[0-1[-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	50.985	32.414	9.812	4.559	1.659	0.447	0.101	0.020	0.003	-	-	-	100.000	-
Accum	50.985	83.399	93.211	97.770	99.429	99.876	99.977	99.997	100.000	100.000	100.000	100.000	-	-

Frequency of Occurrence [%] (1994-01-01 - 2018-12-31; 1h) All

MWD [°N-from] - Local	T _p [s] - Local																				Total	Accum					
	[0-1[	[1-2[	[2-3[	[3-4[	[4-5[	[5-6[	[6-7[	[7-8[	[8-9[	[9-10[	[10-11[	[11-12[	[12-13[	[13-14[	[14-15[	[15-16[	[16-17[	[17-18[	[18-19[	[19-20[			[20-21[	[21-22[	[22-23[	[23-24[	[24-25[
[320.25-340.75[	-	0.056	0.051	0.027	0.002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.135	100.000
[303.75-320.25[	-	0.072	0.130	0.074	0.003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.279	99.865
[281.25-303.75[	-	0.040	0.543	0.702	0.009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.362	99.580
[258.75-281.25[	-	0.027	0.025	2.440	0.405	0.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.564	98.224
[236.25-258.75[	-	0.011	0.815	3.073	4.302	1.493	0.204	0.009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.907	94.061
[213.75-236.25[	-	0.005	1.003	4.117	4.270	2.821	1.712	0.725	0.192	0.043	0.004	0.003	0.001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14.894	84.754
[191.25-213.75[	-	0.001	0.510	2.205	2.355	1.630	1.119	0.669	0.330	0.149	0.030	0.015	0.002	0.000	-	-	0.000	0.001	0.000	-	-	-	-	-	-	9.041	68.880
[168.75-191.25[	-	0.005	0.444	1.786	2.016	1.542	0.956	0.458	0.188	0.058	0.013	0.002	-	0.000	0.000	-	-	-	0.000	-	0.000	-	-	-	-	7.470	60.819
[146.25-168.75[	-	0.005	0.414	1.792	1.984	1.776	0.836	0.290	0.125	0.010	0.004	0.000	-	0.000	-	-	-	-	0.000	-	-	-	-	-	-	7.238	53.349
[123.75-146.25[	-	0.003	0.507	2.198	2.089	1.614	0.853	0.433	0.133	0.021	0.005	-	-	0.000	-	0.000	0.000	-	-	-	-	-	-	-	-	7.917	46.111
[101.25-123.75[	-	0.004	0.885	3.739	5.506	5.017	3.777	2.639	0.769	0.062	0.007	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.436	38.194
[78.75-101.25[	-	0.015	1.083	2.127	2.616	3.223	3.049	1.854	0.714	0.082	0.005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14.768	15.758
[56.25-78.75[	-	0.042	0.397	0.055	0.030	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.523	0.990
[33.75-56.25[	-	0.047	0.114	0.010	0.009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.189	0.467
[11.25-33.75[	-	0.080	0.054	0.023	0.006	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.143	0.278
[-11.25-11.25[	-	0.083	0.046	0.024	0.002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.135	0.135
Total	-	0.463	7.682	24.467	25.663	19.121	12.507	7.078	2.459	0.466	0.076	0.020	0.003	0.002	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	-	0.000	-	-	-	100.000	-	
Accum	-	0.463	8.145	32.612	58.275	77.396	89.903	96.981	99.439	99.895	99.971	99.990	99.994	99.995	99.996	99.996	99.997	99.998	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	-	-



A.7 Tableaux des occurrences de distribution Hs/MWD ; Hs/Tp et Tp/MWD pour le point Rayol-Canadel

Frequency of Occurrence [%] (1994-01-01 - 2018-12-31; 1h) All
H_s [m] - Local

MWD [°N-from] - Local	Frequency of Occurrence [%] (1994-01-01 - 2018-12-31; 1h) All												Total	Accum
	[0-0.5[	[0.5-1[	[1-1.5[	[1.5-2[	[2-2.5[	[2.5-3[	[3-3.5[	[3.5-4[	[4-4.5[	[4.5-5[	[5-5.5[	[5.5-6[
[326.25-348.75[	0.134	0.002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.136	100.000
[303.75-326.25[	0.366	0.020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.387	99.864
[281.25-303.75[	1.319	0.116	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.435	99.478
[258.75-281.25[	3.051	0.444	0.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.496	98.043
[236.25-258.75[	5.982	1.469	0.001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.453	94.547
[213.75-236.25[	11.629	4.118	0.277	0.037	0.001	-	-	-	-	-	-	-	16.062	87.094
[191.25-213.75[	5.393	1.587	0.409	0.074	0.019	-	-	-	-	-	-	-	7.482	71.032
[168.75-191.25[	3.075	0.893	0.276	0.054	0.019	0.001	-	-	-	-	-	-	4.318	63.550
[146.25-168.75[	3.244	0.849	0.186	0.042	0.018	0.003	-	-	-	-	-	-	4.341	59.232
[123.75-146.25[	4.440	1.371	0.377	0.114	0.042	0.010	0.003	-	-	-	-	-	6.357	54.891
[101.25-123.75[	10.167	6.008	2.648	1.384	0.735	0.258	0.064	0.015	-	-	-	-	21.279	48.534
[78.75-101.25[	10.184	8.187	4.164	2.453	1.060	0.184	0.029	0.000	-	-	-	-	26.242	27.255
[56.25-78.75[	0.557	0.041	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.597	1.013
[33.75-56.25[	0.179	0.011	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.191	0.416
[11.25-33.75[	0.107	0.008	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.115	0.225
[-11.25-11.25[	0.106	0.003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.110	0.110
Total	59.934	25.108	8.340	4.158	1.894	0.466	0.096	0.015	-	-	-	-	100.000	-
Accum	59.934	85.042	93.382	97.540	99.433	99.889	99.985	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	-	-

Frequency of Occurrence [%] (1994-01-01 - 2018-12-31; 1h) All

H_s [m] - Local

T _p [s] - Local	H _s [m] - Local												Total	Accum
	[0-0.5[	[0.5-1[	[1-1.5[	[1.5-2[	[2-2.5[	[2.5-3[	[3-3.5[	[3.5-4[	[4-4.5[	[4.5-5[	[5-5.5[	[5.5-6[
[24-25[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100.000
[23-24[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100.000
[22-23[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100.000
[21-22[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100.000
[20-21[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100.000
[19-20[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100.000
[18-19[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100.000
[17-18[	0.002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.002	100.000
[16-17[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	99.998
[15-16[	0.001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.001	99.998
[14-15[	0.001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.001	99.997
[13-14[	0.001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.001	99.996
[12-13[	0.001	-	0.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.001	99.995
[11-12[	-	-	0.002	-	-	-	0.001	0.005	-	-	-	-	0.007	99.994
[10-11[	0.003	0.011	0.013	0.013	0.020	0.008	0.008	0.007	-	-	-	-	0.084	99.986
[9-10[	0.012	0.047	0.076	0.163	0.146	0.137	0.074	0.003	-	-	-	-	0.658	99.903
[8-9[	0.047	0.251	0.477	0.768	0.987	0.293	0.013	-	-	-	-	-	2.835	99.244
[7-8[	0.215	1.181	2.149	2.272	0.722	0.018	-	-	-	-	-	-	6.556	96.409
[6-7[	0.997	4.729	4.113	0.928	0.019	-	-	-	-	-	-	-	10.786	89.853
[5-6[	4.257	10.042	1.479	0.015	-	-	-	-	-	-	-	-	15.794	79.067
[4-5[	14.542	6.718	0.030	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21.290	63.273
[3-4[	24.791	2.020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26.812	41.983
[2-3[	14.061	0.109	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14.169	15.171
[1-2[	1.002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.002	1.002
[0-1[-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	59.934	25.108	8.340	4.158	1.894	0.466	0.096	0.015	-	-	-	-	100.000	-
Accum	59.934	85.042	93.382	97.540	99.433	99.889	99.985	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	-	-

Tableaux d'occurrences associés aux diagrammes de distribution Hs/MWD, Hs/Tp et Tp/MWD



Frequency of Occurrence [%] (1994-01-01 - 2018-12-31; 1h) All

MWD [N-from] - Local	T _p [s] - Local																				Total	Accum					
	[0-1[	[1-2[	[2-3[	[3-4[	[4-5[	[5-6[	[6-7[	[7-8[	[8-9[	[9-10[	[10-11[	[11-12[	[12-13[	[13-14[	[14-15[	[15-16[	[16-17[	[17-18[	[18-19[	[19-20[			[20-21[	[21-22[	[22-23[	[23-24[	[24-25[
[326.25-348.75[	-	0.071	0.053	0.012	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.138	100.000
[303.75-326.25[	-	0.136	0.222	0.029	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.387	99.884
[281.25-303.75[	-	0.176	1.165	0.104	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.435	99.478
[258.75-281.25[	-	0.182	2.123	1.208	0.005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.406	98.043
[236.25-258.75[	-	0.088	1.792	4.083	1.430	0.079	0.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.463	94.547
[213.75-236.25[	-	0.026	2.326	5.390	3.604	2.234	1.337	0.724	0.319	0.085	0.017	0.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16.062	87.094
[191.25-213.75[	-	0.006	0.822	1.982	1.844	1.245	0.913	0.423	0.172	0.073	0.017	0.001	0.000	0.001	0.001	-	-	0.001	-	-	-	-	-	-	-	7.482	71.032
[168.75-191.25[	-	0.006	0.488	1.308	1.123	0.715	0.484	0.183	0.043	0.009	0.000	-	0.000	-	-	0.000	-	0.000	-	-	-	-	-	-	-	4.318	63.550
[146.25-168.75[	-	0.007	0.508	1.457	1.199	0.748	0.290	0.102	0.026	0.002	0.000	-	-	-	-	0.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.341	59.232
[123.75-146.25[	-	0.004	0.741	2.094	1.845	1.087	0.388	0.169	0.026	0.002	-	0.000	-	-	-	-	-	0.001	-	-	-	-	-	-	-	6.357	54.891
[101.25-123.75[	-	0.012	1.470	5.181	5.580	4.188	2.848	1.581	0.586	0.117	0.011	0.005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21.279	48.534
[78.75-101.25[	-	0.046	1.923	3.858	4.846	5.517	4.746	3.413	1.884	0.371	0.037	0.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26.242	27.255
[56.25-78.75[	-	0.070	0.402	0.094	0.031	-	-	0.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.597	1.013
[33.75-56.25[	-	0.075	0.081	0.034	0.001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.191	0.416
[11.25-33.75[	-	0.056	0.029	0.028	0.002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.115	0.225
[-11.25-11.25[	-	0.082	0.034	0.014	0.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.110	0.110
Total	-	1.002	14.189	28.812	21.290	15.794	10.786	8.556	2.835	0.658	0.084	0.007	0.001	0.001	0.001	0.001	-	0.002	-	-	-	-	-	-	-	100.000	-
Accum	-	1.002	15.171	41.983	63.273	79.067	89.853	96.409	99.244	99.903	99.986	99.994	99.995	99.996	99.997	99.998	99.998	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	-	-

A.8 Tableaux des occurrences de distribution Hs/MWD ; Hs/Tp et Tp/MWD pour le point Large Maures Occidentales

Frequency of Occurrence [%] (1994-01-01 - 2018-12-31; 1h) All
H_s [m] - Local

MWD [°N-from] - Local	Frequency of Occurrence [%] (1994-01-01 - 2018-12-31; 1h) All												Total	Accum
	[0-0.5[	[0.5-1[	[1-1.5[	[1.5-2[	[2-2.5[	[2.5-3[	[3-3.5[	[3.5-4[	[4-4.5[	[4.5-5[	[5-5.5[	[5.5-6[
[326.25-348.75[	0.287	0.175	0.051	0.001	-	-	-	-	-	-	-	-	0.514	99.997
[303.75-326.25[	0.388	0.677	0.228	0.005	-	-	-	-	-	-	-	-	1.296	99.483
[281.25-303.75[	0.681	2.192	0.718	0.022	0.000	-	-	-	-	-	-	-	3.614	98.187
[258.75-281.25[	1.239	3.189	0.850	0.047	-	-	-	-	-	-	-	-	5.324	94.573
[236.25-258.75[	2.824	6.213	1.957	0.182	0.009	-	-	-	-	-	-	-	11.185	89.249
[213.75-236.25[	4.689	3.881	1.297	0.444	0.137	0.031	0.019	0.002	-	-	-	-	10.460	78.064
[191.25-213.75[	3.118	2.210	1.226	0.599	0.275	0.099	0.044	0.033	0.007	0.002	0.000	-	7.614	67.603
[168.75-191.25[	1.903	1.350	0.596	0.254	0.120	0.048	0.023	0.014	0.003	0.001	0.000	-	4.311	59.990
[146.25-168.75[	1.559	1.149	0.427	0.148	0.067	0.033	0.013	0.005	0.004	-	-	-	3.404	55.678
[123.75-146.25[	1.269	1.074	0.481	0.164	0.076	0.032	0.024	0.006	0.000	-	-	-	3.128	52.274
[101.25-123.75[	1.901	1.804	0.713	0.277	0.162	0.052	0.028	0.013	0.005	-	-	-	4.954	49.146
[78.75-101.25[	4.284	6.905	4.486	2.937	1.951	1.349	0.753	0.302	0.115	0.046	0.015	0.007	23.150	44.192
[56.25-78.75[	5.093	6.087	2.750	1.581	1.161	0.792	0.469	0.207	0.080	0.027	0.005	-	18.233	21.042
[33.75-56.25[	1.233	0.390	0.077	0.008	-	-	-	-	-	-	-	-	1.708	2.809
[11.25-33.75[	0.436	0.150	0.042	0.005	-	-	-	-	-	-	-	-	0.633	1.101
[-11.25-11.25[	0.292	0.137	0.037	0.003	-	-	-	-	-	-	-	-	0.468	0.468
Total	31.176	37.562	15.937	6.676	3.957	2.437	1.374	0.580	0.194	0.076	0.021	0.007	99.997	-
Accum	31.176	68.738	84.674	91.350	95.308	97.745	99.118	99.699	99.893	99.969	99.990	99.997	-	-



Frequency of Occurrence [%] (1994-01-01 - 2018-12-31; 1h) All

H_s [m] - Local

T _p [s] - Local	H _s [m] - Local												Total	Accum
	[0-0.5[	[0.5-1[	[1-1.5[	[1.5-2[	[2-2.5[	[2.5-3[	[3-3.5[	[3.5-4[	[4-4.5[	[4.5-5[	[5-5.5[	[5.5-6[
[24-25[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	99.997
[23-24[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	99.997
[22-23[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	99.997
[21-22[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	99.997
[20-21[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	99.997
[19-20[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	99.997
[18-19[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	99.997
[17-18[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	99.997
[16-17[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	99.997
[15-16[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	99.997
[14-15[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	99.997
[13-14[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	99.997
[12-13[	-	-	-	-	-	0.000	0.000	-	-	-	-	-	0.001	99.997
[11-12[	-	-	-	0.001	0.006	0.003	0.005	-	-	-	-	0.000	0.015	99.996
[10-11[	0.001	-	0.001	0.005	0.019	0.016	0.017	0.012	0.006	0.006	0.010	0.006	0.099	99.981
[9-10[	0.001	0.001	0.012	0.056	0.072	0.070	0.138	0.193	0.150	0.068	0.011	-	0.774	99.882
[8-9[	0.000	0.030	0.118	0.306	0.488	0.980	1.077	0.372	0.038	0.002	-	-	3.412	99.108
[7-8[	0.016	0.228	0.898	1.961	2.680	1.352	0.137	0.003	-	-	-	-	7.275	95.696
[6-7[	0.172	1.901	5.430	3.934	0.690	0.016	-	-	-	-	-	-	12.143	88.421
[5-6[	1.306	11.410	7.533	0.407	0.002	-	-	-	-	-	-	-	20.658	76.278
[4-5[	8.537	19.678	1.934	0.005	-	-	-	-	-	-	-	-	30.155	55.620
[3-4[	18.071	4.314	0.010	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.394	25.465
[2-3[	3.065	0.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.066	3.071
[1-2[	0.006	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.006	0.006
[0-1[-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	31.176	37.562	15.937	6.676	3.957	2.437	1.374	0.580	0.194	0.076	0.021	0.007	99.997	-
Accum	31.176	68.738	84.674	91.350	95.308	97.745	99.118	99.699	99.893	99.969	99.990	99.997	-	-

Frequency of Occurrence [%] (1994-01-01 - 2018-12-31; 1h) All
T_p [s] - Local

MWD [°N-from] - Local	T _p [s] - Local																				Total	Accum					
	[0-1[	[1-2[	[2-3[	[3-4[	[4-5[	[5-6[	[6-7[	[7-8[	[8-9[	[9-10[	[10-11[	[11-12[	[12-13[	[13-14[	[14-15[	[15-16[	[16-17[	[17-18[	[18-19[	[19-20[			[20-21[	[21-22[	[22-23[	[23-24[	[24-25[
[326.25-348.75[	-	0.001	0.142	0.181	0.173	0.010	0.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.514	100.000
[303.75-326.25[	-	0.003	0.188	0.626	0.472	0.026	0.001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.296	99.486
[281.25-303.75[	-	-	0.200	1.446	1.896	0.073	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.814	98.190
[258.75-281.25[	-	0.002	0.288	1.440	2.959	0.818	0.011	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.324	94.576
[236.25-258.75[	-	-	0.335	2.634	4.556	2.981	0.827	0.050	0.001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.185	89.251
[213.75-236.25[	-	-	0.223	2.648	2.984	2.159	1.390	0.674	0.290	0.088	0.018	0.008	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.460	78.066
[191.25-213.75[	-	-	0.182	1.727	1.943	1.481	1.141	0.864	0.314	0.140	0.053	0.007	0.001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.814	67.806
[168.75-191.25[	-	-	0.102	1.008	1.304	1.012	0.536	0.225	0.089	0.022	0.004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.311	59.983
[146.25-168.75[	-	-	0.095	0.785	1.077	0.911	0.378	0.119	0.049	0.009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.404	55.881
[123.75-146.25[	-	-	0.088	0.807	0.949	0.792	0.299	0.135	0.054	0.003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.128	52.277
[101.25-123.75[	-	-	0.136	1.377	1.559	1.078	0.498	0.239	0.059	0.010	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.954	49.148
[78.75-101.25[	-	-	0.258	2.942	5.341	5.528	4.376	3.142	1.341	0.208	0.014	0.003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23.153	44.195
[56.25-78.75[	-	-	0.312	3.403	4.332	3.784	2.867	2.025	1.204	0.297	0.009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18.233	21.042
[33.75-56.25[	-	-	0.237	0.984	0.340	0.147	0.016	0.002	-	0.001	0.001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.708	2.809
[11.25-33.75[	-	-	0.182	0.252	0.147	0.049	0.003	0.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.833	1.101
[-11.25-11.25[	-	-	0.136	0.165	0.145	0.022	0.001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.468	0.468
Total	-	0.006	3.086	22.394	30.155	20.958	12.143	7.275	3.412	0.774	0.099	0.017	0.001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100.000	-
Accum	-	0.006	3.071	25.465	55.620	76.278	88.421	95.696	99.108	99.882	99.982	99.999	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	-	-



A.9 Tableaux des occurrences de distribution Hs/MWD ; Hs/Tp et Tp/MWD pour le point Large Iles d'Hyères

Frequency of Occurrence [%] (1994-01-01 - 2018-12-31; 1h) All

H_s [m] - Local

MWD [°N-from] - Local	Frequency of Occurrence [%] (1994-01-01 - 2018-12-31; 1h) All												Total	Accum
	[0-0.5[	[0.5-1[	[1-1.5[	[1.5-2[	[2-2.5[	[2.5-3[	[3-3.5[	[3.5-4[	[4-4.5[	[4.5-5[	[5-5.5[	[5.5-6[
[326.25-348.75[	0.078	0.075	0.037	0.009	0.000	-	-	-	-	-	-	-	0.199	99.996
[303.75-326.25[	0.078	0.101	0.046	0.008	0.000	-	-	-	-	-	-	-	0.233	99.796
[281.25-303.75[	0.162	0.239	0.121	0.013	0.001	-	-	-	-	-	-	-	0.535	99.564
[258.75-281.25[	0.742	2.293	1.908	0.335	0.012	-	-	-	-	-	-	-	5.290	99.029
[236.25-258.75[	5.443	10.910	9.148	3.753	0.887	0.225	0.034	0.012	0.003	0.001	-	-	30.416	93.739
[213.75-236.25[	3.319	3.275	1.676	0.904	0.413	0.196	0.073	0.037	0.027	0.005	0.000	-	9.924	83.323
[191.25-213.75[	1.443	1.405	0.747	0.503	0.230	0.082	0.035	0.026	0.019	0.006	0.003	-	4.499	53.399
[168.75-191.25[	1.149	1.020	0.442	0.175	0.084	0.044	0.017	0.007	0.004	-	-	-	2.942	48.900
[146.25-168.75[	1.037	0.963	0.425	0.142	0.052	0.029	0.016	0.005	0.001	0.002	-	-	2.672	45.958
[123.75-146.25[	0.878	0.925	0.443	0.181	0.078	0.028	0.020	0.009	0.002	-	-	-	2.564	43.286
[101.25-123.75[	1.191	1.562	0.669	0.302	0.158	0.056	0.031	0.011	0.005	-	-	-	3.986	40.722
[78.75-101.25[	2.802	5.326	4.111	2.737	1.824	1.238	0.728	0.346	0.140	0.057	0.018	0.007	19.336	36.737
[56.25-78.75[	3.304	4.445	2.753	1.929	1.404	0.953	0.593	0.296	0.099	0.030	0.014	0.002	15.822	17.401
[33.75-56.25[	0.533	0.325	0.156	0.039	0.005	0.001	-	-	-	-	-	-	1.059	1.579
[11.25-33.75[	0.142	0.112	0.052	0.015	0.003	-	-	-	-	-	-	-	0.324	0.520
[-11.25-11.25[	0.077	0.081	0.032	0.005	0.001	-	-	-	-	-	-	-	0.197	0.197
Total	22.376	33.055	22.788	11.051	5.152	2.853	1.547	0.749	0.299	0.101	0.035	0.010	99.996	-
Accum	22.376	55.431	78.199	89.250	94.401	97.254	98.802	99.551	99.850	99.951	99.986	99.996	-	-

Frequency of Occurrence [%] (1994-01-01 - 2018-12-31; 1h) All

H_s [m] - Local

T _p [s] - Local	H _s [m] - Local												Total	Accum
	[0-0.5[	[0.5-1[	[1-1.5[	[1.5-2[	[2-2.5[	[2.5-3[	[3-3.5[	[3.5-4[	[4-4.5[	[4.5-5[	[5-5.5[	[5.5-6[
[24-25[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	99.996
[23-24[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	99.996
[22-23[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	99.996
[21-22[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	99.996
[20-21[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	99.996
[19-20[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	99.996
[18-19[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	99.996
[17-18[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	99.996
[16-17[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	99.996
[15-16[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	99.996
[14-15[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	99.996
[13-14[	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	99.996
[12-13[	-	-	-	0.000	-	0.000	0.001	0.001	-	-	-	-	0.003	99.996
[11-12[	-	-	0.000	0.003	0.002	0.003	0.001	0.004	0.002	-	-	0.001	0.018	99.993
[10-11[	0.000	-	0.007	0.014	0.036	0.033	0.029	0.030	0.029	0.017	0.024	0.008	0.228	99.975
[9-10[	-	0.002	0.064	0.229	0.296	0.237	0.229	0.293	0.230	0.083	0.011	-	1.675	99.748
[8-9[	-	0.021	0.683	1.630	1.120	1.266	1.146	0.418	0.038	0.001	-	-	6.322	98.073
[7-8[	0.001	0.358	4.286	4.299	3.014	1.300	0.141	0.004	-	-	-	-	13.402	91.750
[6-7[	0.031	3.587	10.160	4.537	0.684	0.012	-	-	-	-	-	-	19.011	78.348
[5-6[	0.768	13.446	7.235	0.339	0.001	-	-	-	-	-	-	-	21.788	59.337
[4-5[	6.997	14.126	0.333	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21.465	37.549
[3-4[	12.917	1.515	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14.432	16.094
[2-3[	1.660	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.660	1.661
[1-2[	0.002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.002	0.002
[0-1[-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	22.376	33.055	22.788	11.051	5.152	2.853	1.547	0.749	0.299	0.101	0.035	0.010	99.996	-
Accum	22.376	55.431	78.199	89.250	94.401	97.254	98.802	99.551	99.850	99.951	99.986	99.996	-	-

Tableaux d'occurrences associés aux diagrammes de distribution Hs/MWD, Hs/Tp et Tp/MWD



Frequency of Occurrence [%] (1994-01-01 - 2018-12-31; 1h) All

		T _p [s] - Local																				Total	Accum					
		[0-1[	[1-2[	[2-3[	[3-4[	[4-5[	[5-6[	[6-7[	[7-8[	[8-9[	[9-10[	[10-11[	[11-12[	[12-13[	[13-14[	[14-15[	[15-16[	[16-17[	[17-18[	[18-19[	[19-20[	[20-21[	[21-22[	[22-23[	[23-24[	[24-25[
MWD [°N-from] - Local	[326.25-348.75[	-	-	0.017	0.042	0.080	0.029	0.034	0.015	0.002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.199	100.000
	[303.75-326.25[	-	0.000	0.014	0.050	0.083	0.047	0.045	0.010	0.002	0.001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.233	99.801
	[281.25-303.75[	-	-	0.038	0.090	0.137	0.128	0.102	0.036	0.003	0.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.535	99.568
	[258.75-281.25[	-	0.001	0.098	0.383	0.785	1.398	1.618	0.914	0.109	0.003	0.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.290	99.033
	[236.25-258.75[	-	-	0.361	3.289	5.459	6.420	6.701	5.110	2.441	0.557	0.000	0.009	0.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30.416	93.743
	[213.75-236.25[	-	-	0.187	2.127	2.429	1.954	1.552	0.912	0.469	0.234	0.050	0.008	0.002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.924	63.327
	[191.25-213.75[	-	-	0.092	0.857	1.204	0.938	0.746	0.437	0.146	0.068	0.023	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.499	53.403
	[168.75-191.25[	-	-	0.080	0.576	0.947	0.777	0.362	0.147	0.062	0.010	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.942	48.904
	[146.25-168.75[	-	-	0.044	0.477	0.833	0.817	0.335	0.112	0.047	0.007	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.672	45.962
	[123.75-146.25[	-	-	0.063	0.554	0.811	0.641	0.313	0.126	0.050	0.006	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.564	43.290
	[101.25-123.75[	-	-	0.092	0.899	1.309	0.940	0.440	0.230	0.065	0.010	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.986	40.726
	[78.75-101.25[	-	0.000	0.184	2.230	3.969	4.537	3.833	2.908	1.396	0.257	0.021	0.004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19.340	36.741
	[56.25-78.75[	-	-	0.229	2.399	3.070	2.957	2.783	2.320	1.511	0.528	0.042	0.001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.822	17.401
	[33.75-56.25[	-	-	0.120	0.366	0.250	0.131	0.101	0.075	0.015	0.002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.059	1.579
	[11.25-33.75[	-	-	0.043	0.086	0.073	0.046	0.040	0.031	0.004	0.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.324	0.520
	[-11.25-11.25[	-	-	0.020	0.046	0.057	0.028	0.026	0.018	0.001	0.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.197	0.197
Total	-	0.002	1.660	14.432	21.455	21.788	19.011	13.402	6.322	1.675	0.228	0.022	0.003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100.000	-	
Accum	-	0.002	1.661	16.094	37.549	59.337	78.348	91.750	98.073	99.748	99.975	99.997	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	-	-	

B Méthodologie d'analyse de valeurs extrêmes

B.1 Général

Les valeurs extrêmes associées à des longues périodes de retour sont estimées en ajustant une distribution de probabilité aux données historiques. Un certain nombre de distributions, de sélection des données et de techniques d'ajustement peuvent être utilisées pour l'estimation de valeurs extrêmes, et ces valeurs estimées sont souvent sensible au choix de la méthode. Cependant, il n'est pas possible de choisir une méthode uniquement avec un meilleur appui théorique ou du fait de son utilisation plus répandue par les entreprises. Par conséquent, il est préférable de tester plusieurs approches et de décider de la méthode à utiliser en fonction de la qualité de l'ajustement.

Une analyse de valeurs extrêmes typique suit généralement les étapes suivantes :

1. Extraction d'événements répartis de façon indépendante et identique à condition que les événements sont séparés par au moins 36 heures, et que les valeurs entre les événements soient inférieures à 70% de la valeur du plus petit pic des deux événements consécutifs.
2. Ajustement de la distribution des valeurs extrêmes des événements ainsi extraits, tous deux omni/total et directionnel/saisonnier sous-ensembles. Les paramètres de distribution sont estimés soit par maximum de vraisemblance ou par méthode des moindres carrés. Les analyses suivantes sont employées (voir Section B.2 plus pour de détails)
 - a. Ajuster la distribution de Gumbel au maximum annuel.
 - b. Ajuster une distribution à tous les événements au-dessus d'un certain seuil (la méthode Peak-Over-Threshold). Le type de distribution peut être exponentiel, Weibull à 2 paramètres ou Weibull tronqué.
3. Resserrement des sous-domaines afin d'assurer la consistance avec la distribution omni/totale.
4. Autoamorçage pour estimer l'incertitude due à l'erreur d'échantillonnage.

B.2 Lois de distribution

Les distributions de probabilité suivantes sont souvent employées en lien avec l'estimations de valeurs extrêmes :

- Distribution de Weibull à deux paramètres
- Distribution de Weibull tronquée
- Distribution exponentielle
- Distribution de Gumbel

La distribution de Weibull à deux paramètres est donnée par :

$$P(X < x) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\alpha\right) \quad (\text{A.1})$$

avec les paramètres de distribution α (forme) et β (échelle). La distribution de Weibull à deux paramètres utilisée avec la méthode d'analyse Peak-Over-Threshold (POT) est ajustée à l'excédent de valeurs au-dessus du seuil, c'est-à-dire que la valeur du seuil est soustraite aux données relatives à l'ajustement.

La distribution tronquée de Weibull à deux paramètres est donnée par :

$$P(X < x) = 1 - \frac{1}{P_0} \exp\left(-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\alpha\right) \quad (\text{A.2})$$

avec les paramètres de distribution α (forme) et β (échelle) et la probabilité de dépassement P_0 , du niveau de seuil, γ , donné par :

$$P_0 = \exp\left(-\left(\frac{\gamma}{\beta}\right)^\alpha\right) \quad (\text{A.3})$$

La distribution tronquée de Weibull à deux paramètres est utilisée avec la méthode d'analyse Peak-Over-Threshold, et, contrairement à la distribution non tronquée, est ajustée directement aux données, c'est-à-dire que la valeur du seuil n'est pas soustraite aux données relatives à l'ajustement.

La distribution exponentielle est donnée par :

$$P(X < x) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{x - \mu}{\beta}\right)\right), x \geq \mu \quad (\text{A.4})$$

avec les paramètres de distribution α (forme) et μ (position).

Dernièrement, la distribution de Gumbel est donnée par :

$$P(X < x) = \exp\left(-\exp\left(\frac{\mu - x}{\beta}\right)\right) \quad (\text{A.5})$$

avec les paramètres de distribution α (forme) et μ (position).

