

# RAPPORT



Caractérisation de 7 événements de tempête  
de l'automne-hiver **2013-2014**  
à partir des données disponibles au **SHOM**



# Rapport **SHOM**



Caractérisation de 7 évènements de tempête  
de l'automne-hiver 2013-2014  
à partir des données disponibles au SHOM

Camille DAUBORD





# SOMMAIRE

<b><u>1.</u></b>	<b><u>EVENEMENTS ETUDIES ET DONNEES MAREGRAPHIQUES DISPONIBLES AU SHOM</u></b>	<b><u>2</u></b>
A.	EVENEMENTS ETUDIES	2
B.	DONNEES MAREGRAPHIQUES EXPLOITEES	2
C.	METHODOLOGIE	3
<b><u>2.</u></b>	<b><u>ANALYSE DES OBSERVATIONS MAREGRAPHIQUES EVENEMENT PAR EVENEMENT</u></b>	<b><u>4</u></b>
A.	TEMPETE CHRISTIAN (26/10/2013 -29/10/2013)	4
I.	ANALYSE DES DONNEES MAREGRAPHIQUES	4
II.	BILAN	4
B.	TEMPETE GODEHART (03/11/2013 -06/11/2013)	5
I.	ANALYSE DES DONNEES MAREGRAPHIQUES	5
II.	BILAN	5
C.	TEMPETE XAVER (05/12/2013 -08/12/2013)	6
I.	ANALYSE DES DONNEES MAREGRAPHIQUES	6
II.	BILAN	7
D.	TEMPETE DIRK (23/12/2013 -27/12/2013)	8
I.	ANALYSE DES DONNEES MAREGRAPHIQUES	8
II.	BILAN	8
E.	TEMPETE SANSNOM1 (31/01/2014 -03/02/2014)	9
I.	ANALYSE DES DONNEES MAREGRAPHIQUES	9
II.	BILAN	9
F.	TEMPETE PETRA (04/02/2014 -05/02/2014)	10
I.	ANALYSE DES DONNEES MAREGRAPHIQUES	10
II.	BILAN	11
G.	TEMPETE QUMARA (06/02/2014 -07/02/2014)	11
I.	ANALYSE DES DONNEES MAREGRAPHIQUES	11
II.	BILAN	12
<b><u>3.</u></b>	<b><u>SYNTHESE</u></b>	<b><u>13</u></b>
A.	EVENEMENTS REMARQUABLES EN TERME DE HAUTEURS ENREGISTREES	13
B.	EVENEMENTS REMARQUABLES EN TERME DE SURCOTES INSTANTANEEES ENREGISTREES	14
C.	SYNTHESE DES CARACTERISTIQUES PRINCIPALES DES EVENEMENTS	15
<b><u>4.</u></b>	<b><u>CONCLUSION</u></b>	<b><u>16</u></b>
<b><u>5.</u></b>	<b><u>ANNEXE1 : SYNTHESES GRAPHIQUES (EVENEMENTS ETUDIES)</u></b>	<b><u>17</u></b>
A.	INFORMATIONS RELATIVES A LA LECTURE DES PLANCHES GRAPHIQUES	17
B.	FIGURES	17
<b><u>6.</u></b>	<b><u>ANNEXE2 : SYNTHESES GRAPHIQUES (EVENEMENTS « ANALOGUES » CITES)</u></b>	<b><u>25</u></b>

## Introduction

Le littoral Atlantique-Manche-Mer du Nord a été balayé par une série de tempêtes assez remarquables cet automne-hiver 2013-2014 (Christian, Godehard, Xaver, Dirk, Petra) engendrant parfois des dégâts considérables. Les observations de niveau de la mer disponibles au SHOM ont été analysées pour caractériser ces événements. L'analyse des mesures marégraphiques, ainsi que l'exploitation des niveaux extrêmes calculés statistiquement, ont permis d'estimer les périodes de retour des niveaux marins atteints pendant ces événements, sur l'ensemble des côtes. Conjointement, l'analyse des surcotes instantanées, et des surcotes de pleine et basse mer, a permis d'identifier l'extension spatiale et l'impact du passage des dépressions et les facteurs déterminants en terme de submersion éventuelle.

Le présent rapport a pour objet la présentation de ces éléments d'analyse.

### 1. Evènements étudiés et données marégraphiques disponibles au SHOM

#### a. Evènements étudiés

Les évènements étudiés sont indiqués dans le Tableau 1 ci-dessous.

Nom Tempête	CHRISTIAN	GODEHART	XAVER	DIRK	SANSNOM1	PETRA	QUMAIRA
Date	26/10/2013 - 29/10/2013	03/11/2013 - 06/11/2013	05/12/2013 - 08/12/2013	23/12/2013 - 27/12/2013	31/01/2014 - 03/02/2014	04/02/2014 - 05/02/2014	06/02/2014 - 07/02/2014
Informations relatives aux marées	Marées de morte eau	Marée de vive eau moyenne à marée de vive eau équinoxiale moyenne	Marée de vive eau équinoxiale moyenne à marée moyenne	Marée moyenne à marée de morte eau	Marées de vive eau équinoxiale	Marée moyenne à marée de vive eau moyenne	Marées de morte eau
Coefficient de marée à Brest Cmin-Cmax	31-40	93-101	72-102	43-61	101-114	71-94	42-63

**Tableau 1** Tableau récapitulatif des évènements étudiés.

#### b. Données marégraphiques exploitées

Les hauteurs d'eau acquises par les 21 marégraphes du Réseau d'Observation du Niveau de la Mer (RONIM) du SHOM positionnés en Manche-Atlantique-Mer du Nord ont été analysées pour chaque évènement du Tableau 1. Le réseau de marégraphes est resté opérationnel pendant ces épisodes de tempêtes. Des lacunes dans les séries sont ponctuellement observées pour certains ports mais sont sans lien avec le passage des dépressions (maintenance des capteurs à Brest et Le Conquet, envasement fréquent du marégraphe à basse mer à Arcachon).

Les instruments sont aujourd'hui des radars et enregistrent les hauteurs d'eau en temps réel. Les données acquises correspondantes sont diffusées sur le portail Refmar : hauteurs dites « temps réel » acquises au pas de temps 1 minute (diffusées mais non validées), hauteurs acquises au pas de temps 10 minutes et 1 heure (validées).

Pour cette étude, l'analyse est basée sur les hauteurs d'eau acquises au pas de temps de 10 minutes. Ce type de données contient moins d'information haute fréquence, mais a été choisi pour deux principales raisons :

- il s'agit des données à plus haute résolution temporelle validées par le SHOM ;
- les statistiques de référence de niveaux marins extrêmes ont été établies à partir de l'analyse des données au pas de temps horaire ; il est souhaitable de se rapprocher de ces conditions afin de

pouvoir établir des comparaisons entre hauteurs observées et hauteurs statistiques ; les hauteurs à 10 minutes sont donc le meilleur compromis entre précision sur les hauteurs maximales réellement atteintes et possibilité de comparaison sans trop de biais avec les statistiques.

Les hauteurs d'eau analysées ne prennent pas en compte l'influence de la houle et des vagues. En situation de tempête, la houle générée par les vents a un impact parfois très violent sur le littoral. Au niveau des observatoires, les marégraphes filtrent tout ou partie des effets de la houle. L'analyse qui suit prend donc en compte les composantes suivantes dans le niveau d'eau :

- marée ;
- surcote/décote d'origine météorologique.

### **c. Méthodologie**

Pour chaque évènement, les hauteurs d'eau maximales, les surcotes de pleine mer (PM) maximales, les surcotes de basse mer (BM) maximales, ainsi que les surcotes instantanées maximales ont été relevées au niveau de tous les observatoires disponibles.

Les informations relatives aux hauteurs d'eau maximales et aux surcotes instantanées maximales sont récapitulées, par évènement, dans les tableaux (Tableau 2 à Tableau 8) :

- les hauteurs d'eau maximales relevées sont comparées aux niveaux de plus haute mer astronomique (PHMA) et/ou aux statistiques de niveaux marins extrêmes de référence<sup>1</sup> (Hk, niveau de période de retour k ans) ;
- les surcotes instantanées maximales sont indiquées, avec une information sur la phase de marée à laquelle elles se sont produites (PM, jusant, BM ou flot).

Des planches de synthèse sont proposées pour chaque évènement en fin de rapport (Figure 1 à Figure 7, pages 18 à 24). Pour chaque évènement, plusieurs illustrations sont proposées à l'échelle du littoral Atlantique-Manche: une cartographie des hauteurs d'eau maximales atteintes, une cartographie des surcotes de PM maximales atteintes, une cartographie des surcotes de BM maximales atteintes, ainsi que le tracé simultané des surcotes instantanées pour chaque port permettant de visualiser l'évolution spatio-temporelle du pic de surcote. Les valeurs/dates relatives aux hauteurs maximales atteintes sont indiquées sur les cartes uniquement si les valeurs sont supérieures aux PHMA respectives des ports. Les valeurs/dates relatives aux surcotes de PM et BM maximales atteintes sont indiquées sur les cartes uniquement si les valeurs sont supérieures à 50 cm.

Les évènements marquants en terme de hauteurs d'eau atteintes (et donc de submersion) ont été rapprochés d'évènements analogues du passé, en exploitant les résultats intermédiaires du projet NIVEXT (projet DGPR/SHOM).

---

<sup>1</sup> Guide du SHOM Statistiques des niveaux marins extrêmes des côtes de France, Manche Atlantique, Edition 2012.

## 2. Analyse des observations marégraphiques événement par événement

### a. Tempête CHRISTIAN (26/10/2013 -29/10/2013)

#### i. Analyse des données marégraphiques

Coefficients de marée à Brest sur la période: de **40** (le 26/10) à **40** (le 29/10), avec un minimum de **31** (le 27/10).

PORT			HAUTEUR MAX				SURCOTE INSTANTANEE MAX					
Ref Port	Nom Port	cadence acquisition mesure	hauteur max (m)	Indice	jour	heure TU	surcote de PM associée (m)	surcote inst. max (m)	jour	heure TU	hauteur associée (m)	Info marée
1	DUNKERQUE	10 min	5.26	H<PHMA	28/10	19:00	0.55	1.13	28/10	14:49	3.68	flot
2	CALAIS	10 min	6.20	H<PHMA	29/10	19:10	0.26	0.91	28/10	09:32	4.62	jusant
3	BOULOGNE-SUR-MER	10 min	7.39	H<PHMA	26/10	03:00	0.10	1.43	28/10	09:21	5.89	jusant
4	DIEPPE	10 min	7.61	H<PHMA	26/10	02:30	-0.04	1.56	28/10	07:51	6.81	jusant
5	LE HAVRE	10 min	7.12	H<PHMA	28/10	03:50	0.81	1.41	28/10	07:09	6.57	jusant
6	CHERBOURG	10 min	5.29	H<PHMA	28/10	02:40	0.51	0.88	28/10	05:31	4.80	jusant
7	SAINT-MALO	10 min	9.47	H<PHMA	26/10	10:00	0.05	1.04	28/10	04:51	6.74	jusant
8	ROSCOFF	10 min	7.25	H<PHMA	26/10	09:00	0.08	0.67	28/10	02:40	5.73	/
9	LE CONQUET	10 min	5.57	H<PHMA	26/10	08:10	0.13	0.65	28/10	00:21	5.09	/
10	BREST	10 min	5.70	H<PHMA	26/10	08:20	0.18	0.74	28/10	00:51	5.07	jusant
11	CONCARNEAU	10 min	4.20	H<PHMA	26/10	07:30	0.20	0.64	28/10	01:50	3.45	/
12	PORT-TUDY	10 min	4.276	H<PHMA	26/10	07:20	0.11	0.55	28/10	03:01	3.18	/
13	LE CROUESTY	10 min	4.47	H<PHMA	26/10	07:40	0.16	0.77	28/10	03:11	3.38	jusant
14	SAINT-NAZAIRE	10 min	4.871	H<PHMA	28/10	09:50	0.47	0.99	28/10	03:21	3.78	jusant
15	LES SABLES-D OLLONNE	10 min	4.45	H<PHMA	29/10	11:30	0.16	0.58	28/10	04:20	3.10	/
16	LA ROCHELLE-PALLICE	10 min	5.25	H<PHMA	29/10	11:50	0.23	0.46	28/10	03:31	3.46	/
17	ILE D AIX	10 min	5.27	H<PHMA	29/10	12:00	0.30	0.53	28/10	06:58	4.51	/
18	PORT-BLOC	10 min	4.58	H<PHMA	28/10	11:00	0.38	0.50	28/10	02:22	3.42	/
20	BOUCAU-BAYONNE	10 min	3.537	H<PHMA	28/10	10:40	0.33	0.41	28/10	05:08	2.47	/
21	SOCOA	10 min	3.556	H<PHMA	29/10	11:30	0.13	0.28	28/10	01:41	2.57	/

**Tableau 2** Principaux résultats de l'analyse des données marégraphiques pour l'évènement CHRISTIAN.

La planche de synthèse graphique correspondante (format A3) est fournie page 18.

#### ii. Bilan

Un pic de surcote est visible le 28 octobre sur l'ensemble des graphiques de surcotes instantanées (Figure 1 page 18) de Saint-Nazaire à Dunkerque. L'arrivée du pic de surcote se fait par la pointe bretonne (Le Conquet, Brest) avant de se propager vers le Nord-Est (Dunkerque) et le Sud-Ouest (Saint Nazaire). Le pic de surcote est surtout notable à Saint Nazaire (~1m), et pour les observatoires situés en Manche entre Saint-Malo et Dunkerque (de 0.90 à 1.56m). Le pic de surcote est maximum à Dieppe avec une valeur maximum de 1,56 m.

Les hauteurs maximales observées sur la période sont cependant inférieures aux niveaux des plus hautes mers astronomiques (PHMA) pour tous les observatoires: le maximum du pic de surcote associé à la tempête arrive à marée descendante (exception à Dunkerque, arrivée à marée montante), et en période de marée de morte eau (coefficient 33 le 28/10 au matin). La surcote de PM maximale, égale à 0.81 m, a été observée le 28 octobre à 03h50 UTC à Saint-Malo. Les surcotes de PM produites sont, de manière générale, trop faibles pour produire des niveaux d'eau remarquables en situation de morte eau.

Les hauteurs produites auraient été non remarquables (<PHMA) y compris dans le cas d'une concomitance du pic de surcote avec la pleine mer.

## b. Tempête GODEHART (03/11/2013 -06/11/2013)

### i. Analyse des données marégraphiques

Coefficients de marée à Brest sur la période: de **93** (le 03/11) à **95** (le 06/11), avec un maximum de **101** (entre le 04/11 et le 05/11).

PORT			HAUTEUR MAX				SURCOTE INSTANTANEE MAX					
Ref Port	Nom Port	cadence acquisition mesure	hauteur max (m)	Indice	jour	heure TU	surcote de PM associée (m)	surcote inst. max (m)	jour	heure TU	hauteur associée (m)	Info marée
1	DUNKERQUE	10 min	6.81	PHMA<H<=H5	04/11	11:50	0.63	0.99	04/11	08:39	3.11	flot
2	CALAIS	10 min	8.24	H10<H<=H20	04/11	11:30	0.66	0.96	04/11	07:43	2.56	~BM-flot
3	BOULOGNE-SUR-MER	10 min	9.55	PHMA<H<=H5	04/11	11:20	0.48	1.02	04/11	01:30	7.29	jusant
4	DIEPPE	10 min	10.06	H<PHMA	06/11	12:10	0.23	0.86	04/11	07:00	3.38	flot
5	LE HAVRE	10 min	8.96	H10<H<=H20	04/11	09:50	0.82	0.89	04/11	05:43	2.88	~BM-flot
6	CHERBOURG	10 min	6.99	H<PHMA	05/11	08:40	0.26	0.53	04/11	02:49	1.78	~BM
7	SAINT-MALO	10 min	12.88	H<PHMA	05/11	07:00	0.26	0.65	03/11	21:33	6.71	jusant
8	ROSCOFF	10 min	9.46	H<PHMA	05/11	05:40	0.25	0.40	03/11	19:59	5.92	jusant
9	LE CONQUET	10 min	7.46	H<PHMA	05/11	04:40	0.27	0.43	03/11	18:11	5.31	jusant
10	BREST	10 min	7.34	H<PHMA	06/11	17:40	0.24	0.33	06/11	22:20	2.85	/
11	CONCARNEAU	10 min	5.61	H<PHMA	05/11	04:00	0.31	0.53	03/11	19:01	3.03	jusant
12	PORT-TUDY	10 min	5.77	H<PHMA	04/11	03:40	0.36	0.40	03/11	19:30	2.52	jusant
13	LE CROUESTY	10 min	6.04	H<PHMA	04/11	03:30	0.41	0.57	03/11	20:41	1.80	~jusant-BM
14	SAINT-NAZAIRE	10 min	6.73	PHMA<H<=H5	04/11	03:30	0.72	0.96	03/11	21:02	2.06	~BM
15	LES SABLES-D OLNNE	10 min	5.97	PHMA<H<=H5	04/11	03:50	0.54	0.64	04/11	01:59	5.50	1PM-1BM
16	LA ROCHELLE-PALLICE	10 min	7.02	PHMA<H<=H5	04/11	03:10	0.67	0.73	04/11	03:09	7.02	~PM
17	ILE D AIX	10 min	7.06	H>PHMA	04/11	03:10	0.75	0.88	04/11	02:39	6.98	flot
18	PORT-BLOC	10 min	6.03	PHMA<H<=H5	04/11	04:00	0.55	0.65	04/11	06:15	4.97	jusant
20	BOUCAU-BAYONNE	10 min	4.87	PHMA<H<=H5	05/11	04:10	0.46	0.65	05/11	08:30	2.01	2PM-2BM
21	SOCOA	10 min	4.87	H<PHMA	05/11	04:00	0.30	0.38	05/11	05:24	4.54	/

**Tableau 3** Principaux résultats de l'analyse des données marégraphiques pour l'évènement GODEHART; les hauteurs remarquables (supérieures à des niveaux statistiques de période de retour 5 ans) sont surlignées en bleu.

La planche de synthèse graphique correspondante (format A3) est fournie page 19.

### ii. Bilan

Le passage de la dépression a généré plusieurs pics de surcote, à l'allure étalée. Les pics de surcote les plus notables sont observables entre le 3 novembre au soir et le 4 novembre au matin, pour les observatoires situés entre St Nazaire et Port Bloc; et le 4 novembre pour les observatoires situés entre Le Havre et Dunkerque. Les pics de surcote restent modérés au niveau de la Bretagne-Manche occidentale (de Cherbourg au Crouesty). Les pics de surcote sont plus marqués au niveau de la Manche orientale avec des valeurs maximales de 0.9 à 1m ; du littoral de la Loire-Atlantique au littoral aquitain, les maxima observés sont plus faibles (0.65 à 0.95 m).

Les hauteurs maximales observées sur la période sont relativement remarquables au niveau de la Manche orientale avec des hauteurs maximales à Calais et au Havre comprises entre les niveaux statistiques de périodes de retour 10 ans et 20 ans. Ces hauteurs remarquables sont associées à des surcotes de PM élevée (0.66 m et 0.82 m) générées par des pics de surcotes secondaires concomitant avec l'instant de pleine mer.

Au niveau du littoral des Pays de la Loire à l'Aquitaine, les hauteurs maximales observées se situent majoritairement entre les niveaux de PHMA et les niveaux statistiques de période de retour de 5 ans. Les valeurs des surcotes de PM associées à ces hauteurs maximales ne sont pas exceptionnelles (0.45 à 0.70m). Le caractère notable des hauteurs observées (~H5ans) est davantage lié au contexte de marée de vive eau : les hauteurs sont produites par concomitance avec l'instant de PM de pics de surcote principaux (La Rochelle, Ile d'Aix), de pics de surcote secondaires non négligeables (St Nazaire), ou de pics de surcote moyens très étalés (sur plusieurs marnages, Port Bloc, Sables d'Olonne).

Au niveau des autres observatoires, les hauteurs observées sont inférieures aux niveaux des PHMA, les pics de surcotes associés au passage de la dépression étant de moindre amplitude (observatoires de

Bretagne-Manche occidentale et Socoa) et/ou arrivant à mi-marée ou basse mer (Dieppe). Les hauteurs produites sont donc non remarquables, malgré une situation en période de marée de vive eau.

Le passage de la dépression a donc eu une incidence sur les niveaux observés en Manche orientale et des Pays de la Loire à l'Aquitaine, majoritairement contrôlée par la situation de marée (vive-eau).

### Rapprochement à des analogues anciens :

On retrouve difficilement, parmi les évènements du passé, de situation similaire (hauteurs atteintes remarquables sur le littoral hors Bretagne, et évolution spatio-temporelle des surcotes instantanées similaire avec valeurs maximales atteintes inférieures au mètre).

En terme de hauteurs atteintes, l'évènement du passé se rapprochant le plus des observations relevées est l'évènement du **13 au 14 décembre 1981** (coefficient de marée de 104) (Figure 8 page 26): les hauteurs maximales atteintes avaient été notables à Dunkerque et Boulogne-sur-Mer (PHMA-H5), Le Havre (H10-H20), Saint Nazaire (PHMA-H5) et Bayonne (H5).

L'évènement le plus ressemblant en terme d'évolution spatio-temporelle des surcotes instantanées sur la période tempétueuse est l'évènement du **15 au 18 décembre 2011** (tempête JOACHIM) (Figure 9 page 27).

D'autres évènements, ayant épargné la Bretagne, et aux évolutions spatio-temporelles de surcote proches peuvent être identifiés :

- évènement du 8 décembre 2006 : plus sévère en terme de surcotes de PM atteintes des Pays de la Loire à l'Aquitaine ;
- évènement du 15 au 16 décembre 1979 (coefficients de marée 53-64) : les pics de surcote en Manche orientale sont plus marqués et d'amplitude plus élevée ;
- évènement du 1 au 2 décembre 1976 (coefficient de marée 54);
- évènement du 6 février 1974 (coefficient de marée 93-102).

## c. Tempête XAVER (05/12/2013 -08/12/2013)

### i. Analyse des données marégraphiques

Coefficients de marée à Brest sur la période: de **102** (le 05/12) à **72** (le 08/12).

PORT			HAUTEUR MAX				SURCOTE INSTANTANEE MAX					
Ref Port	Nom Port	cadence acquisition mesure	hauteur max (m)	Indice	jour	heure TU	surcote de PM associée (m)	surcote inst. max (m)	jour	heure TU	hauteur associée (m)	Info marée
1	DUNKERQUE	10 min	7.43	H>=H100	06/12	01:30	1.26	2.35	05/12	20:47	3.10	flot
2	CALAIS	10 min	8.68	H>=H100	06/12	00:50	1.12	1.87	06/12	03:31	7.74	jusant
3	BOULOGNE-SUR-MER	10 min	9.93	H10<H<=H20	06/12	01:00	0.83	1.05	06/12	06:00	3.62	jusant-BM
4	DIEPPE	10 min	10.18	PHMA<H<=H5	06/12	00:30	0.36	0.78	06/12	06:41	2.11	~BM
5	LE HAVRE	10 min	8.68	PHMA<H<=H5	06/12	00:20	0.50	1.02	06/12	03:40	4.86	jusant
6	CHERBOURG	10 min	6.64	H<PHMA	05/12	09:20	-0.17	0.44	06/12	03:09	2.18	/
7	SAINT-MALO	10 min	12.56	H<PHMA	05/12	07:30	-0.19	0.34	06/12	01:42	2.49	/
8	ROSCOFF	10 min	8.94	H<PHMA	06/12	07:10	-0.29	-0.03	06/12	01:22	1.23	/
9	LE CONQUET	10 min	7.13	H<PHMA	05/12	05:20	-0.18	-0.08	08/12	03:18	2.25	/
10	BREST	10 min	7.30	H<PHMA	05/12	05:20	-0.20	-0.09	05/12	08:50	3.52	/
11	CONCARNEAU	10 min	5.19	H<PHMA	05/12	05:00	-0.24	-0.13	07/12	23:31	1.92	/
12	PORT-TUDY	10 min	5.35	H<PHMA	05/12	05:00	-0.20	-0.16	07/12	10:20	2.60	/
13	LE CROUESTY	10 min	5.55	H<PHMA	05/12	05:00	-0.22	-0.12	06/12	12:13	0.52	/
14	SAINT-NAZAIRE	10 min	6.09	H<PHMA	05/12	04:50	0.01	0.04	07/12	16:39	4.37	/
15	LES SABLES-D OLNNE	10 min	5.50	H<PHMA	05/12	04:50	-0.04	-0.03	05/12	05:21	5.48	/
16	LA ROCHELLE-PALLICE	10 min	6.30	H<PHMA	05/12	05:00	-0.13	-0.08	08/12	16:41	4.07	/
17	ILE D AIX	10 min	6.33	H<PHMA	05/12	05:00	-0.03	0.05	06/12	00:56	2.11	/
18	PORT-BLOC	10 min	5.47	H<PHMA	05/12	05:30	-0.16	0.00	06/12	11:20	1.37	/
20	BOUCAU-BAYONNE	10 min	4.49	H<PHMA	05/12	04:50	-0.02	0.42	05/12	10:48	0.91	/
21	SOCOA	10 min	4.55	H<PHMA	05/12	04:50	-0.10	-0.07	05/12	06:51	3.48	/

**Tableau 4** Principaux résultats de l'analyse des données marégraphiques pour l'évènement Xaver; les hauteurs remarquables (supérieures à des niveaux statistiques de période de retour 5 ans) sont surlignées en bleu.

La planche de synthèse graphique correspondante (format A3) est fournie page 20.

## ii. Bilan

Le passage de la dépression Xaver, au nord des îles britanniques, a affecté le littoral de la Manche orientale, du Havre à Dunkerque.

Des pics de surcote notables (0.78m à 2.35m) sont observables du Havre à Dunkerque, entre le 05 décembre au soir et le 06 décembre au matin, avec des valeurs maximales exceptionnelles enregistrées à Calais (1.87m) et Dunkerque (2.35m).

Les hauteurs maximales atteintes à Calais et Dunkerque sont également exceptionnelles, supérieures aux niveaux statistiques de période de retour 100 ans correspondants. Il s'agit des plus fortes hauteurs mesurées depuis la mise en place des observatoires<sup>2</sup>. Elles sont supérieures de 0.12m et 0.42m aux maxima respectivement relevés jusqu'alors à Dunkerque (12 janvier 1978)<sup>3</sup> et Calais (4 novembre 2013, GODEHART)<sup>4</sup>. Les maxima de surcote instantanée pour ces observatoires sont arrivés à mi-marée, mais les pics étant étalés sur plusieurs marnages, les surcotes coïncidentes avec la PM sont restées élevées (1.25m à Dunkerque, 1.12m à Calais). A titre indicatif, ces dernières sont proches des surcotes de PM relevées à La Rochelle et Saint-Nazaire pendant la tempête XYNTHIA (respectivement 1,52m et 1,12m en février 2010).

Le caractère exceptionnel des hauteurs observées à Dunkerque et Calais est lié à la présence d'un pic de surcote d'amplitude et de largeur remarquables, en période de marée vive-eau.

La hauteur maximale atteinte à Boulogne-sur-mer est moins extrême en raison d'un pic de surcote moins prononcé mais reste considérable (comprise entre les niveaux statistiques de périodes de retour 10 et 20 ans). Cette hauteur n'a jamais été relevée en 26 années de mesures effectives depuis 1941.

### Rapprochement à des analogues anciens :

Cet évènement peut être considéré comme un nouvel évènement de référence pour le littoral Manche orientale et notamment pour les observatoires de Dunkerque et Calais, pour lesquels surcotes instantanées et hauteurs maximales atteintes n'ont jamais été observées jusqu'alors.

Il n'a pas pu être comparé à l'évènement historique du 31 janvier au 2 février 1953 (évènement très ancré dans les mémoires, ayant produit de gros dégâts aux Pays-Bas) car aucune mesure marégraphique en Manche n'est disponible sur cette période.

En terme de hauteurs atteintes, l'évènement du passé se rapprochant le plus des observations relevées est l'évènement du **11 au 13 janvier 1978** (coefficients de marée de 100 à 108) (Figure 10 page 28): les hauteurs maximales atteintes avaient été notables à Dunkerque (H20-H50) et Boulogne-sur-mer (H5-H10).

En terme de « dynamique » (formes et amplitudes des pics de surcote, extension spatiale de la zone touchée), l'évènement du passé le plus ressemblant est l'évènement du **9 novembre 2007** (Figure 11 page 29): les maxima de surcote atteints avaient été inférieurs mais comparables (2.20m à Dunkerque et 1.60m à Calais) ; en phase avec la marée basse, ils n'avaient pas produit de hauteurs très remarquables.

D'autres cas du passé présentent des similitudes, avec des pics de surcote marqués au niveau des observatoires marégraphiques situés en Manche orientale :

- évènement du 31 décembre 2011 au 6 janvier 2012 (tempête ULLI) ;
- évènement du 8 février 2004 ;
- évènement du 15 au 17 janvier 1974 ;

---

<sup>2</sup> Respectivement 45 et 36 années de mesures effectives à Dunkerque (depuis 1956) et Calais (depuis 1941).

<sup>3</sup> Les 5 plus hautes hauteurs mesurées à Dunkerque dans le passé (avant le 06/12/2013) sont : 7.30m (12/01/1978), 7.29m (02/02/1983), 7.11m (14/12/1973), 7.06m (10/12/1965), 6.98m (03/01/1976).

<sup>4</sup> Les 5 plus hautes hauteurs mesurées à Calais dans le passé (avant le 06/12/2013) sont : 8.24m (04/11/2013), 8.21m (10/12/1965), 8.19m (12/01/1978), 8.13m (02/02/1983), 8.12m (14/11/1993).

- évènement du 11 au 13 janvier 1978 ;
- évènement du 15 au 16 décembre 1979 : le maximum de surcote (2m) avait cependant été enregistré au Havre ;
- évènement du 15 au 16 octobre 1987 : les pics de surcote les plus notables (>1.50m) avaient été enregistrés plus à l'Ouest, entre Le Havre et Boulogne-sur-mer;
- évènement du 25 au 26 janvier 1990 (tempête DARIA) : les pics de surcote les plus notables (~2m) avaient été enregistrés plus à l'Ouest, à Boulogne-sur-mer et au Havre.

#### d. Tempête DIRK (23/12/2013 -27/12/2013)

##### i. Analyse des données marégraphiques

Coefficients de marée à Brest sur la période: de **61** (le 23/12) à **43** (le 26/12).

PORT			HAUTEUR MAX					SURCOTE INSTANTANEE MAX				
Ref Port	Nom Port	cadence acquisition mesure	hauteur max (m)	Indice	jour	heure TU	surcote de PM associée (m)	surcote inst. max (m)	jour	heure TU	hauteur associée (m)	Info marée
1	DUNKERQUE	10 min	5.74	H<PHMA	23/12	02:50	0.23	0.79	24/12	13:00	3.57	flot
2	CALAIS	10 min	6.82	H<PHMA	23/12	02:40	0.11	0.74	25/12	13:20	4.32	flot
3	BOULOGNE-SUR-MER	10 min	8.22	H<PHMA	23/12	02:00	0.20	0.88	24/12	17:28	6.90	jusant
4	DIEPPE	10 min	8.44	H<PHMA	23/12	01:50	0.16	0.91	24/12	17:50	5.89	jusant
5	LE_HAVRE	10 min	7.48	H<PHMA	23/12	13:30	0.15	0.69	24/12	21:19	3.40	~BM
6	CHERBOURG	10 min	5.98	H<PHMA	23/12	23:30	0.48	0.65	24/12	18:40	2.91	~BM
7	SAINT-MALO	10 min	10.70	H<PHMA	24/12	09:50	0.52	0.87	24/12	02:01	6.09	jusant
8	ROSCOFF	10 min	8.10	H<PHMA	23/12	20:40	0.53	0.69	24/12	00:35	5.20	jusant
9	LE_CONQUET	10 min	6.38	H<PHMA	23/12	19:50	0.61	0.81	23/12	23:02	4.61	PM-jusant
10	BREST	10 min	6.59	H<PHMA	23/12	19:50	0.70	0.90	23/12	22:41	5.01	PM-jusant
11	CONCARNEAU	10 min	4.80	H<PHMA	24/12	07:10	0.43	0.82	24/12	01:01	2.75	~BM
12	PORT-TUDY	10 min	5.01	H<PHMA	24/12	07:40	0.55	0.81	24/12	01:11	2.80	~BM
13	LE_CROUESTY	10 min	5.19	H<PHMA	24/12	07:40	0.53	0.96	24/12	00:30	3.21	~BM
14	SAINT-NAZAIRE	10 min	5.83	H<PHMA	24/12	06:40	0.86	1.12	24/12	02:14	3.19	~BM
15	LES_SABLES-D_OLONNE	10 min	5.07	H<PHMA	24/12	07:20	0.56	0.76	24/12	10:51	4.21	jusant-BM
16	LA_ROCHELLE-PALLICE	10 min	5.76	H<PHMA	24/12	07:20	0.56	0.75	24/12	12:22	3.84	jusant
17	ILE_D_AIX	10 min	5.81	H<PHMA	24/12	07:20	0.60	0.86	24/12	11:52	4.25	jusant
18	PORT-BLOC	10 min	5.07	H<PHMA	24/12	07:50	0.47	0.63	24/12	19:39	4.88	/
19	ARCACHON_EYRAC	10 min	4.20	H<PHMA	24/12	08:40	0.50	0.84	24/12	13:56	2.08	/
20	BOUCAU-BAYONNE	10 min	3.87	H<PHMA	24/12	08:10	0.28	0.55	26/12	03:59	2.41	/
21	SOCOA	10 min	3.87	H<PHMA	24/12	07:20	0.23	0.44	25/12	14:20	2.00	/

**Tableau 5** Principaux résultats de l'analyse des données marégraphiques pour l'évènement DIRK.

La planche de synthèse graphique correspondante (format A3) est fournie page 21.

##### ii. Bilan

Le passage de la dépression a généré des surcotes non négligeables sur l'ensemble du littoral Atlantique-Manche du 23 décembre après-midi au 26 décembre au soir. On ne distingue pas de pics de surcote très marqués, mais davantage le maintien d'un niveau de surcote supérieur à 0.5m sur 3 jours consécutifs. On ne retrouve pas la signature d'une dynamique particulière sur la répartition spatio-temporelle des signaux de surcotes instantanées. La distinction de l'arrivée franche d'un pic de surcote peut davantage se faire pour les observatoires du littoral situés entre Le Conquet et St Nazaire, avec des maxima supérieurs à 0.80m et pouvant localement avoisiner les 1m (Brest, Le Croesty) ou les dépasser (St Nazaire).

Les hauteurs maximales observées sur la période sont cependant inférieures aux niveaux des plus hautes mers astronomiques (PHMA) respectifs pour l'ensemble des observatoires considérés: les maxima de surcote observés arrivent peu après la PM, à mi-marée, ou à BM, mais ne coïncident avec aucune pleine mer, et cela dans un contexte de marée moyenne. Les surcotes de PM associées aux hauteurs maximales sont majoritairement inférieures à 0.60m, sauf à Brest (0.70m) et Saint-Nazaire (0.86m).

Les hauteurs produites auraient été non remarquables (<PHMA) y compris dans le cas d'une concomitance des valeurs maximales de surcotes instantanées relevées avec la pleine mer de plus grande amplitude de la période (coefficient 61).

Ces constats peuvent être liés à la trajectoire de la dépression, qui s'est établie loin des côtes bretonnes, avec un centre d'action (très creux, 930hPa le 24/12 06hUTC) situé entre le Nord de l'Irlande et de l'Ecosse le 23 décembre, en début d'épisode<sup>5</sup>.

## e. Tempête SANSNOM1 (31/01/2014 -03/02/2014)

### i. Analyse des données marégraphiques

Coefficients de marée à Brest sur la période: de **107** (le 31/01) à **106** (le 03/02), avec un maximum de **114** (le 01/02).

PORT			HAUTEUR MAX					SURCOTE INSTANTANÉE MAX				
Ref Port	Nom Port	cadence acquisition mesure	hauteur max (m)	Indice	jour	heure TU	surcote de PM associée (m)	surcote inst. max (m)	jour	heure TU	hauteur associée (m)	Info marée
1	DUNKERQUE	10 min	6.47	H<PHMA	03/02	01:50	0.23	0.47	01/02	10:32	3.87	/
2	CALAIS	10 min	7.71	H<PHMA	03/02	01:30	0.11	0.74	01/02	09:49	4.35	flot
3	BOULOGNE-SUR-MER	10 min	9.43	H<PHMA	03/02	01:10	0.20	0.87	01/02	15:00	6.60	jusant
4	DIEPPE	10 min	10.09	H<PHMA	01/02	11:40	0.16	0.72	01/02	14:10	7.12	jusant
5	LE HAVRE	10 min	8.75	PHMA<H<=H5	01/02	11:40	0.32	0.63	01/02	07:11	3.74	/
6	CHERBOURG	10 min	7.20	PHMA<H<=H5	01/02	08:50	0.21	0.46	31/01	17:19	3.78	/
7	SAINT-MALO	10 min	13.45	H<PHMA	01/02	07:00	0.24	0.79	01/02	01:40	1.44	~BM
8	ROSCOFF	10 min	9.88	PHMA<H<=H5	01/02	06:00	0.23	0.44	31/01	23:27	1.39	/
9	LE CONQUET	10 min	7.90	H10<H<=H20	01/02	04:50	0.34	0.43	31/01	12:09	2.06	/
10	BREST	10 min	8.07	H5<H<=H10	01/02	04:50	0.27	0.48	31/01	22:39	1.12	/
11	CONCARNEAU	10 min	5.88	H5<H<=H10	01/02	04:20	0.21	0.39	31/01	22:54	1.04	/
12	PORT-TUDY	10 min	6.00	PHMA<H<=H5	01/02	04:40	0.24	0.37	31/01	22:50	1.05	/
13	LE CROUESTY	10 min	6.26	PHMA<H<=H5	01/02	04:30	0.24	0.51	01/02	00:20	2.35	/
14	SAINT-NAZAIRE	10 min	6.76	PHMA<H<=H5	01/02	04:20	0.34	0.68	01/02	01:45	4.87	flot
15	LES SABLES-D OLNNE	10 min	6.18	H5<H<=H10	01/02	04:30	0.42	0.63	01/02	02:07	5.05	flot
16	LA ROCHELLE-PALLICE	10 min	6.98	PHMA<H<=H5	01/02	05:00	0.26	0.54	01/02	03:08	6.67	/
17	ILE D AIX	10 min	6.96	H>PHMA	01/02	04:10	0.23	0.43	01/02	03:18	6.78	/
18	PORT-BLOC	10 min	6.21	H5<H<=H10	01/02	05:00	0.37	0.46	01/02	05:56	6.06	/
19	ARCACHON EYRAC	10 min	5.20	PHMA<H<=H5	02/02	06:10	0.37	0.41	02/02	01:20	1.45	/
20	BOUCAU-BAYONNE	10 min	5.18	H20<H<=H50	02/02	05:20	0.42	0.67	01/02	10:28	1.00	/
21	SOCOA	10 min	5.03	PHMA<H<=H5	01/02	04:00	0.18	0.22	31/01	05:40	3.75	/

**Tableau 6** Principaux résultats de l'analyse des données marégraphiques pour l'évènement SANSNOM1; les hauteurs remarquables (supérieures à des niveaux statistiques de période de retour 5 ans) sont surlignées en bleu.

La planche de synthèse graphique correspondante (format A3) est fournie page 22.

### ii. Bilan

Des hauteurs maximales supérieures aux niveaux des plus hautes mers astronomiques (PHMA) sont observées les 1 ou 2 février pour la majorité des observatoires situés entre Le Havre et St Jean de Luz. Plus à l'Est, les hauteurs maximales observées sont inférieures aux niveaux de PHMA. Les valeurs les plus remarquables sont relevées au Conquet (valeur comprise entre les niveaux statistiques de périodes de retour 10 et 20 ans) et à Bayonne (valeur comprise entre les niveaux statistiques de périodes de retour 20 et 50 ans). Ces hauteurs sont associées à des surcotes de PM relativement faibles, inférieures à 0.45m.

On ne relève pas une dynamique particulière sur la répartition spatio-temporelle des signaux de surcotes instantanées. On n'observe pas de pics de surcote très marqués. Les surcotes instantanées maximales observées sont inférieures à 0.5m pour la majorité des observatoires du littoral. Des valeurs supérieures, jusqu'à 0.87m à Boulogne-sur-mer, ont pu ponctuellement être observées (essentiellement en Manche

<sup>5</sup> Informations fournies par Météo-France.

orientale) sans conséquence sur les hauteurs produites, en raison d'une occurrence brève en période de mi-marée, ou de BM.

Le caractère remarquable des hauteurs produites et l'extension spatiale du littoral touché (même faiblement) sont à relier au contexte de marée de vive-eau équinoxiale. Ce contexte a permis à un épisode de faible surélévation de la mer de produire des hauteurs d'eau remarquables sur une grande partie du littoral.

### Rapprochement à des analogues anciens :

On retrouve difficilement, parmi les évènements du passé, de situation similaire (hauteurs atteintes supérieures à H5 mais inférieures à H20 sur une grande partie du littoral, provoquées par de faibles surélévations du niveau de la mer).

L'évènement le plus ressemblant en terme d'extension spatiale de la zone touchée est l'évènement du **10 au 11 mars 2008** (situation de vive-eau équinoxiale moyenne), mais pour lequel des hauteurs supérieures à H20 (voire H50) en Bretagne et Manche occidentale avaient été relevées en raison de pics de surcote d'amplitudes plus élevées (Figure 12 page 30).

L'évènement du **30 mars 2006** (coefficient de marée 115) (Figure 13 page 31) peut également être identifié comme un analogue, car présentant des hauteurs supérieures aux niveaux de PHMA sur la quasi-totalité du littoral en raison d'un contexte de marée de vive-eau équinoxiale ; les surcotes observées étant faibles.

Sinon, des évènements du passé présentent des similarités sur des portions de littoral plus localisées, toujours dans des contextes de marée de vive-eau équinoxiale, avec de faibles surélévations de la mer à pleine mer :

- évènement du 24 au 25 décembre 1995 (coefficient de marée de 107) : Bretagne, Manche occidentale, Pays Basque ;
- évènement du 29 mars 1979 (coefficient de marée de 114) : Vendée, Aquitaine ;
- évènement du 31 décembre 1978 (coefficient de marée de 105) : Bretagne.

## f. Tempête PETRA (04/02/2014 -05/02/2014)

### i. Analyse des données marégraphiques

Coefficients de marée à Brest sur la période: de **94** (le 04/02) à **71** (le 05/02).

PORT			HAUTEUR MAX					SURCOTE INSTANTANEE MAX				
Ref Port	Nom Port	cadence acquisition mesure	hauteur max (m)	Indice	jour	heure TU	surcote de PM associée (m)	surcote inst. max (m)	jour	heure TU	hauteur associée (m)	Info marée
1	DUNKERQUE	10 min	6.14	H<PHMA	04/02	02:30	0.00	0.47	05/02	13:31	3.93	/
2	CALAIS	10 min	7.40	H<PHMA	04/02	02:20	-0.05	0.70	05/02	12:19	3.49	flot
3	BOULOGNE-SUR-MER	10 min	9.16	H<PHMA	04/02	02:00	0.14	0.98	05/02	18:10	6.14	jusant
4	DIEPPE	10 min	9.78	H<PHMA	04/02	01:40	0.25	0.93	05/02	17:03	6.92	jusant
5	LE HAVRE	10 min	8.23	H<PHMA	04/02	00:50	0.14	0.77	05/02	10:09	4.44	flot
6	CHERBOURG	10 min	6.63	H<PHMA	04/02	23:20	0.48	0.90	05/02	08:58	4.98	flot
7	SAINT-MALO	10 min	12.49	H<PHMA	04/02	09:20	0.14	0.81	05/02	05:39	3.88	flot
8	ROSCOFF	10 min	9.23	H<PHMA	04/02	08:10	0.18	0.75	05/02	04:59	4.48	~BM
9	LE CONQUET	10 min	7.26	H<PHMA	04/02	19:10	0.72	0.77	05/02	03:59	3.63	flot
10	BREST	10 min	7.55	H<PHMA	04/02	19:20	0.84	0.84	04/02	19:20	7.55	~PM
11	CONCARNEAU	10 min	5.53	H<PHMA	04/02	18:50	0.72	0.76	04/02	20:31	5.13	~PM
12	PORT-TUDY	10 min	5.50	H<PHMA	04/02	18:50	0.66	0.73	05/02	00:10	2.38	jusant
13	LE CROUESTY	10 min	5.87	H<PHMA	04/02	19:00	0.86	0.99	04/02	21:21	5.23	~PM
14	SAINT-NAZAIRE	10 min	6.32	H<PHMA	04/02	06:20	0.42	1.06	04/02	22:37	4.71	jusant
15	LES SABLES-D OLLONNE	10 min	5.59	H<PHMA	04/02	07:00	0.39	0.92	04/02	22:20	4.20	jusant
16	LA ROCHELLE-PALLICE	10 min	6.39	H<PHMA	04/02	06:40	0.34	0.77	04/02	23:45	3.23	jusant
17	ILE D AIX	10 min	6.36	H<PHMA	04/02	06:40	0.32	0.79	04/02	21:02	5.88	jusant
18	PORT-BLOC	10 min	5.73	H<PHMA	05/02	08:00	0.74	0.91	05/02	09:42	5.39	jusant
19	ARCACHON EYRAC	10 min	4.70	H<PHMA	05/02	08:20	0.60	0.97	05/02	13:58	1.77	~BM
20	BOUCAU-BAYONNE	10 min	4.60	H<PHMA	04/02	06:40	0.24	0.60	05/02	12:22	2.02	/
21	SOCOA	10 min	4.49	H<PHMA	04/02	06:30	0.08	0.32	05/02	11:31	2.03	/

Tableau 7 Principaux résultats de l'analyse des données marégraphiques pour l'évènement PETRA.

La planche de synthèse graphique correspondante (format A3) est fournie page 23.

## ii. Bilan

Un pic de surcote est visible entre le 4 février au soir et le 5 février sur l'ensemble des graphiques de surcotes instantanées, d'Arcachon à Calais (Figure 6 page 23). Le pic de surcote associé à la dépression arrive en premier lieu au niveau de la pointe bretonne (Le Conquet, Brest) avant de se décaler vers le Nord-Est (Calais) et le Sud (Arcachon). Le pic de surcote est large (couvre jusqu'à 1 $\frac{1}{2}$  marnage en Bretagne, Loire-Atlantique et Vendée); et, entre Arcachon et Calais, les valeurs maximales atteintes sont relativement homogènes, comprises entre 0.70m (Port Tudy, Calais) et 1m (Le Crouesty, St Nazaire). Seuls à Brest, Le Conquet, Concarneau et Le Crouesty, les maxima de surcote sont en phase avec une pleine mer.

Les hauteurs maximales observées sur la période sont cependant inférieures aux niveaux des plus hautes mers astronomiques (PHMA) pour tous les observatoires: les maxima du pic de surcote associé à la tempête arrivent à marée haute à Brest, Le Conquet, Concarneau et Le Crouesty mais les valeurs de surcotes associées, bien qu'élevées (entre 0.70m et 1m), ne sont pas suffisantes pour générer des niveaux remarquables en période de marée moyenne (coefficient 87 le 04/02 au soir). Au niveau des autres observatoires, les surcotes de PM produites sont trop faibles pour produire des niveaux d'eau remarquables en situation de marée moyenne.

## g. Tempête QUMARA (06/02/2014 -07/02/2014)

### i. Analyse des données marégraphiques

Coefficients de marée à Brest sur la période: de **65** (le 06/02) à **42** (le 07/02).

PORT			HAUTEUR MAX					SURCOTE INSTANTANEE MAX				
Ref Port	Nom Port	cadence acquisition mesure	hauteur max (m)	Indice	jour	heure TU	surcote de PM associée (m)	surcote inst. max (m)	jour	heure TU	hauteur associée (m)	Info marée
1	DUNKERQUE	10 min	5.76	H<PHMA	07/02	04:40	0.41	1.04	07/02	09:12	3.58	jusant
2	CALAIS	10 min	6.77	H<PHMA	07/02	04:30	0.36	0.88	07/02	13:50	3.98	flot
3	BOULOGNE-SUR-MER	10 min	8.15	H<PHMA	07/02	04:00	0.44	1.22	07/02	08:20	5.35	jusant
4	DIEPPE	10 min	8.46	H<PHMA	07/02	03:50	0.57	1.10	07/02	07:38	5.35	jusant
5	LE_HAVRE	10 min	7.45	H<PHMA	06/02	15:30	0.29	1.46	07/02	06:31	6.25	jusant
6	CHERBOURG	10 min	5.95	H<PHMA	06/02	00:00	0.18	0.59	06/02	21:39	4.06	flot
7	SAINT-MALO	10 min	10.81	H<PHMA	06/02	10:40	0.38	0.95	07/02	04:40	5.13	jusant-BM
8	ROSCOFF	10 min	8.26	H<PHMA	06/02	09:40	0.41	0.63	06/02	22:00	8.11	/
9	LE_CONQUET	10 min	6.42	H<PHMA	06/02	08:40	0.42	0.67	06/02	21:11	6.31	/
10	BREST	10 min	6.59	H<PHMA	06/02	08:40	0.45	0.69	06/02	10:50	5.57	/
11	CONCARNEAU	10 min	4.92	H<PHMA	06/02	08:50	0.51	0.67	06/02	18:20	4.26	/
12	PORT-TUDY	10 min	5.02	H<PHMA	06/02	08:50	0.52	0.72	06/02	23:31	4.20	jusant
13	LE_CROUESTY	10 min	5.26	H<PHMA	06/02	08:40	0.61	0.98	06/02	22:51	4.97	jusant
14	SAINT-NAZAIRE	10 min	5.73	H<PHMA	06/02	07:50	0.64	1.23	07/02	00:23	4.99	jusant
15	LES_SABLES-D_OLONNE	10 min	5.03	H<PHMA	06/02	07:40	0.61	1.02	07/02	00:01	4.38	jusant
16	LA_ROCHELLE-PALLICE	10 min	5.57	H<PHMA	06/02	07:20	0.39	1.04	07/02	01:39	3.90	jusant
17	ILE_D_AIX	10 min	5.63	H<PHMA	06/02	07:20	0.40	0.99	06/02	23:52	5.34	jusant
18	PORT-BLOC	10 min	5.06	H<PHMA	06/02	08:50	0.44	0.83	07/02	00:45	3.96	jusant
19	ARCACHON_EYRAC	10 min	4.16	H<PHMA	06/02	09:10	0.40	0.78	07/02	02:50	2.05	~BM
20	BOUCAU-BAYONNE	10 min	4.12	H<PHMA	06/02	08:30	0.40	0.49	06/02	23:11	3.37	/
21	SOCOA	10 min	3.93	H<PHMA	06/02	08:30	0.21	0.36	06/02	18:29	3.38	/

**Tableau 8** Principaux résultats de l'analyse des données marégraphiques pour l'évènement QUIMARA.

La planche de synthèse graphique correspondante (format A3) est fournie page 24.

## ii. Bilan

Le passage de la dépression a généré des pics de surcote notables du littoral des Pays de la Loire au bassin d'Arcachon (entre Le Crouesty et Arcachon) entre le 6 février au soir et le 7 février au matin (0.73m à 1.23m), puis sur le littoral de la Manche (entre Saint-Malo et Dunkerque) dans la journée du 7 février (0.88m à 1.22m). Des valeurs maximales de surcotes instantanées supérieures au mètre sont observées à Dunkerque, Boulogne-sur mer, Dieppe, Le Havre, Saint Nazaire, Les Sables d'Olonne et La Rochelle-Pallice. Les niveaux de surcote étaient déjà relativement élevés (>0.50m) au niveau de la plupart des observatoires avant l'arrivée du maximum de surcote. Les maxima de surcote observés restent modérés au niveau de la Bretagne et du littoral basque (<0.70m).

Les hauteurs maximales observées sur la période sont cependant inférieures aux niveaux des plus hautes mers astronomiques (PHMA) pour tous les observatoires: les maxima de surcote observés arrivent à mi-marée ou à BM, mais ne coïncident avec aucune PM, et cela dans un contexte de marée moyenne/morte eau moyenne (coefficients de marée respectivement de 55 et 48 les 05/02 au soir et 06/02 au matin). Les surcotes de PM associées aux hauteurs maximales sont majoritairement inférieures à 0.50m.

Le passage de la dépression a donc eu une incidence sur les surcotes observées en Manche orientale et des Pays de la Loire au bassin d'Arcachon, mais n'a pas généré de niveaux d'eau remarquables en raison d'un décalage temporel entre l'arrivée des pics de surcote les plus intenses (>1m) et les PM, et d'une situation de marée non favorable sur la période (marée moyenne à marée de morte-eau moyenne).

Les hauteurs produites auraient été majoritairement non remarquables (<PHMA) y compris dans le cas d'une concomitance des valeurs maximales de surcotes instantanées relevées avec la pleine mer de plus grande amplitude de la période (coefficient 63), exception faite pour l'observatoire du Havre qui aurait pu enregistrer une hauteur comprise entre le niveau de PHMA et le niveau statistique de période de retour 5 ans.

### 3. Synthèse

#### a. Evènements remarquables en terme de hauteurs enregistrées

Le tableau présenté ci-dessous (Tableau 9) récapitule les caractéristiques des hauteurs maximales atteintes au niveau de l'ensemble des observatoires, pour les sept évènements étudiés.

On constate que trois évènements seulement sont marquants en terme de hauteurs d'eau enregistrées :

- tempête **GODEHART** : enregistrement de hauteurs supérieures aux PHMA sur une grande partie du littoral, à l'exception du littoral breton, et ponctuellement remarquables (Calais, Le Havre).
- tempête **XAVER** : enregistrement de hauteurs très exceptionnelles sur le littoral Nord-Pas de Calais ;
- tempête **SANSNOM1** : enregistrement de hauteurs supérieures aux PHMA sur une grande partie du littoral, à l'exception du littoral Pas de Calais, et ponctuellement remarquables (Le Conquet, Bayonne).

PORTS	EVENEMENTS DE TEMPETES						
	CHRISTIAN	GODEHART	XAVER	DIRK	SANSNOM1	PETRA	QUMAIRA
	26/10/2013 - 29/10/2013	03/11/2013 - 06/11/2013	05/12/2013 - 08/12/2013	23/12/2013 - 27/12/2013	31/01/2014 - 03/02/2014	04/02/2014 - 05/02/2014	06/02/2014 - 07/02/2014
DUNKERQUE	H<PHMA	PHMA<H<H5	H>H100	H<PHMA	H<PHMA	H<PHMA	H<PHMA
CALAIS	H<PHMA	H10<H<H20	H>H100	H<PHMA	H<PHMA	H<PHMA	H<PHMA
BOULOGNE S/M	H<PHMA	PHMA<H<H5	H10<H<H20	H<PHMA	H<PHMA	H<PHMA	H<PHMA
DIEPPE	H<PHMA	H<PHMA	PHMA<H<H5	H<PHMA	H<PHMA	H<PHMA	H<PHMA
LE HAVRE	H<PHMA	H10<H<H20	PHMA<H<H5	H<PHMA	PHMA<H<H5	H<PHMA	H<PHMA
CHERBOURG	H<PHMA	H<PHMA	H<PHMA	H<PHMA	PHMA<H<H5	H<PHMA	H<PHMA
ST MALO	H<PHMA						
ROSCOFF	H<PHMA	H<PHMA	H<PHMA	H<PHMA	PHMA<H<H5	H<PHMA	H<PHMA
LE CONQUET	H<PHMA	H<PHMA	H<PHMA	H<PHMA	H10<H<H20	H<PHMA	H<PHMA
BREST	H<PHMA	H<PHMA	H<PHMA	H<PHMA	H5<H<H10	H<PHMA	H<PHMA
CONCARNEAU	H<PHMA	H<PHMA	H<PHMA	H<PHMA	H5<H<H10	H<PHMA	H<PHMA
PORT TUDY	H<PHMA	H<PHMA	H<PHMA	H<PHMA	PHMA<H<H5	H<PHMA	H<PHMA
LE CROUESTY	H<PHMA	H<PHMA	H<PHMA	H<PHMA	PHMA<H<H5	H<PHMA	H<PHMA
ST NAZAIRE	H<PHMA	PHMA<H<H5	H<PHMA	H<PHMA	PHMA<H<H5	H<PHMA	H<PHMA
SABL. OLONNE	H<PHMA	PHMA<H<H5	H<PHMA	H<PHMA	H5<H<H10	H<PHMA	H<PHMA
LA ROCHELLE	H<PHMA	PHMA<H<H5	H<PHMA	H<PHMA	PHMA<H<H5	H<PHMA	H<PHMA
ILE D'AIX	H<PHMA	H>PHMA	H<PHMA	H<PHMA	H>PHMA	H<PHMA	H<PHMA
PORT BLOC	H<PHMA	PHMA<H<H5	H<PHMA	H<PHMA	H5<H<H10	H<PHMA	H<PHMA
ARCACHON	/	/	/	H<PHMA	PHMA<H<H5	H<PHMA	H<PHMA
BAYONNE	H<PHMA	PHMA<H<H5	H<PHMA	H<PHMA	H20<H<H50	H<PHMA	H<PHMA
ST JEAN DE LUZ	H<PHMA	H<PHMA	H<PHMA	H<PHMA	PHMA<H<H5	H<PHMA	H<PHMA

**Tableau 9** Comparaison des caractéristiques des hauteurs maximales enregistrées au niveau des différents observatoires pour l'ensemble des évènements étudiés. Hk : niveau de période de retour k ans, absence de hauteurs statistiques de référence pour la station de l'île d'Aix (série trop courte, <10 ans).

## b. Evènements remarquables en terme de surcotes instantanées enregistrées

Le tableau présenté ci-dessous (Tableau 10) récapitule les valeurs de surcotes instantanées maximales enregistrées au niveau de l'ensemble des observatoires, pour les sept évènements étudiés.

On constate que quatre évènements seulement sont significativement marquants en terme de surélévations de la mer enregistrées :

- tempête **CHRISTIAN** : enregistrement systématique de maxima très élevés (0.9m à 1.6m) sur une zone concentrée entre St Malo et Dunkerque ;
- tempête **GODEHART** : enregistrement de maxima élevés en Manche orientale ;
- tempête **XAVER** : enregistrement de maxima élevés voire exceptionnels (Dunkerque, Calais) sur une zone concentrée entre Le Havre et Dunkerque ;
- tempête **QUMAIRA** : enregistrement de maxima élevés en Manche orientale et Loire-Atlantique/Vendée/Charentes maritime.

PORTS	EVENEMENTS DE TEMPETES						
	CHRISTIAN	GODEHART	XAVER	DIRK	SANSNOM1	PETRA	QUMAIRA
	26/10/2013 - 29/10/2013	03/11/2013 - 06/11/2013	05/12/2013 - 08/12/2013	23/12/2013 - 27/12/2013	31/01/2014 - 03/02/2014	04/02/2014 - 05/02/2014	06/02/2014 - 07/02/2014
DUNKERQUE	1.13	0.99	2.35	0.79	0.47	0.47	1.04
CALAIS	0.91	1.29	1.87	0.74	0.74	0.70	0.88
BOULOGNE S/M	1.43	1.02	1.05	0.88	0.87	0.98	1.22
DIEPPE	1.56	0.86	0.78	0.91	0.72	0.93	1.10
LE HAVRE	1.41	0.89	1.02	0.69	0.63	0.77	1.46
CHERBOURG	0.88	0.53	0.44	0.65	0.46	0.90	0.59
ST MALO	1.04	0.65	0.34	0.87	0.79	0.81	0.95
ROSCOFF	0.67	0.40	-0.03	0.69	0.44	0.75	0.63
LE CONQUET	0.65	0.43	-0.08	0.81	0.43	0.77	0.67
BREST	0.74	0.33	-0.09	0.90	0.48	0.84	0.69
CONCARNEAU	0.64	0.53	-0.13	0.82	0.39	0.76	0.67
PORT TUDY	0.55	0.40	-0.16	0.81	0.37	0.73	0.72
LE CROUESTY	0.77	0.57	-0.12	0.96	0.51	0.99	0.98
ST NAZAIRE	0.99	0.96	0.04	1.12	0.68	1.06	1.23
SABL. OLONNE	0.58	0.64	-0.03	0.76	0.63	0.92	1.02
LA ROCHELLE	0.46	0.73	-0.08	0.75	0.54	0.77	1.04
ILE D'AIX	0.53	0.88	0.05	0.86	0.43	0.79	0.99
PORT BLOC	0.50	0.65	0.00	0.63	0.46	0.91	0.83
ARCACHON	/	/	/	0.84	0.41	0.97	0.78
BAYONNE	0.41	0.65	0.42	0.55	0.67	0.60	0.49
ST JEAN DE LUZ	0.28	0.38	-0.07	0.44	0.22	0.32	0.36

**Tableau 10** Comparaison des maxima de surcote instantanée enregistrés au niveau des différents observatoires pour l'ensemble des évènements étudiés (rouge:  $s_{i_{max}} > 1.5m$ , orange:  $1.25m < s_{i_{max}} < 1.5m$ , jaune:  $1m < s_{i_{max}} < 1.25m$ , vert :  $0.75m < s_{i_{max}} < 0.5m$ ).

### c. Synthèse des caractéristiques principales des évènements

Le tableau présenté ci-après (Tableau 11) synthétise les caractéristiques principales des évènements étudiés, établies à partir de l'analyse des données marégraphiques.

Nom Tempête	<b>CHRISTIAN</b>	<b>GODEHART</b>	<b>XAVER</b>	<b>DIRK</b>	<b>SANSNOM1</b>	<b>PETRA</b>	<b>QUMAIRA</b>
Date	26/10/2013 - 29/10/2013	03/11/2013 - 06/10/2013	05/12/2013 - 08/12/2013	23/12/2013 - 27/12/2013	31/01/2014 - 03/02/2014	04/02/2014 - 05/02/2014	06/02/2014 - 07/02/2014
Info Marées <sup>6</sup>	ME	VE(M) à VE(EM)	VE(EM) à M	M à ME	VE(E)	M à VE(M)	ME
Coefficient de marée à Brest (min-max)	31-40	<b>93-101</b>	<b>72-102</b>	43-61	<b>101-114</b>	71-94	42-63
Caractère remarquable des hauteurs atteintes	NON	<b>OUI</b>	<b>OUI</b>	NON	<b>OUI</b>	NON	NON
Caractère remarquable des surcotes instantanées atteintes	<b>OUI</b>	<b>OUI</b>	<b>OUI</b>	NON	NON	NON	<b>OUI</b>
Concomitance du maximum de surcote avec une PM	NON	<b>OUI</b>	NON	NON	NON	<b>OUI</b> (Bretagne)	NON
Zone concernée par des hauteurs exceptionnelles	∅			∅		∅	∅
Observation de hauteurs supérieures à H5 (hauteur statistique de période de retour 5 ans)	∅	<b>H10-H20:</b> Calais Le Havre <b>∅Ref Stat:</b> Ile d'Aix	<b>&gt;H100:</b> Dunkerque Calais <b>H10-H20:</b> Boulogne	∅	<b>H20-H50:</b> Bayonne <b>H10-H20:</b> Le Conquet <b>H5-H10:</b> Brest Concarneau Sables d'Olonne Port Bloc <b>∅Ref Stat:</b> Ile d'Aix	∅	∅
Facteur (s) de submersion prépondérant(s)	/	période de marée de VE(EM) + concomitance de pics de surcote (bien que non exceptionnels) avec une PM	période de marée de VE(EM) + surcotes de PM très élevées (bien que pics à mi-marée)	/	période de marée de VE(E)	/	/
Evènements du passé analogues en terme de : <b>Hauteurs</b> <b>Surcotes</b> <b>Zone touchée</b>	/	<b>13-14 déc. 1981</b> ----- <b>15-18 déc. 2011</b> (Joachim)	<b>11-13 janv. 1978</b> ----- <b>09 nov. 2007</b>	/	<b>10-11 mars 2008</b> ----- <b>30 mars 2006</b>	/	/

**Tableau 11** Caractéristiques principales des 7 évènements étudiés.

<sup>6</sup> ME :marée de morte-eau ; M :marée moyenne, VE(M) : marée de vive-eau moyenne, VE(EM) : marée de vive-eau équinoxiale moyenne, VE(E) : marée de vive-eau équinoxiale.

## 4. Conclusion

Cette première étude rapide a permis de caractériser l'intensité des sept évènements de tempête qui se sont produits entre octobre 2013 et début février 2014. Des périodes de retour ont pu être indiquées pour chaque observation portuaire pour chaque évènement ; les évènements ont pu être comparés entre eux, et les situations les plus exceptionnelles en terme de hauteurs atteintes (GODEHART, XAVER, dépression du 1-2 février) ou d'intensité de pics de surcote (CHRITIAN, GODEHART, XAVER, QUMAIRA) ont été identifiées.

Les hauteurs remarquables observées sur le littoral ne sont pas toujours liées à des pics de surcote importants (XAVER) ou à la concomitance des maxima de surcote avec l'instant de pleine mer (GODEHART), mais systématiquement au contexte de marée de vive-eau qui permet même à de faibles surélévations de la mer provoquées par le passage des dépressions de produire des hauteurs remarquables (dépression du 1-2 février).

Parmi les sept évènements, XAVER se distingue largement des autres par le caractère très exceptionnel des hauteurs observées sur le littoral Nord-Pas de Calais (jamais mesurées jusque là, et de période de retour estimée supérieure à 100 ans).

L'analogie directe avec la tempête XYNTHIA n'a été faite pour aucun évènement de cet automne-hiver, les évènements ayant des caractéristiques radicalement différentes de XYNTHIA (tempête violente très localisée), et les hauteurs observées sur le littoral charentais et vendéen ayant été bien inférieures à celles atteintes pendant l'évènement de février 2010.

Toutefois, ces résultats ne peuvent pas être directement mis en relation avec les dégâts relatés à la côte, pour plusieurs raisons :

- la houle générée lors de ces dépressions successives a été très forte, et :
  - o les observations marégraphiques ne prennent pas en compte la surcote liée au déferlement des vagues : les observatoires se situent dans des ports, à des emplacements souvent abrités, et la mesure se fait dans un puits/tube de tranquillisation qui filtre les effets de clapot et de houle ;
  - o les dégâts à la côte peuvent être provoqués par d'autres processus que la submersion par débordement, où la houle a un rôle très important : submersion par franchissements discontinus (« paquets de mer »), submersion par rupture du système de protection (action mécanique des vagues), ...
- les dégâts sont également dépendants de la configuration du littoral, et de son état de fragilisation (rémanence du littoral aux tempêtes successives) ;
- dans certaines zones littorales également sous influence fluviale, le contexte de crue des cours d'eau est un facteur aggravant.

## 5. ANNEXE1 : Synthèses graphiques (événements étudiés)

### a. Informations relatives à la lecture des planches graphiques

(Valable pour l'Annexe2 également)

1/ Chaque planche est composée de 4 graphiques :

- une cartographie des hauteurs d'eau maximales atteintes, à l'échelle du littoral Manche-Atlantique ;
- une cartographie des surcotes de PM maximales atteintes, à l'échelle du littoral Manche-Atlantique ;
- une cartographie des surcotes de BM maximales atteintes, à l'échelle du littoral Manche-Atlantique ;
- le tracé simultané des surcotes instantanées pour chaque marégraphe du littoral Manche-Atlantique permettant de visualiser l'évolution spatio-temporelle du pic de surcote.

2/ Les valeurs/dates relatives aux hauteurs maximales atteintes sont indiquées sur les cartes uniquement si les valeurs sont supérieures aux PHMA respectives. Les valeurs/dates relatives aux surcotes de PM et BM maximales atteintes sont indiquées sur les cartes uniquement si les valeurs sont supérieures à 50 cm.

3/ Les codes couleur des cartes sont les suivants :

*Code couleur pour les hauteurs maximales*

- **$h \leq \text{PHMA}$**  : hauteur enregistrée inférieure au niveau de PHMA
- **$\text{PHMA} < h \leq \text{H5}$**  : hauteur enregistrée comprise entre le niveau de PHMA et le niveau de période de retour 5 ans
- **$\text{H5} < h \leq \text{H10}$**  : hauteur enregistrée comprise entre les niveaux de période de retour 5 et 10 ans
- **$\text{H10} < h \leq \text{H20}$**  : hauteur enregistrée comprise entre les niveaux de période de retour 10 et 20 ans
- **$\text{H20} < h \leq \text{H50}$**  : hauteur enregistrée comprise entre les niveaux de période de retour 20 et 50 ans
- **$\text{H50} < h \leq \text{H100}$**  : hauteur enregistrée comprise entre les niveaux de période de retour 50 et 100 ans
- **$h > \text{H100}$**  : hauteur enregistrée supérieure au niveau de période de retour 100 ans
- **$h > \text{PHMA}$  ( $\emptyset \text{RefHSTAT}$ )** : hauteur enregistrée supérieure au niveau de PHMA, non comparable à des niveaux statistiques, cas des ports pour lesquels il n'existe pas de statistiques de niveaux extrêmes de référence (Ile d'Aix)

*Code couleur pour les surcotes de PM maximales (idem pour BM)*

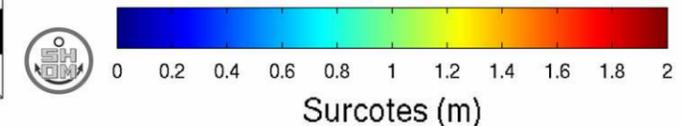
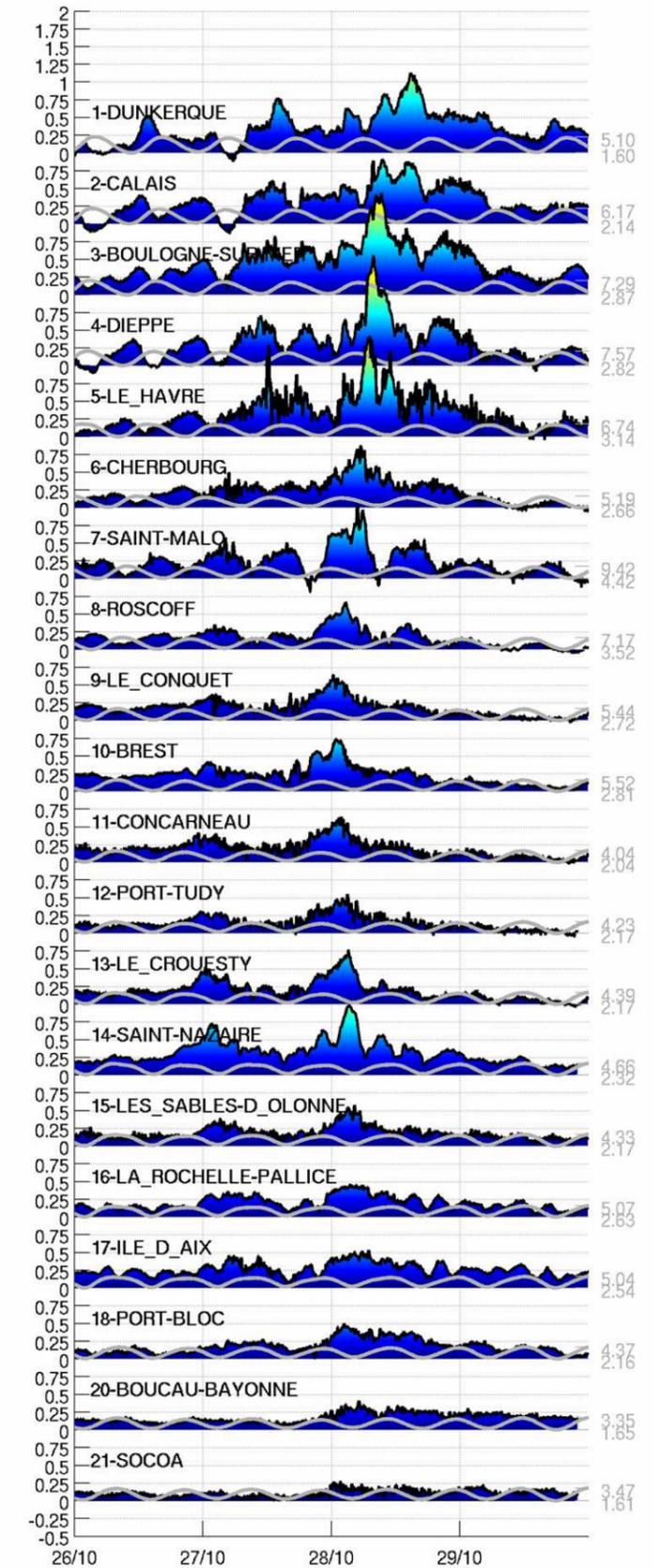
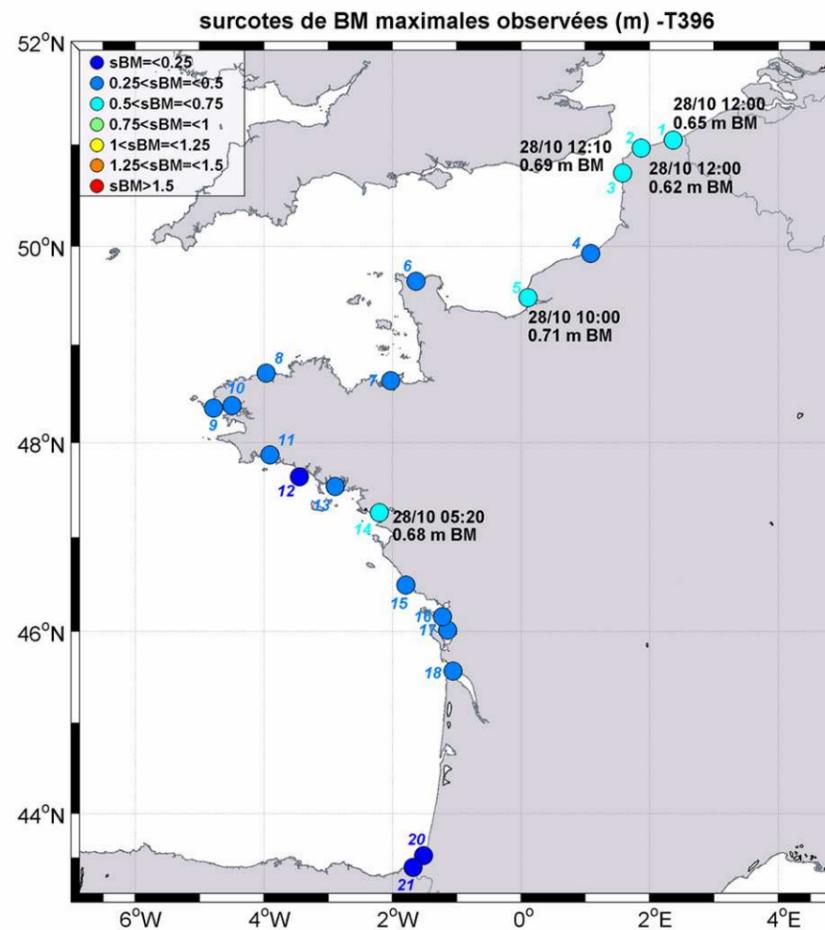
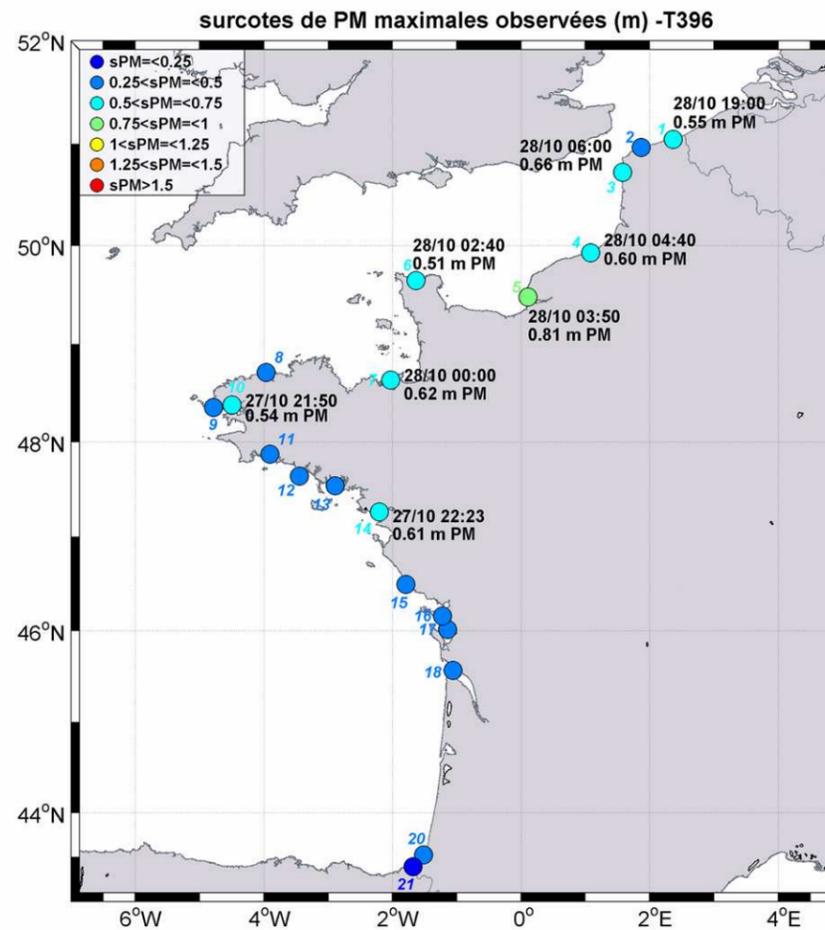
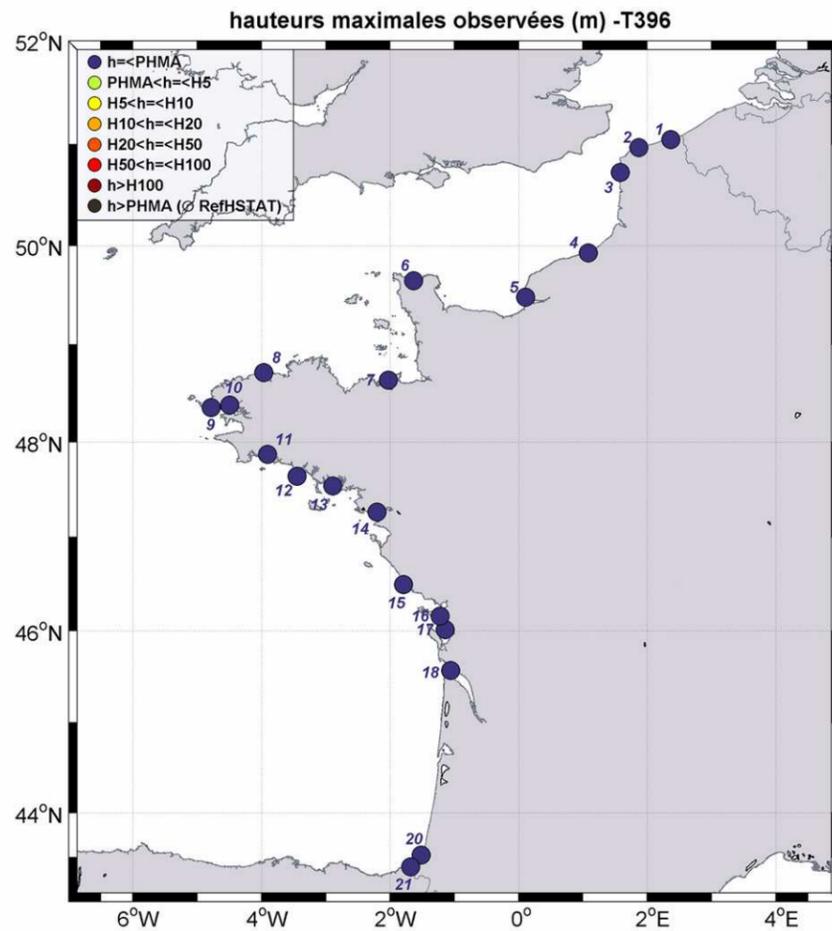
- **$s\text{PM} \leq 0.25$**  : surcote de PM maximale enregistrée inférieure à 0.25m
- **$0.25 < s\text{PM} \leq 0.5$**  : surcote de PM maximale enregistrée comprise entre 0.25m et 0.5m
- **$0.5 < s\text{PM} \leq 0.75$**  : surcote de PM maximale enregistrée comprise entre 0.5m et 0.75m
- **$0.75 < s\text{PM} \leq 1$**  : surcote de PM maximale enregistrée comprise entre 0.75m et 1m
- **$1 < s\text{PM} \leq 1.25$**  : surcote de PM maximale enregistrée comprise entre 1m et 1.25m
- **$1.25 < s\text{PM} \leq 1.50$**  : surcote de PM maximale enregistrée comprise entre 1.25m et 1.5m
- **$s\text{PM} > 1.5$**  : surcote de PM maximale enregistrée supérieure à 1.5m

4/ Les marégraphes/ports étudiés sont numérotés de 1 à 21 :

Dunkerque (1), Calais (2), Boulogne-sur-mer (3), Dieppe (4), Le Havre (5), Cherbourg (6), Saint-Malo (7), Roscoff (8), Le Conquet (9), Brest (10), Concarneau (11), Port-Tudy (12), Le Crouesty (13), Saint-Nazaire (14), Les Sables d'Olonne (15), La Rochelle-Pallice (16), Ile d'Aix (17), Port Bloc (18), Arcachon Eyrac (19), Boucau Bayonne (20), Socoa (21).

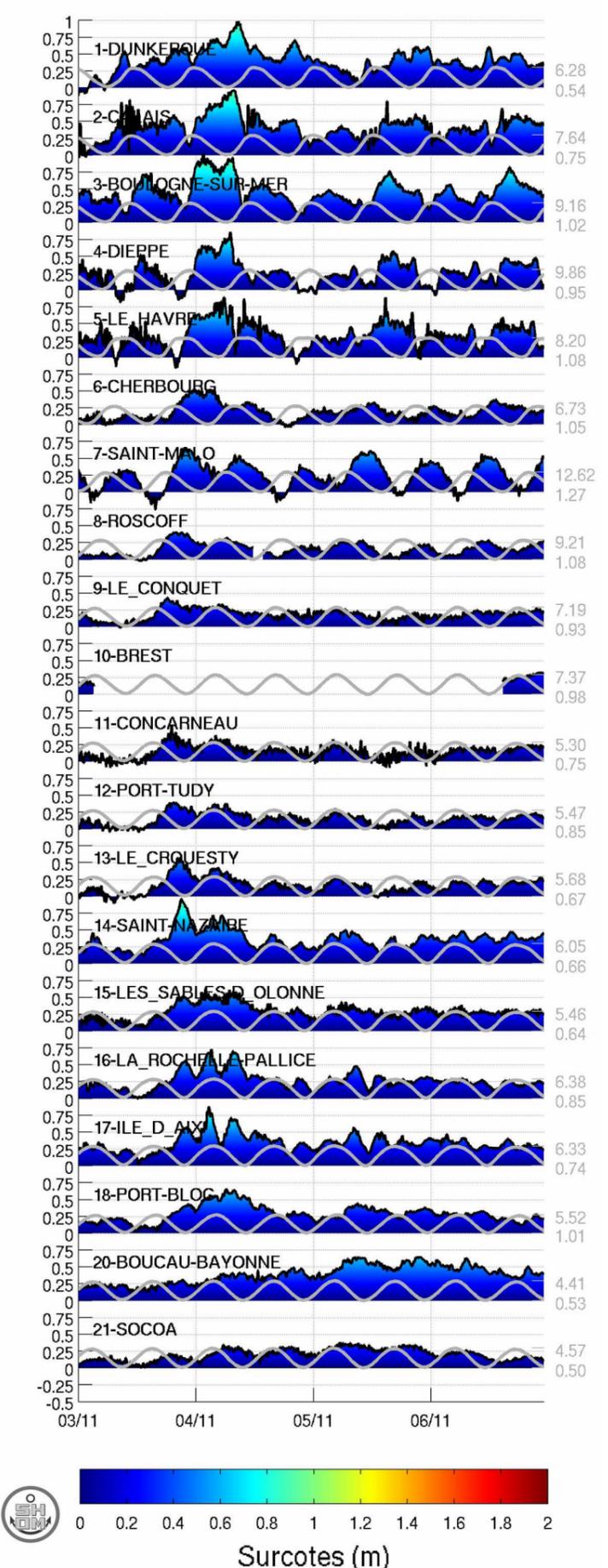
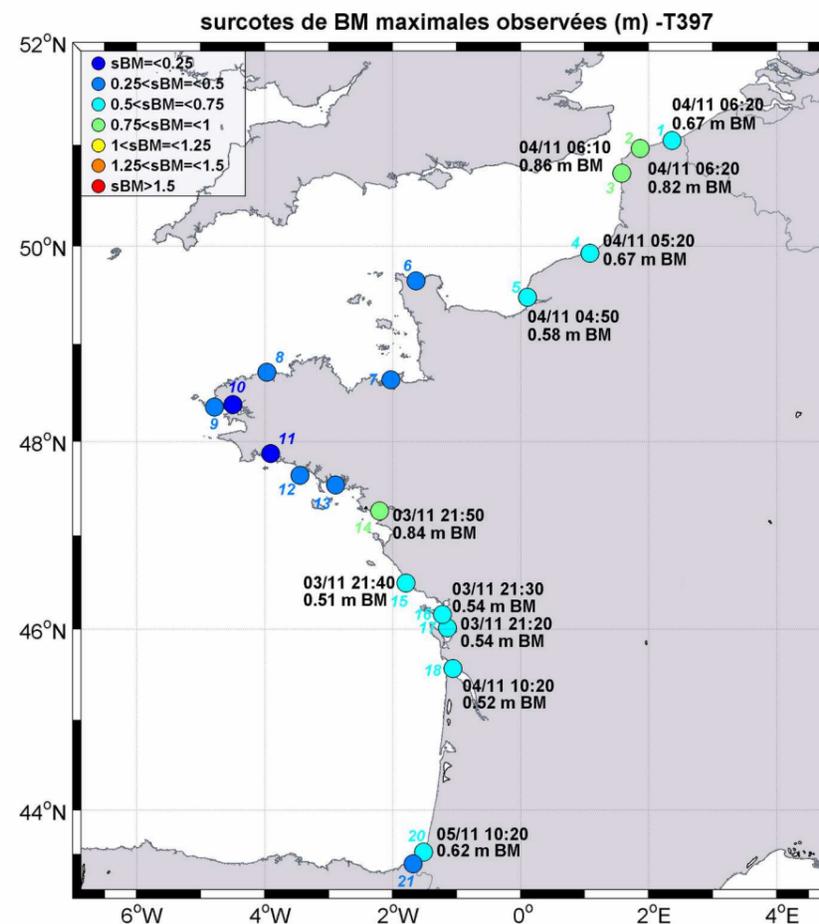
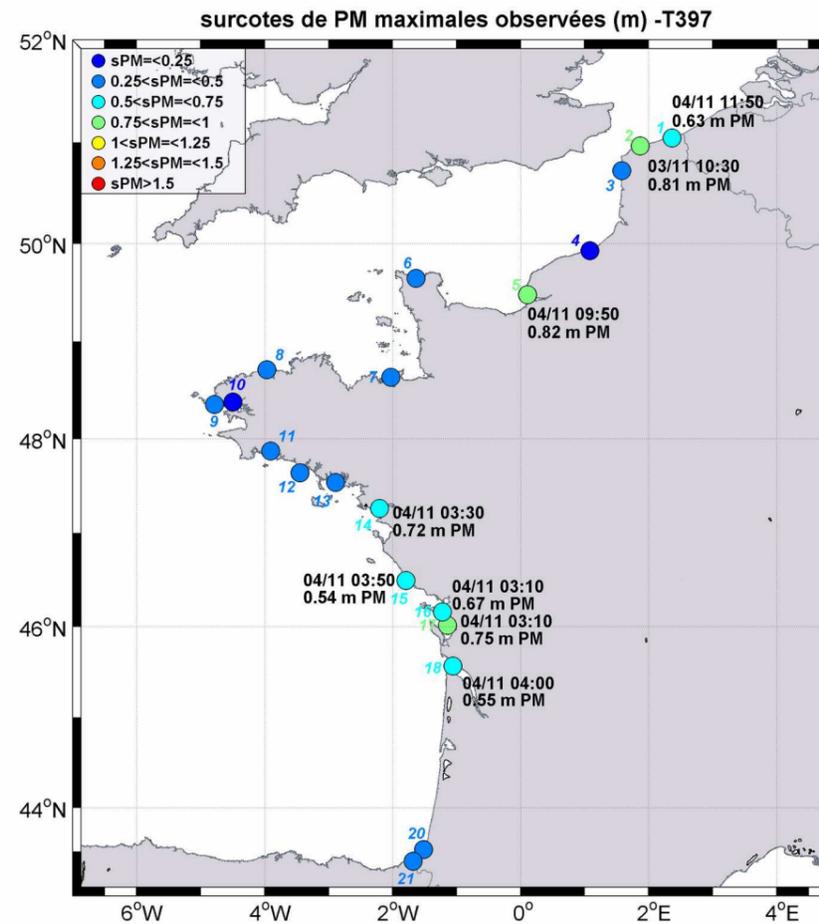
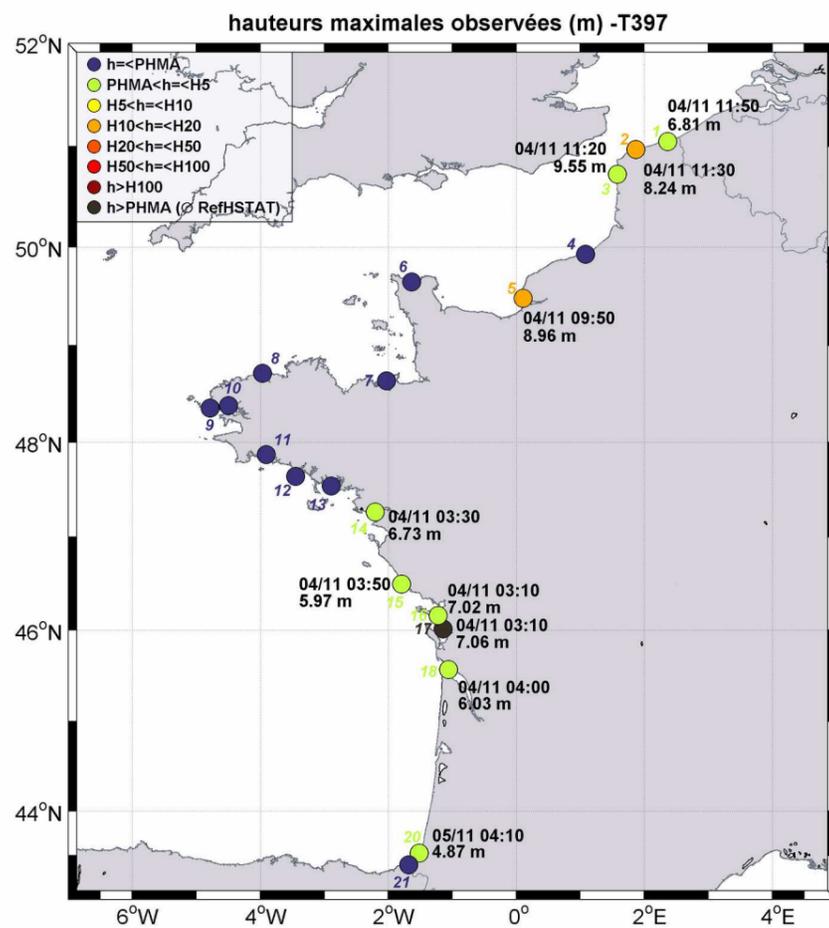
### b. Figures

**TEMPETE CHRISTIAN : synthèse graphique de l'analyse des observations marégraphiques sur la période du 26 au 29 octobre 2013.**



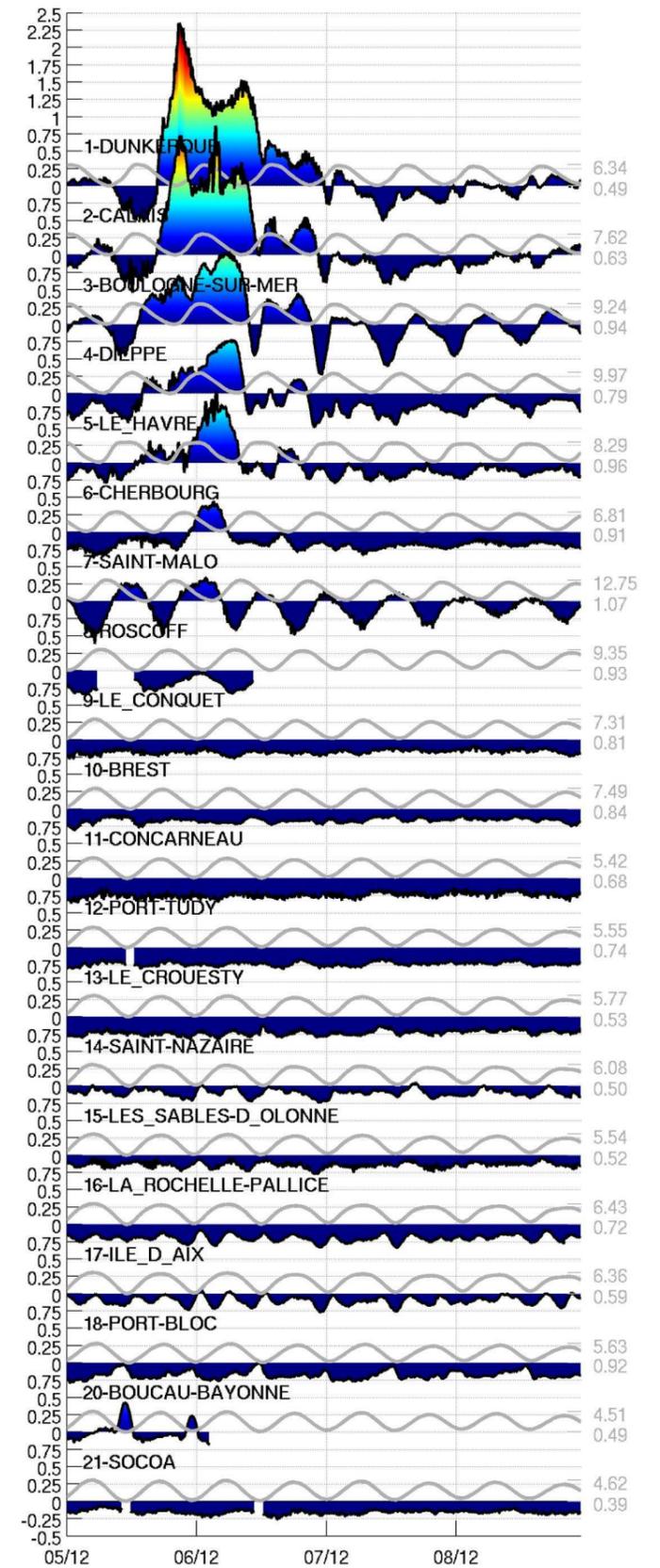
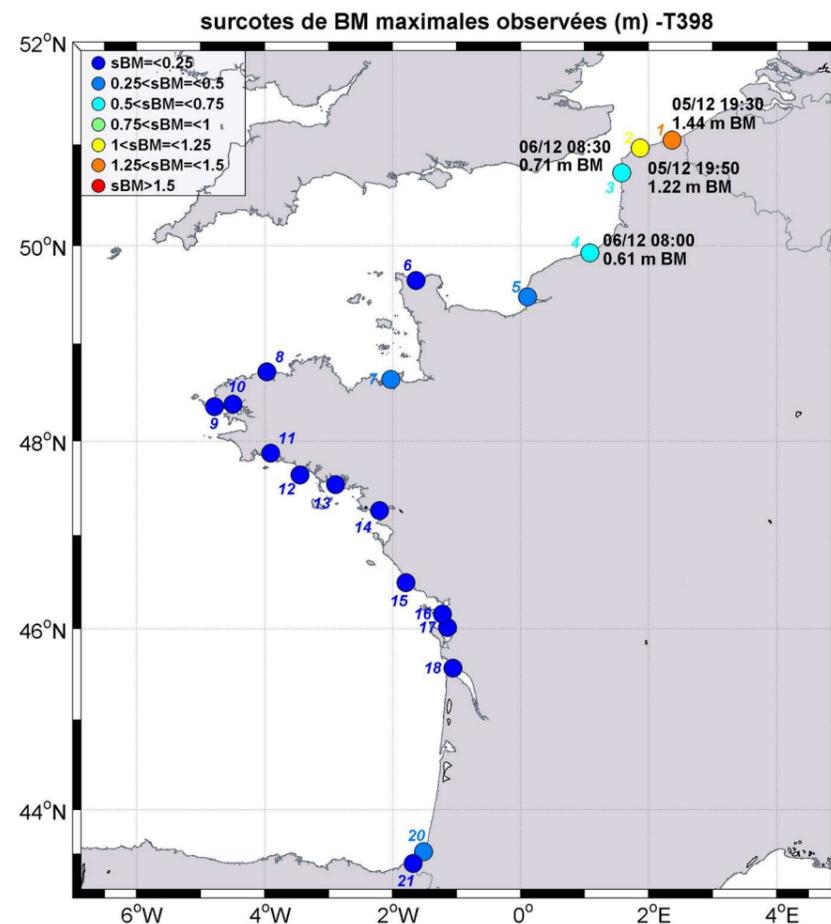
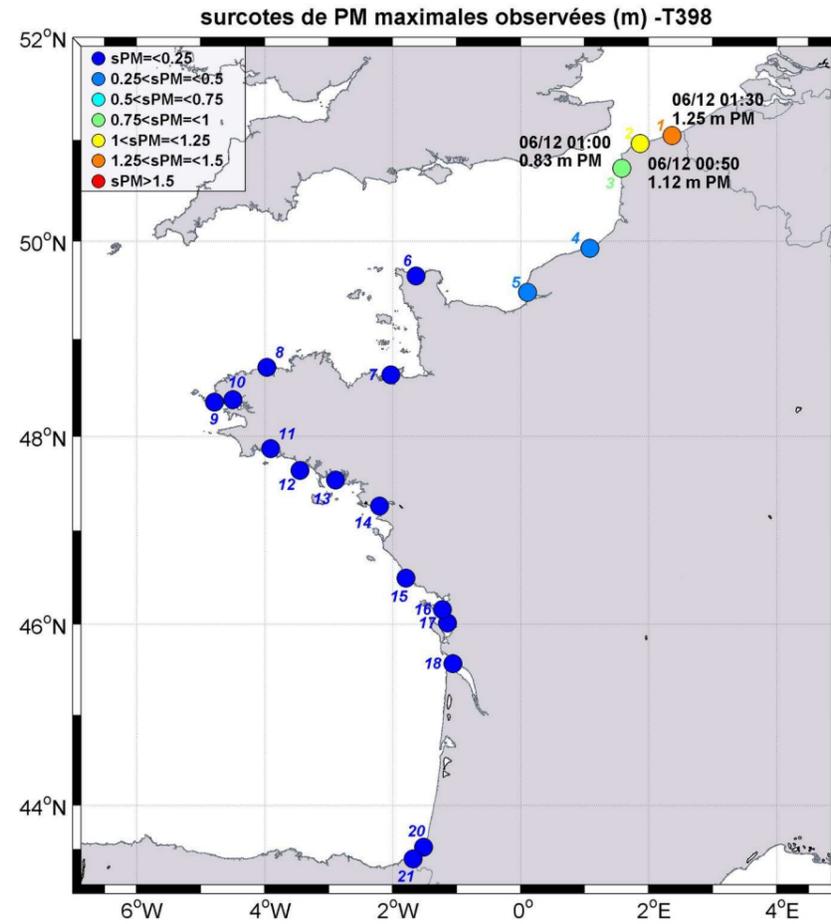
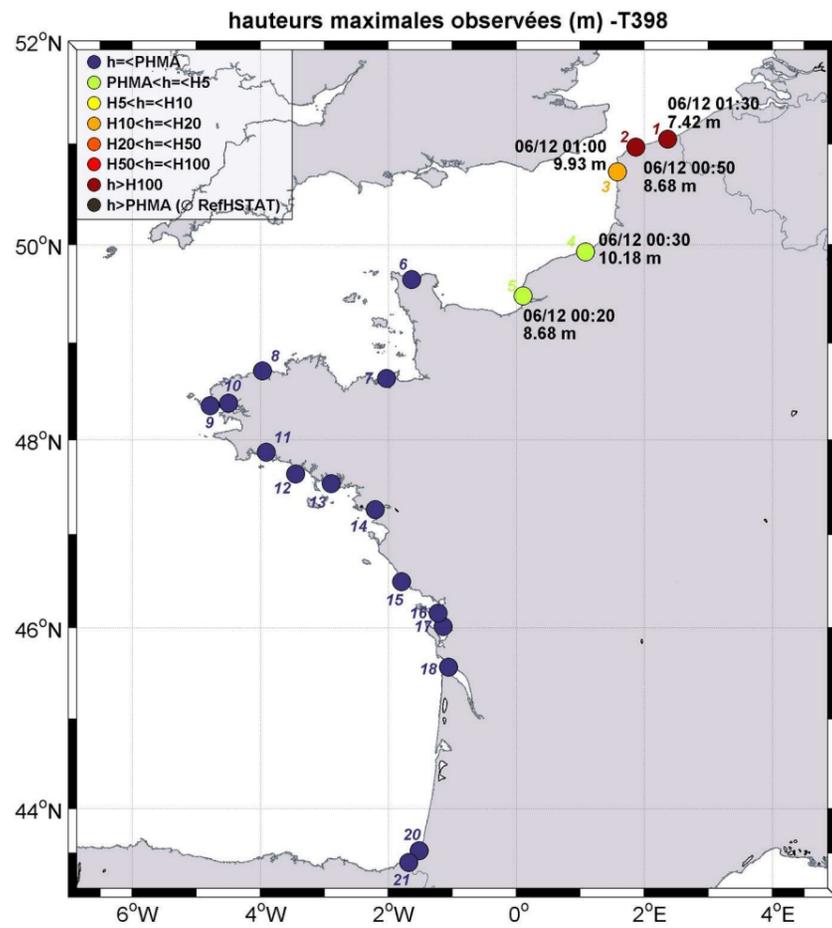
**Figure 1:** A gauche : hauteurs maximales observées ; au milieu : surcotes de PM (haut) et BM (bas) maximales observées ; à droite: séries de surcotes instantanées associées (en couleur) et hauteurs de marée prédites (en gris).

**TEMPETE GODEHART : synthèse graphique de l'analyse des observations marégraphiques sur la période du 3 au 6 novembre 2013.**



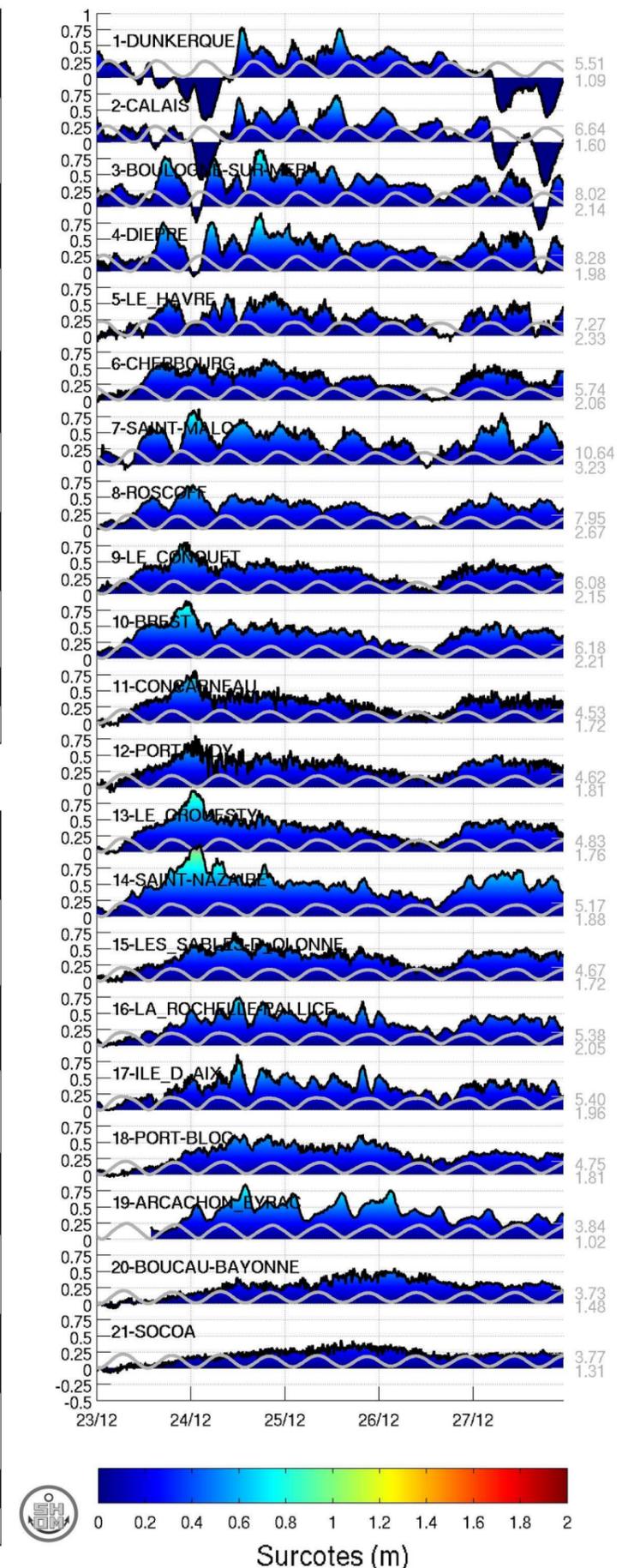
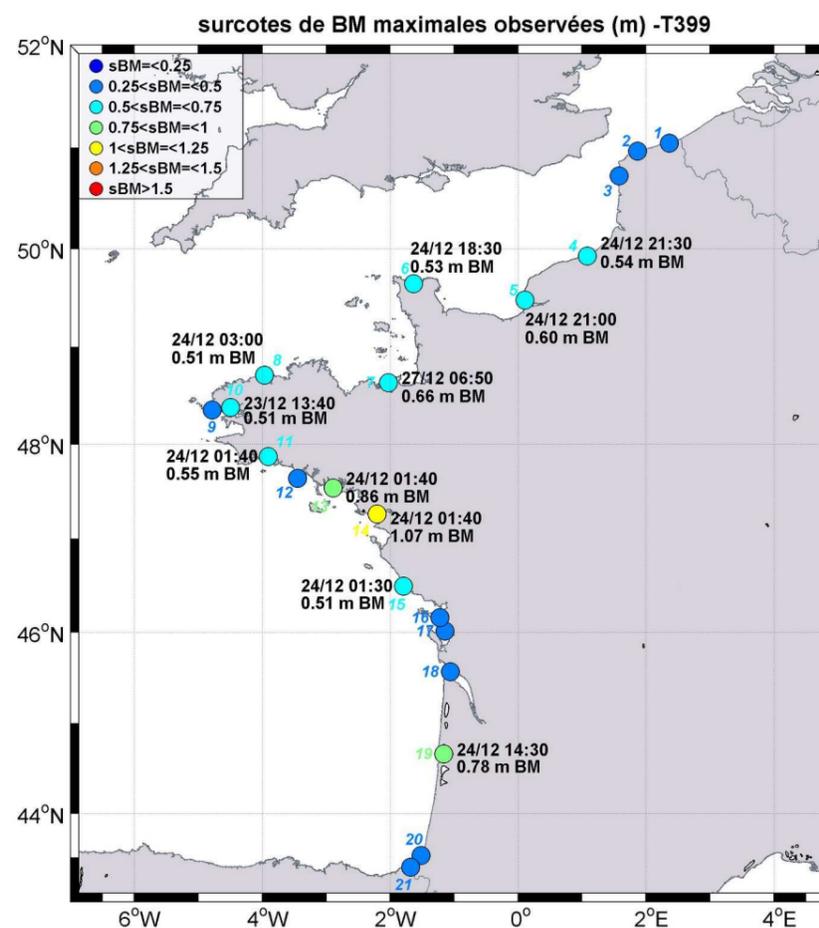
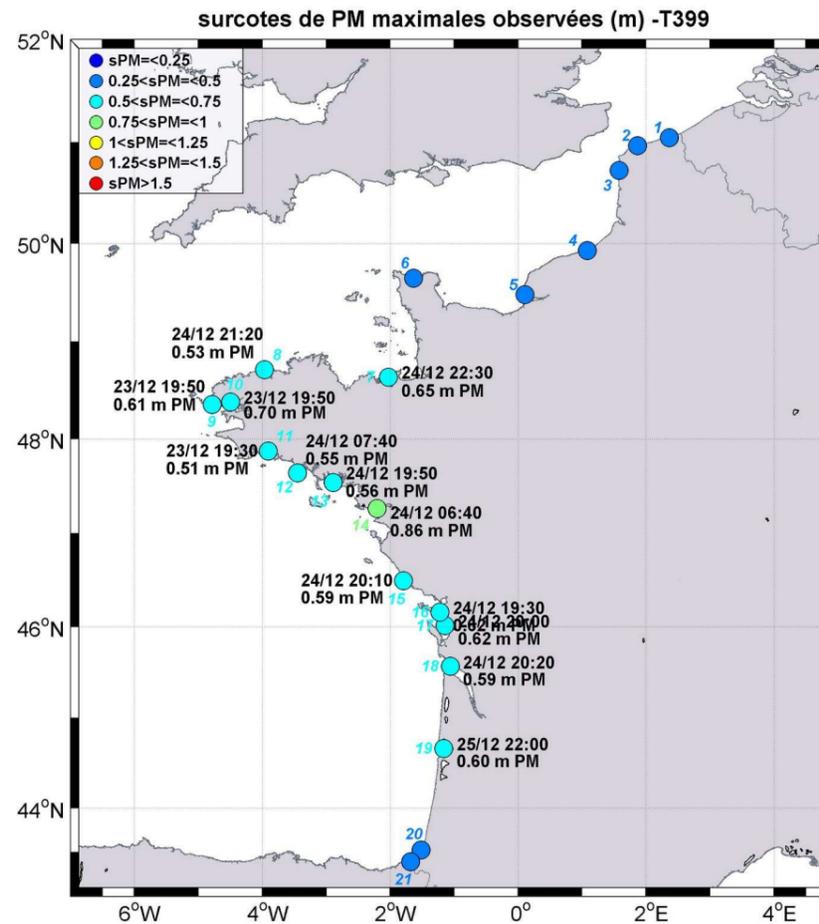
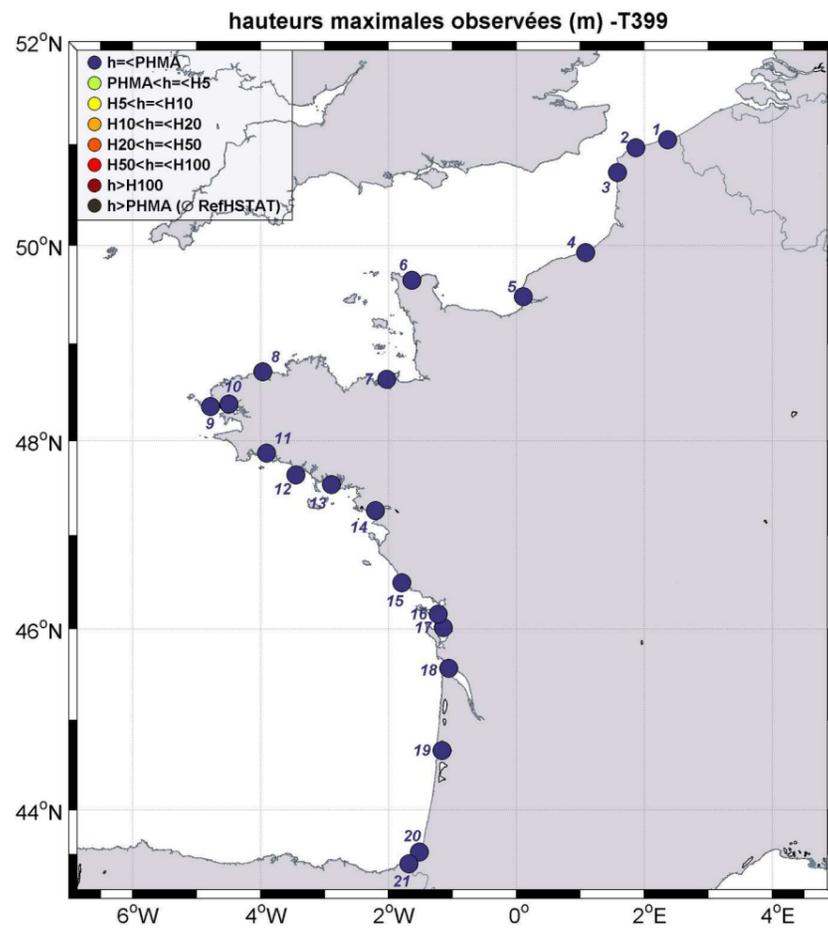
**Figure 2:** A gauche : hauteurs maximales observées ; au milieu : surcotes de PM (haut) et BM (bas) maximales observées ; à droite: séries de surcotes instantanées associées (en couleur) et hauteurs de marée prédites (en gris).

**TEMPETE XAVER : synthèse graphique de l'analyse des observations marégraphiques sur la période du 5 au 8 décembre 2013.**



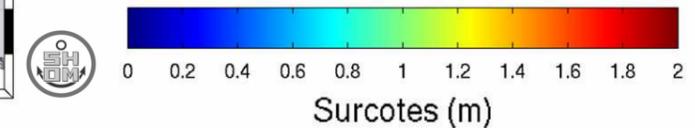
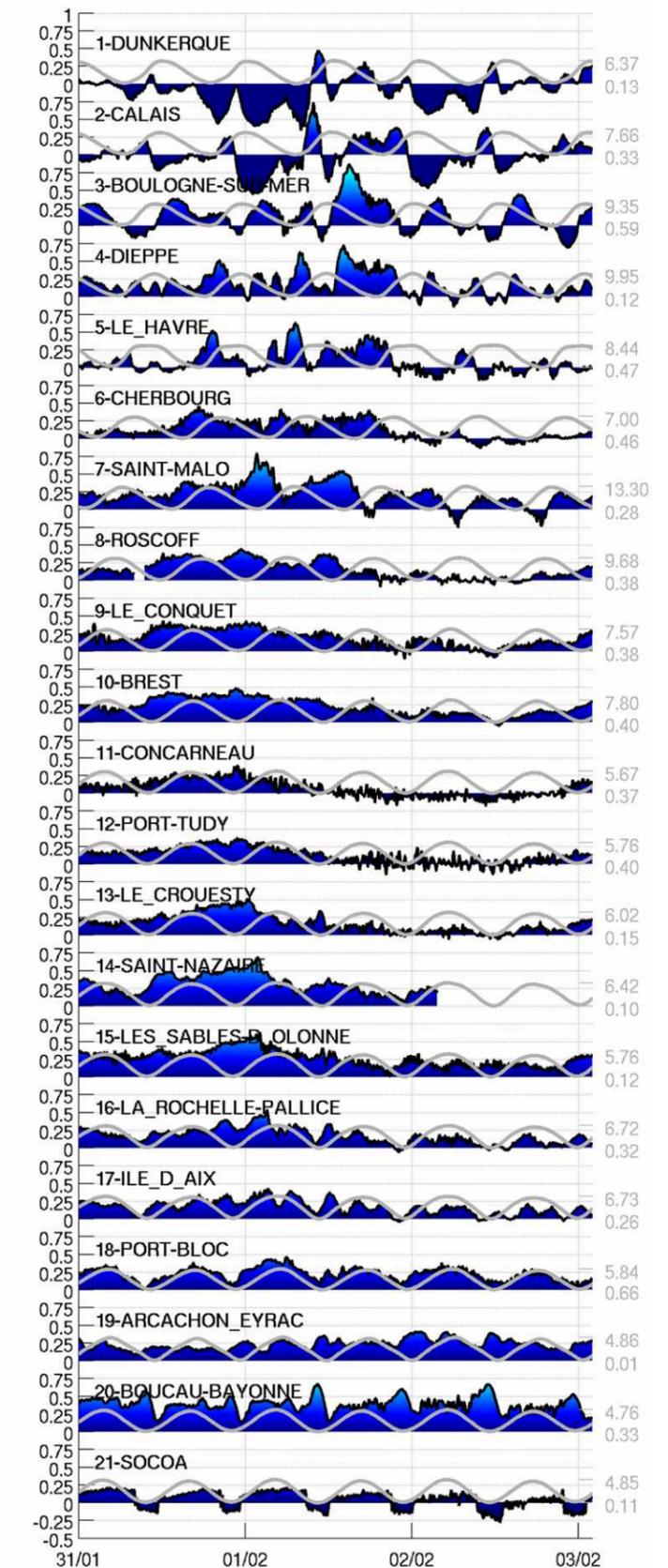
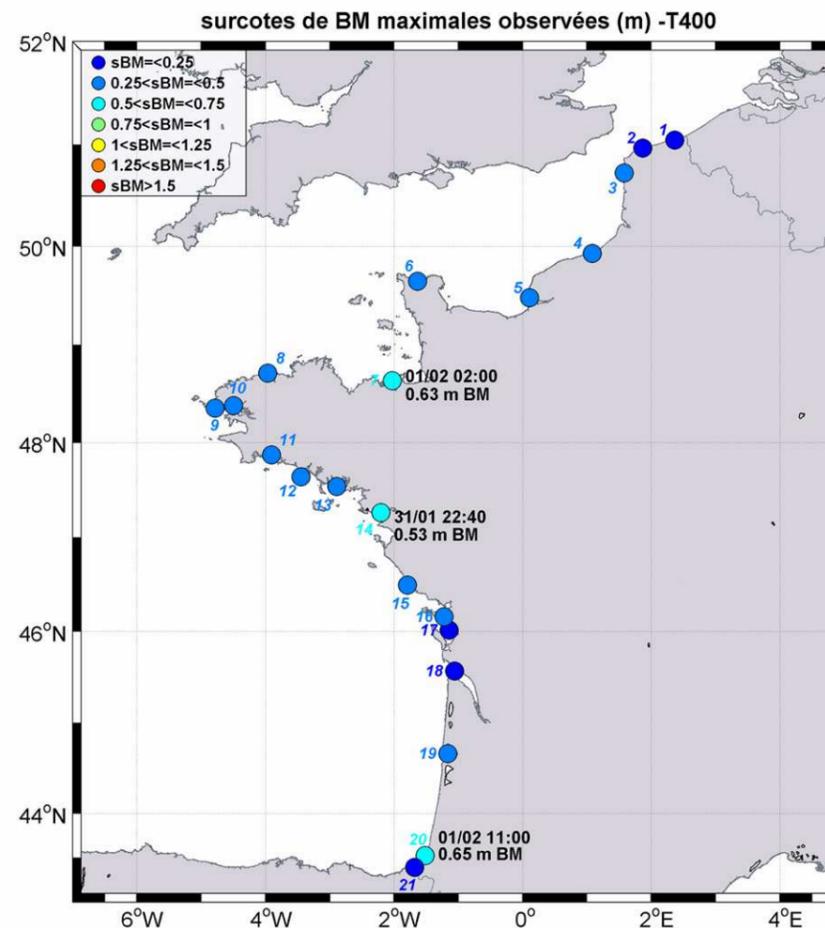
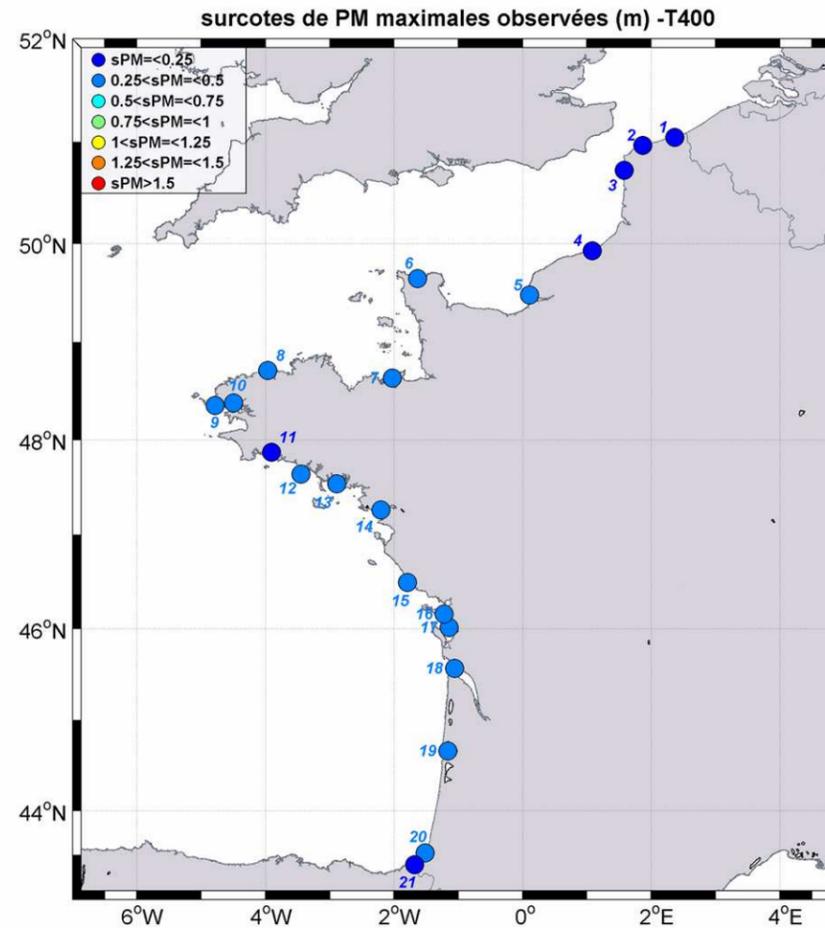
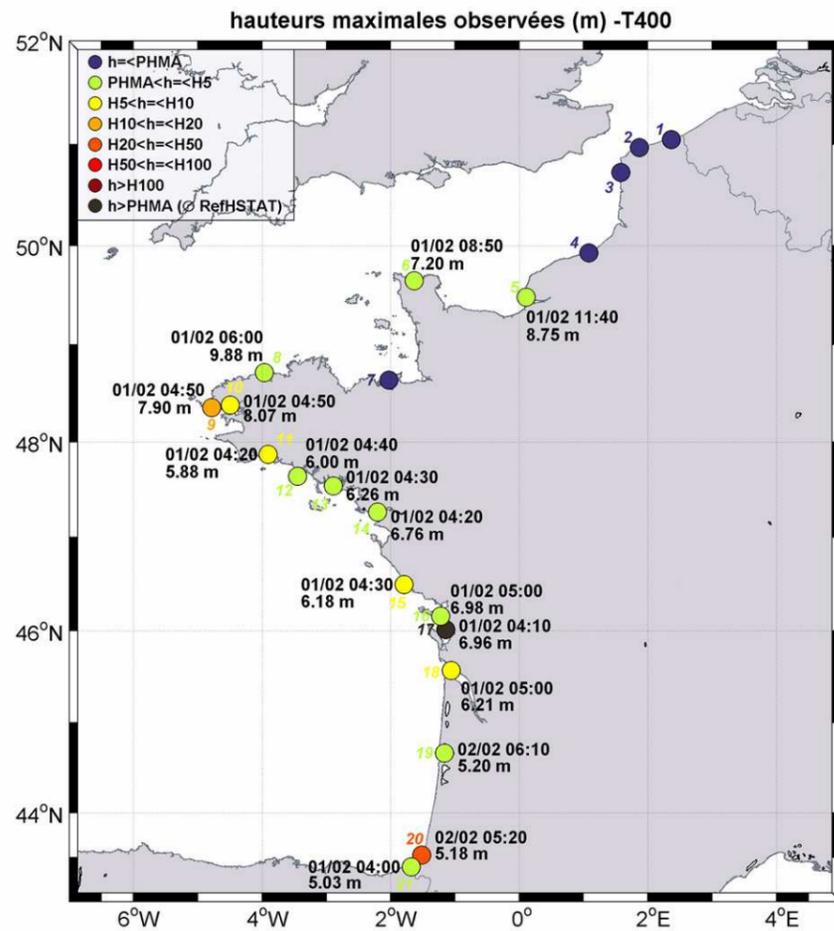
**Figure 3:** A gauche : hauteurs maximales observées ; au milieu : surcotes de PM (haut) et BM (bas) maximales observées ; à droite: séries de surcotes instantanées associées (en couleur) et hauteurs de marée prédites (en gris).

**TEMPETE DIRK : synthèse graphique de l'analyse des observations marégraphiques sur la période du 23 au 27 décembre 2013.**



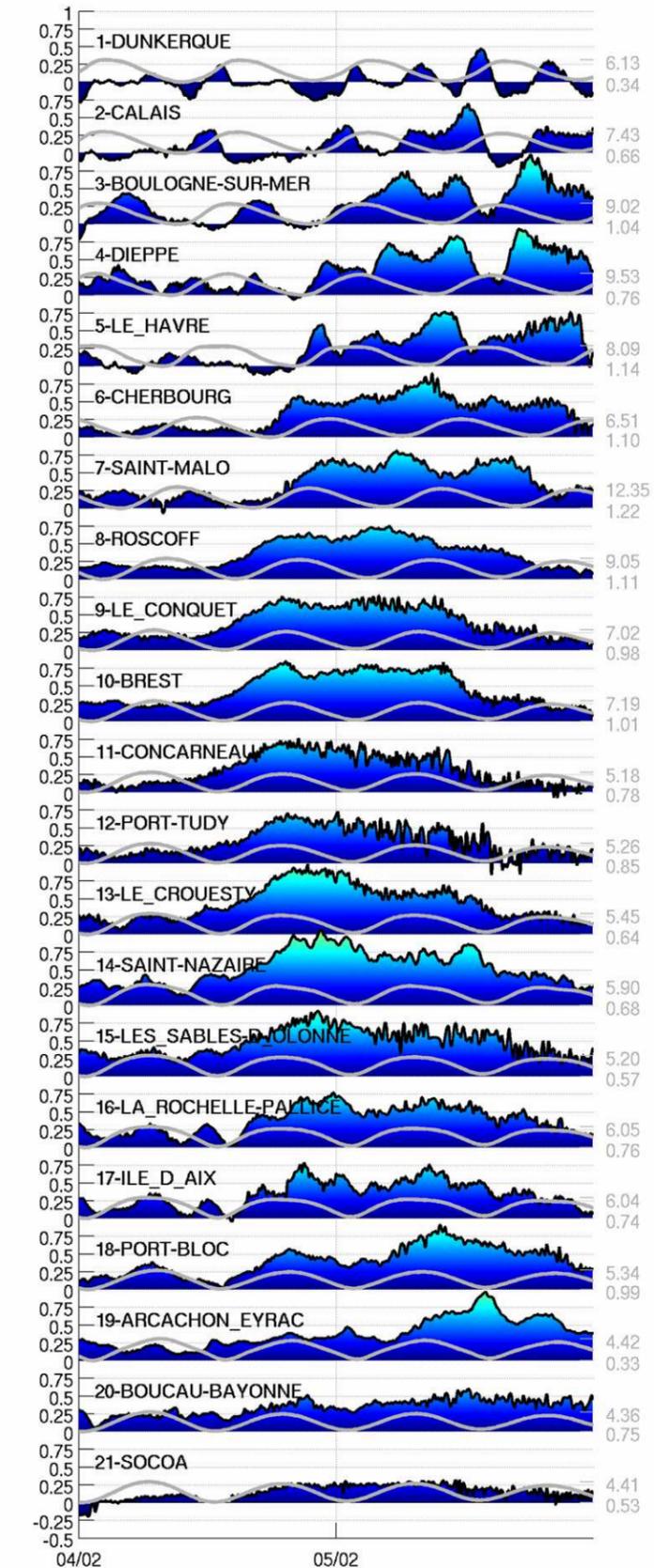
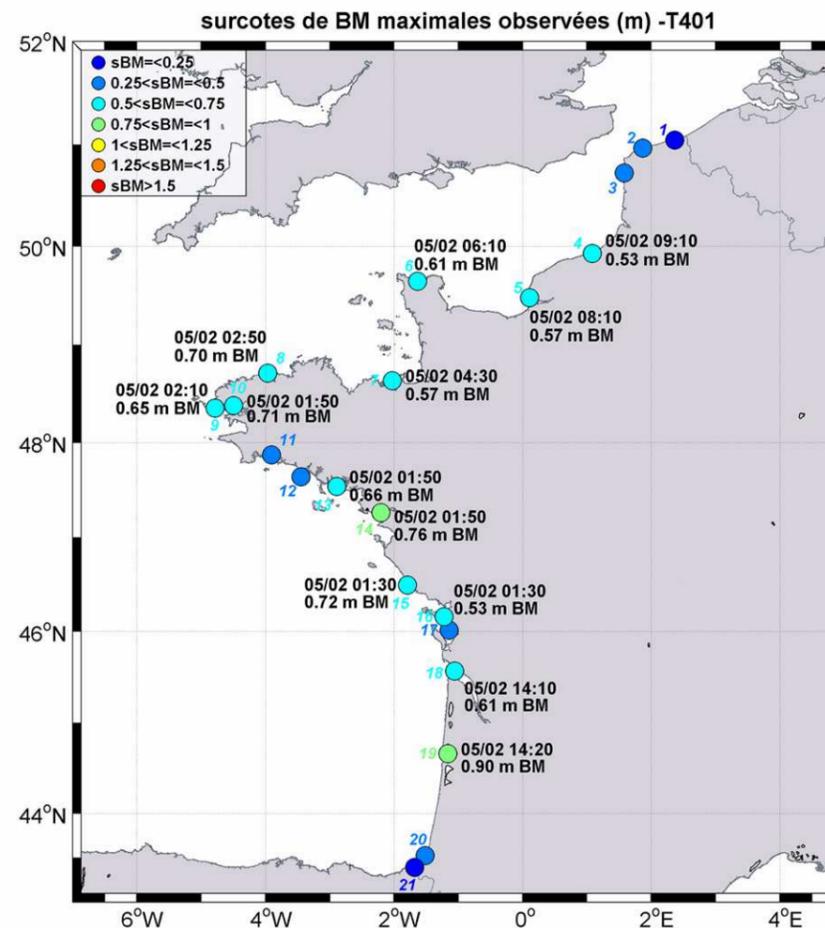
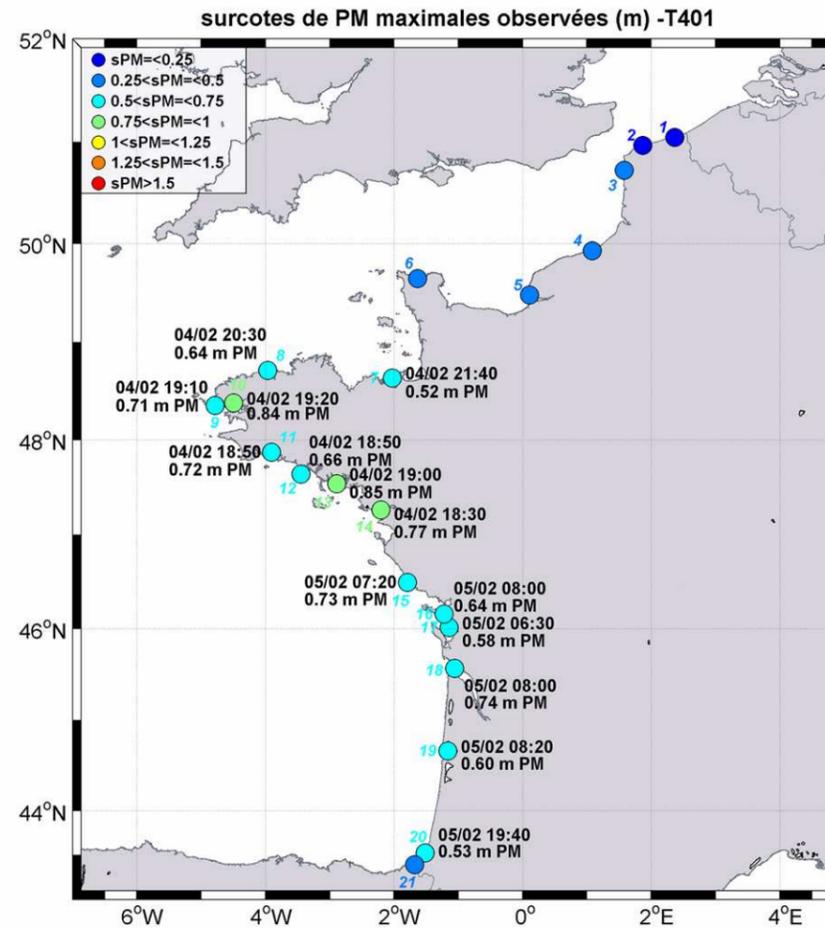
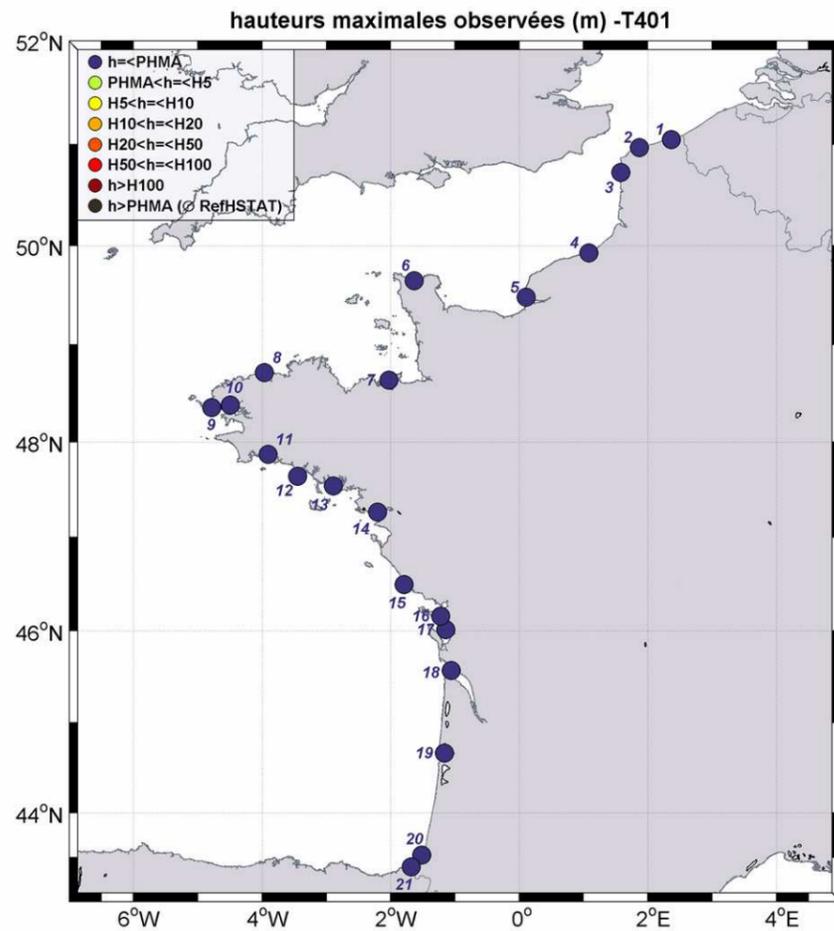
**Figure 4:** A gauche : hauteurs maximales observées ; au milieu : surcotes de PM (haut) et BM (bas) maximales observées ; à droite: séries de surcotes instantanées associées (en couleur) et hauteurs de marée prédites (en gris).

**TEMPETE SANSNOM1 : synthèse graphique de l'analyse des observations marégraphiques sur la période du 31 janvier au 3 février 2014.**



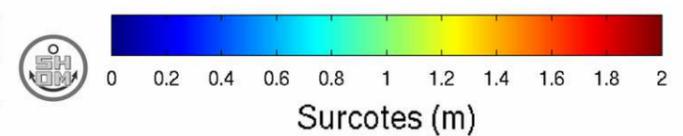
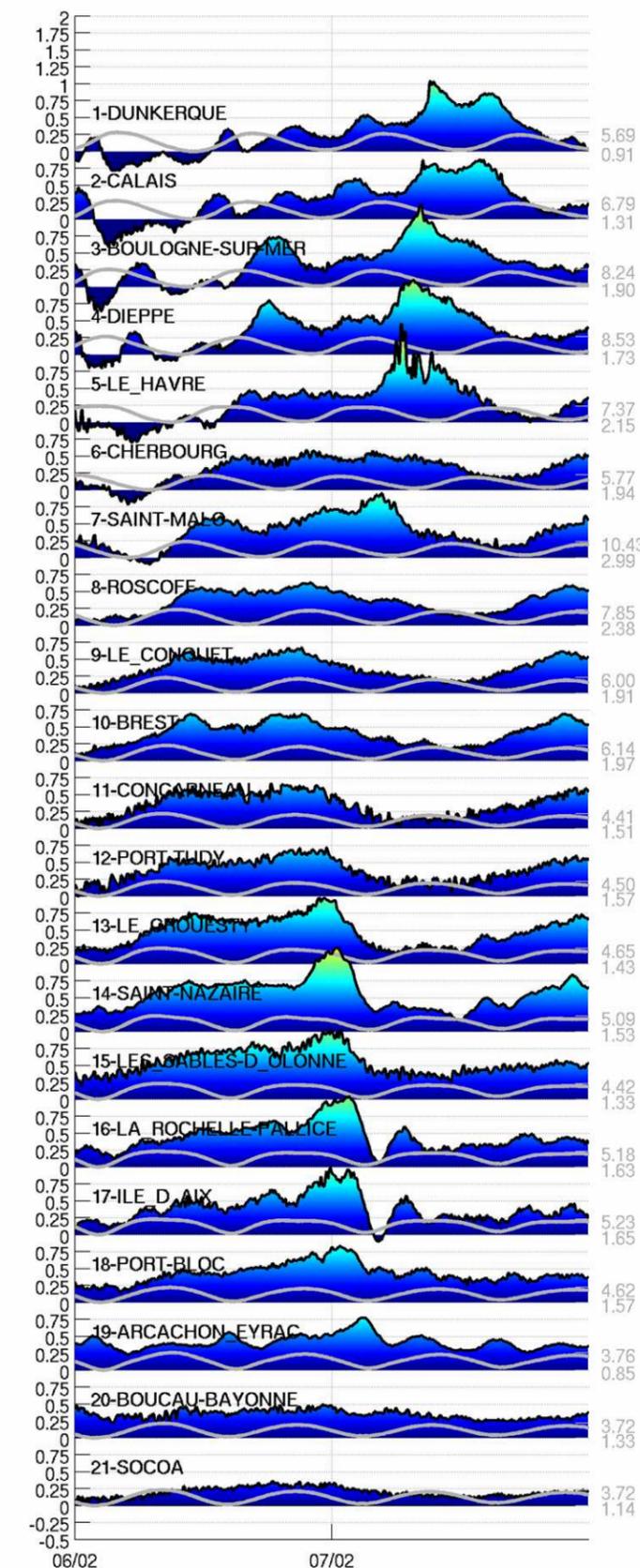
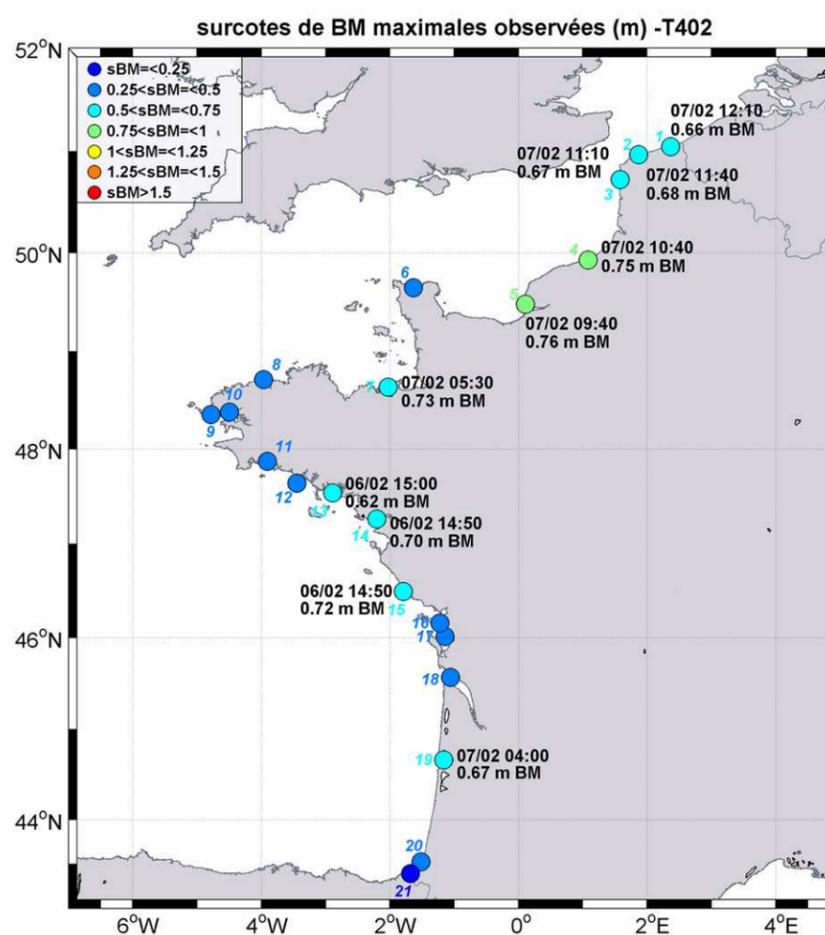
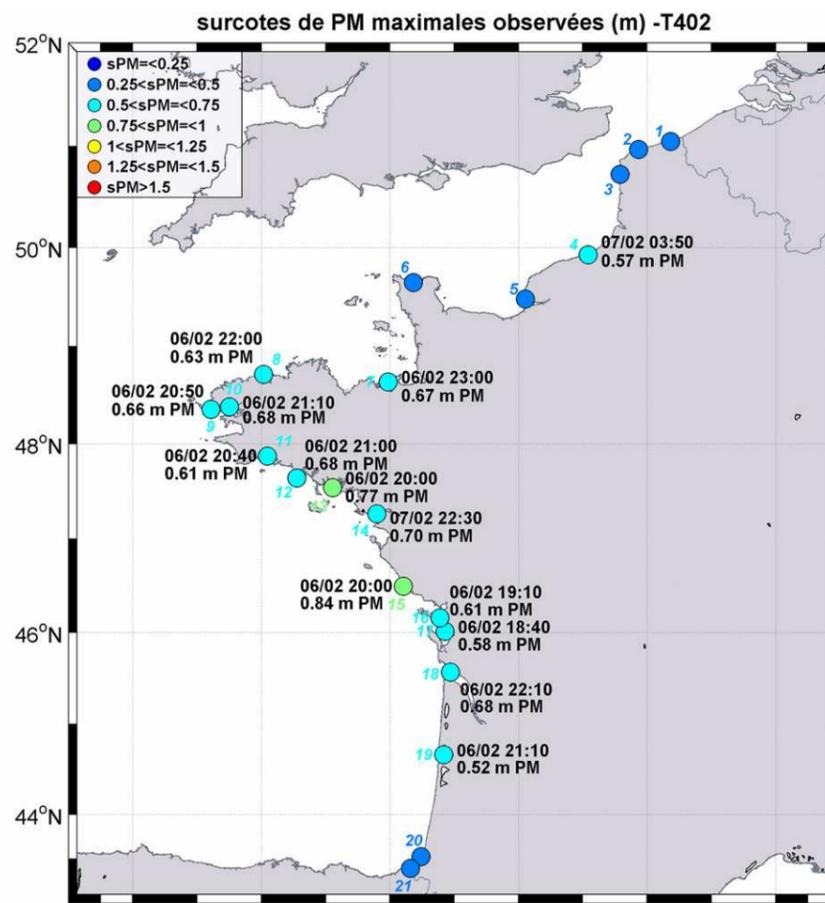
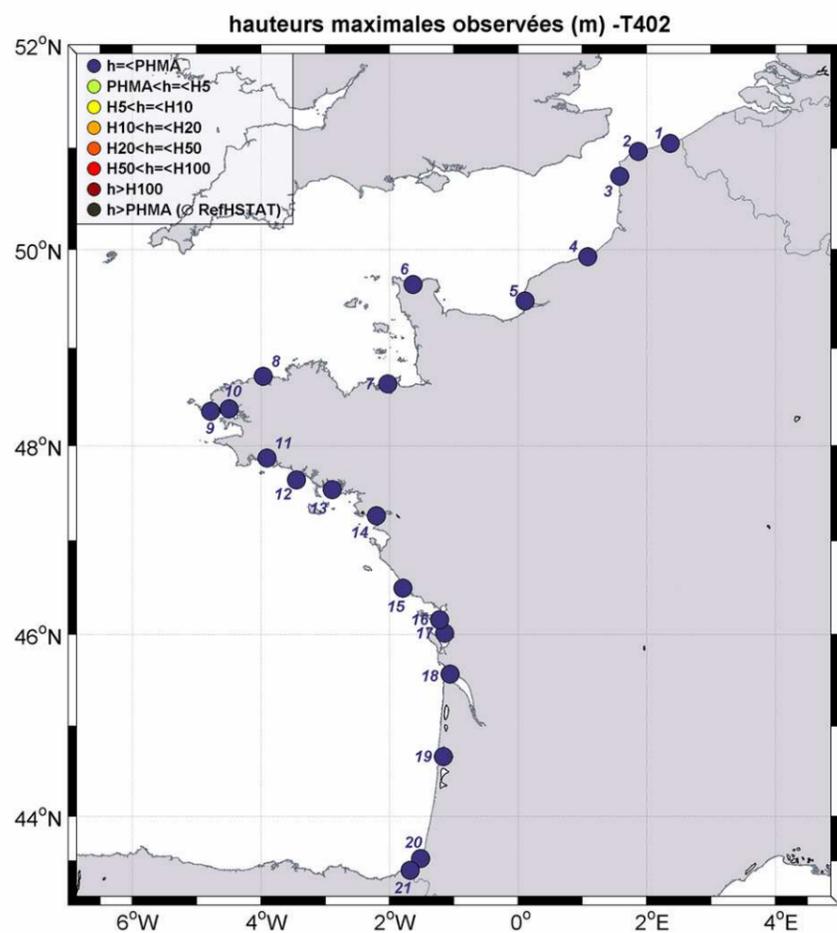
**Figure 5:** A gauche : hauteurs maximales observées ; au milieu : surcotes de PM (haut) et BM (bas) maximales observées ; à droite: séries de surcotes instantanées associées (en couleur) et hauteurs de marée prédites (en gris).

**TEMPETE PETRA : synthèse graphique de l'analyse des observations marégraphiques sur la période du 4 au 5 février 2014.**



**Figure 6:** A gauche : hauteurs maximales observées ; au milieu : surcotes de PM (haut) et BM (bas) maximales observées ; à droite: séries de surcotes instantanées associées (en couleur) et hauteurs de marée prédites (en gris).

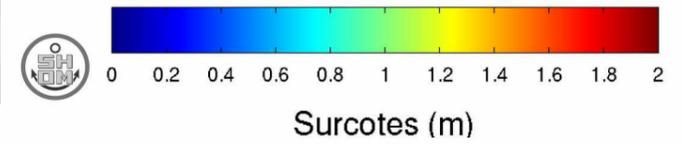
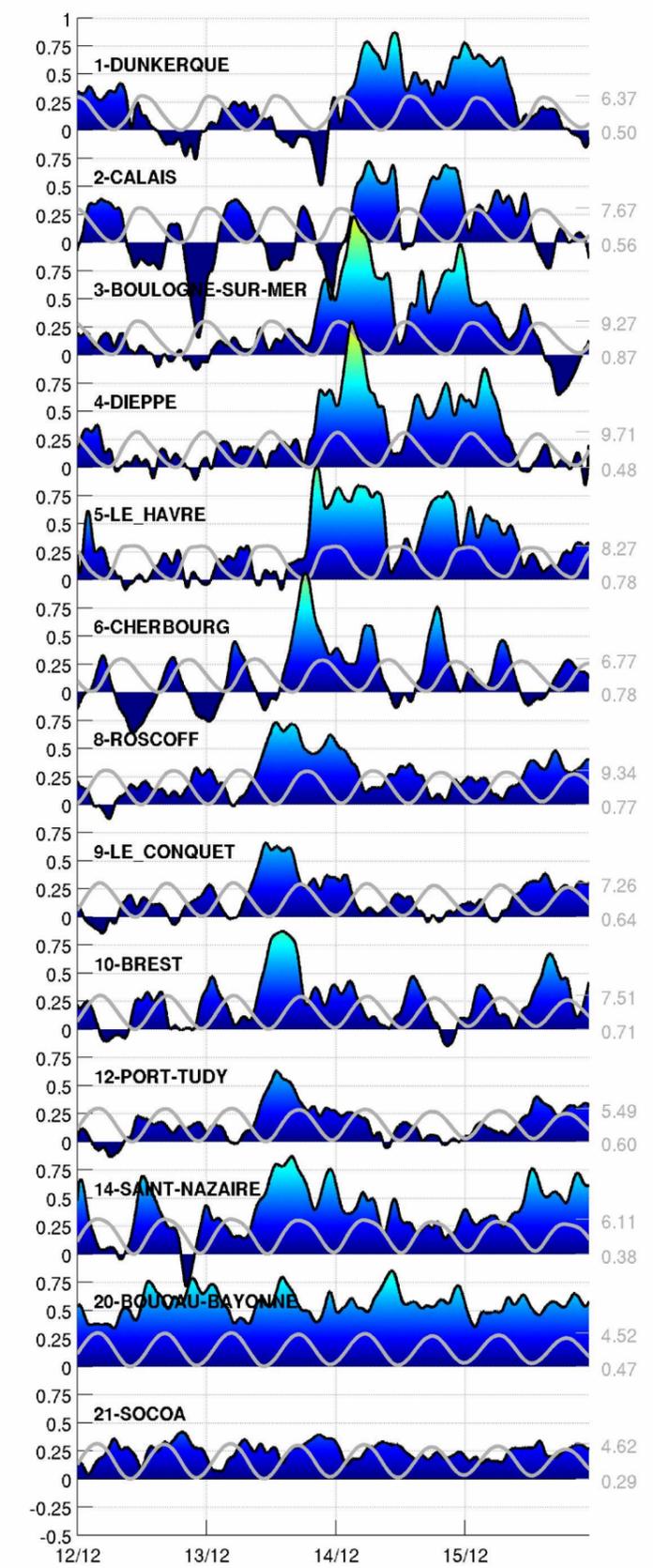
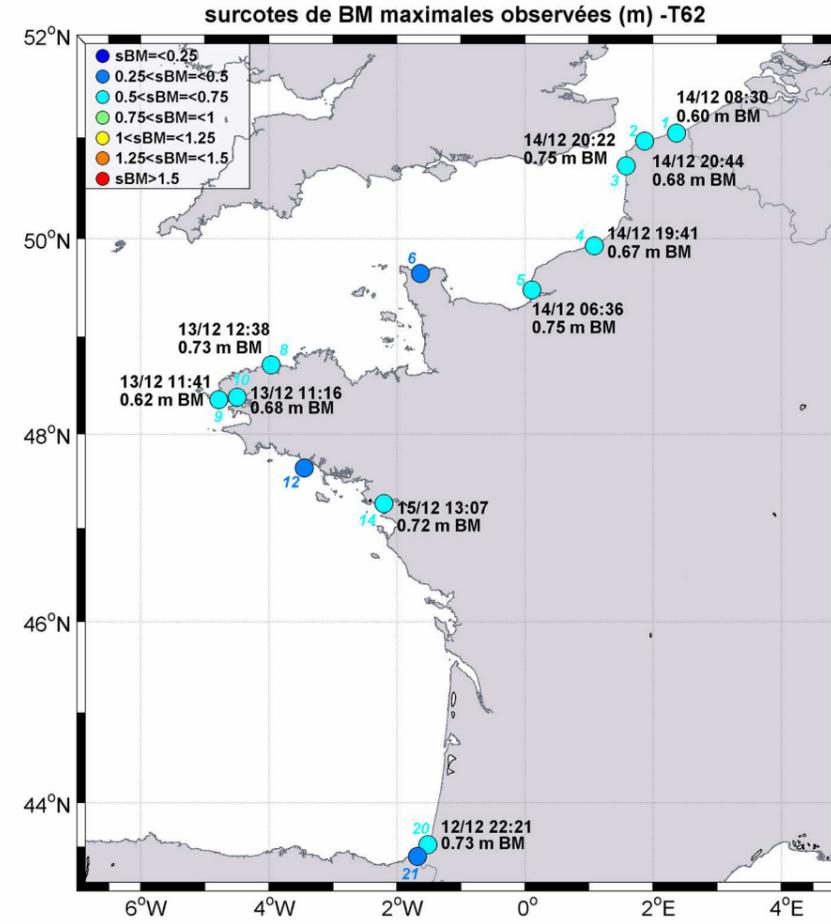
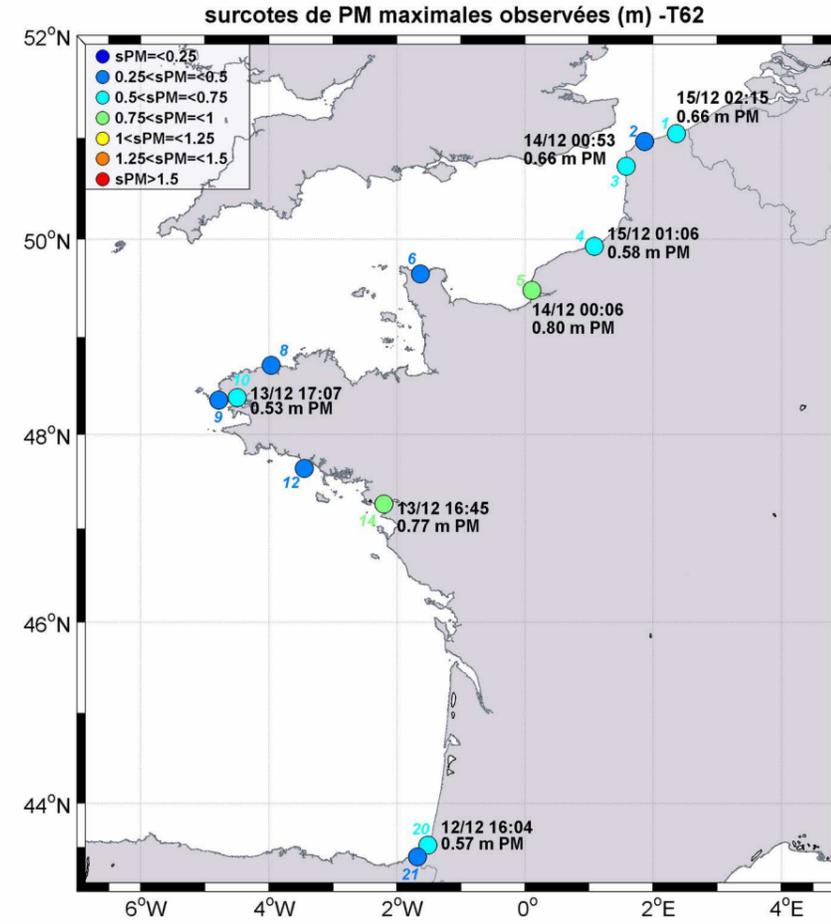
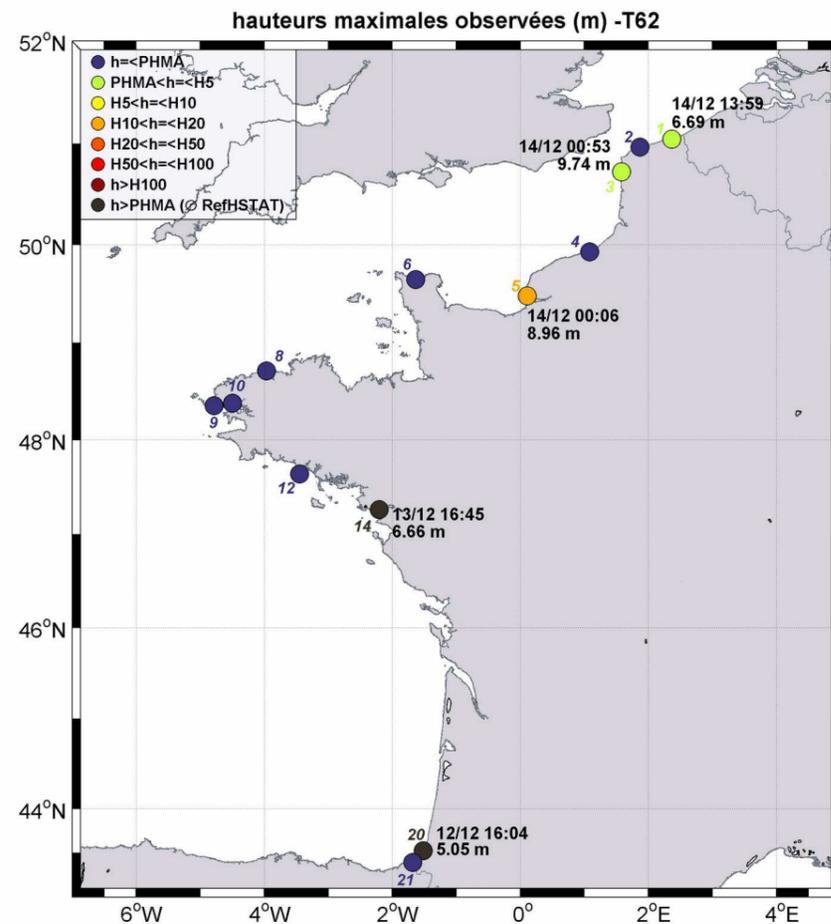
**TEMPETE QUMAIRA : synthèse graphique de l'analyse des observations marégraphiques sur la période du 6 au 7 février 2014.**



**Figure 7:** A gauche : hauteurs maximales observées ; au milieu : surcotes de PM (haut) et BM (bas) maximales observées ; à droite: séries de surcotes instantanées associées (en couleur) et hauteurs de marée prédites (en gris).

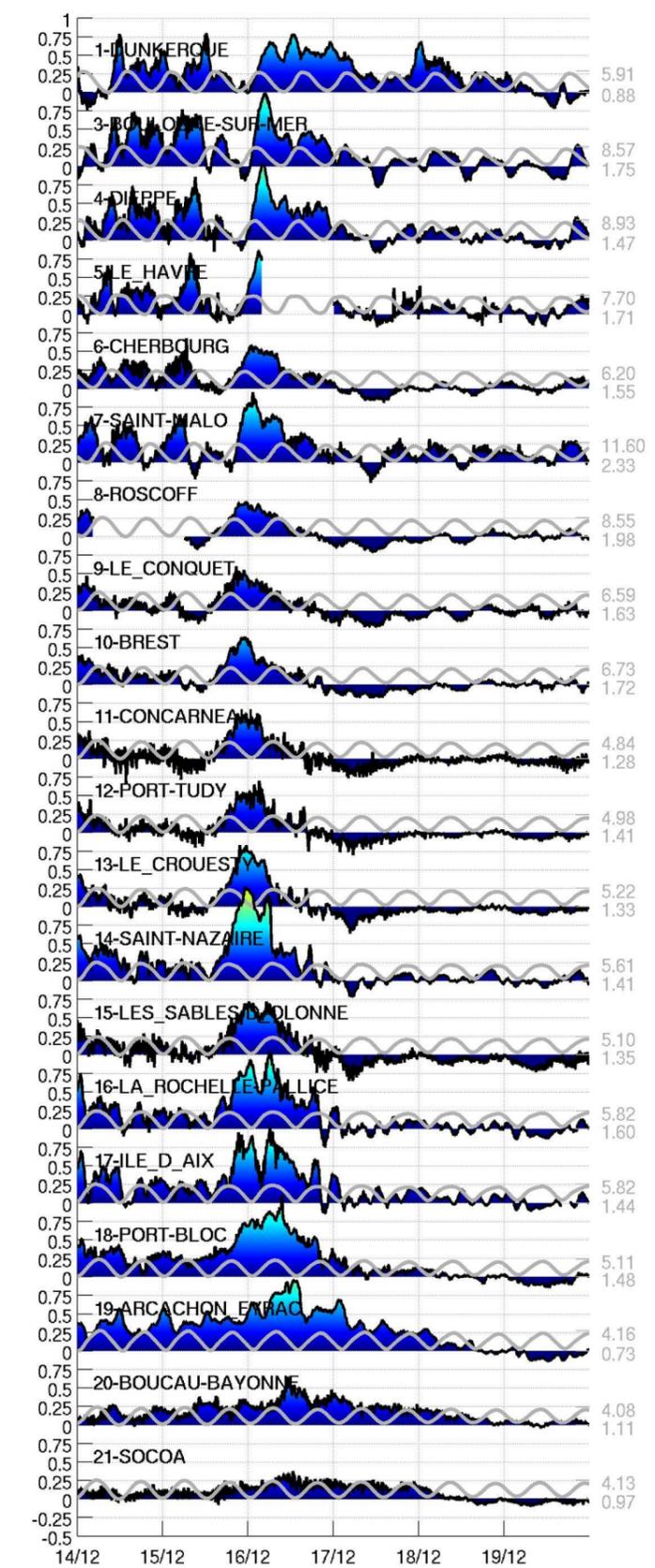
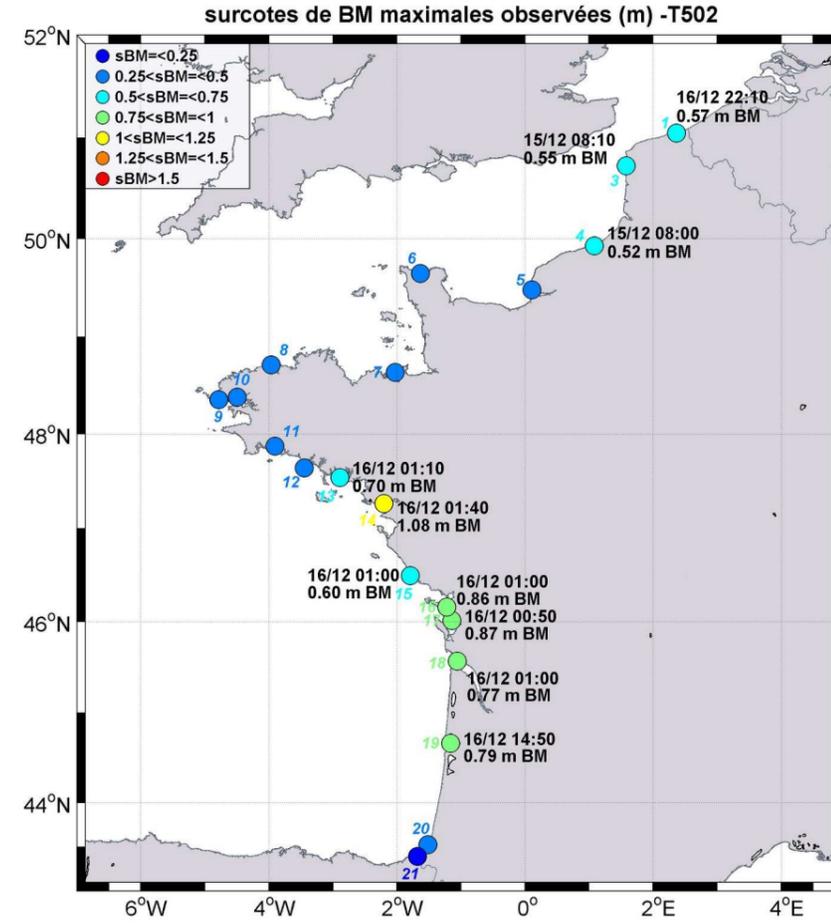
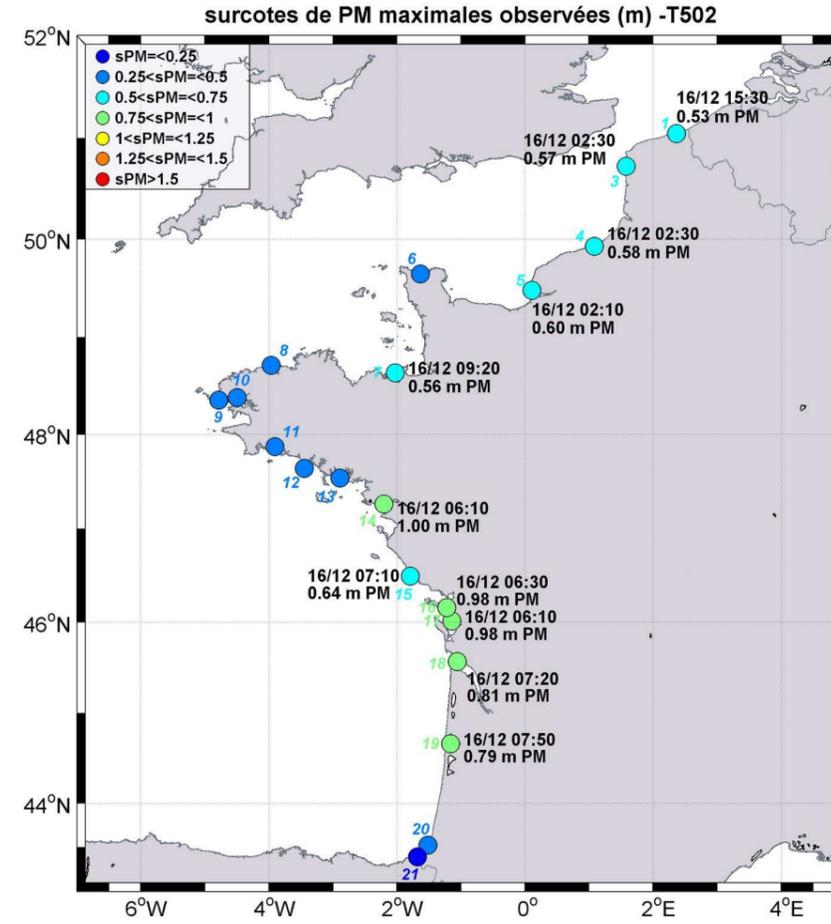
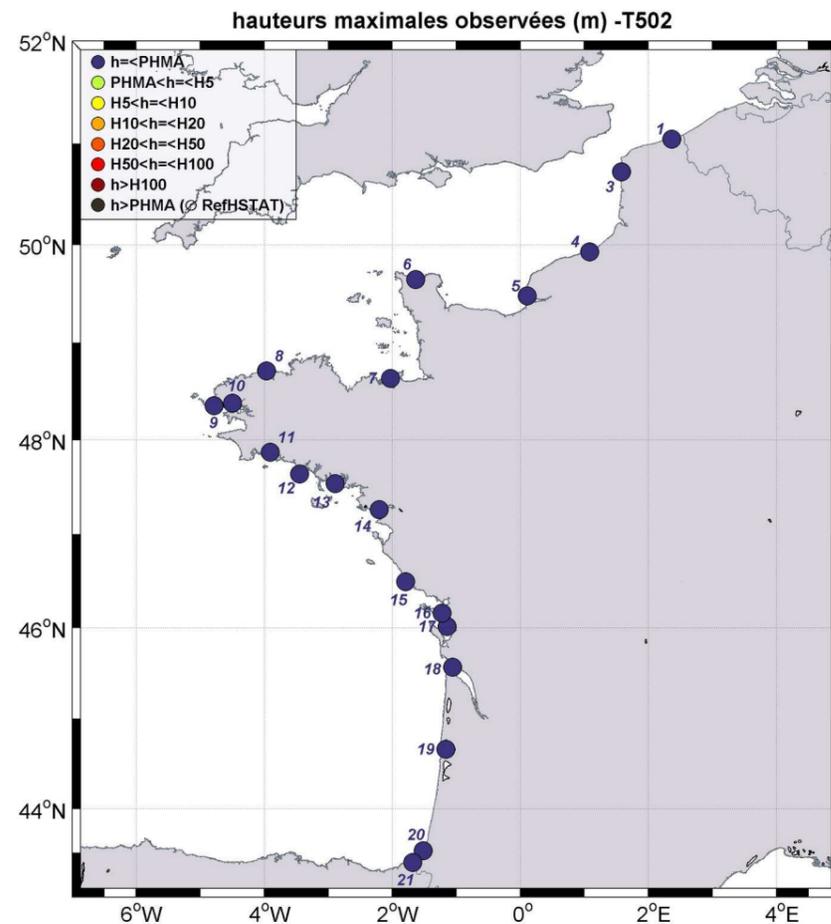
**6. ANNEXE2 : Synthèses graphiques (évènements « analogues » cités)**

**Evènement du 13-14 décembre 1981 (à rapprocher de GODEHART) : synthèse graphique de l'analyse des observations marégraphiques sur la période du 12 au 15 décembre 1981.**



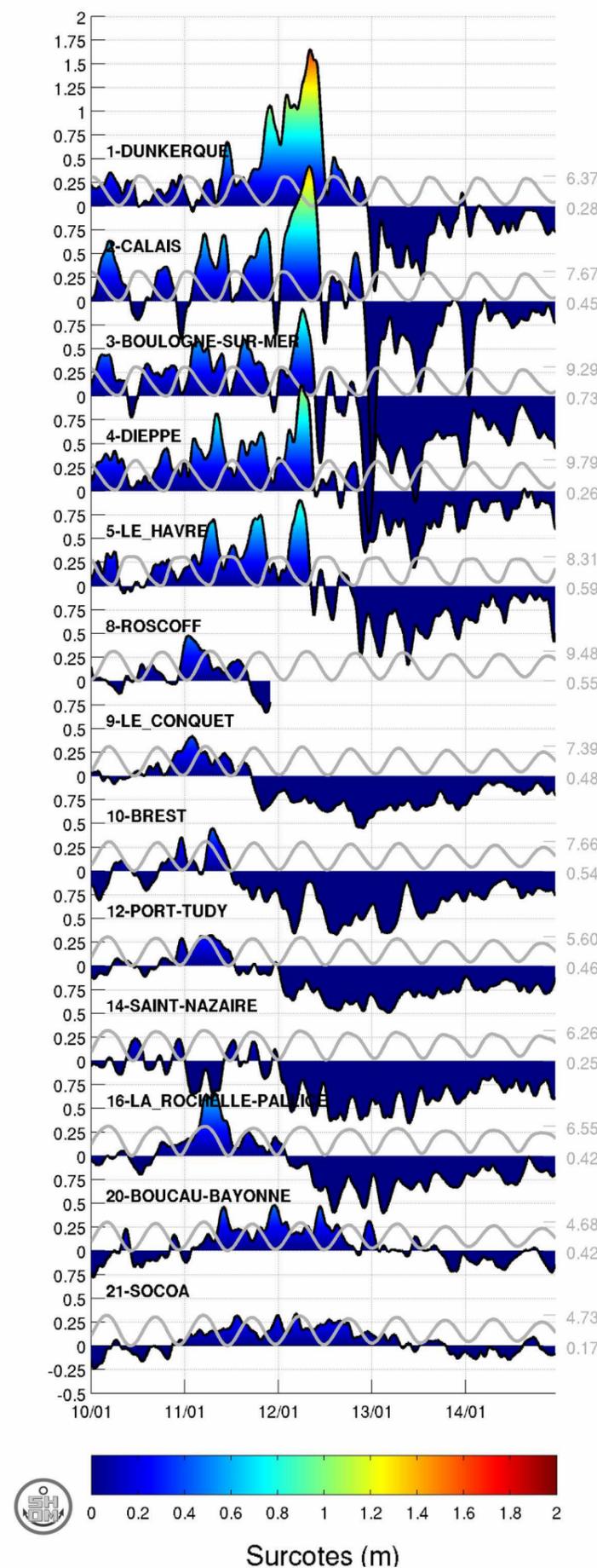
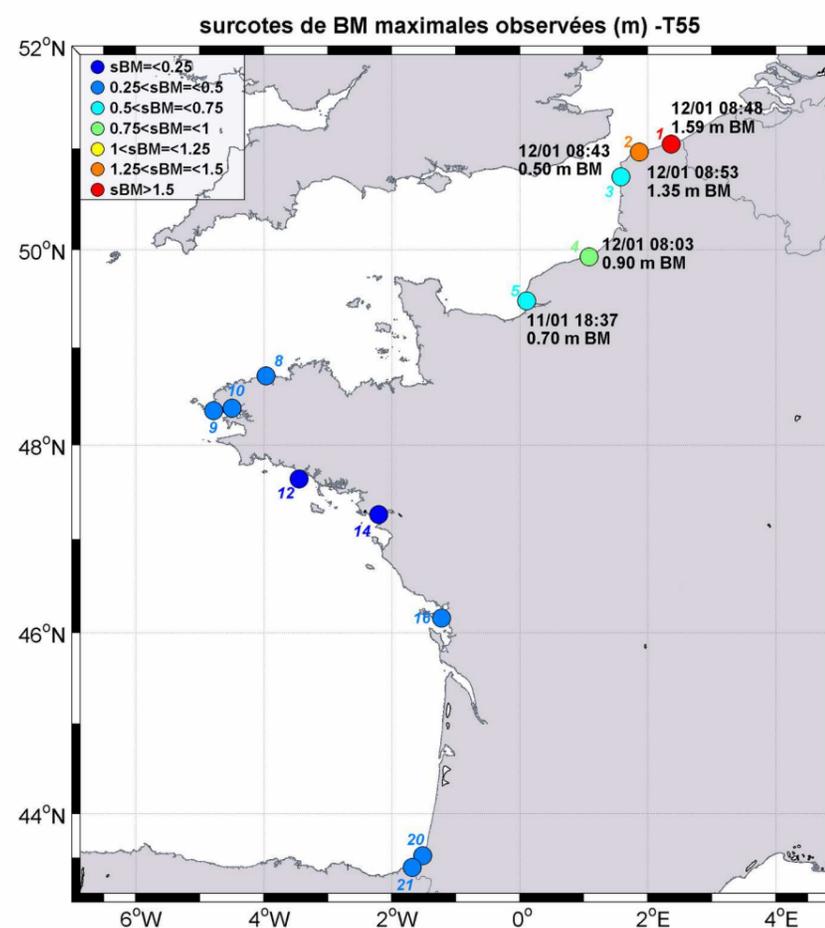
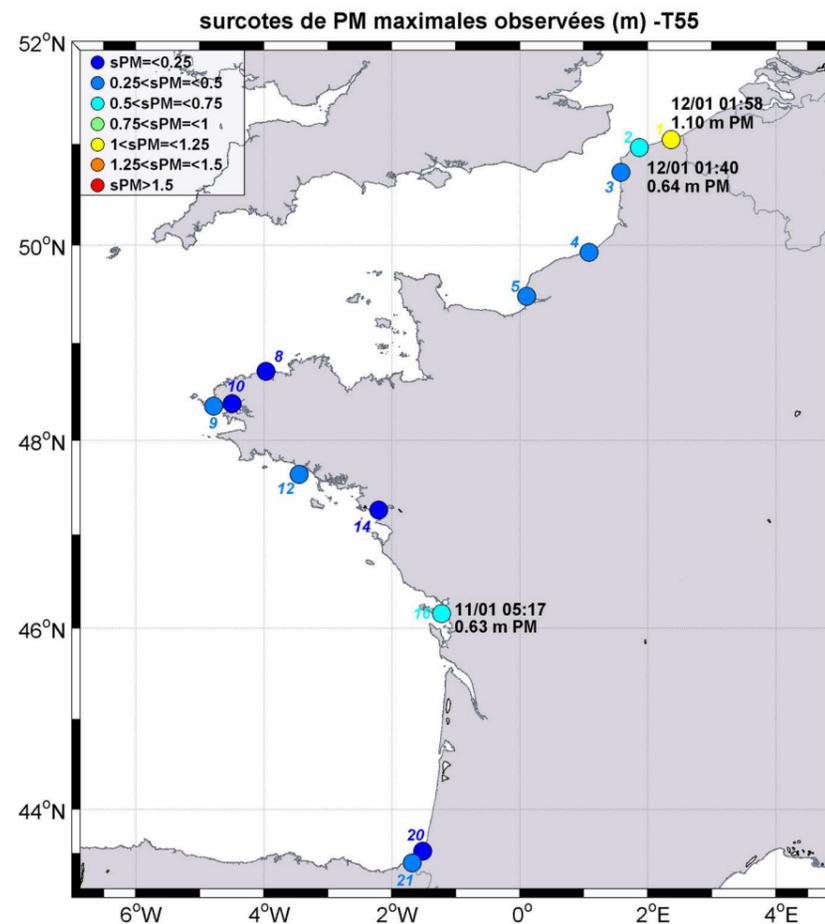
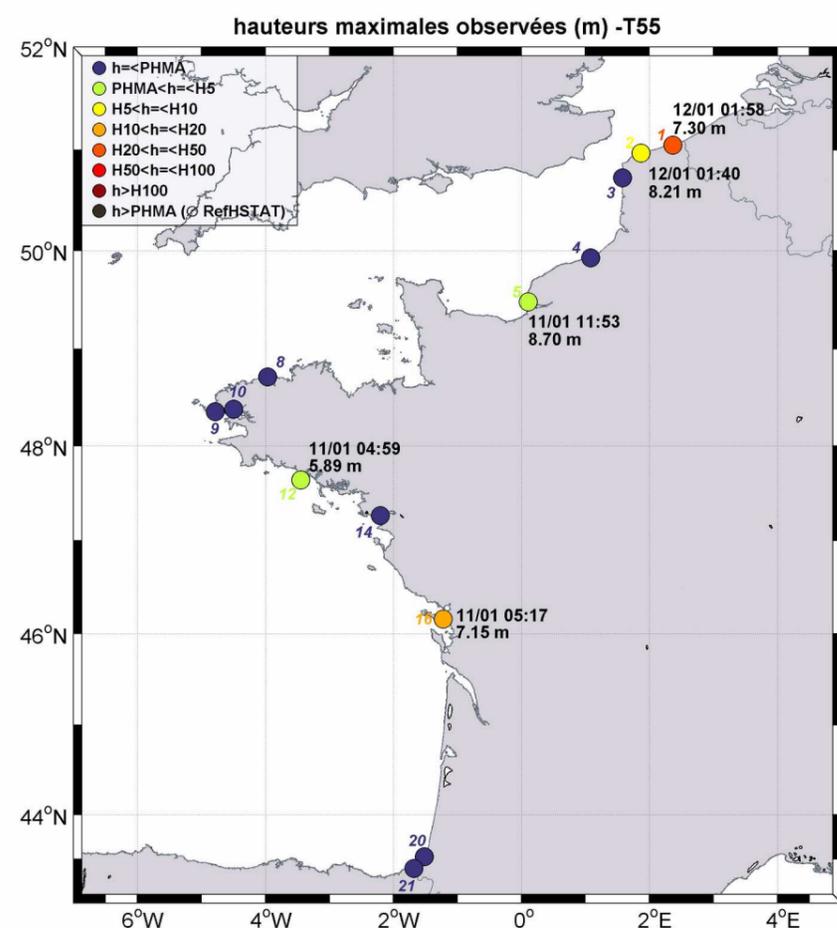
**Figure 8:** A gauche : hauteurs maximales observées ; au milieu : surcotes de PM (haut) et BM (bas) maximales observées ; à droite: séries de surcotes instantanées associées (en couleur) et hauteurs de marée prédites (en gris).

**Evènement JOACHIM (à rapprocher de GODEHART)  
: synthèse graphique de l'analyse des observations  
marégraphiques sur la période du 14 au 19 décembre 2011.**



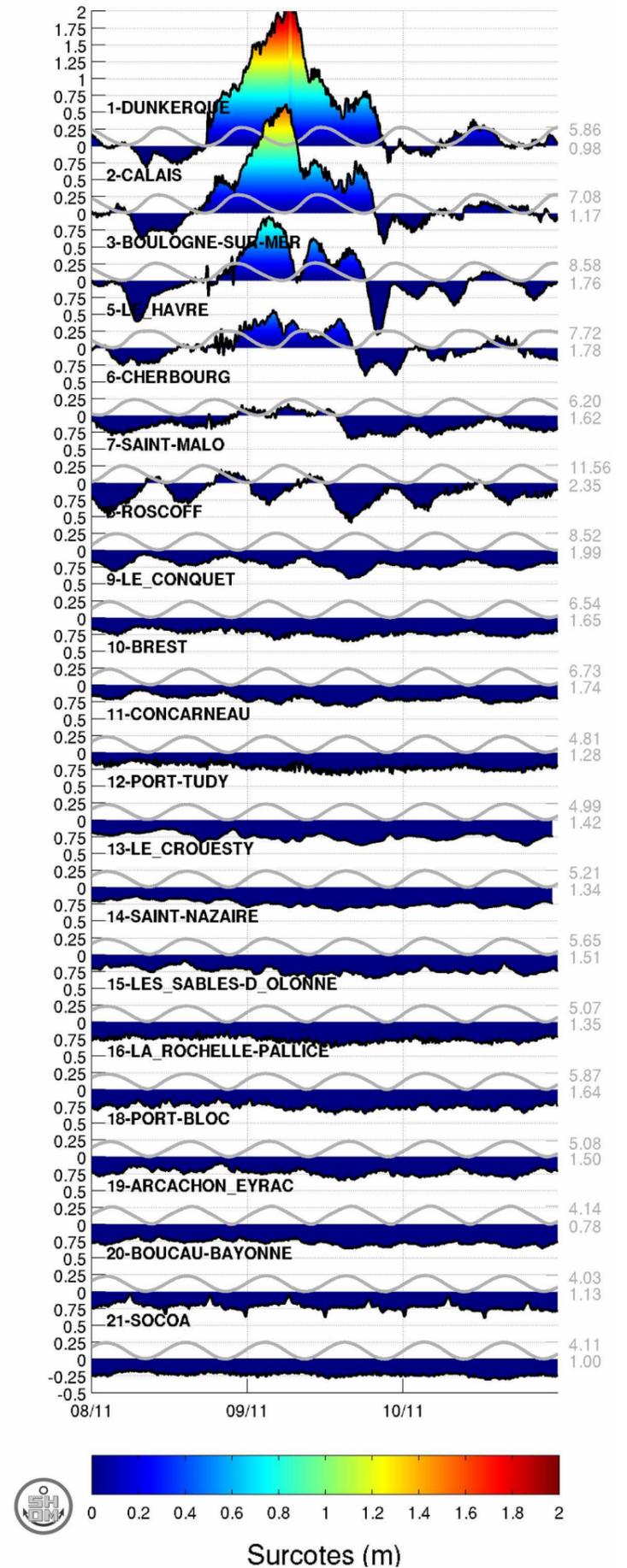
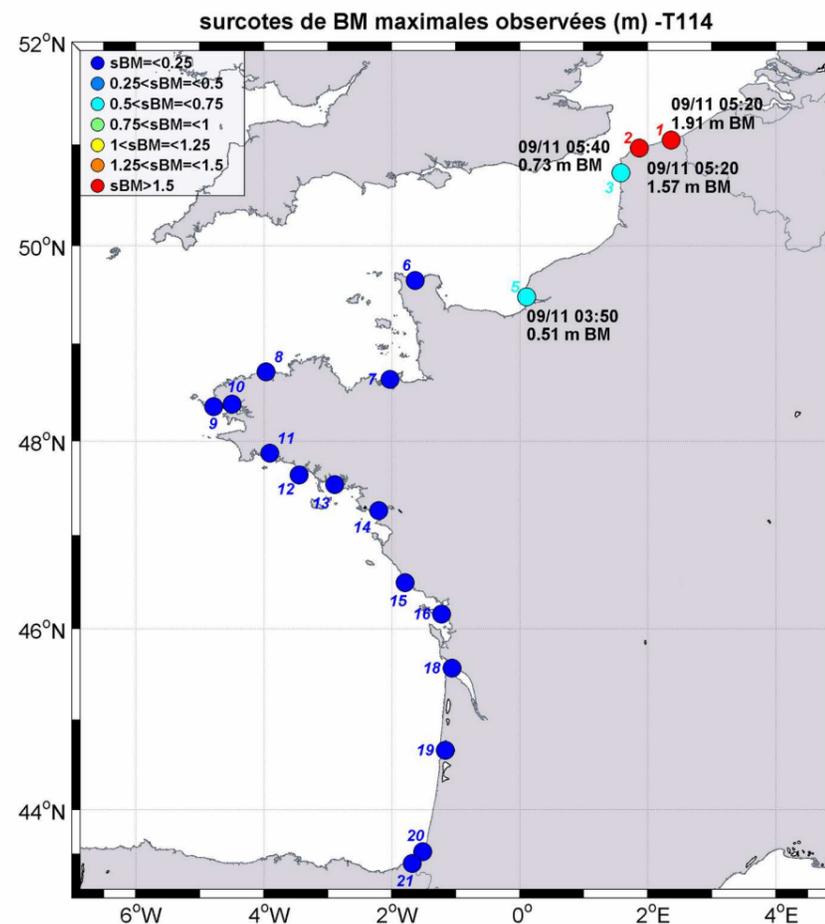
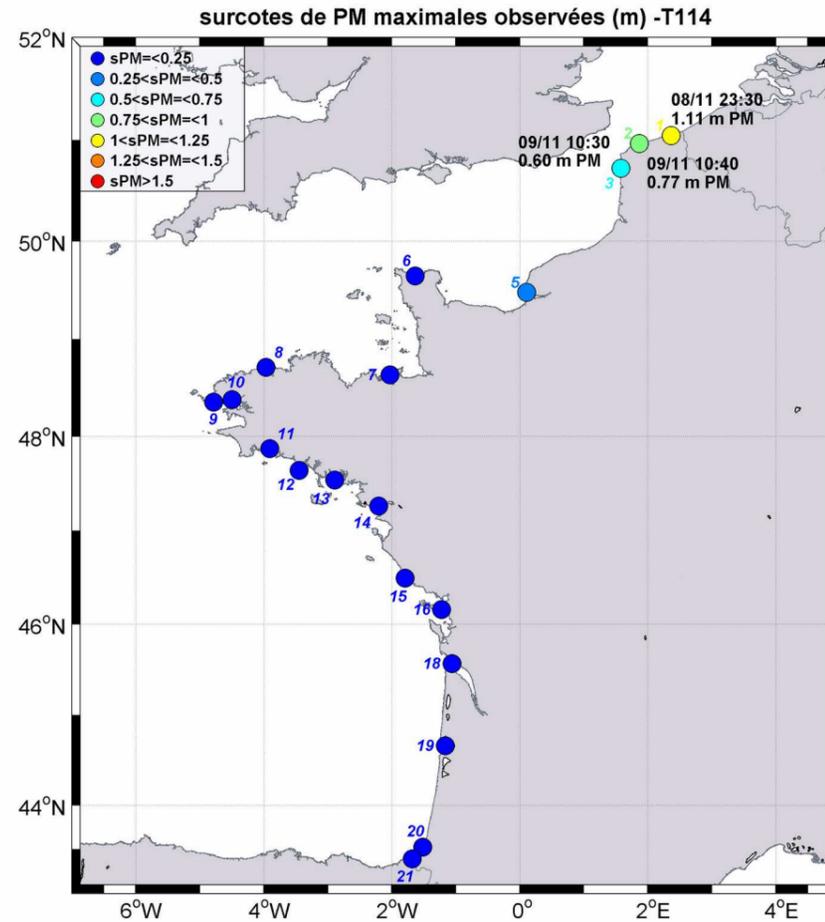
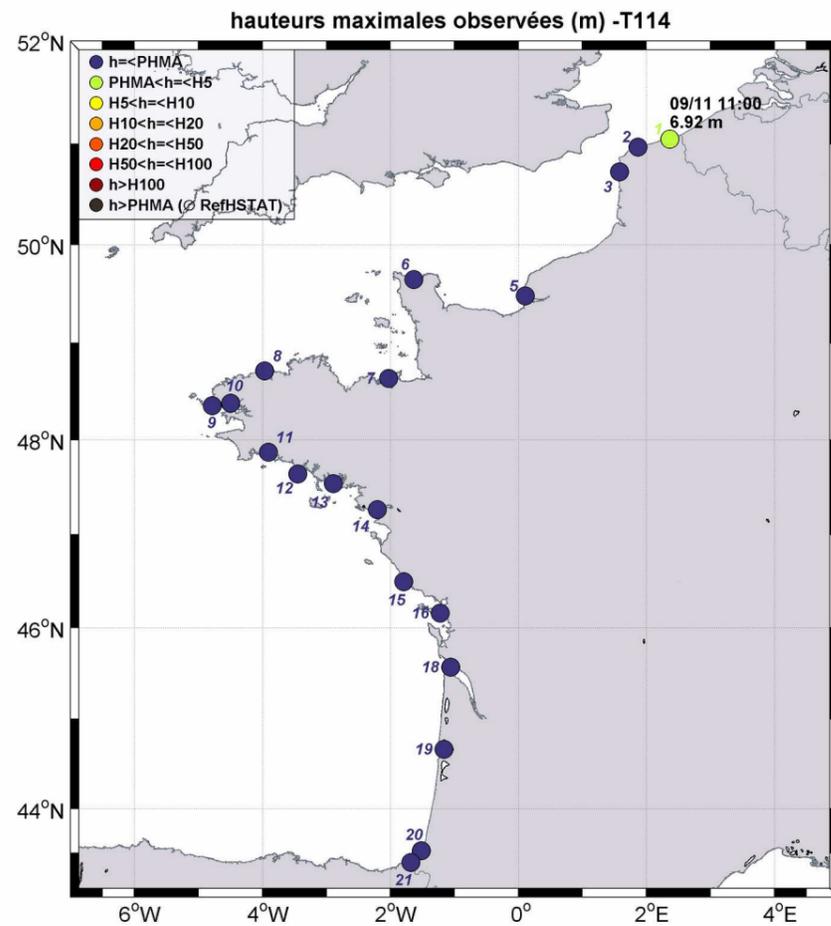
**Figure 9:** A gauche : hauteurs maximales observées ; au milieu : surcotes de PM (haut) et BM (bas) maximales observées ; à droite: séries de surcotes instantanées associées (en couleur) et hauteurs de marée prédites (en gris).

**Evènement du 11 au 13 janvier 1978 (à rapprocher de XAVER) : synthèse graphique de l'analyse des observations marégraphiques sur la période du 10 au 14 janvier 1978.**



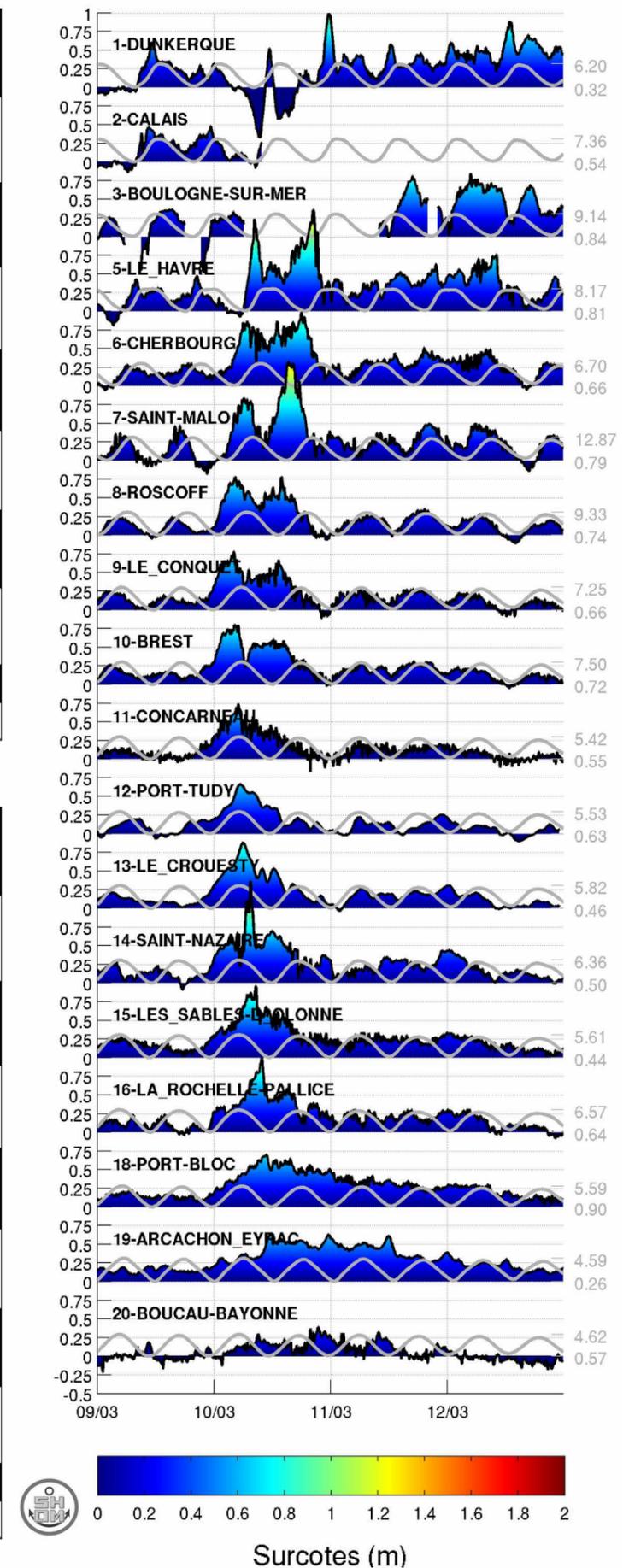
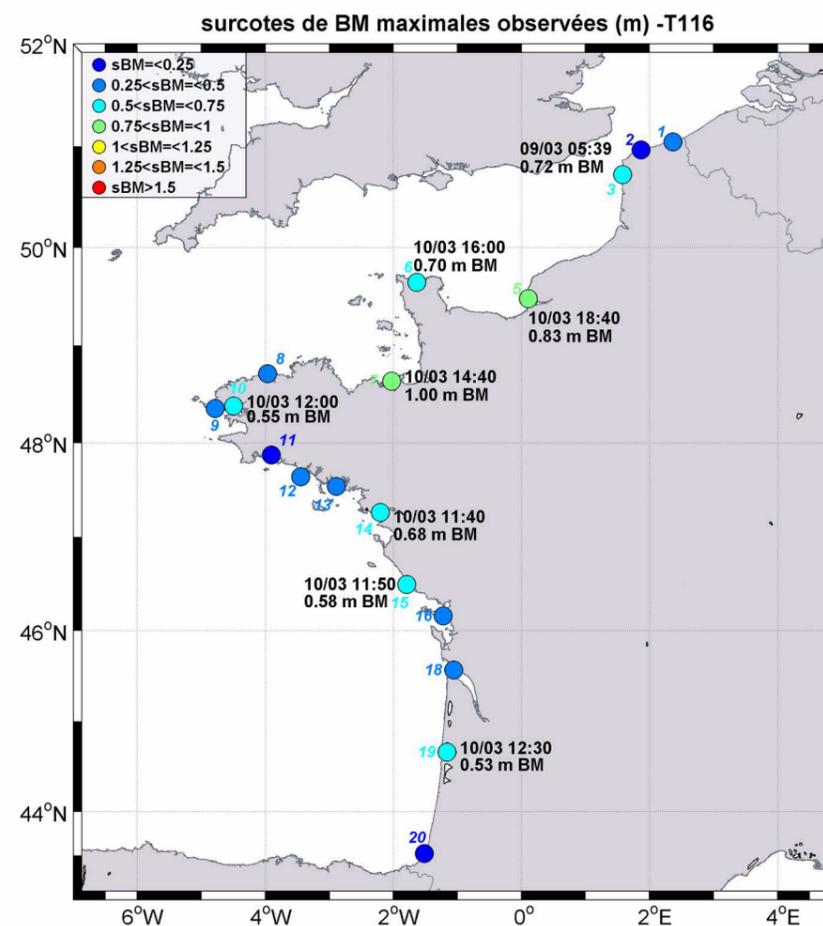
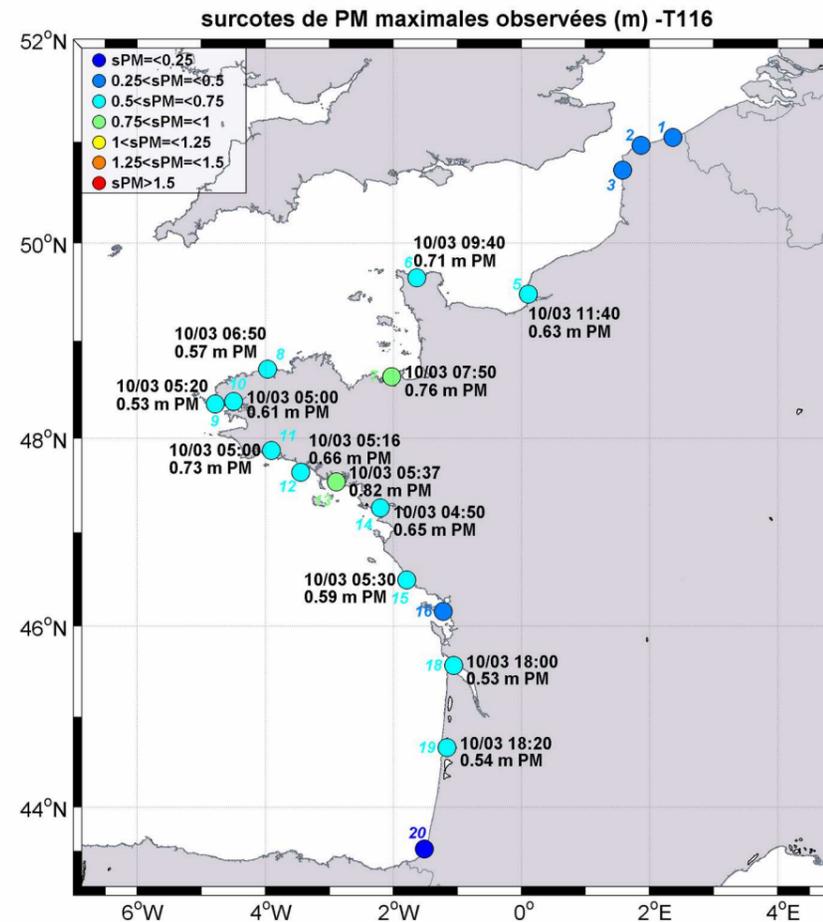
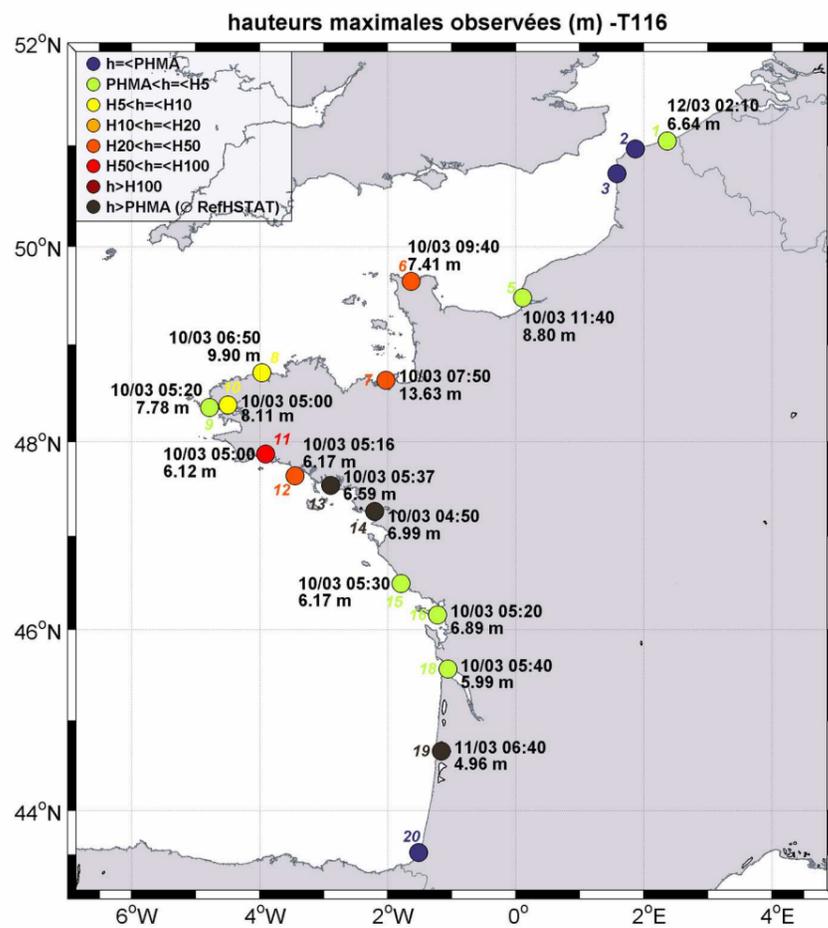
**Figure 10:** A gauche : hauteurs maximales observées ; au milieu : surcotes de PM (haut) et BM (bas) maximales observées ; à droite: séries de surcotes instantanées associées (en couleur) et hauteurs de marée prédites (en gris).

**Evènement du 9 novembre 2007 (à rapprocher de XAVER) : synthèse graphique de l'analyse des observations marégraphiques sur la période du 8 au 10 décembre 2007.**



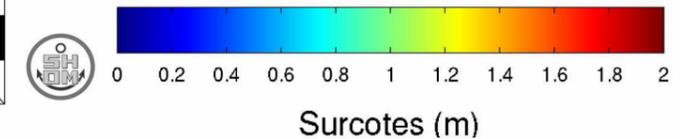
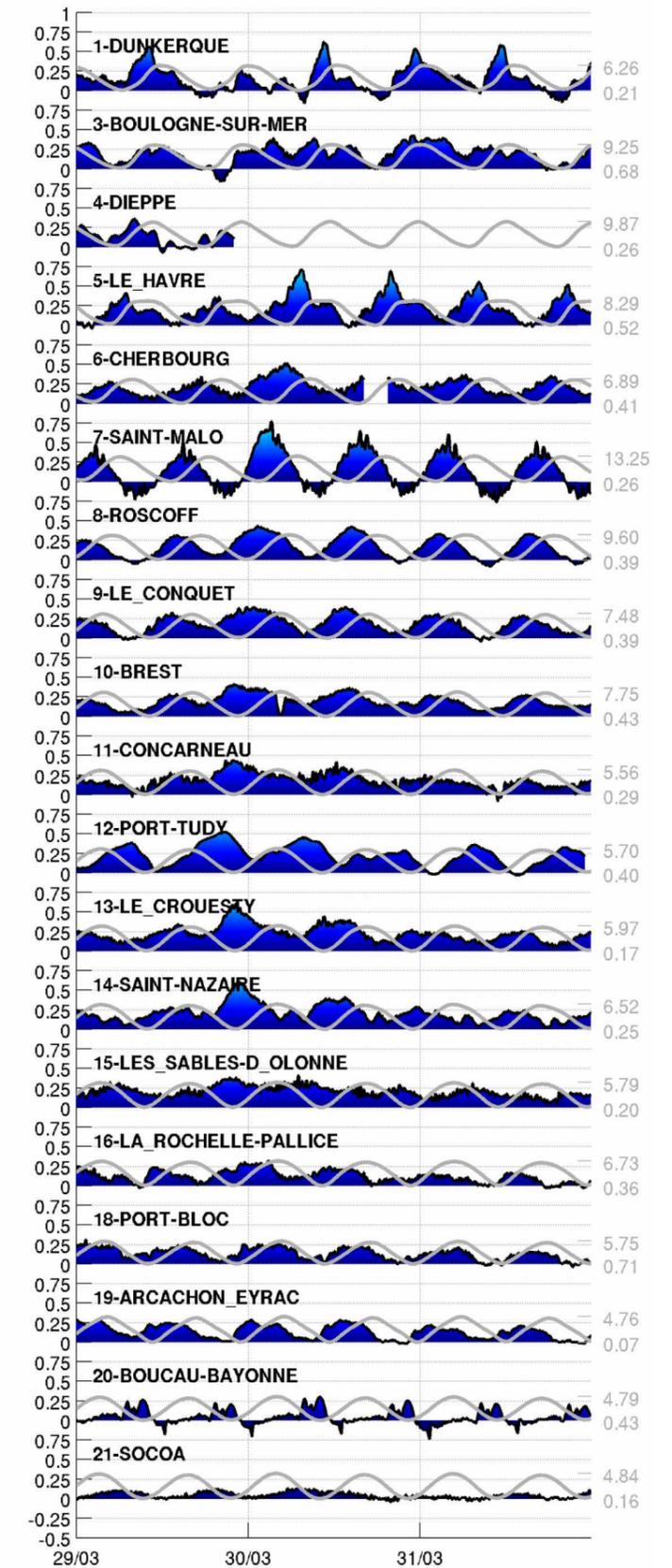
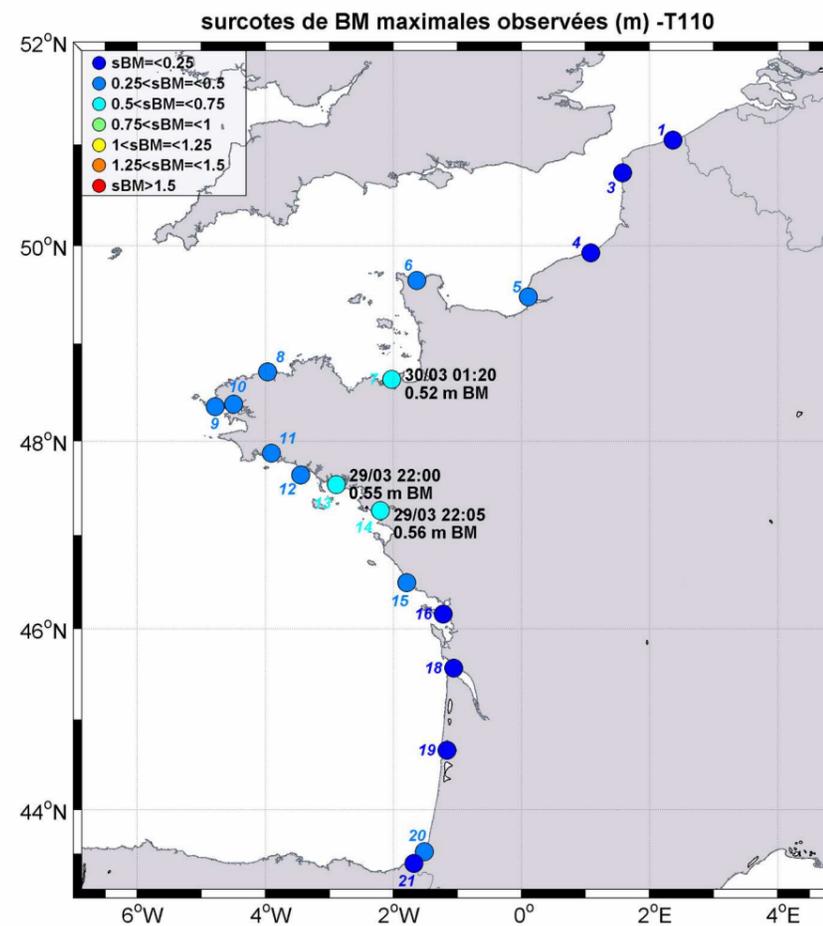
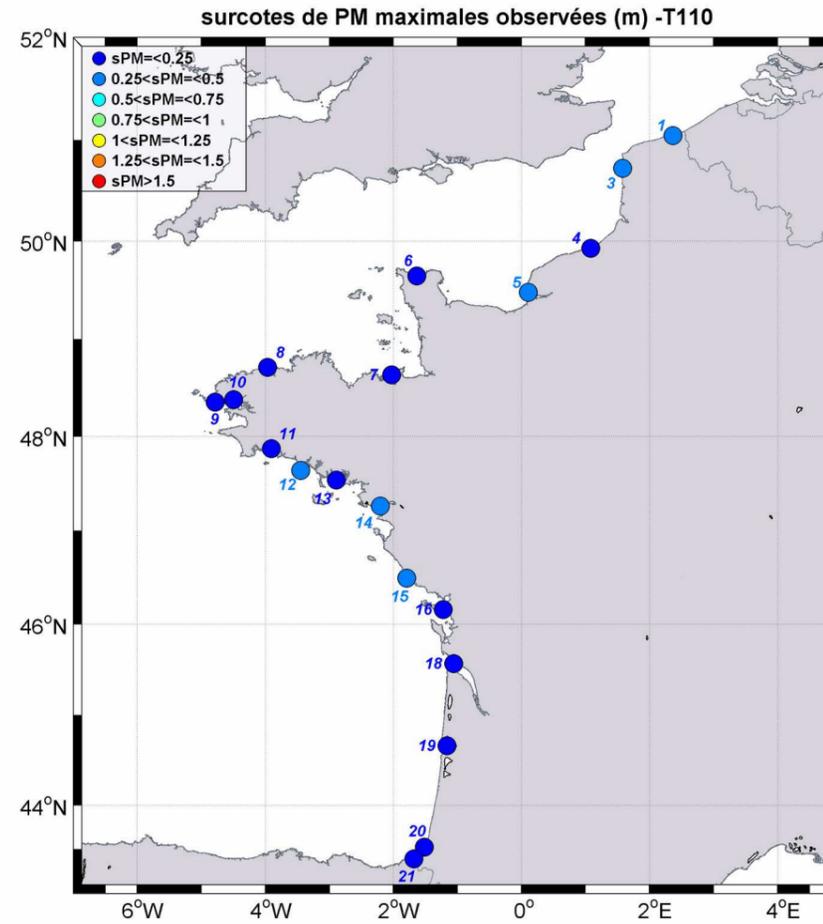
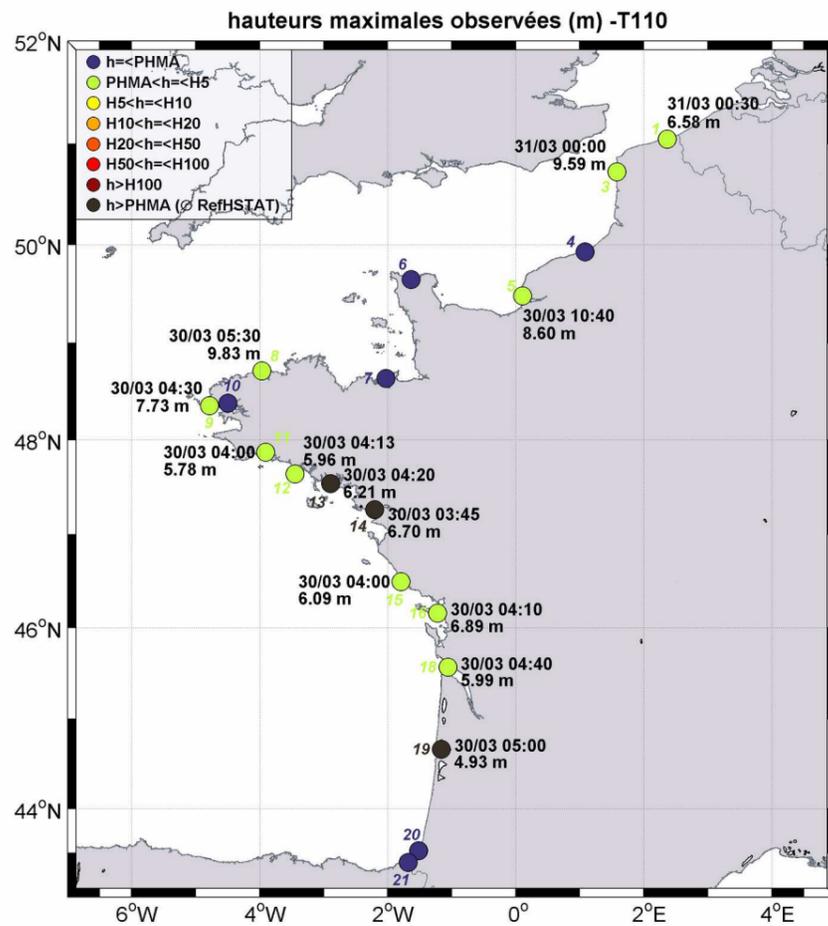
**Figure 11:** A gauche : hauteurs maximales observées ; au milieu : surcotes de PM (haut) et BM (bas) maximales observées ; à droite: séries de surcotes instantanées associées (en couleur) et hauteurs de marée prédites (en gris).

**Evènement du 10-11 mars 2008 (à rapprocher de SANSNOM1) : synthèse graphique de l'analyse des observations marégraphiques sur la période du 9 au 12 mars 2008.**



**Figure 12:** A gauche : hauteurs maximales observées ; au milieu : surcotes de PM (haut) et BM (bas) maximales observées ; à droite: séries de surcotes instantanées associées (en couleur) et hauteurs de marée prédites (en gris).

**Evènement du 30 mars 2006 (à rapprocher de SANSNOM1) : synthèse graphique de l'analyse des observations marégraphiques sur la période du 29 au 31 mars 2006.**



**Figure 13:** A gauche : hauteurs maximales observées ; au milieu : surcotes de PM (haut) et BM (bas) maximales observées ; à droite: séries de surcotes instantanées associées (en couleur) et hauteurs de marée prédites (en gris).



Service hydrographique  
et océanographique  
de la marine

Adresse postale civile

13, rue du Chatellier  
CS 92803  
29228 BREST

Contact

[mip-sec@shom.fr](mailto:mip-sec@shom.fr)  
02.98.37.79.05

