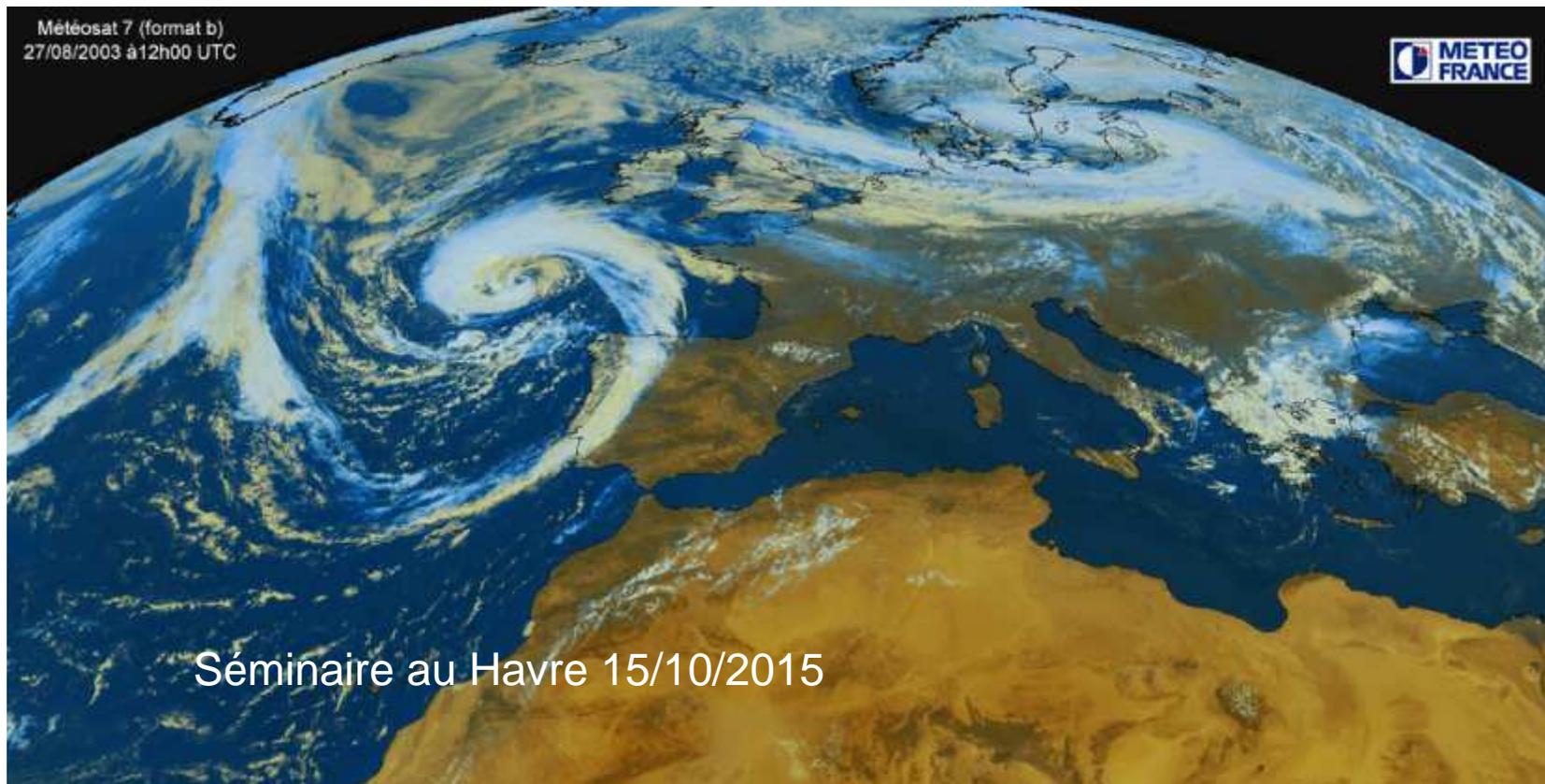


Risque de submersion marine extrême en Bretagne (projet Vimers)



Hervé Le Cam Météo France Rennes

Objectifs Vimiers : Evaluer le risque de submersion extrême en Bretagne

- But : tirer profit du passé pour mieux appréhender l'avenir
- Partie 1 - Recenser les événements tempétueux du passé, les documenter, les classer
- Partie 2 - En rejouer un certain nombre avec les outils de modélisation modernes
- Partie 3 - Déplacer certains événements à une date de grandes marées et recalculer les vagues et les surcotes
- Partie 4 - Envisager la tempête extrême en évaluer les vagues et les surcotes

- Zone concernée : Bretagne élargie (Cotentin)
- Projet partenarial 2011/2014

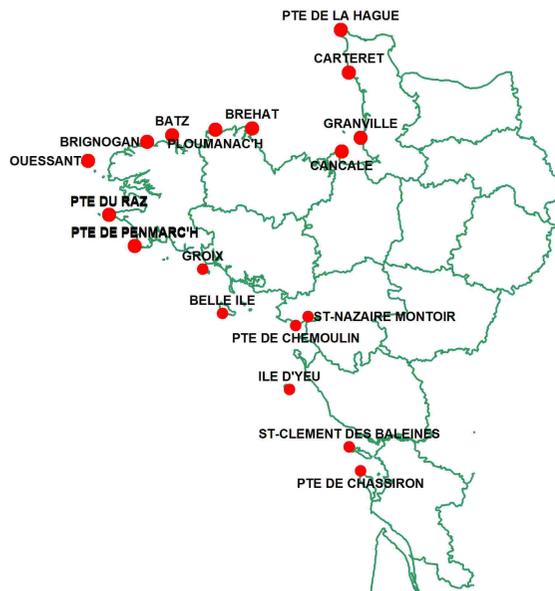


Et suivi aussi par IRSN et EDF R te D (Chatou)

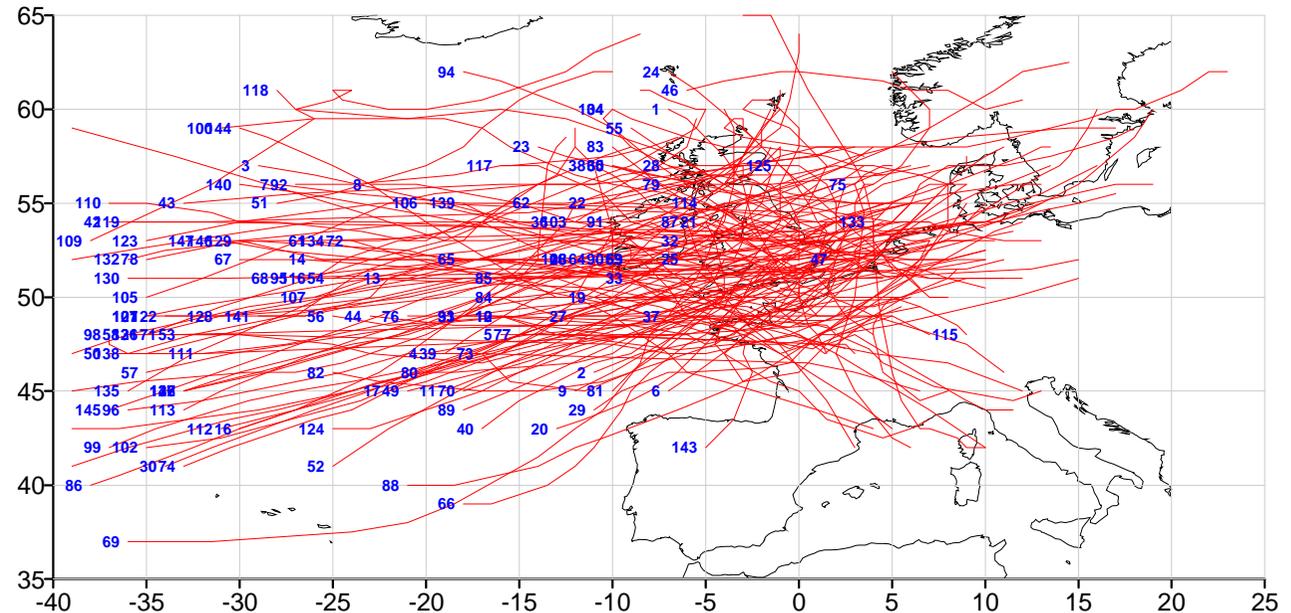


Partie 1 - Recenser les événements du passé

Sémaphores retenus



Trajectoires de tous les événements tempêtes étudiés



Essayer d'identifier plusieurs groupes

- bien « **distincts** » entre eux
- composés chacun de tempêtes « **semblables** »

⇒ aide au choix d'événements tempêtes **typiques** et **atypiques**
pour les tests de modélisation ultérieurs

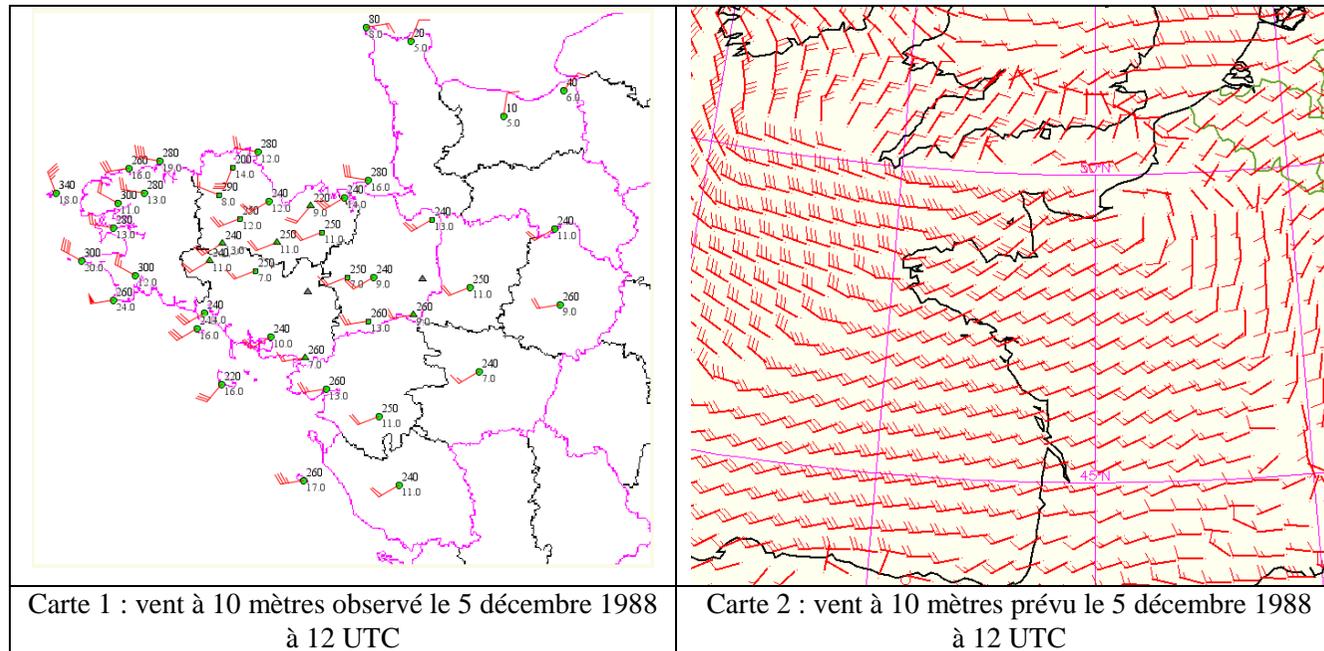
⇒ aide à la caractérisation des tempêtes anciennes par la recherche du meilleur analogue

25 épisodes sélectionnés sur 150 (1979/2011) et rejoués avec les outils de modélisation actuels

Classes	Evénements	Motivation
4	05/12/1988 (107)	Centre classe
1	08/02/1990 (113)	Centre classe
3	24/03/1992 (47)	Centre classe
2	07/12/1992 (123)	Centre classe
7	03/01/1998 (136)	Centre classe
5	13/02/2005 (79)	Centre classe
6	26/02/2010 (89)	Centre classe
4	13/02/1972 (12)	12 B
4	07/02/1996 (95)	12 et 11 B
3	20/02/1996 (133)	anticyclone
2	06/11/2000 (141)	Longueur (durée)
7	10/01/1993 (51)	PC_tot* minimale
5	26/02/1989 (38)	Pzmin* basse, plus de vent côte N que S
5	20/12/1991 (46)	Pzmin élevée, PC_tot faible
5	25/05/1989 (108)	Pzmin minimale
1	23/11/1984 (30)	rapidité
6	06/07/1969 (10)	dégâts
6	15/10/1987 (9)	dégâts
6	03/02/1990 (2)	dégâts
1	26/12/1999 (4)	dégâts "Lothar"
2	10/03/2008 (7)	dégâts "Johanna"
5	23/01/2009 (85)	dégâts "Klaus"
4	27/12/1999 (5)	dégâts "Martin"
1	09/05/2009 (86)	dégâts "Quinten"
2	09/12/2007 (8)	dégâts vagues fortes
6	28/02/2010 (6)	dégâts "Xynthia"
1	16/12/2011 (93)	"Joachim" (PEARP suggère des conditions plus extrêmes)

Échantillon représentatif des phénomènes extrêmes
Dirk 23/12/2013 ajouté à la liste

Partie 2 - Rejeu de situations de référence



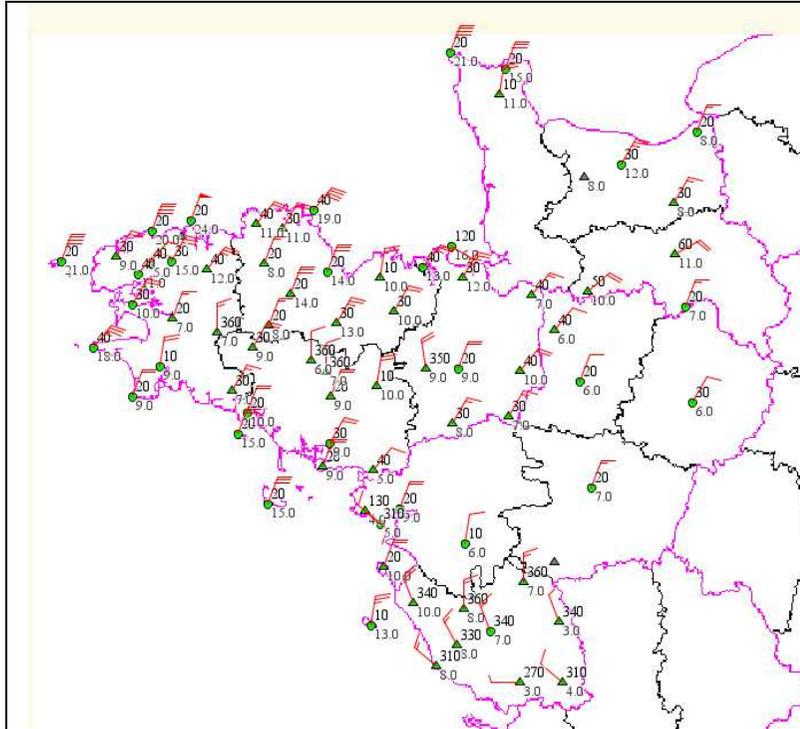
Rejeu : création de fichiers de forçage vent et Pmer horaires propres à chaque tempête (H-72h) à l'aide d'un modèle météorologique adapté que l'on lance sur des situations historiques (sur la base de réanalyses)

Validation : vérifier que cette simulations correspondent bien à la réalité

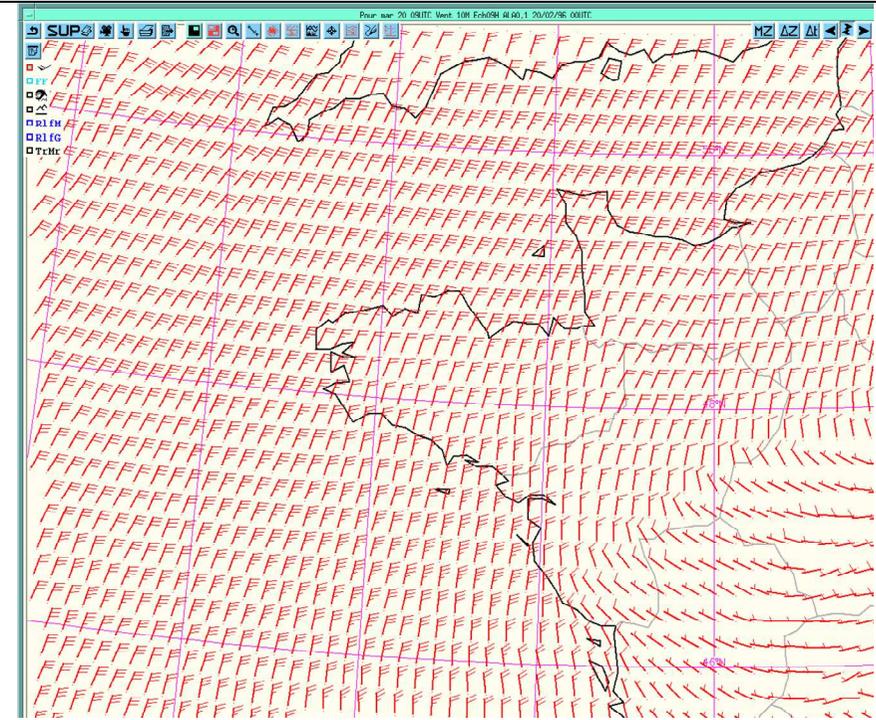
Si les forçages météo sont bons, on peut ensuite simuler vagues et surcotes marines de ce jour là

Bilan positif : la plupart des simulations validées (sauf 15/10/1987 et 26/12/1999) mais le vent est parfois sous estimé (utilisation du vent modèle à 50 ou 100m « comme » vent à 10m)

Exemple : Cas de février 1996 – rejeu de vagues



Carte 2 : vent à 10 mètres observé le 20 février 1996
à 09 UTC



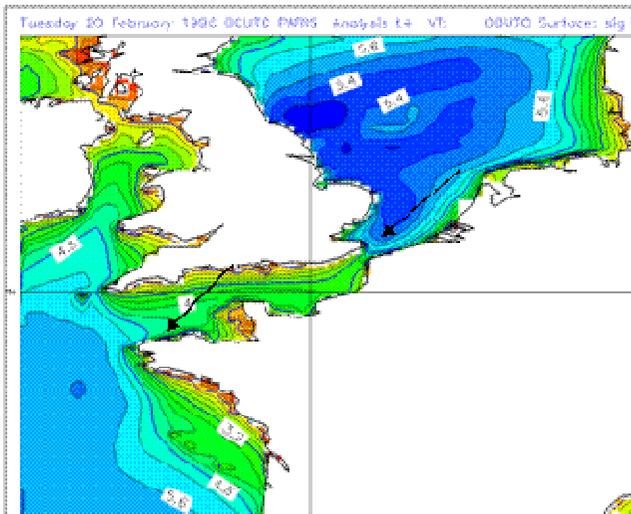
Carte 3 : vent à 10 mètres prévu le 20 février 1996
à 09 UTC

Rappel : vents et Pmer horaires réalistes disponibles maille 10km

Exemple : Cas de février 1996 – rejeu de vagues

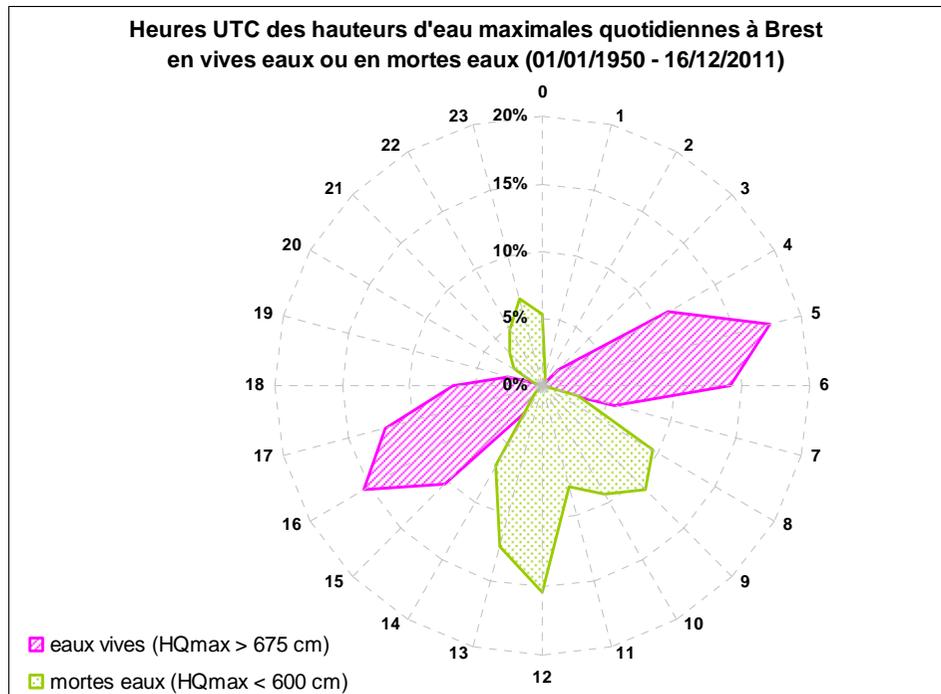
Les vagues du 20/02/1996

Vent nord-est 35 à 45 nœuds pendant 24h et plus : rejeu avec MFWAM 0.1°

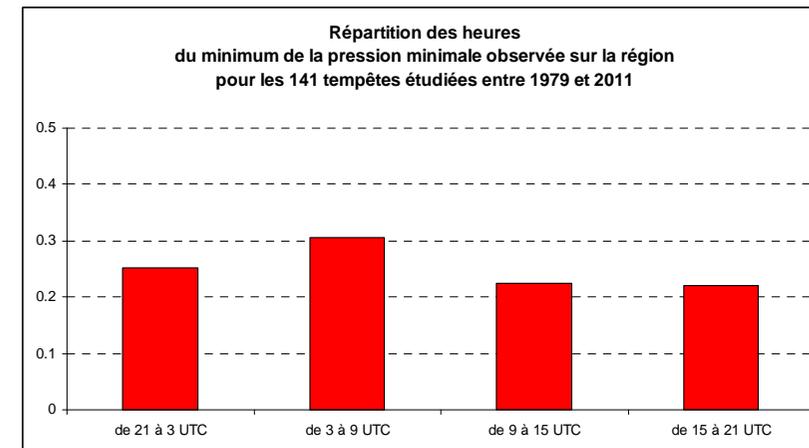


Partie 3 - Rejeu de surcotes

- **Cas réel** : on rejoue la surcote associée à une tempête passée (et on valide avec les observations de marégraphes disponibles)
- **Cas fictif** : on prend une tempête réelle (forçage météo) et on la fait passer un jour de grande marée avec impact maxi à marée haute si possible



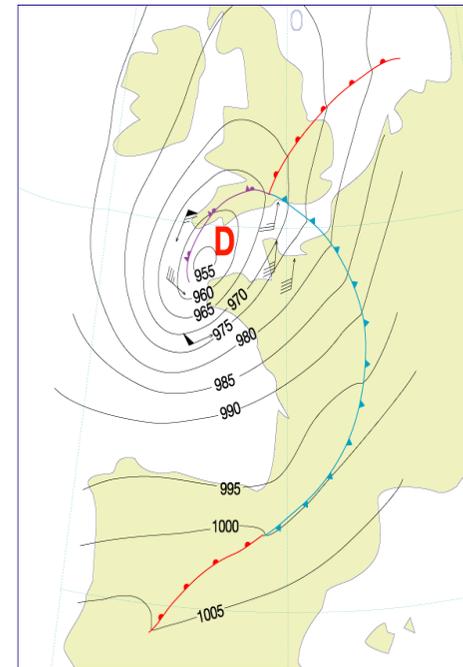
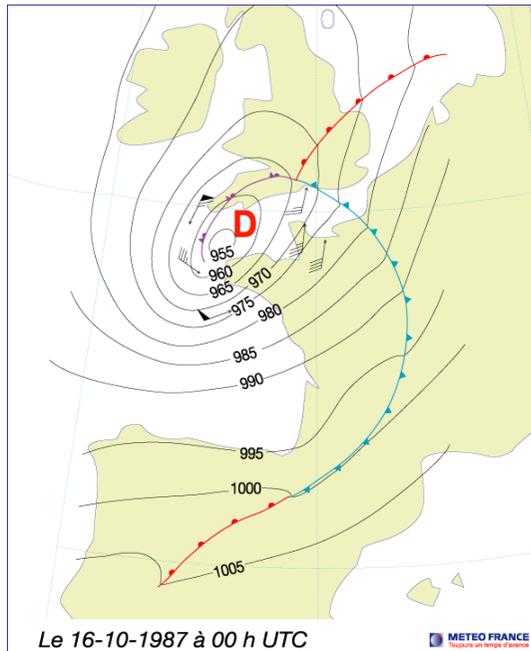
Les pleines mers de vives eaux sont à heure fixe!



Indépendance :

- Entre heure et passage tempête
- Entre occurrence de tempête et coefficient de marée

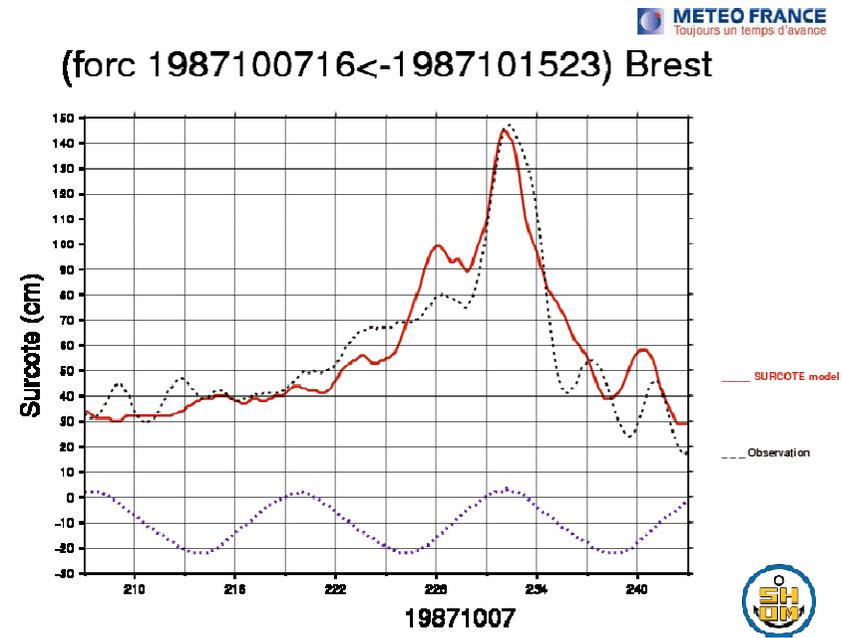
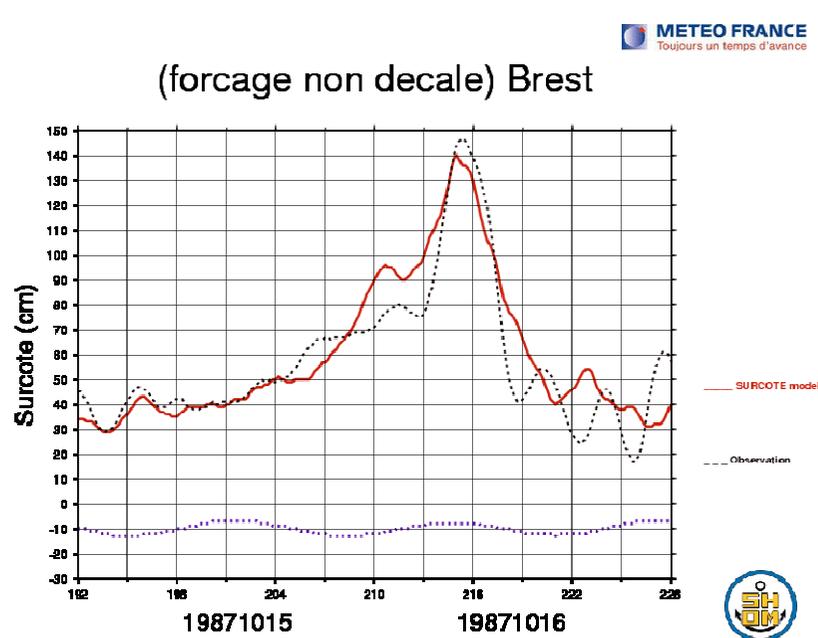
Rejeu de situation (à partir de la PEARP)



Le 07/10/1987 à 18h

Fichiers de forçage vent et Pmer sont « renommés » pour caler à la marée réelle du 07/10/1987 (coef 105 contre 25 le 16/10)
Plusieurs simulations de surcotes sont souvent nécessaires pour faire coïncider Le pic avec la pleine mer de vives eaux (décalage temporel de la marée).

15 octobre 1987



*Brest, simulation de surcotes HYCOM pour la tempête du 15/10/1987
pas de décalage à gauche (coefficient de 25), rejeu décalé le 07/10/1987 à droite (coefficient de 106)*

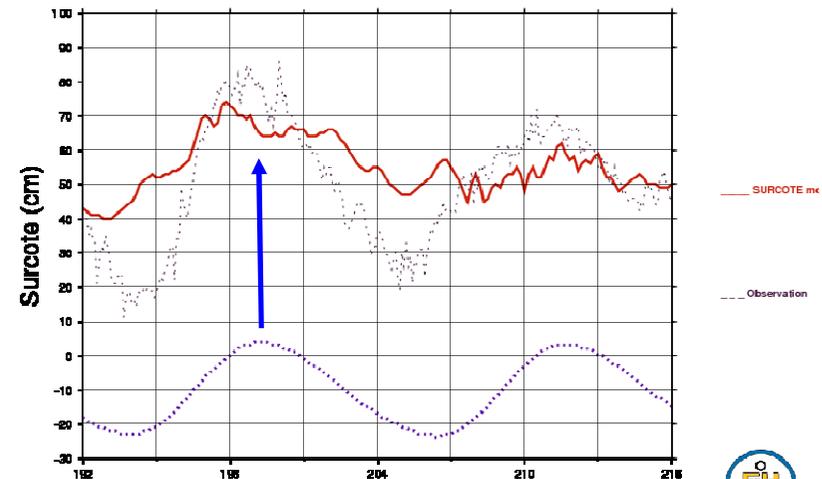
L'allure de la surcote est peu modifiée à Brest mais son impact virtuel est beaucoup plus important (hauteur atteinte = PHMA+1m!!!)
Ces hauteurs d'eau sont modélisées sur l'ensemble de la côte...

Exemple tempête Dirk 23/24 décembre 2013 (coef 61) rejouée le 03/01/2014 (coef 114)

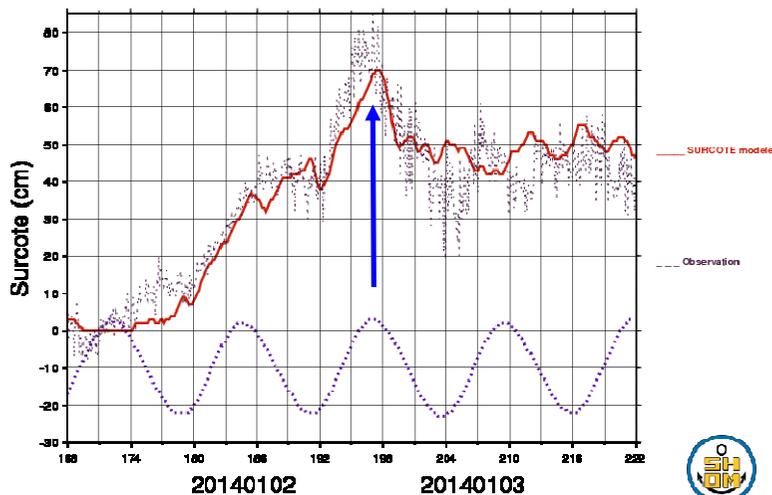
En Atlantique, on modifie peu la surcote quand on force la marée.



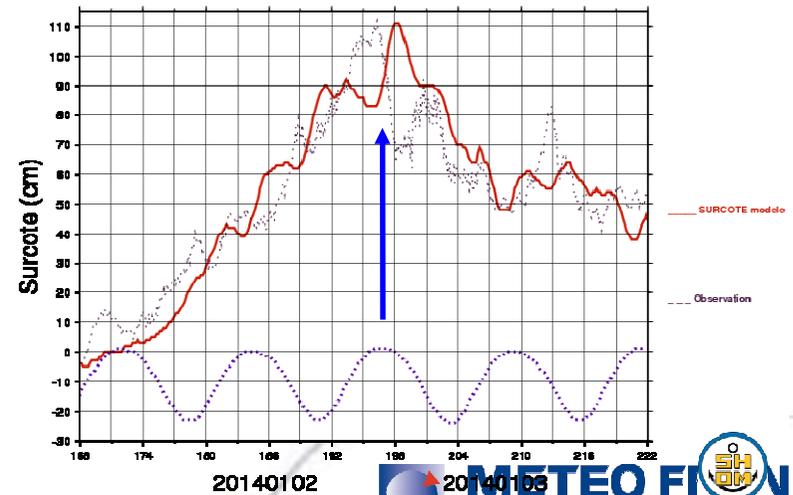
(forc 2014010306<-2013122400) St Malo



(forc 2014010306<-2013122400) Le Conquet



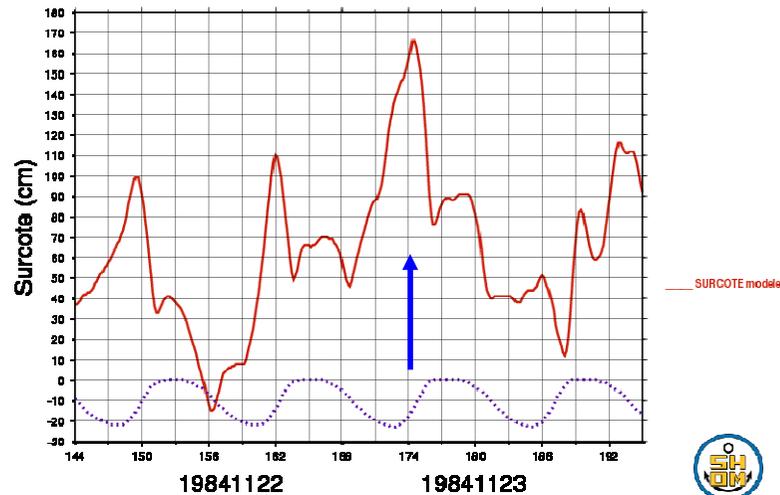
(forc 2014010302<-2013122400) St-Nazaire St Brevin



Tempête 23 novembre 1984

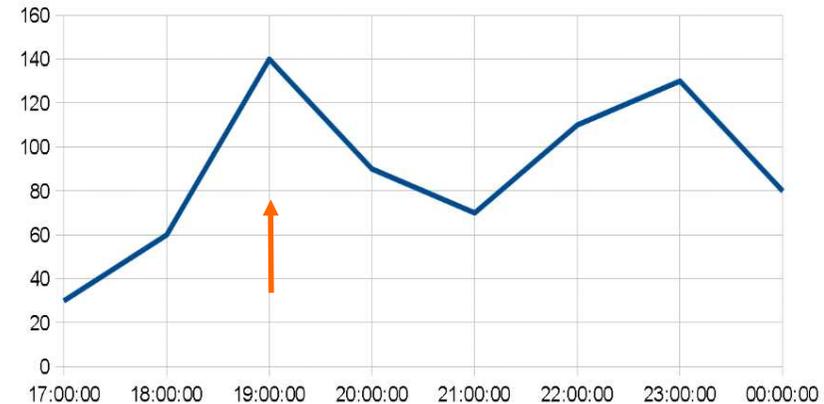
METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

(forçage non decalé) Le Havre



modélisation

Surcote au Havre le 23 novembre 1984, en cm, heures UTC



Observations (coef 102)

En Manche, c'est localement plus compliqué, par fort coefficient et situation tempétueuse, la surcote maximale se produit le plus souvent à mi marée montante : impossible de faire coïncider cette surcote maximale avec la pleine mer.

Ce phénomène est reproduit par le modèle Hycom.

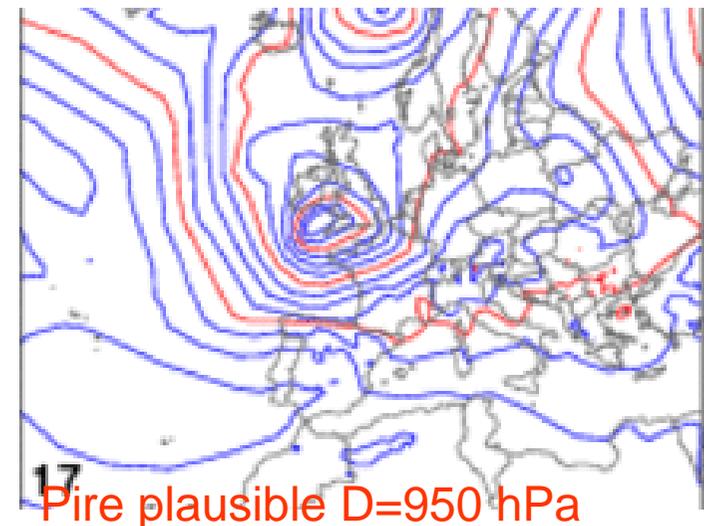
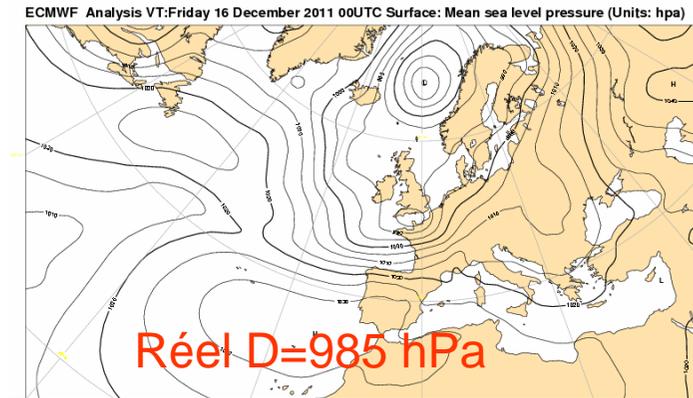
Donc ne pas confondre surcote maximale et surcote de pleine mer...

Partie 4 - Tempêtes extrêmes fictives plausibles

- Exemple de la tempête Joachim (14-16 décembre 2011) :

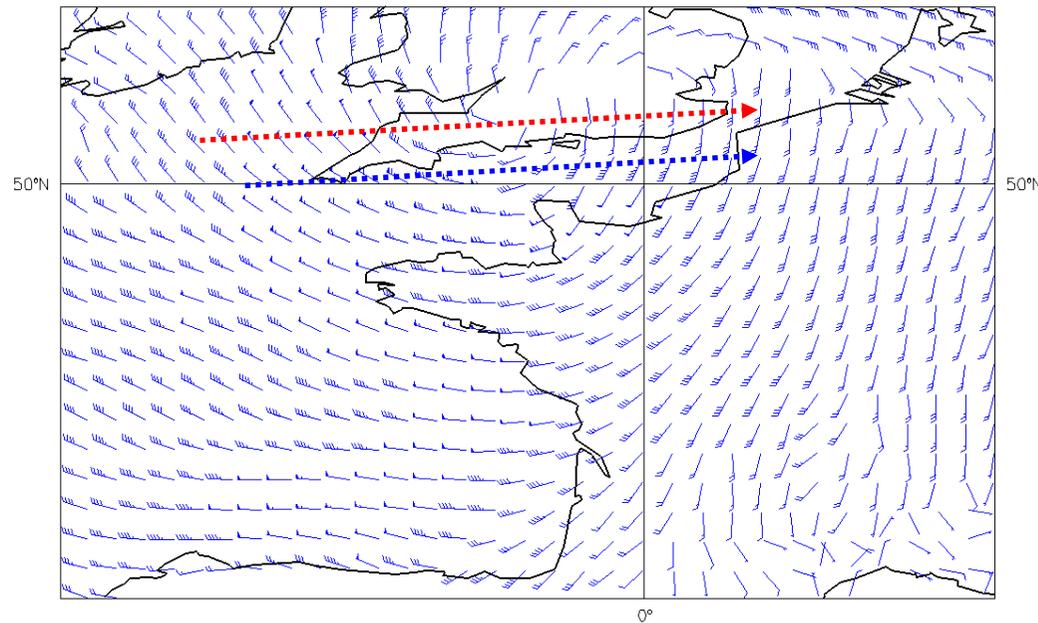
On utilise ici les prévisions d'ensemble : qui sont des simulations météo balayant l'ensemble des horizons possibles un jour et une heure donnée

Il suffit de sélectionner les pires champs de forçages pour avoir une idée de la pire tempête plausible (cela revient à mettre tous les curseurs Vent et Pression mer « à fond » pour s'en servir afin de calculer les impacts (vagues et surcotes)



Tempête virtuelle : 16/12/2011

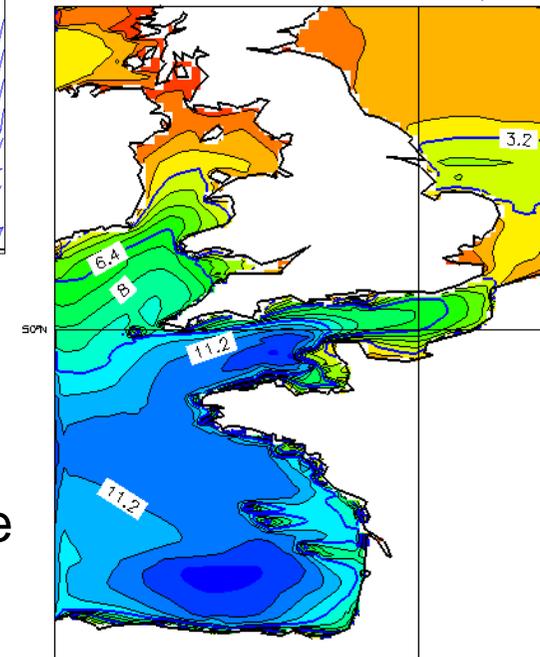
PEARP024 Run : 2011121418 Ech : 42



Virtuelle 955 hPa Réelle 985 hPa

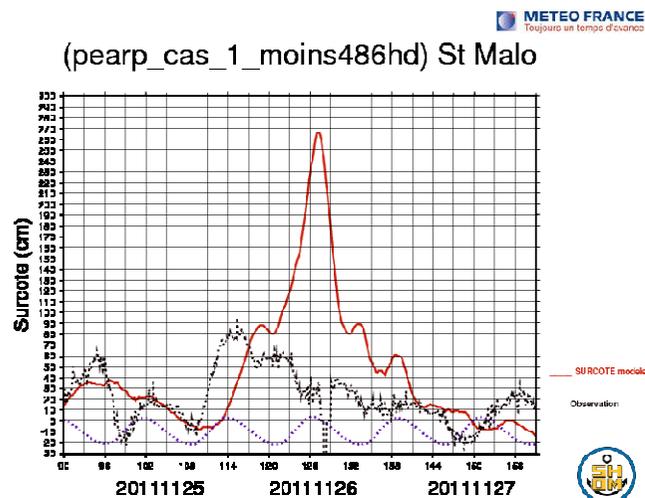
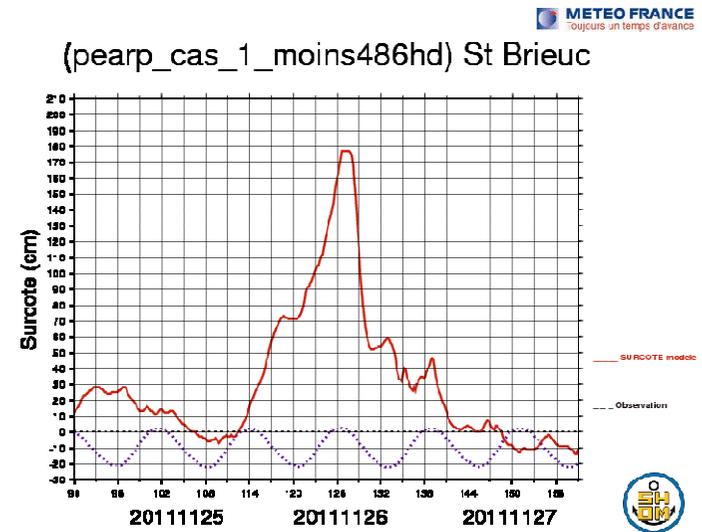
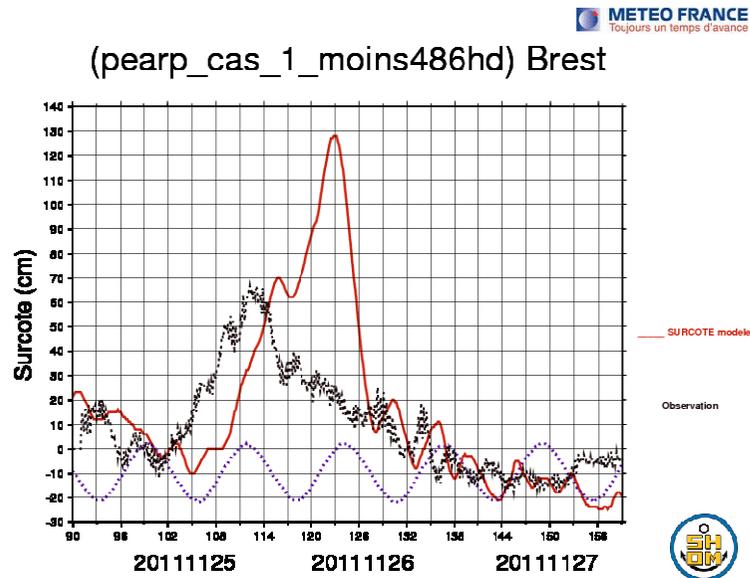
Vents d'ouest 70 nœuds
en Manche!

Friday 16 December 2011 15UTC PARIS Analysis t+



Vagues virtuelles énormes en Manche
Ouest (13m de H1/3 !!!) et sud Golfe
Gascogne...

Tempête virtuelle : 16/12/2011 surcotes



Surcote PM : 1.1m à Brest, 1.6m à St Brieuc, 2.5m à St Malo, 1.5m au Crouesty (coef 102 le 26/11/2011) Et vagues énormes en Manche...

Tempête très violente virtuelle (mais réaliste) et forte marée virtuelle...Tous les curseurs sont au maximum...

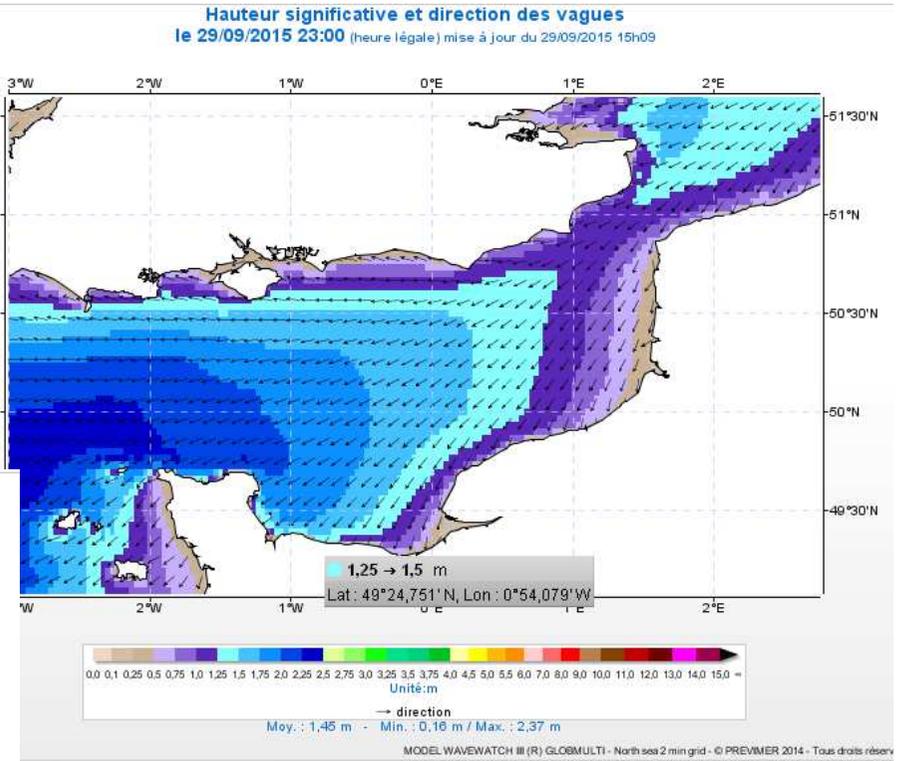
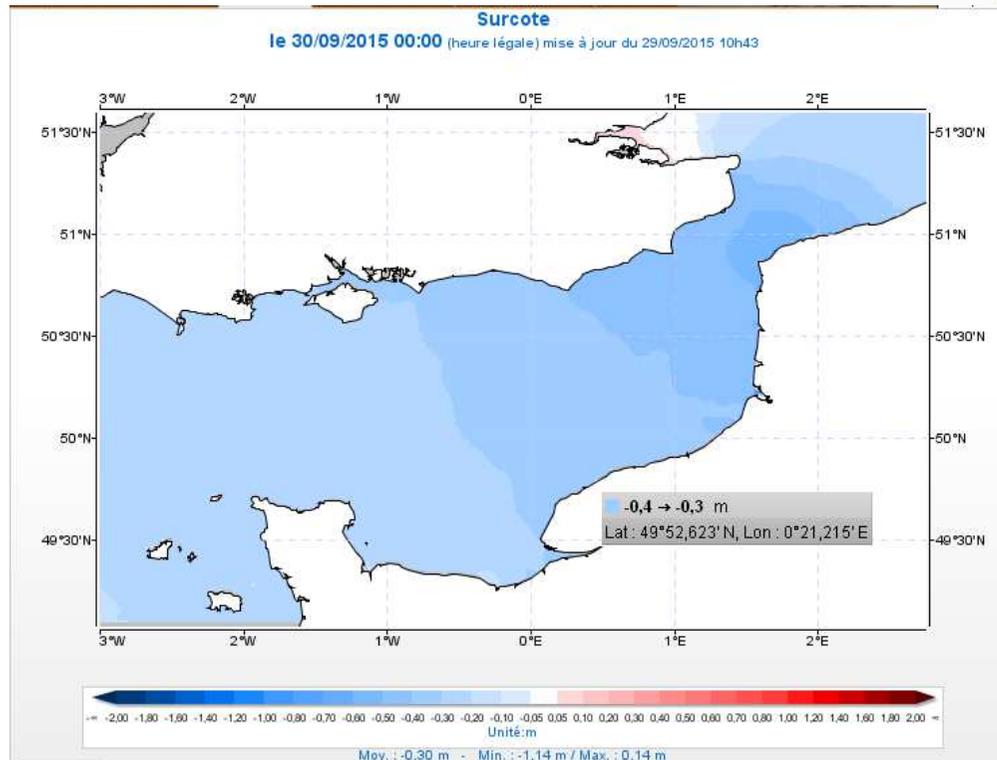
Tempête virtuelle : 16/12/2011 surcotes

SITE	PHMA	SURCPM	HTOT_X	MAREEX
	(CM)	(CM)	(CM)	(CM)
Dunkerque	648	109	739	630
Calais	789	108	870	762
Boulogne-sur-me	948	154	1073	919
Dieppe	1011	198	1161	963
Le Havre	856	227	1053	826
Cherbourg	715	113	791	678
Mont St Michel	1486	344	1706	1362
St Malo	1355	248	1508	1260
Le Légué Bouée	1266	172	1358	1186
Morlaix	982	98	1024	926
Roscoff	980	81	1010	929
Le Conquet	769	83	810	727
Brest	793	112	859	747
Douarnenez	745	105	805	700
Audierne	593	67	618	551
Concarneau	574	91	629	538
Lorient Port	579	101	643	542
Le Crouesty	610	147	722	575
St-Nazaire St B	659	206	813	607
Les Sables d Ol	593	109	664	555

Conclusion Vimers

- Travail multi-partenarial (SHOM, DREAL, Conseil Régional, CEREMA...)
- Une meilleure connaissance du risque de submersion extrême mais il est difficile d'associer une durée de retour aux événements fictifs
- Si le forçage météo est bon, les surcotes et vagues peuvent être très bien re-simulées (Hycom très performant, MFWAM sans doute aussi).
- Beaucoup de travaux réutilisables hors des côtes bretonnes (trajectoires, fiches tempêtes, tempêtes anciennes...)
- **Toutes les contributions accessibles sur le site Dreal Bretagne**
- Dont les fiches tempêtes (150 sur 1979/2014 et 15 tempêtes anciennes 1890/1948) et les 7 rapports d'étude techniques...
- La connaissance accumulée peut être valorisée par Météo France (Etude faite pour La Baule, en projet pour Noirmoutier, participation Mission CGEDD Baie du Mont St Michel...)

Perspectives pour la Normandie



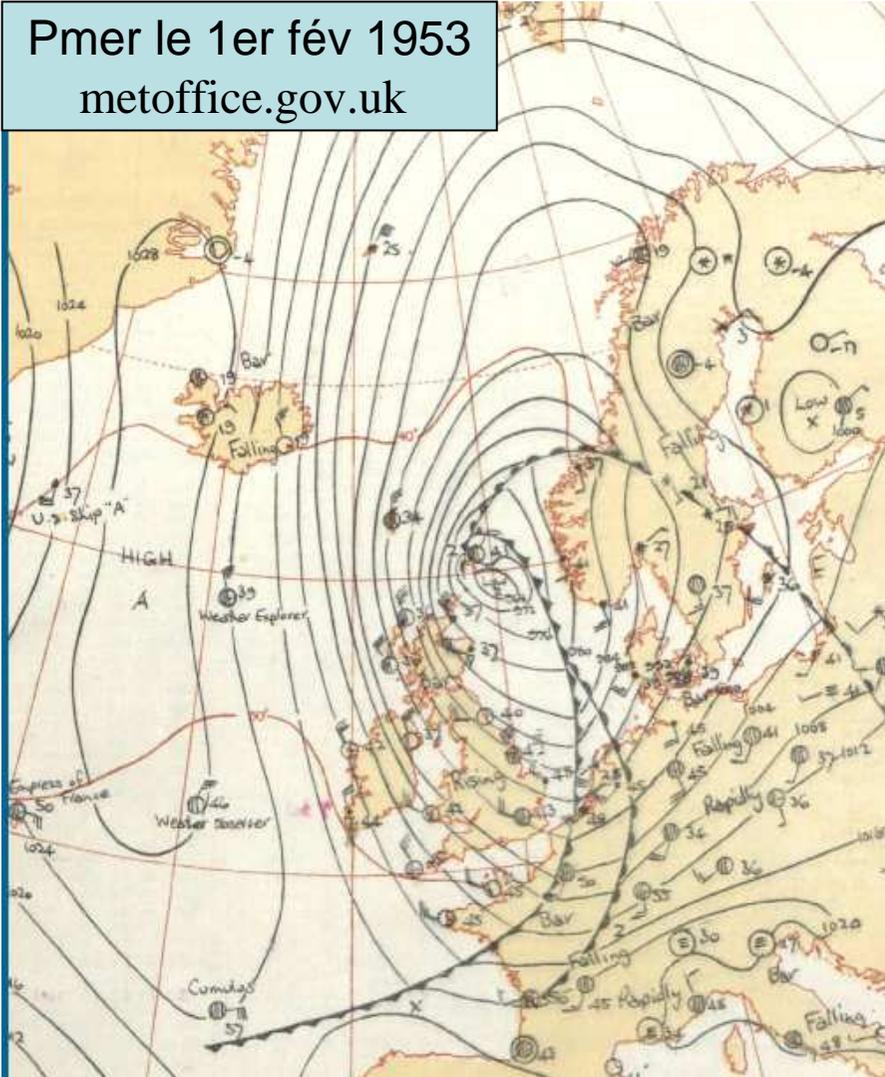
Perspectives pour la Normandie

- Beaucoup de données directement utilisables sur l'Ouest Cotentin
- L'inventaire des tempêtes est sans doute à compléter sur la baie de Seine (même si une bonne partie des situations ayant aussi touché cette zone sont répertoriées)
- Les méthodes Vimers sont reproductibles sur la côte normande (très bon comportement du modèle de surcote Hycom et des modèles de vagues si bons forçages météo)
- L'effet de la marée sur la surcote est manifeste en Normandie (pic de surcote à mi marée montante en cas de forts coefficients) mais peut être bien pris en compte
- La notion de pire tempête plausible est très pédagogique : sans l'associer aux durées de retour, il est important de connaître quel pourrait être la pire submersion pour une zone donnée

Rejeu d'événements extrêmes

Tempête fév 1953 en Mer du Nord

Pmer le 1er fév 1953
metoffice.gov.uk



Rejeu d'événements historiques dans le cadre du projet IncREO.

→ DE Arpege à partie de ERA-Clim, sans blending

→ 1 850 morts en Hollande (Zeeland), 300 en Angleterre, 30 en Belgique

→ Plan Delta pour bâtir des digues en Hollande



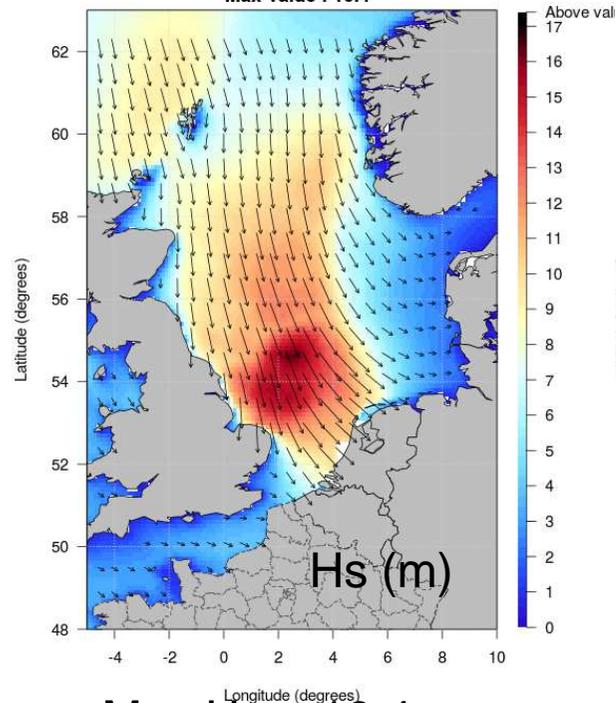
Quelques résultats

Tempête février 1953 en Mer du Nord

Max de surcote
simulée (cm)

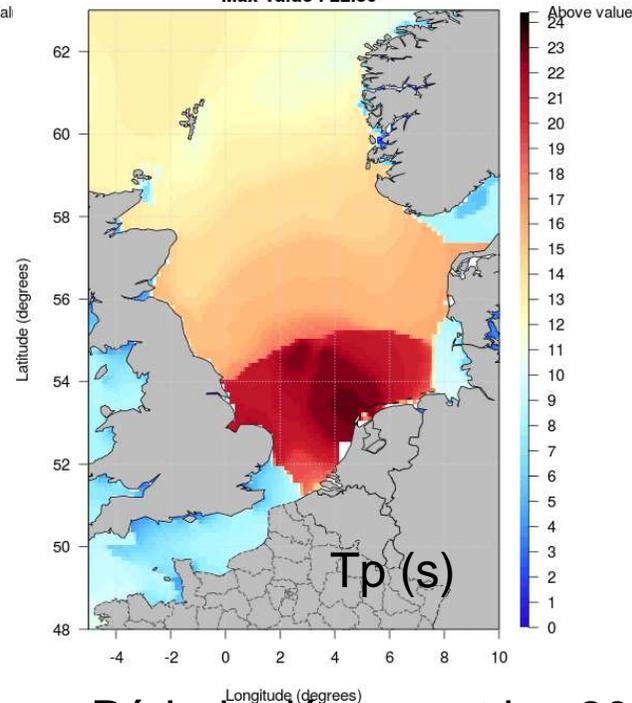
3,20m!!! Obs 3.0)

MFWAM/Down-scaled winds Arpege 1953020100
Significant Wave Heights (m)
Max Value : 16.4



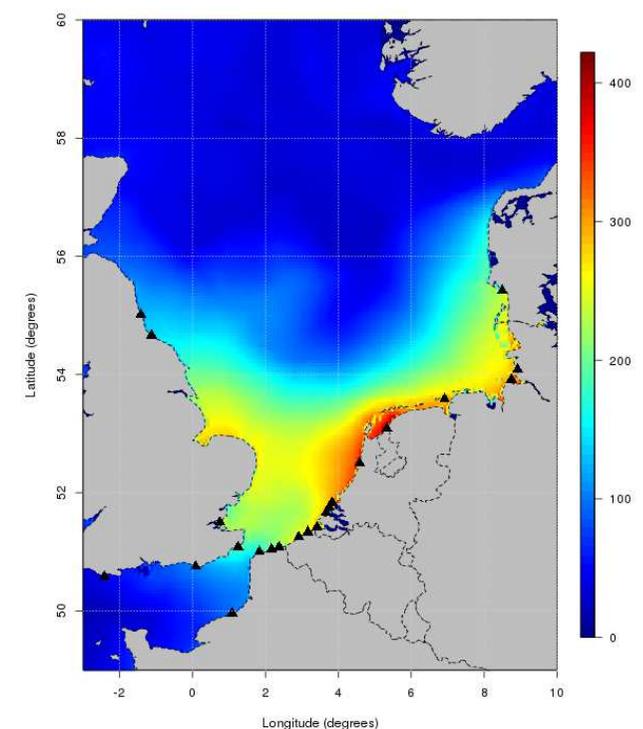
Max Hs = 16,4 m

MFWAM/Down-scaled winds Arpege 1953020100
Peak Wave Periods (s)
Max Value : 22.86



Période dépassant les 20s

Maximal Model Surges (cm) Down-scaled Arpege winds 195301



Le 1er février à 0h : Hs (m) et Tp (s) du rejeu MFWAM
forcé par la DE Arpege depuis ERA-Clim

→ Longue houle très puissante qui a frappé la Hollande

Projet Vimers

Merci pour votre attention

« Effacer le passé, on le peut toujours : c'est une affaire de regrets, de désaveu, d'oubli. Mais on évite pas l'avenir »

Oscar Wilde