

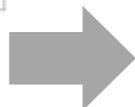
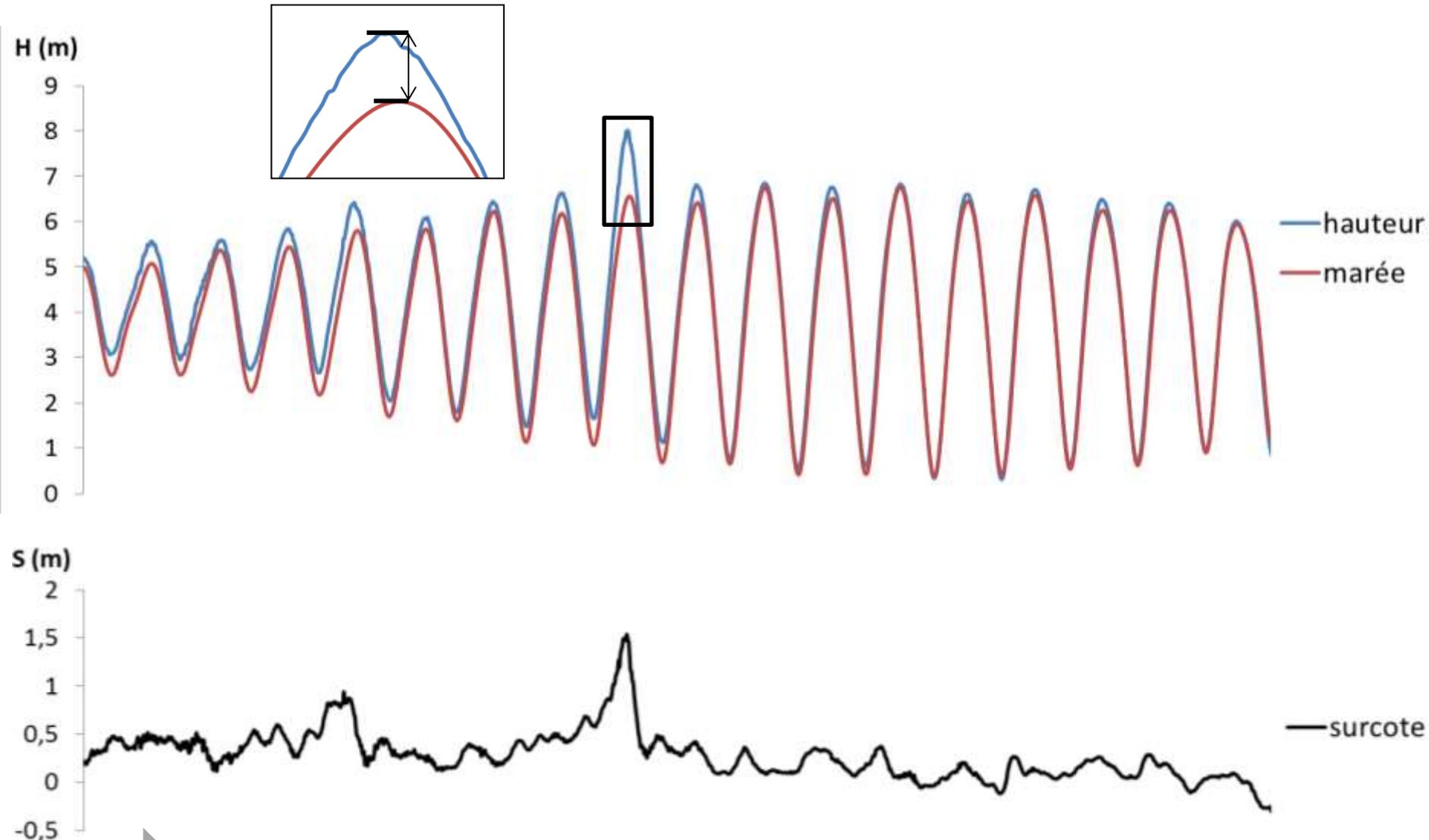
Journées REFMAR, 2-4 février 2016

Introduction à la journée « Surcotes »

Les surcotes marines : phénomènes,
observation, modélisation,
événements extrêmes et enjeux

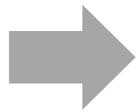
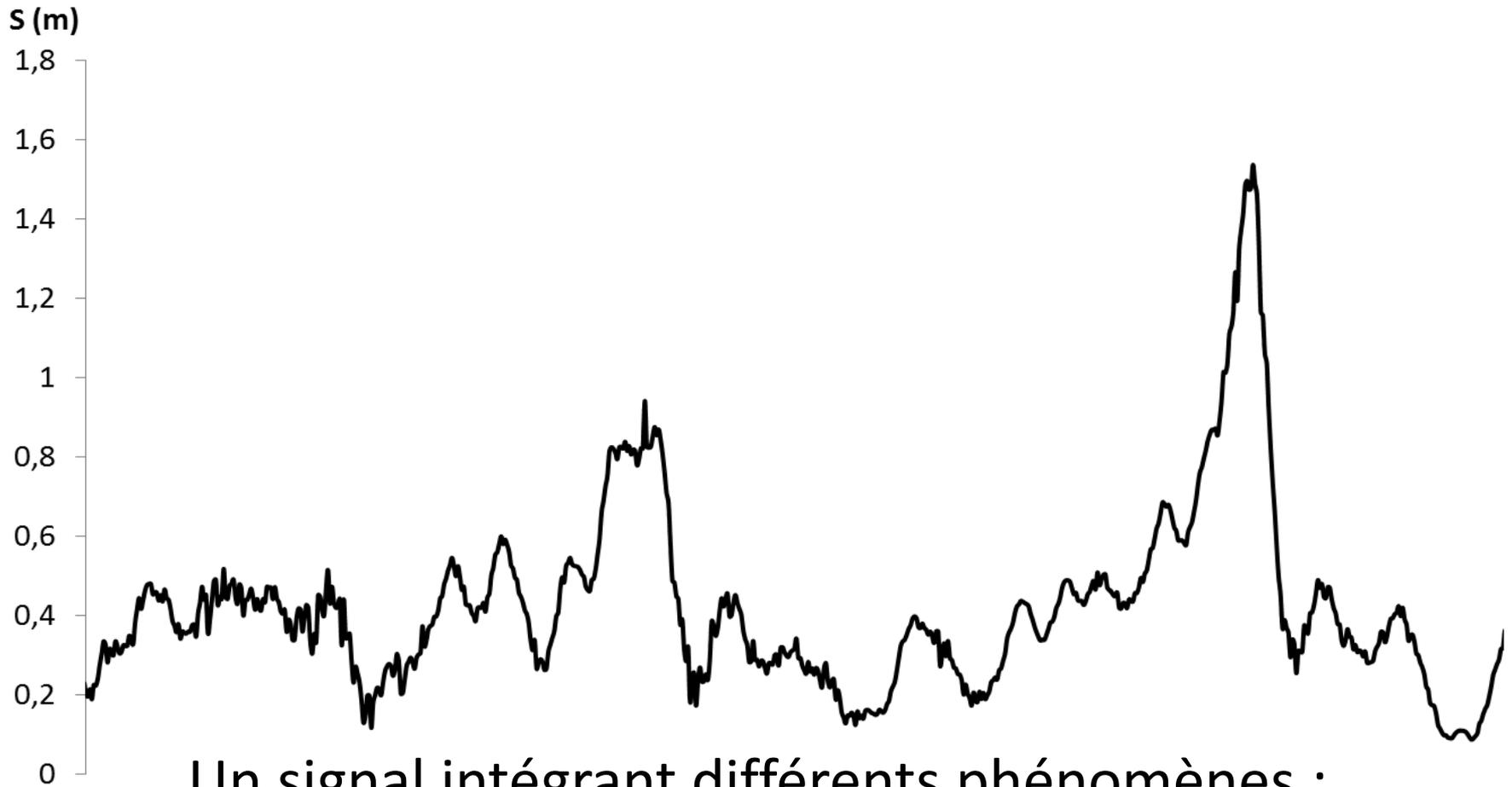
Déborah Idier & Rodrigo Pedreros

Définition



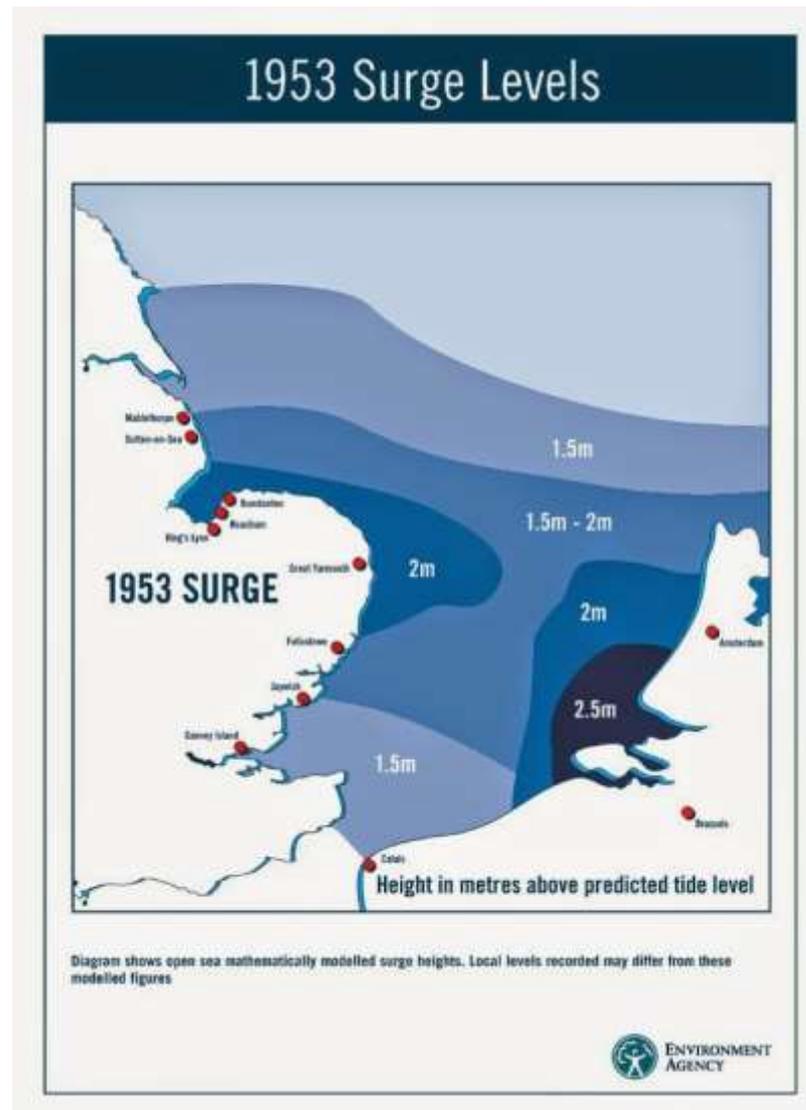
Une grandeur pas directement mesurable !

Définition



Un signal intégrant différents phénomènes :
surcote atmosphérique, wave set-up, ondes
infragravitaires, seiches, tsunamis, météo-tsunamis ...

... pouvant engendrer des **évènements rares** comme la submersion de 1953



... pouvant engendrer des **événements rares** comme la submersion de 1953



Aux Pays-Bas
~ 170 000 ha inondés

... pouvant engendrer des **événements rares** comme la submersion de 1953



Aux Pays-Bas
47 300 bâtiments
endommagés

... pouvant engendrer des **événements rares** comme la submersion de 1953



Aux Pays-Bas
~ 100 000 pers. évacuées
1836 décès

... pouvant engendrer des **événements rares** comme la submersion de 1953



© Dotti/Agf / rfa, col. Modenando/obespresso

→ Prise de conscience

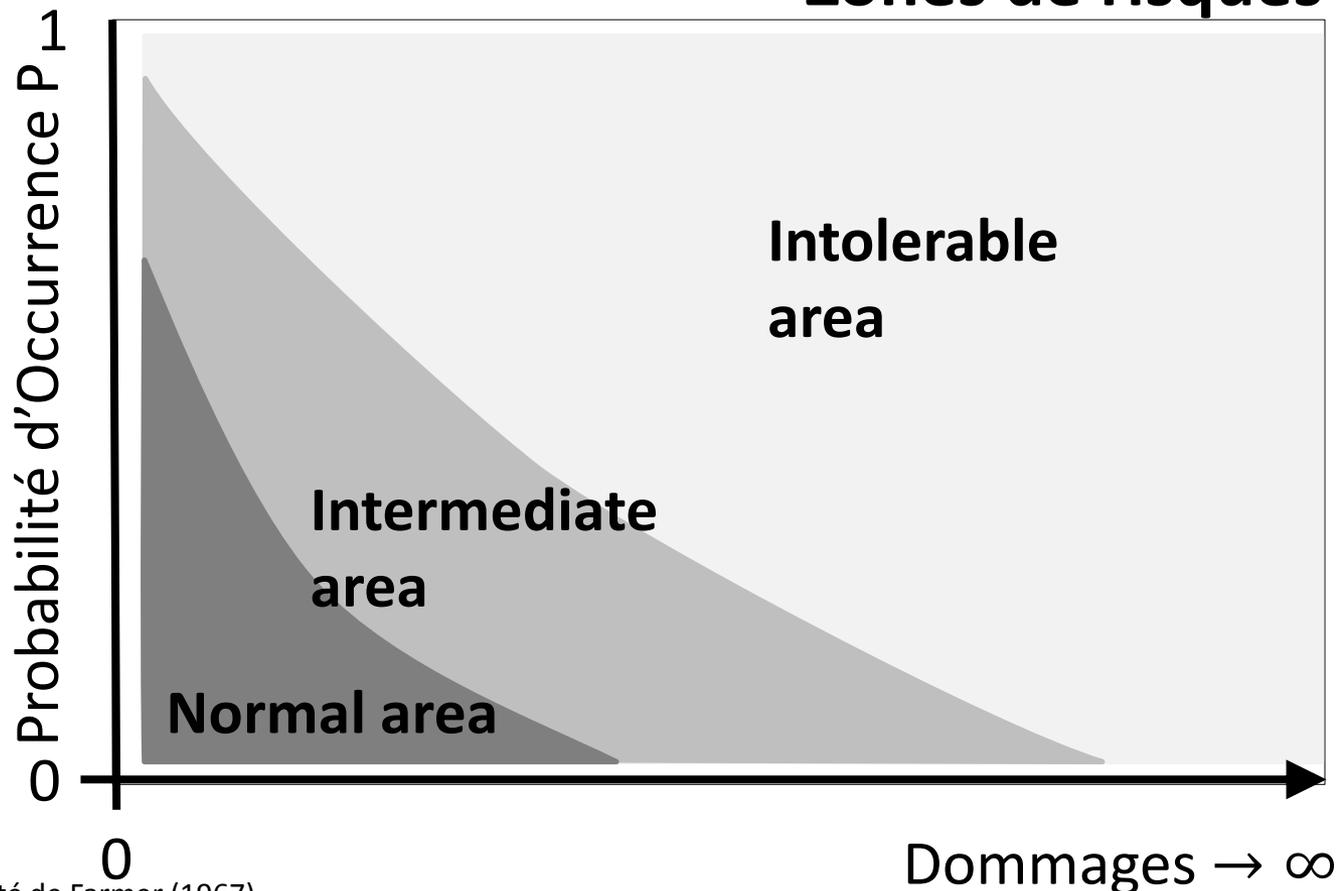
→ Des Actions coordonnées de prévention, prévision, système d'alerte, préparation à la gestion de crise / **submersion**

→ R&D (modélisation, statistiques d'extrêmes, ...)

... mais pouvant aussi engendrer des **évènements plus mineurs mais plus fréquents**

Risque : probabilité X impact

Zones de risques



Et donc ?

Importance de :

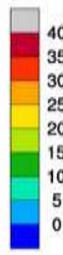
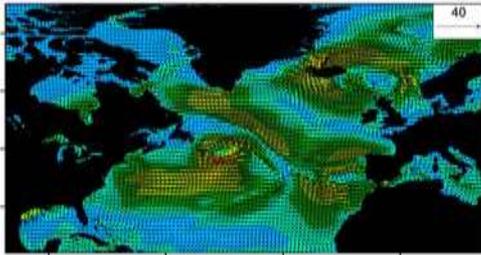
- **estimer** le mieux possible les niveaux d'eau / surcotes (valeurs et probabilité)
- **prévoir** les niveaux d'eau / surcotes
- **anticiper / envisager** les évènements rares (« extrêmes »)

→ Comprendre les phénomènes

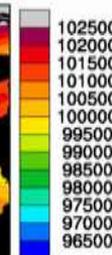
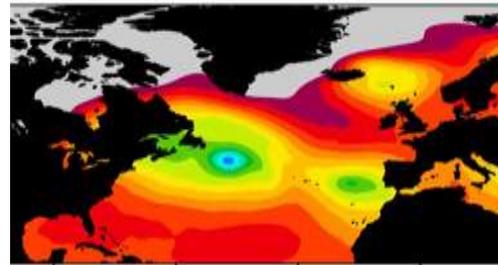
→ Données, méthodes statistiques, modèles

Global → local : niveau d'eau à la côte

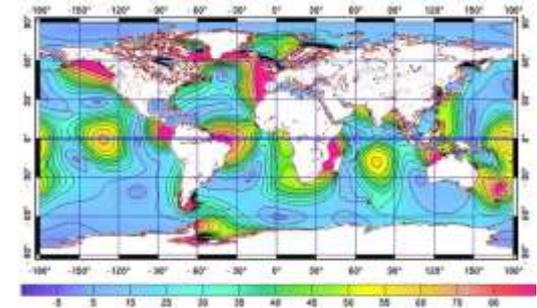
Vent



Pression atmosphérique



Marée

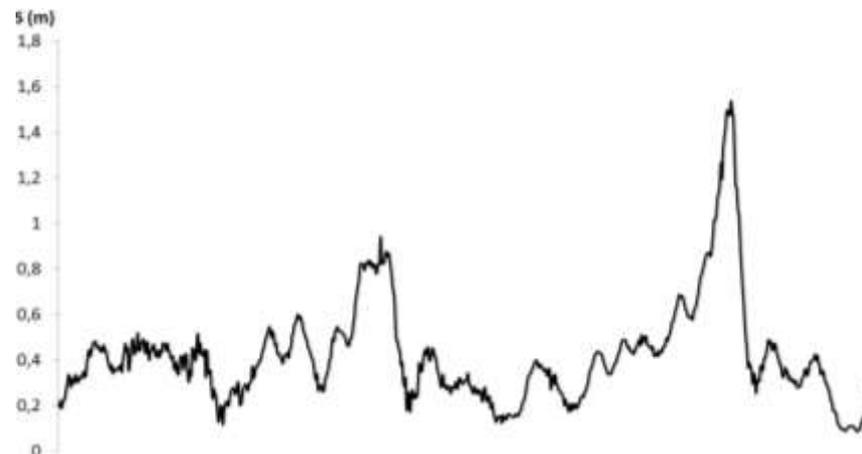


NB: hors fluctuations niveau moyen, hors tsunami

Niveau d'eau à la côte (hors vagues & run-up)

Marée, **Surcote atmosphérique**, **wave set-up**, ondes infragravitaires, seiches & **interactions**

Surcote



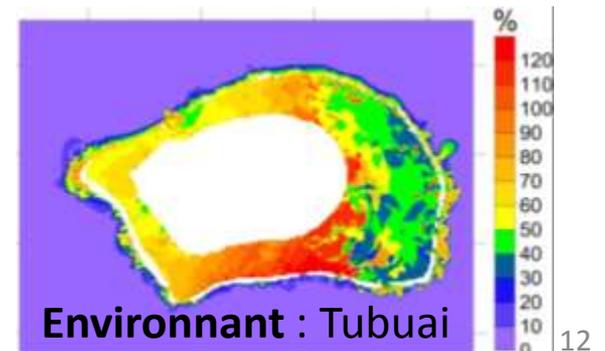
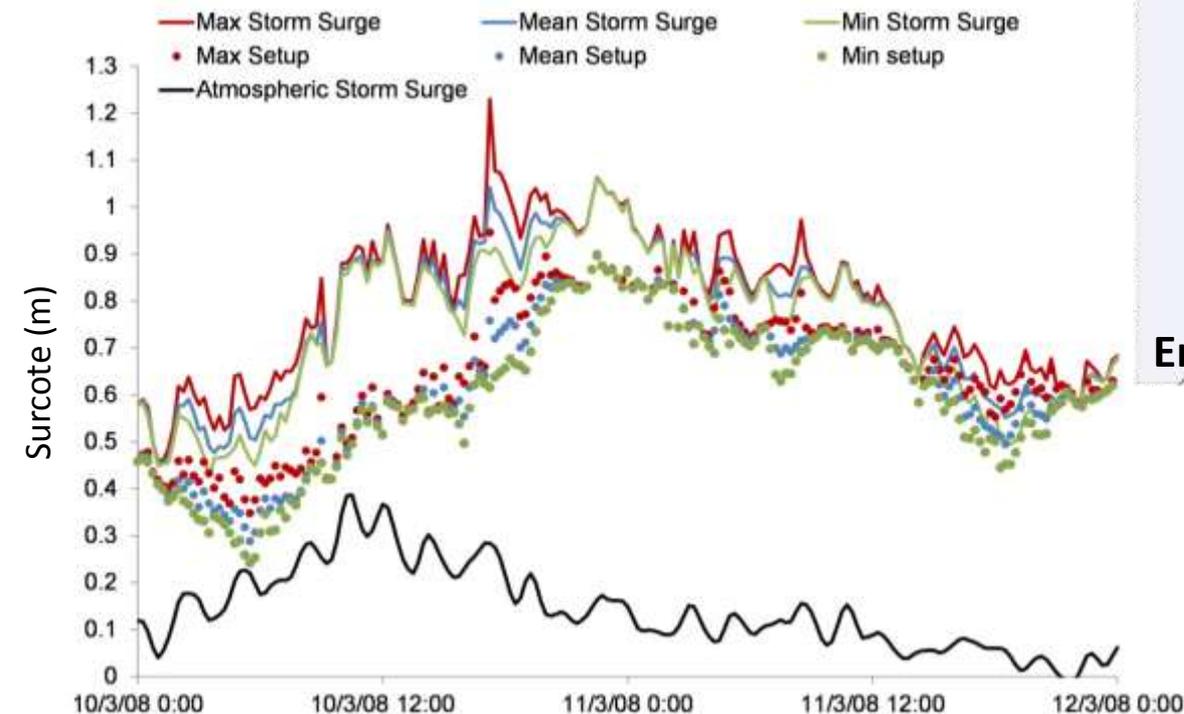
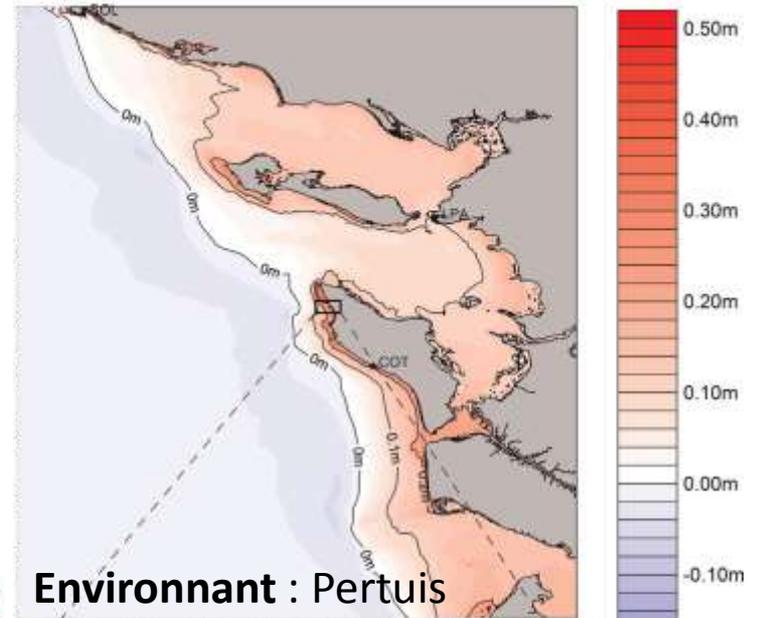
Global → local : niveau d'eau à la côte

Surcote atmosphérique & wave set-up

➔ Prés. S. Elineau

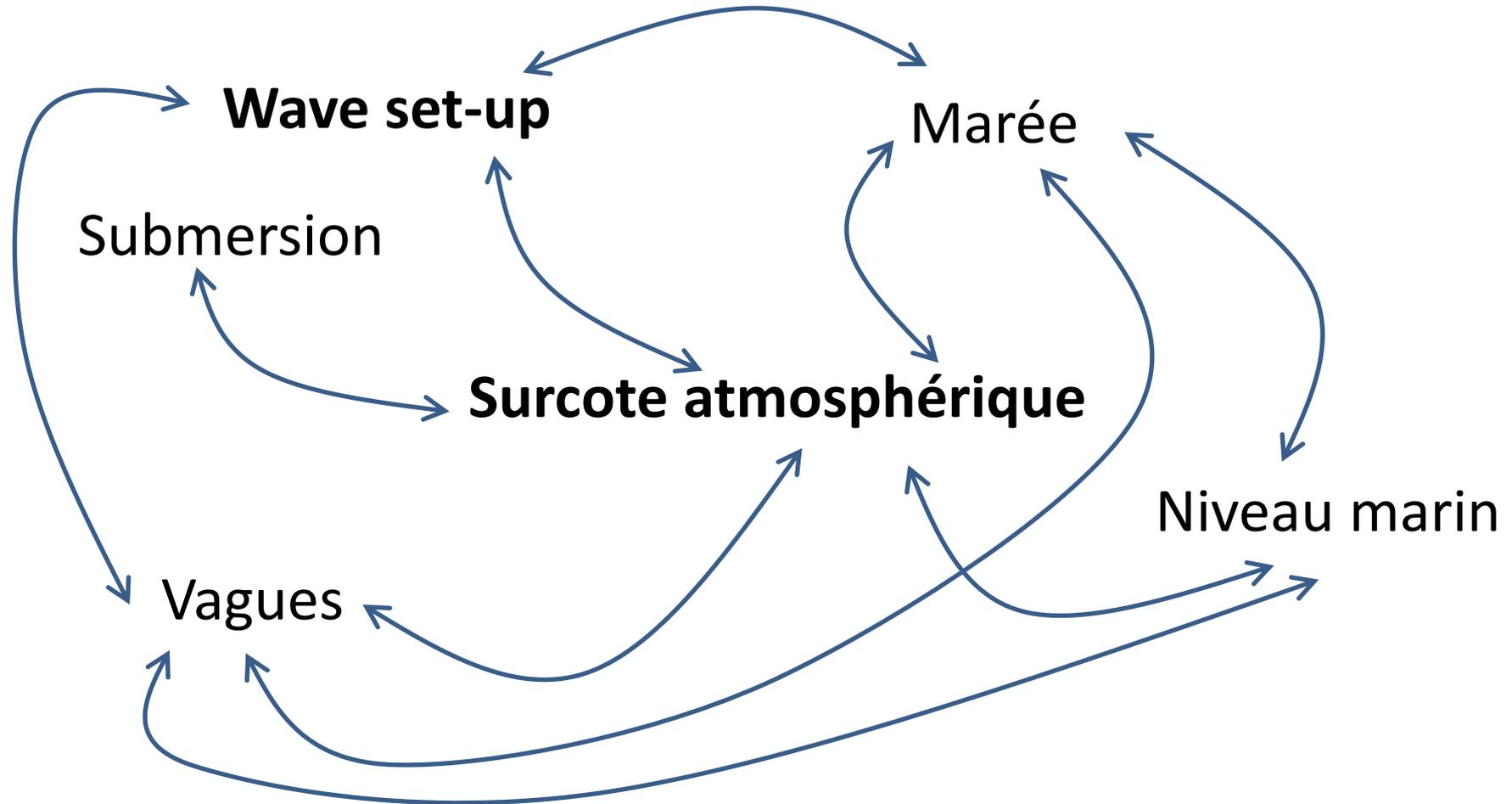


Local : Truc Vert



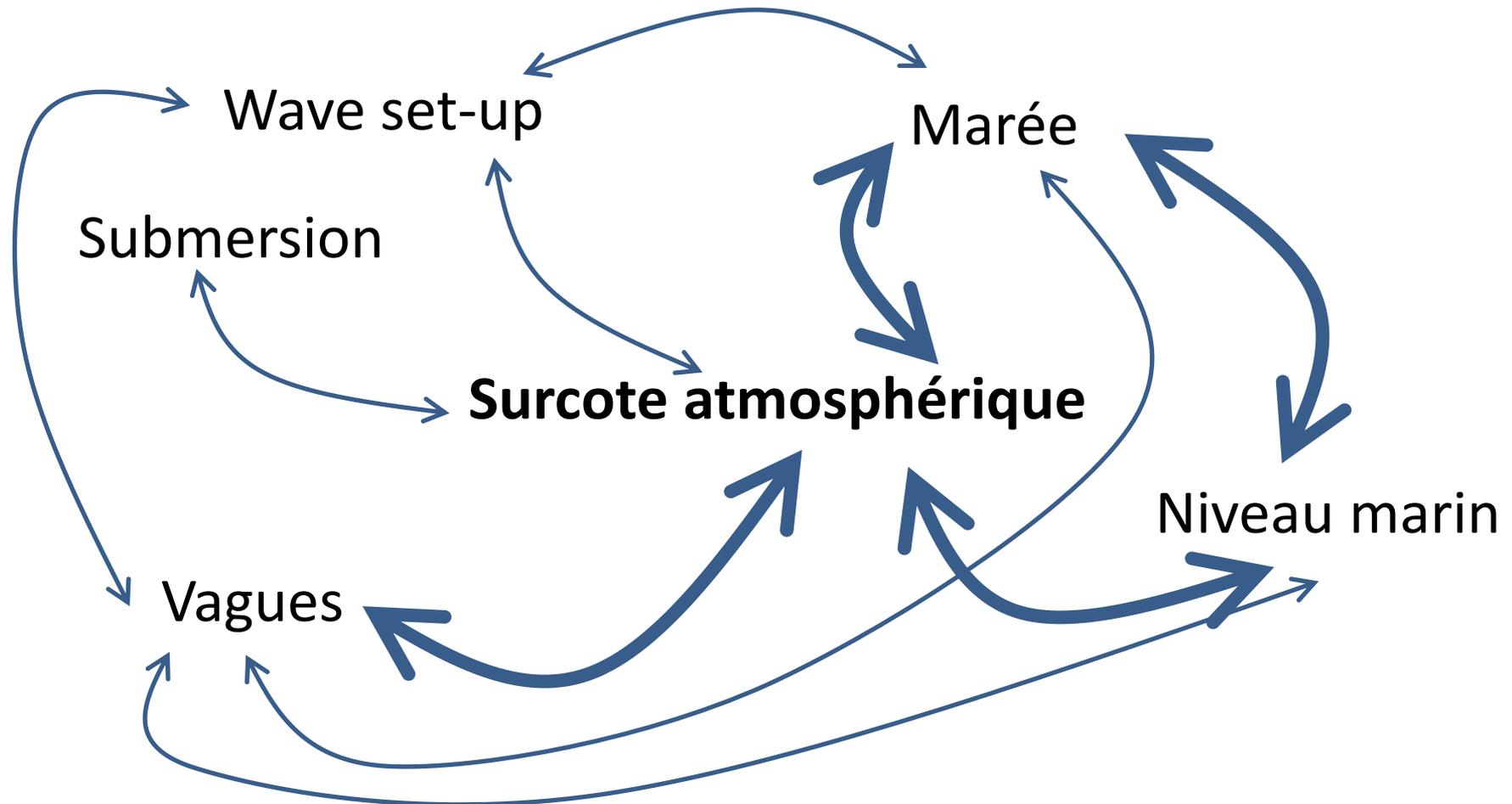
De nombreuses interactions

Exemples



De nombreuses interactions

Exemples

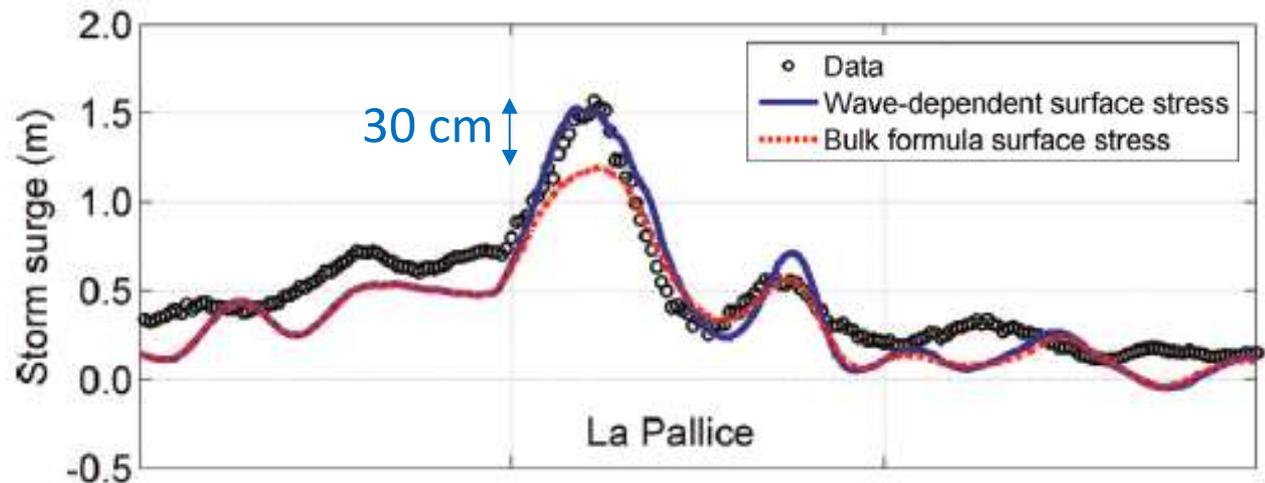


Surcote atmosphérique – Vagues

Vagues → **Rugosité** à la surface de l'eau →
contrainte de **frottement** exercée par le vent
sur la masse d'eau → **Surcote** (variations
induites peuvent atteindre plusieurs dizaines
de centimètres)

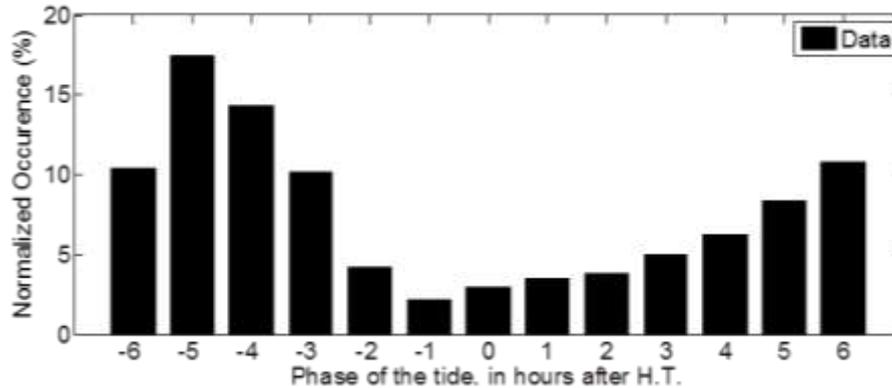


Ex. : Xynthia (mer de vent, i.e. forte rugosité)

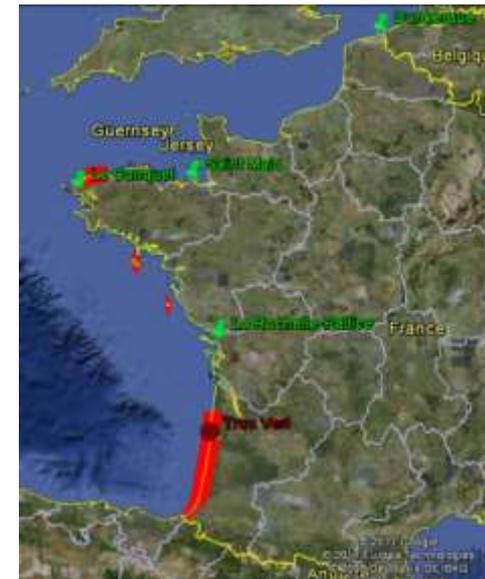
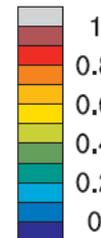
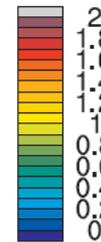
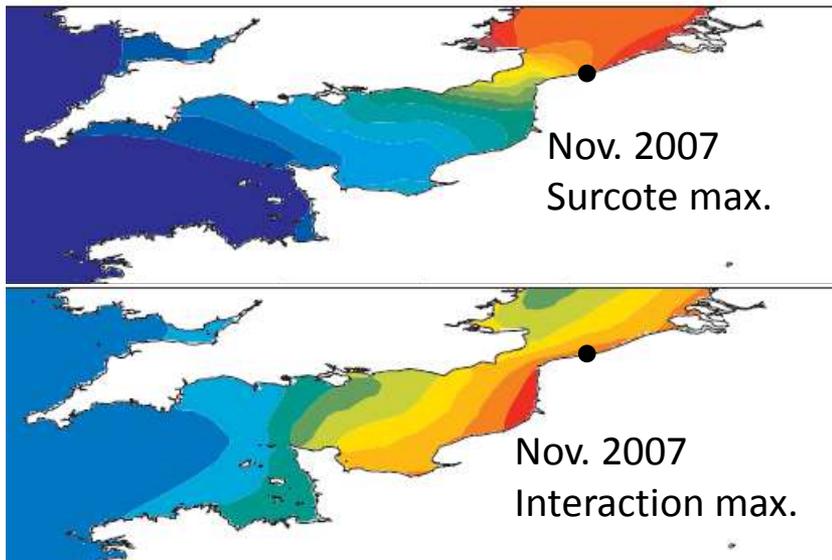


Surcote atmosphérique - Marée

Occurrence des surcotes les plus fortes (1%) à Dunkerque



— Dépendance négligeable pour les 4 évènements étudiés

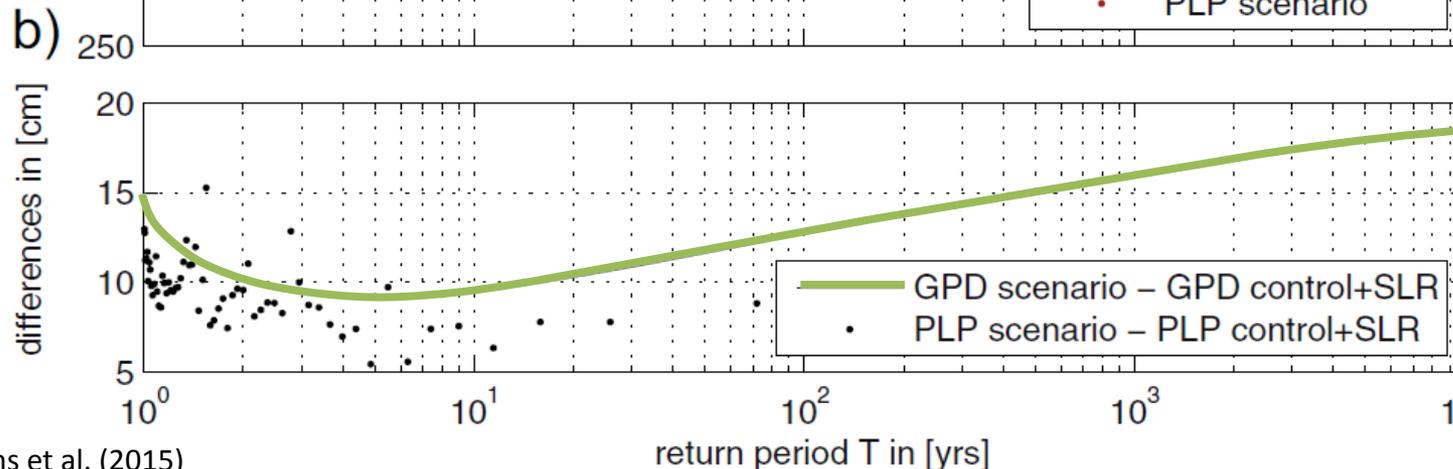
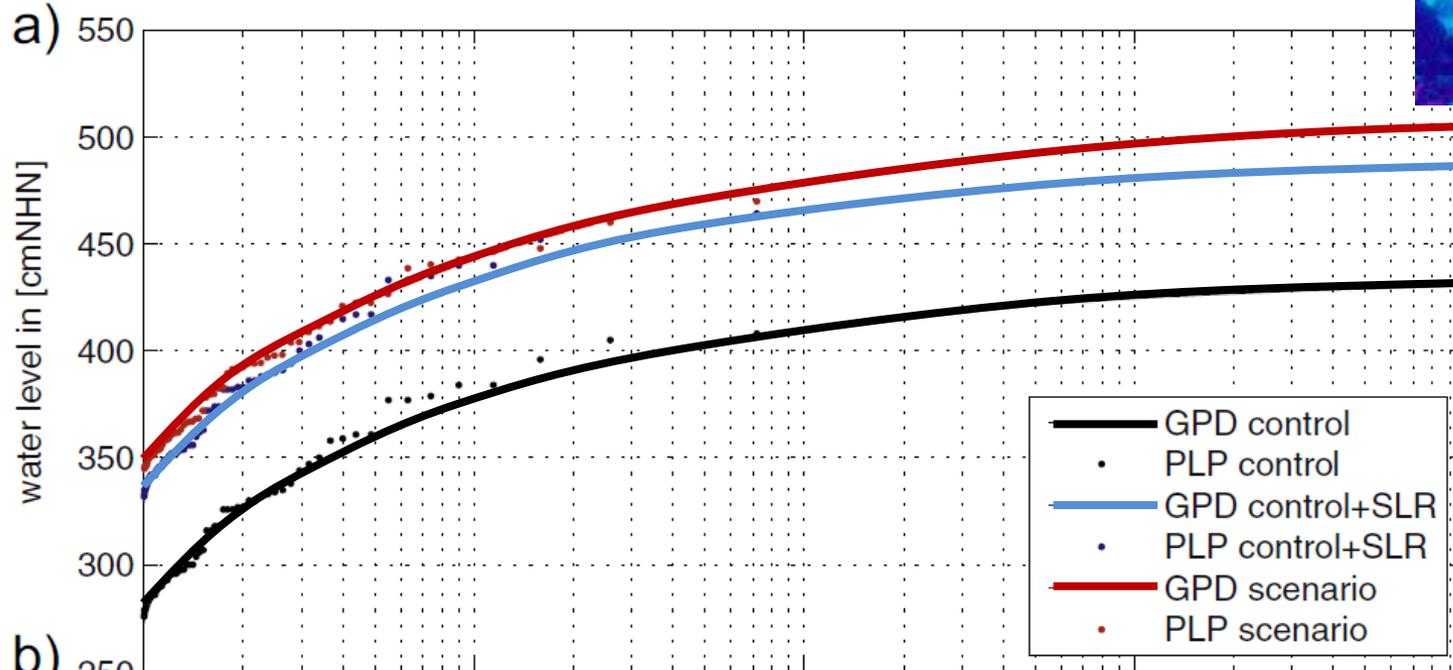


➔ Peut atteindre plusieurs **dizaines de centimètres**

Surcote atm. – Marée – Niveau marin

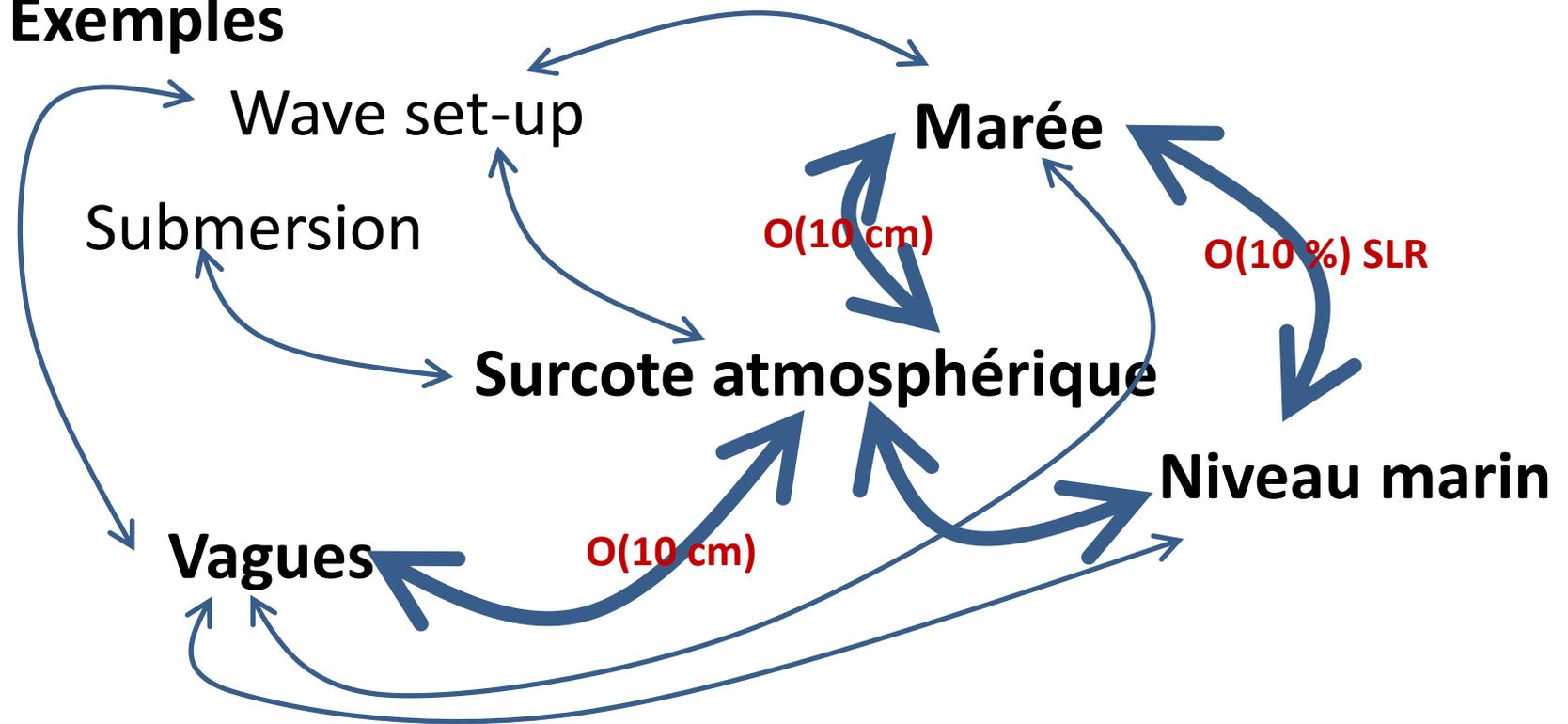
German Bight (Aarns et al., 2015)

Scenario : SLR=0.54m



De nombreuses interactions

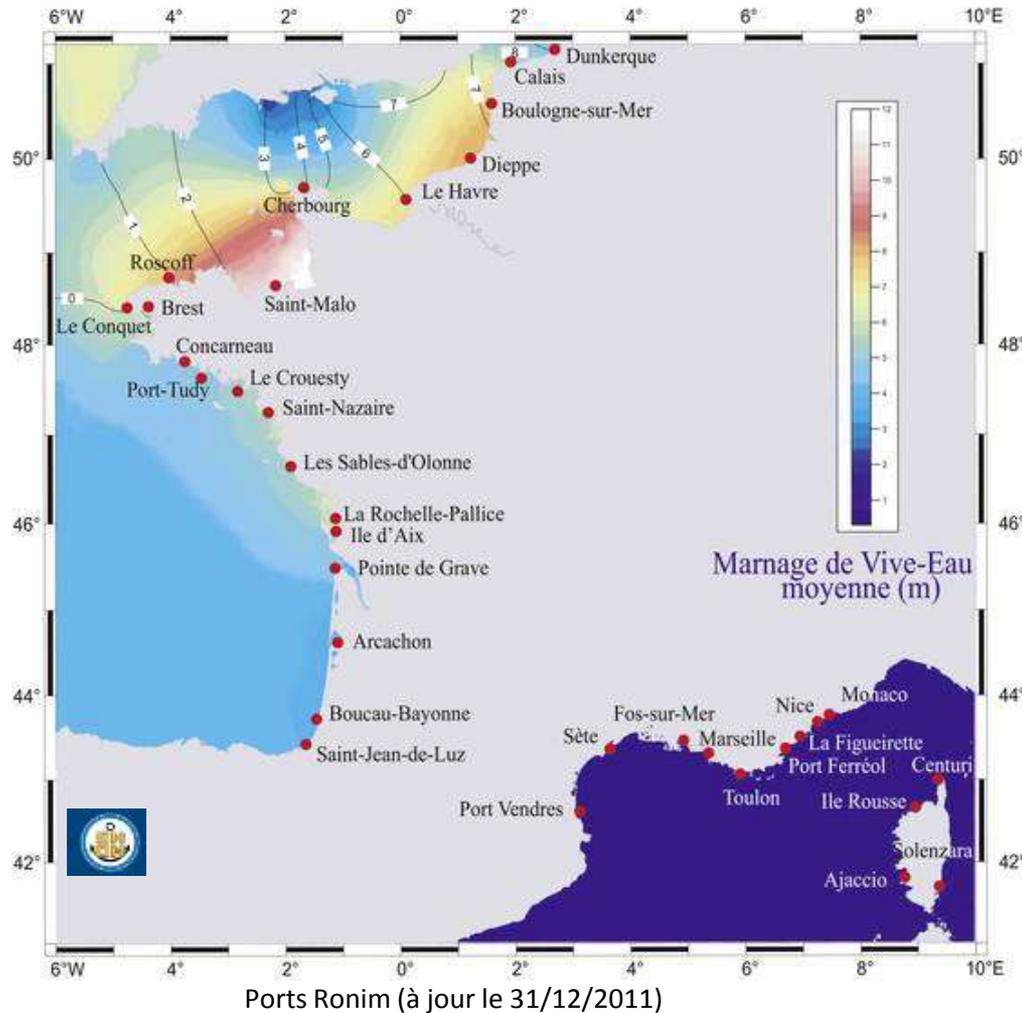
Exemples



➔ Interactions possibles de **plusieurs dizaines de cm**
A traiter de manière conjointe (stat. extr., modèles)

Données / Mesures: les marégraphes

Réseau d'Observation du Niveau de la Mer du SHOM en France métropolitaine (RONIM)



Ports Ronim (à jour le 31/12/2011)

NB: ne pas oublier l'altimétrie



Fig. 1 : Télémètre radar et puits de tranquillisation du marégraphe de La Rochelle.

Données / Mesures: les marégraphes



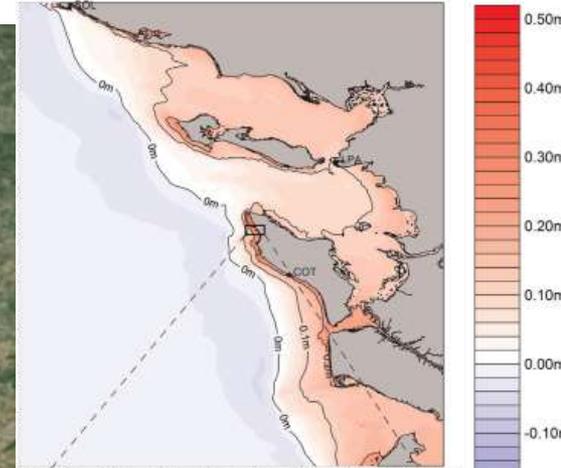
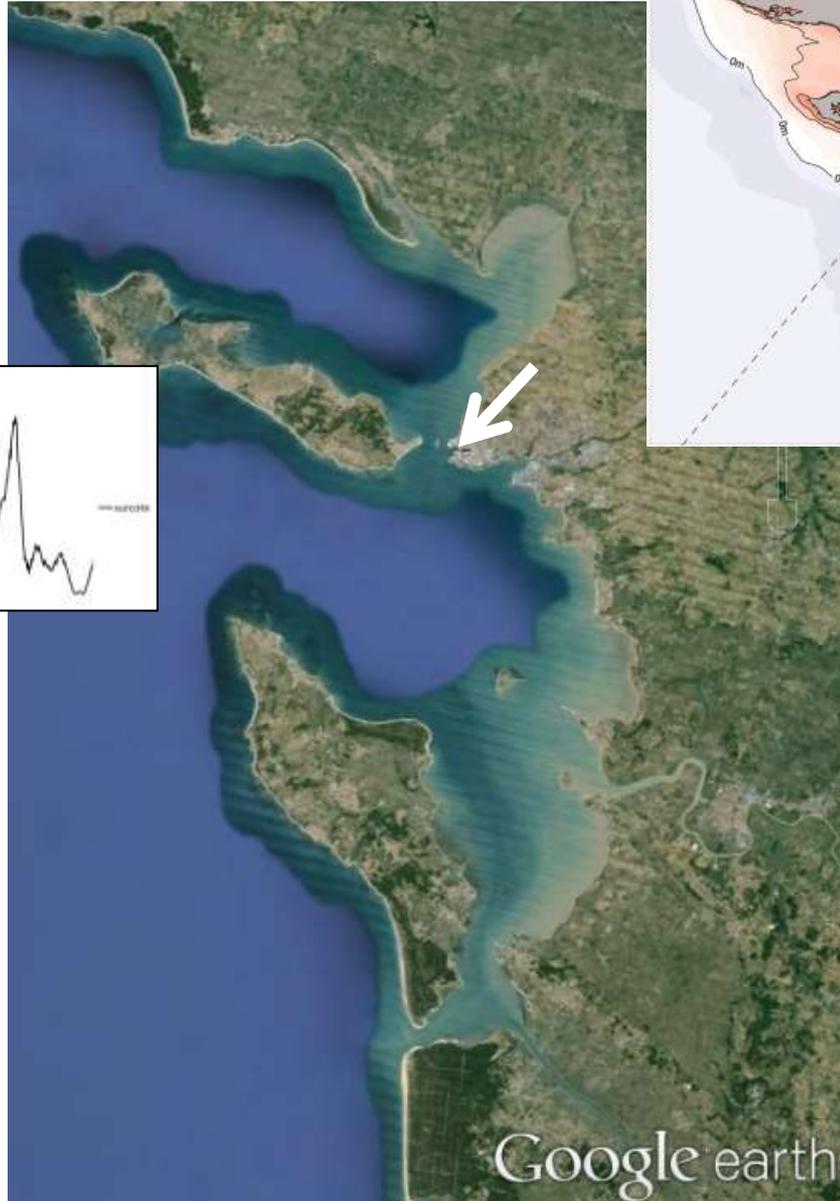
Fig. 1 - Station de mesure des marées à la Follie

Données / Mesures: les marégraphes



Fig. 1 - Mesure en continu de la hauteur de la mer à la Falck

Données / Mesures: les marégraphes



Utilisation données
niveau d'eau / surcote
pour validation modèle



Interpolation /
extrapolation spatiale

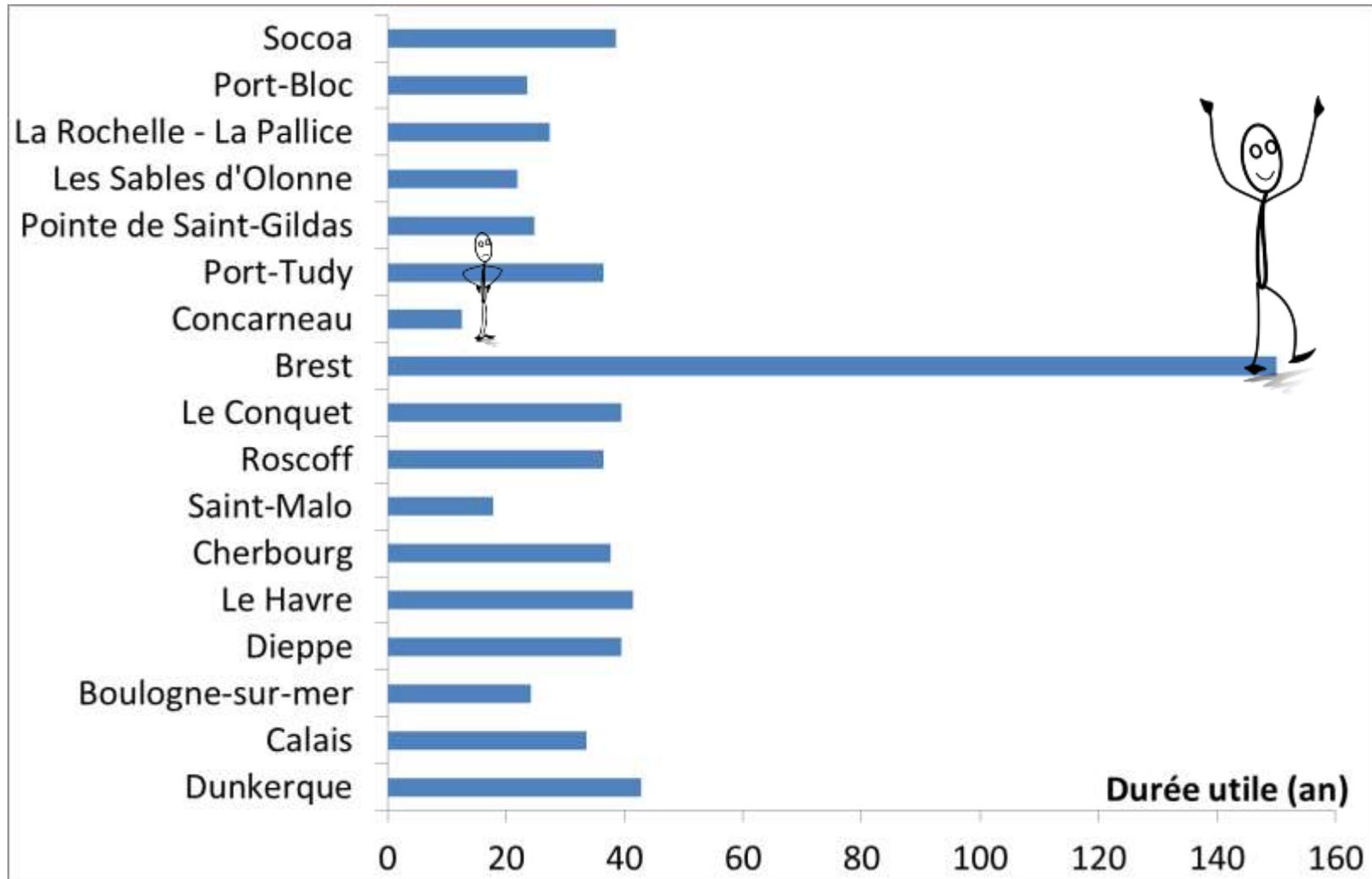


Mesures en dehors des ports



Données & statistiques d'extrêmes

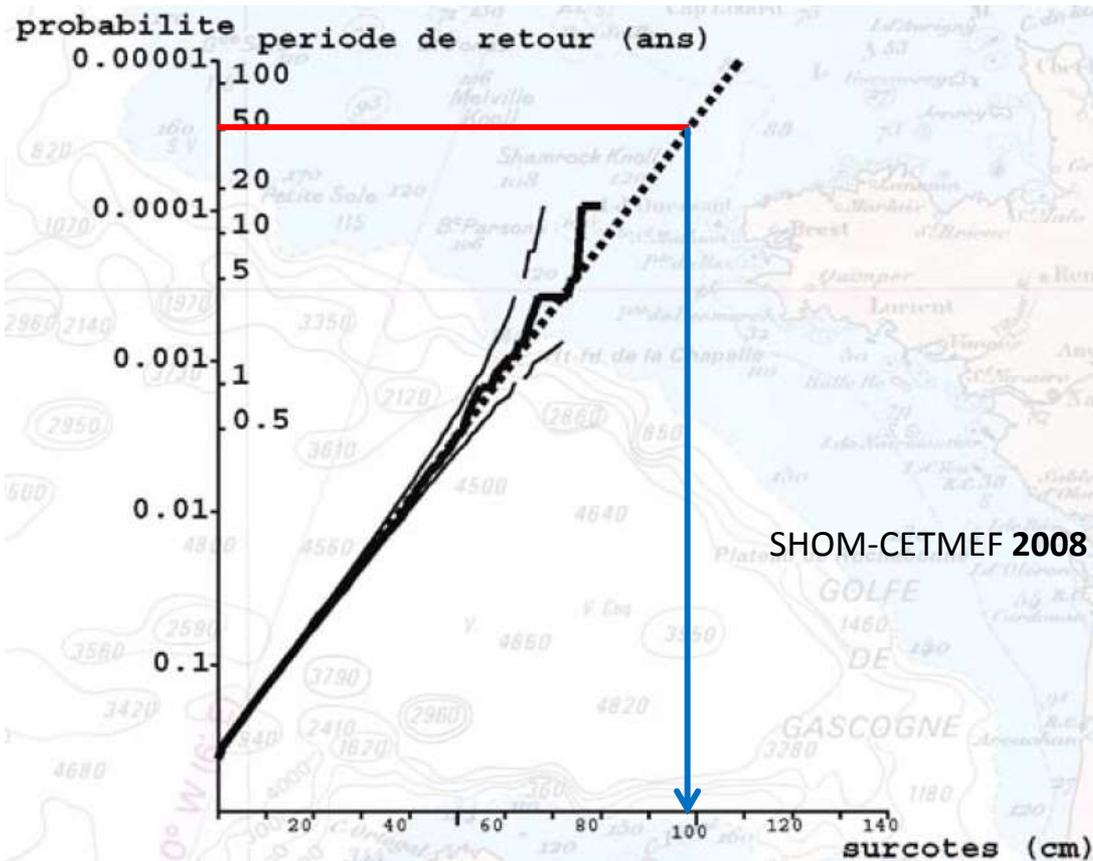
Ports de référence pour les niveaux extrêmes, Manche & Atlantique



Données & statistiques d'extrêmes

Documents de référence national, basé sur données marégraphes

- **SHOM & CETMEF (2008)**, SHOM & CETMEF (2012), CETMEF (2013)
 - Méthode : loi de **Gumbel**, POT / GPD, exponentiel, intervalle de confiance
 - Données : durée couverte croissante
 - Hypothèse d'indépendance marée-surcote PM



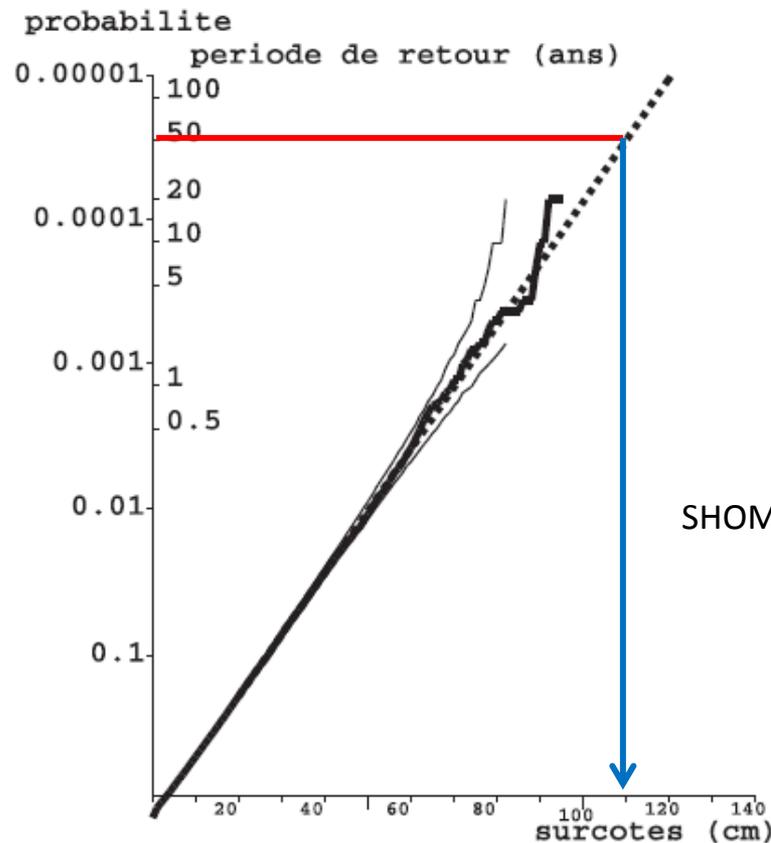
T=50 ans

~ 98 cm

Données & statistiques d'extrêmes

Documents de référence national, basé sur données marégraphes

- SHOM & CETMEF (2008), **SHOM & CETMEF (2012)**, CETMEF (2013)
 - Méthode : loi de **Gumbel**, POT / GPD, exponentiel, intervalle de confiance
 - Données : **durée couverte croissante**
 - Hypothèse d'indépendance marée-surcote PM



T=50 ans

~ 98 cm

~ 110 cm

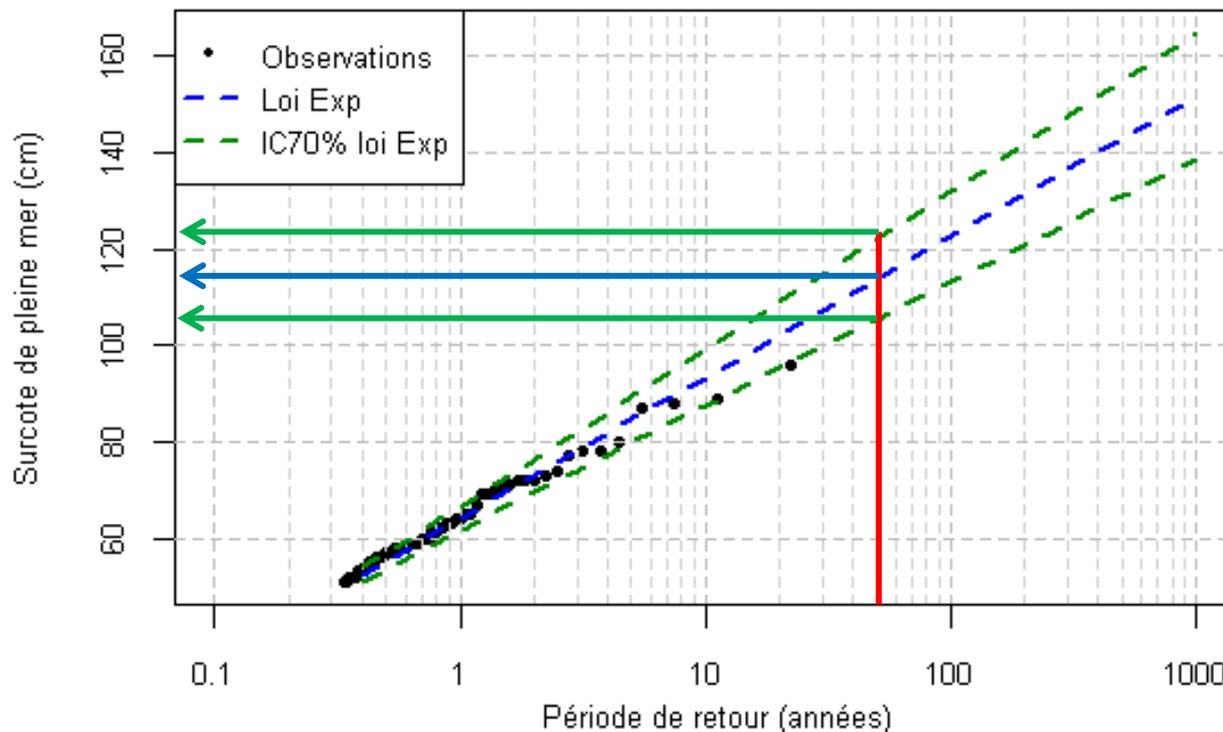
SHOM-CETMEF 2012

Données & statistiques d'extrêmes

Documents de référence national, basé sur données marégraphes

- SHOM & CETMEF (2008), SHOM & CETMEF (2012), **CETMEF (2013)**
 - Méthode : loi de Gumbel, POT / GPD, **exponentiel**, **intervalle de confiance**
 - Données : **durée couverte croissante**
 - Hypothèse d'indépendance marée-surcote PM

Ajustement des extrêmes - Loi Exponentielle
(seuil : 50cm, param. : 12.70)



T=50 ans

~ 98 cm

~ 110 cm

114 cm [105-122 cm]

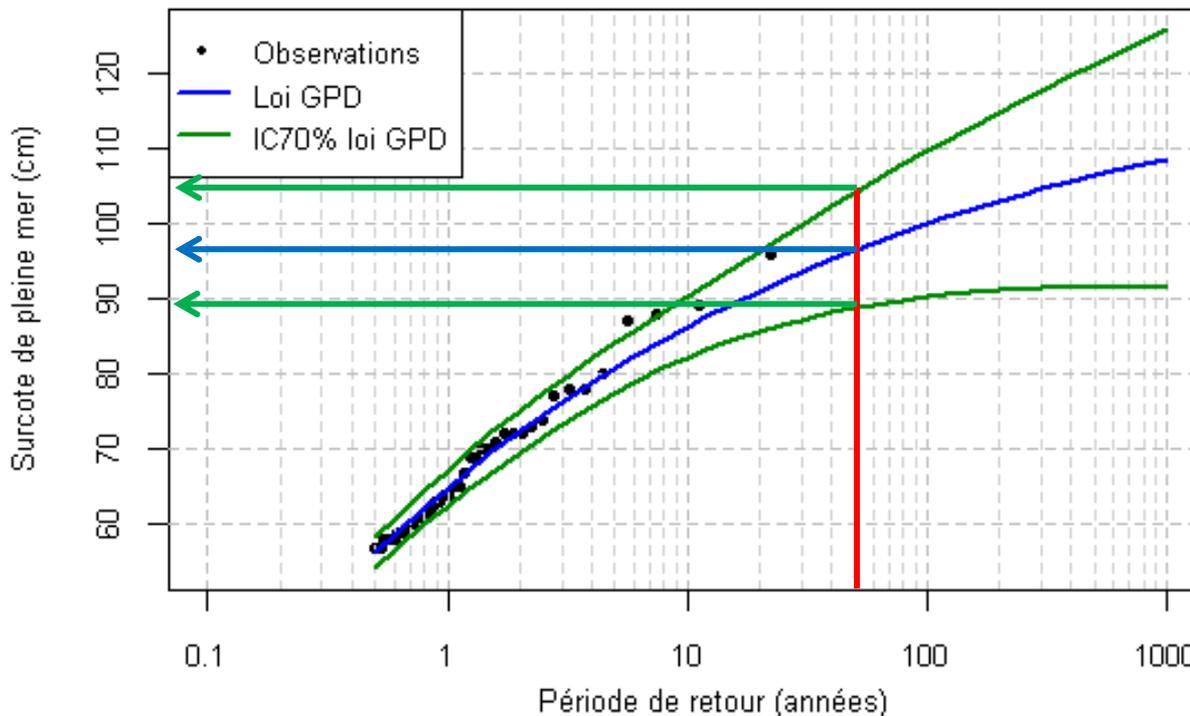
CETMEF 2013

Données & statistiques d'extrêmes

Documents de référence national, basé sur données marégraphes

- SHOM & CETMEF (2008), SHOM & CETMEF (2012), **CETMEF (2013)**
 - Méthode : loi de Gumbel, **POT / GPD**, exponentiel, intervalle de confiance
 - Données : durée couverte croissante
 - Hypothèse d'indépendance marée-surcote PM

Ajustement des extrêmes - Loi GPD
(seuil : 56cm, param.éch. : 24.11, param.forme : -0.19)



T=50 ans

~ 98 cm

~ 110 cm

114 cm [105-122 cm]

96 cm [89-104 cm]

CETMEF 2013

Données & statistiques d'extrêmes

Des états de l'art / guides / comparaisons (ex: Mazas & Hamm, 2011; Kergadallan et al., 2013; Aarns et al., 2013)

Des travaux de recherche (exemples) :

- **Régionalisation statistique** (ex: Bardet et al., 2011; Aarns et al., 2015; Bernardara et al., 2011)  Prés. P. Bernardara
- **Dépendance marée-surcotes** (ex: Mazas et al, 2014; Kergadallan et al., 2015)  Prés. X. Kergadallan
- **Variabilité saisonnière et interannuelle** (ex: Menendez et al., 2009)

Identification **événements niveau extrême**, échelle métropolitaine

- Principalement à partir données marégraphiques (ex : NIVEXT)  Prés. C. Daubord

 **Verrous** (ex.) : estimations entre les ports & intégration wave set-up, quid des événements hors période instrumentée

Données & statistiques d'extrêmes

Existence d'événements historiques non mesurés

2 approches principales :

- **Entrée « tempête météo »** (ex : VIMERS)
- **Entrée « impact »** (ex : Garnier & Surville, 2010; Lambert et al., 2014; Lambert & Garcin, 2013; Breilh et al, 2014)

➡ Prés. E. Garnier



1537. — **Tempête** affreuse. « Le débord de la mer fut si grand par les tourmentes, rapporte A. Barbot, qu'elle faillit de submerger entièrement l'isle de Ré, et se vit, en ce jour, ce qui ne s'estoit point veu, que les deux mers, qui circuissent et bornent lad. isle, se joignirent l'une l'autre, au grand estonnement de tous les habitans d'icelle, qui croyoient estre perdus et fist lad. mer un grandissime dégast aux biens de lad. isle et de ceux de ceste ville qui y en ont. » (22 août 1537, Jourdan, 1861)

➡ **Développement de méthodes de statistiques d'extrêmes** intégrant mesures marégraphiques ET données historiques (Hamdi et al., 2015 ; Bulteau et al., 2015) ➡ Prés. T. Bulteau

Données & statistiques d'extrêmes

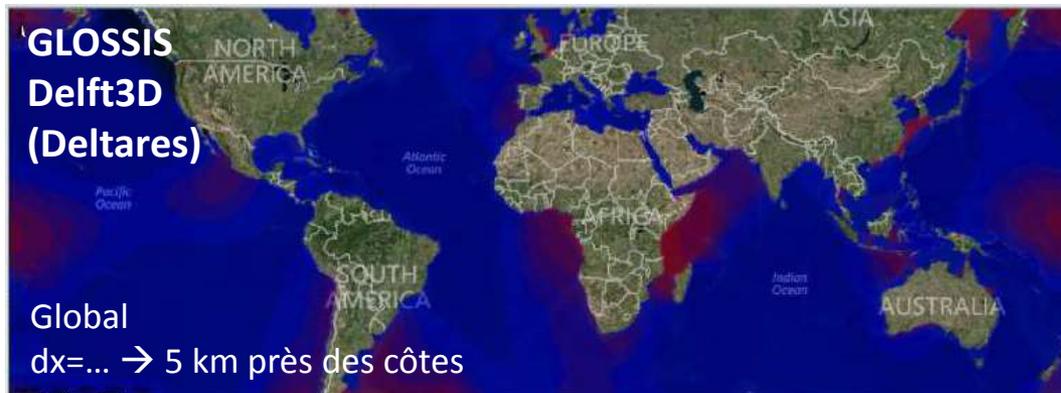
- **On ne mesure pas une surcote**, on la déduit
→ source d'incertitude
- **Validation modèles** surcote (atm. & setup) : la donnée peut contenir d'autres composantes
- **Représentativité spatiale des données marégraphiques** → source d'incertitudes
- **Statistiques d'extrême** → données, méthodes, incertitudes

Modèles : surcote atmosphérique

Matures, robustes et rapides

Modèles (exemples) : MARS, ADCIRC, Selfe, Hycom, Delft3D, Telemac2D, T-UGO
En mode **prévision** (exemples) : MARS (Previmer), ADCIRC (ESTOFS), Delft3D, Hycom (Homonim) → Prés. A. Pasquet
Parfois avec **assimilation de données** (RWsOS North Sea)

Exemples de modèles utilisés en mode prévision

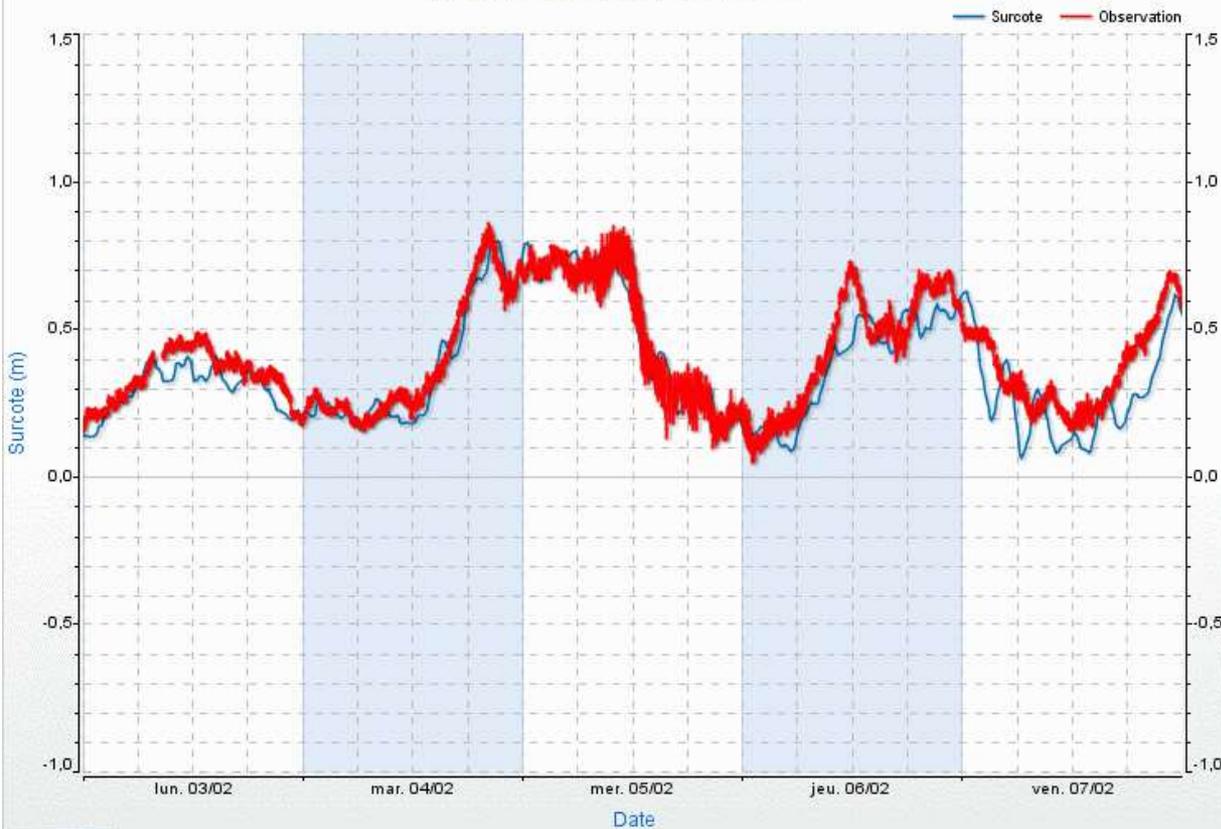


Exemples Previmer

www.previmer.org



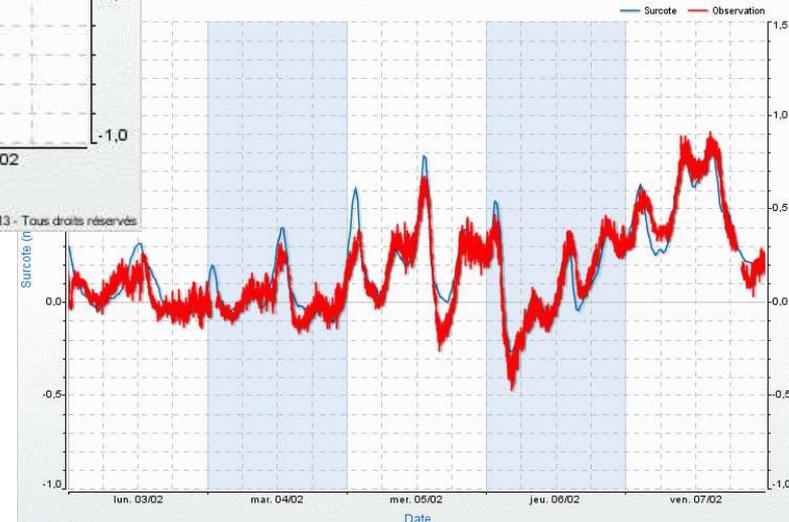
Surcote en mètres
Marégraphe du port de Brest (48°23'N - 4°30'W)
(heure légale) mise à jour du 12/02/2014 17h51



PREVIMER

PREVIMER L1 FINIS250 forecast - © PREVIMER 2013 - Tous droits réservés

Surcote en mètres
Marégraphe du port de Calais (50°58.16'N - 1°52.06'E)
(heure légale) mise à jour du 12/02/2014 17h51



PREVIMER

PREVIMER L1 MANE250 forecast - © PREVIMER 2013 - Tous droits réservés

origin

Modèles : surcote atmosphérique

Matures, robustes et rapides

Modèles (exemples) : MARS, ADCIRC, Selfe, Hycom, Delft3D, Telemac2D, TUGO

En mode **prévision** (exemples) : MARS (Previmer), ADCIRC (ESTOFS), Delft3D, Hycom (Homonim) → Prés. A. Pasquet

Parfois avec **assimilation de données** (RWsOS North Sea)

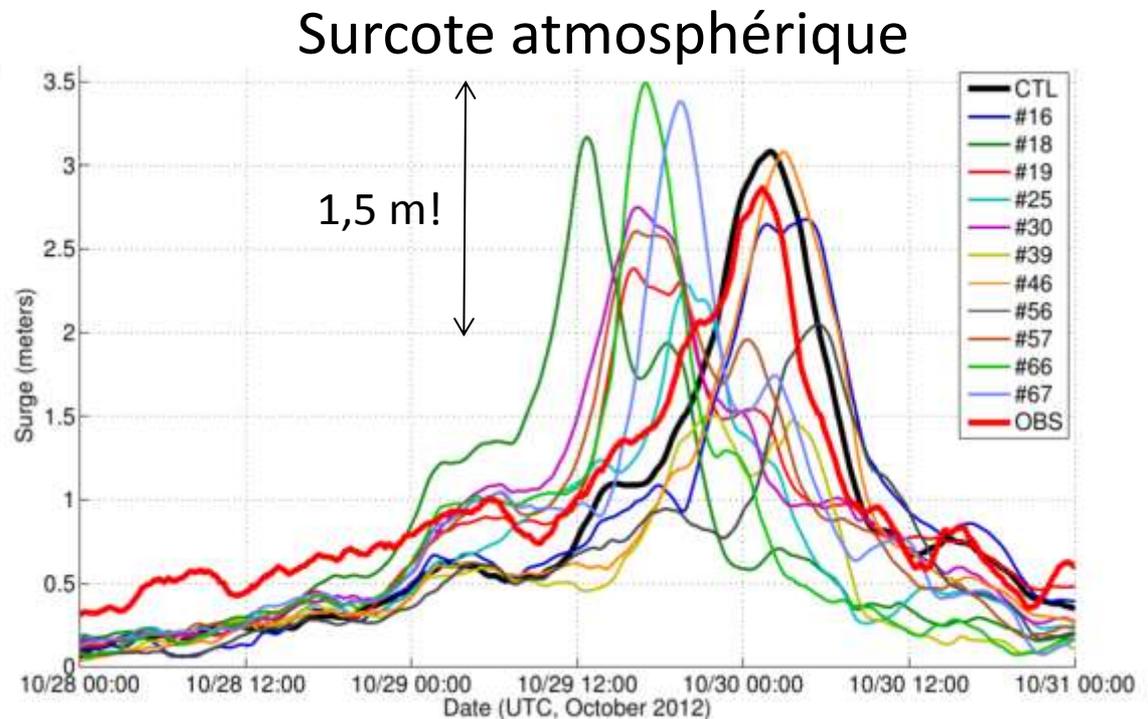
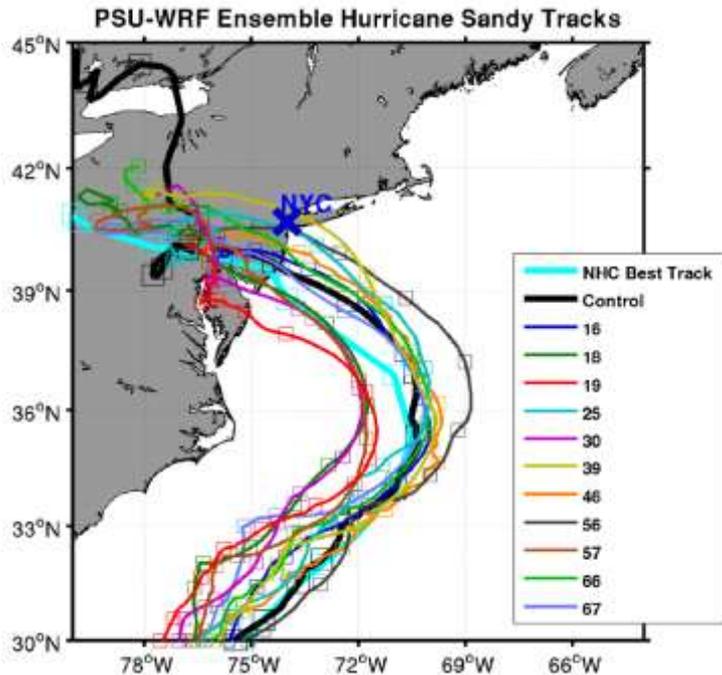
Exemples de modèles utilisés en mode prévision



Des travaux R&D (ex: interface air-mer)

Modèles : une donnée critique

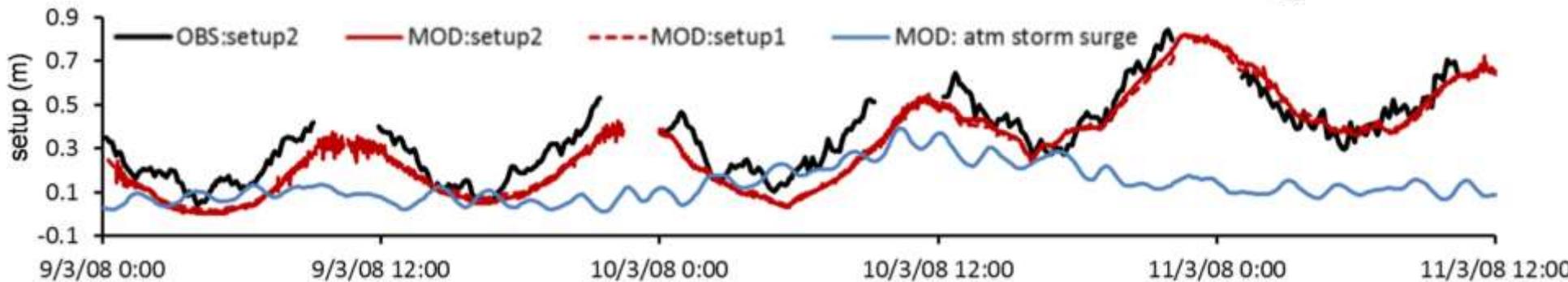
Les champs de vent et pression



Modèles : Surcote totale & **set-up**

Set-up environnant : Assez mature (recherche & opérationnel)

Set-up local : Assez mature pour étude locale



➔ Des modélisation « grande emprise » intégrant le set-up local via des profils (ex: Tomas et al., 2015)

MAIS défis à relever pour la modélisation grande emprise

quand set-up local (ex: bathymétrie, temps de calcul, mesures wave set-up)

Modèles : perspectives

Phénomènes

- Haute fréquence : **ondes infragravitaire** ➔ Prés. D. Roelvink
- **Embouchures** : contribution continentale & interaction
- Zones basses : **submersion** par débordement ➔ Prés. X. Bertin

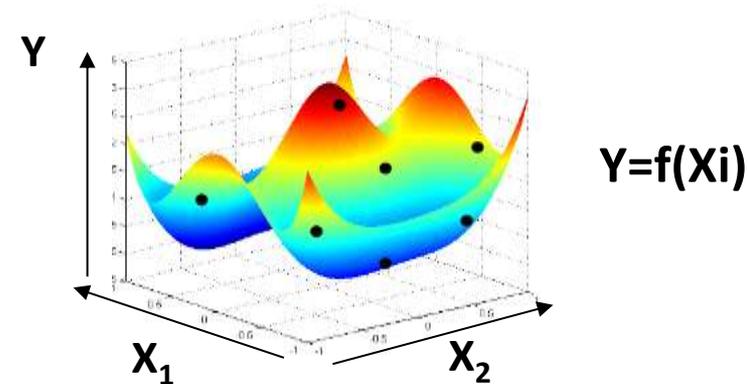
Temps de calcul

Quand est-ce que c'est critique ?

- Prédiction avec une modélisation complète
- Modélisation d'ensemble
- Analyse / propagation d'incertitudes

Comment résoudre le problème ?

- Ressources de calcul
- Méta-modèles (Rohmer & Idier, 2012)
- Intelligence artificielle (réseau de neurone, SVR, ...), ...



En résumé

Depuis 10 ans

- **Phénomènes** : meilleure compréhension et quantification
- **Données** : augmentation durée couverte, amélioration qualité mesure et résolution spatio-temporelle
- **Méthodes d'analyse d'extrême** : développement de nouvelles méthodes (dépendances, évènements historiques, ...) → diminuer les incertitudes
- **Modélisation** : des systèmes de prévision de la surcote atmosphérique et setup environnant améliorés (recherche ou opérationnel), R&D pour prendre en compte autres composantes (ex: onde-infragravitaire), problématiques émergentes (incertitudes, temps de calcul, ...)

Demain

- **Données** « pérennes en dehors des ports » ?
- **Méthodes** pour dissocier les composantes ?
- **Statistiques d'extrêmes** : réduction des incertitudes, couverture spatiale ?
- **Prévision surcote totale** sur grande emprise ?

TEMPETE JOHANNA à GAVRES (Morbihan)

Simulation de la submersion
causée par les franchissements
de vagues lors de la marée haute
du 10/03/2008 au matin

Merci pour votre attention