



# Apports de la modélisation hydrodynamique au droit d'un marégraphe dans l'analyse des séries temporelles des niveaux enregistrés

Rodrigo Pedreros, Alexandre Nicolae Lerma, Sophie Lecacheux et François Paris

[r.pedreros@brgm.fr](mailto:r.pedreros@brgm.fr)



Journées REFMAR, Paris 2-4 février 2016

# 1- Contexte et objectifs



## Que mesure un marégraphe (hors tsunamis et apports continentaux) ?

$$\text{Haut. mesurée marégraphe} = \text{Marée prédite} + \text{Surcote Obs} \quad (1)$$

$$\text{Surcote Obs} = \text{Surcote atmosphérique} + \text{Résidu} \quad (2)$$

$$\text{Résidu} = \text{Setup} + \text{Phénomènes Hautes Fréquences (PHF: seiches, clapot, batillage, ...)} \quad (3)$$

*PHF: peuvent être filtrés (puits de tranquillisation, traitement du signal)*

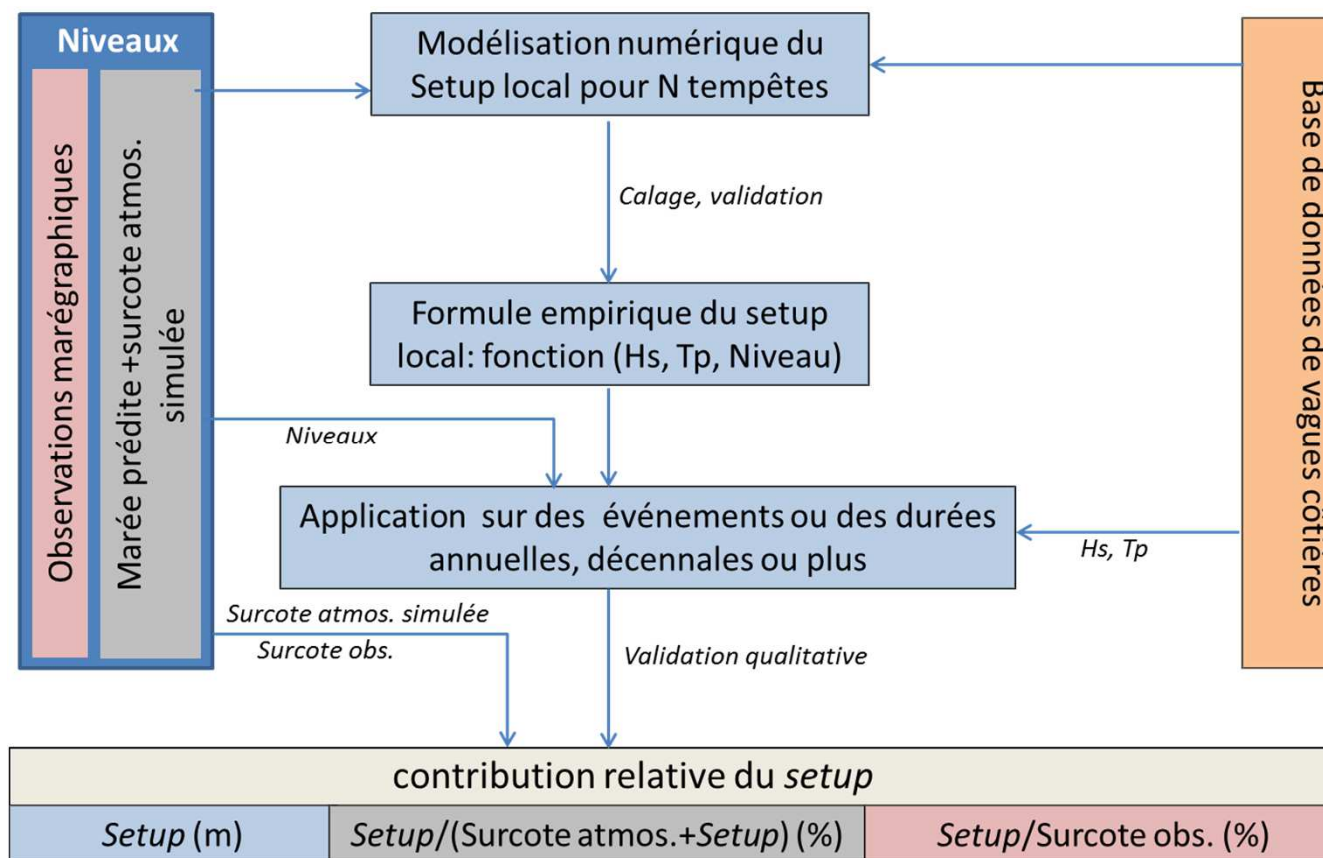
$$\text{Surcote Obs} = \text{Surcote atmosphérique} + \text{Setup} \quad (4)$$

*Décomposition par modélisation numérique*

$$\text{Haut. mesurée marégraphe} - \text{Setup} = \text{Marée prédite} + \text{Surcote atmosphérique} \quad (5)$$

- Comment déterminer le setup enregistré par les marégraphe sur des séries pluriannuelles?
- Estimation des contributions relatives du setup par rapport aux surcotes atmosphériques (simulées) et les surcotes observées

## 2-Méthode adoptée



### 3- Marégraphe étudié: Sables d'Olonne

Source REFMAR

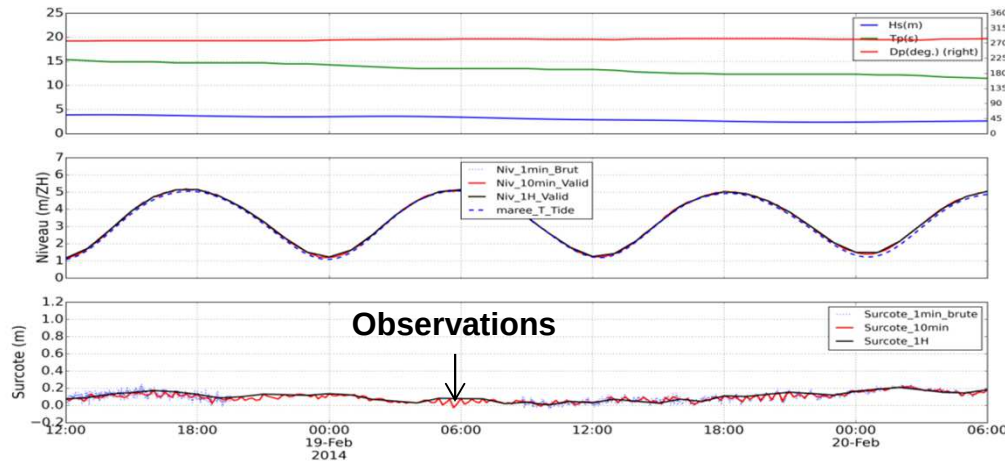
- > Capteur radar (depuis 1999)
- > Puits de tranquillisation (filtrage des très hautes fréquences: clapot, batillage,...)



| Type donnée                                | Traitement (d'après Poffa et al., 2011)                               | Disponibilité                   |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| données brutes à 1 minute en temps réel    | moyenne sur <b>15s</b> toutes les <b>1min</b> (échantillonnage 1s)    | Depuis 04/2010                  |
| données à 10 min validées en temps différé | moyenne sur <b>2min</b> toutes les <b>10min</b> (échantillonnage 1 s) | Depuis 1995 (lacunes 1995-1999) |
| données horaires validées en temps différé | interpolation (spline cubique) des données à <b>10min</b> validées    | Depuis 1995                     |

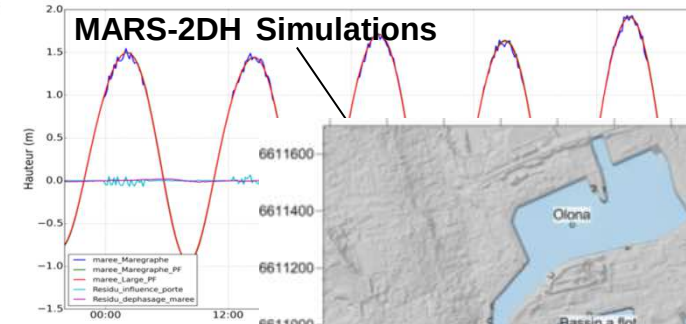
### 3- Sables d'Olonne: Filtrage des hautes fréquences

#### > Oscillations par beau temps?



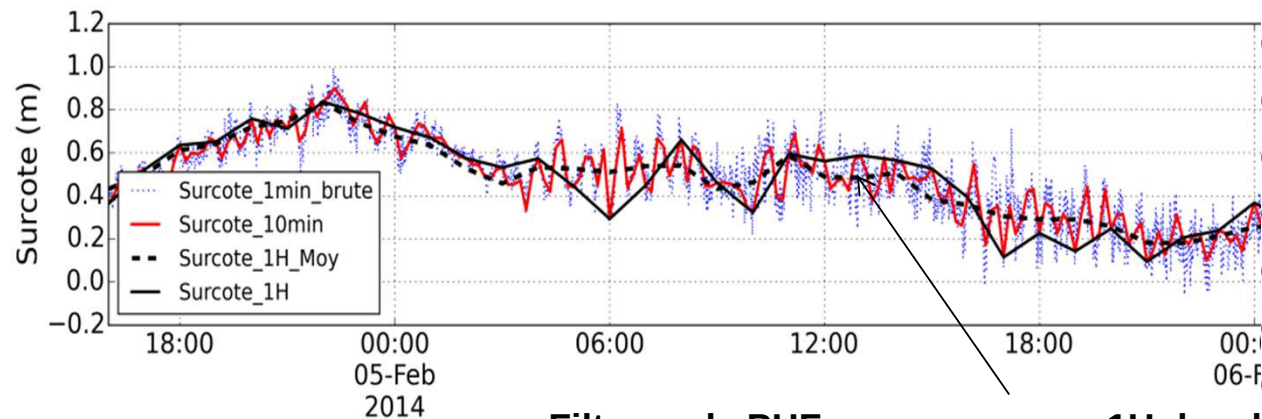
Oscillations:

- hauteur: 5 - 10cm
- Périodes: 11min, 30min



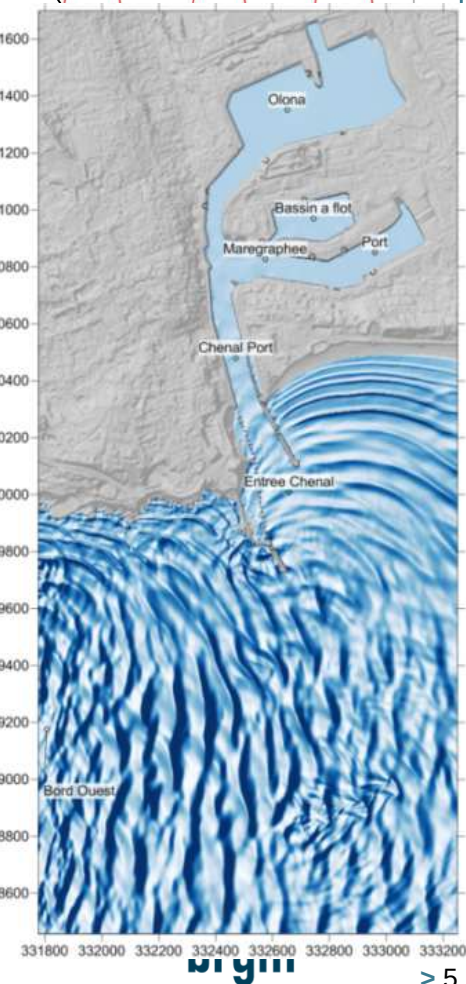
Perturbation des enregistrements par le fonctionnement de la porte de l'écluse

#### > Oscillations lors des tempêtes?



Filtrage de PHF: moyennes sur 1H des données

Surcote Obs= Surcote atmosphérique + Setup



## 4- Modélisation numérique

### > Tempêtes simulées

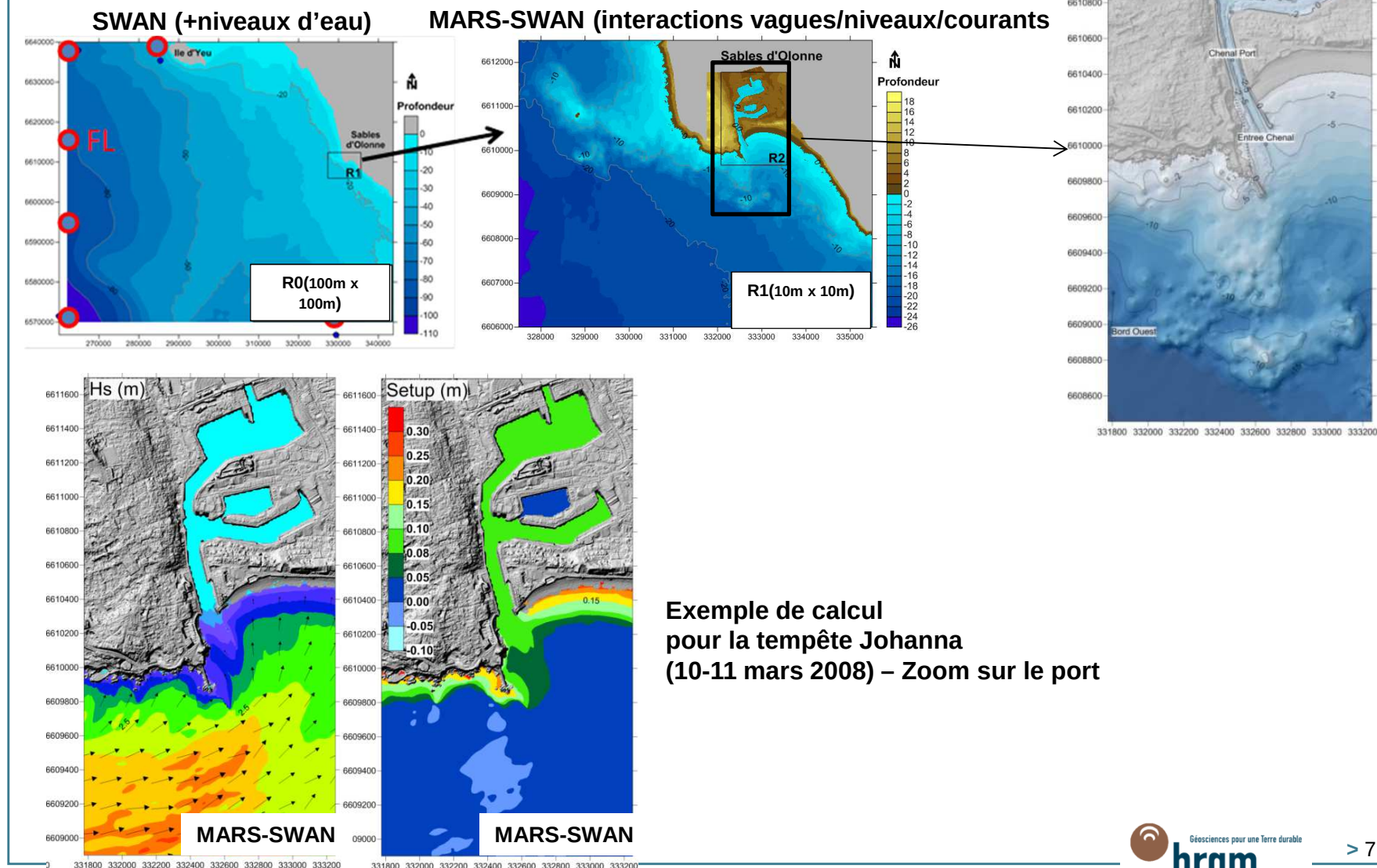
|                     | Fév. 1989           | MARTIN             | JOHANNA               | KLAUS         | XYNTHIA       | PETRA        | QUMAIRA       |
|---------------------|---------------------|--------------------|-----------------------|---------------|---------------|--------------|---------------|
| Tempête (pic)       | 25/02/1989          | 27/12/1999         | 10/03/2008            | 24/01/2009    | 28/02/2010    | 04/02/2014   | 07/02/2014    |
| Coef. de marée      | 77-73               | 83-77              | 106-104               | 58-63         | 102-108       | 94-87        | 48-42         |
| Vagues (Hs, Tp, Dp) | 10m, 17s, 270°-280° | 7m, 14s, 270°-280° | 6m, 10-11s, 260°-270° | 6m, 13s, 270° | 6m, 10s, 225° | 5m, 8s, 225° | 6m, 12s, 270° |

### > Données utilisées

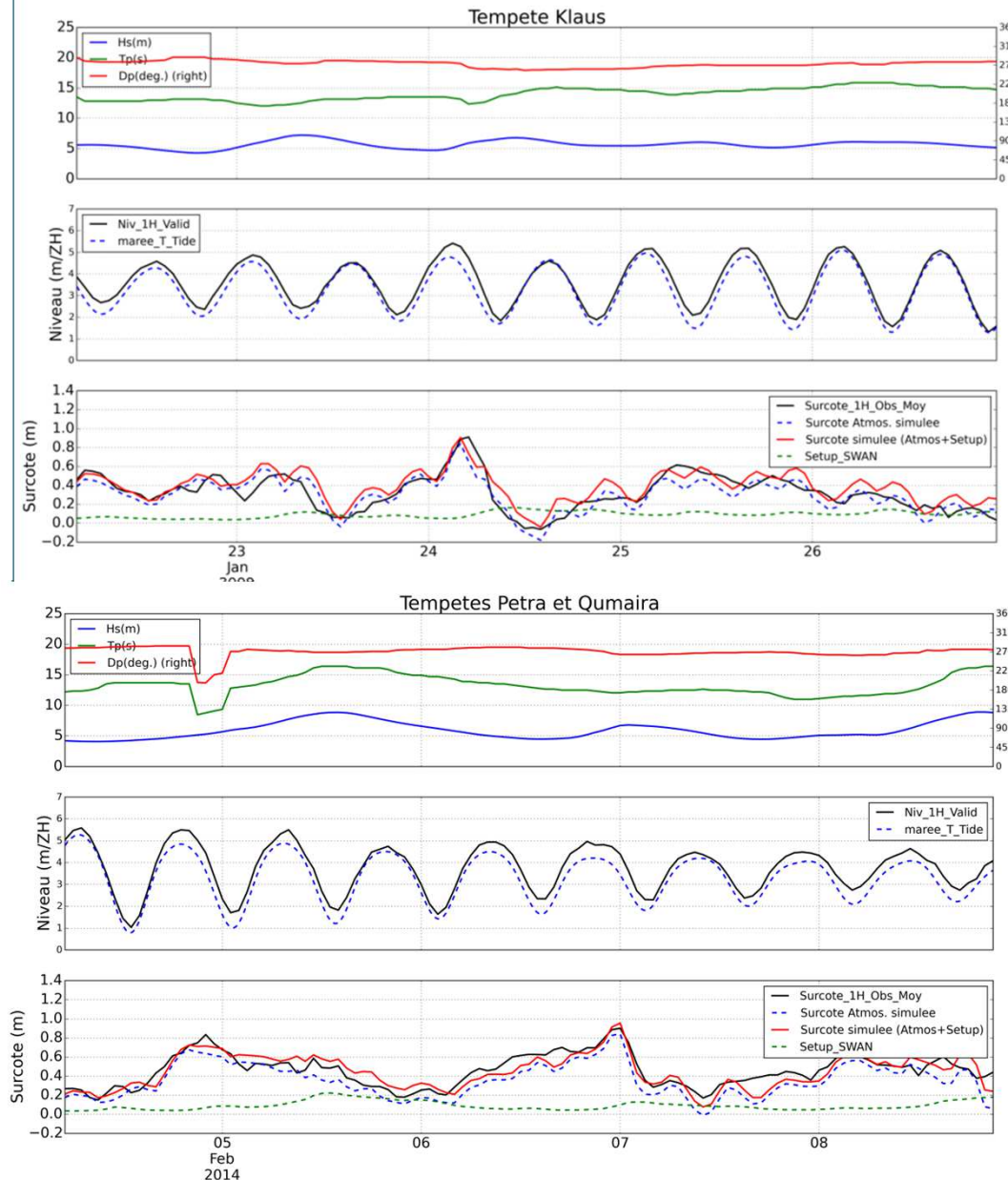
- Bathymétrie : Histolitt (SHOM), Lidar (RGE Alti IGN), SMF (Port Olona + CCI)
- Niveaux d'eau mesurés au port (REFMAR)
- Vagues: BOBWA-10km, IOWAGA(NORGASUG), Expertise Xynthia
- Surcote atmosphérique: BD-MARS30ans, Expertise Xynthia, PREVIMER

## 4- Modélisation numérique

### ➤ Emprises géographiques et chaîne de modélisation



## 5- Résultats modélisation du setup au niveau du marégraphe



- Max setup = 22 cm
- Pics setup et surcote ne sont pas concomitants
- Contribution du setup au pic de surcote observé: 6.6 à 11% (jusqu'à 11cm)
- Modulation du setup avec la marée
- Réduction du RMSE de 4-5cm (3/5)

## 6- Etablissement de la formule paramétrique du setup

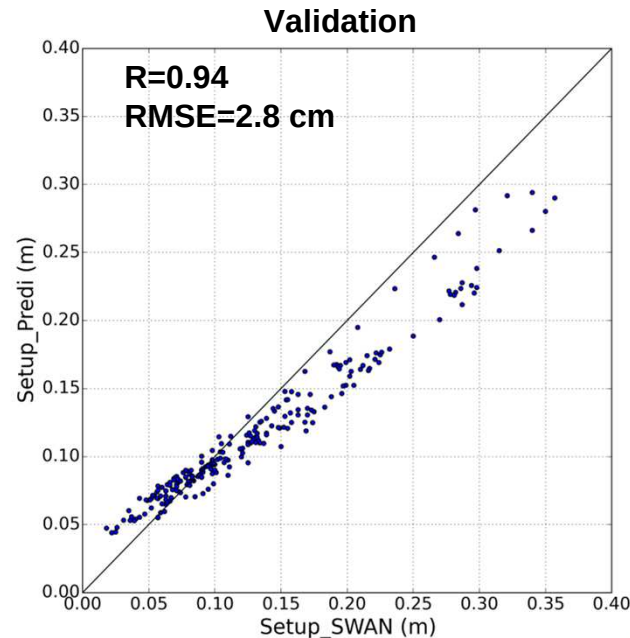
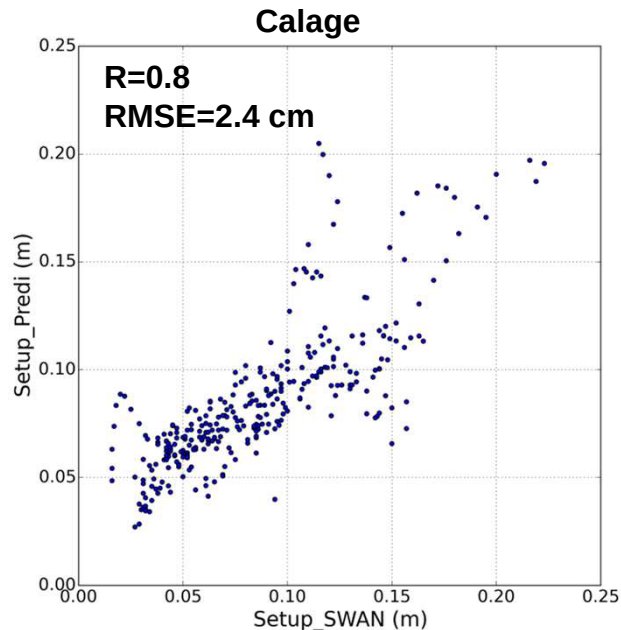
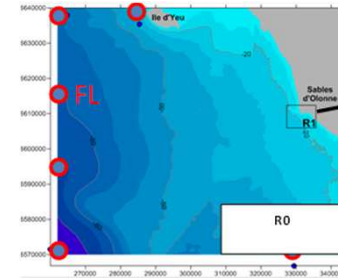
> ***Setup predict*** =  $a_0 + a_1 H_s^2 L - a_2 N$

> ***a0, a1 et a2:***

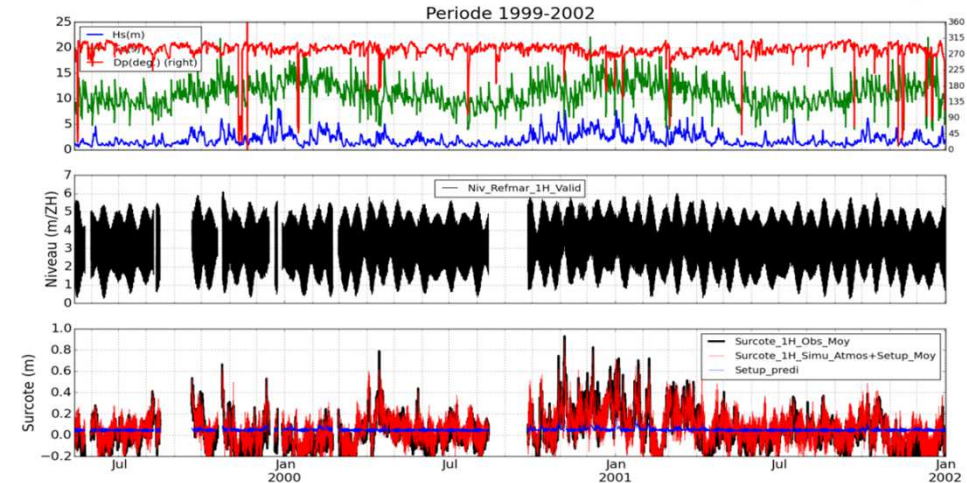
- déterminées à partir de l'estimateur des moindres carrés ordinaires (EMCO)
- sur 1 échantillon de 320 valeurs correspondant à 5 tempêtes

$$\text{Setup predict} = 0.0463 + 5.065e-06(H_s^2 L) - 0.0078N$$

> ***Validation: 2 tempêtes (229 valeurs)***

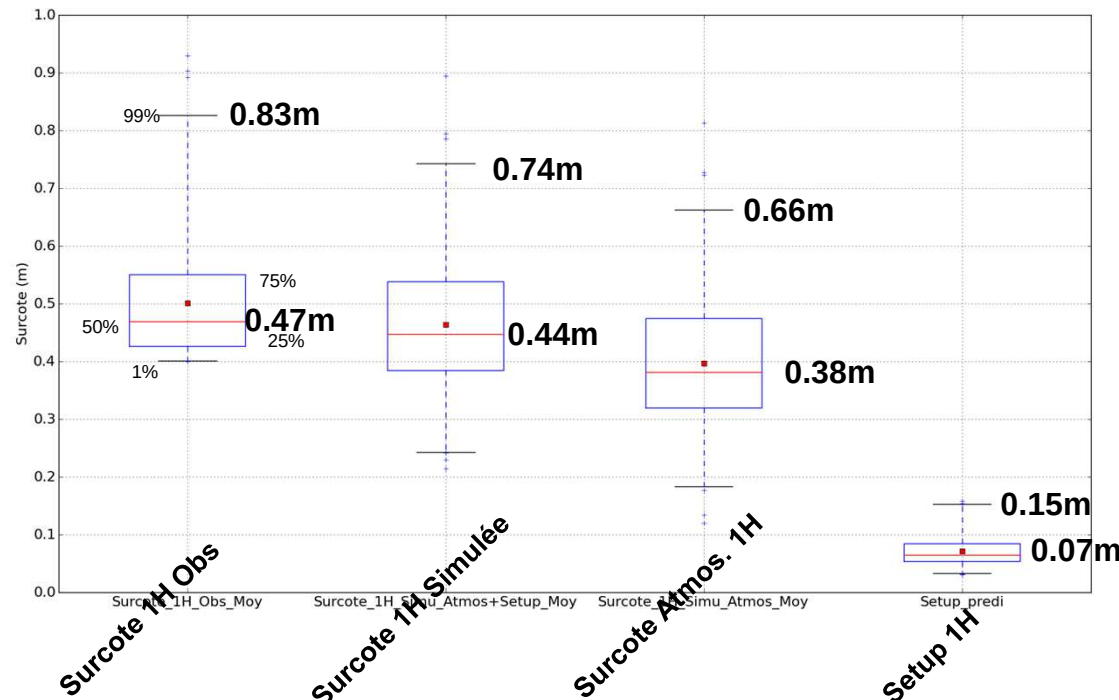


## 7- Application séries pluriannuelles



### > Distribution statistique

- Surcotes observées > 0.4m : 1999 - 2002



**Contribution du setup  
sur la distribution des  
surcotes extrêmes  
(99%)**

- 10%: série de 3 ans (observations)
- 8.5 %: série de 11 ans (simulations)

# Conclusions et perspectives

## > Nouvelle méthode de calcul du setup au niveau des marégraphes

- **Nombre limité de simulations vagues/hydro** (niveaux-courants) à haute résolution spatiale – Couteux en temps de calcul
- Résultats utilisés pour établir une **formule empirique du setup**
- Application à des **échelles pluriannuelles** (il n'y a plus de contrainte de temps de calcul)
- **Méthode transposable** à d'autres ports

## > Au marégraphe des Sables d'Olonne

- prise en compte du *setup* améliore le calcul surcotes (réduction de plusieurs cm à la dizaine de cm de l'erreur du pic des surcotes observées)
- Valeurs les plus importantes estimées : ~ 0,2 à 0,3m
- Le setup représente de 8.5% à 10% de la distribution statistique des surcotes extrêmes (99ème centile)

# Conclusions et perspectives

## > Améliorations

- Modélisation couplée vagues/hydro
- Sensibilité au nombre de tempêtes de référence
- Détermination de la formule empirique du setup (paramètres, méthodes de régression)

## > Impact du setup sur la distribution des surcotes et niveaux extrêmes (durée de retour: 1, 10, ..., 100 ans)?

# **Merci de votre attention**

