

# **Prévision des niveaux d'eau extrêmes: les effets des ondes infra-gravitaires et de l'érosion**

**Dano Roelvink<sup>1,2</sup>, Ap van Dongeren<sup>2</sup>, Maarten van  
Ormondt<sup>1,2</sup>, Robert McCall<sup>2</sup>, Johan Reijns<sup>1,2</sup>**

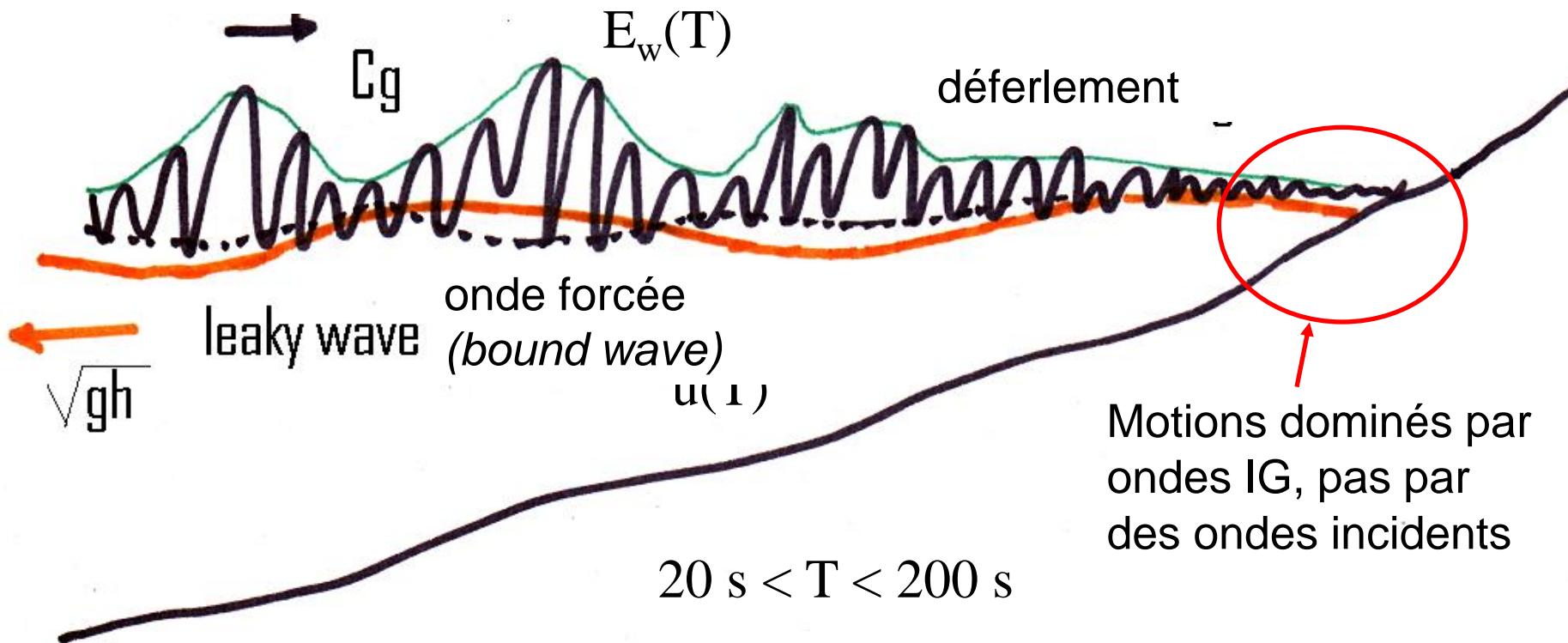
**<sup>1</sup>UNESCO-IHE, <sup>2</sup>Deltares**

**d.roelvink@unesco-ihe.org**

# Contents

- Résumé des ondes infragravitaires
- Érosion des dunes et debordage (*overwashing*)
- Modélisation: *surfbeat* vs non-hydrostatique (*wave-resolving*)
- Études en 2D de l'impact des ouragans
- *Runup* sur des plages
- Côtes de corail

# Principes - physique



# XBeach: motivation

- 2004 saison des ouragans a frappé la côte de Florida 4 fois
- Projet multi-millions MORPHOS3D pour développer nouveau système de modélisation pour évaluer les effets des impacts des ouragans
- Portée: vent – surcote – houles - **processus côtiers - impacts**
- Jouer des jeux ‘*what-if?*’ avec des projets du Corps of Engineers



Figure 1 Pre- and post hurricane Ivan, Perdido Key, Florida (source: USGS)

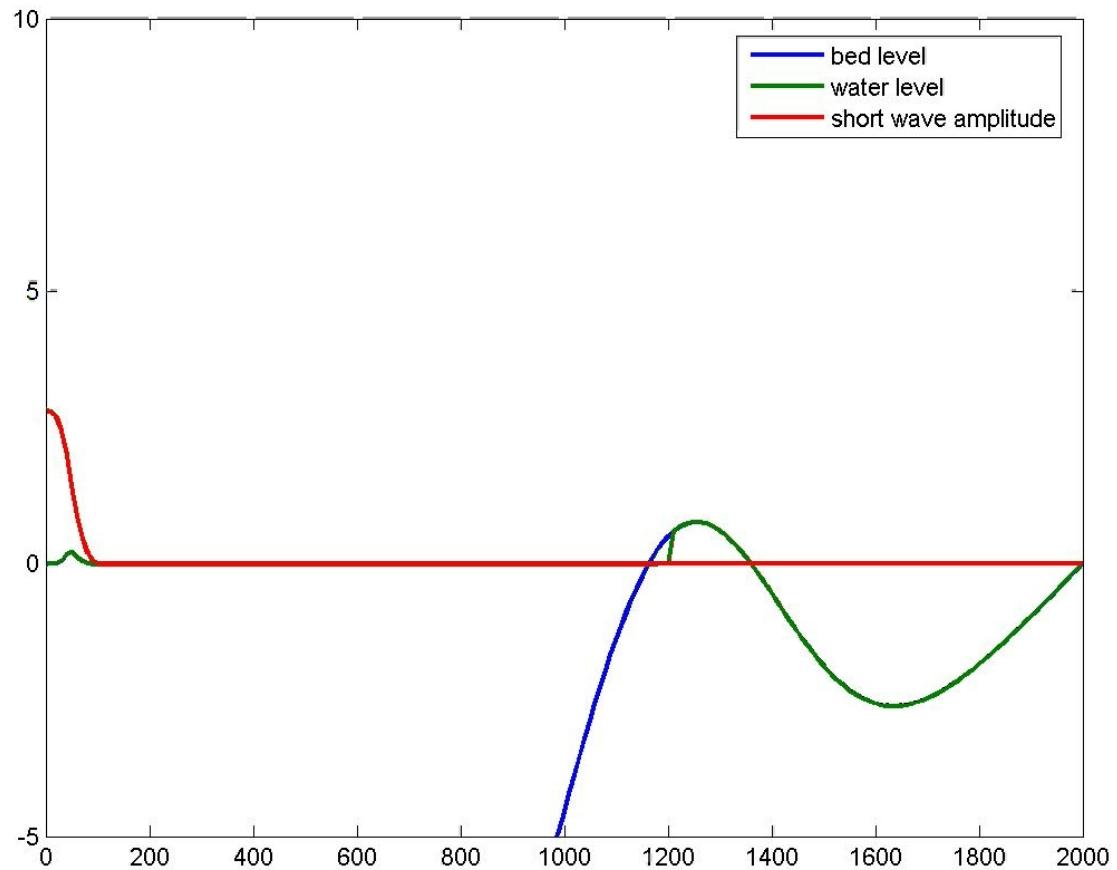
# XBeach - approche

- **Code *open source* librement distribué sur internet ([xbeach.org](http://xbeach.org))**
- **Facile à utiliser**
- **Moyenne les vagues courtes mais résout les ondes longues (IG)**
- **Simule la propagation de l'énergie des vagues courtes, les ondes IG et la morphologie dans le domaine temporel**
- **Motions de lèche (swash) et débordement (overwash)**
- **Régimes de collision, débordement, rupture et inondation capturés dans un seul modèle**
- **Domaine dehors zone de déferlement jusqu'à *backbarrier***
- **Forcé par conditions limites provenant de modèles de surcote et vagues spectrales**

# Propagation et dissipation de vagues courtes et longues combinées

Test de principe:

Débordement par ondes IG



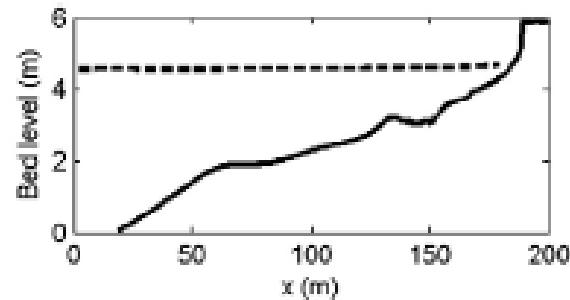
# Modelling storm impacts on beaches, dunes and barrier islands

Dano Roelvink <sup>a,b,c,\*</sup>, Ad Reniers <sup>c,d</sup>, Ap van Dongeren <sup>b</sup>, Jaap van Thiel de Vries <sup>b,c</sup>, Robert McCall <sup>b,c</sup>, Jamie Lescinski <sup>b</sup>

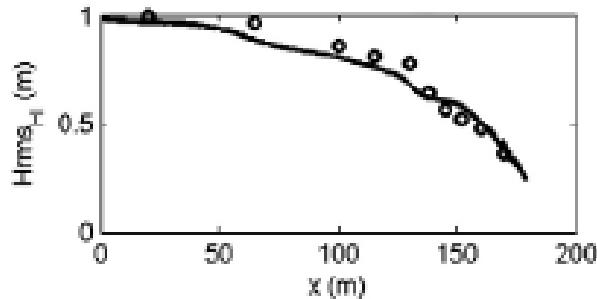
- Coastal Engineering 2009
- Décrit le modèle XBeach et nombre d'études de validation
- Fait un effort de quantification du pouvoir (*skill*) et de trouver une combinaison unique des coefficients du modèle ('factory settings')
- Montre l'importance des vagues longues IG

# Exemple: tests LIP11D Delta Flume

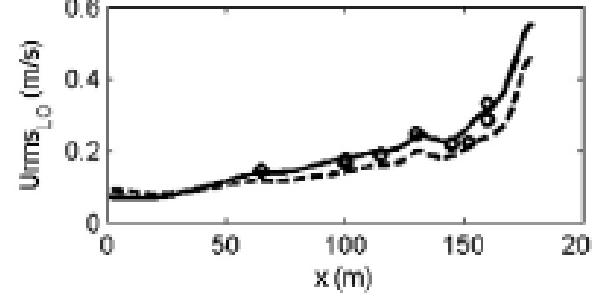
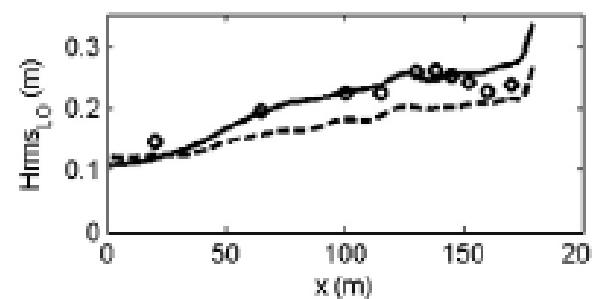
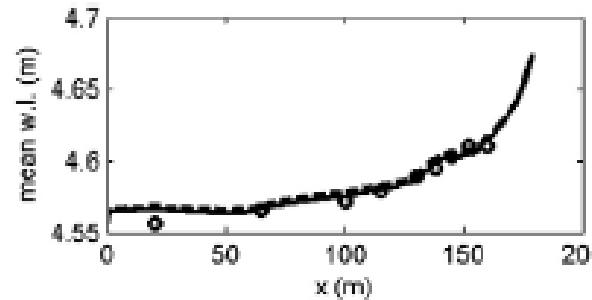
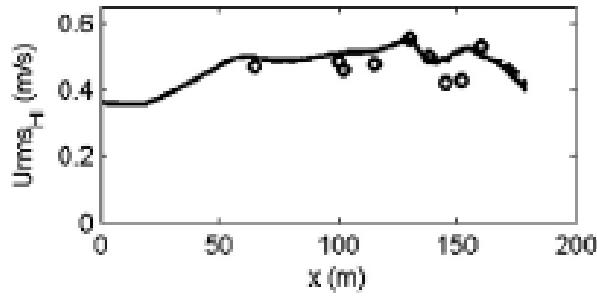
Beach profile



Short wave height



Short wave orbital velocity

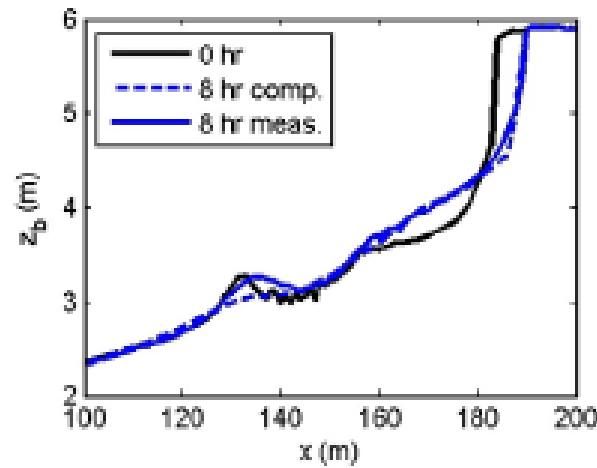
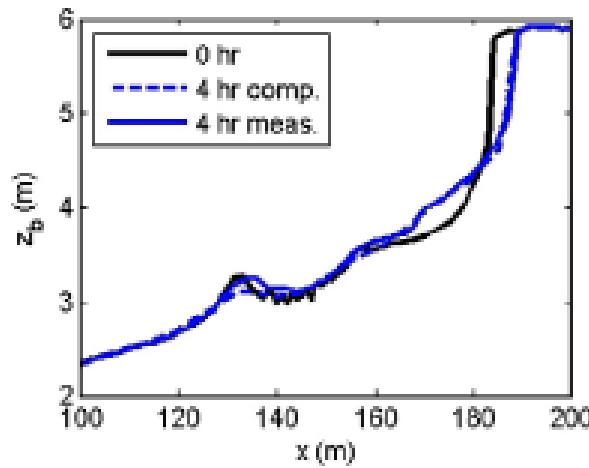
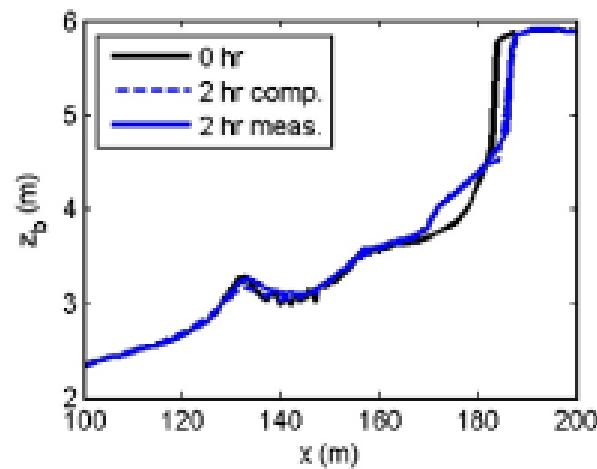
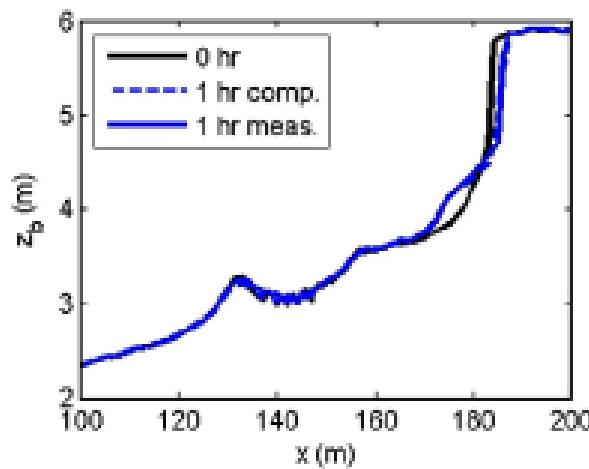


Wave setup

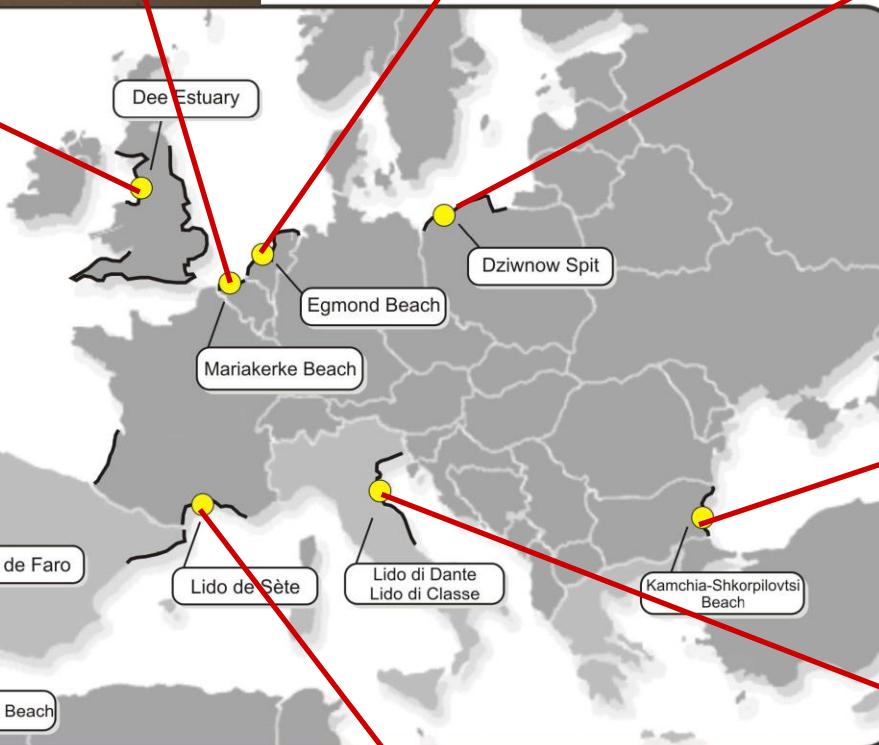
Long wave height

Long wave orbital velocity

# Développement du profil



# MICORE.EU





Case Studies > Case study sites

---

## ABOUT RISC-KIT

---

---

## PROJECT STRUCTURE

---

---

## CASE STUDIES

---

---

## CONSORTIUM

---

---

## MANAGEMENT STRUCTURE

---

---

## PROJECT RESULTS

---

---

## MEDIA CENTRE

---

---

## RELEVANT LINKS

---

---

## GALLERY

---

---

## GLOSSARY

---

---

## EVENTS

---

---

## NEWS

---

<

September 2014

>

## CASE STUDY SITES

### European Case Studies



- Bocca Di Magra (IT)
- Kiel Fjord (DE)
- Kristianstad Municipality (SE)
- La Faute Sur Mer (FR)
- North Norfolk (GB)
- Porto Garibaldi (IT)
- Ria Formosa (PT)
- Tordera Delta (ES)
- Varna (BG)
- Zeebrugge (BE)



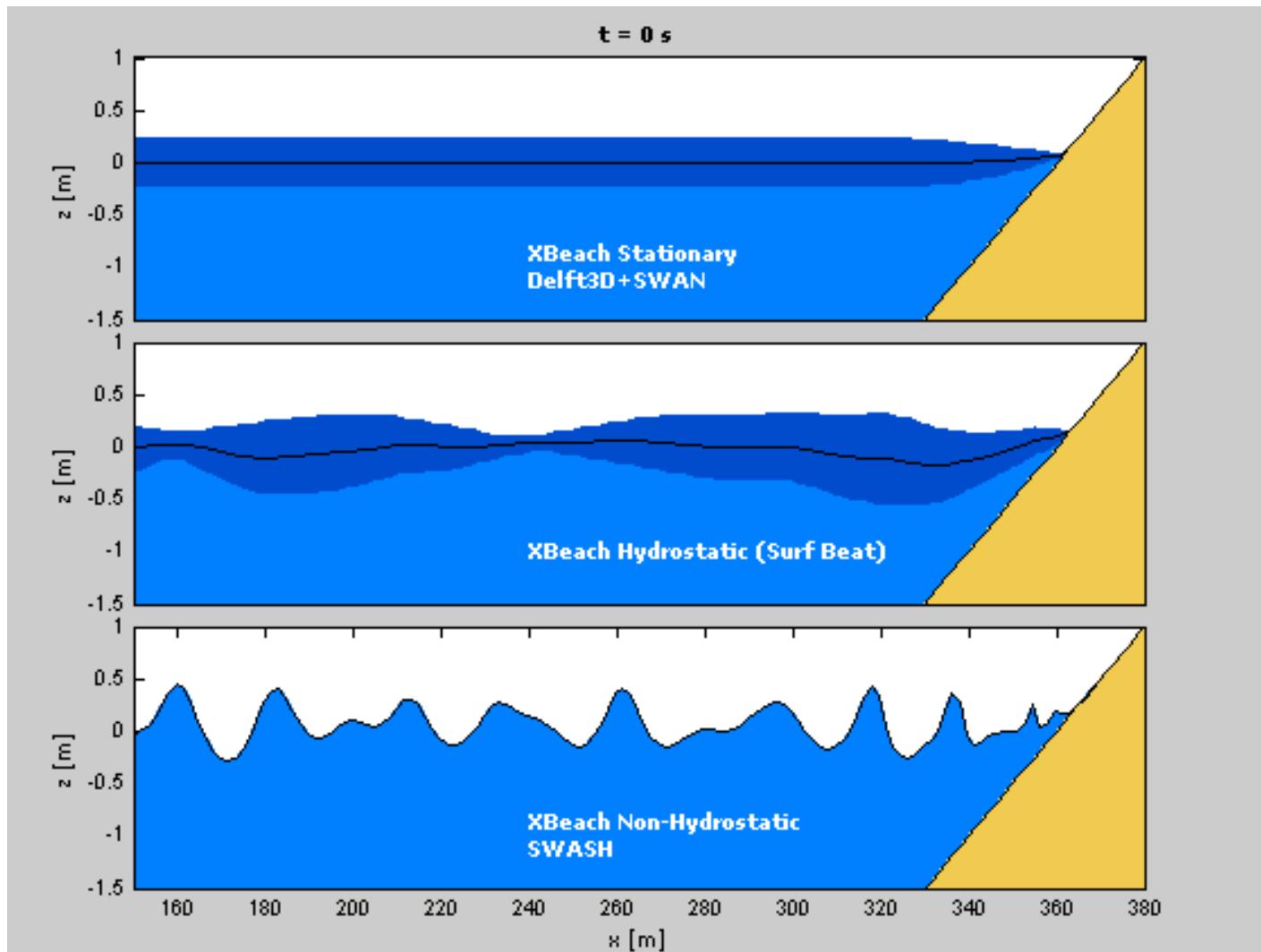
# XBeach

## Mode *surfbeat*

- Moyenne les vagues courtes
- Balance d'action des vagues plus NSWE
- Lèche (*swash*) en bande incidente band négligée
- *Skewness et asymmetrie parameterized*
- Dano Roelvink et al. (2009). Modelling storm impacts on beaches, dunes and barrier islands. Coastal Eng, Vol 56, Issues 11-12, Nov 2009, Pages 1133-1152.

## Mode *non-hydrostatique*

- Résout les vagues courtes
- NSWE plus correction de pression non-hydrostatique
- Lèche (*swash*) en bande incidente résolue
- *Skewness et asymmetrie resolues*
- version 1-couche de SWASH
- Marcel Zijlema et al. (2011). SWASH: An operational public domain code for simulating wave fields and rapidly varied flows in coastal waters. Coastal Eng, Vol. 58, Issue 10, Oct 2011, Pages 992-1012.



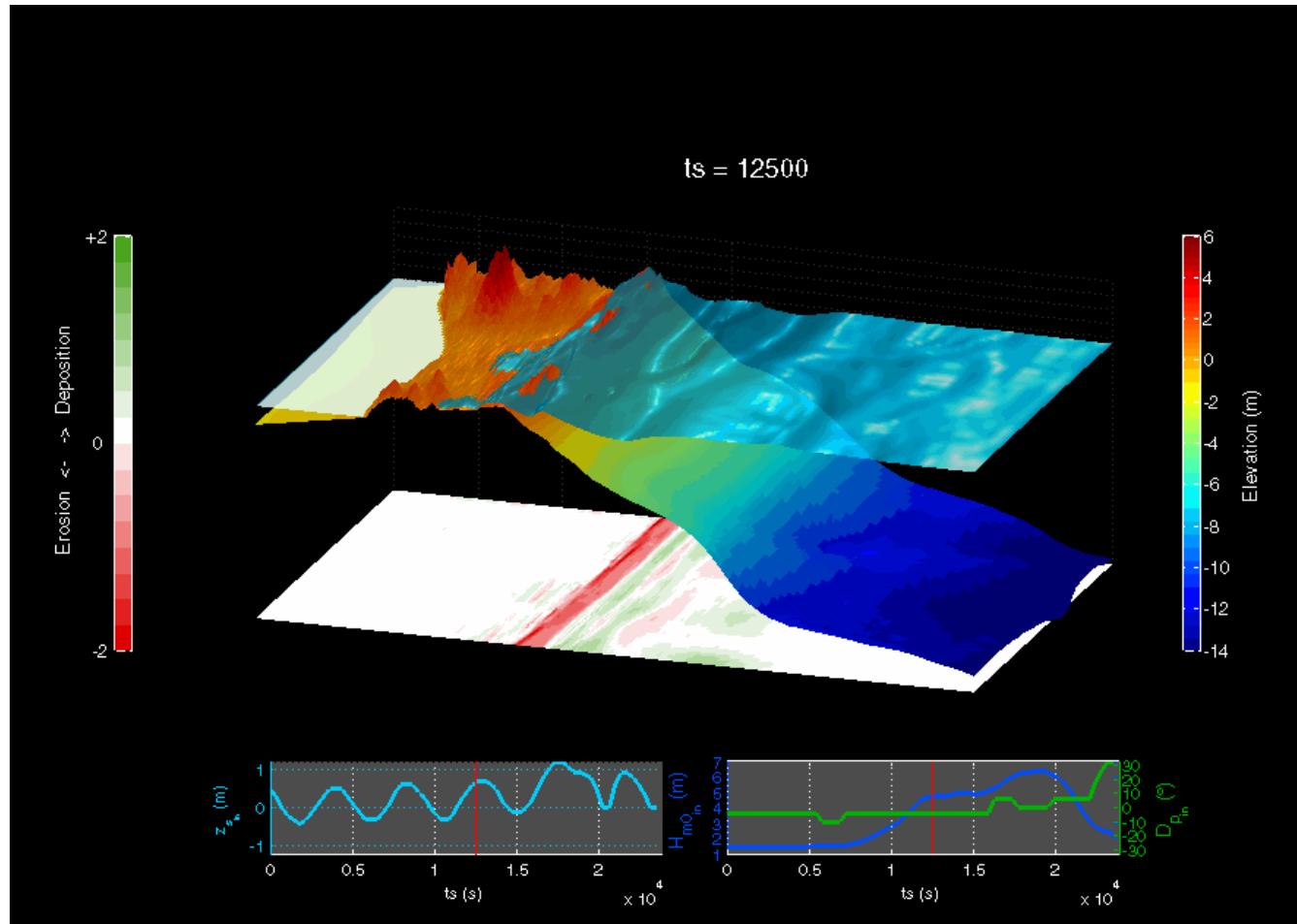
# Overwash case: Santa Rosa Island

Hurricane Ivan: 16 September 2004



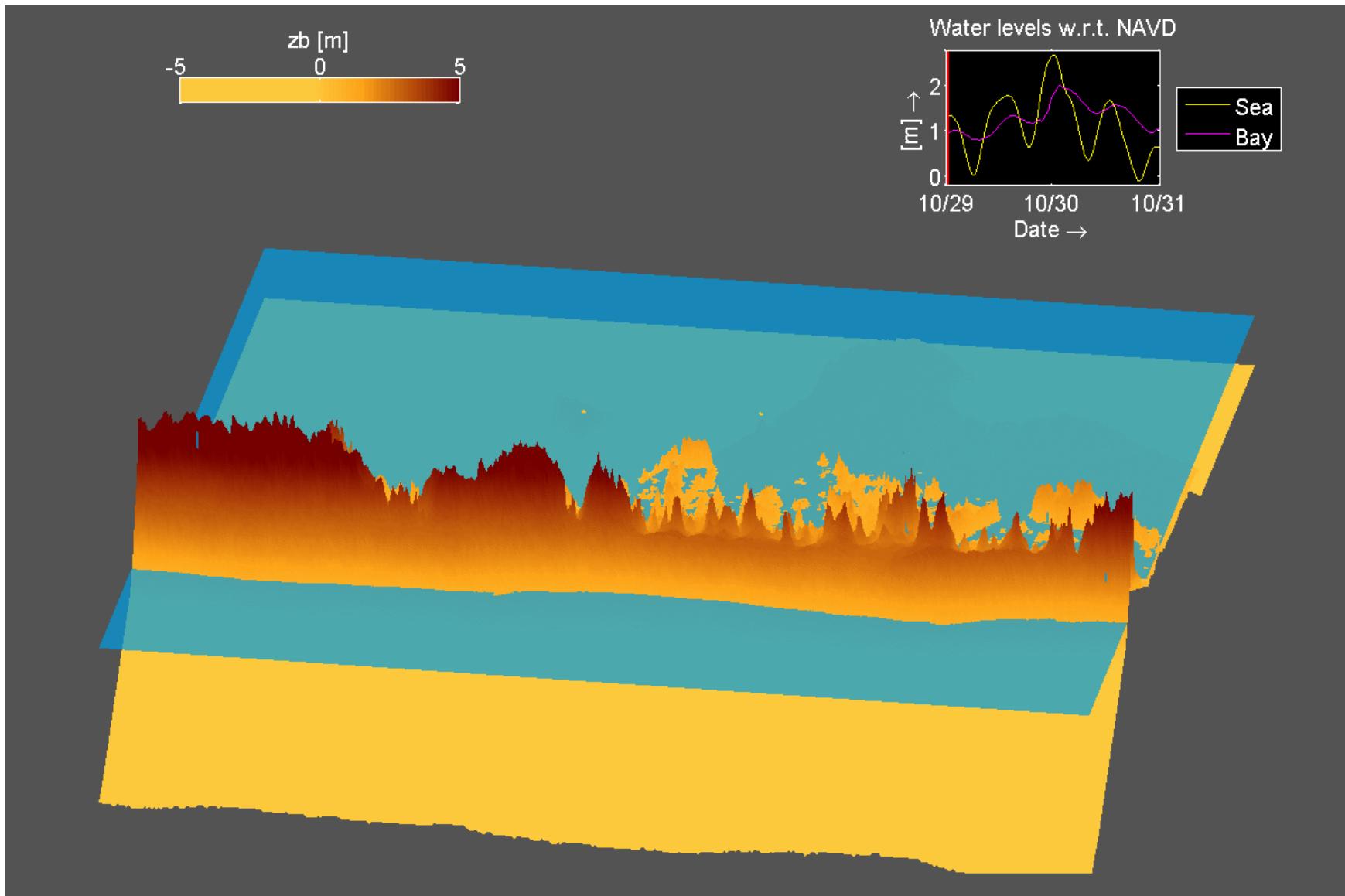
# Overwash case: Santa Rosa Island

Robert McCall, Dave Thompson



# Fire Island

## Lodewijk de Vet



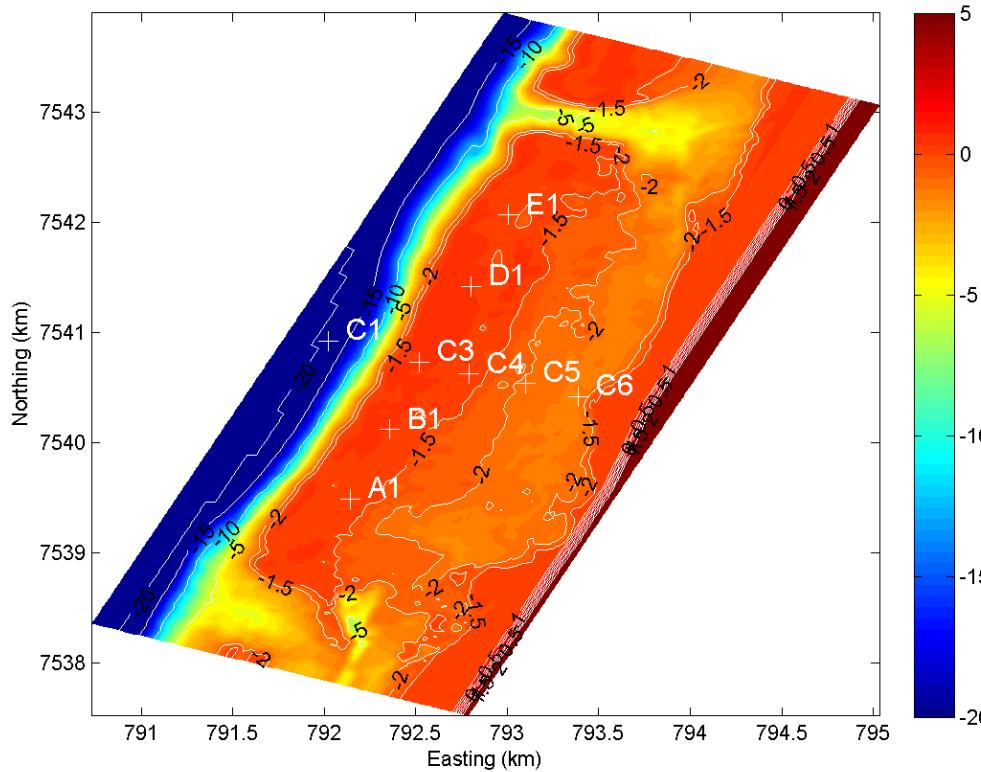
# Modélisation des ondes IG à Ningaloo

- Vagues déferlants et motions induits par des ondes sur un récif détruisent et déplacent matériel de récif, transportent matériaux et nutriments ainsi que des larves et autres organismes
- Hydrodynamique sur les récifs peu étudié
- Études récentes montrent la dominance des motions IG



# Instrument array and wave data

Ryan Lowe, UWA



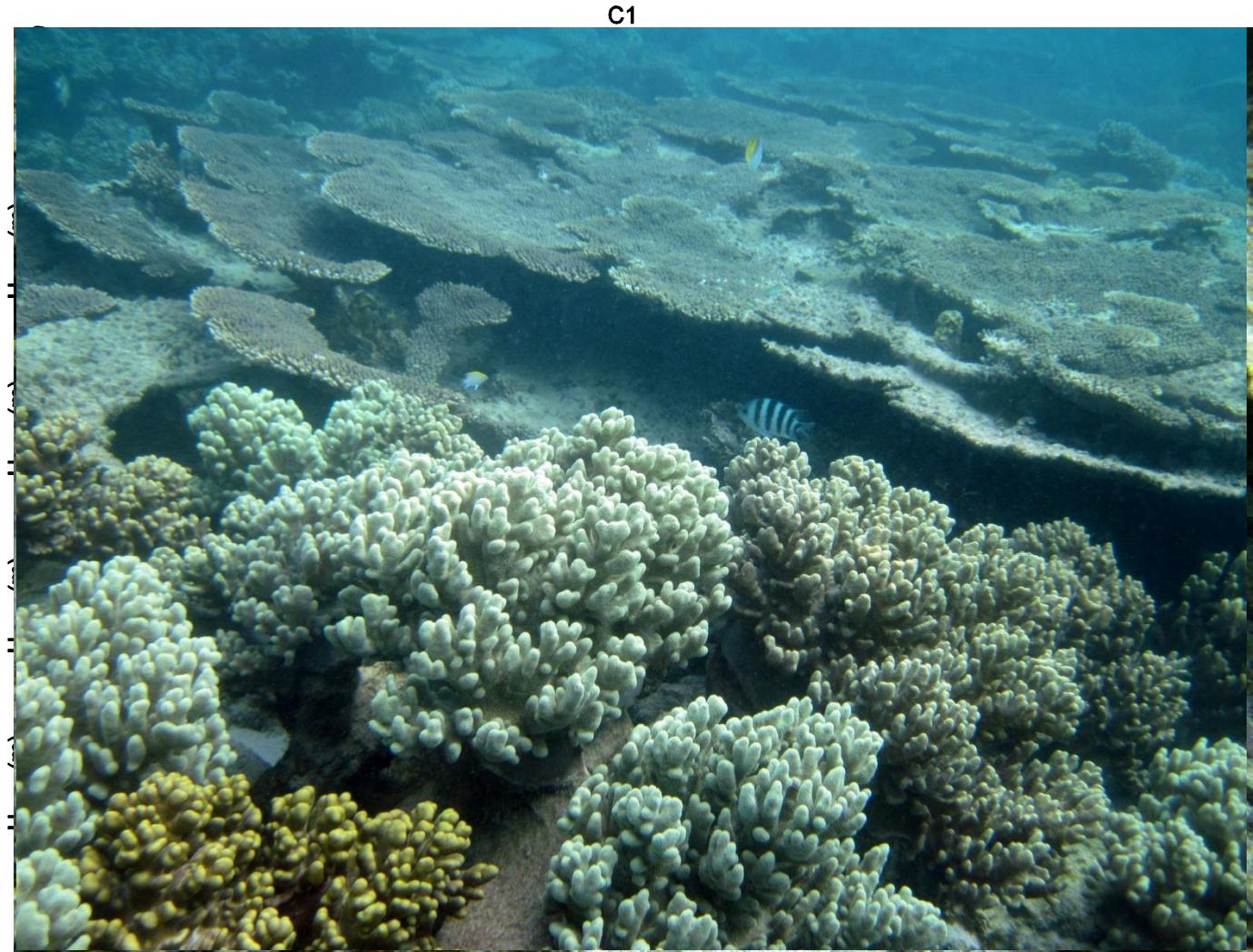
**swell energy decays rapidly, IG motions pick up  
and dominate spectrum**

# Model (red)-data (black) comparison (swell)

rapid swell wave  
height decay  
from C1 to C3

swell variance on  
reef well  
predicted.

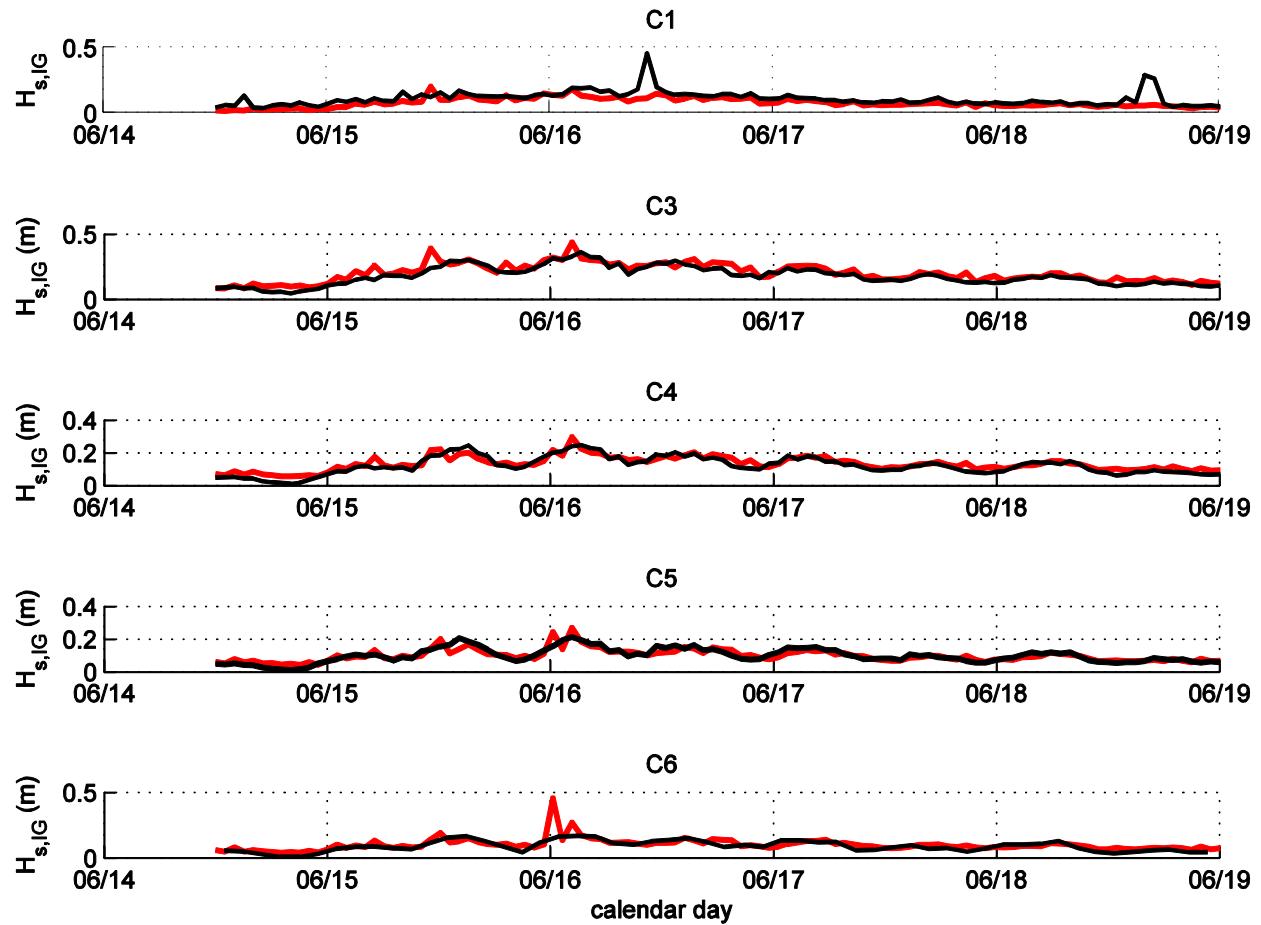
very high bed  
friction  
dominates



# Model (red)-data (black) comparison (IG)

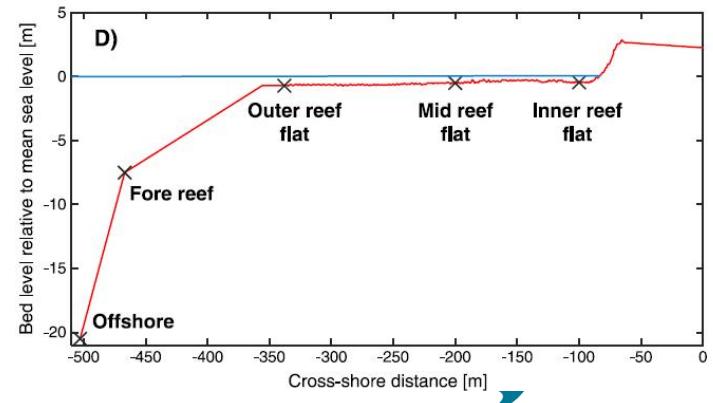
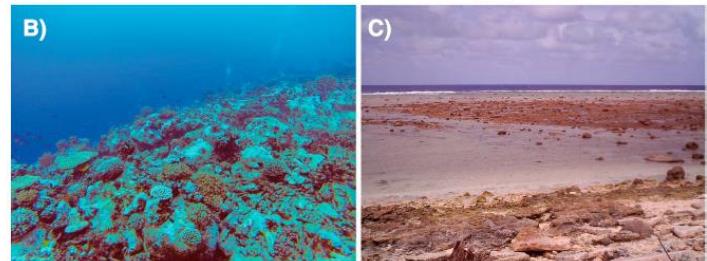
IG wave height response well predicted across the reef.

IG wave heights are larger than swell wave heights.



# Roi Namur, Republic of Marshall Islands

- Small atoll in Pacific Ocean
- Reef fall dry during low tide and is relatively smooth
- Island experiences wave events with flooding
- Flooding causes damage and infiltrates drinking water supply



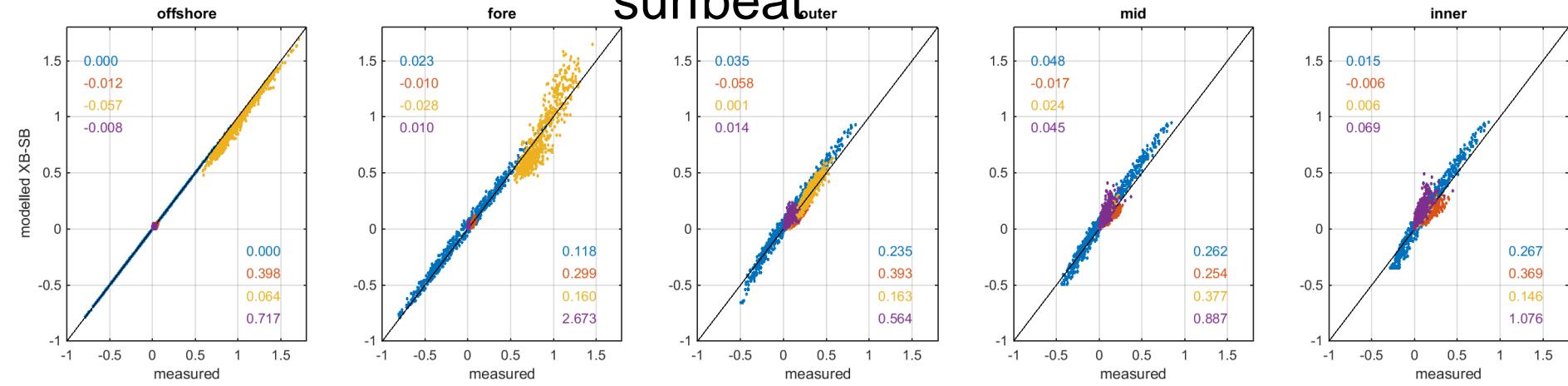
# Wave runup on Roi Namur, Marshall islands.

- Photos: Curt Storlazzi, USGS

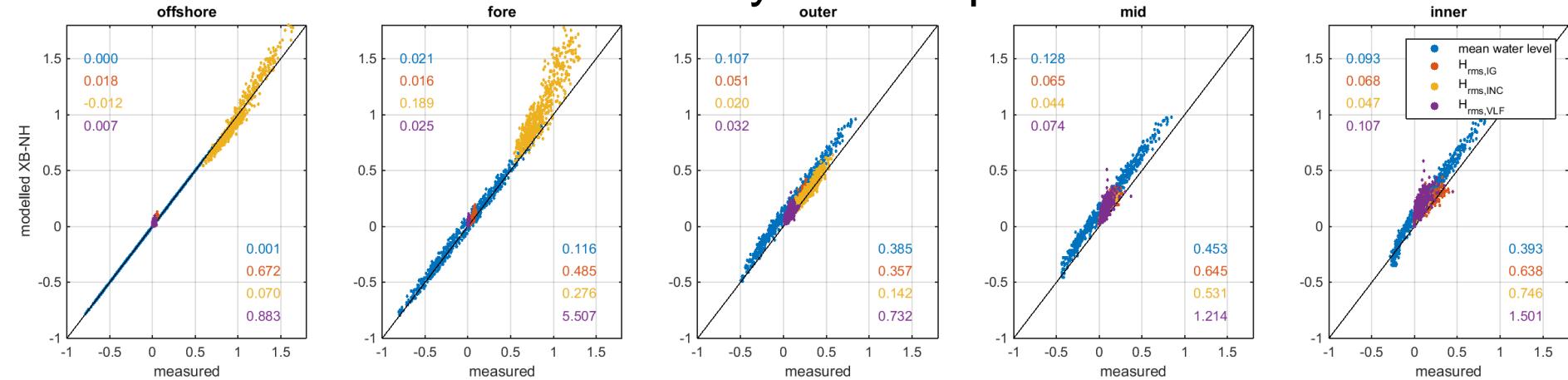


# Scatterplots MWL, Hm0 inc/IG/VLF for XB-SB&NH

surfbeat



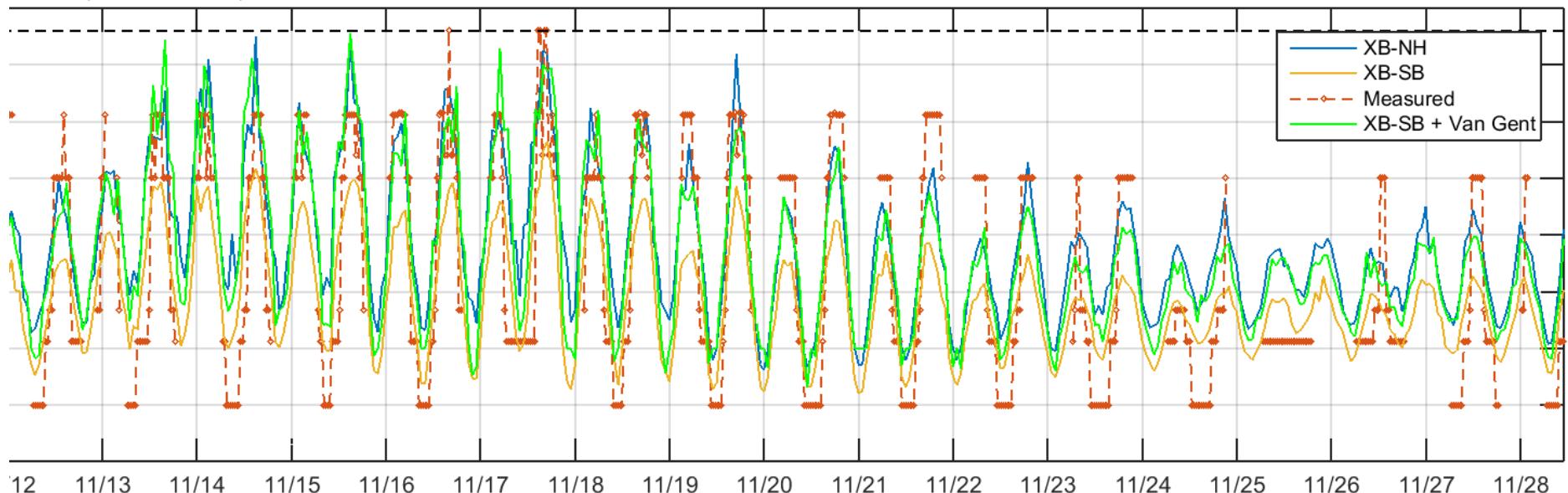
non-hydrostatique



To be published as Quataert et al, ICCE2016

# Runup mesuré, surfbeat et non-hydrostatique

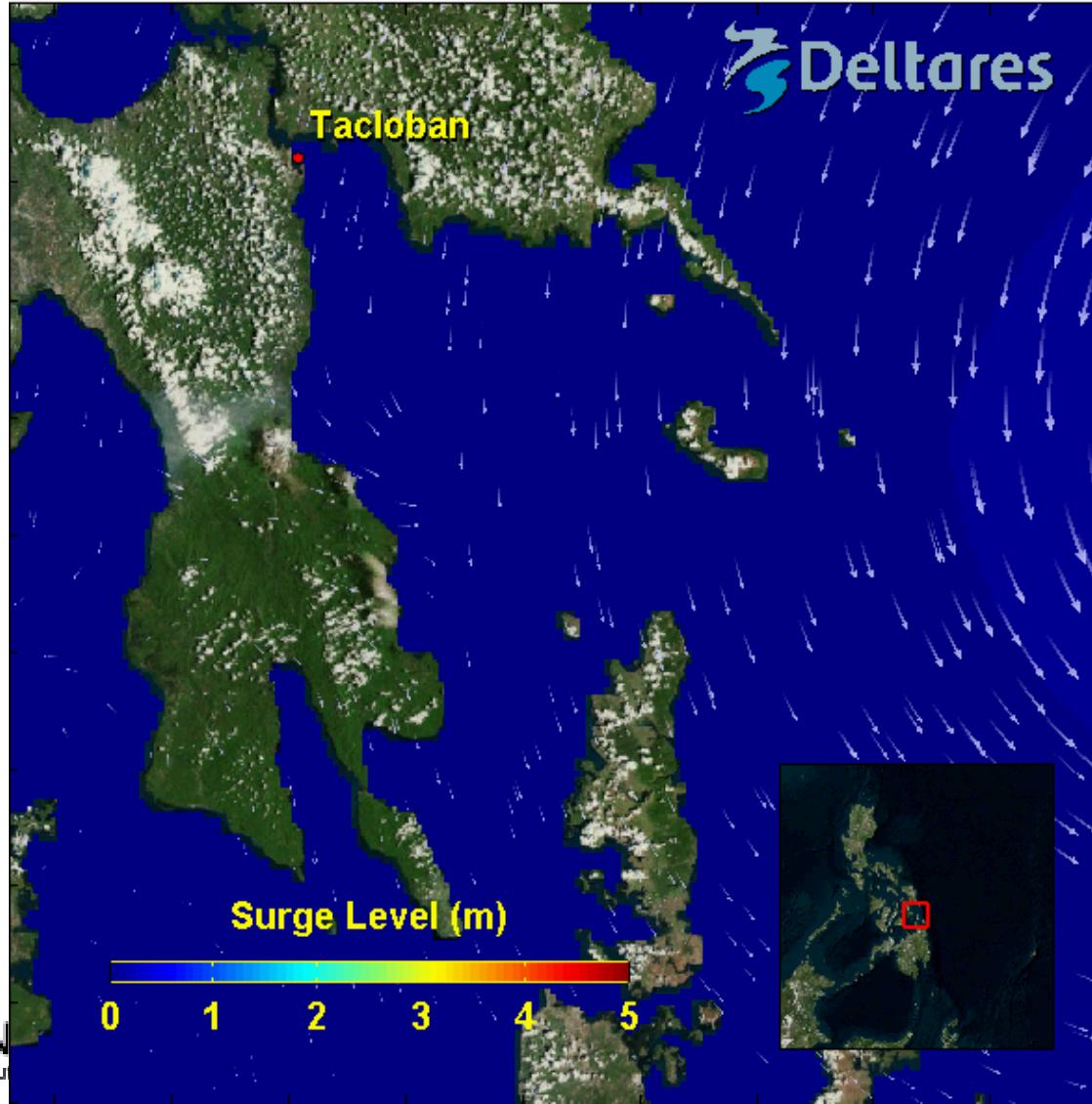
$c_{f,\text{fore}} = 0.01$ ,  $c_{f,\text{flat}} = 0.005$  and  $f_w = 0.3$ , BC = Jonswap





# Leyte Gulf surge

Super Typhoon Haiyan making landfall near Tacloban, Philippines

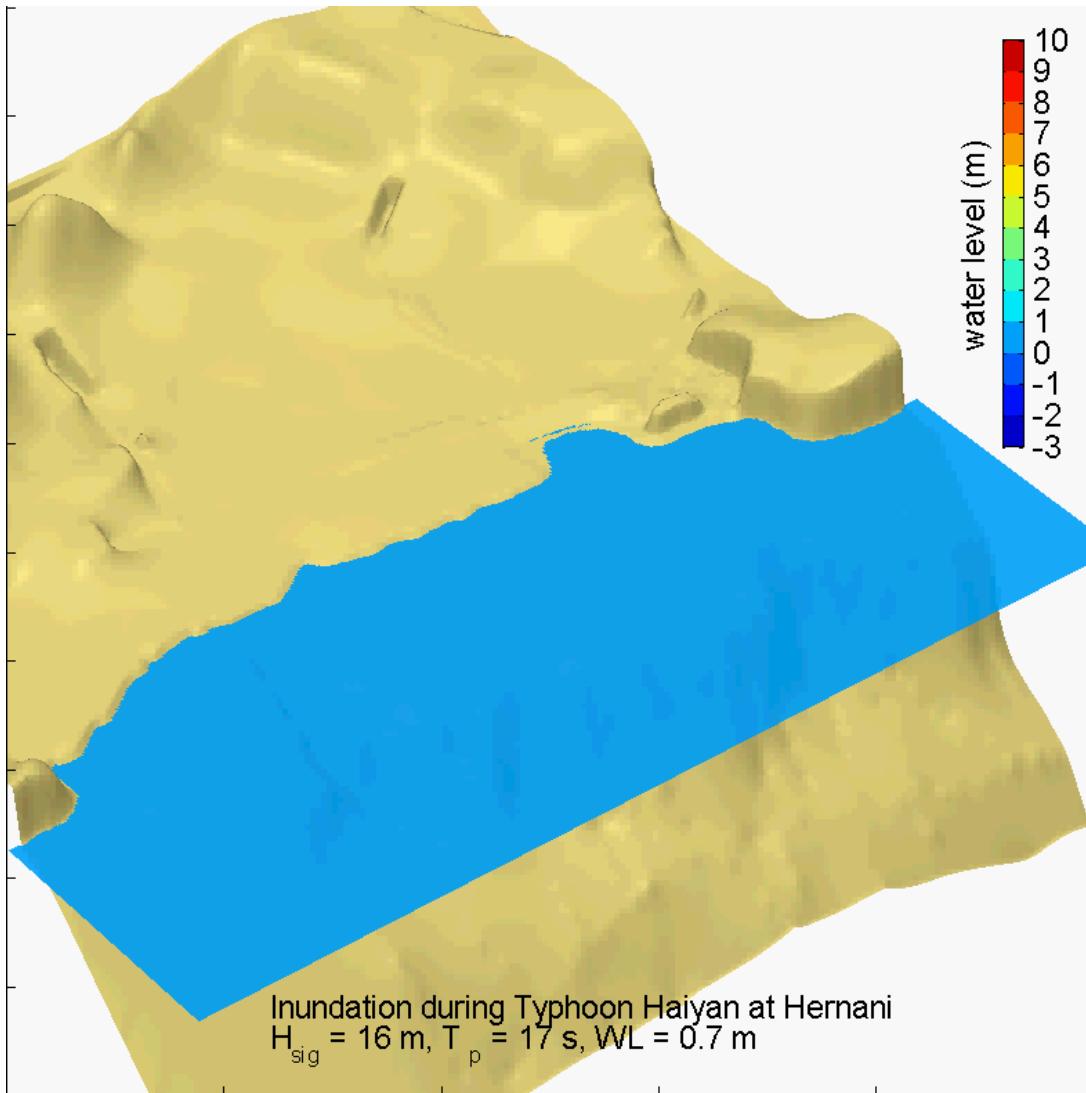


# Hernani, côte est Philippines, Haiyan



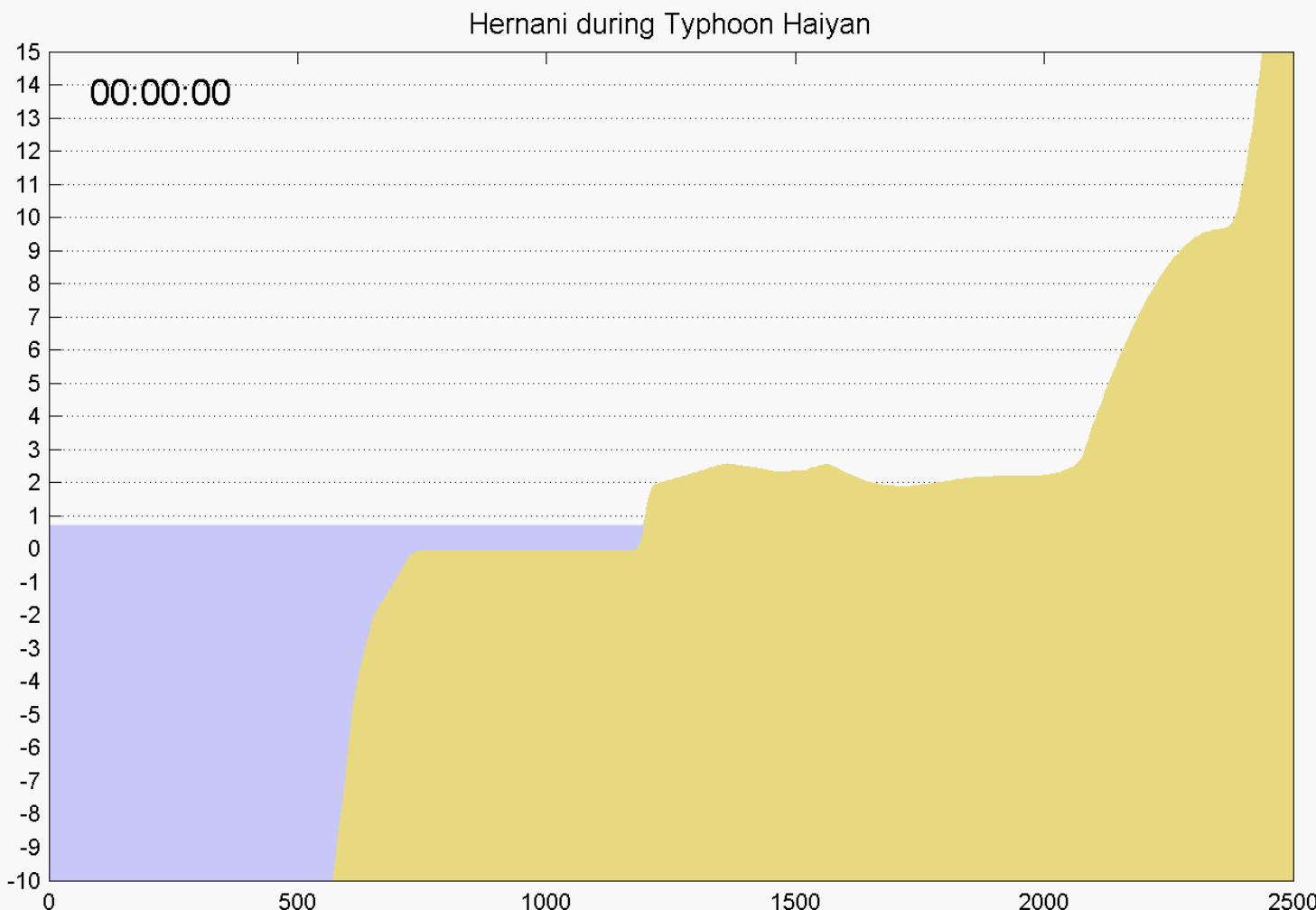
# Hernani Xbeach model, super typhoon Haiyan

Maarten van Ormondt (Deltares)

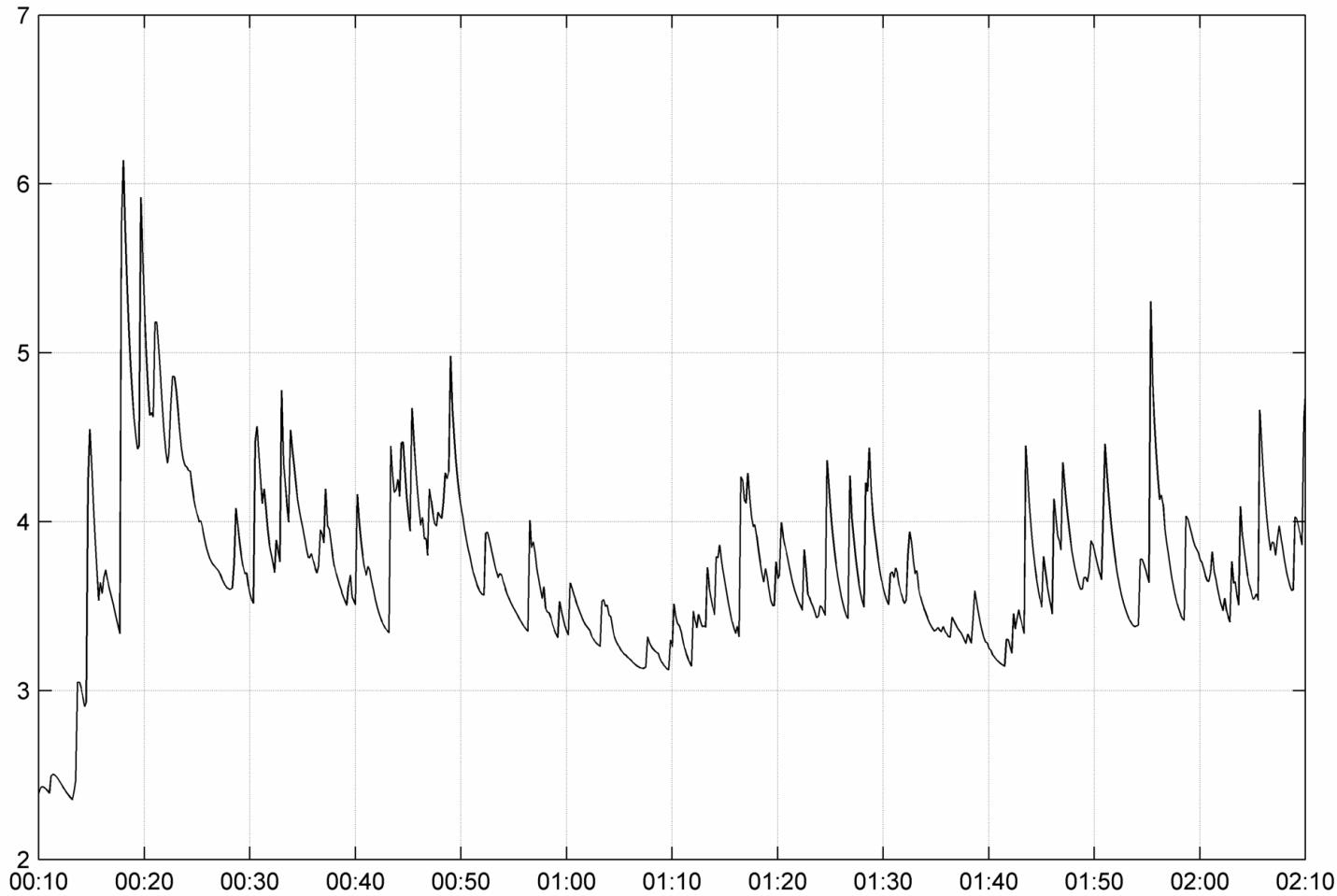


- XBeach
- Non-hydrostatic mode
- Peak of the storm
- Offshore water level: 0.7m, ~0.25m surge
- Offshore Hs 15 m

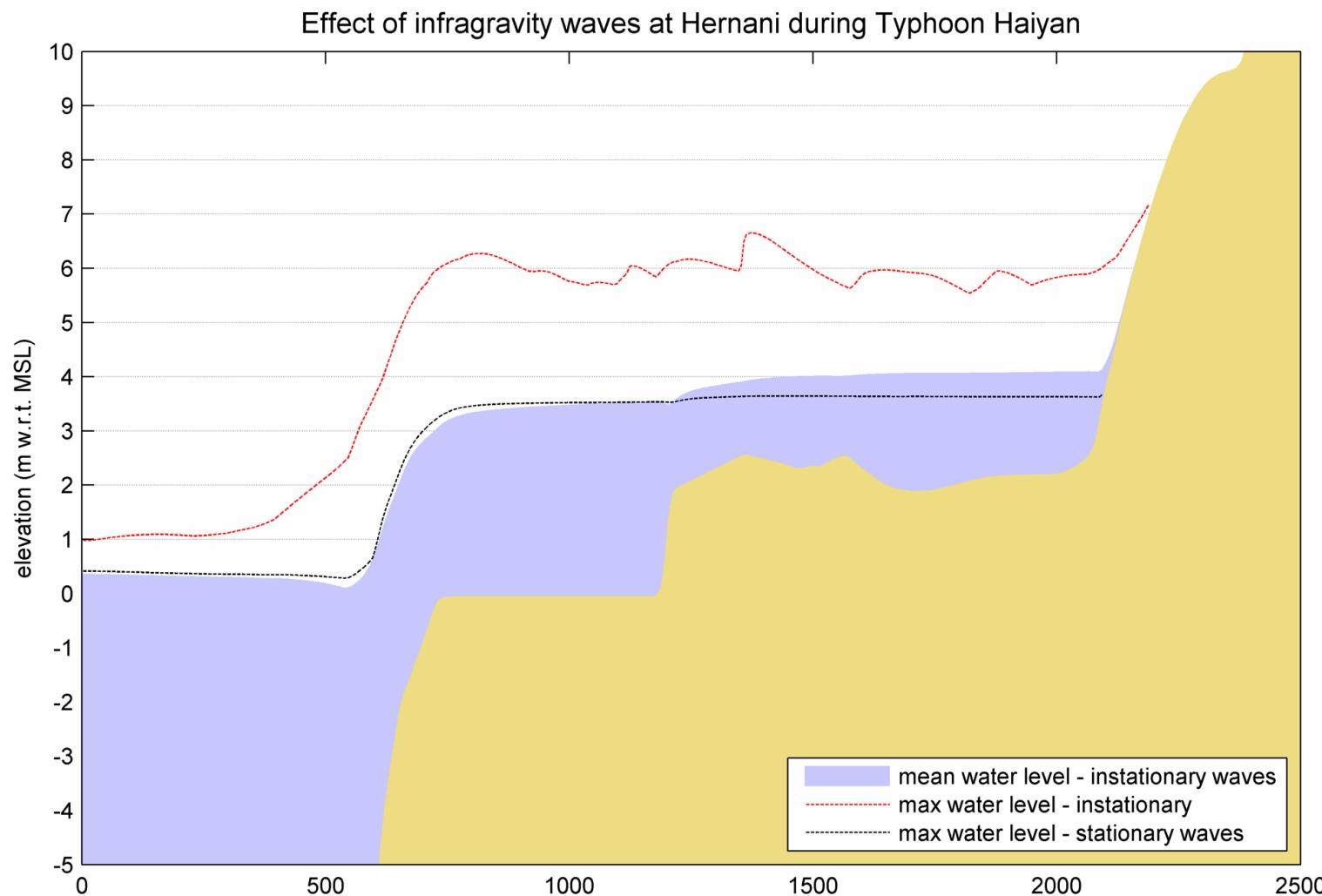
# Xbeach Hernani (profile)



# Hernani niveaux de l'eau



# Effect of infragravity waves at Hernani

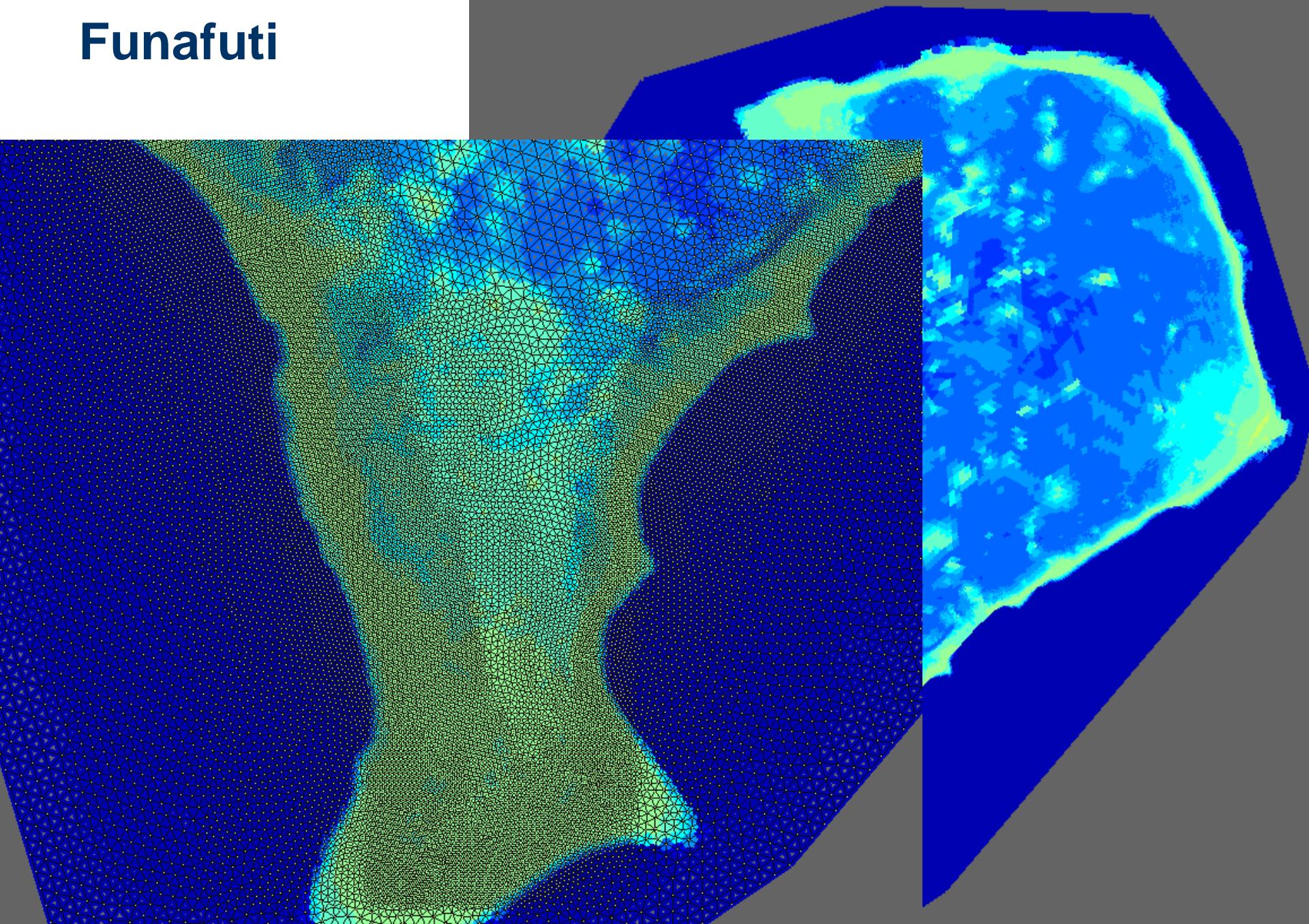


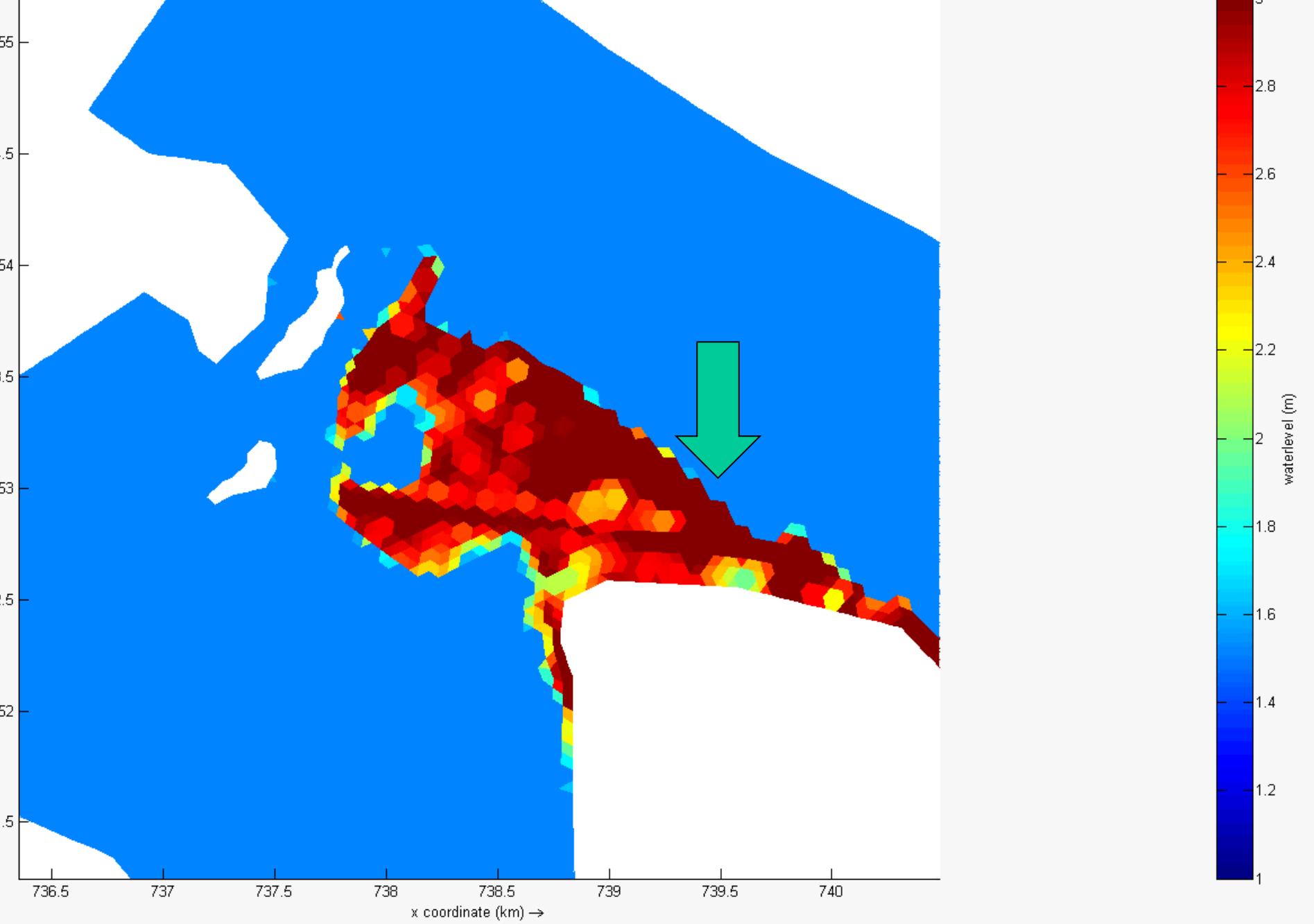
# Formulismes XBeach en Delft3D-FM (*flexible mesh*)

## Johan Reyns (UNESCO-IHE)

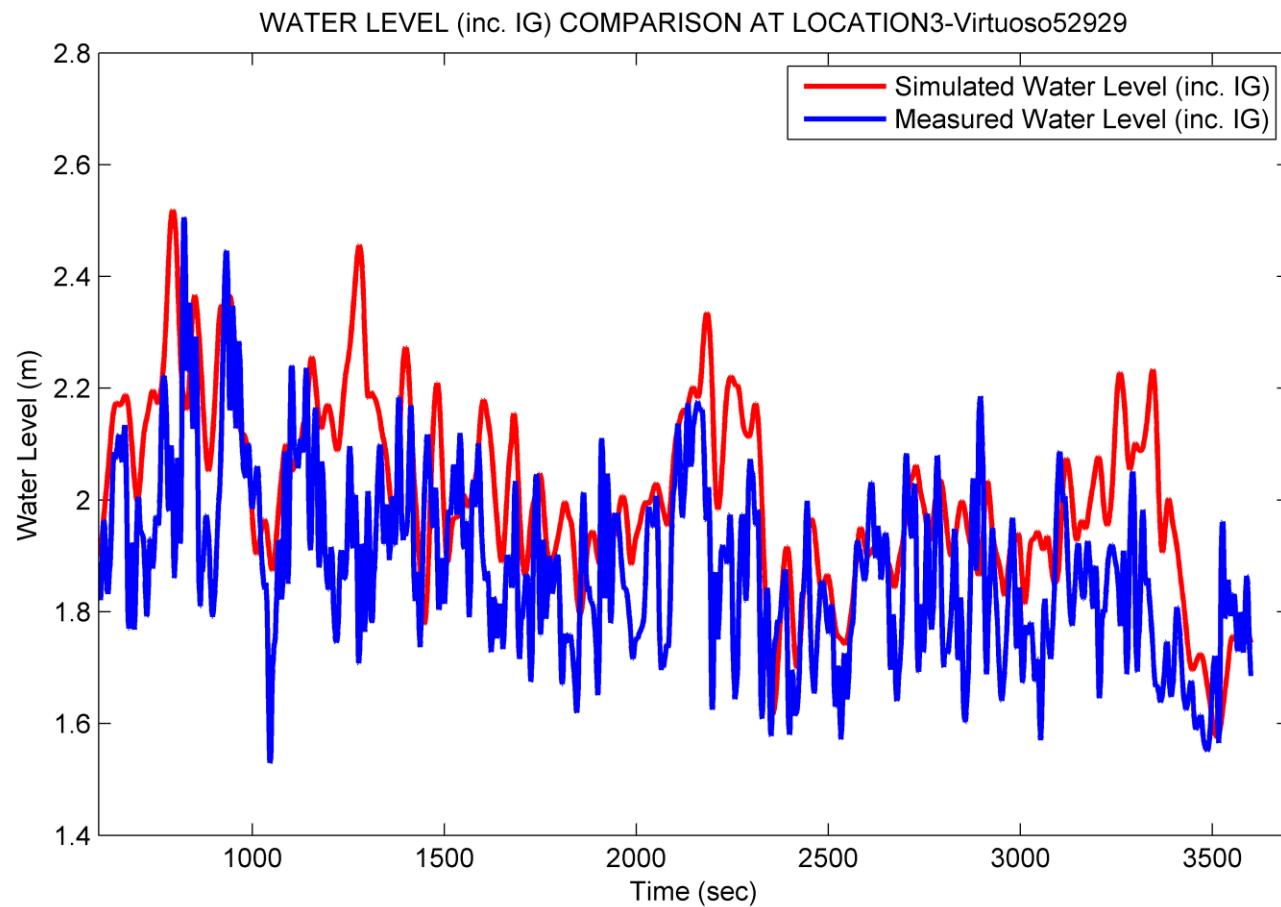
- **Regions larges et complexes comme Funafuti: maillage non-structuré la seule solution**
- **Domaine trop large pour utiliser l'approche non-hydrostatique**
- **Implementation Xbeach *wave driver* utilisant le solveur de transport en Delft3D-FM**
- **Ideale pour des atols avec lagon, frappé par des houles de toutes directions.**
- **Travail commissionné par SPC, Fidji**

# Funafuti



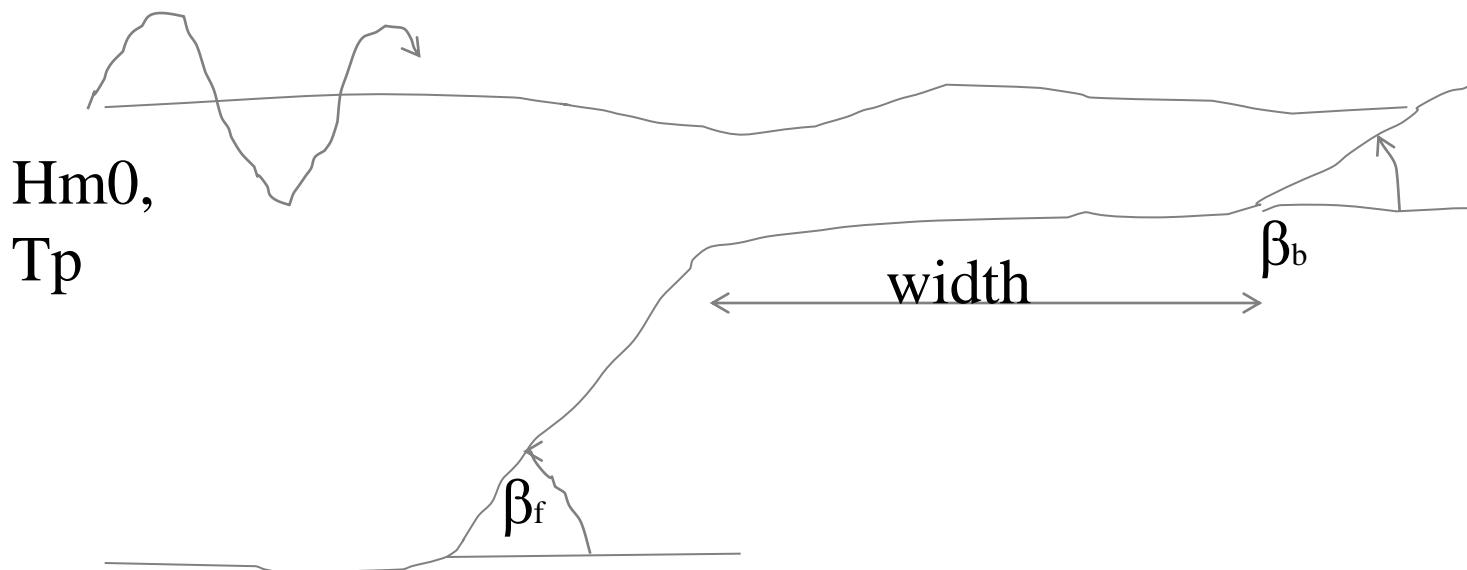


# Exemple de Kiribati

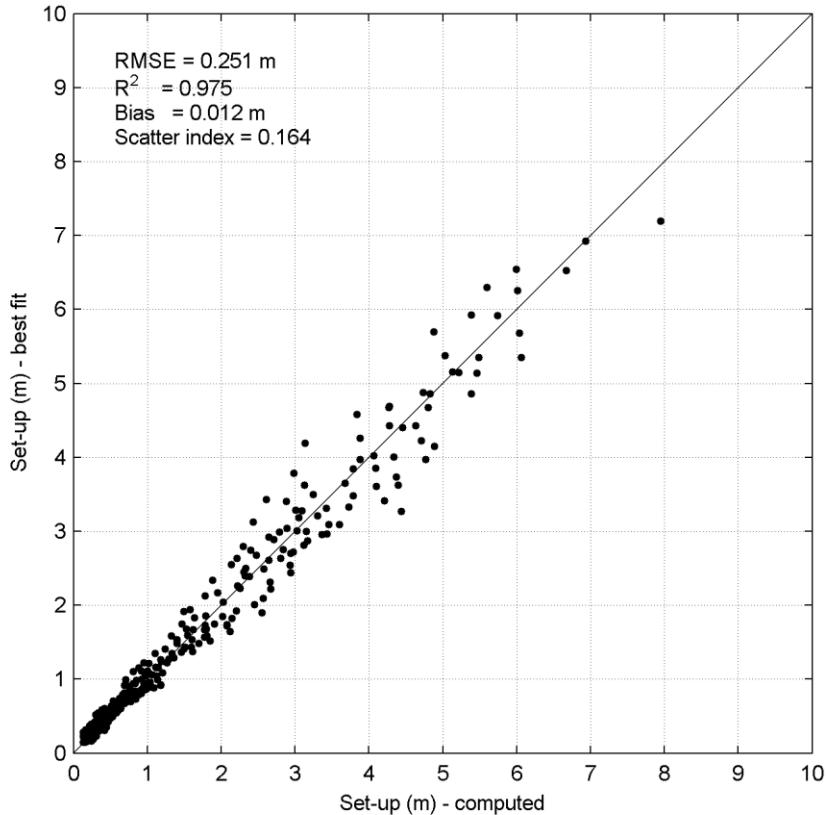


# Paramétrisation à base de simulations XBeach

- Nouveau *fit* trouvé à base de ~2,500 simulations non-hydrostatiques XBeach
- Variation de  $H_{m0}$ ,  $T_p$ , pente récif, pente plage, largeur récif
- Pour l'instant hauteur du récif et profondeur au large constant

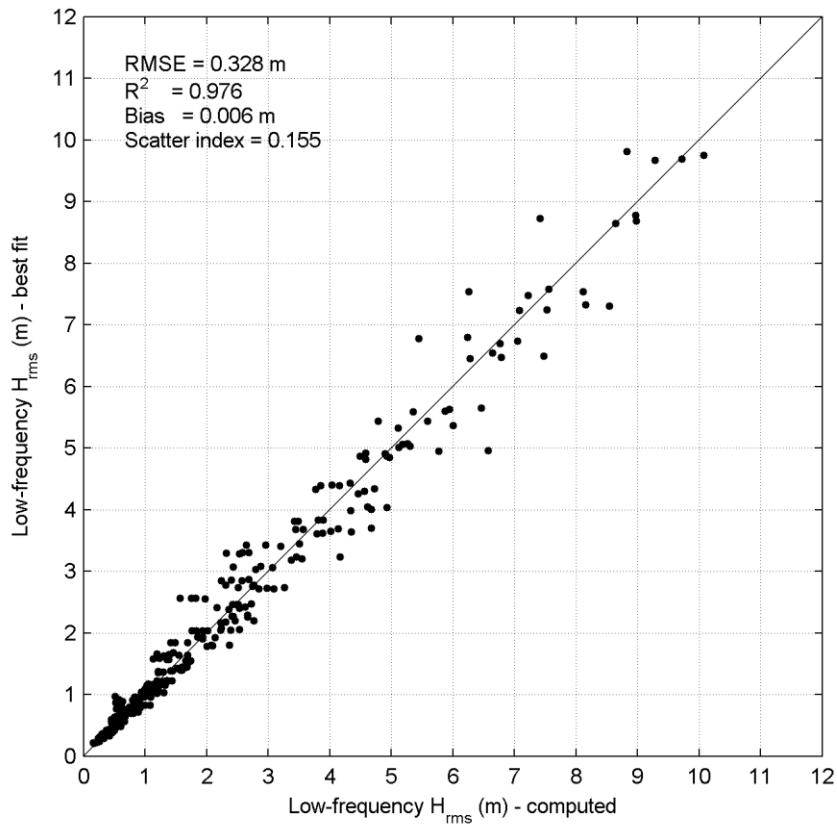


# Set-up



$$\eta = 0.36H^{1.15}\xi_f^{0.29}\xi_b^{0.06}$$

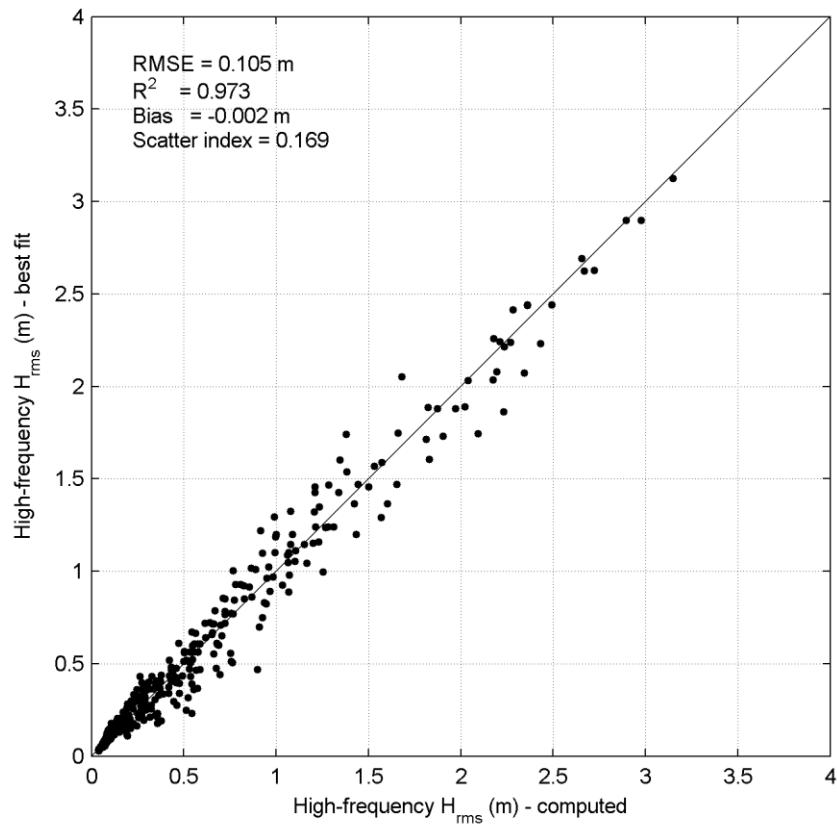
# Infragravity wave run-up



$$S_{IG} = 0.64H^{1.06}$$

$$\xi_b^{0.42}$$

# Incident wave run-up



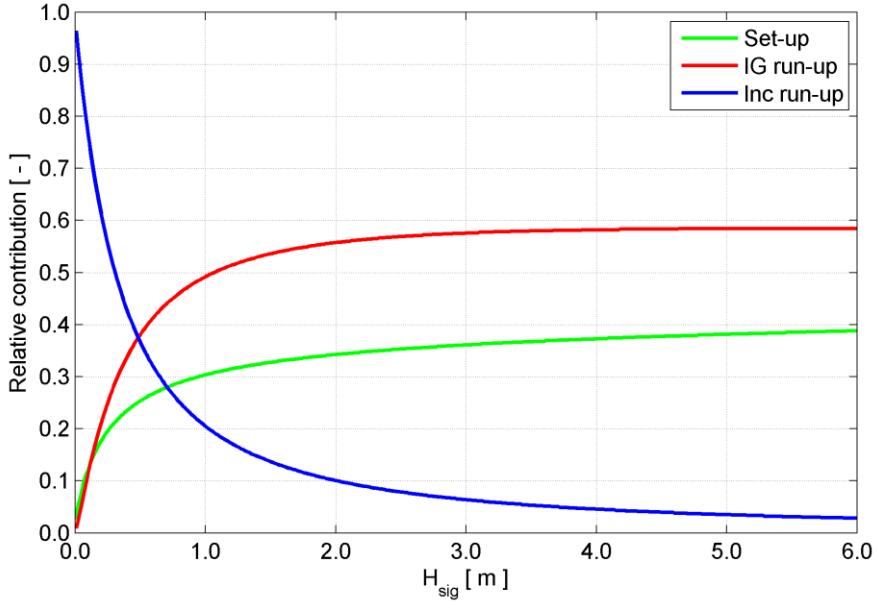
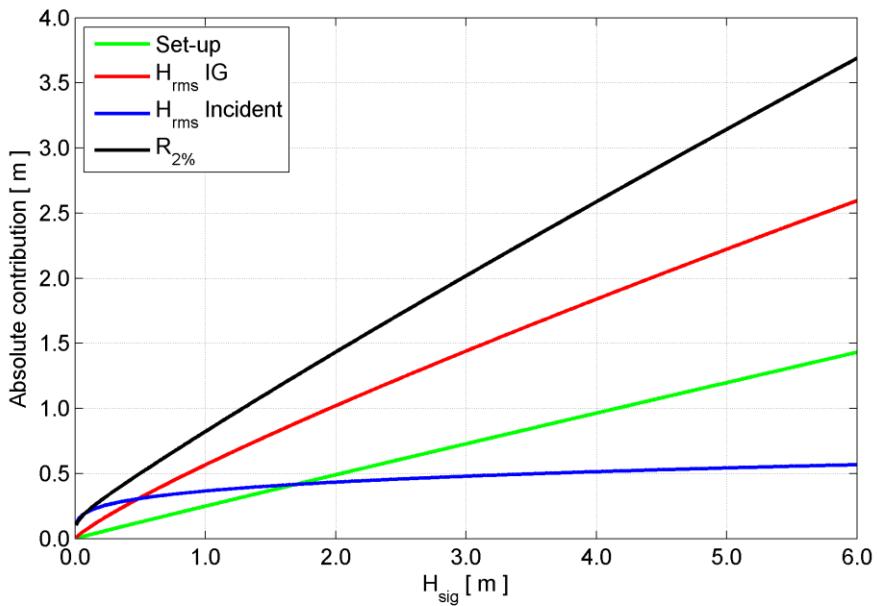
$$S_{INC} = 0.56H^{0.81}\xi_f^{0.11}\xi_b^{1.02}$$

# Contributions

Pente sous-marin = 1:50

Pente plage= 1:20

$T_p = 12 \text{ s}$

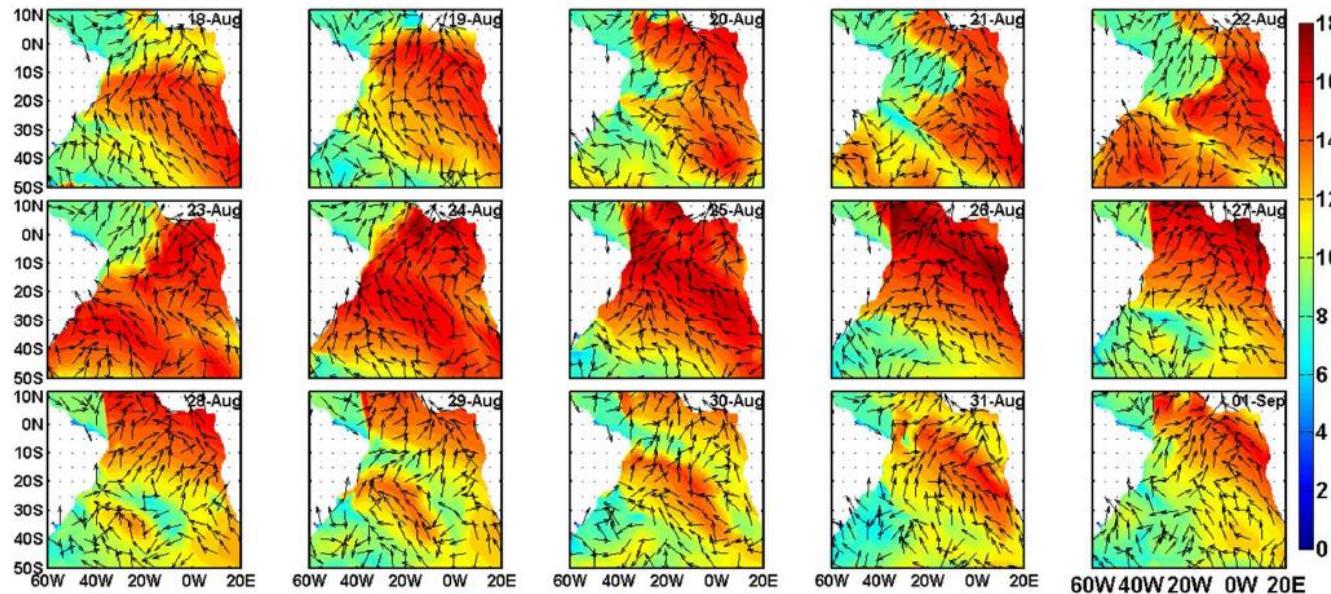


# Conclusions

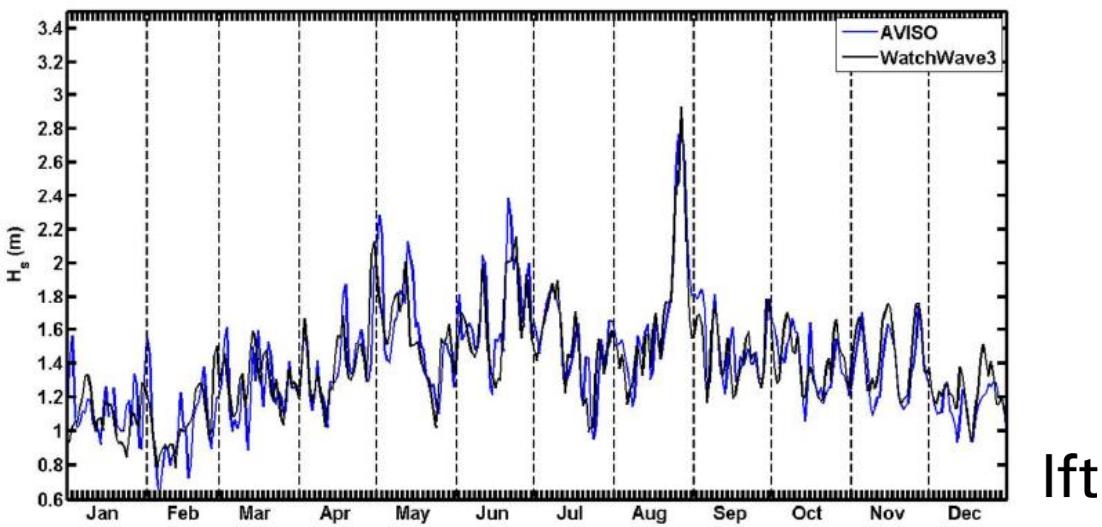
- Les ondes infra-gravitationnelles sont un phénomène dominant en beaucoup de situations:
  - zone swash en conditions de fortes houles ou tempêtes
  - érosion des dunes, débordement et rupture
  - courants d'arrachement
  - bassins portuaires
  - embouchures de petits lagons
  - systèmes de récifs de corail
- Ils peuvent être prévues effectivement par des modèles utilisant une approche *surfbeat*
- Leur effets sur la hauteur de l'eau totale doivent être inclus dans les systèmes *early warning*
  - Utilisant des modèles locaux de haute résolution, ou
  - Utilisant des estimations empiriques

# Swell event hitting Côte d'Ivoire, aug 2011

Toualy et al, AJMS 2015



Wave period and direction



Ift

