

# Méthode de détection des météo-tsunamis et caractérisation des seiches portuaires en Méditerranée Nord-Occidentale

Gaël André<sup>1</sup>, Marta Marcos<sup>2</sup>, Camille Daubord<sup>1</sup>

<sup>1</sup> SHOM, 13 rue du Chatellier, Brest 29200, France.

<sup>2</sup> IMEDEA (CSIC-UIB), Miquel Marquès, 21, Esporles, Spain.

[gael.andre@shom.fr](mailto:gael.andre@shom.fr)

# 1. Introduction

## Les météo-tsunamis:

- Origines atmosphériques
- Même échelle temporelles et spatiales que les tsunamis
- Génération d'ondes barotropes au large
- Amplification par résonance dans les baies et les ports (seiches)
- Phénomènes observés régulièrement aux Baléares (rissaga)
- Inondations et dégâts importants à la côte



Port de Ciutadella (Minorque)

# 1. Introduction

## Les météo-tsunamis:

- Origines atmosphériques
- Même échelle temporelles et spatiales que les tsunamis
- Génération d'ondes barotropes au large
- Amplification par résonance dans les baies et les ports (seiches)
- Phénomènes observés régulièrement aux Baléares (rissaga)
- Inondations et dégâts importants à la côte



Port de Ciutadella (Minorque)  
15 Juin 2006

# 1. Introduction

## Les météo-tsunamis:

- Origines atmosphériques
- Même échelle temporelles et spatiales que les tsunamis
- Génération d'ondes barotropes au large
- Amplification par résonance dans les baies et les ports (seiches)
- Phénomènes observés régulièrement aux Baléares (rissaga)
- Inondations et dégâts importants à la côte



Port de Ciutadella (Minorque)  
15 Juin 2006

# 1. Introduction

## Les météo-tsunamis:

- Origines atmosphériques
- Même échelle temporelles et spatiales que les tsunamis
- Génération d'ondes barotropes au large
- Amplification par résonance dans les baies et les ports (seiches)
- Phénomènes observés régulièrement aux Baléares (rissaga)
- Inondations et dégâts importants à la côte



Port de Ciutadella (Minorque)  
15 Juin 2006

## 2. Méthode de détection

### Détection des oscillations de forte amplitude du niveau de la mer:

- Méthode basée sur une analyse en ondelettes des oscillations haute fréquence des mesures de hauteur d'eau
- Décomposition du signal en temps-fréquence
- Définition des périodes de forte énergie correspondant à des oscillations de forte amplitude
- Analyse simultanée de l'amplitude des oscillations et de la densité d'énergie spectrale moyenne issue de l'analyse en ondelettes

## 2. Méthode de détection

### Définition des seuils de détection:

- Variation de l'amplitude et de la période des seiches en fonction du site  
⇒ ***seuils de détection définis pour chaque port***
- Seuils fixés tels que 95% des valeurs d'amplitudes d'oscillation et de densité spectrale d'énergie moyennée mesurée sur au minimum 1 an soient inférieures au seuil

## 2. Méthode de détection

1 – Mesure des hauteurs d'eau

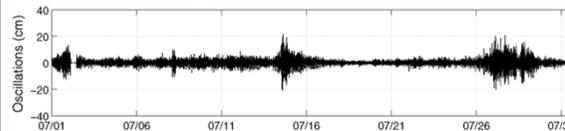


## 2. Méthode de détection

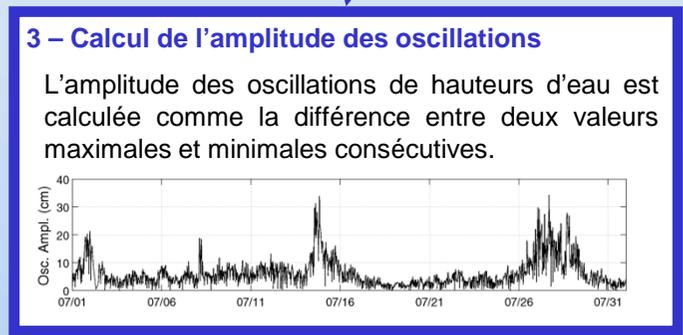
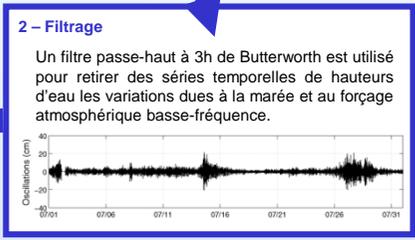


### 2 – Filtrage

Un filtre passe-haut à 3h de Butterworth est utilisé pour retirer les variations dues à la marée et au forçage atmosphérique basse-fréquence des séries temporelles de hauteurs d'eau.



# 2. Méthode de détection



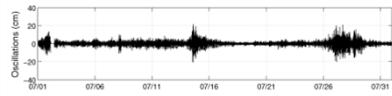
# 2. Méthode de détection

1 – Mesure des hauteurs d'eau



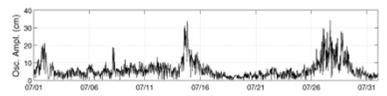
2 – Filtrage

Un filtre passe-haut à 3h de Butterworth est utilisé pour retirer des séries temporelles de hauteurs d'eau les variations dues à la marée et au forçage atmosphérique basse-fréquence.



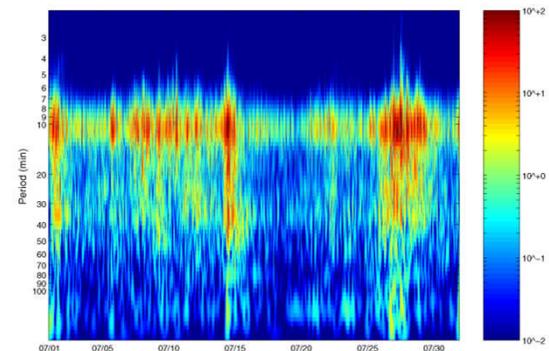
3 – Calcul de l'amplitude des oscillations

L'amplitude des oscillations de hauteurs d'eau est calculée comme la différence entre deux valeurs maximales et minimales consécutives.



4 – Analyse en ondelettes

Une transformée continue en ondelettes (Grinsted and al. 2004) permet d'analyser les d'oscillations localisées et intermittentes.



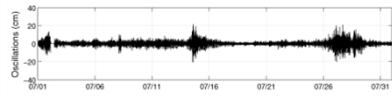
# 2. Méthode de détection

**1 – Mesure des hauteurs d'eau**



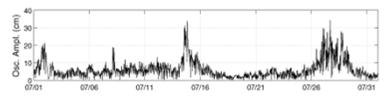
**2 – Filtrage**

Un filtre passe-haut à 3h de Butterworth est utilisé pour retirer des séries temporelles de hauteurs d'eau les variations dues à la marée et au forçage atmosphérique basse-fréquence.



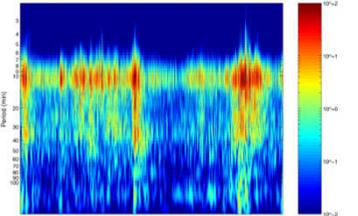
**3 – Calcul de l'amplitude des oscillations**

L'amplitude des oscillations de hauteurs d'eau est calculée comme la différence entre deux valeurs maximales et minimales consécutives.



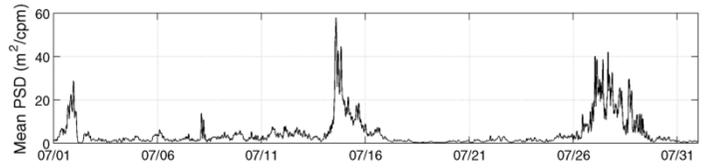
**4 – Analyse en ondelettes**

Une transformée continue en ondelettes (Grinsted and al. 2004) permet d'analyser les d'oscillations localisées et intermittentes.



**5 – Densité d'énergie spectrale moyenne**

La densité d'énergie spectrale moyennée en fréquence est calculée à partir de l'analyse en ondelettes.



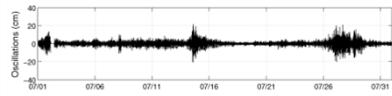
# 2. Méthode de détection

**1 – Mesure des hauteurs d'eau**



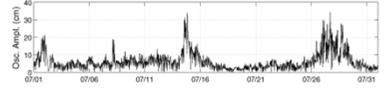
**2 – Filtrage**

Un filtre passe-haut à 3h de Butterworth est utilisé pour retirer des séries temporelles de hauteurs d'eau les variations dues à la marée et au forçage atmosphérique basse-fréquence.



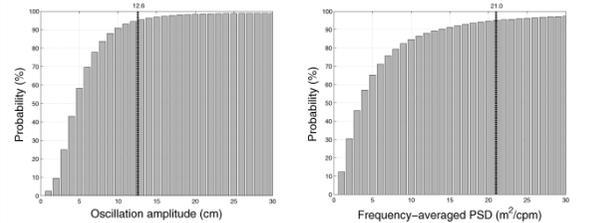
**3 – Calcul de l'amplitude des oscillations**

L'amplitude des oscillations de hauteurs d'eau est calculée comme la différence entre deux valeurs maximales et minimales consécutives.



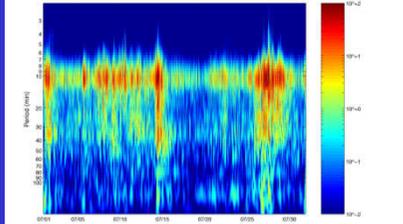
**6 – Détermination des seuils**

Les valeurs des seuils de détection sont calculées pour chaque port, de sorte que 95% des valeurs d'amplitudes d'oscillation et de densité d'énergie spectrale moyenne soient inférieures au seuil.



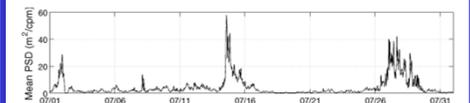
**4 – Analyse en ondelettes**

Une transformée continue en ondelettes (Grinsted and al. 2004) permet d'analyser les d'oscillations localisées et intermittentes.



**5 – Densité d'énergie spectrale moyenne**

La densité d'énergie spectrale moyennée en fréquence est calculée à partir de l'analyse en ondelettes.



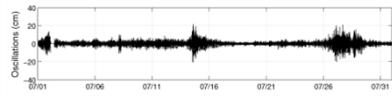
# 2. Méthode de détection

**1 – Mesure des hauteurs d'eau**



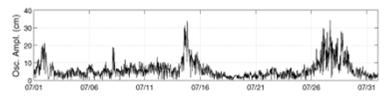
**2 – Filtrage**

Un filtre passe-haut à 3h de Butterworth est utilisé pour retirer des séries temporelles de hauteurs d'eau les variations dues à la marée et au forçage atmosphérique basse-fréquence.



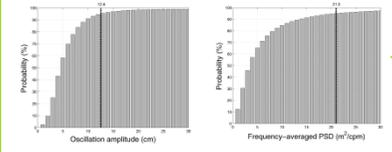
**3 – Calcul de l'amplitude des oscillations**

L'amplitude des oscillations de hauteurs d'eau est calculée comme la différence entre deux valeurs maximales et minimales consécutives.



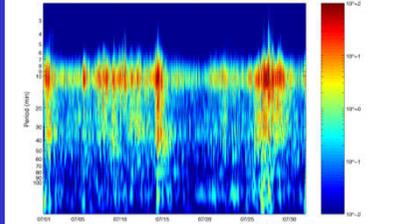
**6 – Détermination des seuils**

Les valeurs des seuils de détection sont calculées pour chaque port, de sorte que 95% des valeurs d'amplitudes d'oscillation et de densité d'énergie spectrale moyenne soient inférieures au seuil.



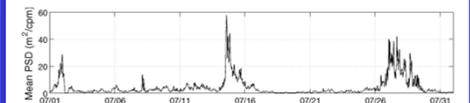
**4 – Analyse en ondelettes**

Une transformée continue en ondelettes (Grinsted and al. 2004) permet d'analyser les oscillations localisées et intermittentes.



**5 – Densité d'énergie spectrale moyenne**

La densité d'énergie spectrale moyennée en fréquence est calculée à partir de l'analyse en ondelettes.



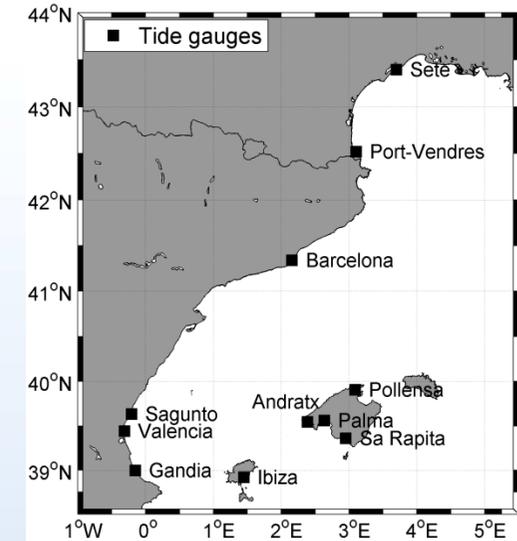
**7 – Détection des oscillations de forte amplitude**

Les oscillations de forte amplitude de la hauteur d'eau sont détectées si l'amplitude des oscillations et la densité d'énergie spectrale moyenne sont supérieures aux seuils.

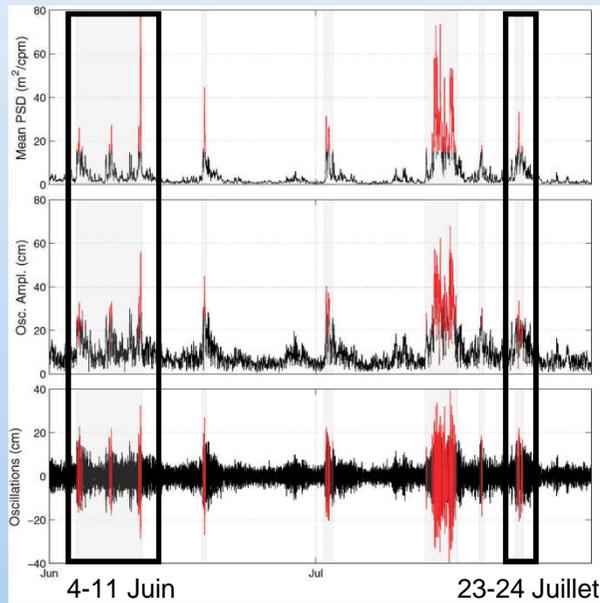
# 3. Tests de la méthode

## a) Événements historiques

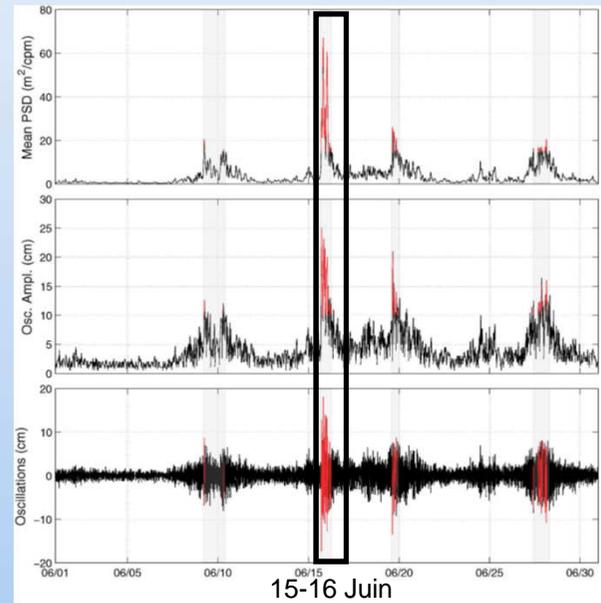
- La méthode de détection a été testée sur plusieurs météo-tsunamis historiques ayant touchés les Îles Baléares (Ciudadella).



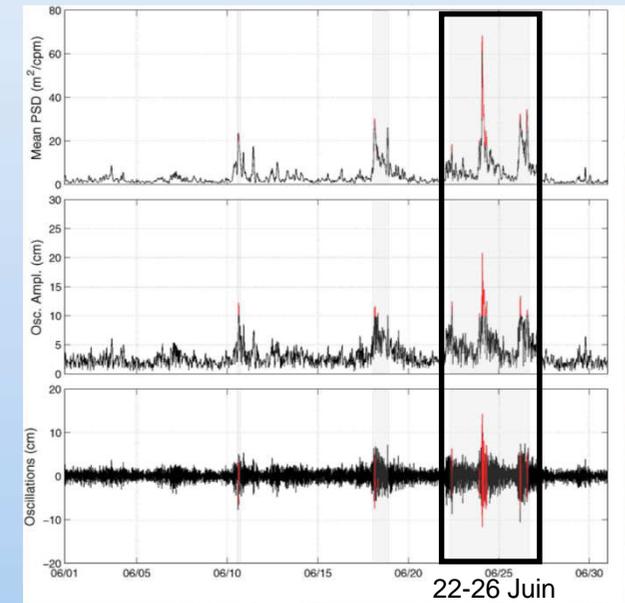
Valencia - Juin-Juillet 1997



Ibiza - Juin 2006



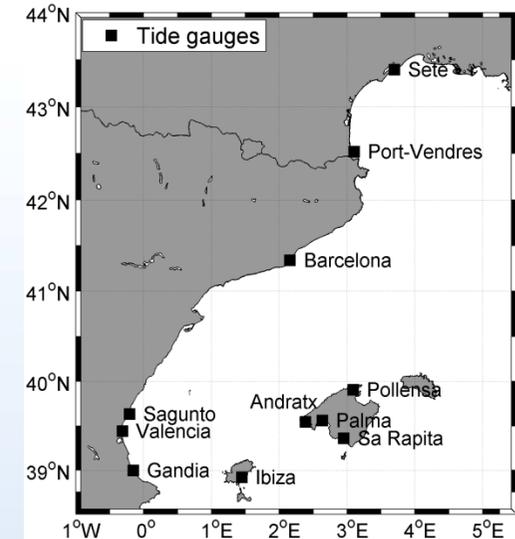
Ibiza - Juin 2007



# 3. Tests de la méthode

## a) Événements historiques

- La méthode de détection a été testée sur plusieurs météo-tsunamis historiques ayant touchés les Îles Baléares (Ciudadella).

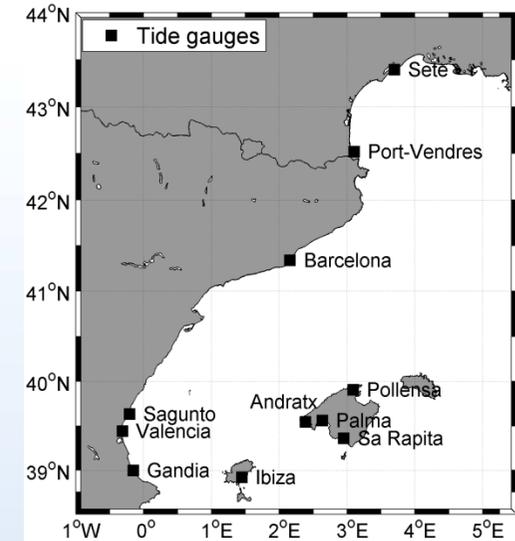


Périodes	Stations	Dates détectées	Événement historiques	Références
Juin 1997	Valencia Barcelona	4-11 Juin 1997 18-19 Juin 1997 29 Juin 1997	7-9 Juin 1997	Vibilic et al. 2008
Juillet 1997	Valencia Barcelona	2-3 Juillet 1997 13-16 Juillet 1997 23-24 Juillet 1997	22-25 Juillet 1997	
Juin 2006	Ibiza Valencia Barcelona	9-10 Juin 2006 15-16 Juin 2006 18-19 Juin 2006 27-28 Juin 2006	15 Juin 2006	Vibilic et al. 2008 Jansa et al. 2007
Juin 2007	Ibiza Valencia Sagunto Barcelona	18 Juin 2007 22-26 Juin 2007	21-24 Juin 2007	Marcos et al. 2009

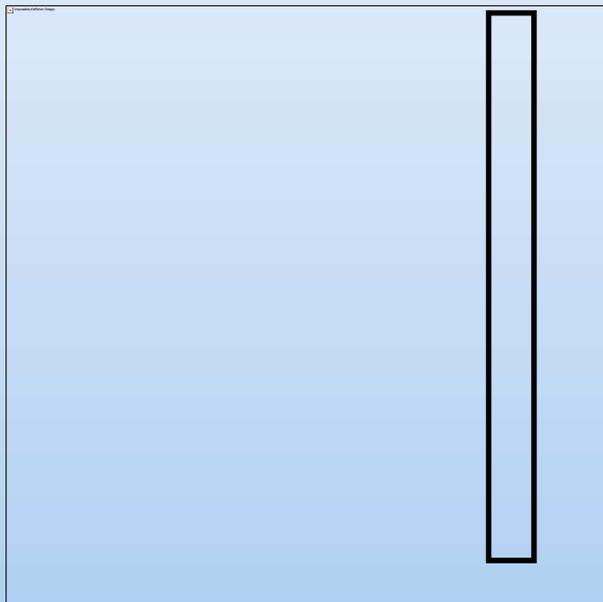
# 3. Tests de la méthode

## b) Météo-tsunami du 26 Juillet 2012

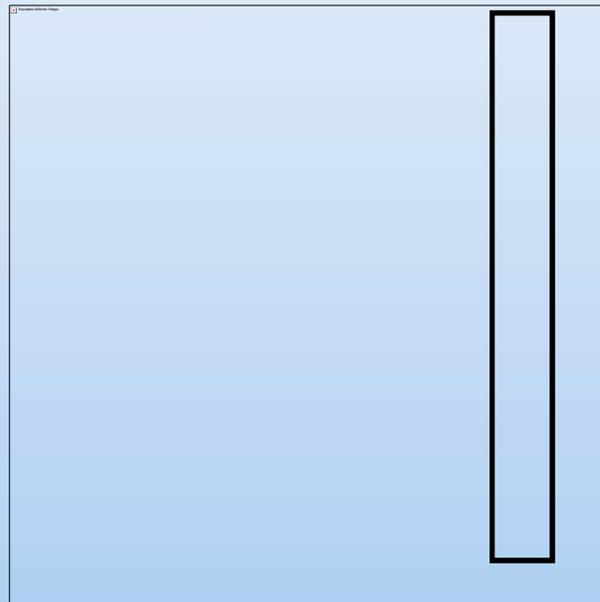
- Test sur un événement récent qui a touché l'ensemble des côtes méditerranéennes espagnoles et françaises le 26 Juillet 2012.



Andratx



Sa Rapita



Pollensa

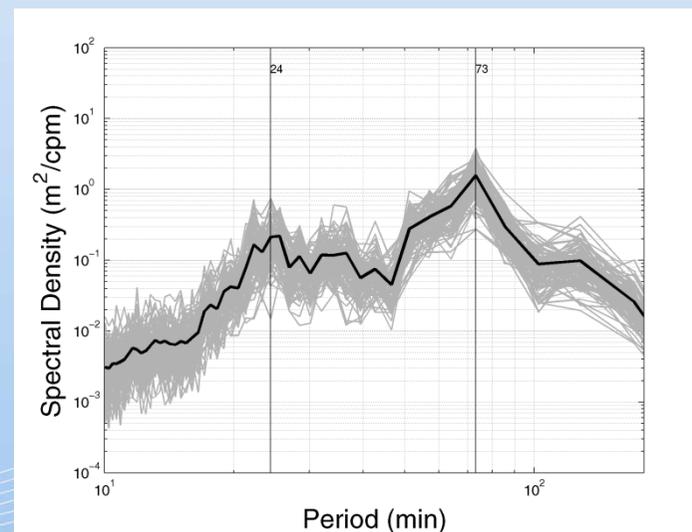
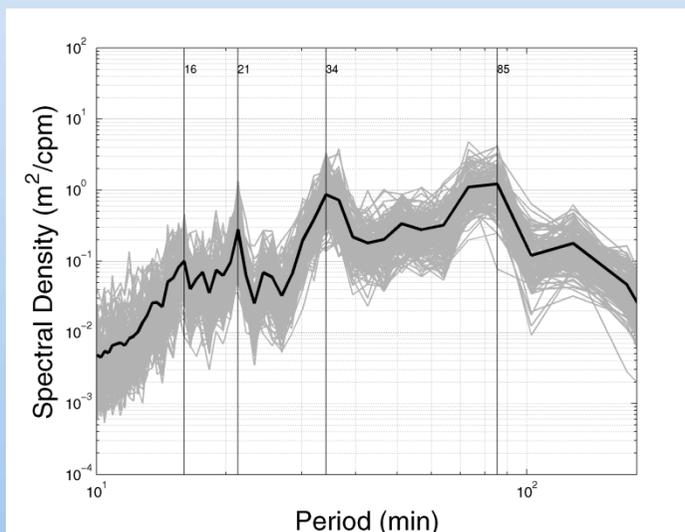


# 4. Caractérisation des seiches portuaires

## Utilisation de la méthode de détection pour la caractérisation des périodes d'oscillation des seiches portuaires :

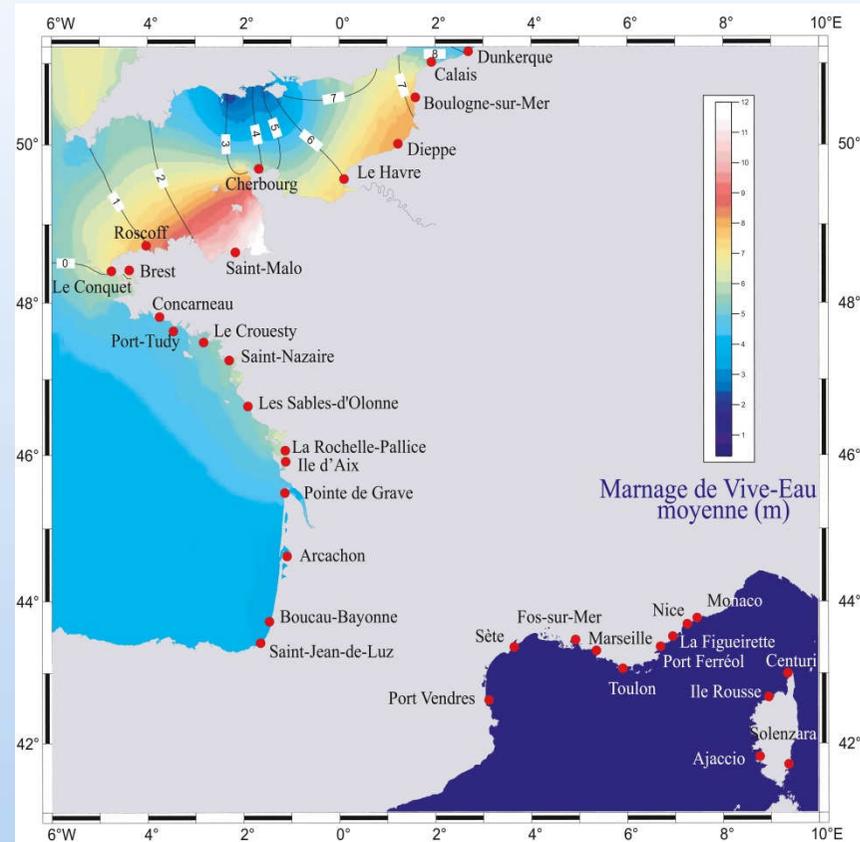
- Détermination des périodes calmes (oscillations de faibles amplitudes) de 4 jours consécutifs
- Calcul des spectres sur les périodes calmes
- Moyenne des spectres obtenus sur une période d'au moins un an

⇒ ***spectres de fond représentant les périodes d'oscillation caractéristiques des seiches portuaires***



# 5. Perspectives

- Tester la méthode en milieu macrotidal en Manche et le long de la côte atlantique
- Mise en œuvre dans le système de collecte des données marégraphiques du SHOM,  
→ Indicateur en temps réel des oscillations de fortes amplitudes du niveau de la mer
- Caractérisation des périodes d'oscillation des seiches portuaires étendue à tous les observatoires marégraphiques du réseau RONIM

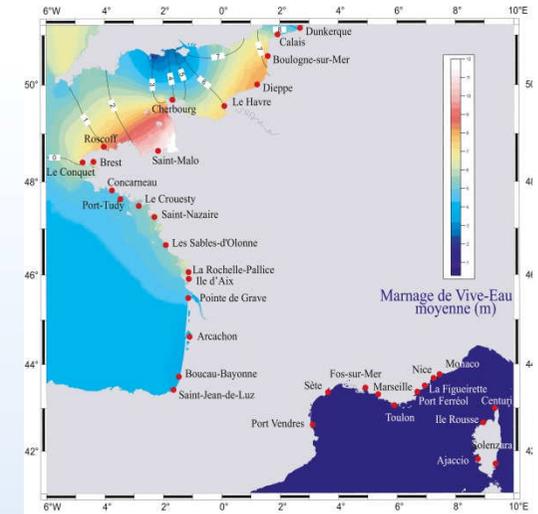


*Merci de votre attention*

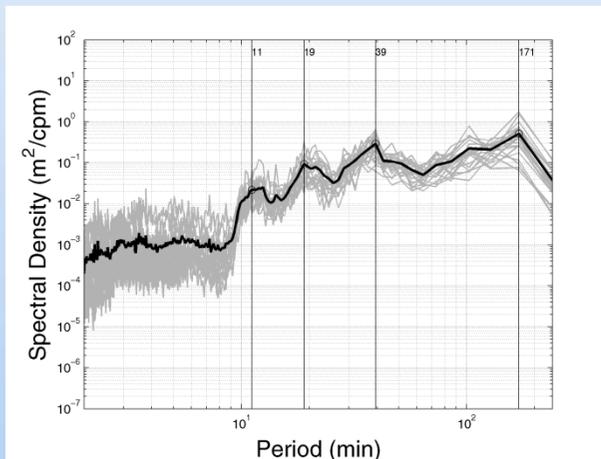
*Question?*

# Complément

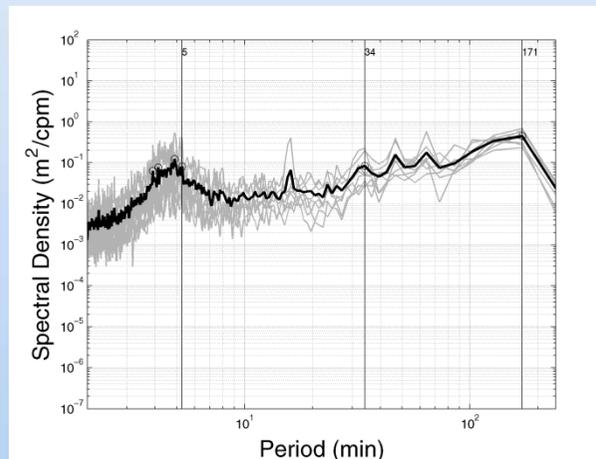
## Périodes de seiche des ports RONIM



Cherbourg



Port-Tudy



Les Sables-d'Olonne

