ALEAS SUBMERSION EN MEDITERRANEE OCCIDENTALE : CONTRIBUTION DES COMPOSANTES Ssa ET Sa DE LA MAREE A L'ECHELLE DU BASSIN ET DES SEICHES A L'ECHELLE DES BAIES

Vincent REY, Elodie LAFFITTE, Tathy MISSAMOU, Didier MALLARINO

MINISTÈRES
TRANSITION ÉCOLOGIQUE
AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE
TRANSPORTS
VILLE ET LOGEMENT
Liberté
Égalité
Fraternité

SHOM

Vincent REY,
M.I.O, Université de Toulon

mio
Mediterranean Institute of Oceanography

UNIVERSITÉ DE TOULON

ALEAS SUBMERSION EN MEDITERRANEE OCCIDENTALE : CONTRIBUTION DES COMPOSANTES Ssa ET Sa DE LA MAREE A L'ECHELLE DU BASSIN ET DES SEICHES A L'ECHELLE DES BAIES

MINISTÈRES
TRANSITION ÉCOLOGIQUE
AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE
TRANSPORTS
VILLE ET LOGEMENT
Liberté
Égalité
Fraternité

SHOM

Vincent REY,
M.I.O
Université de Toulon

mio Mediterranean Institute of Oceanography

UNIVERSITÉ DE TOULON

Plan:

Marée le long de la côte Méditerranéenne française : mesures et caractéristiques
- Les composantes quart-diurnes, semi-diurnes et diurnes
- Les composantes Ssa et Sa

Oscillations résonantes ou seiches à l'échelle des baies et des golfes
- Le phénomène de seiche : bassins fermés et bassins ouverts
- Cas du littoral Provence - Côte d'Azur observation à partir du réseau HTM-NET

MINISTÈRES
TRANSITION ÉCOLOGIQUE
AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE
TRANSPORTS
VILLE ET LOGEMENT
Liberté
Égalité
Fraternité

SHOM

Vincent REY,
M.I.O
Université de Toulon

mio Mediterranean Institute of Oceanography

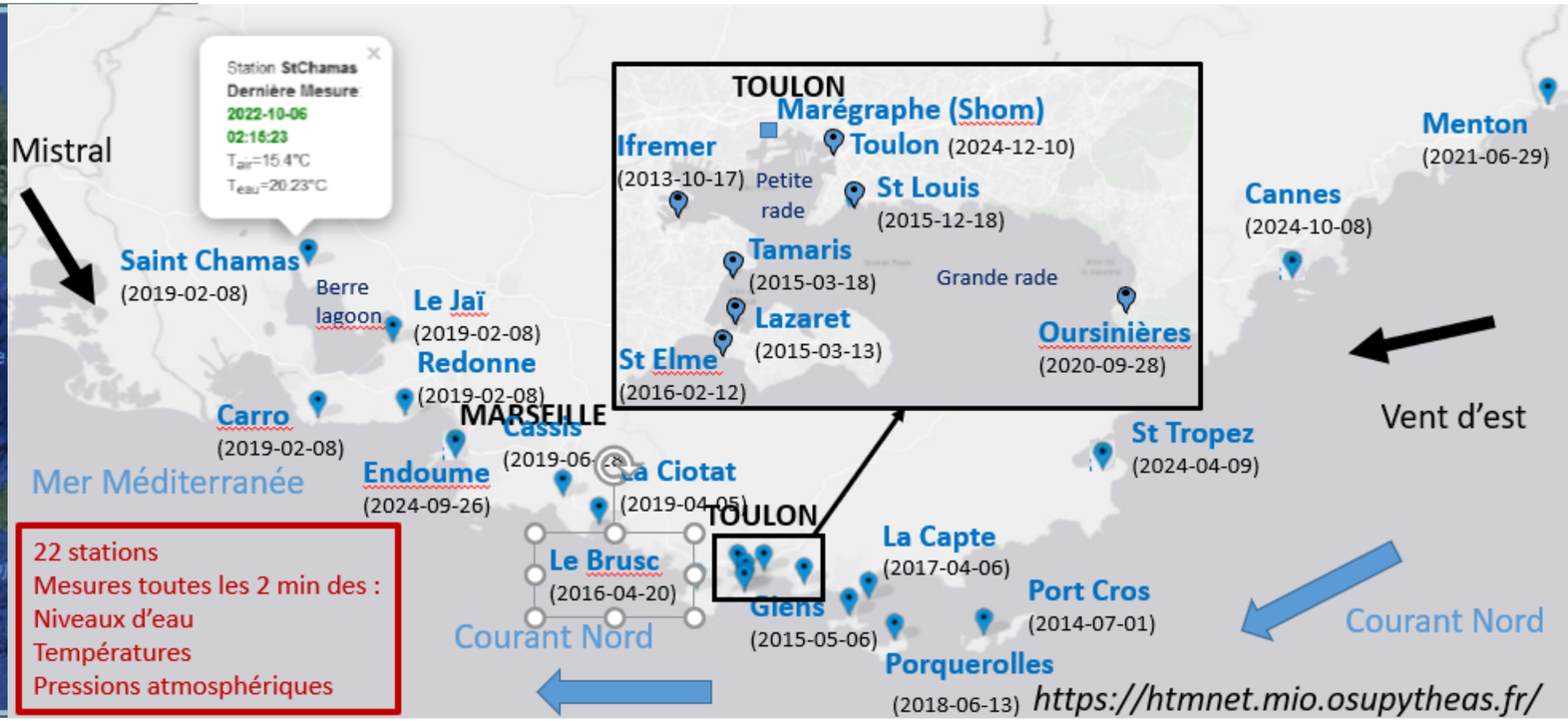
UNIVERSITÉ DE TOULON

LES MESURES

Marégraphes du Shom



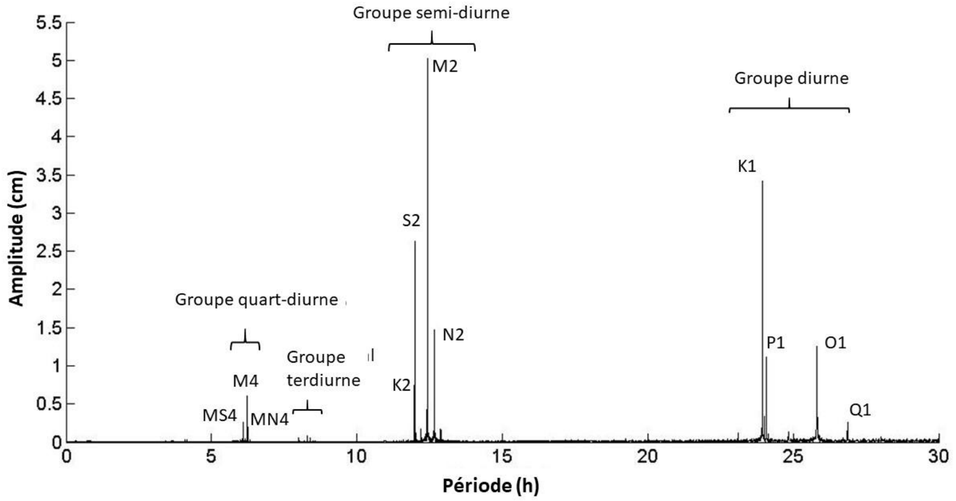
Réseau HTM-NET

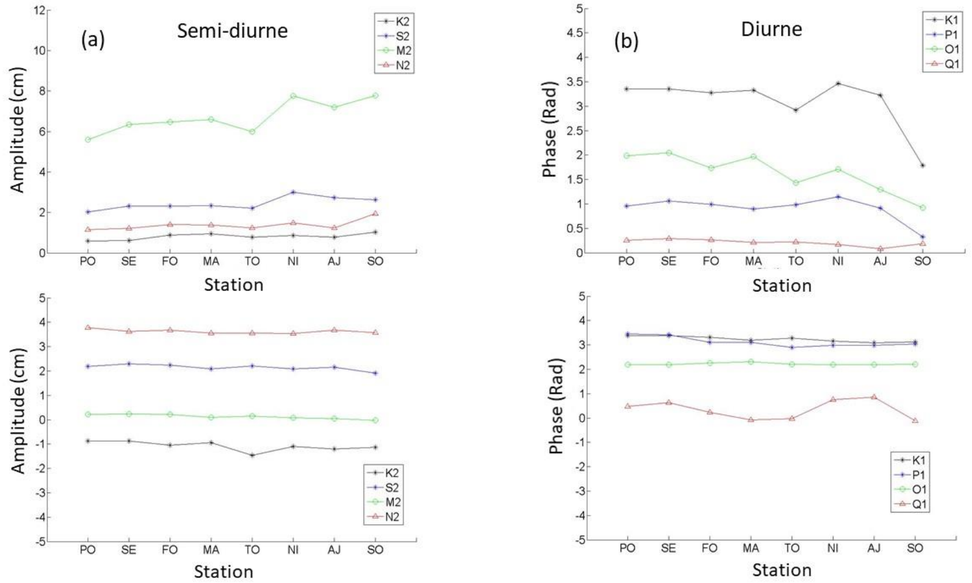


Vincent REY,
M.I.O
Université de Toulon

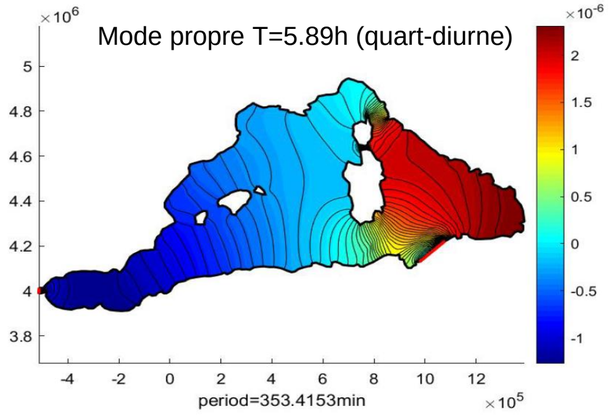
LES COMPOSANTES DE MAREE

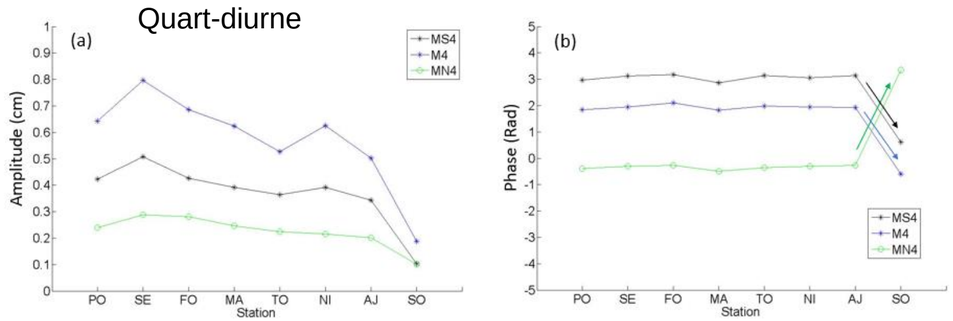
Analyse de la série temporelle des données de la station Brégaillon/Ifremer du réseau HTM-NET
années 2014-2024





Oscillation sans propagation de la marée
Résonance de la composante quart-diurne à l'échelle du bassin occidental



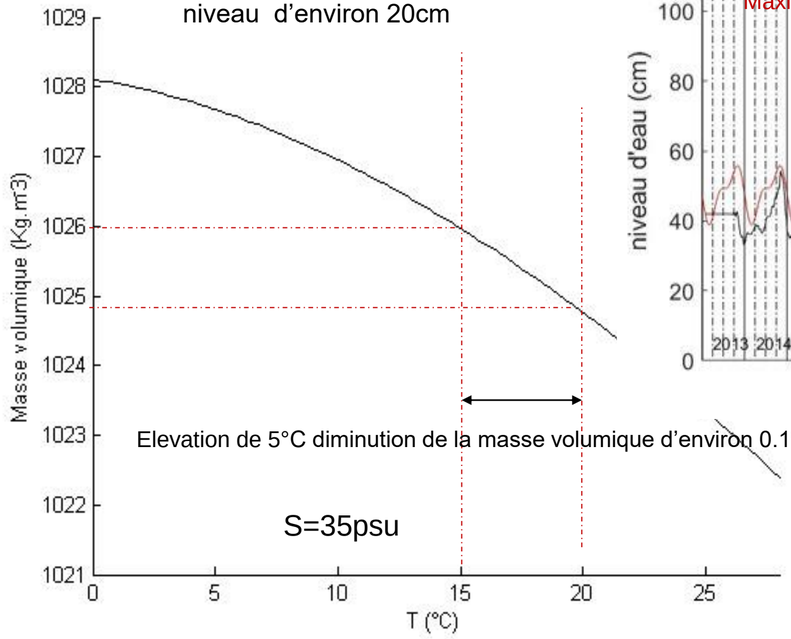


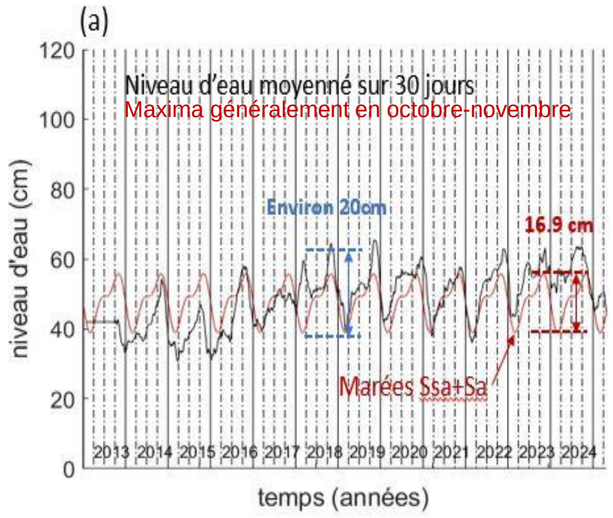
Belibassakis & Rey, 2025

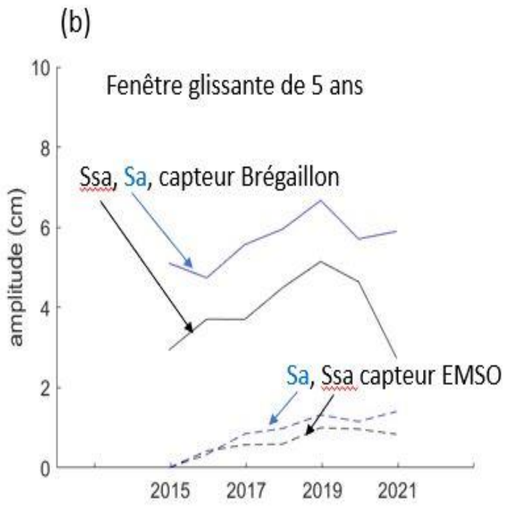
Vincent REY,
M.I.O
Université de Toulon

LA DILATATION STERIQUE

Une élévation de 1°C sur une colonne d'eau de 1000m se traduit par une élévation du niveau d'environ 20cm







Réseau EMSO-Ligure Ouest

Données pression
par 2470m de profondeur,

Ligne de mouillage ALBATROSS
plateforme multidisciplinaire
pour des études en biologie,
océanographie et géophysique

Dilatation stérique : Amplitude semi-annuelle S_{sa} , 3.27cm, annuelle S_a, 6.56cm
(Calculés sur 10 ans, de 2015 à 2024)
Niveau moyen le plus haut à l'automne et le plus bas en fin d'hiver.

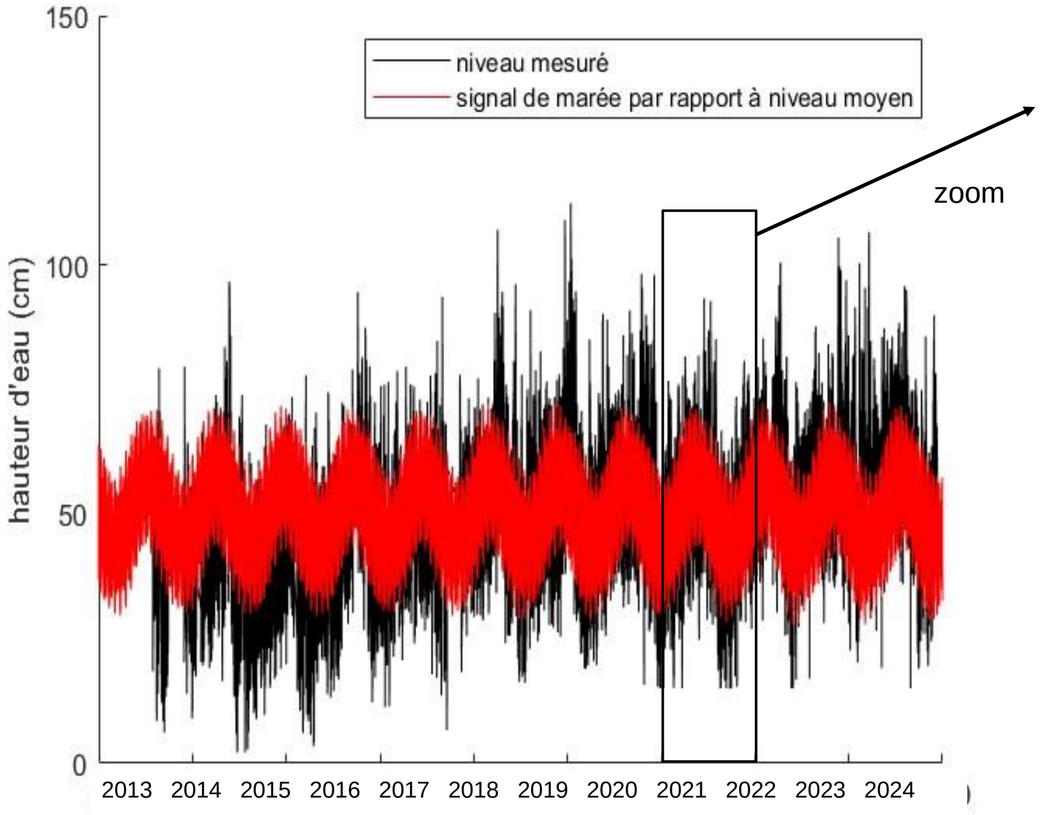
ORDRE DE GRANDEUR
Dilatation stérique : 10 à 20 cm

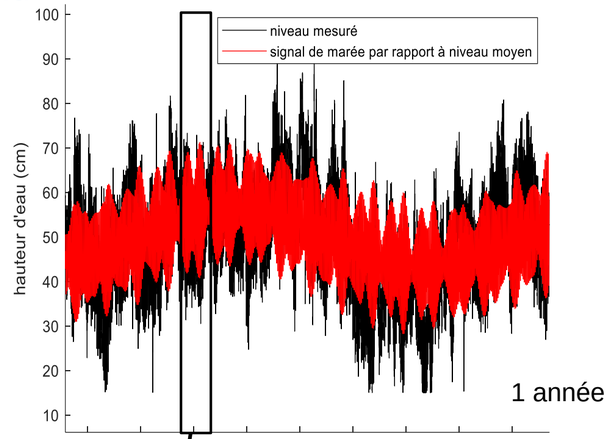
Forte variabilité pluri-annuelle

Rey et al, JGCGC, Lege Cap Ferret, 2026

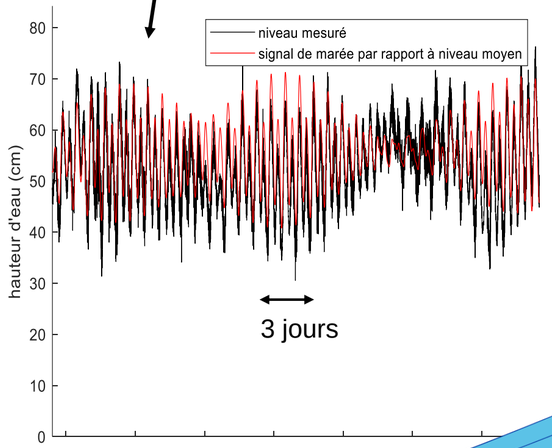
Vincent REY,
M.I.O
Université de Toulon

Contribution de la marée (quart-diurne + semi-diurne + diurne + semi-annuelle + annuelle aux variations de niveau d'eau





zoom



Contribution significative des variations de niveau aux échelle semi-annuelle et annuelle

Vincent REY,
M.I.O
Université de Toulon

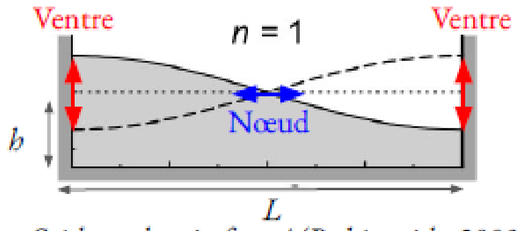
LES SEICHES

Périodes des seiches ou ondes stationnaires (Paugam, 2021)

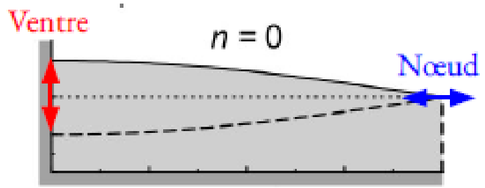
- Bassin **fermé** : $T_n = \frac{2L}{n\sqrt{gh}}$ $\lambda_n = \frac{2L}{n}$

- Bassin **semi-ouvert** : $T_n = \frac{4L}{(2n+1)\sqrt{gh}}$ $\lambda_n = \frac{4L}{2n+1}$

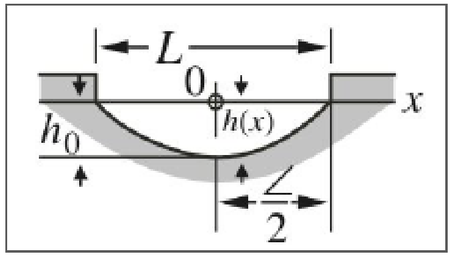
- Rabinovich (2009) : seiches pour géométries particulières



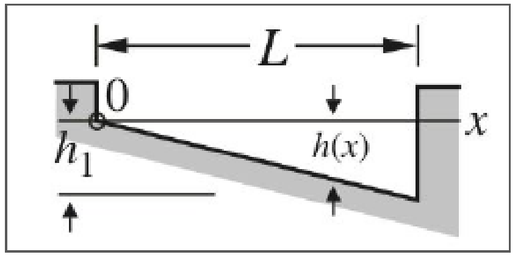
Seiche en bassin fermé (Rabinovich, 2009)



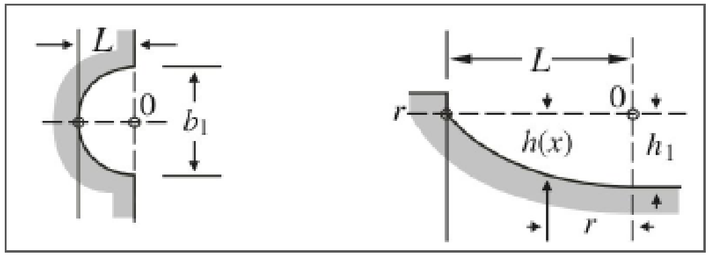
Seiche en bassin ouvert (Rabinovich, 2009)



$$T_1 = 1.242\frac{2L}{\sqrt{gh_0}}$$



$$T_1 = 1.640\frac{2L}{\sqrt{gh_1}}$$



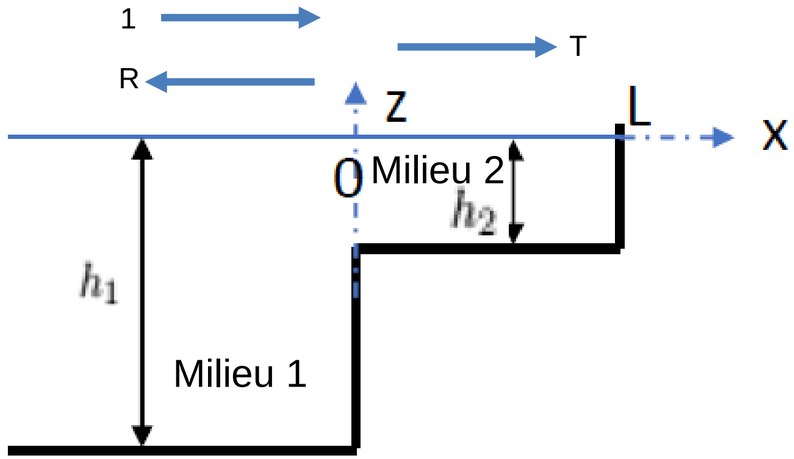
$$T_0 = 2.220\frac{2L}{\sqrt{gh_1}}$$

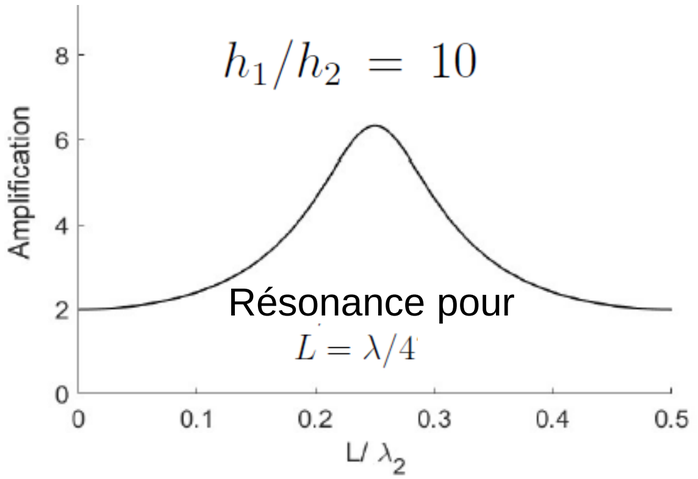
11

LES SEICHES

Vincent REY,
M.I.O
Université de Toulon

Amplitudes maximales des oscillations en bassin semi-ouvert : exemple d'une géométrie simple, le ressaut





Amplification en x=L en fonction de la longueur relative du milieu 2

$$R = \frac{c_1 - ic_2 tg(k_2 L)}{c_1 + ic_2 tg(k_2 L)}$$

$$T = \frac{c_1 e^{-2ik_2 L}}{c_1 cos(k_2 L) + ic_2 sin(k_2 L)}$$

→ Le phénomène de résonance est lié à une forte variation de bathymétrie (réflexion partielle de l'onde) :
Celle-ci passe rapidement de 2000m à moins de 200 environ sur le littoral Est Provence – Côte d'Azur

MINISTÈRES
TRANSITION ÉCOLOGIQUE
AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE
TRANSPORTS
VILLE ET LOGEMENT
Liberté
Égalité
Fraternité

SHOM

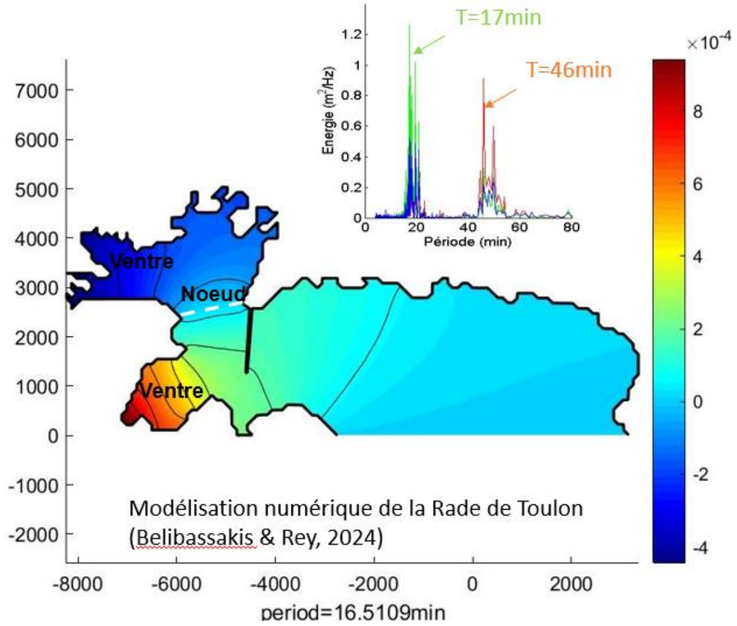
Vincent REY,
M.I.O
Université de Toulon

mio Mediterranean Institute of Oceanography

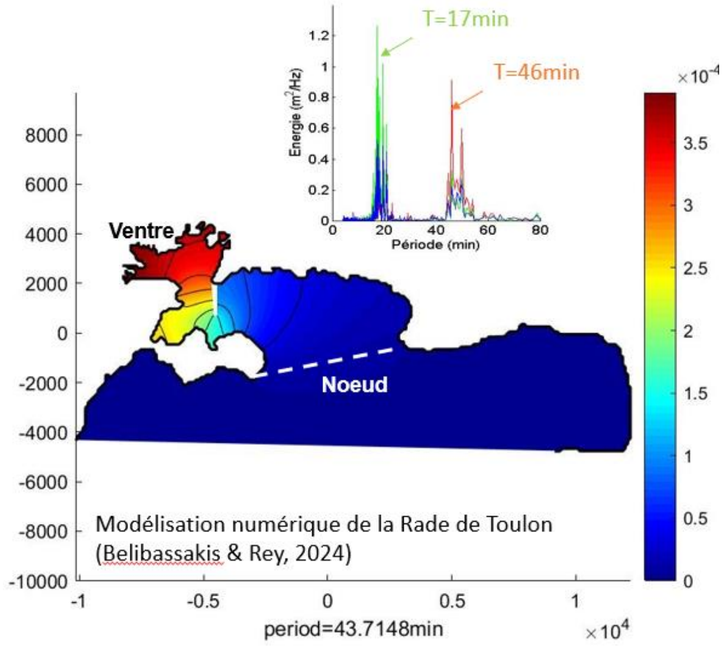
UNIVERSITÉ DE TOULON

EXEMPLE DE LA RADE DE TOULON

Petite rade : mode bassin fermé

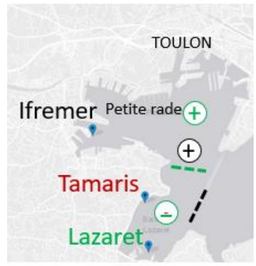


Petite et grande rades : mode bassin semi-ouvert

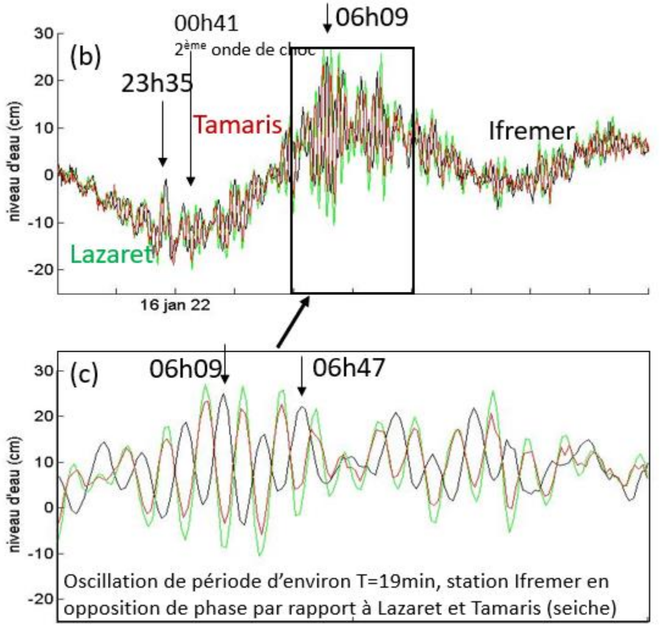


Stations:

Ifremer
Tamaris
Lazaret



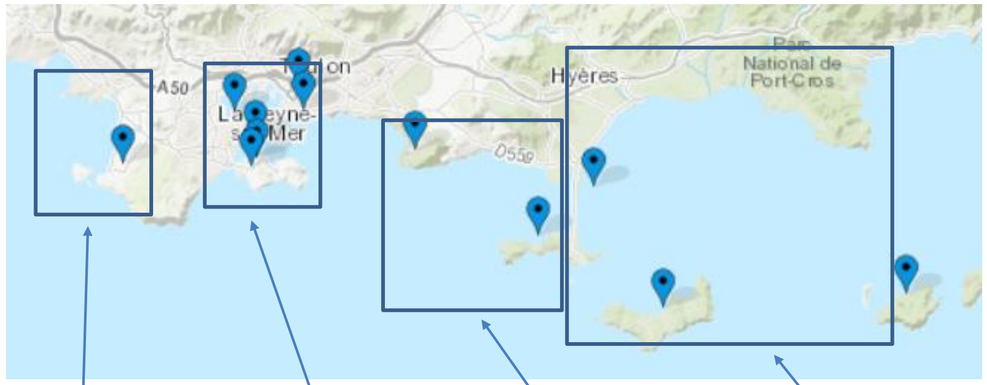
Exemple du météo-tsunami du 15 janvier 2022

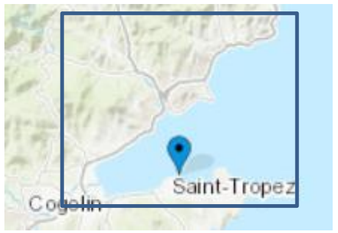


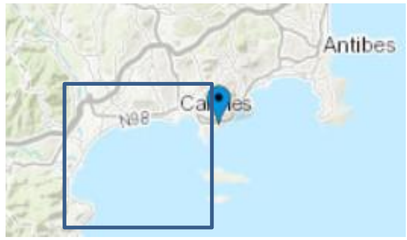
Vincent REY,
M.I.O
Université de Toulon

LES SEICHES

Observation dans les différentes baies le long de la côte







Baie de Sanary

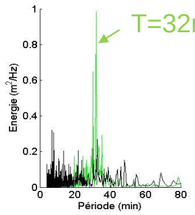
Petite rade de Toulon

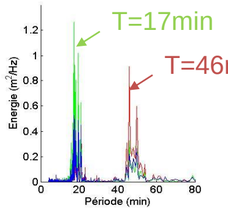
Golfe de Giens

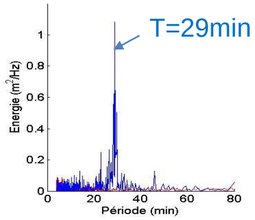
Rade d'Hyères

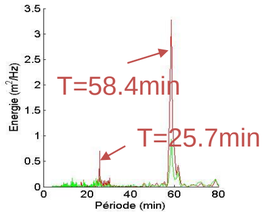
Golfe de St Tropez

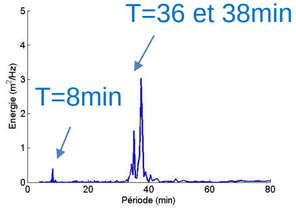
Baie de Cannes

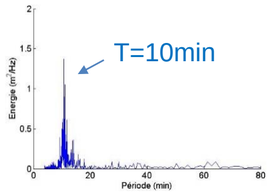






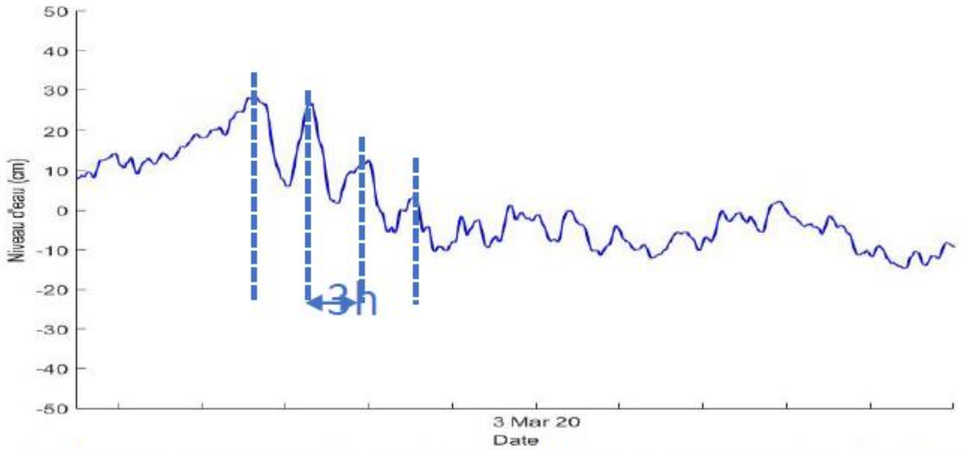




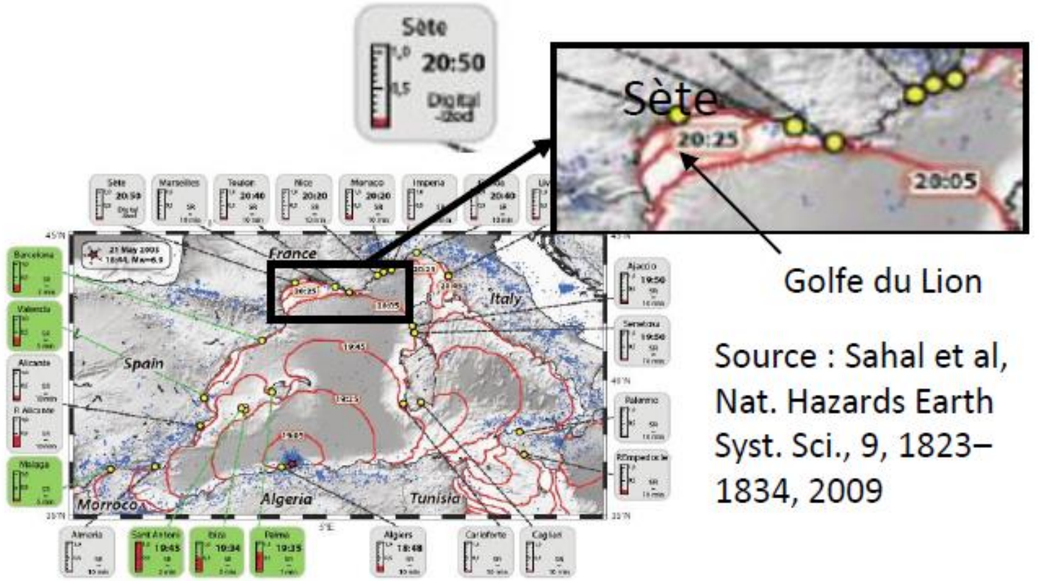


Vincent REY,
M.I.O
Université de Toulon

LES SEICHES
Mais aussi observation à l'échelle du Golfe du Lion



évolution temporelle du niveau d'eau, marégraphe du Shom de Sète



Source : Sahal et al, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 9, 1823–1834, 2009

modélisation numérique de la propagation d'un tsunami

→ Le temps de propagation entre le talus continental et le port de Sète est de 45 min, soit le quart de 3h

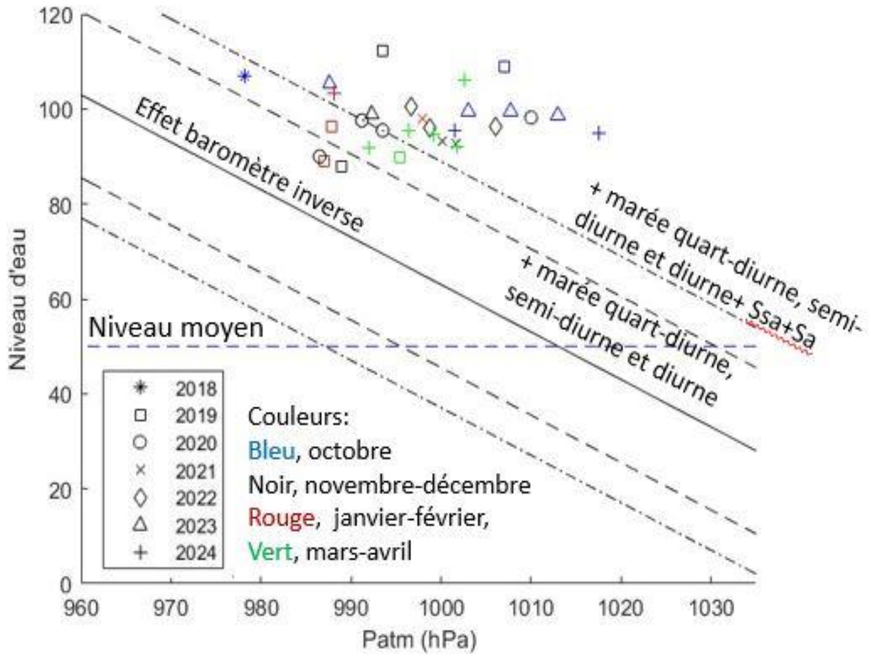
Belibassakis & Rey, 2025

Contribution des variations de niveau saisonnières et des seiches sur les surcotes

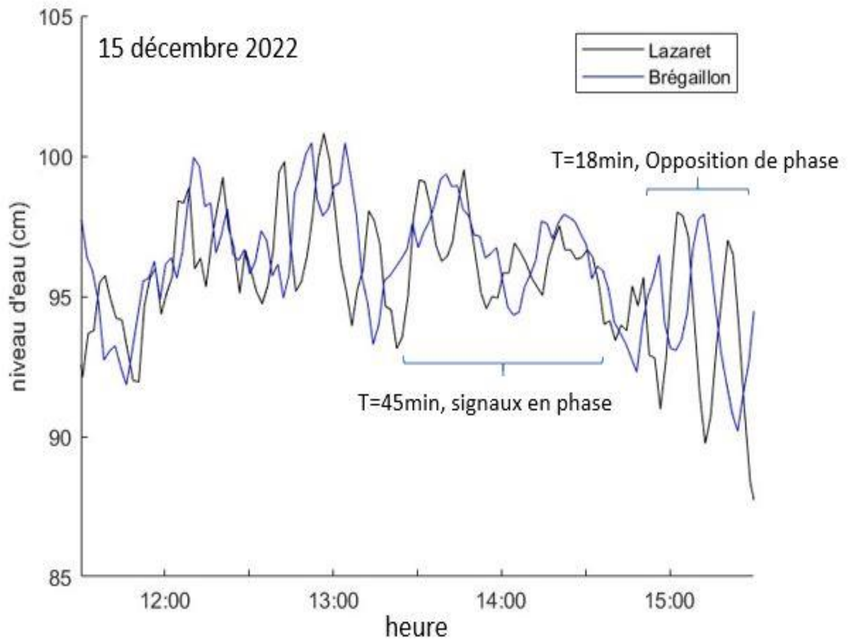
Vincent REY,
M.I.O
Université de Toulon

NIVEAUX ELEVES (SURCOTES) OBSERVEES entre 2018 et 2024, station Ifremer/Bregaillon

Evènements observés



Contribution des « seiches »



→ Des surcotes significatives arrivent à l'automne même en l'absence de dépressions marquées

→ La présence de seiche augmente le risque de submersion

Rey et al, JGCGC, Lege Cap Ferret, 2026

MINISTÈRES
TRANSITION ÉCOLOGIQUE
AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE
TRANSPORTS
VILLE ET LOGEMENT
Liberté
Égalité
Fraternité

SHOM

Vincent REY,
M.I.O
Université de Toulon

mio Mediterranean Institute of Oceanography

UNIVERSITÉ DE TOULON

CONCLUSIONS et PERSPECTIVES

Marée et composantes Ssa et Sa

- Variation du niveau à l'échelle annuelle significative
- Composante Ssa d'origine astronomique d'amplitude environ 5cm dans l'atlantique, forçage du niveau en Méditerranée?
- Composante « Sa », dilatation thermique, non sinusoïdale d'où composante à 6 mois?
- Analyse des données à partir de la ligne Albatros, contribution de la dilatation thermique
- Evolution pluri-annuelle de la variation du niveau à l'échelle annuelle.

Oscillations résonantes ou seiches en bassins fermés et semi-ouverts

- Amplitudes maximales atteintes, ou atteignables pour les bassin semi-ouverts.
- Analyse détaillée des seiches dans les différents bassins à l'échelle des évènements à partir du réseau HTM-NET : occurrences et amplitudes (dont relatives d'un bassin à l'autre)