

## Apport d'un réseau de mesures des niveaux d'eau à la compréhension de la dynamique côtière : Exemple du littoral de l'agglomération toulonnaise

**Vincent Rey<sup>1</sup>, Gilles Rougier<sup>1</sup>, Didier Mallarino<sup>1</sup>, Christiane Dufresne<sup>2</sup>,  
Isabelle Taupier-Letage<sup>1</sup>, Jean-Luc Fuda<sup>1</sup>, Tathy Missamou<sup>1</sup>, Caroline Paugam<sup>1</sup>**

1. UTLN/AMU, CNRS/INSU, IRD, Institut Méditerranéen d'Océanologie (MIO), OSU PYTHEAS, Toulon/Marseille, France
2. ISMER, Université du Québec à Rimouski, Canada.

e-mail : [rey@univ-tln.fr](mailto:rey@univ-tln.fr)

## Réseau de stations HTM-NET « Hydrodynamique et Transport de MES – Niveaux d'Eau et Température »

### OBJECTIFS:

- Apporter des données de mesures originales pour une meilleure compréhension et modélisation des interactions et couplages entre la dynamique côtière et la dynamique littorale à l'échelle des baies  
Thématique à l'interface des axes de recherche en dynamique du plateau continental et en dynamique littorale au M.I.O (zone d'étude forcée par le Courant Nord et les épisodes de vent)

### MOTIVATIONS:

A l'origine, meilleure compréhension de la dynamique des échanges petite rade – grande rade de Toulon (thèse Christiane Dufresne, Coll. IRSN, 2014).  
Plus généralement, dynamique à l'échelle des bassins et des baies, ondes, surcotes, submersions.

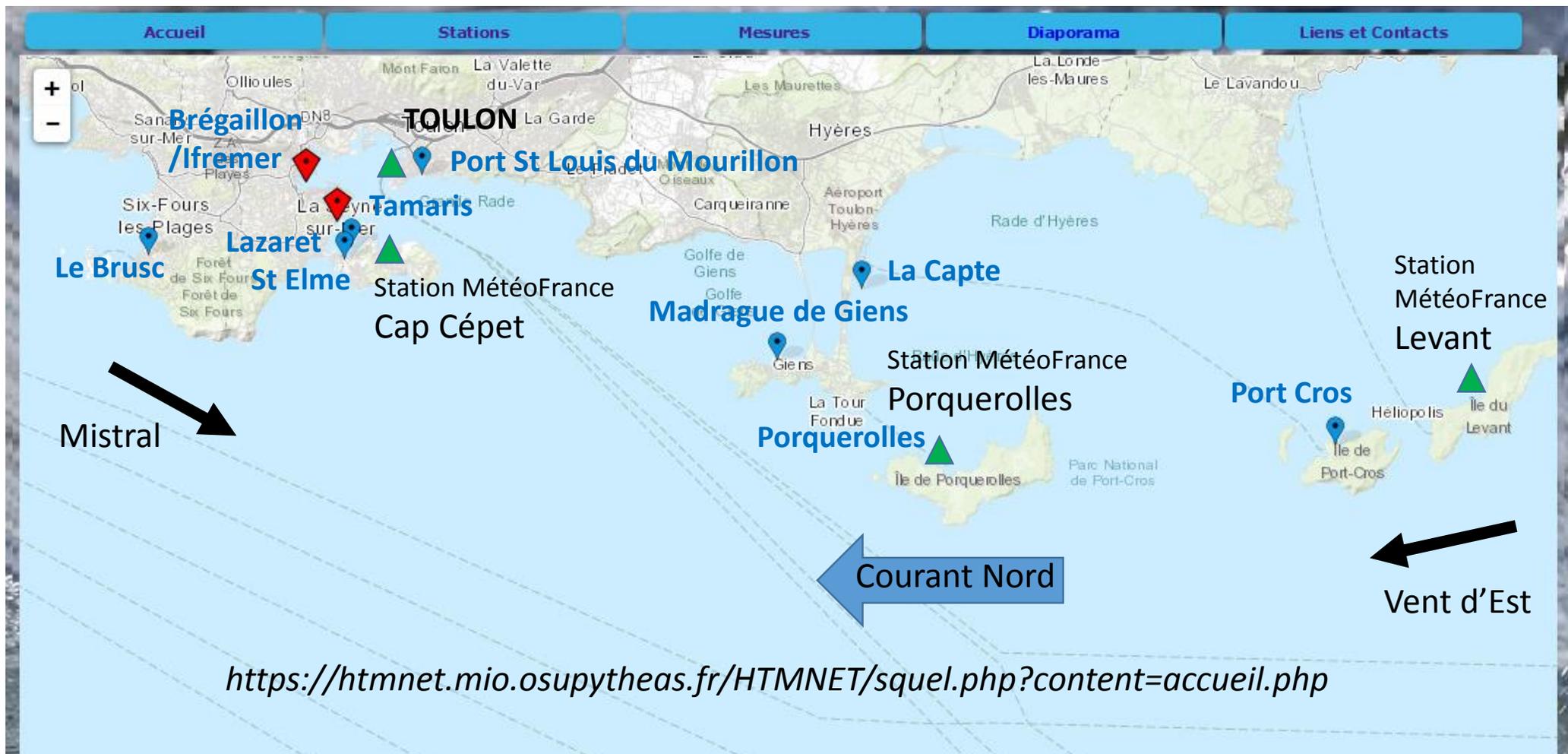
### PROJET:

Développement d'un système d'observation sur le long terme (le M.I.O fait partie de l'OSU Pytheas)  
**des niveaux d'eau et des températures**

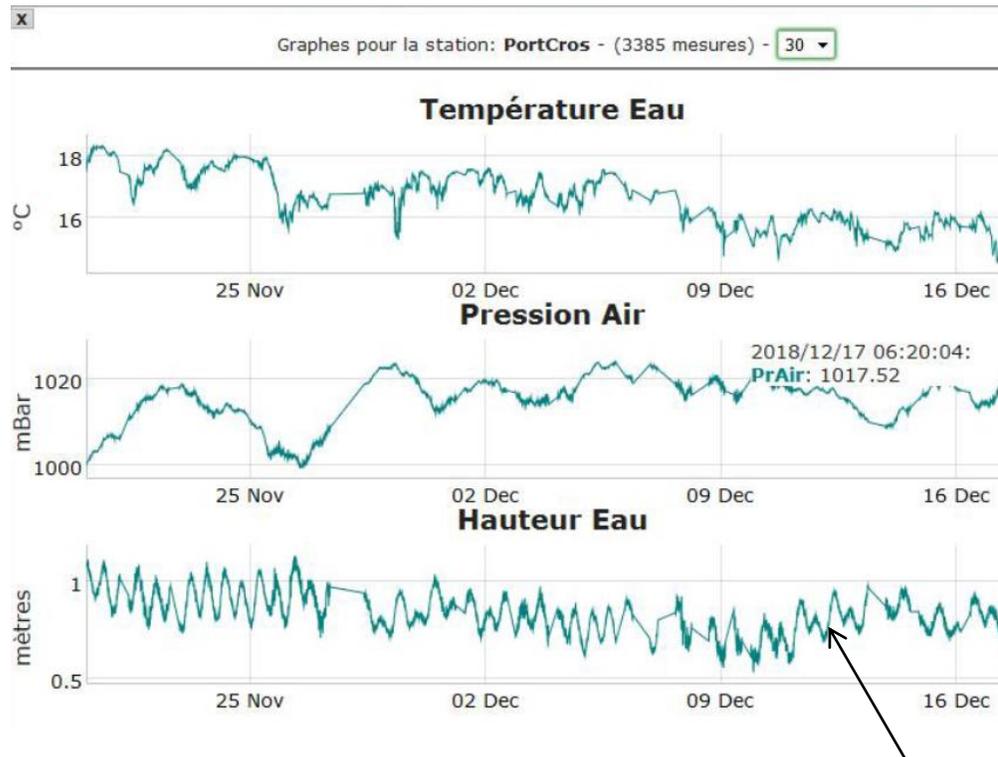
### PRESENTATION:

**CONTRIBUTIONS DE DIFFERENTS FACTEURS agissant sur les VARIATIONS DES NIVEAUX D'EAU**

# Réseau de stations HTM-NET « Hydrodynamique et Transport de MES – Niveaux d'Eau et Température » 10 stations dans l'aire Toulonnaise



## Réseau HTM-NET : Mesure du niveau d'eau



**Niveau d'eau:**  $\eta = \Delta p / \rho g$   
avec

$\Delta p$ , différence de pression mesurée dans l'eau et dans l'air,  
 $\rho$  la masse volumique de l'eau fixée à 1.025 (valeur pour une salinité de  $S=35$  et une température  $T=19^\circ\text{C}$ )  
 $g=9.81 \text{ m/s}^2$  l'accélération due à la gravité

Oscillations dues à la marée

### Station HTM-NET



Mesure de la pression et de la température au niveau de chaque Capteur (toutes les 10 min jusqu'à fin 2018):

Données :

- Pression atmosphérique
- Niveau d'eau

(référencement niveau absolu en cours avec collaboration Shom)

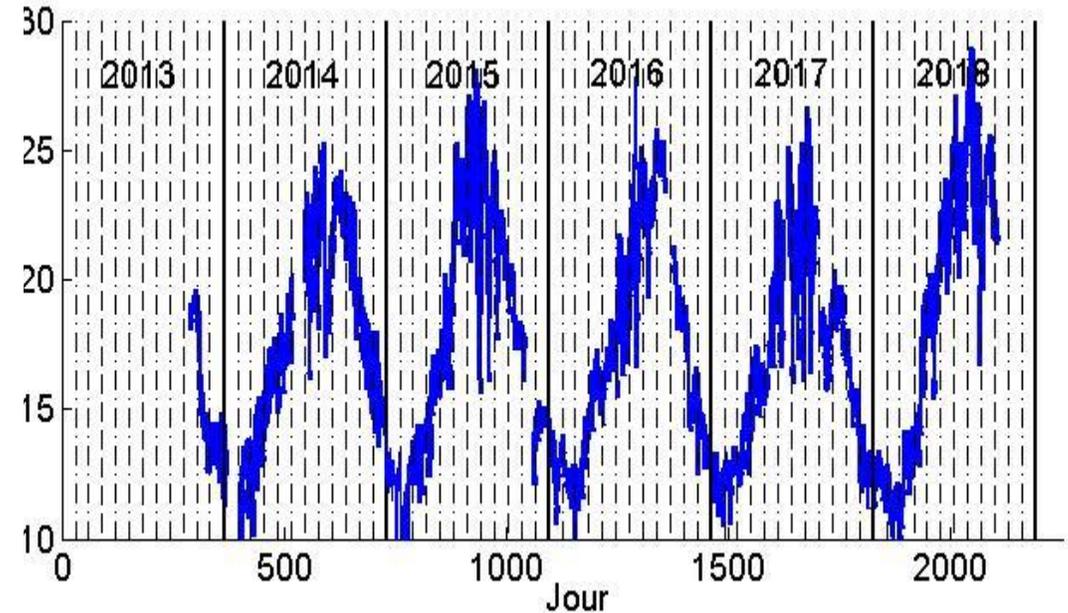
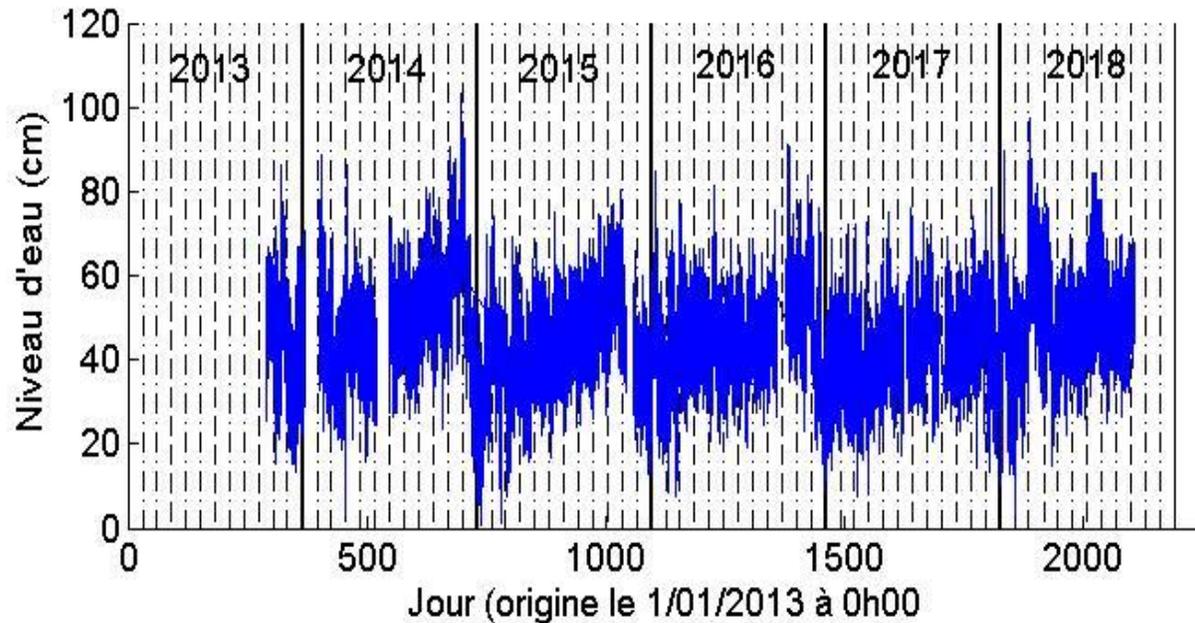
- Température de l'eau

## Réseau HTM-NET : Mesure du niveau d'eau

Stations : nom et dates d'installation

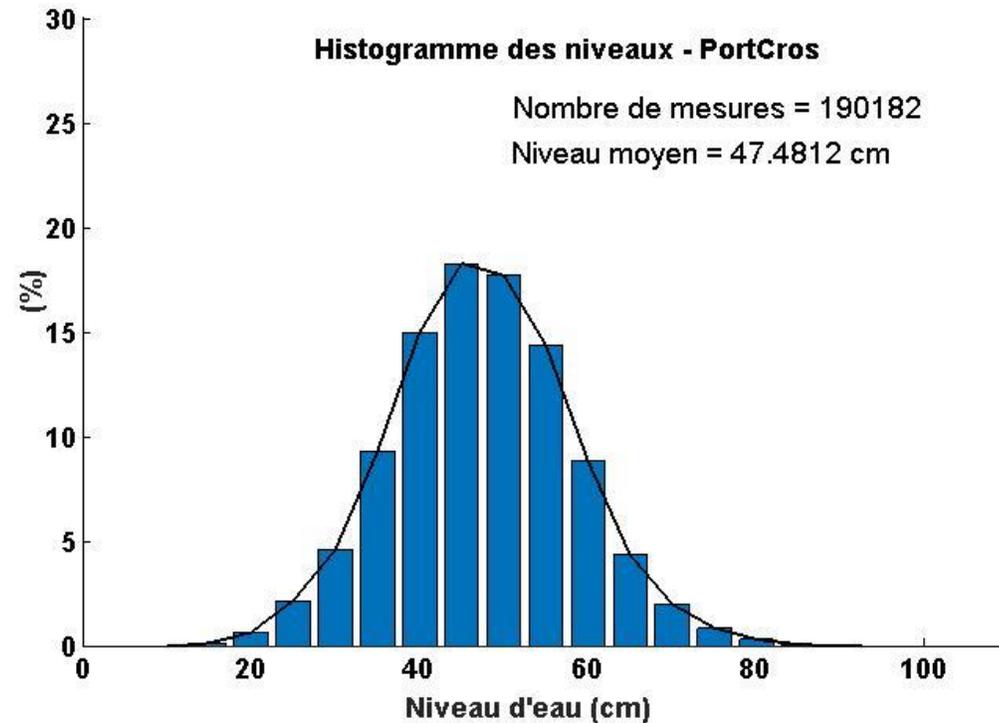
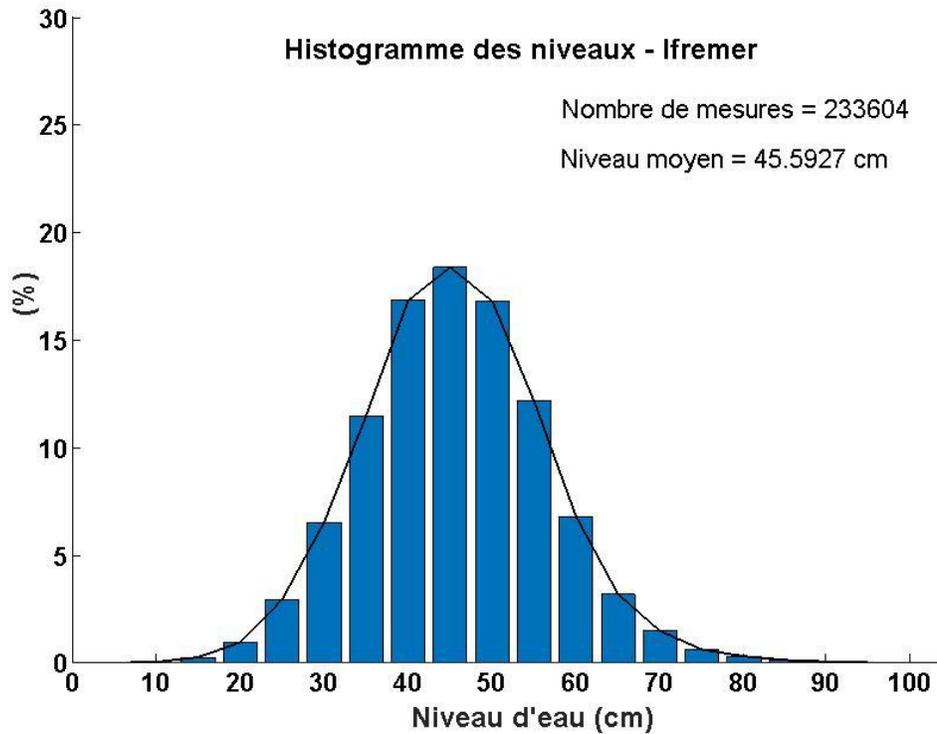
Site	Date d'installation
Ifremer	17 octobre 2013 (prototype)
Port-Cros (GSM après le 21/09/2016)	1 <sup>er</sup> juillet 2014
Lazaret (GSM après le 5/09/2017)	13 mars 2015
Tamaris	18 mars 2015
Madrague of Giens (GSM)	6 mai 2015
Port Saint Louis of Mourillon (GSM)	18 décembre 2015
Saint Elme (GSM)	12 février 2016
Brusc (GSM)	20 avril 2016
La Capte (GSM)	6 avril 2017
Porquerolles (GSM)	14 septembre 2018

Exemple des séries temporelles d'ifremer:



## VARIATION DES NIVEAUX D'EAU

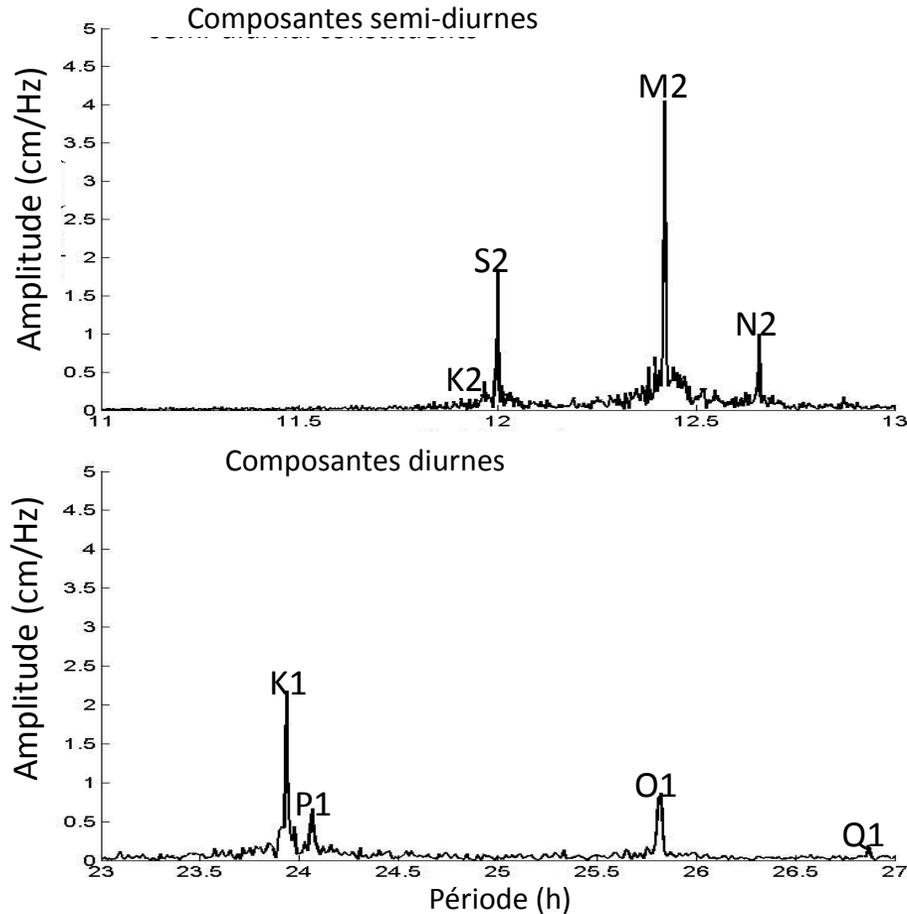
### Histogrammes des stations d'Ifrermer et de Port Cros



### Variation des niveaux d'eau d'environ 1m

# CONTRIBUTIONS DE DIFFERENTS FACTEURS agissant sur les VARIATIONS DES NIVEAUX D'EAU

## LA MAREE



Amplitude (écart-type) (en cm) Composante de marée	Ifremer (*)	Port-Cros (*)	Maregraphe de Toulon (*)	Maregraphe de Marseille (**)
K2 (T=11.967 h)	0.68 (0.20)	0.63 (0.34)	0.53 (0.09)	0.60 (0.06)
S2 (T=12.00 h)	2.34 (0.36)	2.10 (0.57)	2.30 (0.23)	2.42 (0.09)
M2 (T=12.4206 h)	6.33 (0.80)	5.72 (1.56)	6.06 (0.71)	6.80 (0.08)
N2 (T=12.658 h)	1.34 (0.35)	1.16 (0.37)	1.30 (0.22)	1.41 (0.09)
K1 (T=23.935 h)	2.77 (0.47)	2.57 (0.78)	2.86 (0.26)	3.17 (0.07)
P1 (T=24.066 h)	1.04 (0.29)	1.01 (0.39)	1.19 (0.17)	1.14 (0.09)
O1 (T=25.891 h)	1.44 (0.26)	1.27 (0.36)	1.42 (0.22)	1.74 (0.08)
Q1 (T=26.87 h)	0.28 (0.12)	0.27 (0.10)	0.25 (0.05)	0.32 (0.07)

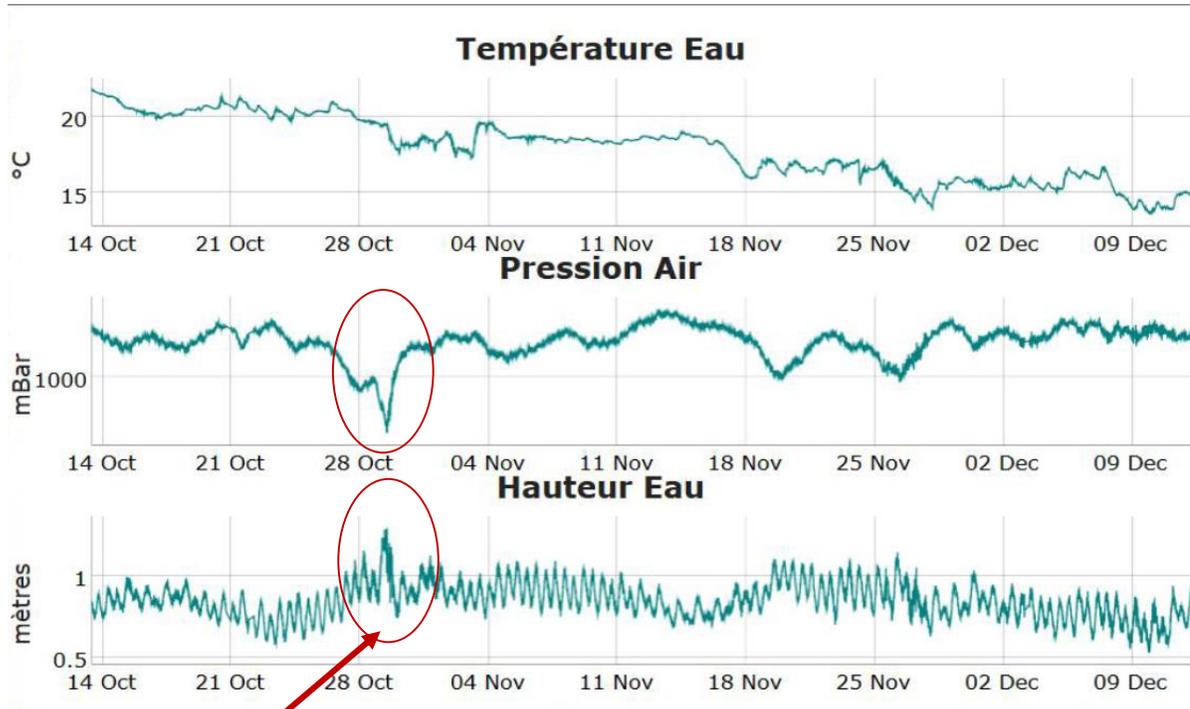
(\*) calculs à partir de séries temporelles de 181.26 jours, avec fenêtre glissante entre 2014 et 2018.  
 (\*\*) données issues de Wöppelmann et al, *J. Geod.*, 2014.

**ORDRE DE GRANDEUR MAREE : 20 cm**

ET dilatation stérique : Amplitude semi-annuelle  $S_{sa}$ , 1.5cm, annuelle  $S_a$ , 5.77cm

# CONTRIBUTIONS DE DIFFERENTS FACTEURS agissant sur les VARIATIONS DES NIVEAUX D'EAU

## LA PRESSION ATMOSPHERIQUE



Tempête du 28 octobre 2018 :

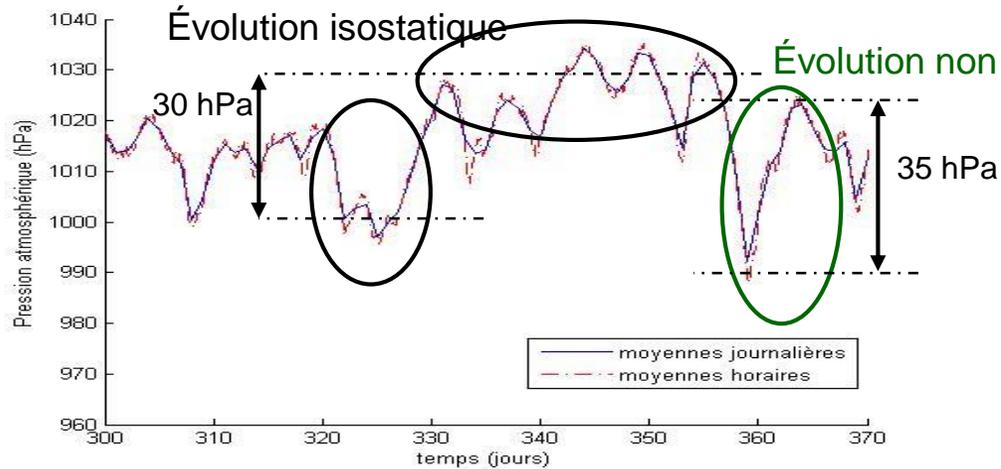
Passage rapide d'une dépression avec forte surcote

Inondation des quais et de la route à La Seyne sur Mer

ORDRE DE GRANDEUR EFFET DE LA PRESSION ATMOSPHERIQUE : 50 cm dans l'hypothèse ISOSTATIQUE (si 50 hPa entre anticyclone et dépression)

CONTRIBUTIONS DE DIFFERENTS FACTEURS agissant sur les VARIATIONS DES NIVEAUX D'EAU

LA PRESSION ATMOSPHERIQUE

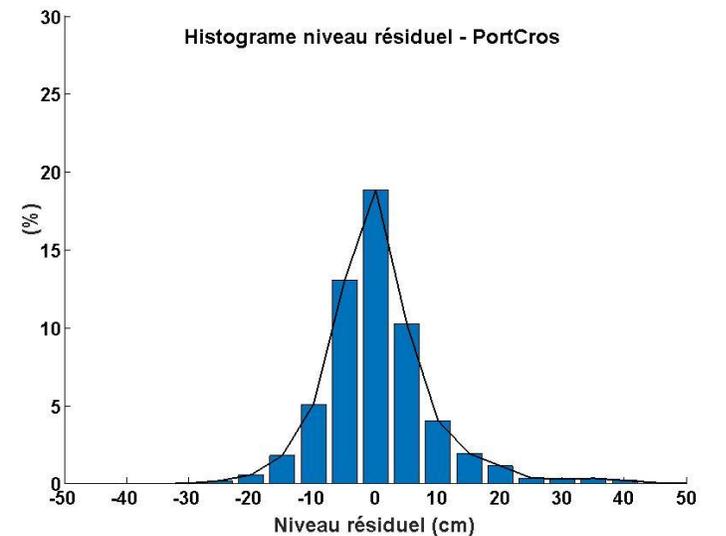
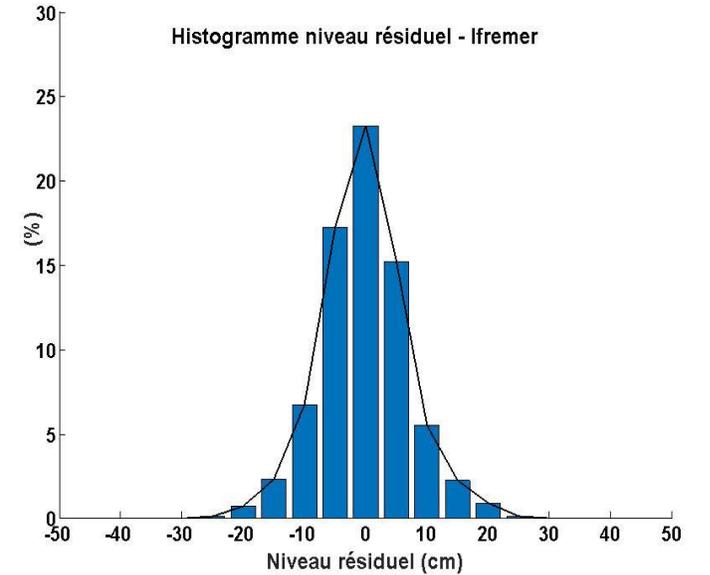


Approximation isostatique:

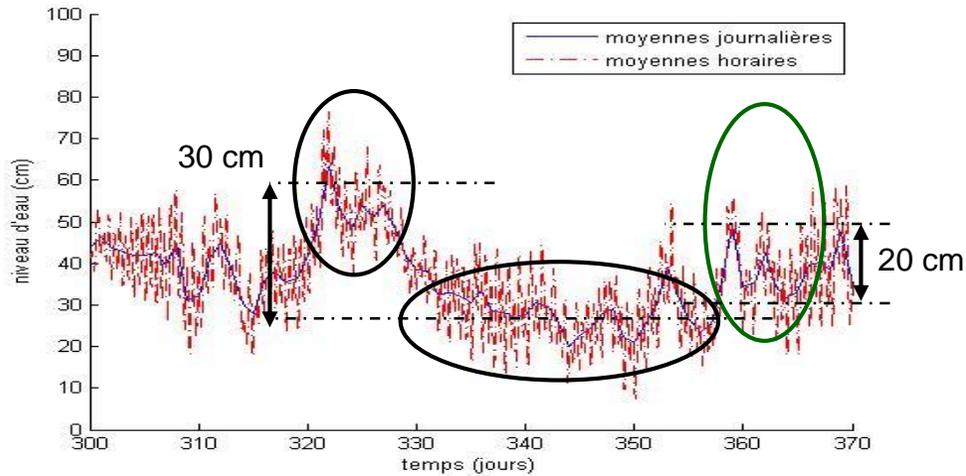
Comme 1 bar correspond à 10m d'eau, et 1 bar=1000 hPa, 1 hPa correspond à 1 cm d'eau

Niveau résiduel après avoir filtré la marée, et retranché la hauteur liée à la pression atmosphérique dans l'hypothèse « isostatique »

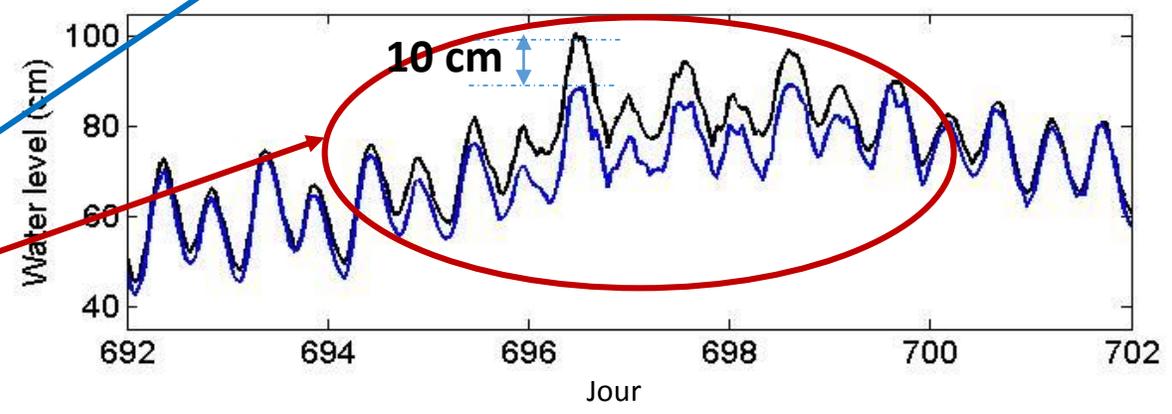
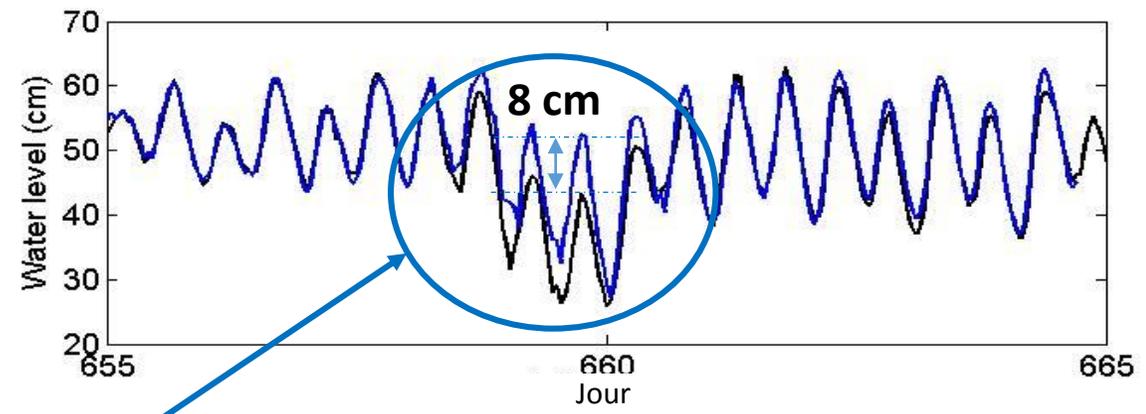
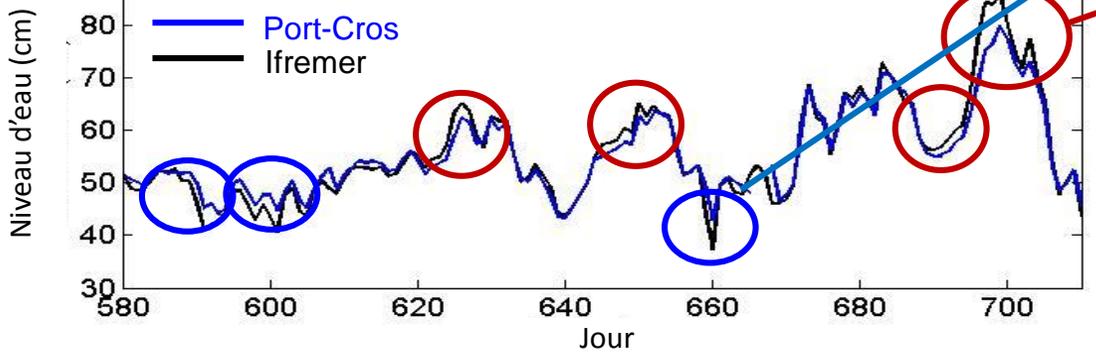
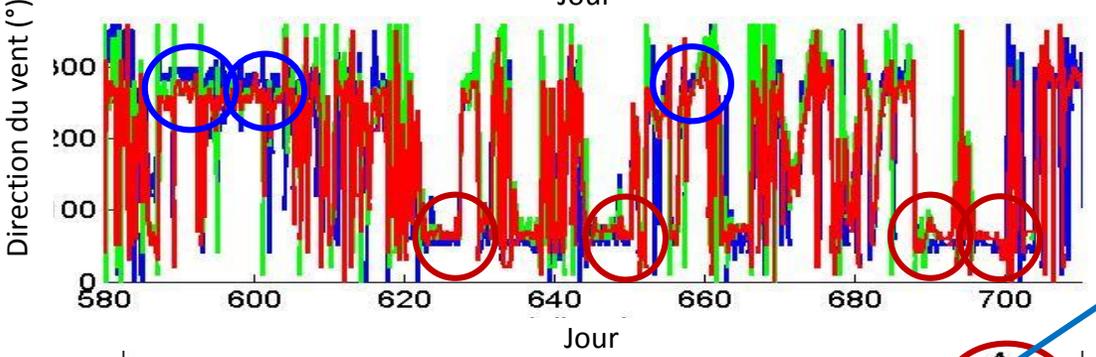
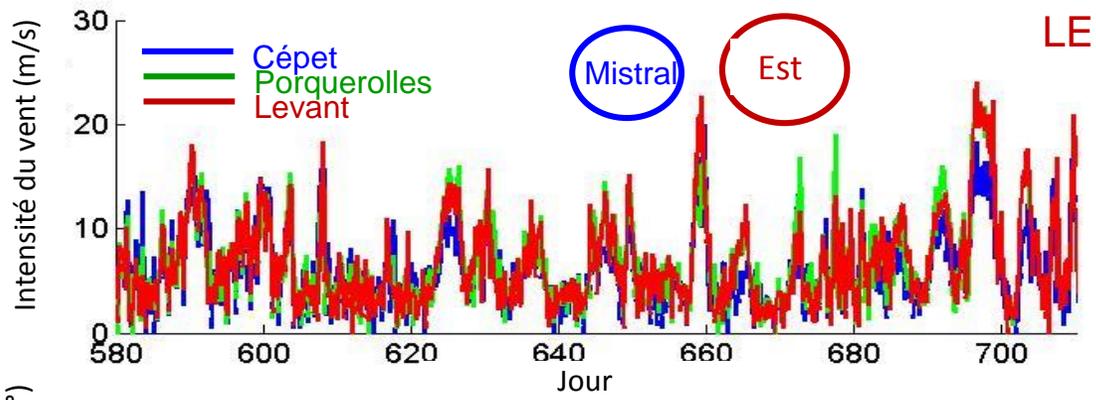
L'évolution du niveau d'eau ne suit pas toujours l'opposé de l'évolution de la pression atmosphérique.



Séries temporelle station Ifremer



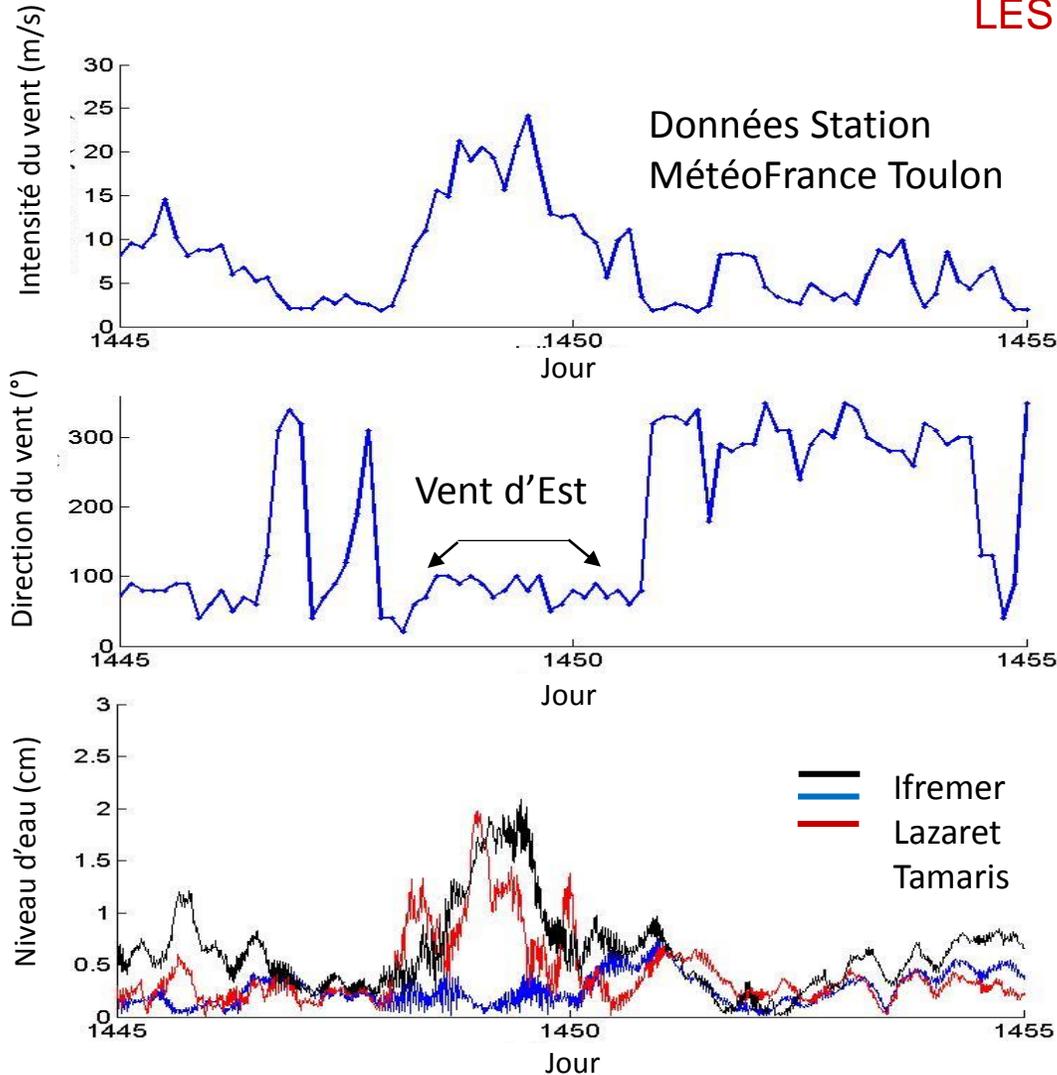
### CONTRIBUTIONS DE DIFFERENTS FACTEURS agissant sur les VARIATIONS DES NIVEAUX D'EAU



ORDRE DE GRANDEUR VENT à l'échelle des baies : 10 cm

CONTRIBUTIONS DE DIFFERENTS FACTEURS agissant sur les VARIATIONS DES NIVEAUX D'EAU

LES SEICHES



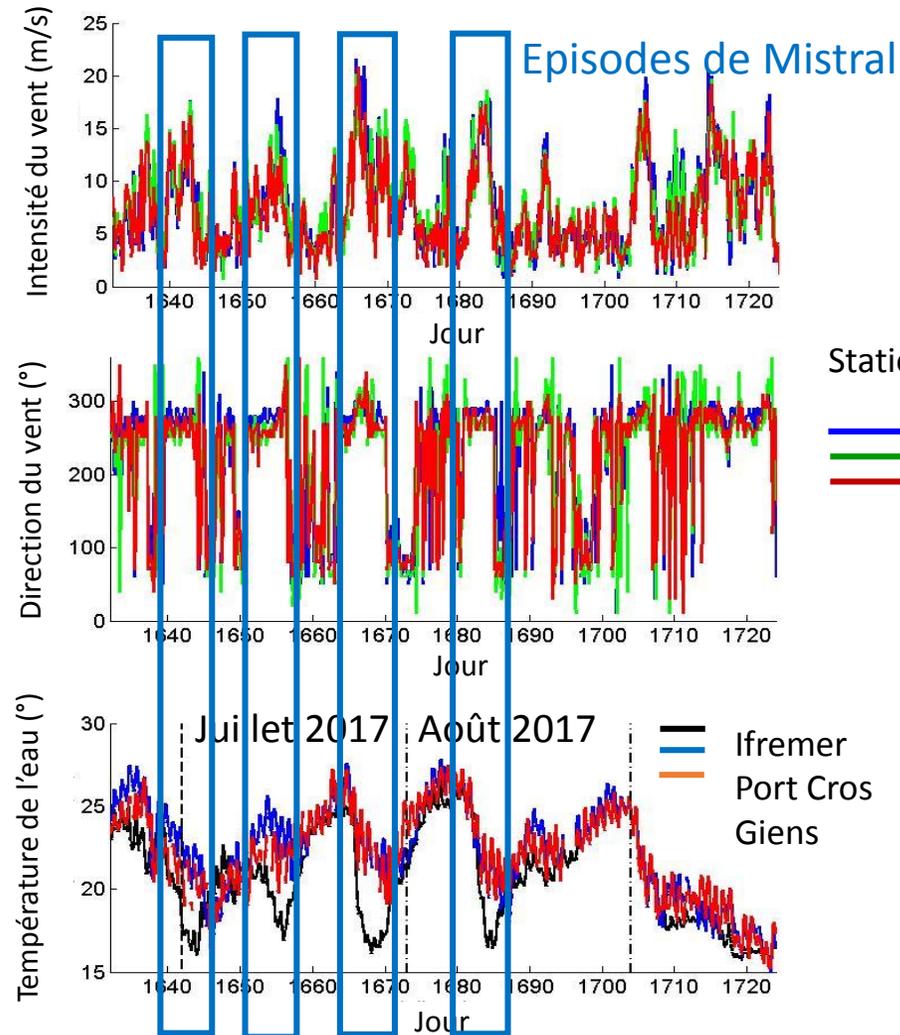
Seiches, 20 min et 45 min  
15 min et 30 min (moins significatives)  
d'après Millot et al, Oceanologica Acta, 1981.

Analyse de la seiche à 45 min  
(période d'échantillonnage réseau HTM-NET 10 min)  
dans la petite Rade de Toulon  
entre le 15 et le 24 décembre 2016  
Amplitudes dépendant de la localisation  
(maximale aux ventres d'oscillation).

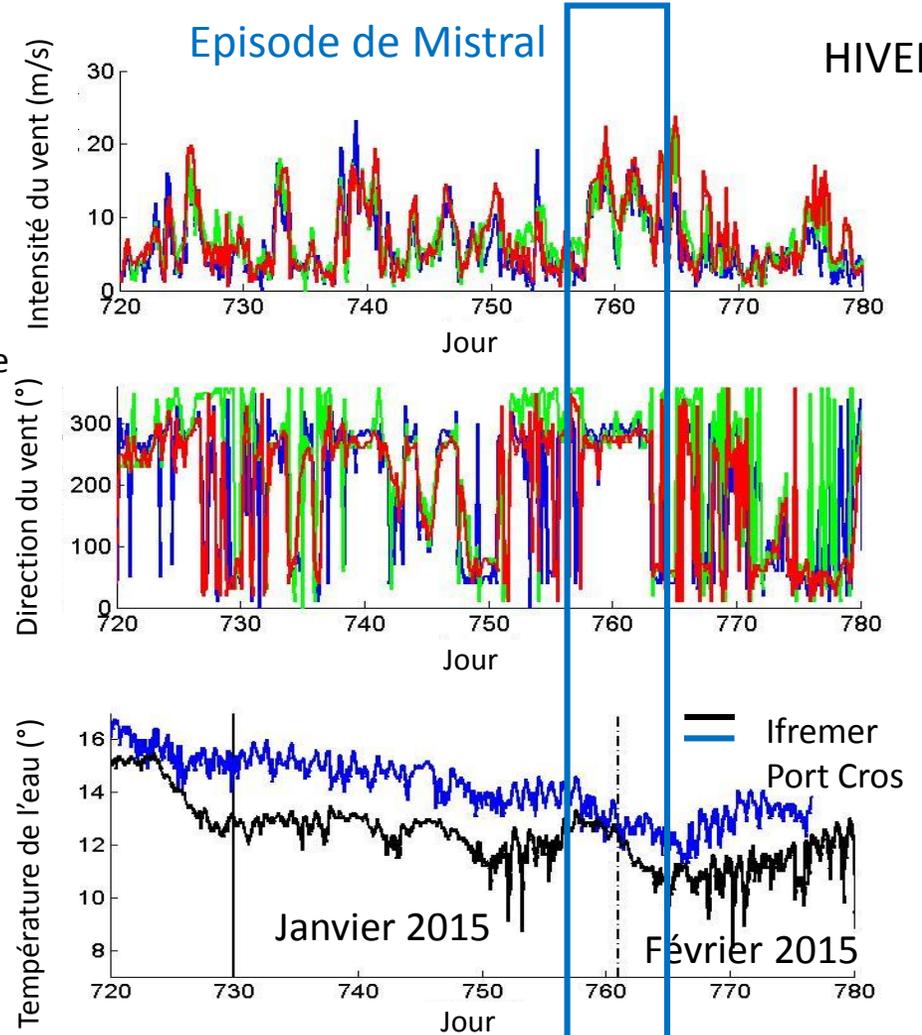
ORDRE DE GRANDEUR SEICHE:  
Variation de niveau de l'ordre de quelques 5 cm

Le réseau HTM-NET, c'est aussi des mesures de température au niveau des capteurs

ÉTÉ 2017



HIVER 2015



La température de l'eau baisse dans la rade par épisodes de Mistral, Phénomènes de remontées d'eaux froides ou upwelling, Dufresne et al, Ocean Dyn, 2014.

La température de l'eau Remonte dans la rade

## CONCLUSIONS

### RESEAU D'OBSERVATION à ECHELLE REGIONALE :

#### - Variations de NIVEAU :

Contributions de la **marée** (env. 20cm), de la dilatation (effet **stérique**, env. 5cm)

et de la **pression atmosphérique** (env. 50cm ou plus),

+à l'échelle régionale :

- contribution du vent (env. 10cm),

- analyse des seiches (env. 5cm),

#### - Variations de TEMPERATURE :

Aide à la compréhension de la dynamique des masses d'eaux en compléments des données de niveau

### LE RESEAU et SES EVOLUTIONS:

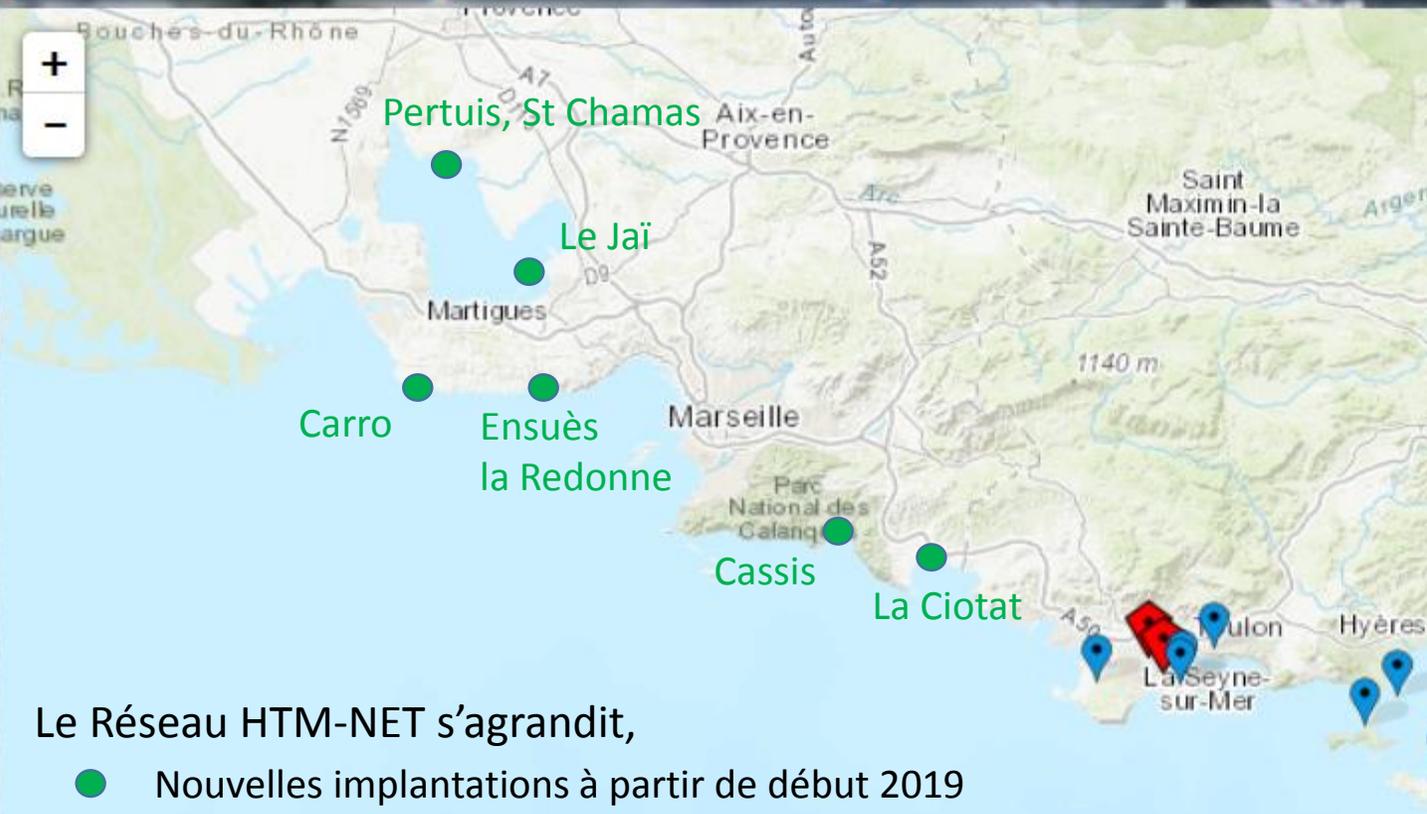
- Référencement des stations par rapport au niveau de référence NGF (en cours, coll. Shom)

- Passage en 2019 d'une période d'acquisition de 10 min à 2 min.

- Extension du réseau vers l'Ouest (jusqu'au Cap Couronne (Est du golfe de Fos)).

# Le réseau HTM-NET en 2019

- Accueil
- Stations
- Mesures
- Graphes
- Diaporama
- Liens et Contact



### Remerciements :

Programme National d'Observation sur le Long Terme DYNALIT, ILICO  
Toulon Metropole TPM (Contrats HTM-NET, OLBIA, CAPTILE)  
Shom, REFMAR (référencement et diffusion des données)

### Implantation des stations:

Toulon Métropole  
Parc National de Port Cros (PNPC)  
Ville de Hyères  
Conseil Départemental 13  
La Ciotat Shipyards

MétéoFrance pour les données météorologiques

Le Réseau HTM-NET s'agrandit,

- Nouvelles implantations à partir de début 2019