



Analyse de la tempête marine sur le littoral Languedoc- Roussillon des 14 et 15 janvier 2010



Frontignan (les Aresquiers) le 15 janvier 2010

DIRECTION REGIONALE DE L' ENVIRONNEMENT,
DE L'AMENAGEMENT ET DU LOGEMENT
LANGUEDOC-ROUSSILLON

Contacts

Cyril VANROYE – DREAL Languedoc-Roussillon
Service Risques Naturels et Technologiques
Unité Dynamique Sédimentaire et Aléas côtiers
tél. 04-34-46-67-03 fax 04-34-46-67-36
mél. cyril.vanroye@developpement-durable.gouv.fr

Catherine GARCIA - DREAL Languedoc-Roussillon
Service Risques Naturels et Technologiques
Unité Dynamique Sédimentaire et Aléas côtiers
tél. 04-34-46-67-29 fax 04-34-46-67-36
mél. catherine.garcia@developpement-durable.gouv.fr

Sommaire

I)	INTRODUCTION	4
II)	DESCRIPTION GÉNÉRALE	4
III)	LES DONNÉES MÉTÉOROLOGIQUES	5
	III.1) LE VENT.....	5
	III.2) LA PRESSION BAROMÉTRIQUE.....	6
IV)	LES DONNÉES MARINES	6
	IV.1) LA HOULE	6
	IV.2) LES NIVEAUX MARINS.....	12
	IV.2.1) Les mesures numériques.....	12
	IV.2.2) La surcote.....	14
V)	ANALYSE DE L'ÉVÉNEMENT	20
VI)	DOCUMENTS PHOTOGRAPHIQUES	21

I) Introduction

Le 14 janvier 2010 une dépression principale sur la Corogne s'est décalée vers l'Est le matin. Associée à ce minimum, une dépression secondaire s'est creusée près des côtes du Roussillon en mi-journée et s'est décalée ensuite vers le Sud Est, entre les Baléares et la Sardaigne en se comblant en soirée, puis vers le Nord de l'Algérie en fin de nuit.

Des vents très forts (force 6 à 8) et des vagues de secteur Est à Sud Est ont touché le littoral de la région Languedoc-Roussillon et notamment les départements du Gard, de l'Hérault et de l'Aude. Cet épisode a été accompagné de quelques précipitations.

Le présent rapport tente de caractériser cet événement notamment en le comparant aux dernières tempêtes connues pour lesquelles on dispose de données à l'échelle du littoral régional. Ont ainsi été utilisées les tempêtes qui ont fait l'objet de déclaration CATNAT : tempêtes de décembre 1997, novembre 1999, décembre 2003 et décembre 2008. On a aussi associé certains événements récents plus modestes pour enrichir la comparaison : novembre 2007, janvier 2008 et octobre 2009.

Il prend en compte les observations et données réalisées en Languedoc-Roussillon par :

- Météo France
- la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Languedoc-Roussillon

Remarques importantes:

- *Ce rapport a été réalisé après l'événement. Il se base uniquement sur les données et témoignages qui ont pu être récoltés à ce jour.*
- *Les données de ce rapport sont des données non critiquées. Une étude plus approfondie sera nécessaire pour les valider. Elles permettent cependant de décrire correctement l'événement avec les données disponibles.*
- *Dans ce rapport les heures sont données en heure TU (heure locale =TU+1).*

II) Description générale

L'épisode a débuté dans la nuit du 13 au 14 janvier 2010 avec une chute de la pression atmosphérique ramenée au niveau de la mer et un flux d'Est à Sud Est fort avec des vents force 6 à 8 de Cerbère à Port-Camargue.

Météo France a émis un avis de vigilance pour très fortes vagues sur la côte Méditerranée pour les départements du Gard (30), de l'Hérault(34) et de l'Aude (11) avec un début d'événement le 14 janvier à 13h00 et une fin d'événement le 15 janvier à 02h00.

Le 14 janvier le temps était perturbé et pluvieux avec un flux d'Est à Sud Est fort avec des vents force 6 à 8 de Cerbère à Port-Camargue. En début d'après-midi la pression atmosphérique est remontée progressivement. Les vents de Sud Est, ont mollit dans l'après-midi, de Cerbère à Gruissan, pour se renforcer en soirée et basculer au Nord Ouest. De Gruissan à Port Camargue, le vent est revenu Est en soirée puis Nord et enfin Nord Ouest force 3 à 5 en fin de nuit.

L'état de la mer s'est aussi renforcé avec une houle se formant d'Est à Sud Est atteignant **4,87 m** à Sète (mesurée le 14 janvier à 14h30), **4,22 m** à Leucate (mesurée le 14 janvier à 19h00) et **2,95 m** à Banyuls (mesurée le 15 janvier à 0h30) pour s'atténuer progressivement. Cette houle était associée à une surélévation du plan d'eau moyen.

Le 15 janvier les vents de Nord Ouest force 5 à 7, plus important sur le secteur de Cerbère à Port Camargue, ont mollit progressivement du sud au nord du littoral pour tourner Nord à Nord Est dans la nuit.

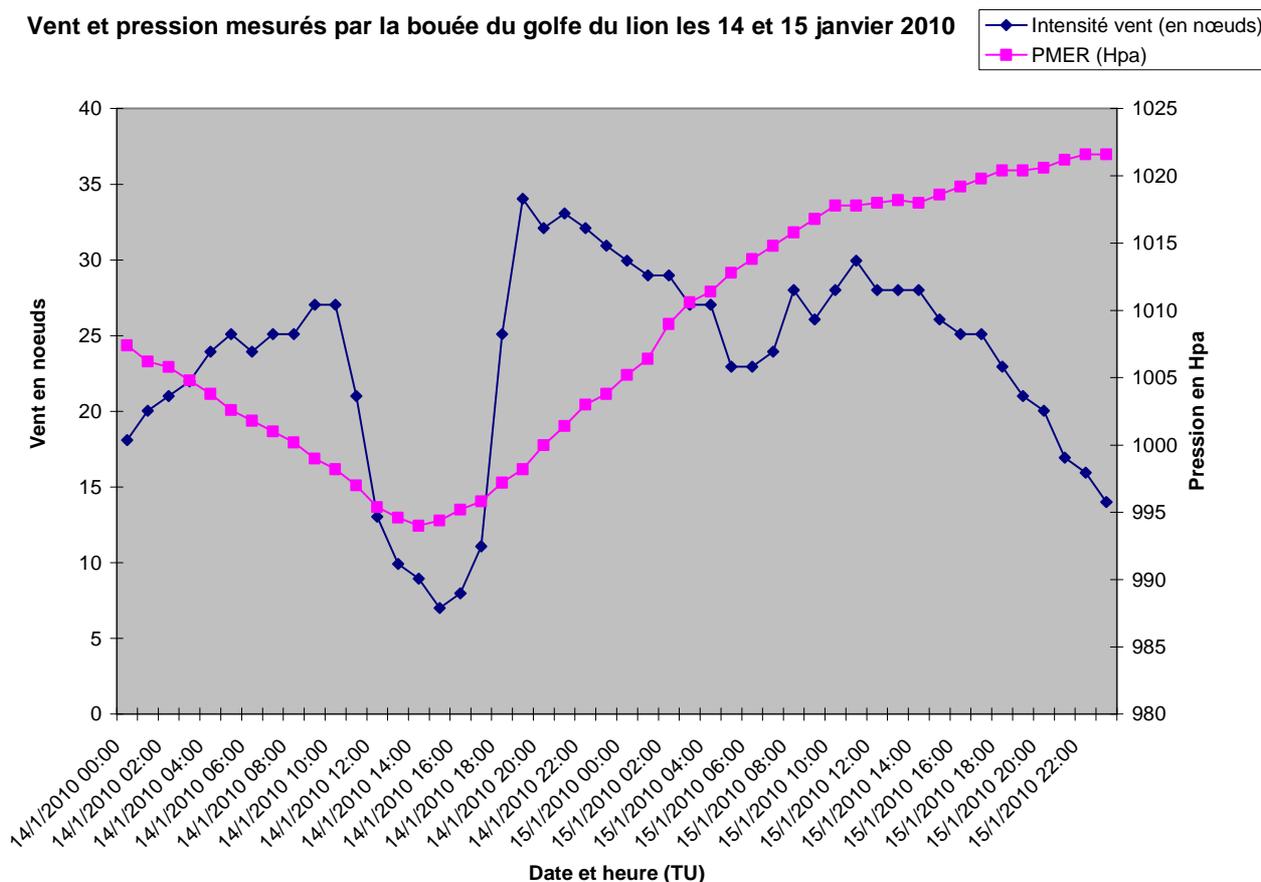
III) Les données météorologiques

Pour les observations et données réalisées par Météo France, outre les bulletins météo, ont été prises en compte les mesures de vents et de pression transmises les 14 et 15 janvier 2010 par la bouée Météo France du Golfe du Lion ancrée au large par des fonds de 2 300 m à la position 42°10'N et 4°70'E. La girouette éta nt en panne seule l'intensité du vent figure sur le graphe ci-après.

Pour l'analyse de la pression ont été pris en compte également les données issues des marégraphes côtiers numériques (M.C.N.) installés par le Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM) dans le port de Port-Vendres (département des Pyrénées-Orientales) et dans le port de Sète (département de l'Hérault).

III.1) Le vent

Vent et pression mesurés par la bouée du golfe du lion les 14 et 15 janvier 2010



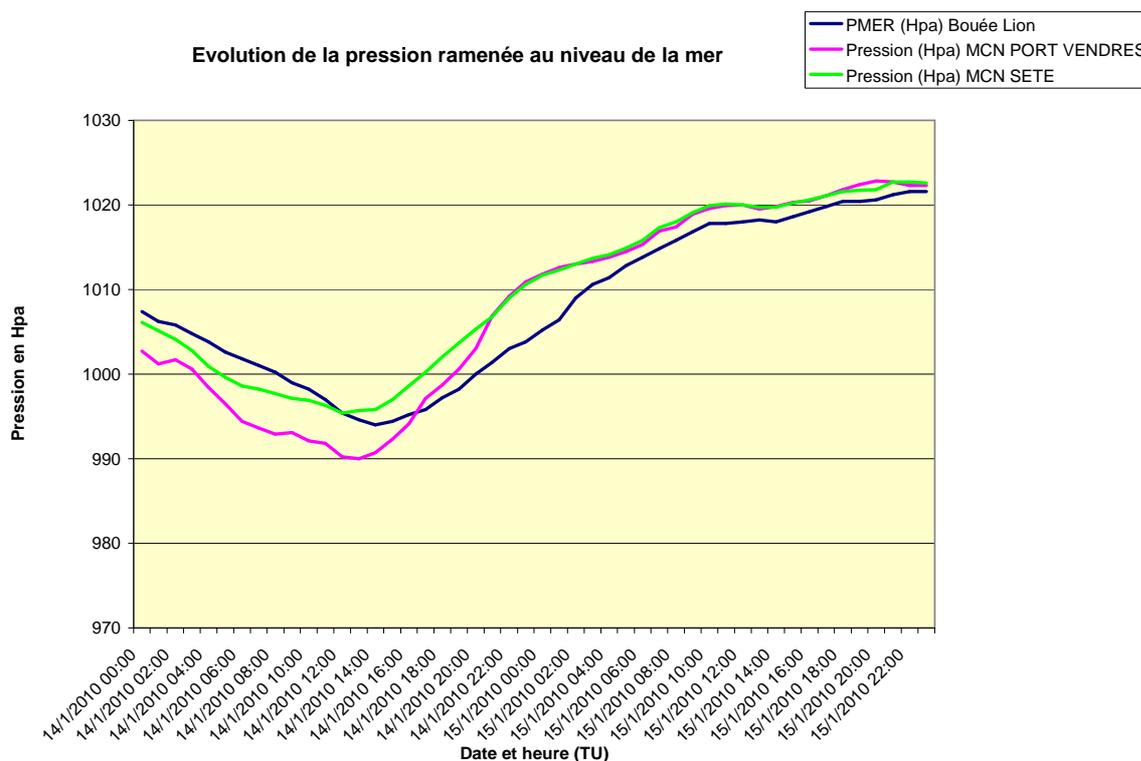
C'est entre le 14 janvier 19h00 et le 15 janvier 00h00 que la bouée a enregistré les vents les plus forts : 34 nœuds (63 km/h) le 14 janvier à 19h00 en vent moyen sur 10 minutes. Ce maximum intervient quelques heures après le minimum de pression enregistré le 14 janvier à 14h00 (994 Hpa).

III.2) La pression barométrique

On peut noter que l'évolution de la pression mesurée au large par la bouée Météo France est similaire à celle mesurée par les marégraphes côtiers numériques dans les ports de Port-Vendres et de Sète.

Pendant tout l'épisode les pressions sont restées élevées (>990 Hpa) avec des valeurs plus élevées au Nord du Golfe du Lion qu'au Sud. La tendance de l'évolution de la pression a été similaire sur l'ensemble du littoral :

- baisse progressive de la pression le 14 janvier dans la nuit jusqu' en début d'après-midi : on passe de valeurs >1002 Hpa à des valeurs >990 Hpa
- la pression remonte ensuite progressivement pour atteindre le 15 janvier au soir des valeurs >1021 Hpa



IV) Les données marines

IV.1) La houle

Ces données de houle proviennent :

- des houlographes directionnels gérés par la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Languedoc-Roussillon qui sont situés :
 - à Banyuls par 50 m de fond (position 42°29.369'N et 03°10.061'E)
 - à Leucate par 40 m de fond (position 42°55.000'N et 03°07.500'E)
 - à Sète par 30 m de fond (position 43°22.290'N et 03°46.777'E)
 - au Grau du roi (au large de l'Espiguette) par 35 m de fond (position 43°24.660'N et 04°09.750'E)

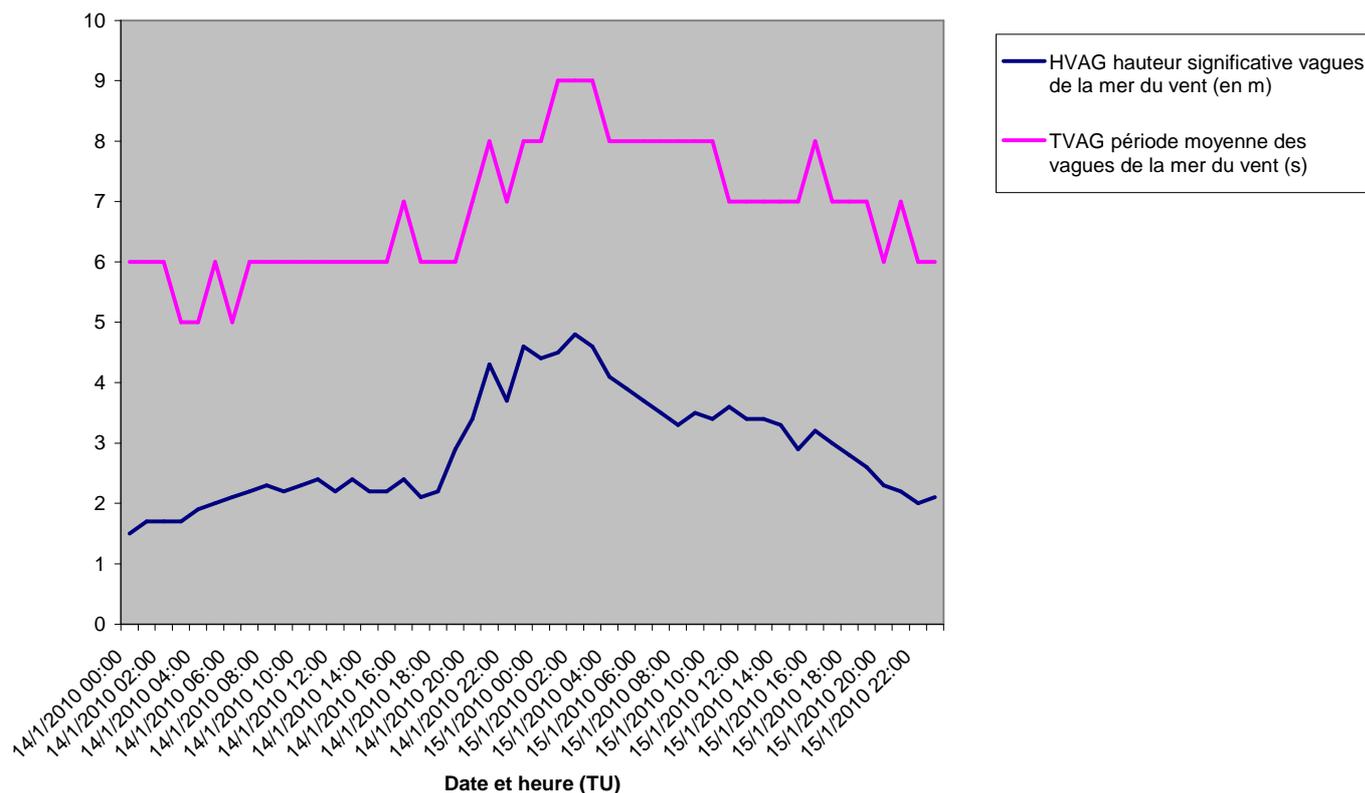
Ces houlographes sont distants de la côte de 2 à 3 milles.

- de la bouée Météo France du Golfe du Lion ancrée au large par des fonds de 2 300 m à la position 42°10'N et 4°70'E.

Analyse à partir des données de la bouée Météo France

Le graphique ci-dessous présente la hauteur de houle significative des vagues de la mer du vent (HVAG) ainsi que la période moyenne des vagues de la mer associée.

Mesures bouée METEO France du Golfe du Lion : Houle les 14 et 15 janvier 2010



La hauteur significative des vagues qui était restée inférieure à 2.50 m avec des périodes de 6 à 7 secondes commence à croître le 14 janvier à partir de 19h00 et atteint son maximum dans la nuit, le 15 janvier à 02h00, avec 4.80 m et une période de 9 secondes.

Analyse à partir des données des houlographes

Les graphiques ci-dessous présentent, pour chacun de ces sites :

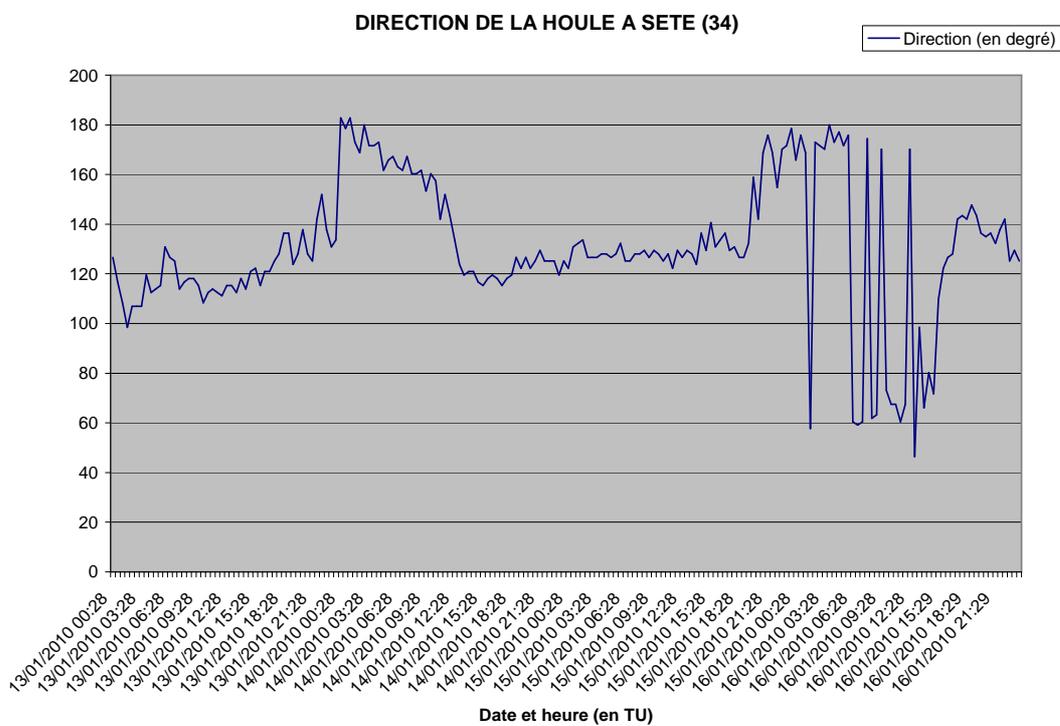
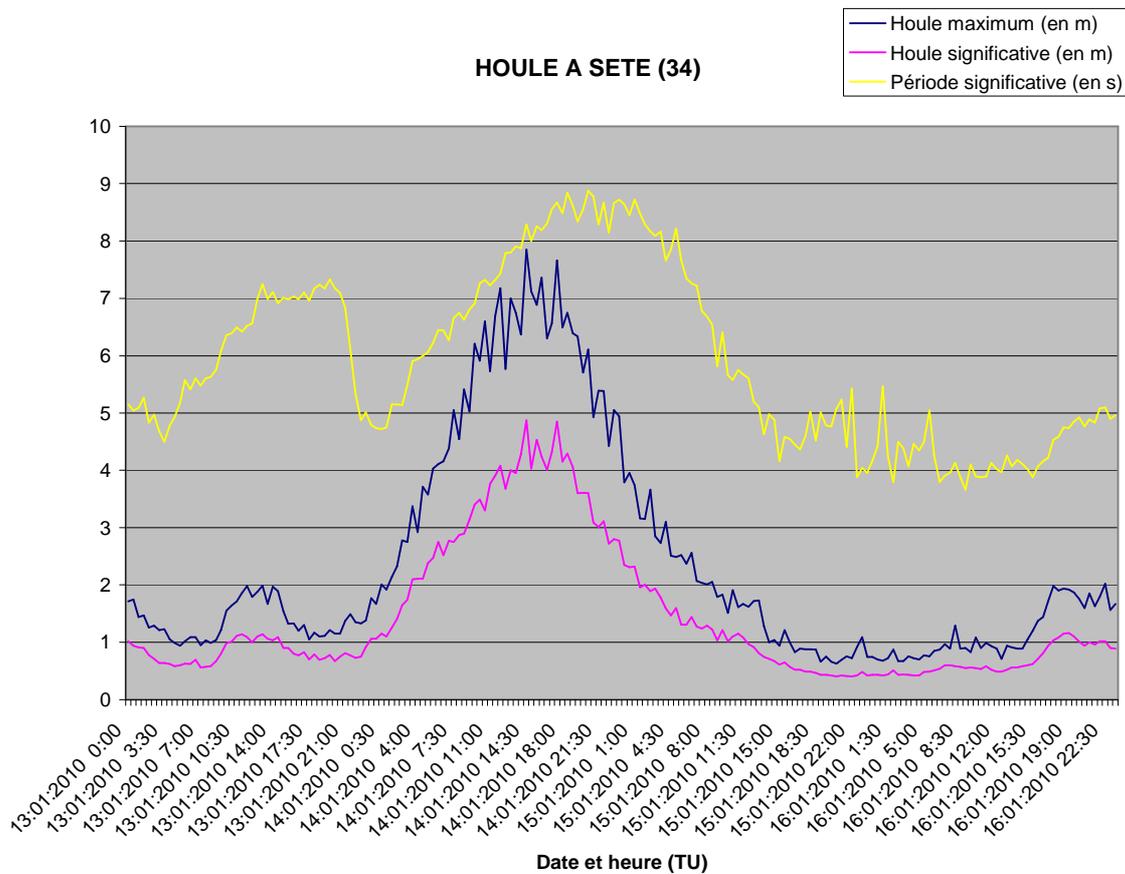
- la hauteur de houle maximum (H_{max}), la hauteur de houle significative^a ($H_{1/3}$) ainsi que la période significative associée. Ces paramètres sont calculés à partir de mesures réalisées pendant 20 minutes toutes les demi-heures. L'utilisation du $H_{1/3}$ permet d'être plus représentatif que le H_{max} qui peut avoir été généré par une seule vague. Le $H_{1/3}$ est proche du paramètre H_{m0} qui est représentatif de l'énergie des vagues.
- la direction de la houle^b

^a Hauteur significative de la houle ($H_{1/3}$) : hauteur moyenne du tiers des vagues les plus hautes.

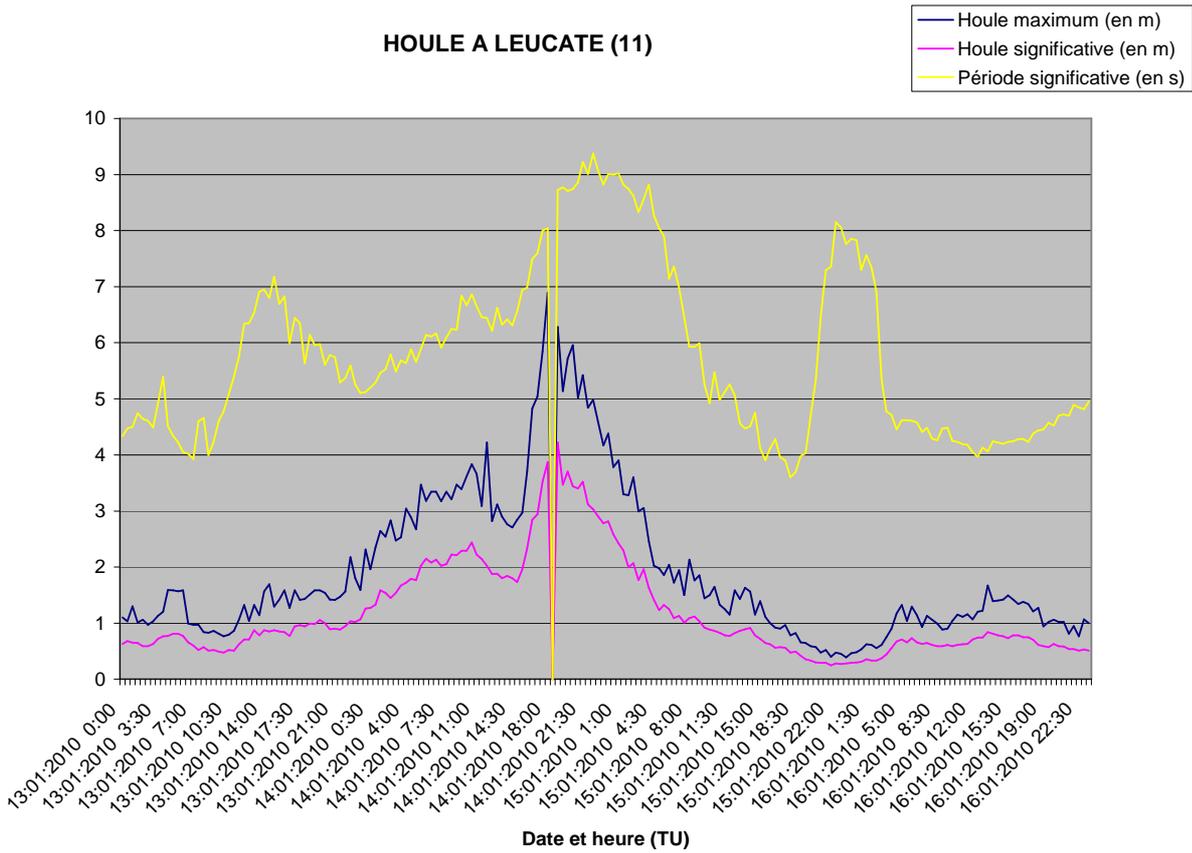
^b 0° correspond à une houle de Nord, 90° à une houle d'Est, 180° à une houle de Sud et 270° à une houle d'Ouest.

Sur le site du Grau du Roi, le houlographe était hors service pendant l'évènement.

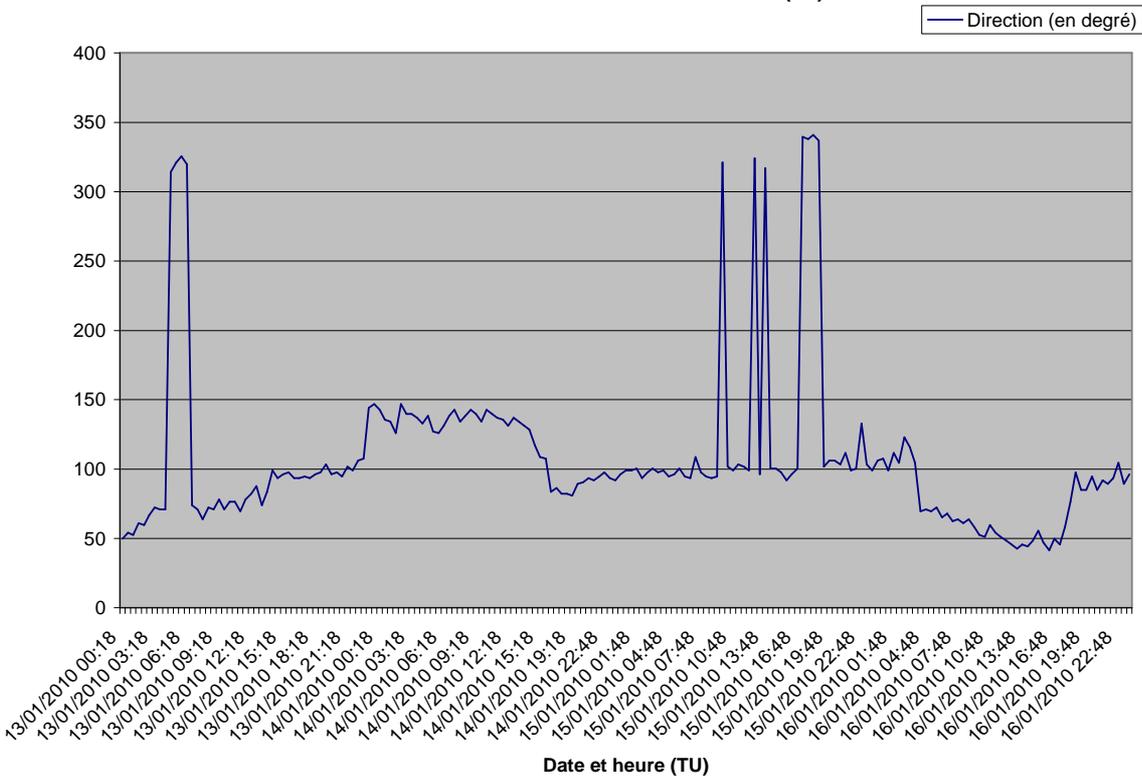
Sur le site de Banyuls, les mauvaises conditions de réception n'ont pas permis l'acquisition régulière des données le 14 janvier en soirée.



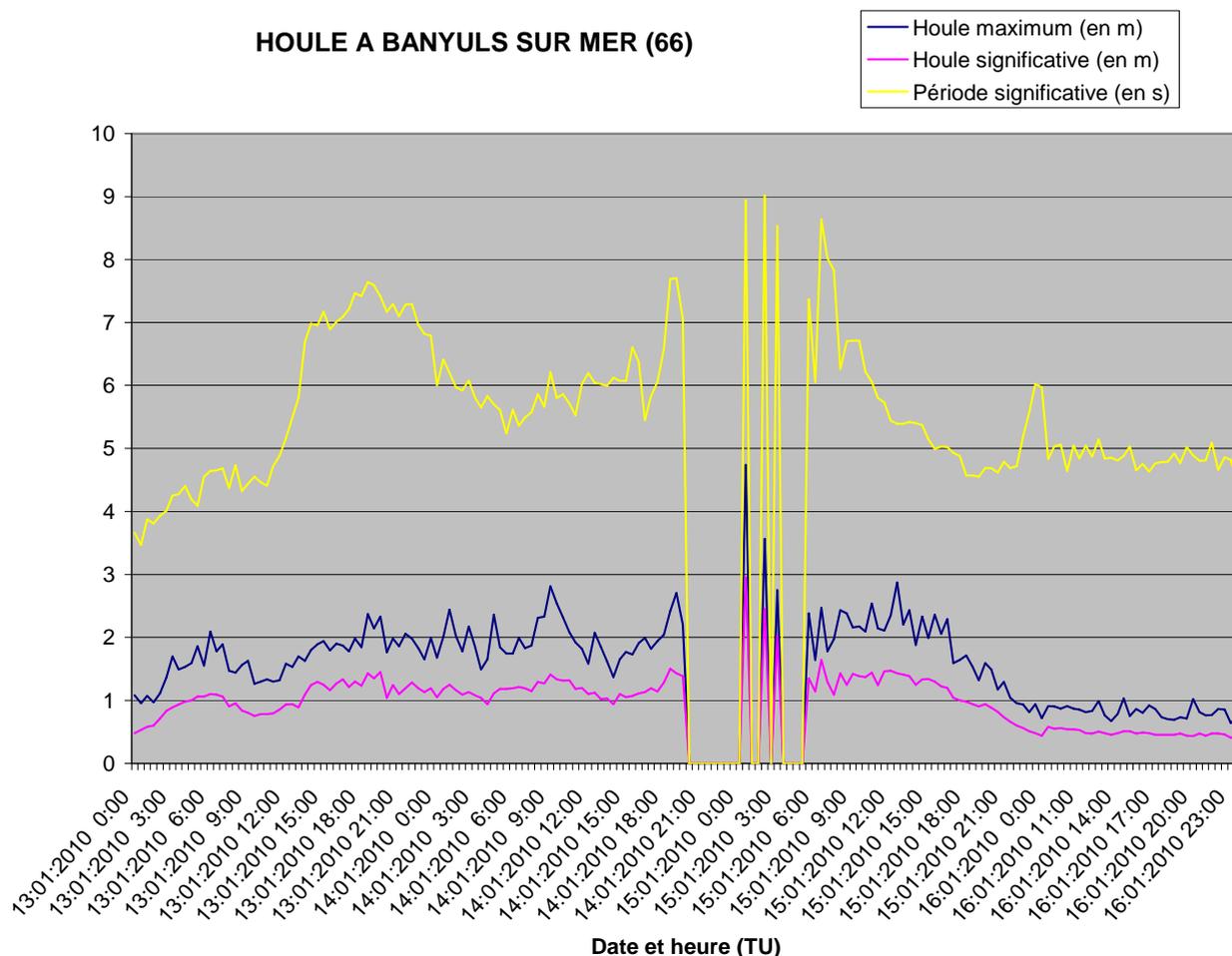
HOULE A LEUCATE (11)



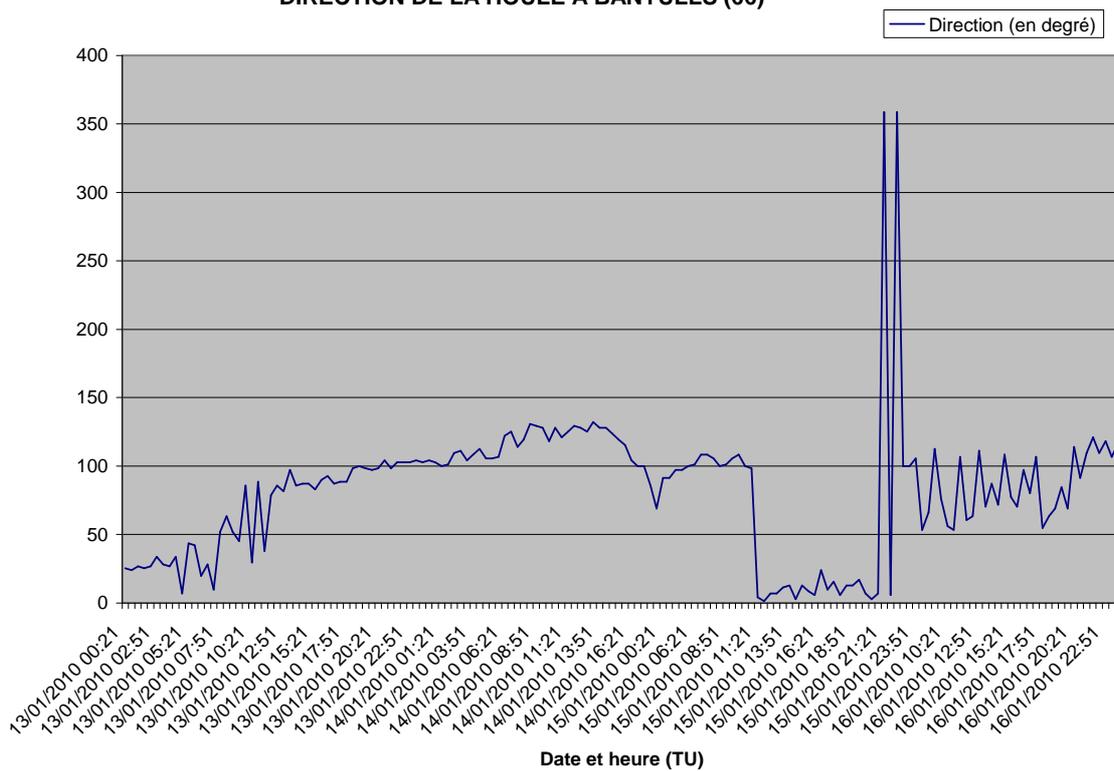
DIRECTION DE LA HOULE A LEUCATE (11)



HOULE A BANYULLS SUR MER (66)



DIRECTION DE LA HOULE A BANYULLS (66)



Les données recueillies illustrent la variabilité spatiale des états de mer à l'échelle du Golfe du Lion.

Dans l'ensemble, les hauteurs de houle significative ($H_{1/3}$) enregistrées par ces houlographes sont plus élevées au Nord du Golfe du Lion qu'au Sud.

Le maximum a été atteint à Sète avec les valeurs maximales mesurées : $H_{1/3} = 4.87$ m et $H_{\max} = 7.85$ m.

Les directions enregistrées sont essentiellement Est à Sud Est :

- Est à Sud Est à Banyuls
- Est à Sud-Est à Leucate
- Sud-Est à Sète

Remarques importantes:

- *En 1997 et 1999 le houlographe omnidirectionnel de Sète était situé au droit de Marseillan. En 2003 son nouvel emplacement a été choisi de façon à pouvoir assurer la continuité des mesures. Début 2006, ce houlographe a été remplacé par un houlographe directionnel*
- *En 1999 Le houlographe de Banyuls était situé par 27 m de profondeur aux coordonnées suivantes 42°26.357' N et 3°8.645' E (WG GS84). En 2003 le houlographe directionnel géré par le Laboratoire Arago était mouillé par 52 m de fond aux coordonnées suivantes 42°29.330'N et 3°10.073'E (WG S84). Ce houlographe étant obsolète, il a été remplacé fin novembre 2007 par un nouveau houlographe directionnel mis en place et géré par la Direction Régionale de l'Équipement du Languedoc- Roussillon*
- *Leucate ne bénéficie d'un houlographe directionnel que depuis fin 2006*
- *Le Grau du Roi ne bénéficie d'un houlographe directionnel (situé au large de l'Espiguette) que depuis août 2008*

Les valeurs extrêmes enregistrées pour chaque site sont à comparer avec celles des autres événements connus : les tempêtes de 1997, 1999, 2003 et fin 2008 (colonnes bleues) et trois coups de mer annuels fin 2007, début 2008 et fin 2009 :

		16-18 Dec 1997	12-13 Nov. 1999	4 Déc. 2003	19-22 Nov 2007	2-4 Janv 2008	26-27 Dec 2008	20-22 Oct. 2009	14-15 Janv. 2010
Banyuls	Houle significative	<i>Pas de bouée en service</i>	6.76 m	8.33 m	<i>Pas de bouée en service</i>	4.21 m	7.26 m	2.20 m	2.95 m
	Période significative		9.68 s	11.7 s		8.63 s	11.6 s	7.25 s	8.94 s
	Houle maximum			13.78 m		8.42 m	14.00 m	3.74 m	4.74 m
Leucate	Houle significative	<i>Pas de bouée en service</i>			4.56 m	4.72 m	4.71 m	3.35 m	4.22 m
	Période significative				8.71 s	8.66 s	9.55 s	6.95 s	8.72 s
	Houle maximum				7.58 m	8.07 m	8.01 m	6.22 m	6.99 m
Sète	Houle significative	6.98 m	5.26 m	5.72 m	4.48 m	5.08 m	4.03 m	4.54 m	4.87 m
	Période significative	10.37 s	8.85 s	10.2 s	8.08 s	9.01 s	9.64 s	8.02 s	8.29 s
	Houle maximum	10.81 m	9.94 m	8.67 m	8.57 m	9.08 m	6.43 m	8.47 m	7.85 m
Espiguette	Houle significative	<i>Pas de bouée en service</i>					2.37 m	3.41 m	<i>Bouée hors service</i>
	Période significative						7.99 s	7.76 s	
	Houle maximum						3.89 m	6.26 m	

Au vu de ces différents éléments d'analyse on constate que le maximum de houle significative mesurée par la bouée Météo France (4.80 m avec une période de 9 secondes) est sensiblement le même que celui mesuré par le houlographe de Sète (4.87 m avec une période de 8.29 secondes)

IV.2) Les niveaux marins

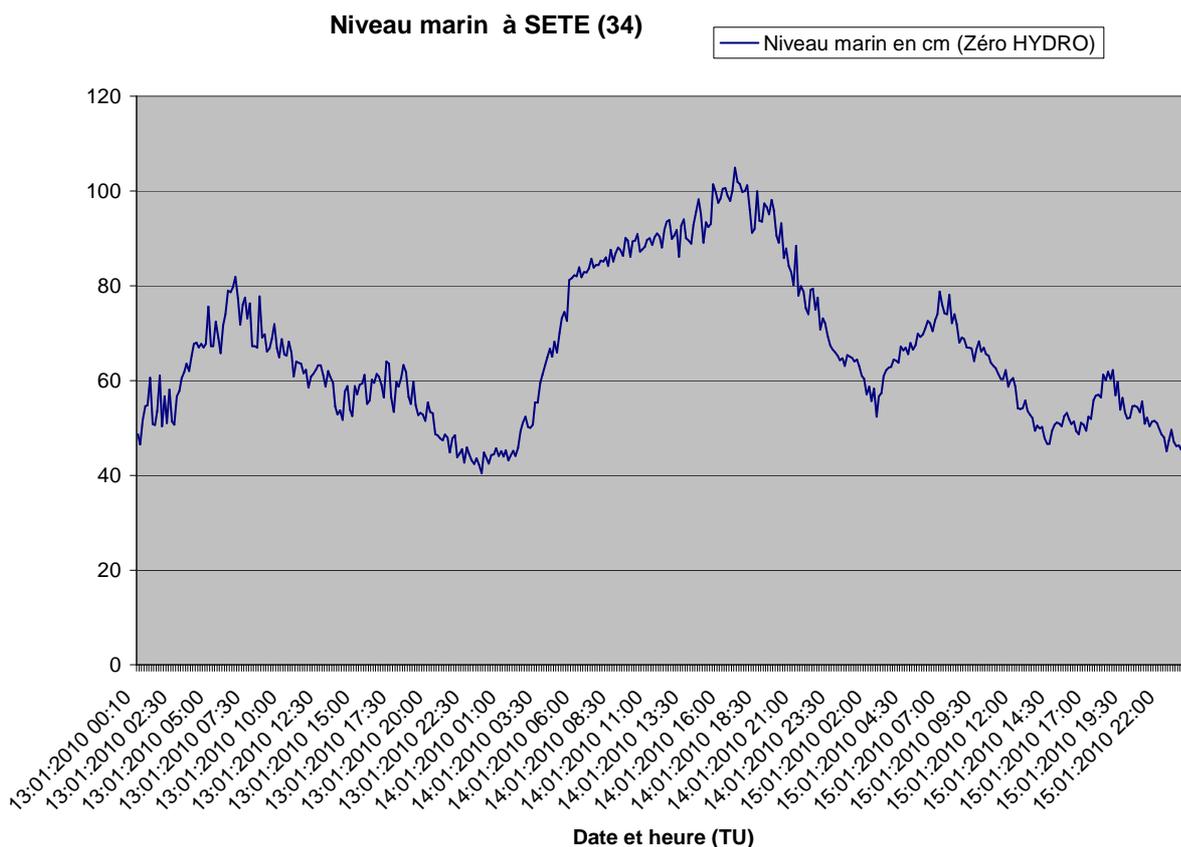
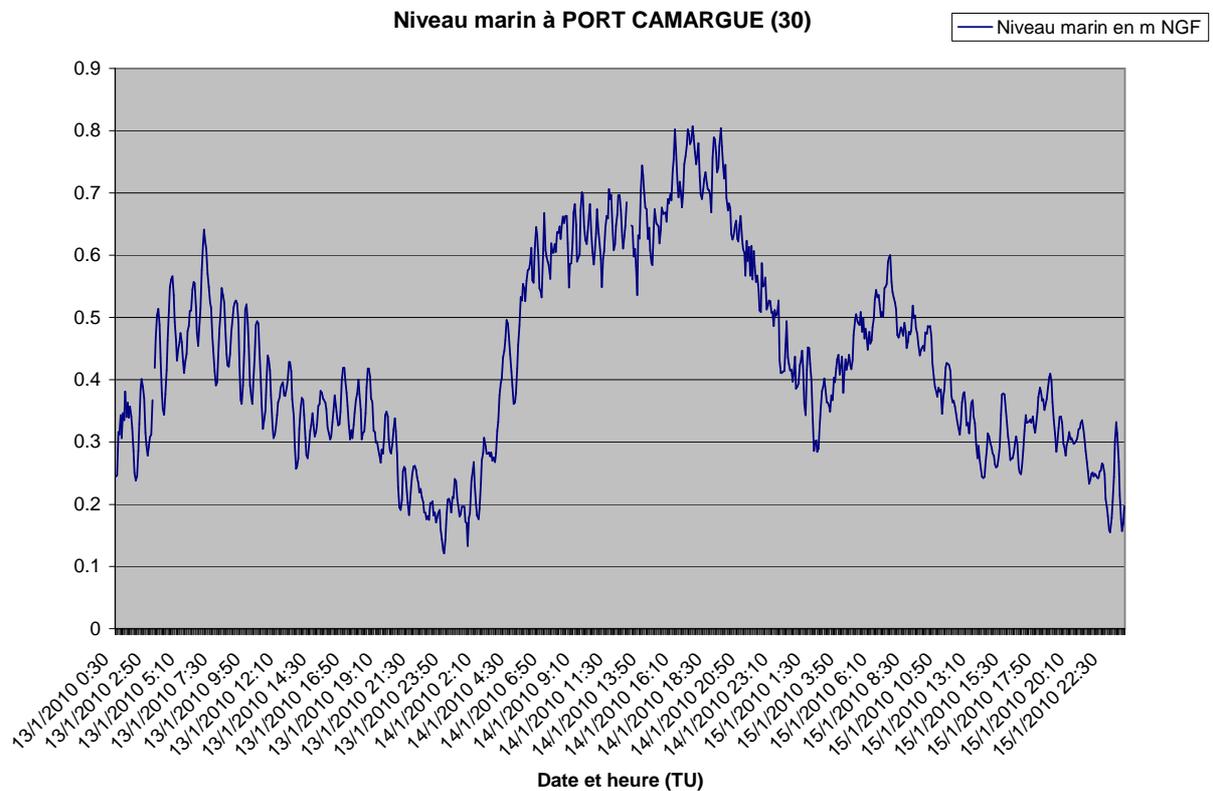
IV.2.1) Les mesures numériques

Ces données proviennent :

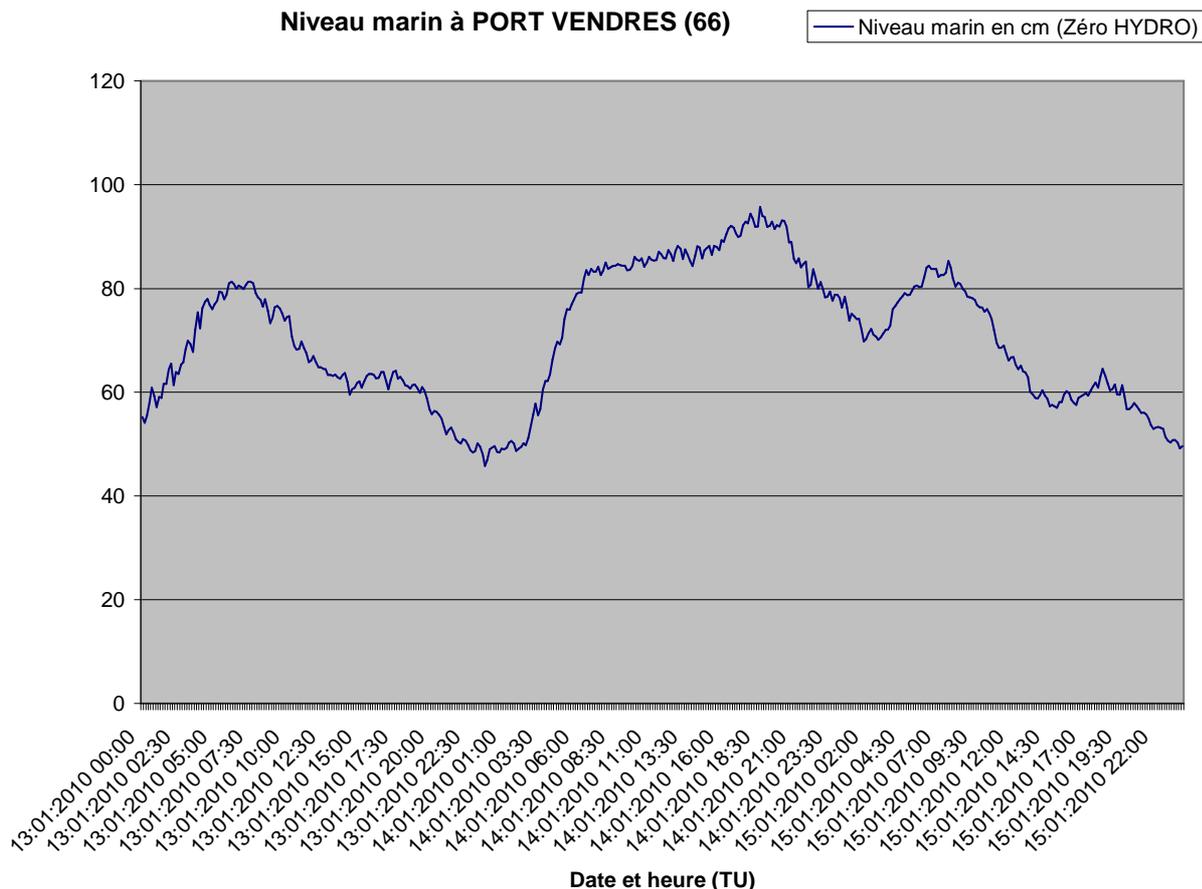
- des marégraphes côtiers numériques (M.C.N.) installés par le Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM) dans le port de Port-Vendres (département des

Pyrénées-Orientales) et dans le port de Sète (département de l'Hérault) dans le cadre de la mise en place du réseau RONIM (Réseau d'Observation des Niveaux Marins) dont le SHOM est maître d'ouvrage

- de la station de mesure de niveau marin installée à Port-Camargue (département du Gard) par la DREAL Languedoc-Roussillon, maître d'ouvrage, en partenariat avec le Service de Prévion des Crues Grand Delta (SPC GD). Attention, ce site de mesure est en cours de validation et donne une indication du niveau de la mer



Niveau marin à PORT VENDRES (66)



Rappels:

Cote du zéro hydrographique dans le système altimétrique légal (ZH/Ref) (en m) - Extrait des dernières références altimétriques maritimes (zéro hydrographiques) - SHOM 2006

- Banyuls/mer : ZH / IGN 69 =0, 328 m
- Port-Vendres : ZH / IGN 69 =0, 391 m
- Sète : ZH / IGN 69 =0,297 m

Les niveaux maximum de hauteur d'eau enregistrés par ces marégraphes sont ainsi :

- Port Camargues : 0,807 m NGF le 14 janvier à 17H20 TU
- Sète : 1,049 m Zéro hydro le 14 janvier à 16H50 TU soit 0,752 m NGF
- Port-Vendres : 0,957 m Zéro hydro le 14 janvier à 18h40 TU soit 0,566 m NGF

IV.2.2)La surcote

L'analyse de la surcote pour les 14 et 15 janvier 2010 a été faite à partir :

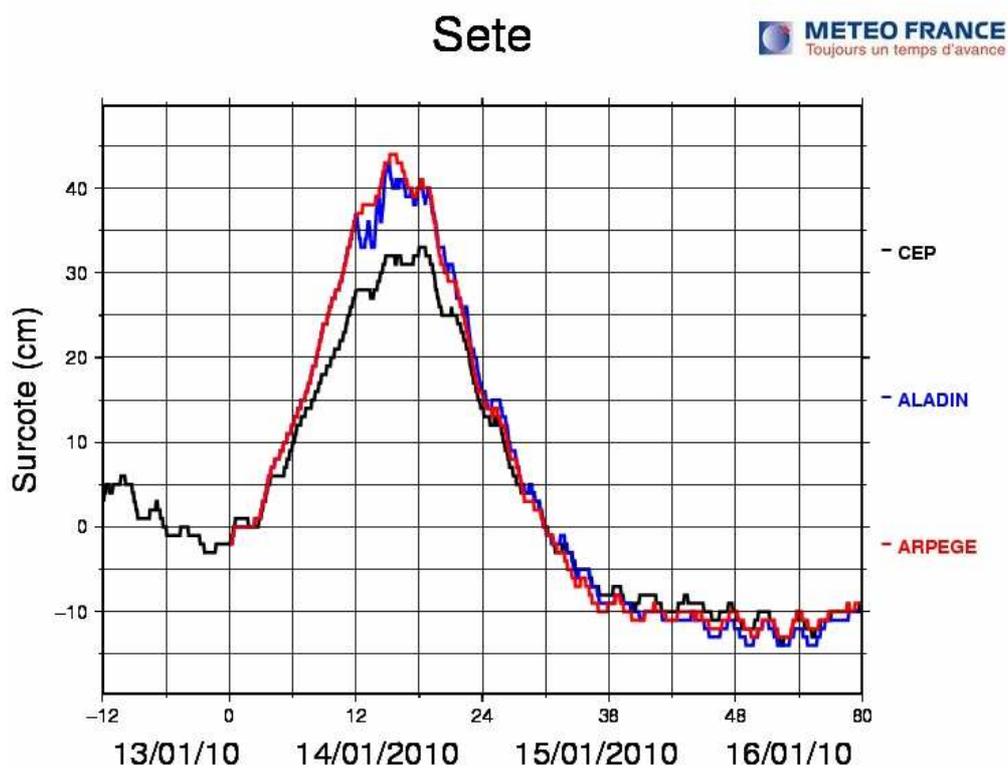
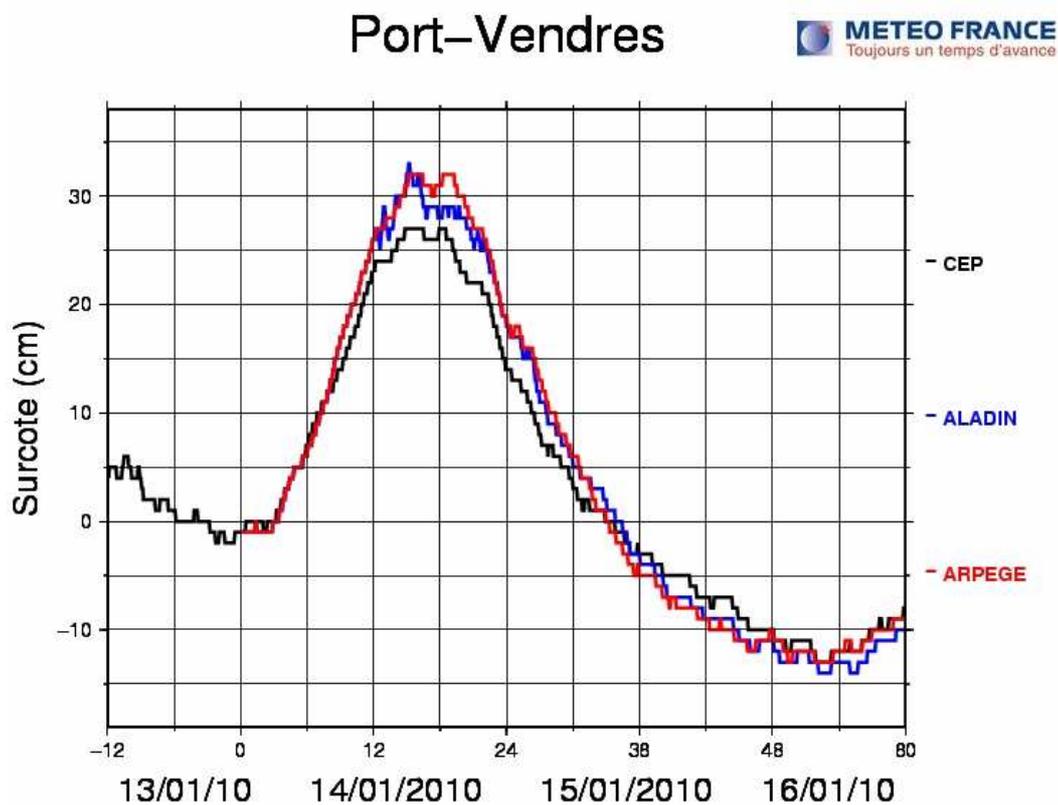
□ des données Météo France du modèle de surcotes sur la Méditerranée Occidentale (dont le Golfe du Lion). Sont présentées ici les graphes de prévisions de surcote de trois sites de mesures sur les sept implantés sur le littoral Languedoc-Roussillon :

- à Port Camargue (position 43°30'N et 4°05'E)

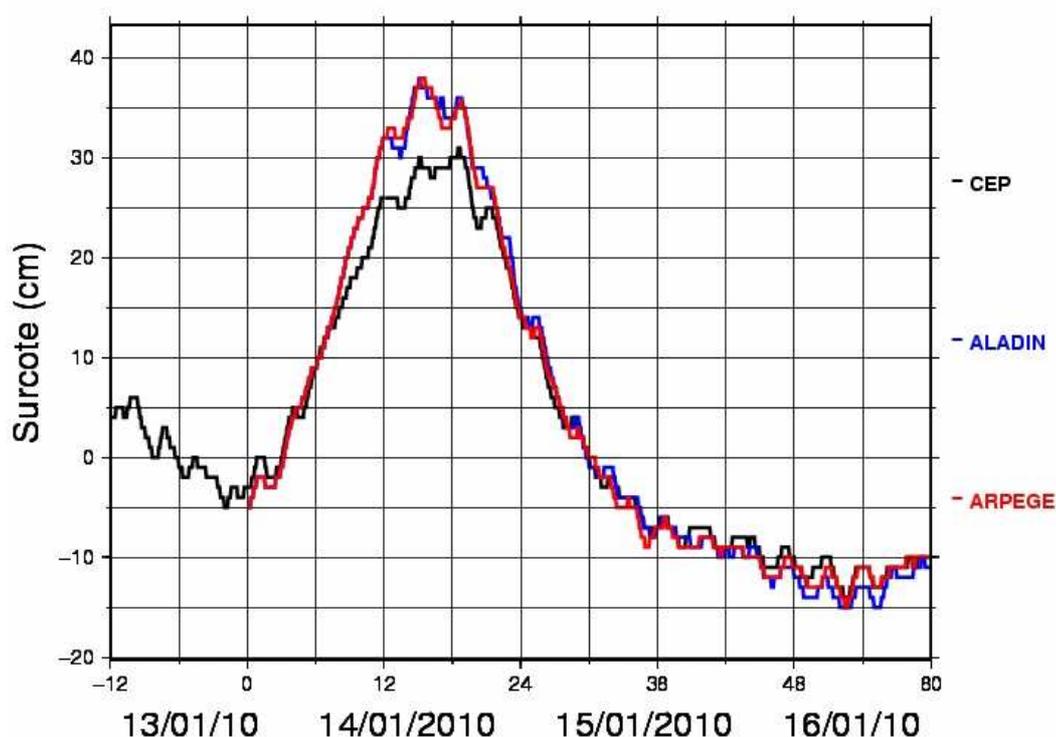
- à Sète (position 43°20'N et 3°35'E)
- à Port-Vendres (position 43°35'N et 3°05'E)

□ des mesures numériques de niveau marin transmises par les marégraphes de Port Camargue, Sète et Port-Vendres indiqués ci-dessus

- Analyse à partir des données de surcotes « modèle »



Port-Camargue



Les prévisions de surcote sur ces graphes indiquent des surcotes maximales entre 12h00 et 18h00 le 14 janvier 2010 de l'ordre de :

- 0, 30 m à Port-Vendres
- 0,45 m à Sète
- 0,35 m à Port-Camargue

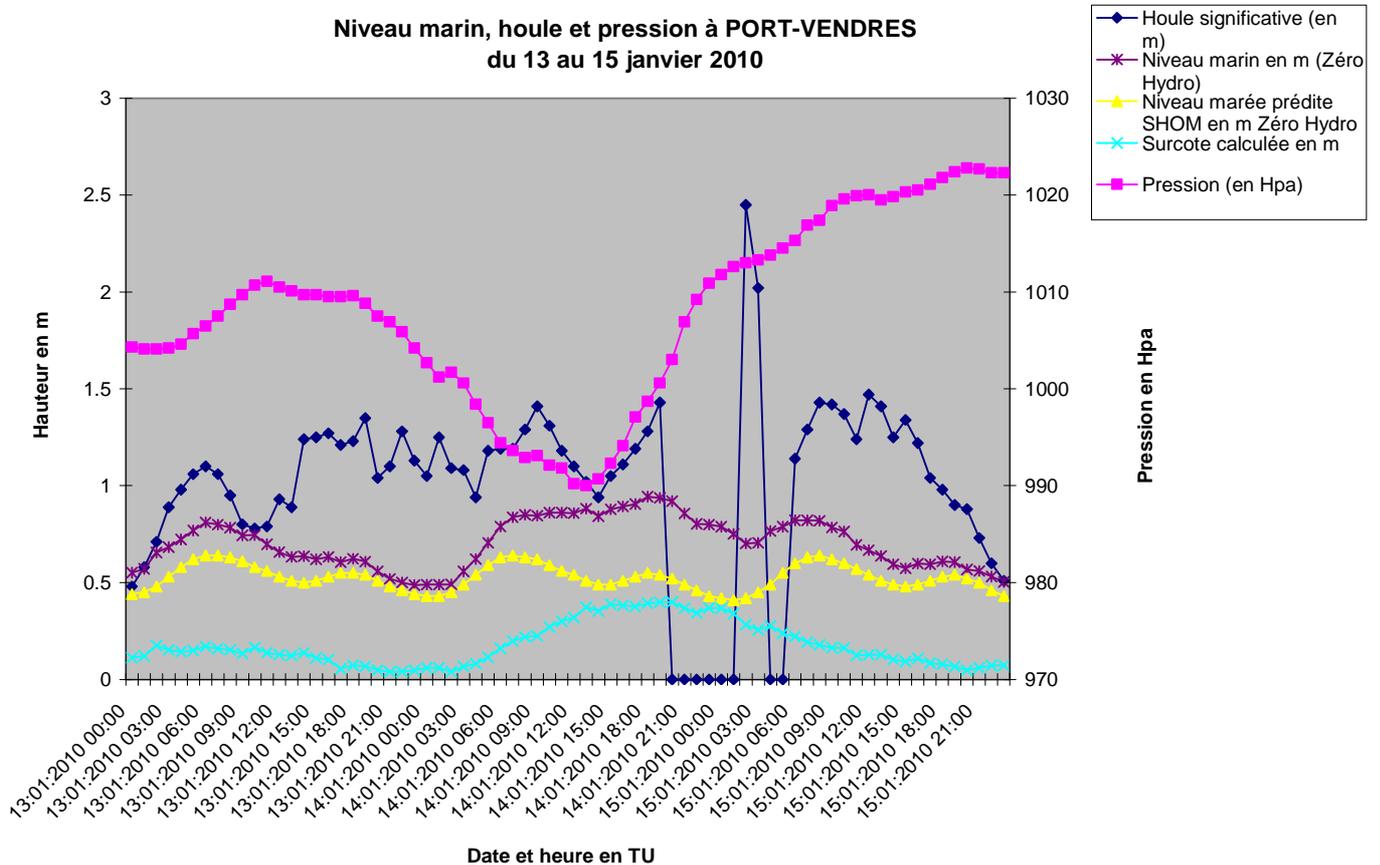
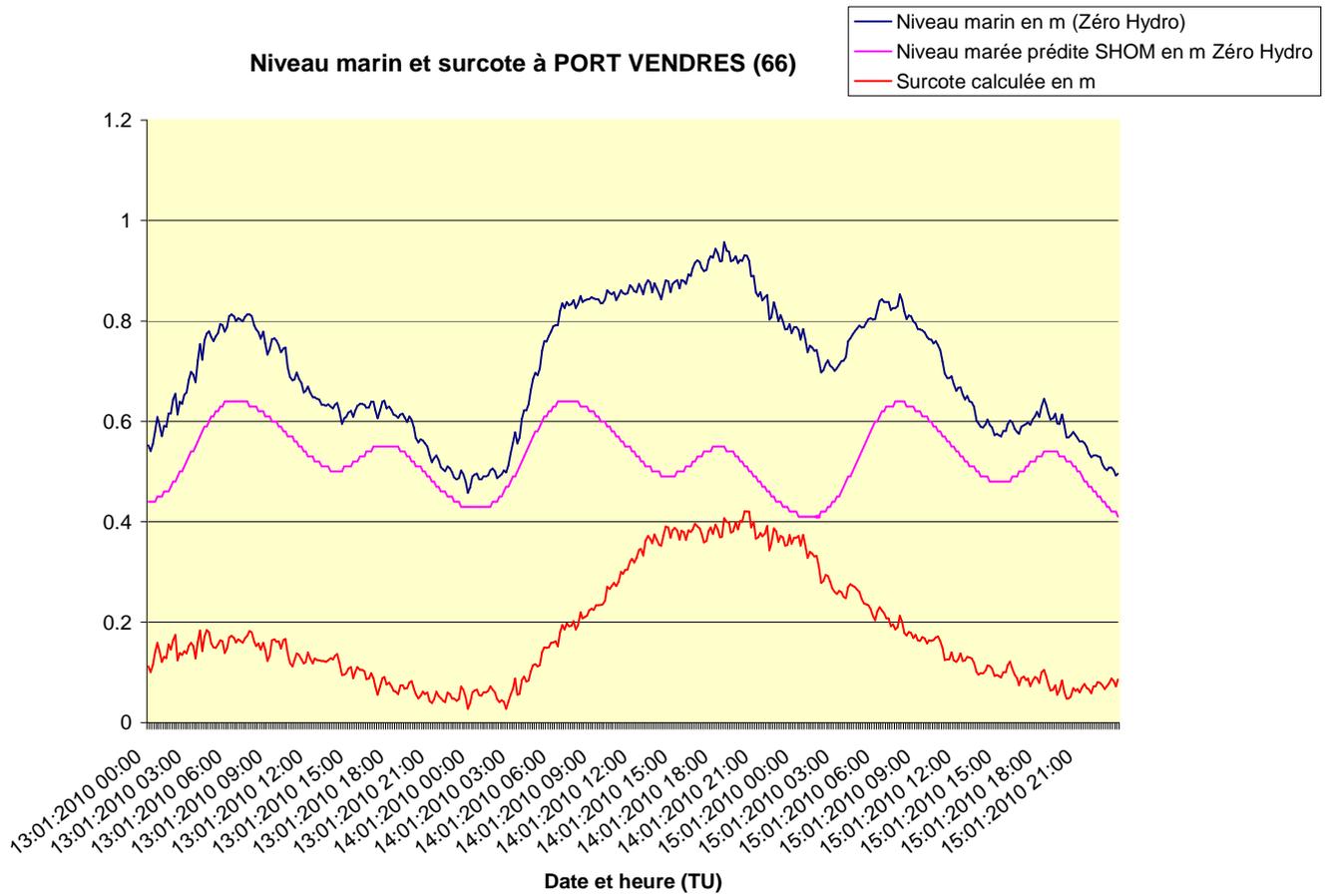
NB : Il est à noter que le modèle de surcote utilisé par Météo France n'utilise pas de calcul de marée en Méditerranée et se réfère à un niveau moyen supposé à peu près constant. De plus, les données prises en compte, comme le vent, sont des données « modèle » et non observées. Les distances des points de calcul à la côte sont de 1 à 2 km.

Analyse à partir des données numériques des marégraphes

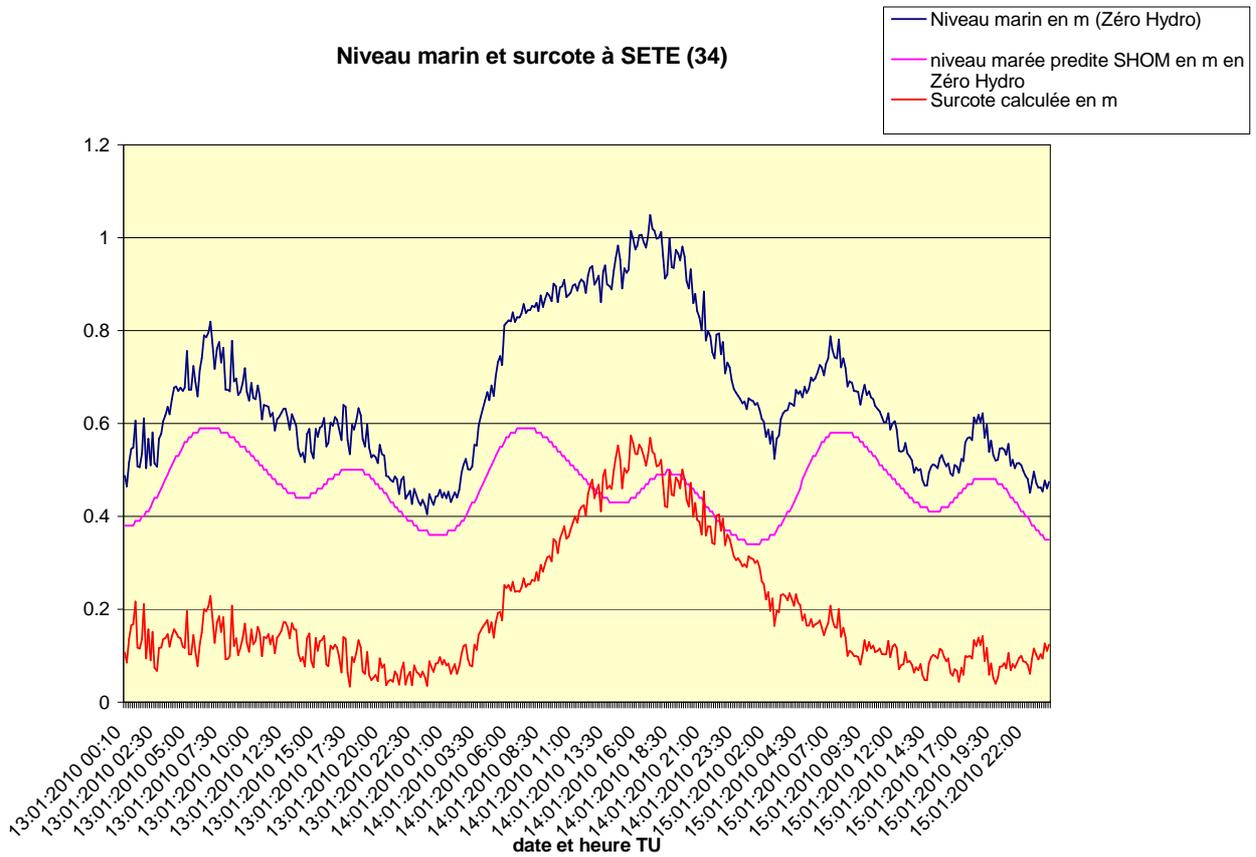
A partir des mesures numériques de niveau marin transmises par les marégraphes de Port Camargue, Sète et Port-Vendres et de la prédiction de marée il est possible d'évaluer par soustraction la surcote.

Pour Sète et Port-Vendres, les fichiers de prédiction de marée transmis par le SHOM, issus des observations des marégraphes RONIM, ont permis d'établir les graphiques d'évolution de la surcote sur ces 2 sites.

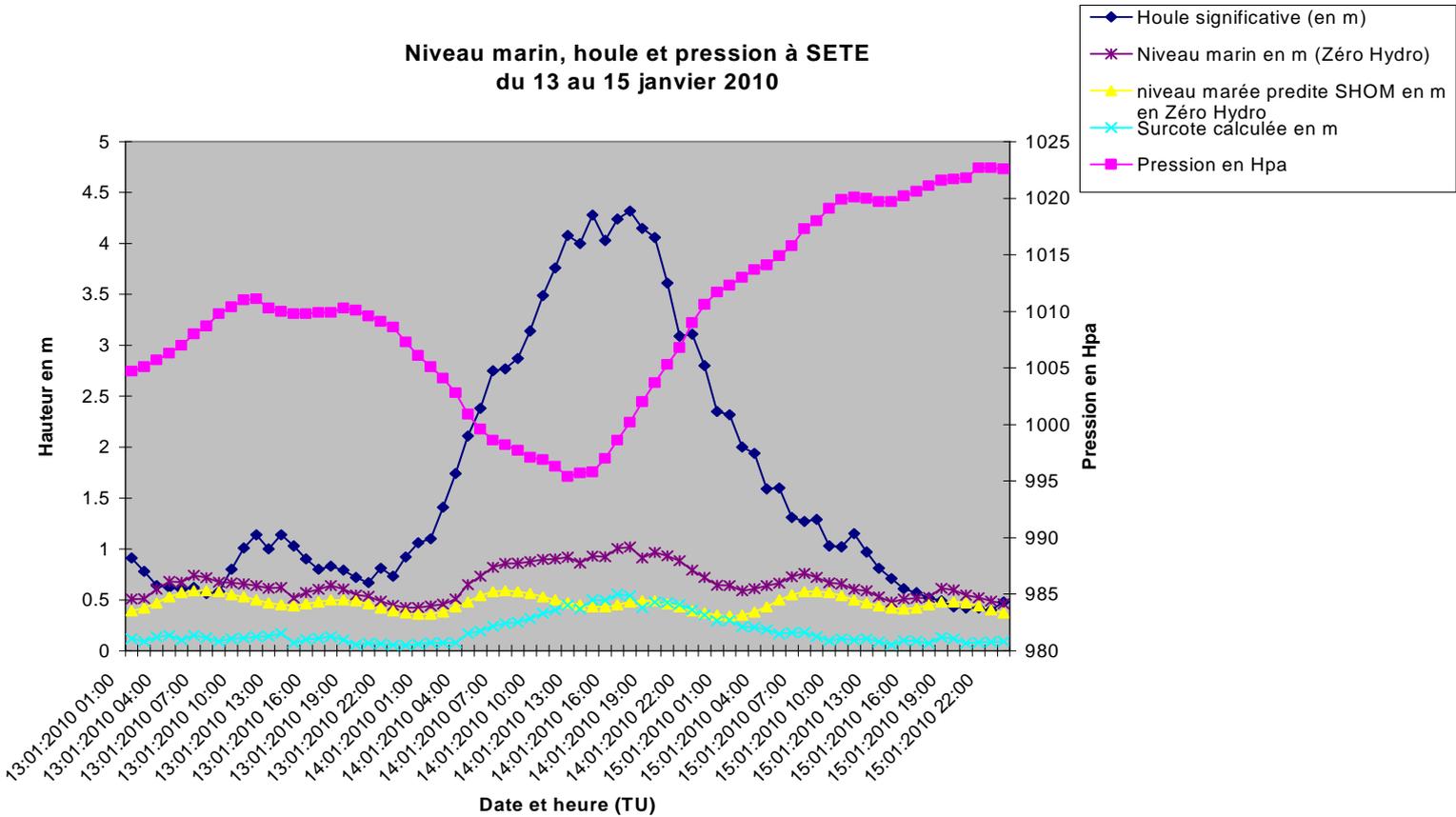
Pour Port-Camargue, les fichiers de prédiction de marée sont issus du modèle de marée, donc beaucoup moins fiables en attendant leur validation. Le graphique d'évolution de la surcote présenté est donc à prendre à titre indicatif seulement.



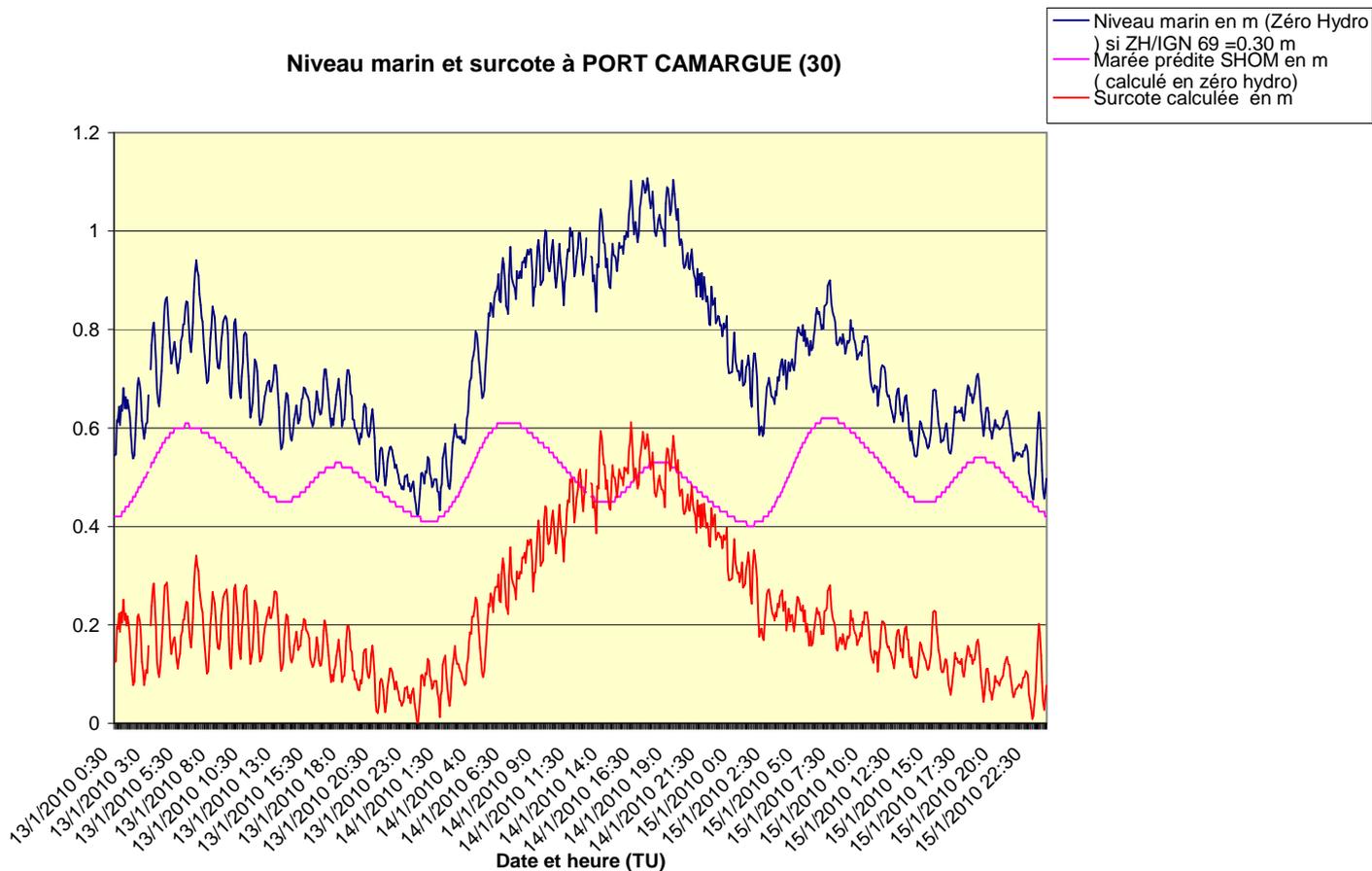
Niveau marin et surcote à SETE (34)



Niveau marin, houle et pression à SETE du 13 au 15 janvier 2010



Niveau marin et surcote à PORT CAMARGUE (30)



N.B : On constate que les données issues du dispositif de mesure situé à Port-Camargue intègre les variations de niveau des vagues. Les données sont en effet acquises à l'intérieur du bassin du port et non moyennées (une donnée seconde toutes les 5 mn).

Compte tenu de ces éléments et du raisonnement de calcul de la surcote cela conduit à envisager des surcotes maximales de :

- 0,42 m à Port-Vendres
- 0,574 m à Sète
- 0,612 m à Port-Camargue (attention, vraiment à prendre avec précaution!)

On visualise sur les graphiques des sites de Port-Vendres et Sète l'effet de la houle sur la surcote et la variation du niveau d'eau induit par la variation de la pression (*Rappel* : une variation de pression atmosphérique de 1 HPa induit une variation de niveau d'eau de 1 cm). On voit par exemple qu'à Sète, au vu des données horaires, avec la chute de la pression jusqu'à 995,4 Hpa le 14 janvier à 12h00, a été atteint à 16h00 le maximum de surcote (0,555 m) et à 17h00 TU le maximum des hauteurs significative (4,32 m) et de niveau marin (1,019 m ZH).

Au vu de ces différents éléments d'analyse on constate que les données de surcote « modèle » sont inférieures à celles des surcotes estimées à partir des mesures des marégraphes mais dans les deux cas les surcote maximales été atteintes le 14 janvier entre 12h00et 18h00.

V) Analyse de l'événement

En décembre 2009 le CETMEF a réalisé des rapports d'analyse des données de houle correspondant aux résultats d'exploitation des houlographes de Banyuls, Leucate, Sète et Espiguette pour les périodes suivantes :

- Banyuls : mesures du 28/11/2007 au 31/10/2009
- Leucate : mesures du 16/12/2006 au 31/10/2009
- Sète : mesures du 21/05/2003 au 31/10/2009
- Espiguette : mesures du 10/09/2008 au 31/10/2009

Pour les sites de **Banyuls et de l'Espiguette** mis en service respectivement en 2007 et 2008, le rapport l'estimation des houles extrêmes ne pouvait être réalisée, compte tenu de la faible période de données acquises et le rapport s'est plutôt porté sur l'analyse des fortes tempêtes.

Pour Sète, à la lecture de ce rapport, les caractéristiques de la houle significative résultant de l'estimation des houles extrêmes, au vu de l'ajustement statistique des extrêmes et de l'approche sécuritaire, sont les suivantes :

- houle annuelle : 4.3 m (intervalle de confiance à 70%: 4.0 m à 4.7 m)
- houle décennale : 6.4 m (intervalle de confiance à 70%: 5.7 m à 7.0 m)
- houle trentennale : 7.3 m (intervalle de confiance à 70%: 6.5 m à 8.1 m)

La houle observée à Sète (4.87 m de hauteur significative) est de l'ordre de l'annuelle.

Pour Leucate, à la lecture de ce rapport, les caractéristiques de la houle significative résultant de l'estimation des houles extrêmes, au vu de l'ajustement statistique des extrêmes sont les suivantes :

- houle annuelle : 3.9 m (intervalle de confiance à 70%: 3.5 m à 4.4 m)
- houle décennale : 6.1 m (intervalle de confiance à 70%: 5.2 m à 7.0 m)

NB :Le CETMEF indique dans son rapport « la durée d'enregistrement cumulée des mesures étant relativement faible, les résultats issus de l'ajustement statistique des extrêmes sont à considérer avec la plus grande prudence ».

Si l'on se base sur ces éléments, la houle observée à Leucate (4.22 m de hauteur significative) est de l'ordre de l'annuelle.

Comme indiqué précédemment les hauteurs de houle mesurées à Sète (4.87 m de hauteur significative) sont plus importantes que celles mesurées à Leucate (4.22 m de hauteur significative) et Banyuls (2.95 m de hauteur significative).

La période associée à la houle significative est quasi similaire sur les trois sites : 8.29 s à Sète, 8.72 s à Leucate et 8.94 s à Banyuls.

En général lors des tempêtes de Sud Est les périodes associées à des hauteur de plus de 4 m sont plutôt de l'ordre de 10 s. Une période qui reste relativement basse, malgré l'augmentation de la hauteur significative, a pour conséquences que les houles sont plus rapprochées et que, de manière concrète, leur action risque d'être plus destructrice. Cependant la courte durée de l'événement et la faiblesse des niveaux marins ont certainement contribué à limiter les effets de ce coup de mer.

VI) Documents photographiques

SERIGNAN Les Orpellières le 15 janvier 2010



SETE plage de Villeroy le 15 janvier 2010



SETE Le Castellas le 15 janvier 2010



FRONTIGNAN secteur de la dent creuse le 15 janvier 2010



FRONTIGNAN plage des Aresquiers le 15 janvier 2010



VILLENEUVE LES MAGUELONE plage (côté snack) le 15 janvier 2010



PALAVAS plage (devant le camping) le 15 janvier 2010

