



Analyse de la tempête marine sur le littoral Languedoc- Roussillon du 20 au 22 octobre 2009



Palavas le 21 octobre 2009

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)	LES VENTS	5
III.1.1)	Les vents maximum	5
III.1.2)	Les vents horaires	6
III.2)	LA PRESSION BAROMÉTRIQUE.....	6
IV)	LES DONNÉES MARINES	7
IV.1)	LA HOULE	7
IV.2)	LES NIVEAUX MARINS.....	14
IV.2.1)	Les mesures numériques.....	14
IV.2.2)	Quelques témoignages visuels	16
IV.2.3)	La surcote.....	16
V)	ANALYSE DE L'ÉVÉNEMENT	20
VI)	DOCUMENTS PHOTOGRAPHIQUES	20

I) Introduction

Le 20 octobre 2009 une dépression à l'Ouest de l'Irlande s'est décalée lentement vers le Sud-Est avec un talveg associé en journée du Golfe de Gascogne à l'ouest de l'Espagne. Une vaste zone dépressionnaire a été annoncée sur l'Atlantique avec une dépression secondaire sur le Nord des Pyrénées, se creusant à l'approche d'une perturbation active. Des vents de Sud à Sud- Est de force 6 à 8 ont été générés dans le Golfe du Lion se généralisant à tout le Nord de la Méditerranée.

Des vents et des vagues de secteur Sud à Sud- Est ont touché le littoral de la région Languedoc-Roussillon les 20 et 21 octobre 2008. Cet épisode a été accompagné de précipitations le 21 après-midi.

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 évènements récents plus modestes pour enrichir la comparaison : novembre 2007 et janvier 2008.

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+2).*

II) Description générale

L'épisode a débuté le 20 octobre 2009 avec une chute de la pression atmosphérique ramenée au niveau de la mer et des vents de Sud à Sud Est qui se sont renforcés dans la journée sur le pourtour méditerranéen avec des valeurs plus importantes au sud du Languedoc-Roussillon (vents maximum de 90 /100 km/h à Port-Vendres et Leucate). L'état de la mer s'est aussi renforcée et la houle de Sud-Sud Est a atteint 2,79 m de hauteur significative à l'Espiguette (mesurée à 07h30), 3,26 m à Sète (mesurée à 12h30), 2,69 m à Leucate (mesurée à 11h00) et 1,17 m à Banyuls (mesurée à 23h00).

Dans la nuit du 20 au 21 octobre, la pression atmosphérique ramenée au niveau de la mer a continué à chuter et la houle s'est renforcée se formant d'Est à Sud-Est. Le matin du 21 les hauteurs significatives ont atteint le matin **3,41 m** à l'Espiguette (mesurée à 09h30), **4,54 m** à Sète (mesurée à 09h00), **3,35 m** à Leucate (mesurée à 06h00) et **2,20 m** à Banyuls/mer (mesurée à 09h30) pour s'atténuer progressivement. Cette houle était associée à une surélévation du plan d'eau moyen. Les vents de Sud Est se sont maintenus (vents maximum entre 97 et 108 km/h) et ont tourné au Nord Ouest en molissant, en cours d'après-midi et la pression atmosphérique ramenée au niveau de la mer remonte progressivement.

Dans la nuit du 21 au 22 octobre, les vents passent de Nord Ouest à Ouest puis baissent et tournent au Sud en fin de nuit pour s'orienter Nord Ouest en molissant le 22 octobre en fin de journée avec un retour à une situation plus calme.

III) Les données météorologiques

III.1) Les vents

Ces données sont fournies par Météo-France. Sont successivement présentés pour les journées des 20 au 22 octobre 2009 :

- les vents maximum journaliers sous forme de tableau pour l'ensemble des sites de la côte (Annexe.1).
- les vents horaires (Annexe.2). Ces valeurs sont des moyennes sur 10 mn d'enregistrement présentées sous forme de graphiques pour chacun des sites.

III.1.1) Les vents maximum

Les valeurs extrêmes des vents maximum journaliers (vitesse vent maximum instantané sur la journée) font apparaître :

- 115 km/h à Port-Vendres,
- 106 km/h à Leucate,
- 103 km/h à Sète,
- 97 km/h à la Grande Motte,
- 74 km/h à Perpignan et Narbonne,

La direction des vents maximum est Sud à Sud-Est pour les journées du 20 et 21 octobre sur l'ensemble du littoral.

Le tableau ci-dessous rappelle à titre indicatif les vents maximum enregistrés à ces mêmes stations en décembre 1997, novembre 1999, décembre 2003, novembre 2007, janvier et décembre 2008.

Station	16-18 décembre 1997	12-13 novembre 1999	1-5 décembre 2003	19-22 novembre 2007	2-4 janvier 2008	26-27 décembre 2008
Port-Vendres	158 km/h	144 km/h	122 km/h	94 km/h	119 km/h	112 km/h
Cap Leucate	180 km/h	140 km/h	140 km/h	112 km/h	130 km/h	104 km/h
Sète	133 km/h	108 km/h	115 km/h			69 km/h
La Grande Motte	158 km/h		86 km/h	94 km/h	97 km/h	

III.1.2) Les vents horaires

Au vu des données de vents horaires sur le littoral qui ont pu être recueillies sur les départements des Pyrénées-Orientales, de l'Aude et de l'Hérault pour les journées des 20 au 22 octobre on peut dire que le vent est :

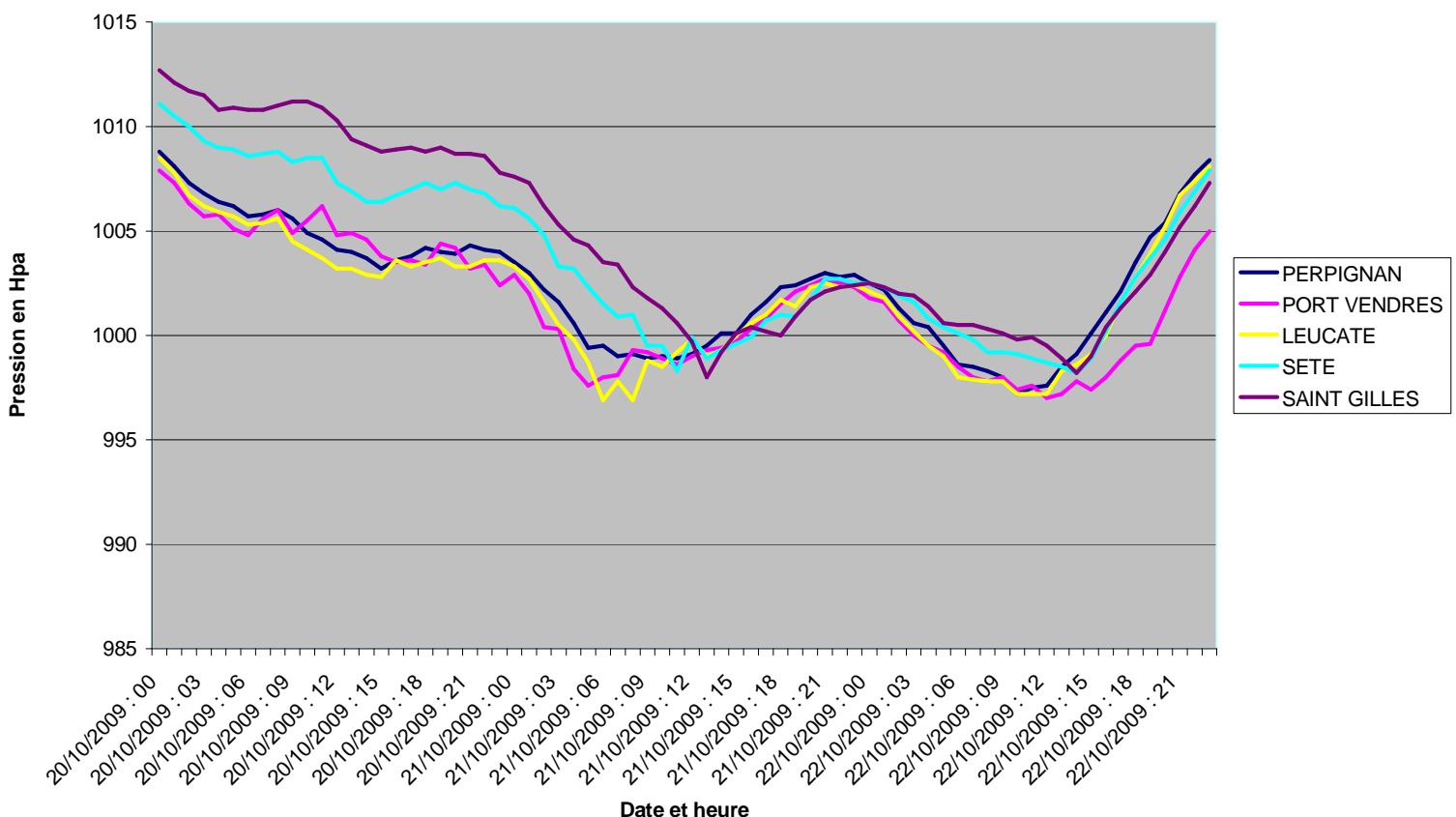
- orienté essentiellement de Sud à Sud Est sur l'ensemble du littoral puis prend subitement une direction N à NO le 21 octobre en début d'après-midi
- fort sur l'ensemble du littoral jusqu'au 21 octobre matin avec des valeurs plus importantes sur le secteur du Cap Béar à Leucate (60 à 90 km/h) : 65 km/h enregistrés à 12h00 à Sète, 86 kms/h à 5h00 à Port-Vendres et 94 km/h à 6h00 à Leucate le 21 octobre

III.2) **La pression barométrique**

Pendant tout l'épisode les pressions sont restées élevées en tous points de la côte (>995 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 20 octobre jusqu'au 21 octobre matin : on passe de valeurs >1005 Hpa à des valeurs >996 Hpa
- la pression remonte jusqu'au 21 octobre en soirée : on atteint des valeurs >1002 Hpa
- la pression redescend à nouveau jusqu'au 22 octobre début d'après-midi >997 Hpa et remonte progressivement pour atteindre des valeurs >1005 Hpa

EVOLUTION DE LA PRESSION RAMENEE AU NIVEAU DE LA MER



IV) Les données marines

IV.1) La houle

Ces données ont été recueillies par les houlographes directionnels gérés par la Direction Régionale de l'Équipement du Languedoc-Roussillon et 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.

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

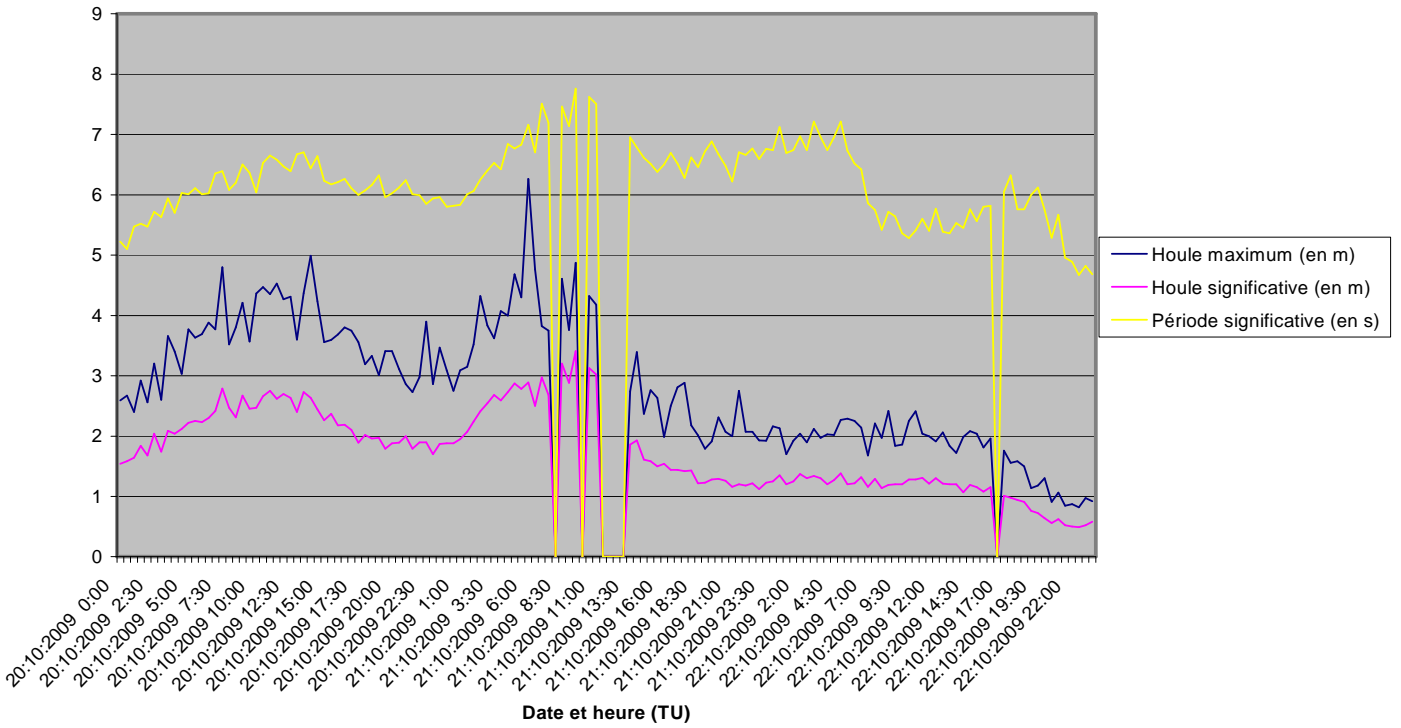
- la hauteur de houle maximum (H_{\max}), la hauteur de houle significative^a ($H_{1/3}$) ainsi que la période significative associée. Ces paramètres sont calculés à partir de mesures réalisées pendant 20 minutes toutes les demi-heures. L'utilisation du $H_{1/3}$ permet d'être plus représentatif que 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

Sur le site du grau du Roi, les mauvaises conditions de réception n'ont pas permis l'acquisition régulière des données le mercredi 21 octobre.

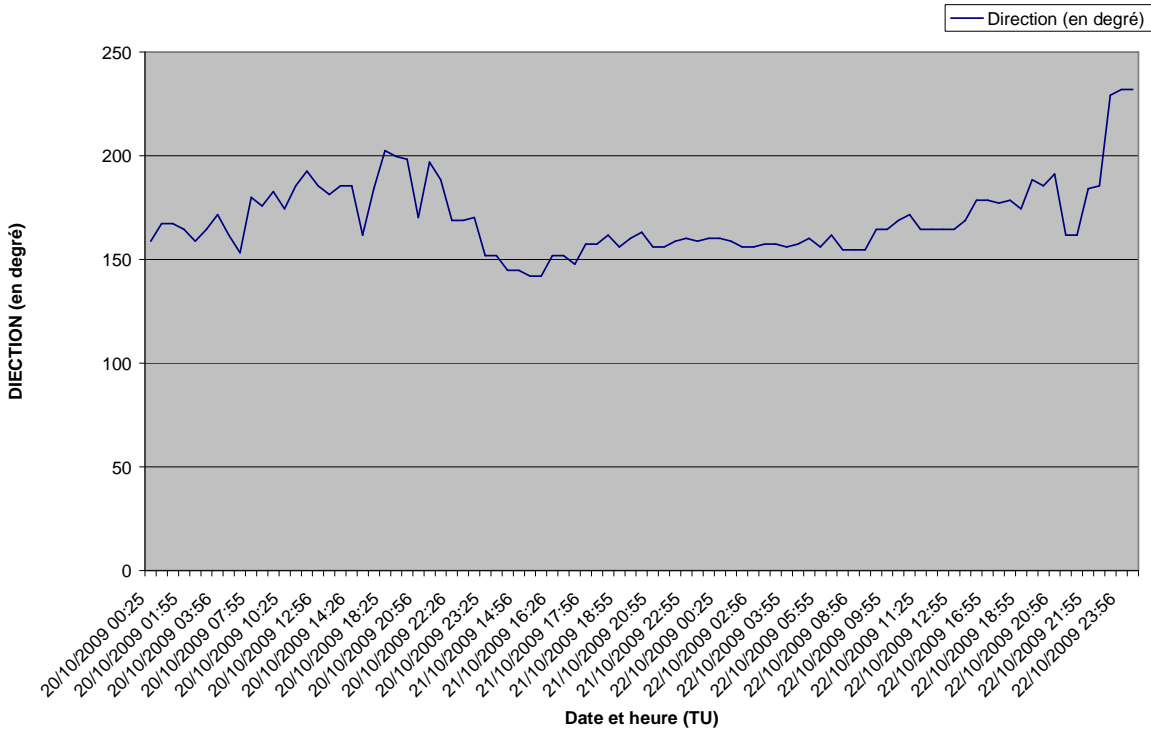
^a Hauteur significative de la houle ($H_{1/3}$) : hauteur moyenne du tiers des vagues les plus hautes.

^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.

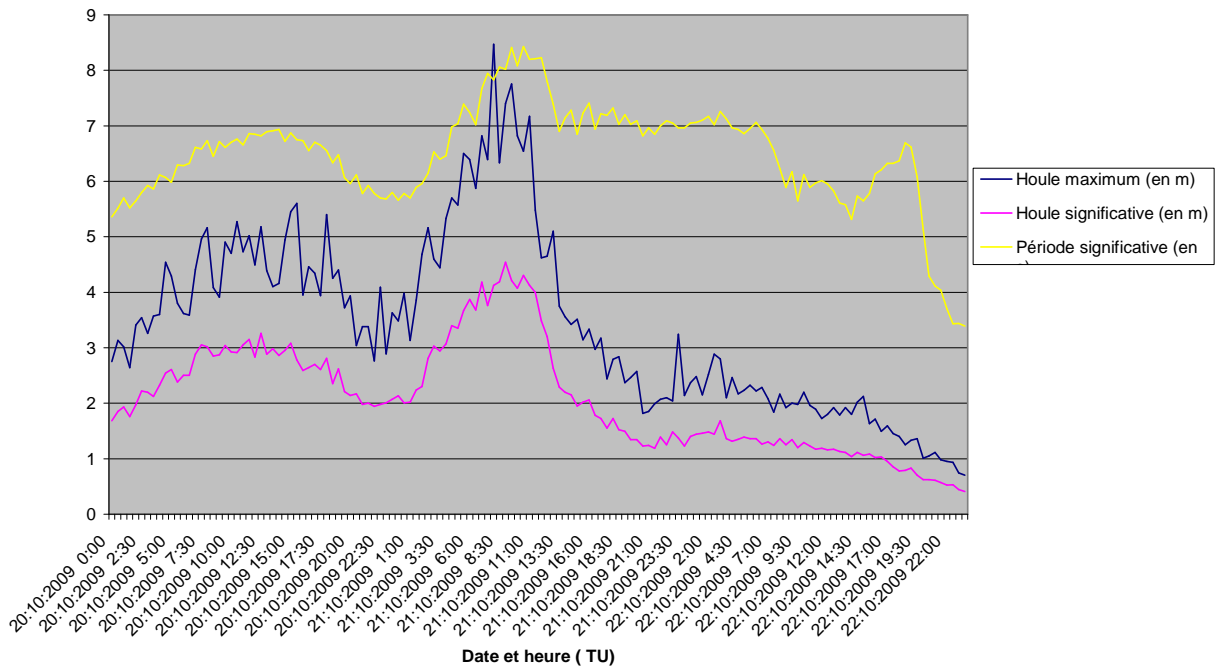
HOULE A L'ESPIQUETTE



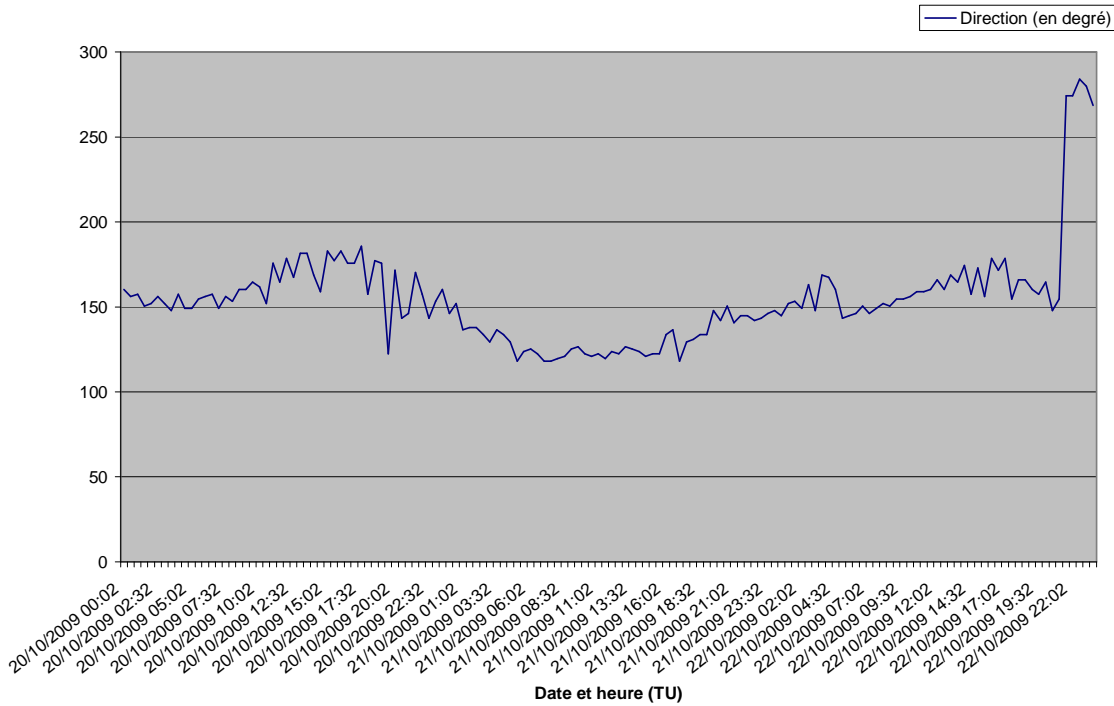
DIRECTION DE LA HOULE A L'ESPIQUETTE



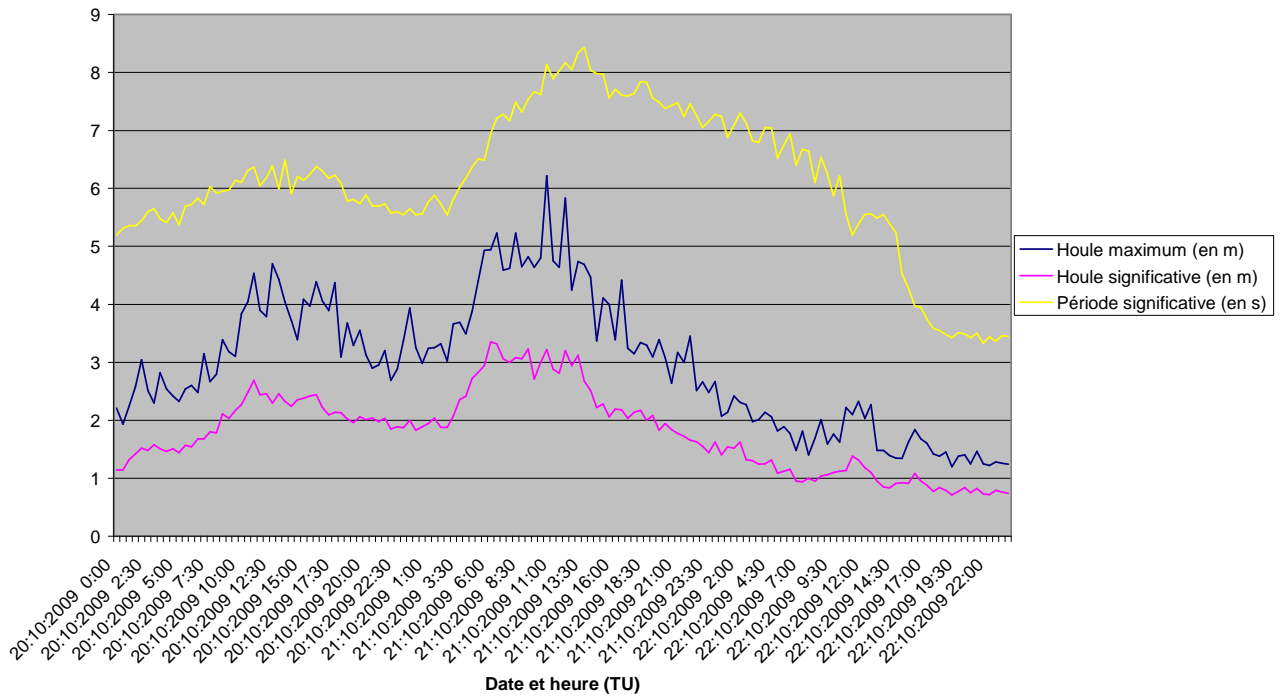
HOULE A SETE



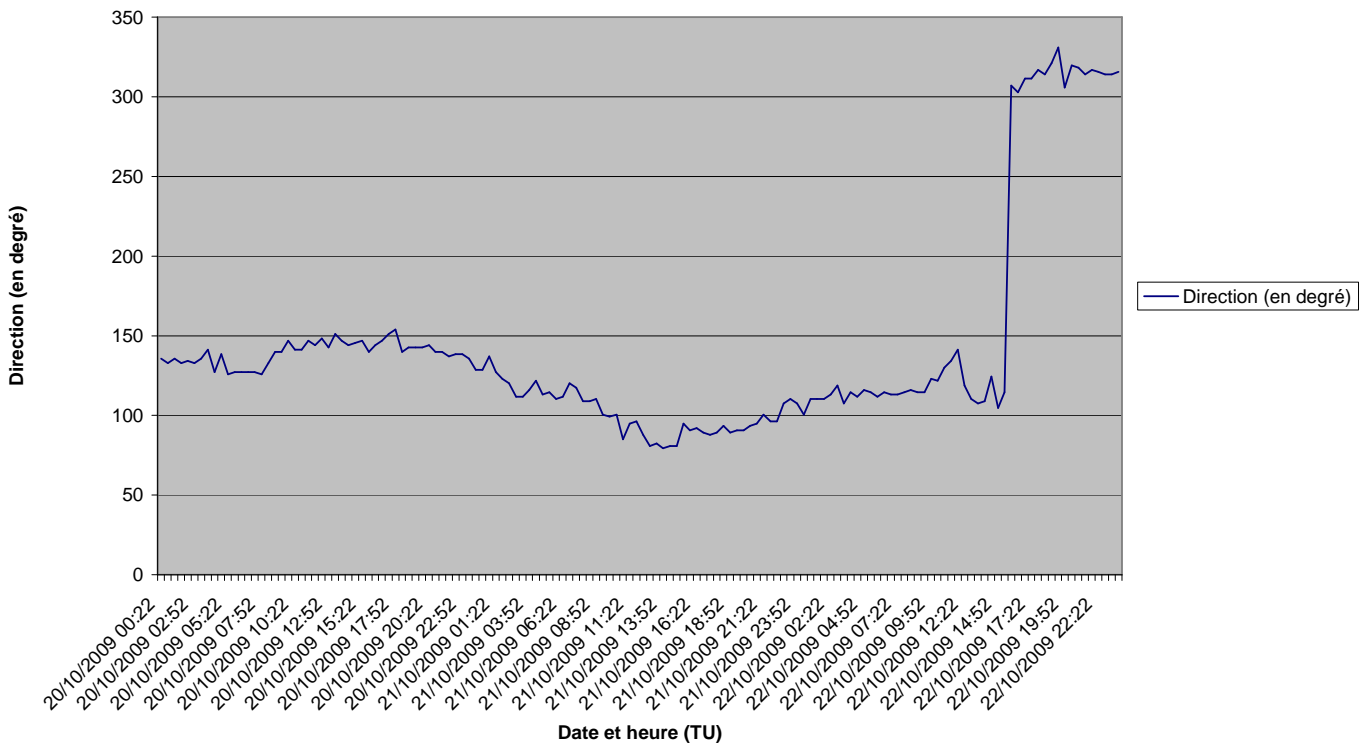
DIRECTION DE LA HOULE A SETE



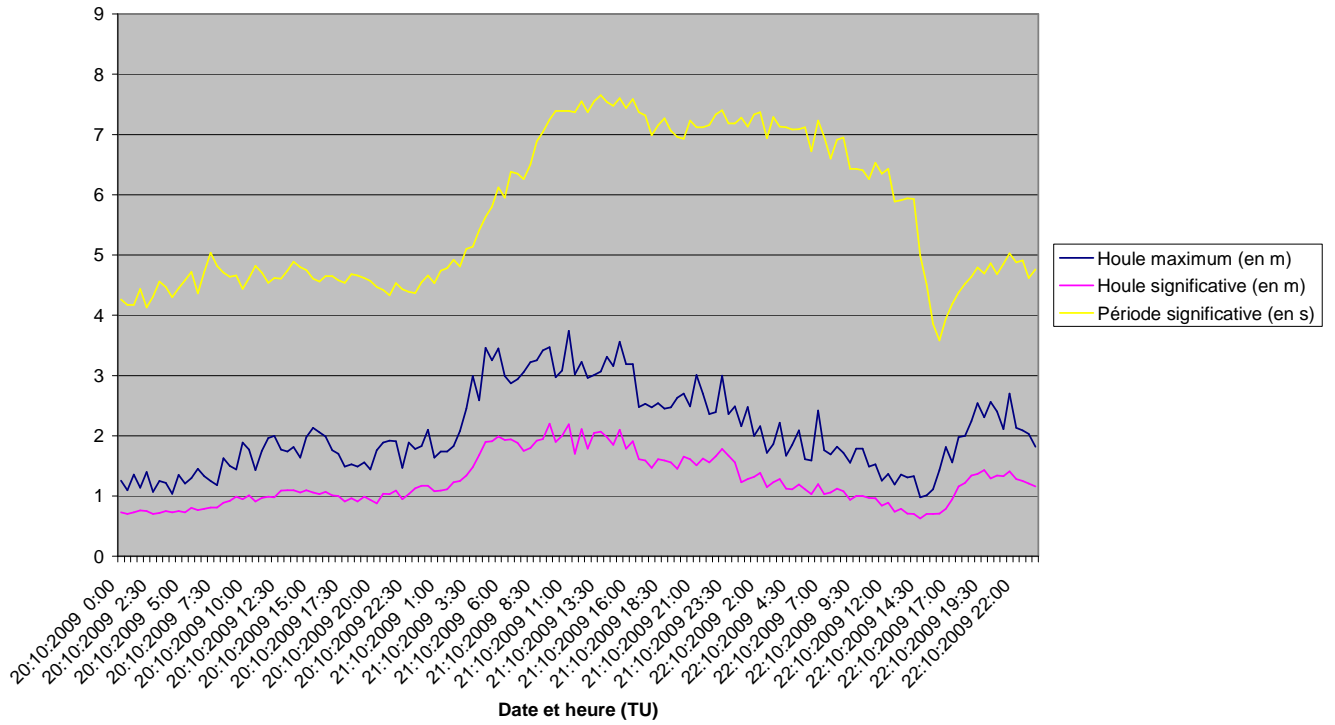
HOULE A LEUCATE



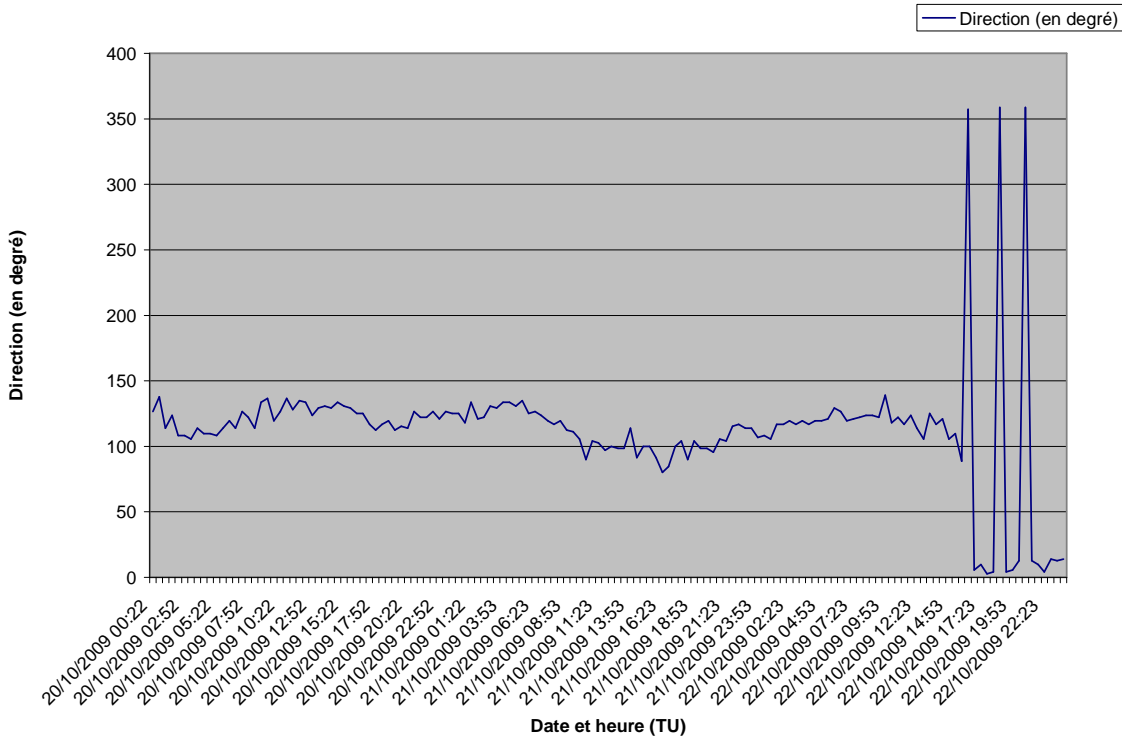
DIRECTION DE LA HOULE A LEUCATE



HOULE A BANYULS SUR MER



DIRECTION DE LA HOULE A BANYULS SUR MER



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 : $H_{1/3} = 4.54$ m et $H_{\max} = 8.47$ m.

Les directions enregistrées sont essentiellement Sud Est :

- Sud Est à Banyuls
- Est à Sud-Est à Leucate
- Sud à Sud-Est à Sète et l'Espiguette

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 deux coups de mer annuels fin 2007 et début 2008 :

		16-18 Déc 1997	12-13 Nov.1999	4 Déc. 2003	19-22 Nov 2007	2-4 Janv 2008	26-27 Dec 2008	20-22 octobre 2009
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
	Période significative		9.68 s	11.7 s		8.63 s	11.6 s	7.25 s
	Houle maximum			13.78 m		8.42 m	14.00 m	3.74 m
Leucate	Houle significative	<i>Pas de bouée en service</i>			4.56 m	4.72 m	4.71 m	3.35 m
	Période significative				8.71 s	8.66 s	9.55 s	6.95 s
	Houle maximum				7.58 m	8.07 m	8.01 m	6.22 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
	Période significative	10.37 s	8.85 s	10.2 s	8.08 s	9.01 s	9.64 s	8.02 s
	Houle maximum	10.81 m	9.94 m	8.67 m	8.57 m	9.08 m	6.43 m	8.47 m
Espiguette	Houle significative	<i>Pas de bouée en service</i>					2.37 m	3.41 m
	Période significative						7.99 s	7.76 s
	Houle maximum						3.89 s	6.26 m

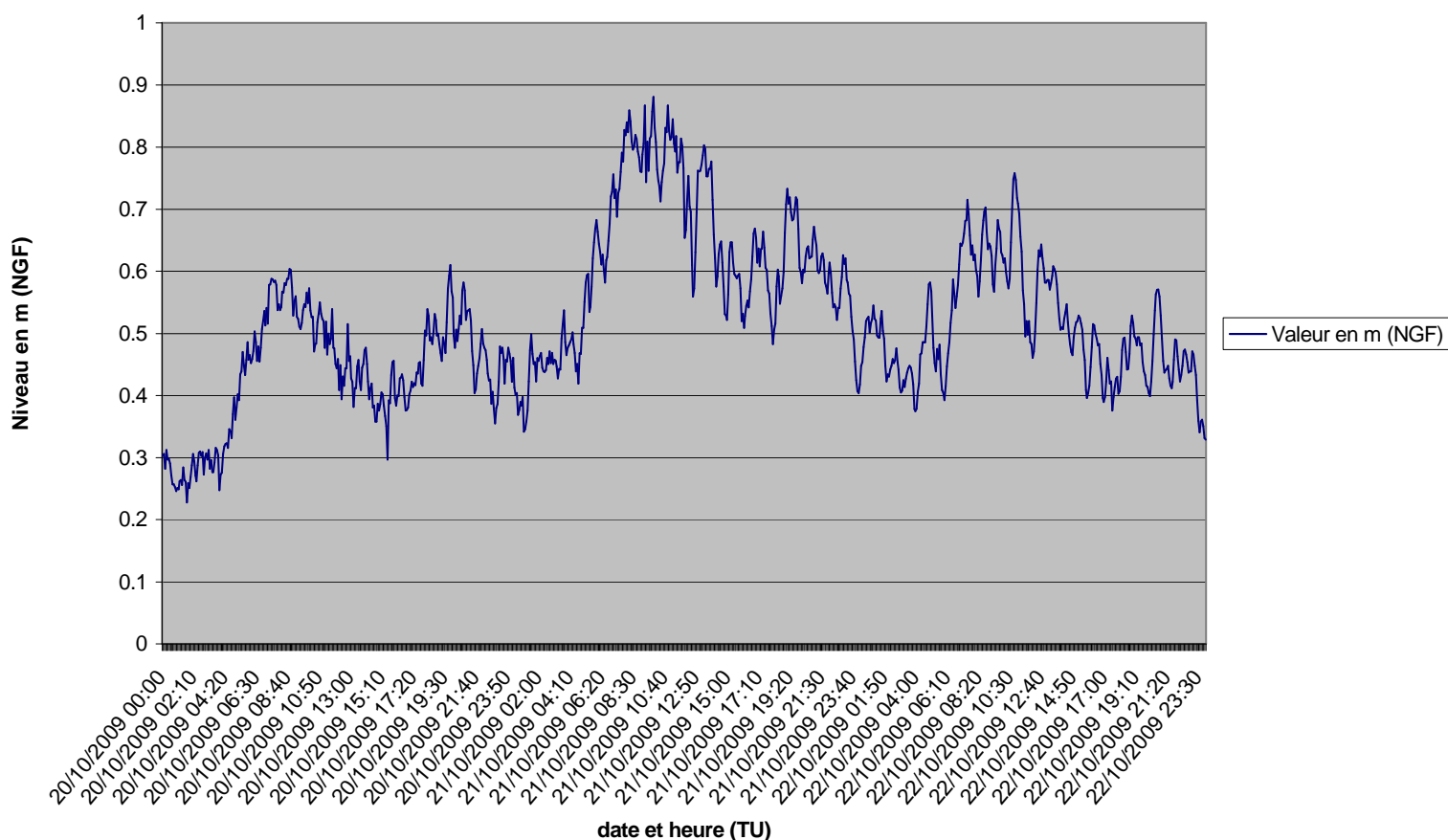
IV.2) Les niveaux marins

IV.2.1) Les mesures numériques

Ces données proviennent :

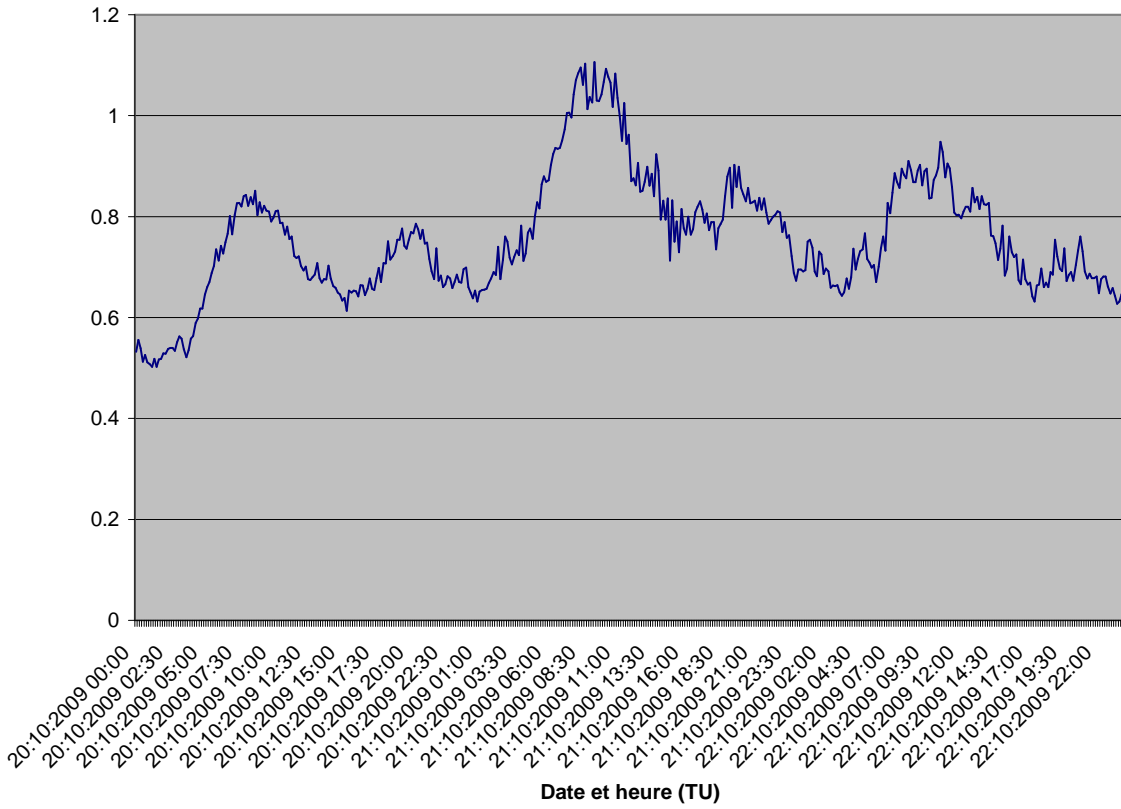
- des marégraphes côtiers numériques (M.C.N.) installés par le Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM) dans le port de Port-Vendres (département des Pyrénées-Orientales) et dans le port de Sète (département de l'Hérault) dans le cadre de la mise en place du réseau RONIM (Réseau 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 Prédiction 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 A PORT CAMARGUE (30)



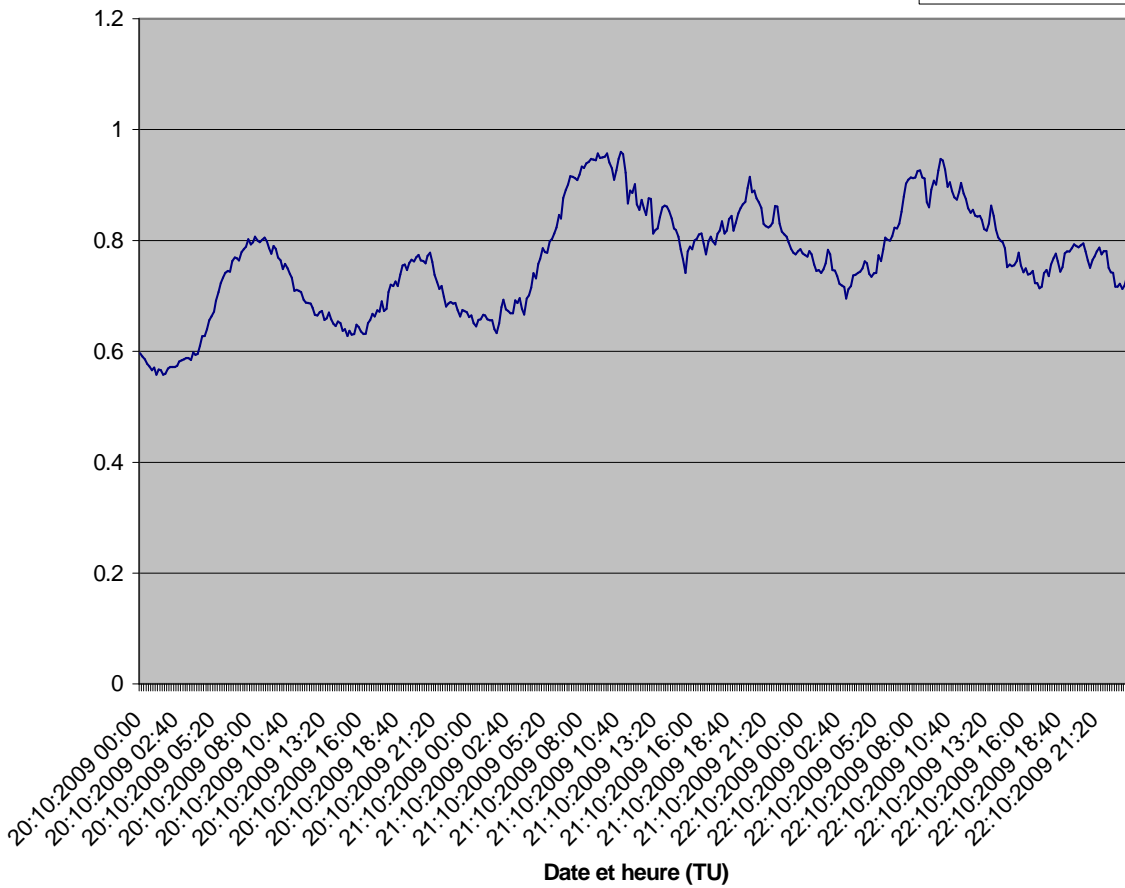
NIVEAU MARIN A SETE (34)

— Niveau marin en m (zéro hydro)



NIVEAU MARIN A PORT- VENDRES (66)

— Niveau marin en m (Zéro HYDRO)



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 : 0,881 m NGF le 21 octobre à 9H50 TU
- Sète : 1,106 m Zéro hydro le 21 octobre à 9H20 TU soit 0,809 m NGF
- Port-Vendres : 0,96 m Zéro hydro le 21 octobre à 10h50 TU soit 0,569 m NGF

IV.2.2) Quelques témoignages visuels

Certaines mesures basées notamment sur des témoignages visuels ont également été notées :

- Cap d'Agde : 0,25 m NGF constaté le 20 octobre 2009 à 17h20 au lieu dit « Quai des Phéniciens » par M.PAGES, contrôleur principal des TPE
- Cap d'Agde : 0,45 m NGF constaté le 21 octobre 2009 à 8h15 par M.PAGES, contrôleur principal des TPE, au droit du ponton devant son bureau

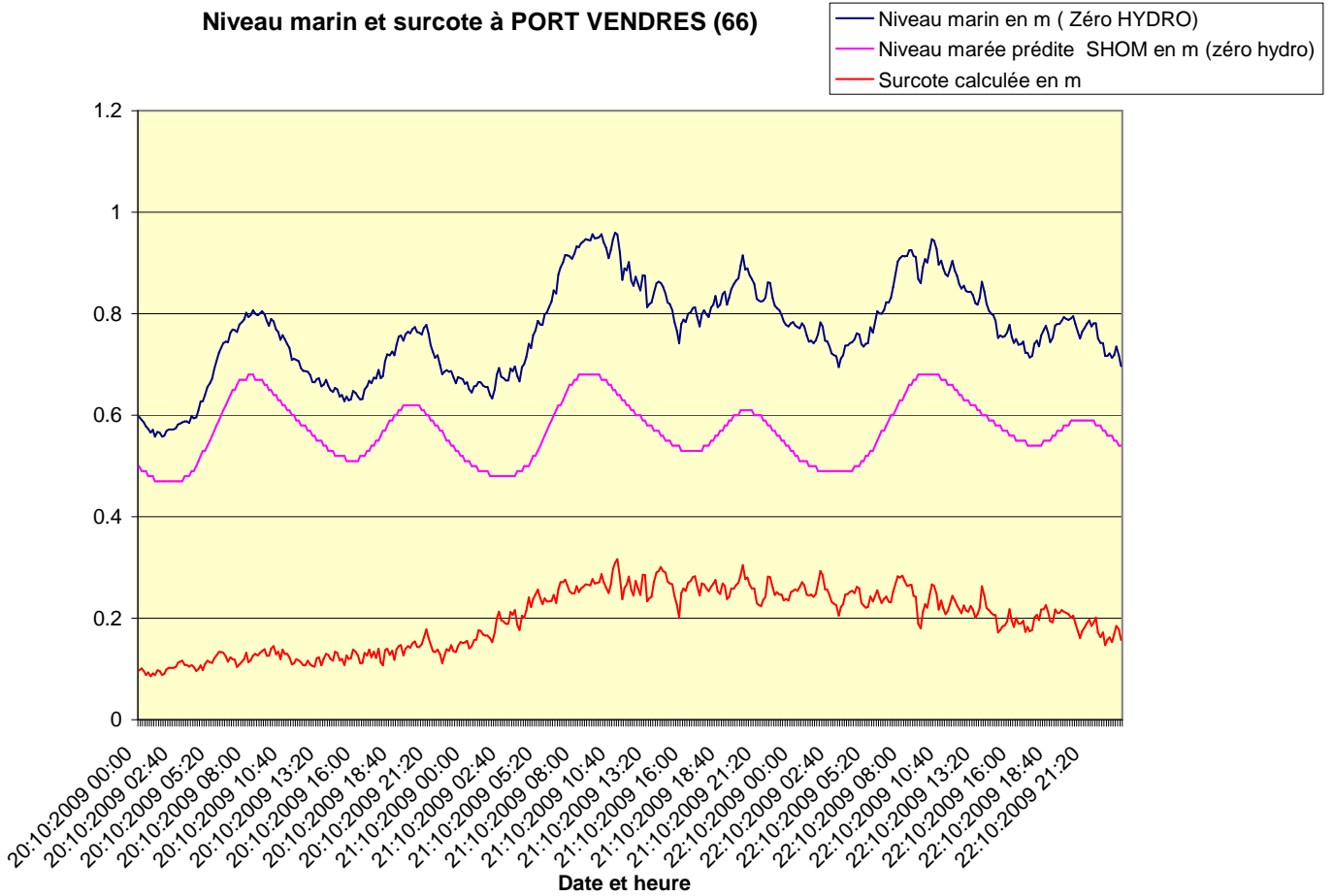
IV.2.3)La surcote

A partir de ces mesures et de la prédiction de marée il est possible d'évaluer par soustraction la surcote.

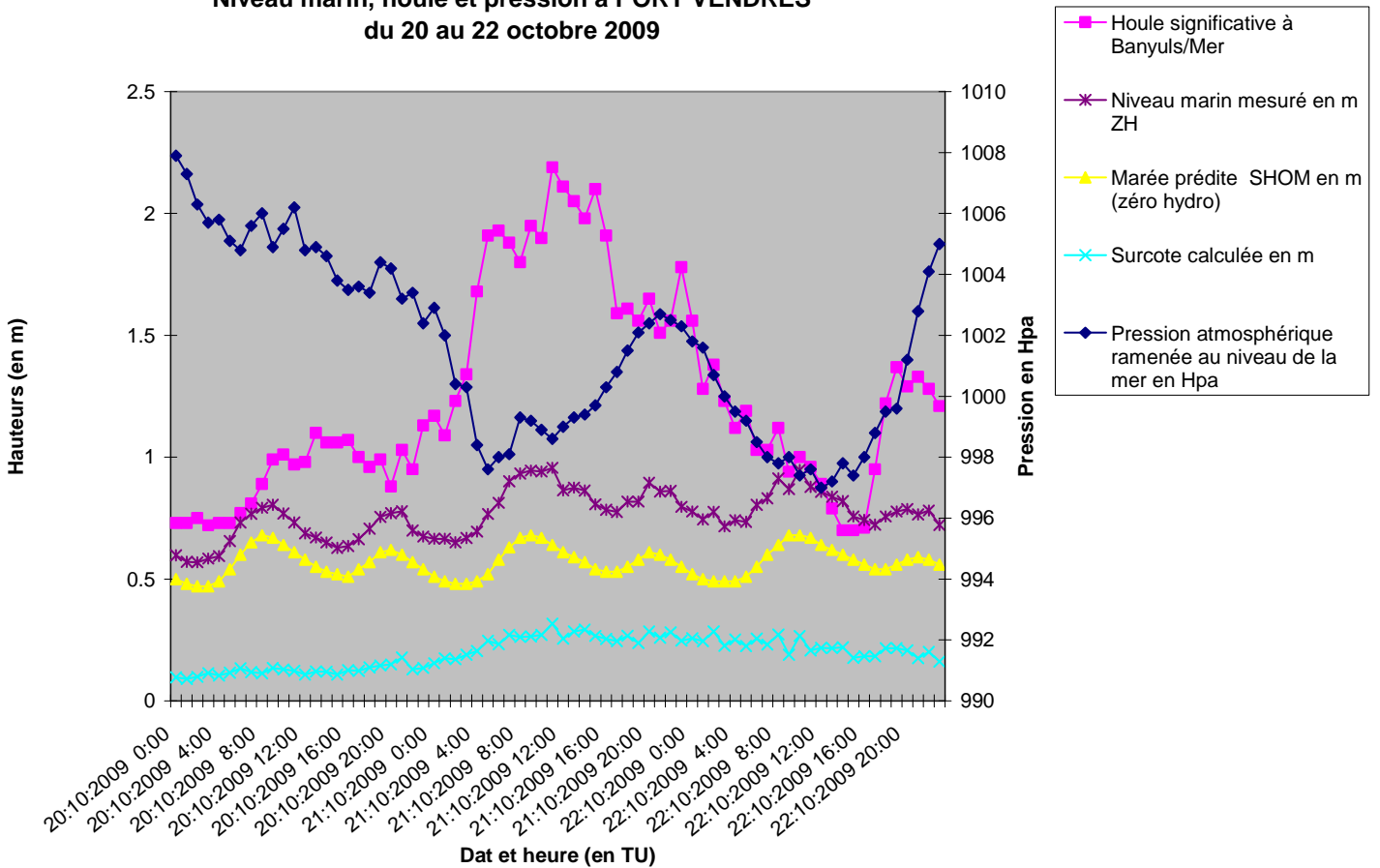
Pour Sète et Port-Vendres, les fichiers de prédiction de marée transmis par le SHOM, issus des observations des marégraphes RONIM, ont permis d'établir les graphiques d'évolution de la surcote sur ces 2 sites.

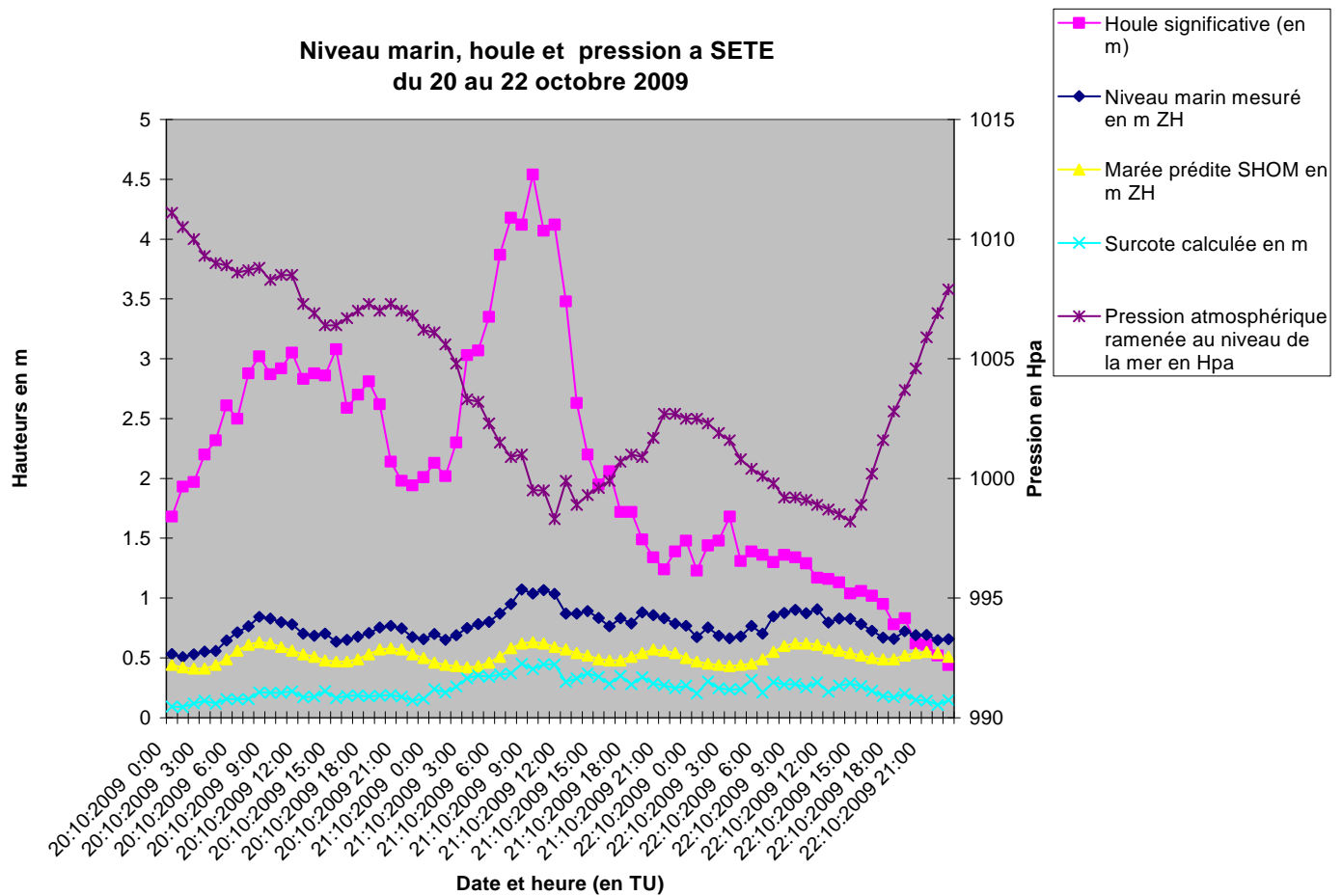
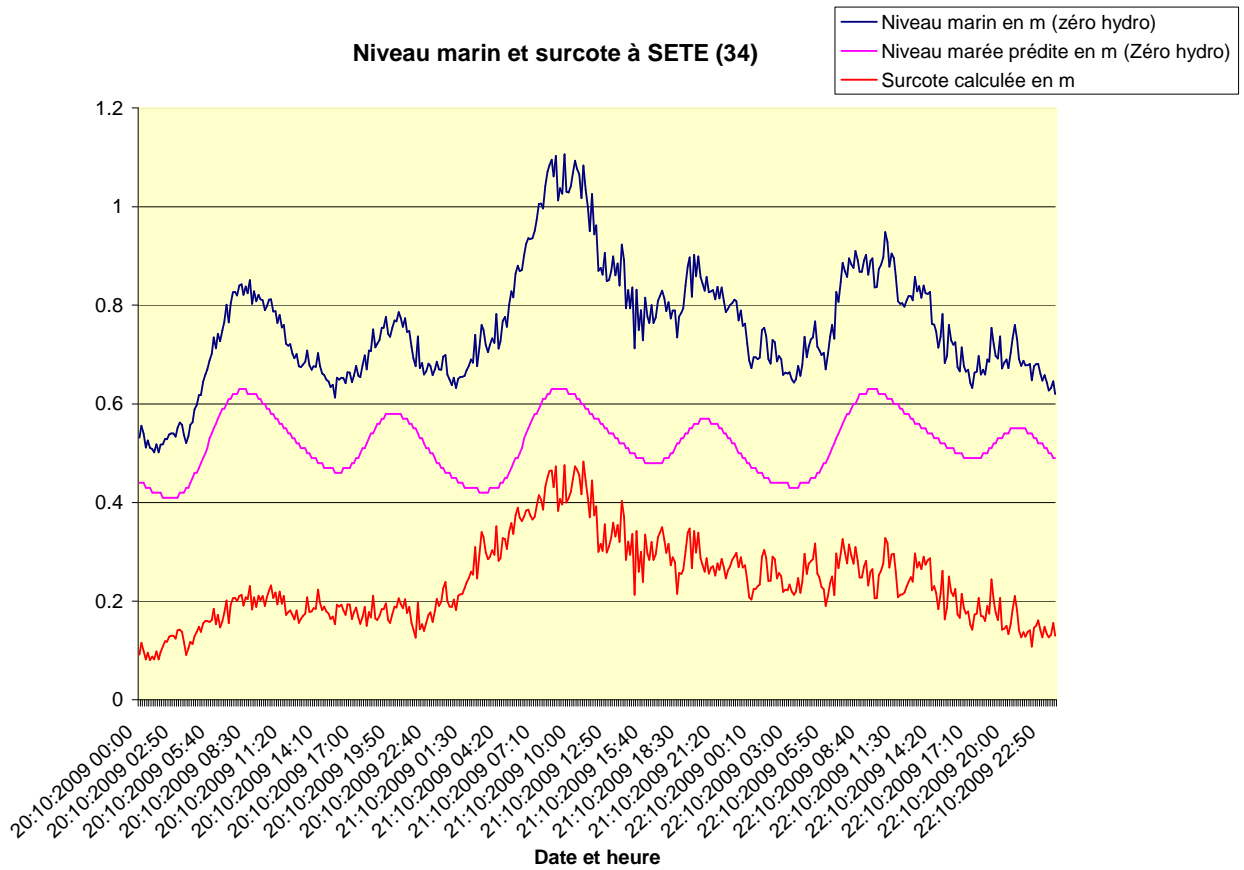
Pour Port-Camargue, les fichiers de prédiction de marée sont issus du modèle de marée, donc beaucoup moins fiables en attendant leur validation. Le graphique d'évolution de la surcote présenté est donc à prendre à titre indicatif seulement.

Niveau marin et surcote à PORT VENDRES (66)

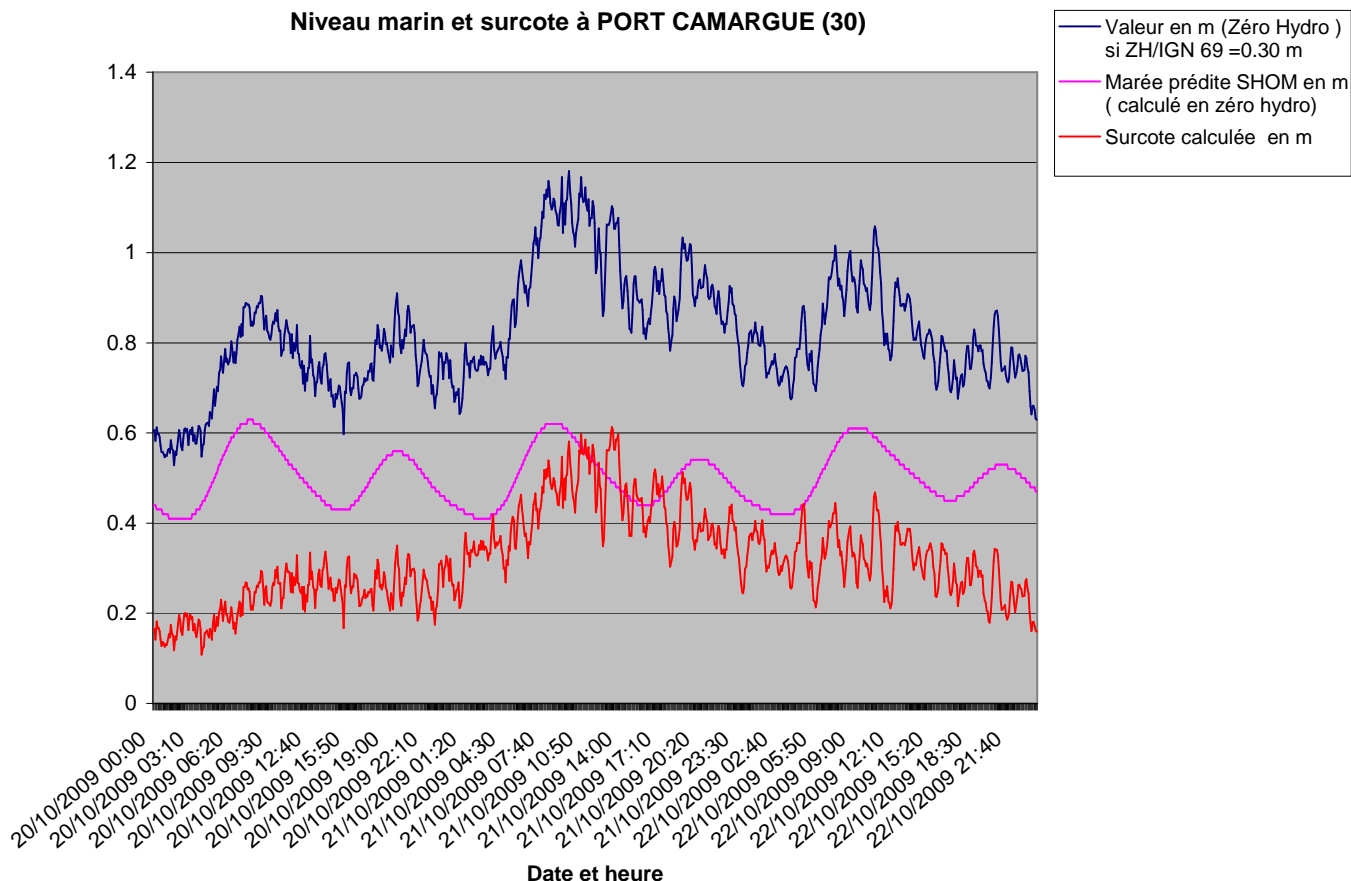


Niveau marin, houle et pression à PORT VENDRES du 20 au 22 octobre 2009





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 dues aux 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 surcôte cela conduit à envisager des surcotes maximales de :

- 0,316 m à Port-Vendres
- 0,483 m à Sète
- 0,613 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 Port-Vendres a été atteint le 21 octobre à 11h00 TU le maximum des hauteurs significative (2,19 m), de niveau marin (0,956 m ZH) et de surcote (0,316 m) avec une chute de pression (on atteint 998,6 Hpa).

V) Analyse de l'événement

Il n'existe pas d'analyse fréquentielle des houles pour le site de Leucate.

Pour **Sète**, l'analyse fréquentielle des houles réalisée par le CETMEF en avril 1998 indique les caractéristiques suivantes pour la houle significative :

- houle annuelle : 4.63 m (intervalle de confiance à 70%: 4.43 m à 4.87 m)
- houle décennale : 6.09 m (intervalle de confiance à 70%: 5.78 m à 6.46 m)
- houle cinquantennale : 6.93 m (intervalle de confiance à 70%: 6.56 m à 7.37 m)

La houle observée à Sète (4.54 m de hauteur significative) est de l'ordre de l'annuelle.

Comme indiqué précédemment les hauteurs de houle mesurées à Sète sont plus importantes que celles mesurées à l'Espiguette (3.41 m de hauteur significative), Leucate (3.35 m de hauteur significative) et Banyuls (2.20 m de hauteur significative).

La période associée à la houle significative est restée assez faible : 6.95 s à Leucate, 7.76 s à l'Espiguette, 7.25 s à Banyuls et 8.02 s à Sète. 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 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

PALAVAS Rive gauche (Avenue Saint Maurice) le 21 octobre 2009



PALAVAS Rive gauche (Avenue Saint Maurice) le 21 octobre 2009



CARNON plage du Grand Travers le 21 octobre 2009



CARNON plage du Grand Travers le 21 octobre 2009



CARNON plage du Petit Travers le 21 octobre 2009



CARNON plage du Petit Travers le 21 octobre 2009



GRAU DU ROI port de Port-Camargue (quai devant la capitainerie) le 21 octobre 2009



GRAU DU ROI plage de l'Espiguette le 03 novembre 2009



GRAU DU ROI plage de l'Espiguette le 03 novembre 2009



ANNEXES

Annexe.1. Vents maximum

	Port-Vendres		Perpignan		Leucate		Narbonne		Sète		La Grande Motte	
Date	Dmax	Vmax	Dmax	Vmax	Dmax	Vmax	Dmax	Vmax	Dmax	Vmax	Dmax	Vmax
20 octobre 2009	170	93.6	170	70.2	190	99.2	150	74.24	150	83.88	180	68.4
21 octobre 2009	160	108	130	54.72	140	105.6	140	69.76	180	103.32	160	97.2
22 octobre 2009	330	115.2	300	73.8	310	70.4	310	56.32	330	50.04	160	39.6

Ces données correspondent aux maximum vents instantanés enregistrés.

Vmax :vitesse maximum du vent enregistrée en km/h

Dmax : Direction en degrés du maximum de vent (0 correspond à un vent de Nord, 90 à un vent d'Est)

Annexe.2. Vents horaires

